

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw. \_\_\_\_\_

25076

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

5312458

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297139

*Gottschalk*

KURZES  
LEHRBUCH DER CHEMIE

NACH DEN  
NEUESTEN ANSICHTEN DER WISSENSCHAFT.

---

---

Holzstiche  
aus dem xylographischen Atelier  
von Friedrich Vieweg und Sohn  
in Braunschweig.

---

Papier  
aus der mechanischen Papier-Fabrik  
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen  
bei Braunschweig.

---

0 Lk

KURZES

LEHRBUCH DER CHEMIE

NACH DEN

NEUESTEN ANSICHTEN DER WISSENSCHAFT

VON

H. E. ROSCOE

UND

CARL SCHORLEMMER.

---

MIT ZAHLREICHEN EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN UND  
EINER TAFEL IN FARBENDRUCK.

---

NEUNTE VERMEHRTE AUFLAGE.

---

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1890.

D/894



I 25076

---

Alle Rechte vorbehalten.

---

Akc. Nr. \_\_\_\_\_

4079/51

Akc. Nr. 6870 / 47  
B.

## VORWORT ZUR ERSTEN AUFLAGE.

---

Bei der Ausarbeitung des vorliegenden kleinen Lehrbuches habe ich mich bestrebt, die wichtigsten Thatsachen und Grundsätze der modernen Chemie in einfacher, aber bestimmt wissenschaftlicher Form zusammenzustellen, so wie es mir für Anfänger in der Wissenschaft geeignet erschien.

Dasselbe hat sich in England rasch Bahn gebrochen und ist bald nach seinem Erscheinen in sehr vielen englischen Erziehungsanstalten eingeführt worden.

In Deutschland hat es bis jetzt an einem Elementarwerke gefehlt, welches den unorganischen, wie organischen Theil der Chemie vom neuesten Standpunkte der Wissenschaft aus behandelt und dortige Freunde forderten mich auf, eine Uebersetzung zu veranstalten, da ein solches Buch ein grosses Bedürfniss sei.

Die deutsche Bearbeitung hat mein Freund C. Schorlemmer hier unter meinen Augen besorgt. Durch seine umfassenden Kenntnisse auf dem Gebiete der Wissenschaft besonders dazu befähigt, hat er das Buch sorgfältig für Deutsche Verhältnisse umgearbeitet, und an verschiedenen Stellen werthvolle Zusätze und Verbesserungen angebracht.

Obgleich der Name der Verleger genügende Gewähr für die äussere Ausstattung des Buches ist, so fühle ich mich doch veranlasst, denselben noch ausdrücklich meine Anerkennung auszusprechen für die Mühe und Sorgfalt, welche sie auf die Illustrationen verwendet haben.

H. E. Roscoe.

Owens College Manchester.

---

## VORWORT ZUR ZWEITEN AUFLAGE.

---

Die im Vorwort zur ersten Auflage ausgesprochene Ansicht, dass ein Lehrbuch, wie das vorliegende, ein Bedürfniss sei, hat sich durch das kaum binnen Jahresfrist nothwendig gewordene Erscheinen einer zweiten Auflage als richtig herausgestellt. Bei der Bearbeitung derselben haben wir nicht bloss gesucht, vorhandene Mängel zu beseitigen, sondern uns auch bestrebt, die neuesten Errungenschaften auf dem Gebiete der Wissenschaft in einer dem Zwecke dieses Werkes entsprechenden Weise zu berücksichtigen. So wurde es nöthig, einzelne Kapitel gänzlich umzuarbeiten und neue hinzuzufügen. Wir glauben durch diese Verbesserungen das Buch auf den neuesten Standpunkt der Wissenschaft gestellt und so seine Brauchbarkeit erhöht zu haben.

H. E. Roscoe. Carl Schorlemmer.

Owens College Manchester,

September 1868.



## VORWORT ZUR DRITTEN AUFLAGE.

---

Was wir über die Bearbeitung der zweiten Auflage gesagt haben, gilt auch vollständig für diese Auflage. Wo es nöthig erschien, wurden Verbesserungen und Zusätze gemacht; dies war besonders nöthig bei den Kohlenstoffverbindungen, da auf diesem Gebiete täglich neue und wichtige Entdeckungen gemacht werden, weshalb einzelne Abschnitte vollständig umgearbeitet werden mussten.

H. E. Roscoe. Carl Schorlemmer.

Owens College Manchester,  
November 1870.

---

## VORWORT ZUR VIERTEN AUFLAGE.

---

Die vierte Auflage dieses Buches ist fast vollständig umgearbeitet worden. Die Anordnung der Metalle ist von der früheren verschieden und ferner sind alle, auch die seltensten Elemente, wenn auch nur kurz, erwähnt. Die Chemie der Kohlenstoffverbindungen hat, wie sich dies von selbst versteht, die grössten Abänderungen erlitten, und es sind in diesem Theile sowohl als auch im anorganischen alle wichtigeren neuen Entdeckungen aufgenommen worden.

H. E. Roscoe. Carl Schorlemmer.

Owens College Manchester,  
Juli 1873.

## VORWORT ZUR SECHSTEN AUFLAGE.

---

Der fünften Auflage dieses Buches, welches sich noch immer einer allgemeinen Gunst erfreut, wurde kein Vorwort beigegeben, da wir nur das in der früheren Gesagte hätten wiederholen können.

Auch mit der vorliegenden ist dieses der Fall; dieselbe hat insofern eine Veränderung erlitten, als wir, statt der gewöhnlich gebrauchten, abgerundeten Atomgewichte, die von Stas mit so grosser Sorgfalt für einige Elemente bestimmten und für die anderen die, mit Hülfe dieser Zahlen, berechneten eingeführt haben, und ferner den Titel, welcher nicht mehr dem Inhalt entspricht, da das Buch unabhängig von der englischen Ausgabe bearbeitet wurde, etwas abänderten.

Während der Correctur erhielten wir Nachricht über die Condensation der bis jetzt als permanent betrachteten Gase und konnten so diese wichtige Thatsache noch kurz erwähnen.

H. E. Roscoe. Carl Schorlemmer.

Owens College Manchester,

Juli 1878.

## VORWORT ZUR SIEBENTEN AUFLAGE.

---

Zu dem, was wir im Vorwort zur sechsten Auflage sagten, ist nur hinzuzufügen, dass die wichtigen Entdeckungen, welche in den letzten Jahren auf dem Gebiete der organischen Chemie, und namentlich im Bereich der künstlichen Farbstoffe gemacht worden sind, die gehörige Berücksichtigung fanden, wir überhaupt uns bestrebten, das Buch auf der Höhe der Zeit zu halten.

H. E. Roscoe.                  Carl Schorlemmer.

Victoria-Universität, Manchester,

Juli 1882.



# INHALT.

---

	Seite
Einleitung . . . . .	1
Die Nichtmetalle.	
Sauerstoff oder Oxygen . . . . .	12
Wasserstoff oder Hydrogen . . . . .	18
Physikalische Eigenschaften der Gase . . . . .	23
Ausdehnung der Gase durch Wärme . . . . .	23
Verhalten der Gase zum Druck . . . . .	24
Messen der Gase . . . . .	25
Diffusion der Gase . . . . .	27
Oxide des Wasserstoffs . . . . .	28
Wasser oder Wasserstoffoxid 28. Wasserstoffdioxid 41.	
Stickstoff oder Nitrogen . . . . .	42
Die Atmosphäre . . . . .	43
Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs . . . . .	51
Salpetersäure . . . . .	54
Stickstoffpentoxid oder Salpetersäureanhydrid . . . . .	58
Stickoxidul oder Stickstoffmonoxid . . . . .	60
Untersalpetrige Säure . . . . .	62
Stickstoffdioxid . . . . .	62
Stickstofftrioxid oder Salpetrigsäureanhydrid . . . . .	63
Stickstofftetroxid . . . . .	64
Stickstoff und Wasserstoff . . . . .	65
Hydroxylamin oder Oxyammoniak . . . . .	69
Kohlenstoff . . . . .	70
Oxide des Kohlenstoffs . . . . .	74
Kohlendioxid . . . . .	74
Kohlenoxid . . . . .	79
Kohlenstoff und Wasserstoff . . . . .	81
Sumpfgas oder Methan . . . . .	81

	Seite
Acetylen oder Aethin . . . . .	82
Aethylen oder ölbildendes Gas . . . . .	83
Leuchtgas . . . . .	83
Wesen der Flamme . . . . .	85
Kohlenstoff und Stickstoff . . . . .	88
Cyanverbindungen . . . . .	88
Cyangas oder Dicyan . . . . .	89
Chlor . . . . .	90
Chlorwasserstoff oder Wasserstoffchlorid . . . . .	92
Salpetersalzsäure oder Königswasser . . . . .	95
Oxide und Oxysäuren des Chlors . . . . .	96
Chlormonoxid . . . . .	96
Chlorsäure . . . . .	97
Chlorperoxid . . . . .	97
Chlorige Säure . . . . .	98
Perchlorsäure oder Ueberchlorsäure . . . . .	99
Chlor und Stickstoff . . . . .	100
Chlor und Kohlenstoff . . . . .	100
Brom . . . . .	101
Bromwasserstoff oder Wasserstoffbromid . . . . .	101
Oxalsäuren des Broms . . . . .	102
Unterbromige Säure . . . . .	102
Bromsäure . . . . .	102
Jod . . . . .	103
Jodwasserstoff oder Wasserstoffjodid . . . . .	104
Oxide und Oxysäuren des Jods . . . . .	104
Jod und Stickstoff . . . . .	105
Fluor . . . . .	105
Fluorwasserstoff . . . . .	106
Schwefel . . . . .	108
Oxide und Oxysäuren des Schwefels . . . . .	110
Schwefeldioxid . . . . .	111
Schwefeltrioxid oder Schwefelsäureanhydrid . . . . .	113
Schwefelsäure . . . . .	114
Thioschwefelsäure . . . . .	119
Unterschweifige Säure . . . . .	119
Verbindungen von Schwefel und Wasserstoff . . . . .	120
Schwefelwasserstoff oder Wasserstoffsulfid . . . . .	120
Wasserstoffpersulfid . . . . .	122
Schwefelkohlenstoff oder Kohlendisulfid . . . . .	123
Chloride des Schwefels . . . . .	124
Selen . . . . .	124
Selendioxid 124. Selensäure 124. Selenwasserstoff 125.	124
Tellur . . . . .	125
Silicium (Kiesel) . . . . .	126
Siliciumdioxid oder Kieselerde . . . . .	127
Siliciumwasserstoff . . . . .	128
Siliciumchlorid . . . . .	128
Siliciumfluorid . . . . .	130

	Seite
Bor . . . . .	130
Borsäure . . . . .	131
Phosphor . . . . .	132
Phosphoroxid . . . . .	134
Phosphortrioxid . . . . .	134
Phosphorpentoxid oder Phosphorsäureanhydrid . . . . .	135
Dreibasische Phosphorsäure oder Orthophosphorsäure . . . . .	135
Pyrophosphorsäure . . . . .	136
Metaphosphorsäure . . . . .	137
Unterphosphorsäure . . . . .	138
Phosphorige Säure . . . . .	138
Unterphosphorige Säure . . . . .	139
Phosphorwasserstoff oder Phosphin . . . . .	139
Verbindungen des Phosphors mit den Elementen der Chlorgruppe . . . . .	140
Phosphortrichlorid 140. Phosphorpentachlorid 140.	
Phosphoroxychlorid oder Phosphorylchlorid 141.	
Phosphortribromid 141. Phosphorpentabromid 141.	
Phosphordijodid 141. Phosphortrijodid 141.	
Phosphorpentajodid 141. Phosphortrifluorid 141.	
Phosphorpentafluorid 141.	
Phosphor und Schwefel . . . . .	142
Arsen . . . . .	142
Oxide des Arsens . . . . .	143
Arsentrioxid . . . . .	143
Arsenpentoxid und Arsensäure . . . . .	144
Arsen und Wasserstoff . . . . .	145
Arsenwasserstoff oder Arsin . . . . .	145
Arsentrichlorid 145. Arsentribromid 145. Arsentrijodid 145. Arsentrifluorid 145.	
Verbindungen von Arsen und Schwefel . . . . .	145
Reactionen des Arsens . . . . .	146
Atom und Molecül . . . . .	147
Der chemische Werth der Elemente . . . . .	151
Zusammengesetzte Radicale . . . . .	156

## Die Metalle.

Physikalische Eigenschaften der Metalle . . . . .	158
Specificsches Gewicht 159. Schmelzbarkeit 159.	
Specifiche Wärme und Atomwärme . . . . .	160
Vorkommen und Verbreitung der Metalle . . . . .	163
Chemische Eigenschaften der Metalle . . . . .	164
Legirungen 164. Metalloxide: 1. Basische Oxide 166;	
2. Peroxide 167; 3. Säurebildende Oxide und	
Metallsäuren 167. Salze 169. Sulfide 171.	

	Seite
Eintheilung der Metalle . . . . .	172
Krystallographie . . . . .	174
1. Reguläres System 175. 2. Quadratisches System 176. 3. Hexagonales System 177. 4. Rhombisches System 178. 5. Monoklinisches System 178. 6. Triklinisches System 179.	
Alkalimetalle . . . . .	180
Kalium . . . . .	180
Oxide des Kaliums 182. Kaliumhydroxid oder Aetz- kali 183. Kaliumnitrat oder Salpeter 183. Schiess- pulver 184. Kaliumcarbonat 185. Kaliumchlorid 186. Kaliumchlorat 186. Kaliumjodid 186. Ka- liumsulfat 187. Kennzeichen der Kaliumverbin- dungen 187.	
Natrium . . . . .	187
Oxide des Natriums 188. Natriumdioxid 188. Na- triumhydroxid oder Aetznatron 188. Natrium- chlorid 189. Natriumcarbonat 189. Saures Na- triumcarbonat 192. Natrium-Kaliumcarbonat 192. Natriumnitrat 192. Natriumsulfat 192. Natrium- borat 192. Natriumsilicat 193. Kennzeichen der Natriumverbindungen 193.	
Cäsium und Rubidium . . . . .	193
Lithium . . . . .	194
Ammoniumverbindungen . . . . .	194
Ammoniumchlorid oder Salmiak 195. Ammonium- carbonat 195. Ammoniumnitrit 195. Ammonium- nitrat 195. Ammoniumphosphate 196. Ammo- nium-Natriumphosphat 196. Ammoniumsulfat 196. Ammoniumsulfid 196.	
Metalle der alkalischen Erden . . . . .	197
Calcium . . . . .	197
Calciumoxid oder Kalk 197. Calciumcarbonat 198. Calciumsulfat 199. Calciumchlorid 199. Chlor- kalk 199. Calciumfluorid oder Flussspath 200.	
Strontium . . . . .	201
Strontiumoxid . . . . .	201
Baryum . . . . .	201
Baryummonoxid oder Baryt 202. Baryumdioxid 202. Baryumchlorid 202. Baryumnitrat 202.	
Metalle der Zinkgruppe . . . . .	204
Beryllium . . . . .	204
Magnesium . . . . .	204
Magnesiumoxid oder Magnesia 205. Magnesium- chlorid 205. Magnesiumsulfat 205. Magnesium- carbonat 206.	
Zink . . . . .	206
Zinkoxid 207. Zinksulfat 207. Zinkcarbonat 207. Zinkchlorid 207. Zinksulfid 207.	



	Seite
Cadmium . . . . .	208
Cadmiumoxid 208. Cadmiumjodid 208. Cadmiumsulfat 208. Cadmiumsulfid 208.	
Metalle der Bleigruppe . . . . .	209
Blei . . . . .	209
Bleioxid 210. Bleihydroxid 211. Mennige 211. Bleidioxid 211. Bleinitrat 211. Bleicarbonat 211. Bleiweiss 211. Bleisulfat 212. Bleichlorid 212. Bleijodid 212. Bleisulfid 212.	
Thallium . . . . .	213
Thalliumoxid 213.	
Metalle der Silbergruppe . . . . .	215
Kupfer . . . . .	215
Cuprerverbindungen . . . . .	217
Cuprioxid oder Kupferoxid 217. Kupferniträt 217. Kupferchlorid 217. Kupfersulfat 217. Kupfercarbonat 218. Kupferarsenit 218. Kupfersulfid 218.	
Cuproverbindungen . . . . .	219
Cuproxid oder Kupferoxidul 219. Cuprochlorid oder Kupferchlorür 219. Kupferhydrid oder Kupferwasserstoff 219.	
Galvanoplastik . . . . .	220
Quecksilber . . . . .	220
Mereuriverbindungen . . . . .	221
Quecksilberoxid 221. Mercurinitrat 221. Mercurichlorid oder Aetzsublimat 221. Mercurammoniumchlorid 222. Mercurisulfid 222.	
Mercuroverbindungen . . . . .	222
Mercurochlorid oder Calomel 222. Mercuronitrat 222. Mercuroxid oder Quecksilberoxidul 223.	
Silber . . . . .	223
Silberlegirungen 225. Silbertetrantoxid oder Silberoxidul 226. Silberoxid 226. Silberdioxid 226. Silbernitrat 226. Silberchlorid 226. Silberbromid 227. Silberjodid 227. Silbersulfid 227. Bertholett's Knallsilber 227.	
Metalle der Cergruppe . . . . .	229
Metalle der Aluminiumgruppe . . . . .	229
Aluminium . . . . .	229
Aluminiumoxid oder Alaunerde 230. Aluminiumchlorid 230. Aluminiumnatriumfluorid 230. Aluminiumsulfat 231. Alaun 231.	
Glas, Porcellan und Thonwaaren . . . . .	232
Indium . . . . .	234
Gallium . . . . .	235
Metalle der Eisengruppe . . . . .	235
Mangan . . . . .	235
Manganmonoxid oder Manganoxidul 236. Manganchlorid 236. Manganesquioxid 236. Mangan-	

	Seite
dioxid 237. Mangansäure und Uebermangansäure 237. Kaliumpermanganat 238.	
Eisen . . . . .	238
Ferroverbindungen . . . . .	241
Ferrosulfat 241. Ferrochlorid oder Eisenchlorür 241. Ferröcarbonat 242. Ferrosulfid oder Ein- fach-Schwefeleisen 242.	
Ferriverbindungen . . . . .	242
Ferrioxid oder Eisensesquioxid 242. Ferrichlorid 243. Schwarzes oder magnetisches Eisenoxid 243. Eisensäure 243.	
Metallurgie des Eisens . . . . .	244
Kobalt . . . . .	248
Kobaltchlorid 248. Kobaltnitrat und Kobaltsulfat 248. Kobaltsesquioxid 249.	
Nickel . . . . .	249
Nickelmonoxid 249. Nickelsulfat 249. Nickelsesqui- oxid und Nickelsulfid 250.	
Metalle der Chromgruppe . . . . .	250
Chrom . . . . .	250
Chromverbindungen . . . . .	251
Chromochlorid 251.	
Chromiverbindungen . . . . .	251
Chromhydroxid 251. Chromoxid 251. Chrom- alaun 251.	
Chromsäure . . . . .	252
Chromoxychlorid oder Chromylchlorid 253.	
Molybdän . . . . .	254
Wolfram . . . . .	255
Uran . . . . .	256
Uranochlorid 256. Uranoxid 257.	
Metalle der Zinngruppe . . . . .	258
Zinn . . . . .	258
Zinnmonoxid oder Zinnoxidul 259. Zinndichlorid 259. Zinndioxid 259. Zinntetrachlorid 259.	
Titan . . . . .	260
Titanetetrachlorid 261.	
Zirkonium . . . . .	261
Thorium . . . . .	262
Metalle der Antimongruppe . . . . .	263
Antimon . . . . .	263
Antimontrioxid 264. Antimonpentoxid 264. Anti- montrichlorid 264. Antimonpentachlorid 265. Antimontrisulfid 265. Antimonpentasulfid 265. Antimonwasserstoff 265.	
Wismuth . . . . .	266
Wismuthtrioxid 266. Wismuthpentoxid 267. Wis- muthnitrat 267. Wismuthoxychlorid 267.	
Vanadin . . . . .	267

	Seite
Tantal . . . . .	268
Niob . . . . .	269
Metalle der Goldgruppe . . . . .	269
Gold . . . . .	269
Platin . . . . .	271
Platintetrachlorid 272. Platinmonoxid und Platin-	
dioxid 272.	
Palladium . . . . .	273
Palladiumtetrachlorid 273. Palladiumdijodid 273.	
Rhodium . . . . .	273
Ruthenium . . . . .	274
Iridium . . . . .	275
Iridiumtetrachlorid 275.	
Osmium . . . . .	275
Osmiumtetroxid 276.	
Das natürliche System der Elemente . . . . .	276
Spectralanalyse . . . . .	278

## Chemie der Kohlenstoffverbindungen oder organische Chemie.

Constitution der Kohlenstoffverbindungen . . . . .	289
Empirische und rationale Formeln . . . . .	294
Isomerie . . . . .	296
Isomerie im engeren Sinne 296. Polymerie 297.	
Metamerie 298.	
Organische Elementaranalyse . . . . .	298
Ermittelung der Molecularformel . . . . .	301
Bestimmung der Dampfdichte . . . . .	303
Siedepunkt und fractionirte Destillation . . . . .	306
Cyanverbindungen . . . . .	308
Cyanas oder Dicyan 308. Cyanwasserstoff oder Blau-	
säure 308. Kaliumcyanid 309. Quecksilbercyanid	
309. Kaliumferrocyanid 310. Ferrocyanwasser-	
stoffsäure 310. Kaliumferricyanid 311. Ferricyan-	
wasserstoffsäure 311. Natriumnitroprussid 312.	
Cyanchloride 312. Cyansäure 312. Cyanursäure	
312. Ammoniumcyanat 312. Thiocyansäure 312.	
Cyanamid 313.	
Carbonyl- und Thiocarbonylverbindungen . . . . .	313
Carbonyl 314. Carbonylchlorid oder Phosgen 314. Car-	
bonylsulfid 314. Carbaminsäure 314. Carbamid	
oder Harnstoff 314. Thiocarbonsäure 316. Thio-	
carbamid oder Schwefelharnstoff 316.	

## Fettkörper und verwandte wasserstoffärmere Verbindungen.

	Seite
Kohlenwasserstoffe der Reihe $C_n H_{2n+2}$ . . . . .	316.
Verbindungen einwerthiger Radicale . . . . .	317
Primäre Alkohole 317. Fette Säuren 319. Secundäre Alkohole 322. Tertiäre Alkohole 323.	
Methylverbindungen . . . . .	324
Methylalkohol 324. Methylschwefelsäure 325. Dimethyläther 325. Methan oder Sumpfgas 325. Methylchlorid 326. Methylbromid und Methyljodid 326. Chloroform oder Trichlormethan 326. Kohlentetrachlorid oder Tetrachlormethan 327. Methylcyanide 327.	
Formylverbindungen . . . . .	328
Formaldehyd 328. Ameisensäure 328. Formamid 329.	
Aethylverbindungen . . . . .	329
Aethylalkohol 329. Diäthyläther 331. Gemischte Aether 332. Aethan, Aethylwasserstoff 332. Aethylchlorid 333. Aethylbromid und Aethyljodid 333. Aethylcarbamin 333. Propionitril 334. Aethylnitrit 334. Aethylnitrat 335. Aethylhydrosulfid oder Mercaptan 335. Aethylsulfid 335. Aethylschwefelsäure 335. Diäthylsulfat 336. Aethylphosphate 336. Aethylcarbonate 336. Kaliumäthylcarbonat 337. Diäthylcarbonat 337. Aethylborat 337. Aethylsilicate 337. Aethylformiat oder Ameisensäureäther 337.	
Acetylverbindungen . . . . .	337
Acetaldehyd 337. Chloral 338.	
Essigsäure 339.	
Ammoniumacetat 340. Kaliumacetat 340. Bleiacetat oder Bleizucker 340. Aethylacetat, Essigäther 340. Acetylchlorid 342. Acetyloxid oder Essigsäureanhydrid 342. Thiacetsäure 343. Acetamid 343. Diacetamid 343. Triacetamid 344. Knallsaure Salze oder Fulminate 344.	
Propylgruppe . . . . .	344
Primärer Propylalkohol 344. Secundärer Propylalkohol oder Dimethylcarbinol 345. Aceton 345.	
Butylgruppe . . . . .	346
Normaler Butylalkohol 346. Buttersäure 346. Aethylbutyrat 346. Aethylmethylcarbinol 346. Isobutylalkohol 346. Isobuttersäure 347. Trimethylcarbinol 347.	
Pentylgruppe . . . . .	348
Pentylalkohol 348. Pentoysäure 348. Pentan 348.	

Amylalkohol 348. Amylacetat 348. Valeriansäure 348. Isopentan oder Amylwasserstoff 349. Tetramethylmethan 349.	
Verbindungen mit mehr als 5 Atomen Kohlenstoff . . . . .	349
Normaler Hexylalkohol 349. Capronsäure 349. Heptylalkohol 350. Octylalkohol 350. Methylhexylcarbinol oder Caprylalkohol 350. Cetylalkohol 350.	
Verbindungen der Alkoholradicale mit den Elementen der Stickstoffgruppe N, P, As, Sb, Bi . . . . .	351
Stickstoffbasen . . . . .	351
Primäre Amine . . . . .	351
Secundäre Amine . . . . .	351
Tertiäre Amine . . . . .	351
Methylamin 353. Dimethylamin 353. Trimethylamin 353. Thiocarbimide 354.	
Phosphorbasen . . . . .	355
Aethylphosphin 355. Diäthylphosphin 355. Triäthylphosphin 355.	
Arsenbasen . . . . .	356
Trimethylarsin 356. Arsendimethyl oder Kakodyl 356.	
Antimonbasen . . . . .	357
Wismuthbasen . . . . .	357
Verbindungen der Alkoholradicale mit Bor und Silicium . . . . .	357
Boräthyl 357. Siliciumäthyl 358.	
Metallverbindungen der Alkoholradicale . . . . .	358
Zinkäthyl 358. Natriumäthyl 359. Quecksilbermethyl und Quecksilberäthyl 359. Zinnteträthyl 359. Zinndiäthyl und Zinntriäthyl 359. Bleiteträthyl 360. Bleitriäthyl 360.	
Verbindungen zweiwerthiger Radicale . . . . .	360
Zweiwerthige Alkoholradicale . . . . .	360
Aethylen 363. Aethylendichlorid 363. Aethylendibromid 363. Aethylendijodid 363. Aethylenalkohol oder Aethylenglycol 363. Aethylenchlorhydrat 364. Aethylenoxid 364. Cholin 365. Aethylidenverbindungen 366. Aethylidenchlorid oder Dichloräthan 366. Acetal 366. Propylen 366. Trimethylen 366.	
Milchsäurereihe . . . . .	367
Glycolsäure oder Oxyessigsäure 368. Glycocoll oder Amidoessigsäure 368. Milchsäure oder Oxypropionsäure 369. Zinklactat 369. Paramilchsäure 369. Leucin 370. Isomere Oxybuttersäuren 370.	
Oxalsäurereihe . . . . .	371
Oxalsäure 372. Methyloxalat 373. Amide der Oxalsäure 373. Saures Ammoniumoxalat 374. Malon-	

säure 374. Bernsteinsäure 374. Succinamid 375. Isobernsteinsäure 375.	
Aepfelsäure . . . . .	376
Asparagin 378.	
Weinsäure . . . . .	378
Citronensäure . . . . .	380
Harnsäure und verwandte Körper . . . . .	381
Harnsäure 381. Kreatin 382. Kreatinin 383. Theobromin 383. Caffein oder Thein 383.	
Verbindungen der dreiwertigen Radicale $C_n H_{2n-1}$ . . .	384
Glycerin oder Propenylalkohol 384. Propenylnitrat oder Nitroglycerin 385. Chlorhydrine 385. Glycerinphosphorsäure 385. Glycerinäther der fetten Säuren 385. Glycerinäther der Alkoholradicale 386. Lecithin 386. Glycerinsäure 386.	
Verbindungen der einwertigen Radicale $C_n H_{2n-1}$ . . .	387
Allylverbindungen . . . . .	387
Allylalkohol 387. Allylsulfid 388. Allylthiocarbimid 388. Acrolein 388. Acrylsäure 388. Crotonsäure 389. Angelicasäure 389. Oelsäure oder Elainsäure 389. Leinölsäure 390.	
Kohlenwasserstoffe der Reihe $C_n H_{2n-2}$ . . . . .	390
Acetylen oder Aethin 391. Allylen oder Propin 392. Isopropin 392. Erythrit 392.	
Verbindungen sechswertiger Radicale . . . . .	393
Mannit 393. Mannylnitrat (Nitromannit) 393. Dulcitol 394.	
Kohlenhydrate . . . . .	394
Rohrzucker 395. Maltose 396. Milchzucker 396. Melitose 396.	
Dextrose, Traubenzucker 397. Levulose 398. Zuckersäure 398. Galactose 398.	
Dextrin 398. Gummi 399. Arabisches Gummi 399. Inulin 399. Glycogen oder thierisches Stärkemehl 399. Stärkemehl 399. Cellulose 401. Schiessbaumwolle 401. Tunicin 402.	
Gährung . . . . .	402
Alkoholgährung 403. Milchsäuregährung 403. Butter-säuregährung 403. Schleimige Gährung 404.	
Gruppe der aromatischen Verbindungen . . . . .	404
Benzol und seine Derivate . . . . .	407
Benzol 407. Phenol oder Carbonsäure 408. Trinitrophenol oder Pikrinsäure 409. Pyrocatechin 409. Resorcin 409. Hydrochinon 410. Tetrachlorchinon oder Chloranil 410. Amidobenzol oder Anilin 410. Methylanilin 412. Diphenylamin oder Phenylanilin 412. Azofarbstoffe 413. Chrysoïdin oder Diamidoazobenzol 413. Phe-	

	Seite
nylenbraun oder Manchesterbraun 413. Tropäoline 413.	
Toluol und seine Derivate . . . . .	413
Toluol oder Methylbenzol 413. Cresol oder Oxytoluol 414. Orcin oder Dioxytoluol 414.	
Benzylgruppe . . . . .	414
Benzylalkohol 415. Benzaldehyd 415. Benzoësäure 415. Benzoylchlorid 416. Benzoyloxid oder Benzoësäureanhydrid 416. Benzoylperoxyd 416. Hippursäure 416.	
Oxybenzylgruppe . . . . .	417
Saligenin 417. Salicylaldehyd 417. Salicylsäure 417. Metaoxybenzoësäure 418. Paraoxybenzoësäure 418. Protocatechusäure 418. Gallussäure oder Trioxybenzoësäure 419.	
Verbindungen mit acht Atomen Kohlenstoff . . . . .	420
Dimethylbenzol oder Xylol 420. Paraxylol 420. Meta-xylol und Orthoxylol 420. Phtalsäuren 421. Gewöhnliche Phtalsäure 422. Terephtalsäure 422. Isophtalsäure 422. Aethylbenzol 422.	
Verbindungen mit neun Atomen Kohlenstoff . . . . .	422
Trimethylbenzole 422. Cumol oder Propylbenzol 423. Anethol 423. Eugenol 423. Cinnamalkohol oder Phenylallylalkohol 423. Cinnamaldehyd 423. Zimmtsäure oder Phenylacrylsäure 423. Cinnameïn oder Benzylcinnamat 424. Styracin oder Cinnamylcinnamat 424. Melilotsäure 424. Cumarin 424. Tyrosin 424.	
Verbindungen mit zehn bis zwölf Atomen Kohlenstoff . . . . .	425
Tetramethylbenzol oder Durolo 425. Methylpropylbenzol oder Cymol 425. Thymol 425. Mellithsäure oder Honigsteinsäure 425.	
Thiophenverbindungen . . . . .	426
Thiophen 426. Thiotolen 426.	
Verbindungen, welche den Benzolkern zwei- oder dreimal enthalten . . . . .	427
Diphenyl 427. Ditolyl 427. Benzidin oder Diamidodiphenyl 427. Stilben oder Diphenyläthylen 428. Diphenylbenzol 428. Triphenylmethan 428.	
Triphenylmethanfarbstoffe . . . . .	428
Malachitgrün oder Bittermandelölgrün 428. Anilinroth 429. Pararosanilin und Rosanilin 429. Leucaniline 430. Hofmann's Violette 430. Pariser Violette 430. Anilingrün oder Methylgrün 430. Phenylrosaniline 430. Nachtblau 430. Alkali-blau 430.	
Phenolfarben . . . . .	431
Aurin oder Corallin 431. Rosolsäure 431. Fluoresceïn 431. Brasilin 432. Hämatoxylin 432.	

	Seite
Indigogruppe . . . . .	432
Indigotin oder Indigoblau 432. Indigosulfonsäuren	
433. Indigoweiss oder Hydroindigotin 433. Isatin	
433.	
Naphtalingruppe . . . . .	434
Naphtalin 434. Nitronaphtalin 435. Amidonaphtalin	
oder Naphtylamin 435. Naphtol 435. Dinitro-	
naphtol 435. Naphtoësäure 436.	
Anthracengruppe . . . . .	437
Anthracën 437. Anthrachinon oder Oxyanthracen	
437. Alizarin 437. Purpurin 438. Phenanthren	
438.	
Additionsproducte der aromatischen Gruppe . . . . .	438
Chinasäure 439. Calciumchinat 439.	
Terpene und Campher . . . . .	439
Terpentinöl 439. Linkspinen oder Terebenten 440.	
Rechtspinen oder Australen 440. Pinendichlorid	
440. Pinenoxid oder Pinol 440. Pinylochlorid 440.	
Camphen oder Bornylen 440. Bornylalkohol 441.	
Bornylchlorid 441. Campher 441. Limonen 442.	
Carvol 442. Dipenten 442. Dipentenylglycol	
oder Terpin 442. Dipentenylenoxid oder Cineol	
443. Dipentenylchlorid 443. Terpeneol 443. Syl-	
vestren 444. Terpinolen 444. Terpinen 444. Phel-	
landren 444. Menthol oder Menthylalkohol 444.	
Harze und Balsame . . . . .	445
Kautschuk und Guttapercha . . . . .	445
Glykoside . . . . .	446
Myronsäure 446. Amygdalin 446. Salicin 446.	
Populin oder Benzoylsalicin 447. Indican 447.	
Ruberythrinssäure 447.	
Alkaloïde . . . . .	447
Sauerstofffreie Alkaloïde . . . . .	448
Piperidin 448. Pyridin 448. Coniin 449. Nicotin 449.	
Sauerstoffhaltige Alkaloïde . . . . .	450
Alkaloïde des Opiums . . . . .	450
Morphin 450. Apomorphin 451. Codeïn oder Methyl-	
morphin 451. Thebaïn 451. Papaverin 451. Nar-	
cotin 451.	
Alkaloïde der Strychnosarten . . . . .	451
Strychnin 452. Brucin 452.	
Alkaloïde der Cinchonaarten . . . . .	452
Chinin 452. Chinidin und Chinicin 453. Cinchonin	
453. Cinchonidin und Cinchonicin 453. Anti-	
pyrin 453.	
Alkaloïde der Solanumarten . . . . .	454
Atropin 454. Hyoscyamin und Hyoscin 454.	
Cocaïn und Ecgonin . . . . .	454
Eiweisskörper . . . . .	454



	Seite
Albumin 455. Fibrin 455. Myosin 455. Casein 456. Kleber 456. Leim und Chondrin 456. Horn- gewebe 456. Seide 456.	
Physiologische Chemie . . . . .	457
Knochen der Thiere 457. Das Blut 457. Das Ge- hirn, Rückenmark und die Nervensubstanz 458. Die Galle 458. Magensaft 459. Milch 459. Harn 459.	
Thiere und Pflanzen . . . . .	460
Athmung und thierische Wärme 460. Nahrung der Pflanzen 461.	
Die künstliche Darstellung organischer Verbindungen . . .	464

---

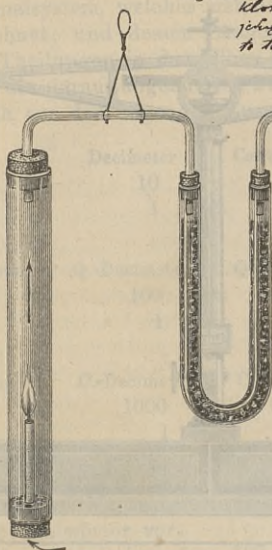






frei an der Wage hängt, und findet nun, dass sein Gewicht zugenommen hat. Die Bestandtheile der Kerze (Kohlenstoff und

Fig. 1. *Albo: daj us mallei isice, na dnuj Acphali; klonem puzozij; i' p'at zohura zo jeha isice mel, znov pud klouz puzo' anochu to ta stona puzozij, choc' isicej nie ma!*



*Albo: Zraz' balon z hantlikom  
Puzozij, to Hg sig puzozij, znov  
puzozij v' dnuj klonem, znov puzozij,  
to balon sig'azij!  
to P. z'otanki blaty puzozij.*

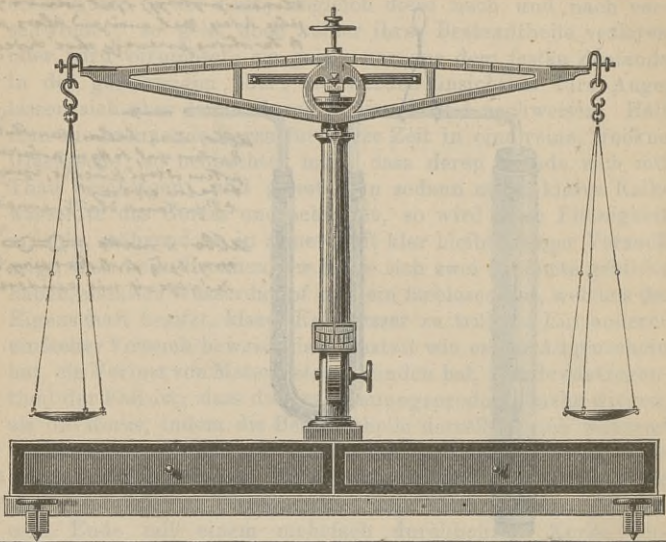
*Albo: u mallei z atopo Hg sig  
puzozij, to daj puzozij puzozij, i' od' isicej  
za' waga sig nie zuzozij!*

Wasserstoff) haben sich mit dem Sauerstoff der Luft vereinigt und die gebildeten Producte (Kohlendioxid und Wasser) sind durch das Aetznatron zurückgehalten worden.

Bei genauer Untersuchung aller bekannten chemischen Vorgänge hat sich herausgestellt, dass ein Verlust von Materie nie stattfindet, dass dieselbe ebenso unzerstörbar wie unerschaffbar ist; dass bei chemischen Erscheinungen, wie das Brennen einer Kerze, eine Veränderung der Zustände der Materie, nie aber eine Vernichtung derselben eintritt. Die Richtigkeit dieses wichtigen ersten Grundsatzes in der Chemie wurde nach und nach bewiesen, indem man fand, dass bei allen chemischen Vorgängen das Gewicht der Körper, welche auf einander wirken, stets dasselbe bleibt, und erst seit Einführung der Wage, als wichtigstes Hilfsmittel für chemische Forschung, hat sich die Chemie als wirkliche Wissenschaft entwickelt. Eine Form der chemischen Wage ist in Fig. 2 (a. f. S.) dargestellt.

Der durchbrochene Wagebalken ist von Messing und in der Mitte mit einer Messerschneide oder einem dreikantigen Prisma

Fig. 2.



von gehärtetem Stahle versehen, welche auf einer ebenen horizontalen Achatplatte ruht, die auf der Spitze des aufrechtstehenden Messingpfeilers befestigt ist. Die Enden des Wagebalkens sind ebenfalls mit gehärteten Stahlschneiden versehen, an welchen die Schalen mit Stahlhaken angehängt werden. Durch die Einrichtung bekommt die Wage einen hohen Grad von Beweglichkeit und Empfindlichkeit, indem alle Reibung auf das geringste Maass zurückgeführt ist. Um, wenn die Wage nicht im Gebrauch ist, die Abstumpfung der Schneiden so viel als möglich zu verhüten (wodurch die Reibung sich vermehren würde), ist eine Vorrichtung angebracht, welche erlaubt den Wagebalken zu heben; die Schneiden werden dadurch von ihrer Unterlage entfernt und die Wage kommt in Ruhe. Während des Wägens sind Luftbewegungen zu vermeiden; die Wage ist deshalb mit einem Glasgehäuse umgeben, welches zugleich auch Staub und Feuchtigkeit abhält. Eine feine chemische Wage zeigt bei einer Belastung von 100 Grammen noch  $\frac{1}{10}$  Milligramm an oder  $\frac{1}{1\,000\,000}$  der gewogenen Substanz.

Das Maass- und Gewichtssystem, welches allgemein bei wissenschaftlichen Untersuchungen angewendet wird, ist das jetzt auch bei uns im gewöhnlichen Leben benutzte französische Decimalsystem, welches sich durch seine grosse Einfachheit auszeichnet, und dessen Längeneinheit Meter genannt wird. Alle Theilungen in demselben geschehen durch 10. Dieselben und die daraus abgeleiteten Flächen- und Körpermaasse ergeben sich aus der folgenden Zusammenstellung:

Meter		Decimeter		Centimeter		Millimeter
1	=	10	=	100	=	1000
		1	=	10	=	100
				1	=	10
Quadratmeter		Q.-Decimeter		Q.-Centimeter		Q.-Millimeter
1	=	100	=	10 000	=	1 000 000
		1	=	100	=	10 000
				1	=	100
Cubikmeter		C.-Decimeter		C.-Centimeter		C.-Millimeter
1	=	1000	=	1 000 000	=	1 000 000 000
		1	=	1000	=	1 000 000
				1	=	1 000

Für grössere Maasse multiplicirt man mit 10 und setzt griechische Zahlwörter vor.

10 Meter = 1 Dekameter; 100 Meter = 1 Hektometer; 1000 Meter = 1 Kilometer; 1 Cubikdecimeter wird 1 Liter genannt. Das Decimalsystem zeichnet sich ferner dadurch aus, dass die Gewichtseinheit in einer einfachen Beziehung zur Längeneinheit steht; dieselbe ist nämlich das Gewicht von 1 Cubikcentimeter Wasser bei 4<sup>0</sup> (der Temperatur, bei der das Wasser die grösste Dichte hat) und wird Gramm genannt. Das Gramm wird wieder in Zehntel, Hundertel und Tausendtel getheilt und dieselben mit Decigramm, Centigramm und Milligramm bezeichnet.

1000 Gramme = 1 Kilogramm = dem Gewicht von 1 Cubikdecimeter Wasser bei 4<sup>0</sup>.

Anstatt die Namen der Maasse und Gewichte voll auszusprechen, wendet man gewöhnlich Abkürzungen an wie folgt:

Meter . . . . .	= m
Millimeter . . . . .	= mm
Cubikmeter . . . . .	= cbm
Cubikdecimeter . . . . .	= cdbm
Cubikcentimeter . . . . .	= cbcm
Liter . . . . .	= l
Hektoliter . . . . .	= hl
Gramm . . . . .	= g
Kilogramm . . . . .	= kg

u. s. w.

Als dieses System eingeführt wurde, beabsichtigte man, die Längeneinheit in Beziehung zum Erdumfang zu bringen und man gab dem Meter die Länge von  $\frac{1}{10\,000\,000}$  Theil der Entfernung des Aequators von den Polen, wie dieselbe damals durch Messungen festgestellt war. Spätere genauere Bestimmungen haben indessen gezeigt, dass die alten Messungen nicht genau waren, und das Meter ist deshalb nicht ganz, obgleich sehr nahe  $\frac{1}{10\,000\,000}$  jener Entfernung. Der Werth des metrischen Systems hängt indess durchaus nicht von dem Verhältniss der Längeneinheit zum Erdumfang ab. Das Normalmeter ist die Länge des Metallstabes, welcher sorgfältig in Paris aufbewahrt wird und von welchem Copien für den Gebrauch entnommen werden. 1 Meter = 443,296 Pariser Linien = 3,1862 preussische Fuss. Ein Kilogramm ist genau gleich 2 Zoltpfunden.

Das Ziel des Chemikers ist die Erforschung aller der Erscheinungen, bei welchen eine vollständige Aenderung in den wesentlichen Eigenschaften der Körper stattfindet, den Grund der chemischen Vorgänge aufzusuchen und die Gesetze zu bestimmen, nach welchen sie erfolgen. Zu diesem Zwecke stellt er Versuche an; dass heisst er stellt Fragen an die Körper, indem er dieselben Umständen aussetzt oder unter Bedingungen zusammenbringt, welche er überwachen und verändern kann, und die Erscheinungen, welche er dabei beobachtet, sind die Antworten, aus denen er seine Schlüsse zu ziehen hat. Aus Versuchen, welche man bis jetzt mit allen Körpern, deren man habhaft werden konnte, angestellt hat, mögen dieselben fest, flüssig oder gasförmig sein, dem Mineralreiche, dem Pflanzenreiche oder dem Thierreiche angehören, hat sich ergeben, dass man dieselben in zwei grosse Abtheilungen bringen muss:

1. **Zusammengesetzte Körper**, oder Verbindungen, d. h. Körper, welche man in zwei oder mehrere unter sich und von dem ursprünglichen Körper verschiedene Stoffe zerlegen kann.

*Chemische Verwandtschaft: 1) Sulfid x Kupferstein z. B. in ein neues Salz z. B. Kupfer-  
 arsenat, arsenat, arsenat.  
 2) Kupferstein x Kupferstein z. B. in ein neues Salz z. B. Kupfer-  
 arsenat, arsenat, arsenat.  
 3) Kupferstein x Kupferstein z. B. in ein neues Salz z. B. Kupfer-  
 arsenat, arsenat, arsenat.*

*Beispiel: Natriumsulfid. Kupferstein x Kupferstein z. B. in ein neues Salz z. B. Kupfer-  
 arsenat, arsenat, arsenat.*

*Beispiel: Natriumsulfid. Kupferstein x Kupferstein z. B. in ein neues Salz z. B. Kupfer-  
 arsenat, arsenat, arsenat.*





Metallen, von dem andern zu den Nichtmetallen gestellt werden, Gewöhnlich nimmt man 15 Nichtmetalle und 52 Metalle an; diese 67 einfachen Körper sind das Material, aus dem das Gebäude der chemischen Wissenschaft aufgebaut ist; alle Stoffe, welche bis jetzt in den Kreis der Untersuchung gezogen worden sind, enthalten einen oder mehrere im freien Zustande oder als chemische Verbindungen.

Die folgende Liste enthält die bis jetzt bekannten einfachen Stoffe; die gross gedruckten sind die Nichtmetalle; die mit kleinerem Drucke die Metalle, von welchen die häufiger vorkommenden mit einem Stern bezeichnet sind:

Namen	Zeichen	Spez. gew. <sup>oder</sup> <sup>Wärmegewicht</sup>	Verbindungs- Atomgewichte
*Aluminium . . . . .	Al	ni-azeg.o	27,0 noza
*Antimon . . . . .	Sb	cajje koka	122,0 Tannen
<b>Arsen</b> . . . . .	As	le-ka	74,9 Hagar tucha
Baryum . . . . .	Ba		136,8 domek.
Beryllium . . . . .	Be		9,2 be
*Blei . . . . .	Pb	otta ornoska	206,4 nicinor, poj!
<b>Bor</b> . . . . .	B	onemura!	11,0 otto
<b>Brom</b> . . . . .	Br	maja daska	79,75 kupa latn
Cadmium . . . . .	Cd	vzale	111,9 do daska pm!
Cäsium . . . . .	Cs		133,0 Samom!
*Calcium . . . . .	Ca	to-lew	39,90 maja-pa
Cer . . . . .	Ce		140,0 teresa
<b>Chlor</b> . . . . .	Cl	na vta	35,37 mitymcha
*Chrom . . . . .	Cr		52,1 tong te
Didym . . . . .	Di		142,0 duresi
*Eisen . . . . .	Fe	sko kapiu	55,9 lala bi!
Erbium . . . . .	Er		166,0 teriza
<b>Fluor</b> . . . . .	F		19,1 tuba ta
Gallium . . . . .	Ga		69,8 gacie
Germanium . . . . .	Ge		72,3 gamia.
*Gold . . . . .	Au	toris nicaule	196,8 tojiz mija!
Indium . . . . .	In		113,4 odolan
<b>Jod</b> . . . . .	J	obj. zchet	126,53 tamergalmo!
Iridium . . . . .	Ir	nica rosa	192,7 ta pani koi
*Kalium . . . . .	K	oz, nyojta	39,04 mapa sary
*Kobalt . . . . .	Co		58,6 lara dez
<b>Kohlenstoff</b> . . . . .	C	miš, mie, dajl	11,97 taty paka
*Kupfer . . . . .	Cu	ura hiel	63,1 uenno to?
Lanthan . . . . .	La		138,0 Samory
Lithium . . . . .	Li	ce-lebe	7,01 gaj, sad

Namen	Zeichen	Spezif. G.	Verbindungs- oder Atomgewichte
*Magnesium	Mg	tekarz.	24,3 koramogja
*Mangan	Mn		55,0 lela
Molybdän	Mo		95,8 pye
*Natrium	Na	sic packer!	22,99 nana! papu!
Nickel	Ni		58,6 lep
Niobium	Nb		94,0 vor
Osmium	Os	anna rola	191,0 debet
Palladium	Pd	tat-ny	106,2 tesang nieje
Phosphor	P	byk-rang, nie dud.	30,96 masapicac!
*Platin	Pt	nuty. jula	194,5 tezir Zulu
*Quecksilber	Hg	syn. tawers.	199,8 tonon'ouwa!
Rhodium	Rh		104,1 deserit
Rubidium	Rb	t-leu	85,2 wolq n!
Ruthenium	Ru		103,4 duibung!
Sauerstoff	O	ta doci tag!	15,96 tyle burz
Scandium	Sc		44,0 rar
Schwefel	S	ny, sik!	31,98 mat! pap!
Selen	Se	raj hali	79,0 Koppo
*Silber	Ag	taca roj'ouwa	107,66 tacka jenuwe
Silicium	Si	(Jan crufe) merob!	28,0 nony
Stickstoff	N	co-bogid!	14,01 kar sta!
*Strontium	Sr	nie leje	87,2 fokh nieje.
Tantal	Ta		182,0 daanng
Tellur	Te	ny. Hurri?	125,0 Thinel
Terbium	Tb		148,5 Dlew
Thallium	Tl	tutaj ar!	203,6 nikasium pug!
Thorium	Th		231,5 nomady
Titan	Ti		48,0 arfa.
Uran	U		240,0 narax.
Vanadin	V		51,2 tand
Wasserstoff	H	(tia la) oigba.	1,00 jot
*Wismuth	Bi	pi-ouwa	208,0 narawa
Wolfram	W		184,0 ofwar
Ytterbium	Yb		173,0 tiger
Yttrium	Y		89,0 wa bi
*Zink	Zn	nyje, p. ndaj.	65,1 xita ta
*Zinn	Sn	jok mrec.	117,8 tatho nie!
Zirkonium	Zr		90,0 Dme

Ausser diesen hat man noch folgende Elemente mit mehr oder weniger Sicherheit nachgewiesen:

Decipium, Holmium, Idunium, Norwegium, Philippium, Samarium, Yttrium- $\alpha$ . Dieselben sind noch sehr wenig untersucht.

Einige der einfachen Stoffe sind sehr häufig und allgemein verbreitet; Sauerstoff z. B. ist in der Atmosphäre, im Wasser und in der festen Erdkruste in solcher Menge enthalten, dass er ungefähr die  Hälfte des Gewichtes unseres Planeten ausmacht, während andere Elemente, wie Erbium und Indium, nur an wenigen bestimmten Orten und nur in sehr kleinen Mengen vorkommen. Die einfachen Körper sind auf der Erde sehr unregelmässig vertheilt; in der Luft kommen nur 4 vor; im Meere sind bis jetzt 30 aufgefunden worden, während sie alle in der festen Erdrinde mehr oder weniger zerstreut enthalten sind; die Hauptmasse derselben besteht aus 8 Elementen, wie die nachstehende Tabelle zeigt, welche die Zusammensetzung der krystallinischen Gesteine in 100 Gewichtstheilen giebt:

Sauerstoff . . .	44,0—48,7	Calcium . . . . .	6,6—0,9
Silicium . . . .	22,8—36,2	Magnesium . . . .	2,7—0,1
Aluminium . . .	9,9— 6,1	Natrium . . . . .	2,4—2,5
Eisen . . . . .	9,9— 2,4	Kalium . . . . .	1,7—3,1

Ohne Zweifel existiren auf unserm Planeten noch andere Elemente neben den 67 sicher bekannten; denn mit jedem Fortschritte der Wissenschaft werden neue und bessere Untersuchungsmethoden aufgefunden und vermittelt derselben fortwährend neue Elemente entdeckt; so hat die seit den letzten siebzehn Jahren in die Chemie eingeführte Methode der Spectralanalyse in dieser Zeit verschiedene neue Elemente zu unserer Liste hinzugefügt. Mit weniger Bestimmtheit, aber doch mit grosser Wahrscheinlichkeit, können wir annehmen, dass die sogenannten einfachen Körper ebenfalls durch verbesserte Hülfsmittel später einmal in einfachere Bestandtheile zerlegt werden; denn wir haben Beispiele, dass Stoffe, welche noch bis in die neuere Zeit für Elemente angesehen wurden, sich bei genauerer Untersuchung als Verbindungen auswiesen. Unsere Kenntniss von der Zusammensetzung der Himmelskörper war bis vor Kurzem auf die Untersuchung der Meteorsteine beschränkt, welche keine einfachen Stoffe enthalten, die sich nicht auch auf unserer Erde finden. Durch die schon erwähnte Methode der Spectralanalyse ist es aber in den letzten Jahren möglich geworden, die Gegenwart von vielen unserer einfachen Stoffe auch in

der Sonne und den Fixsternen nachzuweisen; und zwar mit derselben Genauigkeit und Sicherheit, mit der wir deren Vorkommen in irdischer Materie beweisen können.

Im Folgenden werden zuerst die Nichtmetalle und deren Verbindungen untereinander in der Ordnung, wie sie nachstehend aufgeführt sind, abgehandelt werden:

Sauerstoff	5	Schwefel
Wasserstoff		Selen
Stickstoff		Tellur
Kohlenstoff	6	Silicium
Chlor		Bor
Brom	7	Phosphor
Jod		Arsen.
Fluor		

# DIE NICHTMETALLE.

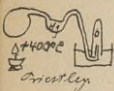
## Sauerstoff oder Oxygen.

Atomgewicht 15,96 = O. Volumgewicht = 15,96.

1. Sauerstoff ist ein farbloses Gas, ohne Geruch und Geschmack.  
2. Er ist im freien Zustand in der Luft enthalten, gemischt mit anderen Gasen, und macht dem Raume nach ungefähr  $\frac{1}{5}$  der Atmosphäre aus; mit anderen Elementen verbunden bildet er die Halfte der Erdrinde und, in Verbindung mit Wasserstoff,  $\frac{8}{9}$  des Wassers. Der Sauerstoff wurde im Jahre 1774 von dem englischen Chemiker Priestley entdeckt und unabhängig davon etwas später von Scheele in Schweden. Als einfacher Körper wurde derselbe zuerst von Lavoisier in Paris erkannt, welcher die Rolle, die der Sauerstoff beim Verbrennungsproceſse spielt, nachwies und den dabei statthabenden chemischen Vorgang erklärte und dadurch den Grund zur heutigen Chemie legte.

Aus der Luft kann man den Sauerstoff nur auf Umwegen rein abscheiden; um ihn darzustellen, benutzt man die Eigenschaft einiger seiner Verbindungen, ihn beim Erhitzen abzugeben. Es würde schon oben erwähnt, dass das rothe Quecksilberoxid beim Glühen in Sauerstoff und Quecksilber zerfällt und auf diese Weise wurde er zuerst von Priestley erhalten. Die Verbindung, welche man gewöhnlich zur Sauer-

*Silberoxyd, Lavoisier, Priestley, Scheele*



*Priestley*

stoffdarstellung anwendet, ist das Kaliumchlorat (chlorsaures Kali), welches 39,14 Gewichtsprocente Sauerstoff ausgiebt. Man bringt das gepulverte Salz in ein dünnes Glaskölbchen, in dessen Hals mittelst eines Korks eine Gasleitungsröhre befestigt ist, deren unteres Ende in das Wasser der pneumatischen Wanne taucht (Fig. 3).

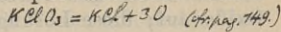
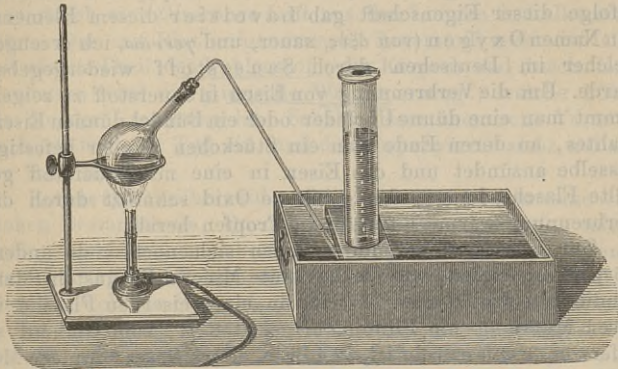


Fig. 3.



Beim Erhitzen mit einer Gaslampe schmilzt das Salz zuerst und entwickelt dann unter Aufschäumen Sauerstoffgas, welches in Blasen durch das Wasser entweicht und in Glasflaschen oder Cylindern, die mit Wasser gefüllt sind und deren Oeffnung unter das Wasser der pneumatischen Wanne taucht, aufgesammelt wird. Mischt man das Kaliumchlorat mit etwas Mangan-<sup>oxyd</sup> (Braunstein), so findet die Gasentwicklung schneller und bei niedrigerer Temperatur statt; dieselbe Wirkung bringen Kupferoxid und Eisenoxid hervor; die Oxide erleiden dabei keine Veränderung.

Alle einfachen Stoffe mit Ausnahme von Fluor können mit <sup>3. (oxydation)</sup> Sauerstoff verbunden werden; die Verbindungen werden Oxide und der dabei statthabende Vorgang Oxydation genannt; geht die Oxydation eines Körpers rasch vor sich, so tritt gewöhnlich eine Entwicklung von Licht und Wärme ein; es findet Verbrennung statt. Alle brennbaren Körper verbrennen mit erhöhtem Glanze in Sauerstoff, und solche, welche in der Luft oder verdünntem Sauerstoff, nur schwierig verbrennen, wie Eisen <sup>erst bei einem hohen Drucke</sup> thun es leicht in dem reinen Gas. Ein glimmender Holzspan <sup>oder eine Wachskerze</sup> oder eine Wachskerze mit glühendem Dochte entzünden sich

*Holz Kohl brennt  
schön rot.*

augenblicklich in diesem Gas; Schwefel brennt darin mit schön blauem Lichte und Phosphor mit einem blendenden Glanze, der dem Sonnenlichte verglichen werden kann. Bringt man in die Flaschen, in welchen diese Versuche angestellt wurden, etwas Wasser und schüttelt, so lösen sich die entstandenen Oxide auf; diese Lösungen besitzen einen sauren Geschmack und haben die Eigenschaft, blaues Lackmuspapier zu röthen; zufolge dieser Eigenschaft gab Lavoisier diesem Elemente den Namen Oxygen (von  $\delta\xi\upsilon\varsigma$ , sauer, und  $\gammaενν\acute{\alpha}\omega$ , ich erzeuge), welcher im Deutschen durch Sauerstoff wiedergegeben wurde. Um die Verbrennung von Eisen in Sauerstoff zu zeigen, nimmt man eine dünne Uhrfeder oder ein Bündel dünnen Eisendrahtes, an deren Ende man ein Stückchen Zunder befestigt, dasselbe anzündet und das Eisen in eine mit Sauerstoff gefüllte Flasche hängt; das gebildete Oxid schmilzt durch die Verbrennungswärme und fällt in Tropfen herab.

4.

*3 MnO<sub>2</sub> = Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + O<sub>2</sub>*

Zur Sauerstoffdarstellung lassen sich noch viele andere Körper verwenden, wie das bekannte Mineral Braunstein (Mangandioxid); erhitzt man dasselbe in einer eisernen Flasche, in deren Mündung ein Flintenlauf gekittet ist, zum Glühen, so liefert es, wenn es rein ist, 12,4 Proc. dieses Gases. Andere Methoden werden später erwähnt werden bei den betreffenden

*BaO spritzt  
immer, die BaO<sub>2</sub>  
kann auch  
BaO + O<sub>2</sub>*

Verbindungen: Chlorkalk, Schwefelsäure, Bariumdioxid und Kaliumdichromat. Bringt man grüne Pflanzentheile, am besten Blätter von Wasserpflanzen, in eine weisse Glasflasche, füllt dieselbe mit kohlenensäurehaltigem Wasser und setzt sie dem Sonnenlichte aus, so sieht man bald kleine Gasbläschen aufsteigen, welche aus reinem Sauerstoff bestehen. Dieser Sauerstoff stammt von dem Kohlendioxid (Kohlensäure) her, einer Verbindung von Kohlenstoff mit Sauerstoff, welche von den Blättern aufgenommen wird; der Kohlenstoff wird von denselben zurückbehalten und Sauerstoff am Lichte ausgeschieden. Dieser Vorgang geht in der lebenden Pflanze fortwährend vor sich, welche das Kohlendioxid aus der Luft aufnimmt, den Kohlenstoff, der ihr als Nahrung dient, zurückbehält und den Sauerstoff wieder ausgiebt. Das in der Luft enthaltene Kohlendioxid stammt von der Verbrennung der kohlenstoffhaltigen Brennmaterialien, der Verwesung organischer Stoffe und dem Athmungsprocess der Thiere ab. Beim Einathmen tritt die Luft in die Lungen, der Sauerstoff wird zurückbehalten und ins Blut übergeführt; die ausgeathmete Luft enthält Kohlendioxid. Die Einwirkung des Sauerstoffs auf den thierischen

*4.  
Oxydation: MnO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (oxyg.) = MnSO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O + O<sub>2</sub>  
1 oxyg. K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> + 4H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> + 4H<sub>2</sub>O + 3O<sub>2</sub>  
2 oxyg. CaCl<sub>2</sub>O = CaCl<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> oxyg. HgO = Hg + O (d. oxyg. spritzt)  
3 H<sub>2</sub>O oxyg. durch Proc. d. Sauerstoff = H<sub>2</sub>O + SO<sub>2</sub> + O (system H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> erzeugt kein und wird)*



Fe<sub>3</sub> Braunstein i. d. K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> opre, u. proumicu u. uarietna, retorto u. l. a. z. u.  

$$2 MnO_2 + 2 KOH + O = K_2 MnO_4 + H_2O$$

$$2 K_2 MnO_4 + 2 H_2O = Mn_2 O_3 + 4 KOH + O_2$$
 (Mn-saures Kali)

Sauerstoff.

Körper ist ein Verbrennungsprocess, wie sich aus folgendem Versuche ergibt. Bringt man in eine Glasflasche, in welcher man ein Stück Holzkohle oder eine kohlenstoffhaltige Substanz wie Holz oder Wachs in Sauerstoff verbrannt hat, klares Kalkwasser und schüttelt, so trübt sich die Flüssigkeit, indem das Kohlendioxid sich mit Kalk zu einer in Wasser unlöslichen Verbindung vereinigt; genau dieselbe Erscheinung tritt ein, wenn man durch eine Glasröhre Luft aus den Lungen in Kalkwasser bläst. Der ins Blut aufgenommene Sauerstoff verbindet sich mit einem Theil des Kohlenstoffs des Körpers und durch diese Oxydation wird die thierische Wärme erzeugt, welche höher als die der Umgebung ist. Sobald dieser chemische Vorgang aufhört, tritt der Tod ein, und die Körperwärme sinkt auf die der Luft herab.

Roths Quecksilberoxid zerfällt beim Erhitzen in seine einfachen Bestandtheile, Quecksilber und Sauerstoff; eine solche Zerlegung einer chemischen Verbindung in ihre Elemente nennt man Analyse. Nimmt man dabei ein bestimmtes Gewicht und ermittelt die Gewichtsmengen der einzelnen Bestandtheile, so hat man eine quantitative Analyse ausgeführt. Der Aufbau einer chemischen Verbindung aus den Elementen wird Synthese genannt. Durch Synthese haben wir gefunden, dass Kupfersulfid aus Kupfer und Schwefel besteht. Durch die quantitative Bestimmung der Zusammensetzung aller chemischen Verbindungen hat sich ergeben, dass jede Verbindung immer genau dieselbe Zusammensetzung hat, dass sie die einfachen Körper, aus denen sie besteht, genau in demselben unveränderlichen Verhältnisse enthält. (Analyse d. pflanzlich u. thier.)

d. Analyse.

Roths Quecksilberoxid besteht aus:

Sauerstoff . .	<sup>15,96</sup>	Gewichtstheilen
Quecksilber . .	<sup>199,80</sup>	<sup>top. u. unv.</sup>
	<hr/>	
	215,76	

Aus 215,76 Gewichtstheilen erhält man immer 15,96 Gewichtstheile Sauerstoff und 199,80 Gewichtstheile Quecksilber.

Kaliumchlorat erhält drei einfache Körper in dem folgenden Verhältnisse:

Kalium . . . .	<sup>39,04</sup>	Gewichtstheile
Chlor . . . . .	<sup>35,37</sup>	<sup>mitly u. a. h.</sup>
Sauerstoff . . .	<sup>47,88</sup>	<sup>3x 15,96</sup>
	<hr/>	
	122,29	

7) d. d. Kali + d. pflanzlich u. thier. u. d. e. a. m. a. g. b. a. r. e. g.





das Papier schwach röthlich oder bläulich, bei grösseren tiefblau. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man elektrische Funken in der Nähe von solchem Papier überspringen lässt. <sup>+300°</sup> Leitet man ozonhaltigen Sauerstoff durch eine erhitzte Glasröhre, so wird das Ozon zerstört und das Gas nimmt sein ursprüngliches Volum wieder an.

Ozon bildet sich nicht nur durch elektrische Entladungen, sondern auch bei der elektrolytischen Zersetzung des Wassers (s. S. 30) und bei vielen langsamen Oxydationsprocessen, z. B., wenn man eine Stange Phosphor in eine mit feuchter Luft gefüllte Flasche hängt. Ferner entsteht es, wenn man Kaliumpermanganat (übermangansaures Kali) mit Schwefelsäure zersetzt und beim raschen Verdunsten grösserer Mengen von Wasser. Es findet sich daher fast immer, wenn auch nur in sehr geringer Menge, in der Luft und macht sich in der Nähe von Gradirhäusern häufig durch seinen Geruch bemerkbar. Um es in der Atmosphäre nachzuweisen, bedient man sich der oben erwähnten Papierstreifen; dabei darf man aber nicht aus der Acht lassen, dass einige andere Gase (wie Chlor und gewisse Oxide des Stickstoffs) ebenfalls Kaliumjodid zersetzen und deshalb das Papier färben, weshalb man auch Papierstreifen, die mit Thalliumoxid getränkt sind, benutzt; die Oxide des Stickstoffs haben darauf keine Einwirkung, während Ozon braunes Thalliumoxid bildet.

### Wasserstoff oder Hydrogen.

Atomgewicht 1 = H. Volumgewicht 1.

Wasserstoff ist ein farbloses, geruchloses und geschmackloses Gas, welches <sup>14,435</sup> mal leichter als Luft ist; sein specifisches Gewicht auf Luft als Einheit bezogen ist daher 0,06926; aus verschiedenen Gründen ist es bequemer, Wasserstoff als das leichteste Gas als Einheit anzunehmen, um die Gewichte gleicher Raumtheile anderer Gase zu vergleichen. 1 Liter Wasserstoff wiegt bei 0° und bei dem Barometerstand von 760 mm <sup>0,08987 g</sup>; oder 1 g nimmt unter diesen Umständen den Raum von 11,1636 l ein. Durch sehr hohen Druck und äusserst starke Abkühlung kann er zu einer Flüssigkeit verdichtet werden, welche das specifische Gewicht 0,033 hat.

Wasserstoff findet sich im freien Zustande in kleiner Menge in vulcanischen Gasen; die Hauptmenge auf unserm Planeten jedoch ist mit Sauerstoff verbunden als Wasser vorhanden (водъ, Wasser, γεννάω, ich erzeuge); ausserdem bildet der

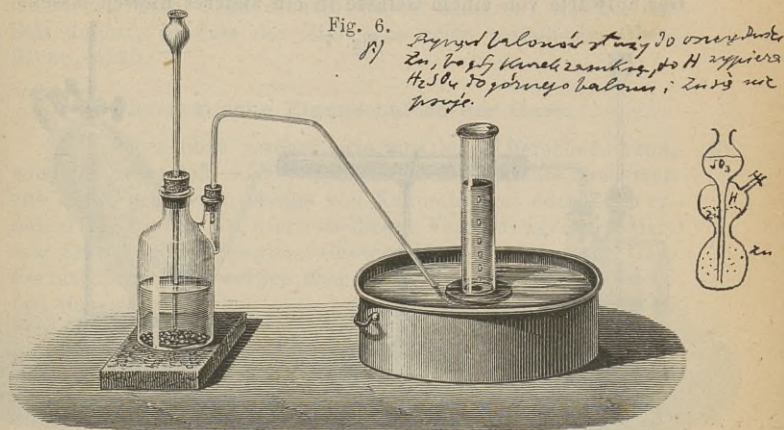
H - H centric possem is pali; ale perkenis nice post trig noje.  
hice u H gadu, chle H dotem stija is ble pali.







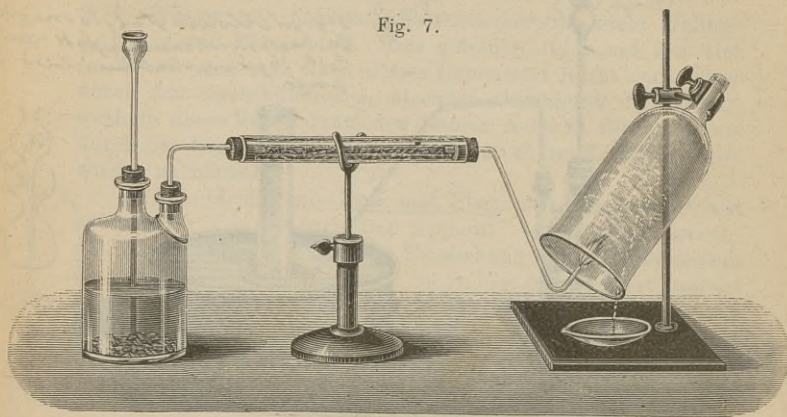
Flasche und giesst durch die Trichterröhre (Fig. 6) ein kaltes Gemisch von 1 Gewichtstheile Schwefelsäure und 8 Gewichts-



theilen Wasser ein; der Wasserstoff entwickelt sich unter Aufbrausen und wird auf dieselbe Weise wie Sauerstoff aufgefangen. Hierbei ist die Vorsicht zu gebrauchen, dass man erst alle Luft aus dem Apparate durch den Wasserstoff verdrängen lässt, ehe man das Gas auffängt, da das zuerst entweichende Gemenge von Wasserstoff und Luft beim Anzünden explodirt. Von der Reinheit kann man sich leicht überzeugen, indem man ein Probirröhrchen damit füllt und dasselbe mit der Oeffnung abwärts einer Flamme nähert; so lange das Gas noch mit Luft gemischt ist, findet eine schwache Explosion statt; dasselbe brennt aber ruhig, sobald alle Luft verdrängt ist. Wasserstoff brennt beim Anzünden an der Luft mit einer bläulichen Flamme, welche nicht leuchtet, aber eine sehr hohe Temperatur besitzt, und wird dabei zu Wasser oxydirt. Man kann dies leicht durch einen Versuch beweisen, wenn man trocknen Wasserstoff aus einer Röhre mit feiner Oeffnung austreten lässt, anzündet und über die Flamme ein trocknes Becherglas oder eine Glasglocke hält (Fig. 7 a. f. S.). Das Gefäß beschlägt sich bald mit Thau, der sich nach und nach in Tropfen ansammelt und an den Wänden herabtröpft. Sammelt man diese Tropfen, so kann man sich leicht überzeugen, dass sie reines Wasser sind. Da Wasserstoff 14 mal leichter

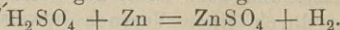
als Luft ist, so entweicht er aus einem Gefäss, dessen Mündung nach oben gerichtet ist, sehr schnell und man kann das Gas aufwärts von einem Gefässe in ein anderes fließen lassen.

Fig. 7.



Bringt man in einen mit Wasserstoff gefüllten Cylinder, dessen Mündung man nach unten hält, eine brennende Kerze, so entzündet sich das Gas an der Oeffnung, wo es mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kömmt; die Kerze aber erlischt im Innern, da Wasserstoff sich unter diesen Umständen nicht mit Kohlenstoff verbindet; dieselbe entzündet sich aber beim Herausnehmen wieder an der Wasserstoffflamme.

Verdampft man die Flüssigkeit in der Flasche, nachdem die Entwicklung von Wasserstoff aufgehört hat, zur Trockne, so bleibt ein weisses Salz zurück, welches Zinksulfat genannt wird. Schwefelsäure ist eine Verbindung von Schwefel, Sauerstoff und Wasserstoff. In Berührung mit Zink entweicht der Wasserstoff, und das Metall tritt an seine Stelle; dieser Austausch wird durch folgende Gleichung deutlich gemacht:



Schwefelsäure besteht aus

Schwefel 31,98 = S

Sauerstoff 63,84 = O<sub>4</sub>

Wasserstoff 2,00 = H<sub>2</sub>

97,82 = SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>

Zinksulfat ist

S = 31,98

O<sub>4</sub> = 63,84

Zn = 64,90

160,72 = SO<sub>4</sub>Zn

64,9 Gewichtstheile Zink erfordern also 97,82 Gewichtstheile Schwefelsäure und geben 2 Gewichtstheile Wasserstoff





und 160,72 Gewichtstheile Zinksulfat. Concentrirte Schwefelsäure wirkt auf Zink nicht ein, weil Zinksulfat darin nicht löslich ist; man muss deshalb Wasser zusetzen, welches das Salz auflöst, so dass das Zink eine reine metallische Oberfläche behält.

Physikalische Eigenschaften der Gase.

Wir haben oben gesehen, wie man leicht berechnen kann, wie viel Sauerstoff oder Wasserstoff dem Gewichte nach man aus einer gegebenen Menge von Kaliumchlorat oder Zink erhalten kann, oder wie viel von diesen Verbindungen erforderlich ist, um eine gewisse Gewichtsmenge eines jener Gase darzustellen. Gase werden aber selten dem Gewichte, sondern fast immer dem Volum nach bestimmt, und ehe wir daher zu den Verbindungen von Sauerstoff und Wasserstoff übergehen, müssen wir die Methoden kennen lernen, wie diese Bestimmung geschieht, und haben zu diesem Zwecke erst einige physikalische Eigenschaften der Gase, deren Kenntniss erforderlich ist, näher zu betrachten. M3.

Ausdehnung der Gase durch Wärme.

Alle Körper dehnen sich beim Erwärmen aus; diese Ausdehnung ist bei gleicher Temperaturerhöhung am geringsten bei festen Körpern, grösser bei Flüssigkeiten, aber für verschiedene Substanzen sehr verschieden; gasförmige Körper dagegen dehnen sich nicht nur am stärksten, sondern alle auch ganz gleichmässig aus. Durch sorgfältige Versuche hat man festgestellt, dass bei einem jeden Gas die Zunahme des Volumens bei der Temperaturerhöhung von 1° des 100theiligen Thermometers  $\frac{1}{273}$  des Rauminhaltes bei 0° ist.

Nimmt also ein Gas bei 0° 273 Raumtheile ein,

so nimmt es bei 1° 274 " "

bei 2° 275 " "

bei 3° 276 " "

und bei t° 273 + t " "

oder ein Raumtheil bei 0° wird zu  $1\frac{1}{273}$  oder 1,003665 bei 1°. Den Bruch  $\frac{1}{273} = 0,003665$  nennt man den Ausdehnungs-<sup>coefficienten der Gase.</sup> ist eine molerli?

Will man also wissen, welchen Raum 1000 CC. Wasserstoff bei 0° gemessen einnehmen, wenn die Temperatur auf 20°

$\alpha$  steigt, so hat man sich zu erinnern, dass 273 Raumtheile bei  $0^{\circ}$  zu  $273 + 20 = 293$  Raumtheilen bei  $20^{\circ}$  werden, also 1000 CC. bei  $0^{\circ}$  werden bei  $20^{\circ} = \frac{1000 \times 293}{273} = 1073,2$ . Wünscht man dagegen zu finden, welches Volum ein Gas bei  $0^{\circ}$  einnimmt, das bei  $20^{\circ}$  1000 CC. einnahm, so hat man sich zu erinnern, dass wenn ein Gas von  $20^{\circ}$  auf  $0^{\circ}$  abgekühlt wird, das Volumen sich im Verhältniss von 293 : 273 verkleinert oder  $1000^{\circ}$  bei  $20^{\circ}$  werden bei  $0^{\circ} = \frac{1000 \times 273}{293}$ . Hat man das Volum eines Gases bei  $20^{\circ}$  gemessen und will wissen, was es bei  $50^{\circ}$  ist, so hat man dieses Volum mit  $\frac{273 + 50}{273 + 20} = \frac{323}{293}$  zu multipliciren.

### Verhalten der Gase zum Druck.

$2.)$  Alle Körper vermindern unter Druck ihr Volum; feste und flüssige Körper thun dies nur in geringem Grade; Gase lassen sich dagegen sehr stark zusammendrücken, und wird der Druck aufgehoben, so nehmen sie ihr ursprüngliches Volum wieder an. Alle Gase vermindern ihr Volumen unter demselben Drucke ganz gleichmässig, und die Beziehungen zwischen Druck und Volum werden durch ein sehr einfaches Gesetz ausgedrückt, das nach den Entdeckern das Boyle'sche oder Mariotte'sche Gesetz genannt wird. Es heisst: das Volum der Gase verhält sich umgekehrt wie der Druck, dem sie ausgesetzt sind.

$\times$  Hat man also einen Raumtheil eines Gases und vermindert den Druck, dem es ausgesetzt ist, auf die Hälfte, so wird es 2 Raumtheile einnehmen; ist der Druck nur  $\frac{1}{3}$ , so wird es sich zu 3 Raumtheilen ausdehnen; wird dagegen der Druck verdoppelt, so wird es nur halb so viel Raum einnehmen, bei 3fachem Druck nur  $\frac{1}{3}$  u. s. w.

Der Druck, welchen die Atmosphäre auf die Erdoberfläche ausübt, wird durch das Barometer gemessen; derselbe ist am Meeresspiegel im Mittel gleich dem einer Quecksilberschicht von 760 mm Höhe. Der Luftdruck ist aber fortwährenden Schwankungen unterworfen; wird derselbe grösser, so steigt das Quecksilber im Barometer, vermindert er sich, so sinkt die Quecksilbersäule. Alle Gase, welche auf unserm Planeten existiren, sind diesem Drucke unterworfen, und ihre Volumina

vergrössern oder verkleinern sich, dem oben erwähnten Gesetze folgend, im Verhältniss wie der Luftdruck sich vermindert oder vermehrt. Es folgt hieraus, dass wenn man berechnen will, welches Volum Wasserstoff eine bestimmte Menge von Zink liefern kann, man nicht nur die Temperatur, bei der das Gas aufgefangen wird, wissen muss, sondern auch den Luftdruck, bei dem es gemessen wird. Um die Volumina verschiedener Gase vergleichen zu können, muss man dieselben für denselben Druck und dieselbe Temperatur berechnen. Man ist übereingekommen, als Normaltemperatur  $0^{\circ}$  und als Normaldruck den einer Quecksilbersäule von 760 mm anzunehmen.

Nehmen wir nun an, wir wollten einen Gasometer, welcher 10 l enthält, mit Sauerstoff füllen bei einer Temperatur von  $15^{\circ}$  und einem Barometerstande von 752 mm, so können wir leicht berechnen, wie viel Kaliumchlorat dazu erforderlich ist; denn wir wissen, dass 122,29 Gewichtstheile Kaliumchlorat 47,88 Gewichtstheile Sauerstoff liefern, und dass 1 l Sauerstoff bei Normaltemperatur und Druck 1,43028 g wiegt. Was ist also das Gewicht von 10 l Sauerstoff bei  $15^{\circ}$  und unter 752 mm Druck?

$$10 \text{ l bei } 0^{\circ} \text{ und } 760 \text{ mm gemessen, werden bei } 15^{\circ} \text{ und } 752 \text{ mm} = \frac{10 \times 760 \times (273 + 15)}{752 \times 273} = 10,661 \text{ l.}$$

Da nun 10 l bei  $0^{\circ}$  und 760 mm 14,3028 g wiegen, so wiegen 10 l bei  $15^{\circ}$  und 752 mm  $\frac{14,3028 \times 10}{10,661} = 13,416 \text{ g}$ . Um aber diese Menge Sauerstoff darzustellen, braucht man  $\frac{122,29 \times 13,416}{47,88} = 34,265 \text{ g}$  Kaliumchlorat.

Genau in derselben Weise kann man finden, wie viel Zink und Schwefelsäure erforderlich sind, um einen Luftballon, dessen Rauminhalt 150 cbm beträgt, mit Wasserstoff zu füllen, wenn die Temperatur  $11^{\circ}$  ist und das Barometer auf 763 mm steht.

$$\frac{150 \cdot 760 \cdot (273 + 11)}{763 \cdot 273} = \alpha \quad \frac{0,089578 \cdot 150,000}{\alpha} = \beta \text{ Liter H.} \quad \frac{97,82 \cdot \beta}{2} = \gamma \text{ SO}_2 \text{ u. H}_2 \text{O}$$

64,90

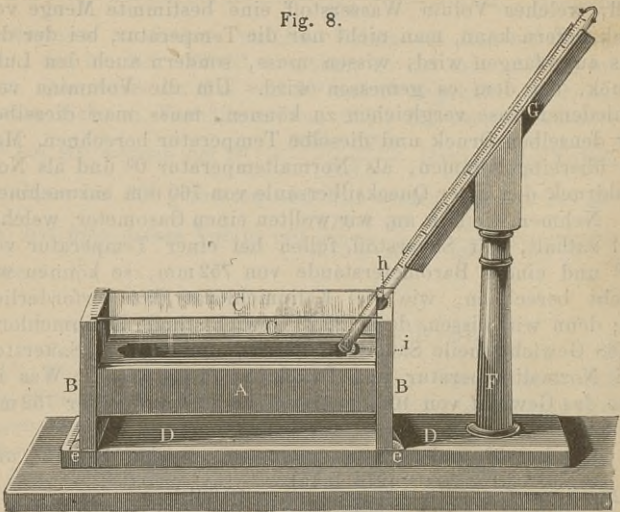
zu notiren.

## Messen der Gase.

Unter den Apparaten, welche man benutzt, um Gase zu messen und deren Zusammensetzung dem Rauminhalt nach zu ermitteln, ist das Eudiometer der wichtigste. Dasselbe besteht aus einer langen Glasröhre, welche an einem Ende zugeschmolzen und mit einer genauen Millimeteereintheilung

versehen ist (Fig. 8). Der Rauminhalt, welcher einem jeden  $\alpha$ .Theilstriche entspricht, wird durch Versuche genau ermittelt. Am obern verschlossenen Ende des Rohres sind zwei Platin-

Fig. 8.



drähte eingeschmolzen, welche dazu dienen, um Gasgemische durch den elektrischen Funken entzünden zu können. Zum Gebrauch wird die Röhre mit Quecksilber gefüllt und in einer mit Quecksilber gefüllten Wanne umgekehrt und mittelst eines Halters senkrecht aufgestellt; dann lässt man das Gas, das analysirt oder gemessen werden soll, vermittelst einer Gasleitungsröhre eintreten. Durch Ablesung an der Scala erfährt man, welches Volum dasselbe einnimmt, und man hat nun den Druck und die Temperatur zu bestimmen, um zu finden, welchen Raum es bei  $0^{\circ}$  und einem Druck von 760 mm einnehmen würde. Die Temperatur wird durch ein genaues Thermometer bestimmt, das in der Nähe des Instrumentes aufgehängt ist, und man liest nicht eher ab, bis dasselbe längere Zeit einen constanten Stand eingenommen hat; um den Druck zu bestimmen, unter welchem das Gas sich befindet, ist erforderlich, den Barometerstand und die Höhe der Quecksilbersäule im Rohre über dem Quecksilberspiegel in der Wanne abzulesen. Alle Ablesungen geschehen in einiger Entfernung

mittelst eines Fernrohrs, um den Einfluss der Körperwärme so viel als möglich zu vermeiden. Nimmt z. B. ein Gas im Eudiometer 50 Raumtheile ein und ist die Temperatur  $10^{\circ}$ , der Barometerstand 750 mm und die Höhe der Quecksilbersäule in der Röhre 430 mm, so ist der Druck, unter dem das Gas sich befindet,  $750 - 430 = 320$  mm Quecksilberhöhe und das Volum bei Normaldruck und Normaltemperatur daher:

$$\frac{50 \times 320 \times 273}{760 \times (273 + 10)} = 20,31 \text{ Raumtheile.}$$

Nicht bloss Körper, welche bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig sind, folgen den oben erwähnten Gesetzen, sondern alle Stoffe, welche sich in Gase oder Dämpfe verwandeln lassen, sind in diesem Zustande diesen Gesetzen unterworfen, so lange Druck und Temperatur nicht zu nahe dem Punkte kommen, wo sie den tropfbarflüssigen Zustand annehmen. Näheres darüber wird bei den betreffenden Körpern erwähnt werden.

### Diffusion der Gase.

Bringt man zwei oder mehrere Gase, welche sich nicht chemisch verbinden, zusammen, so mischen sie sich nach kurzer Zeit vollständig mit einander. Leitet man z. B. Kohlendioxid, welches nahezu 22 mal schwerer als Wasserstoff ist, auf den Boden eines Gefässes, das mit Wasserstoff gefüllt ist, so wird nach einiger Zeit eine innige Mischung der beiden Gase eingetreten sein und ein bestimmter Raumtheil aus dem obern Theile des Gefässes genau so viel Kohlendioxid enthalten, als ein gleiches Volum am Boden desselben, diese Eigenschaft bezeichnet man mit Diffusion der Gase. Verschiedene Gase diffundiren mit verschiedener Schnelligkeit; so entweichen aus einem Gefässe, welches mit Sauerstoff gefüllt und mit der Oeffnung nach oben gerichtet ist, 94,5 Proc. dieses Gases in derselben Zeit, als aus einem mit Kohlendioxid gefüllten 47 Proc. entweichen.

Zu Untersuchungen über Diffusion benutzt man Glasröhren, deren eines Ende mit einer dünnen Platte verschlossen ist, die aus einem sehr feinporigen Material besteht; am besten eignen sich hierzu Gyps- oder Graphitplatten. Füllt man eine solche Röhre mit Wasserstoff, wobei man auf die Graphitplatte eine genau darauf geschliffene Glasplatte deckt, um das Entweichen des Gases zu verhindern, bringt dann das offene Ende der Röhre unter Wasser und nimmt dann die

Glasplatte weg, so fängt das Wasser in der Röhre an zu steigen, als ob ein luftleerer Raum entstanden wäre, indem der Wasserstoff schneller in die äussere Luft diffundirt, als dieselbe durch die poröse Platte eindringen kann. Untersucht man das in der Röhre befindliche Gas, wenn das Wasser nicht weiter steigt, so findet man, dass es nur aus Luft besteht.

Die Schnelligkeit, mit welcher ein Gas diffundirt, hängt von seinem specifischen Gewichte ab und folgt einem bestimmten Gesetze, welches heisst: die Schnelligkeit der Diffusion verhält sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln der Volumgewichte.

So entweichen durch die Scheidewand beinahe 4 Raumtheile Wasserstoff in derselben Zeit als 1 Raumtheil Sauerstoff, indem das letztere Gas 15,96 mal schwerer als das erstere ist.

Diese Eigenschaft der Gase ist von der grössten Wichtigkeit, da durch dieselbe hauptsächlich die Luft in grossen Städten und Wohngebäuden immer erneuert und rein gehalten wird.

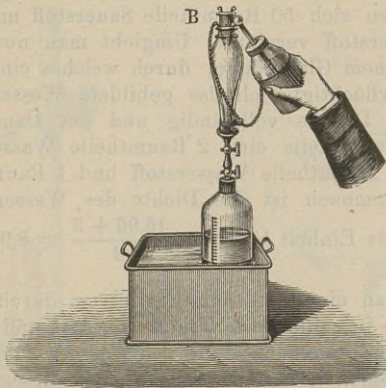
#### Oxide des Wasserstoffs.

Wasserstoffoxid oder Wasser  $H_2O$ . Moleculargewicht  $\frac{2+1596}{17,96}$ . Volumgewicht 8,98. <sup>ref. p. 101.</sup> Wasserstoffdioxid  $H_2O_2$ . Moleculargewicht  $\frac{33,92}{33,92}$ . <sup>massa pari.</sup>

A. Wasser oder Wasserstoffoxid,  $H_2O$ , bildet sich durch directe Verbindung der beiden Elemente, wenn Wasserstoff in Luft oder Sauerstoff brennt. Cavendish bewies 1781, dass dabei genau 2 Raumtheile Wasserstoff 1 Raumtheil Sauerstoff erfordern. Den Apparat, den er dazu anwandte, zeigt in etwas vervollkommneter Gestalt Fig. 9. In der mit einer Theilung versehenen Glasglocke brachte er 2 Raumtheile Wasserstoff mit 1 Raumtheil Sauerstoff zusammen und liess dieses Gemisch durch Oeffnen der Hähne in das obere starkwandige Glasgefäss steigen, welches vorher luftleer gepumpt und dann gewogen worden war. Vermittelst zweier in dieses Gefäss eingeschmolzenen Platindrähte liess er einen elektrischen Funken durchschlagen; die Gase verbanden sich unter Explosion, und die Wände des Gefässes beschlugen sich mit Thautropfen. Beim Wiederwägen zeigte sich, dass das Gewicht sich nicht geändert hatte, und wurden die Hähne unter Wasser geöffnet, so füllte sich das Gefäss ganz damit an, zum Zeichen, dass die Gase sich vollständig verbunden hatten. Hiermit

ist also bewiesen, dass durch Vereinigung von 1 Raumtheil Sauerstoff mit 2 Raumtheilen Wasserstoff ein dem Gewicht der angewandten Gase gleiches Gewicht Wasser gebildet worden ist.

Fig. 9.



Seit dieser Zeit hat man die Zusammensetzung des Wassers durch bessere Methoden vielfach wieder bestimmt und die Resultate Cavendish's bestätigt. Die schärfste Methode ist eine Abänderung der von Cavendish benutzten und beruht auf Anwendung des Eudiometers. Nachdem dasselbe mit Quecksilber gefüllt ist, leitet man Wasserstoff ein und bestimmt dessen Volum genau mit Befolgung aller früher erwähnten Vorsichtsmaassregeln. Nehmen wir an, es seien 100 Raumtheile. Man bringt dann Sauerstoff hinzu und bestimmt dessen Volum; es seien 75 Raumtheile. Die Röhre darf bei diesem Versuche höchstens bis zur Hälfte mit dem Gasgemenge gefüllt sein, da bei der Vereinigung der Gase eine starke Wärmeentwicklung stattfindet und die Gase sich bedeutend ausdehnen. Man presst dann das offene Ende des Eudiometers gegen eine Kautschukplatte, welche sich unter dem Quecksilber in der Wanne befindet, und lässt dann vermittelst der Platindrähte einen elektrischen Funken durch das Gasgemisch schlagen; eine schnelle Verbrennung findet statt, und die kalten Röhrenwände beschlagen sich mit Thau von gebildetem Wasser, welches nur etwa  $\frac{1}{2000}$  des Raumes einnimmt, welchen die Gase vor der Verbrennung einnahmen.

Das Quecksilber im Eudiometer steigt deshalb, sobald die Kautschukplatte von der Oeffnung entfernt wird. Man bestimmt nun genau das Volum des zurückgebliebenen Gases und wird bei unserm Versuche finden, dass es 25 Raumtheile beträgt und, was leicht nachzuweisen, reiner Sauerstoff ist. Folglich haben sich 50 Raumtheile Sauerstoff mit 100 Raumtheilen Wasserstoff vereinigt. Umgiebt man nun das Eudiometer mit einem Glasgefässe, durch welches ein Dampfstrom bläst, so verflüchtigt sich das gebildete Wasser unter dem verminderten Drucke vollständig und der Dampf desselben nimmt 100 Raumtheile ein. 2 Raumtheile Wasserdampf enthalten also 2 Raumtheile Wasserstoff und 1 Raumtheil Sauerstoff, und demnach ist die Dichte des Wasserdampfes auf Wasserstoff als Einheit bezogen  $\frac{15,96 + 2}{2} = 8,98$ .

*Es geht bei Elementen  
eine elektrische Spannung  
aus.  
70 Volt ist die Spannung  
Calcium erzeugt  
Alle Verbindungen  
sind qualitativ  
verschieden  
signifikant!*

Leitet man einen galvanischen Strom durch Wasser, so wird dasselbe in seine Bestandtheile zerlegt, und es lässt sich hierdurch die Zusammensetzung des Wassers auf analytischem Wege klar demonstriren. Man benutzt zu diesem Zwecke ein Glasgefäss (Fig. 10), welches man mit Wasser füllt, zu dem man etwas Schwefelsäure gefügt hat, um es zu einem bessern Leiter der Electricität zu machen. Der Boden des Gefässes besteht aus einem Kautschukstopfen, durch welchen zwei Platindrähte gehen, die mit zwei kleinen Platinplatten verbunden sind; über ein jedes dieser Platinbleche stülpt man eine mit Wasser gefüllte Probirröhre von gleichem Durchmesser und Rauminhalt und bringt die Platindrähte mit den Polen einer 4zelligen Bunsen'schen Batterie in Verbindung. Gasentwicklung tritt ein, und zwar entwickelt sich an der mit dem Zink verbundenen Platte doppelt so viel Gas, welches aus reinem Wasserstoff besteht, als an der, welche mit der Kohle in Verbindung steht, wo Sauerstoff frei wird. Lässt man die elektrolytische Zersetzung des Wassers in einem mit einer Gasleitungsröhre versehenen Gefässe vor sich gehen, so kann man das Gemenge der beiden Gase auffangen. Dasselbe explodirt mit einem brennenden Körper in Berührung gebracht mit grosser Heftigkeit; um dies auf ungefährliche Weise zu zeigen, bedient man sich am besten der sogenannten Sodawasserflaschen, welche man mit dem Knallgase, wie dieses Gemisch genannt wird, füllt und dasselbe anzündet, wobei ein Knall wie ein starker Pistolenschuss entsteht, weil der gebil-

*molent, ohara  
3, 30 - Strom  
Kupfer*

*Rechts ist Wasser  
links Sauerstoff  
abwärts  
Kupfer*

*4, 20 Volt (beim  
Laden) unter  
10, 10 Volt  
2, 10 Volt  
H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> B.  
SO<sub>2</sub> + O  
in der Luft, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> etc.*

4  
*H<sub>2</sub>O in reiner  
Form ist  
nicht  
möglich  
30 Minuten  
bei 100 Grad  
Celsius*

... (acc. zur Sublimierung!) para purgas...  
... (acc. zur Sublimierung!) para purgas...  
... (acc. zur Sublimierung!) para purgas...



dete Wasserdampf durch die starke, bei der Verbrennung erzeugte Hitze plötzlich und gewaltsam ausgedehnt wird.

Chemisch reines Knallgas wird häufig bei Gasanalysen benutzt; zu seiner Darstellung wendet man einen Zersetzungsapparat an, wie Fig. 11 zeigt.

Fig. 10.

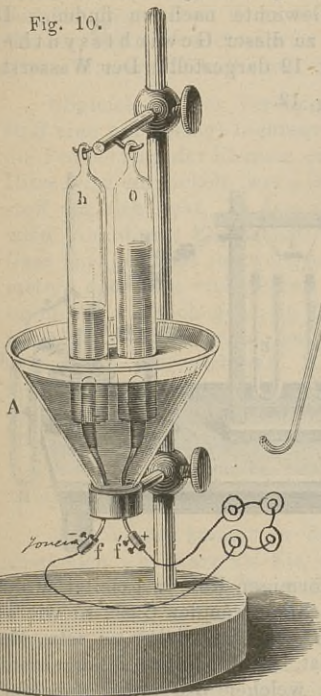
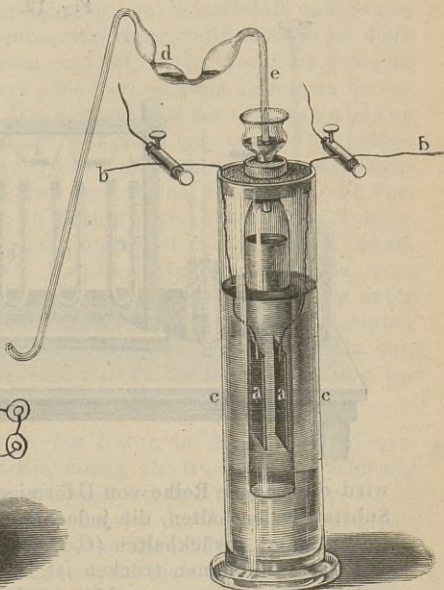


Fig. 11.

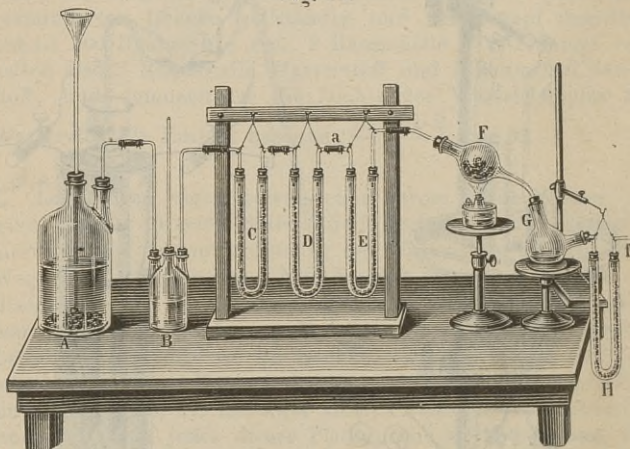


Da Sauerstoff 15,96 mal schwerer als Wasserstoff ist und beide sich im Raumverhältniss von 1 zu 2 verbinden, so ergibt sich, dass 15,96 Gewichtstheile Sauerstoff sich mit 2 Gewichtstheilen Wasserstoff zu Wasser vereinigen.

Diese Verhältnisse sind aber auch direct durch genaue Gewichtsbestimmungen festgestellt worden; man hat dabei von der Eigenschaft des Kupferoxids Gebrauch gemacht, dass dasselbe beim Glühen für sich keinen Sauerstoff abgiebt, aber in Berührung mit Wasserstoff unter Bildung von Wasser zu

metallischem Kupfer reducirt wird. Nimmt man nun eine bestimmte Gewichtsmenge dieses Oxids, erhitzt dasselbe und leitet Wasserstoff darüber, sammelt das erzeugte Wasser auf, wägt dasselbe, so wie das zurückbleibende Gemisch von Kupfer und Kupferoxid, so hat man alle Daten, um die Zusammensetzung des Wassers dem Gewichte nach zu finden. Der Apparat, welcher ursprünglich zu dieser Gewichtssynthese des Wassers diente, ist in Fig. 12 dargestellt. Der Wasserstoff

Fig. 12.



wird durch eine Reihe von U förmigen Röhren geleitet, welche Substanzen enthalten, die jede Spur fremder Gase, so wie alle Feuchtigkeit zurückhalten (*C, D, E*). Um sicher zu sein, dass das Gas vollkommen trocken ist, ist die Röhre *E* angebracht, welche einen Körper enthält, welcher Wasserdampf begierig absorbiert; diese Röhre wird vor und nach dem Versuche gewogen und, wenn das Gewicht unverändert geblieben, ist man sicher, dass das Gas keine Spur von Feuchtigkeit mehr enthielt. Das vollkommen reine Gas kommt in der Glaskugel *F* mit erhitztem reinem Kupferoxid zusammen und der Wasserdampf, welcher sich bildet, sammelt sich in der Kugel *G* als Wasser an; jede Spur von Feuchtigkeit, welche sich nicht darin verdichten sollte, wird in der Röhre *H*, die mit in Schwefelsäure getränktem Bimsstein gefüllt ist, zurückgehalten.

Jeder einzelne Theil des Apparates wird vor und nach dem Versuche sorgfältig gewogen; der Gewichtsunterschied von *F* giebt das Gewicht des Sauerstoffs, welcher in dem gebildeten Wasser enthalten ist, dessen Menge man durch die Gewichtszunahme von *G* und *H* erfährt. Eine Reihe von mit grosser Sorgfalt angestellten Versuchen ergab, dass 100 Gewichtstheile Wasser  $88\frac{1}{2}$  (864) Gewichtstheile Sauerstoff und  $11\frac{1}{2}$  (136) Gewichtstheile Wasserstoff enthalten.

Obleich bei der Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff eine nur geringe Lichtentwicklung stattfindet, so ist doch die Temperatur der Flamme eine sehr hohe, und noch grössere Hitze wird entwickelt, wenn die Verbrennung in reinem Sauerstoff vor sich geht. In dem sogenannten Knallgasgebläse wird von dieser Eigenschaft Gebrauch gemacht. Die beiden Gase sind getrennt in zwei grossen Kautschuksäcken oder Gasometern enthalten und werden erst an dem Punkte, wo die Verbrennung vor sich geht, in Berührung gebracht; die Temperatur der dadurch erzeugten Flamme ist so hoch, dass die am schwersten schmelzbaren Metalle, wie Platin, darin zum Schmelzen gebracht werden; Eisendraht verbrennt darin unter prächtigem Funkensprühen; ein Stück Kreide wird zur stärksten Weissgluth erhitzt und strahlt ein höchst intensives Licht aus, welches man zu Signalen und zu künstlicher Beleuchtung benutzt (Drummond's Kalklicht).

Das Wasser kommt in der Natur in den drei Aggregatzuständen vor, starr als Eis, flüssig als Wasser und gasförmig als Wasserdampf. Die Temperatur, bei der Wasser gefriert, ist eine constante und genau dieselbe, bei der Eis wieder schmilzt; dieselbe ist der 0-Punkt des 100 theiligen Thermometers. Ueber 0° kann Eis nicht existiren, obwohl man unter gewissen Umständen Wasser unter 0° abkühlen kann, ohne dass dasselbe gefriert. Wenn Wasser aus dem starren in den flüssigen Zustand übergeht, findet eine Volumverminderung statt, und wenn Wasser gefriert, eine plötzliche Ausdehnung. 1 Raumtheil Wasser von 0° giebt 1,099 Raumtheile Eis von derselben Temperatur. Die fast unwiderstehliche Kraft, welche diese Ausdehnung ausübt, zeigt sich im Winter in dem Zerklüften der Felsen; Wasser dringt in deren Spalten und Zwischenräume ein und erweitert dieselben beim Gefrieren, und durch Wiederholung dieses Vorganges zerfallen grosse Felsmassen nach und nach in kleine Bruchstücke. Bomben, welche man mit Wasser füllt und mit

8.  
spannend  
wie Stein  
ausströmend

einer genau passenden Schraube verschliesst, bersten, wenn man sie einer Temperatur unter  $0^{\circ}$  aussetzt.

Wenn Wasser aus dem starren in den flüssigen Zustand übergeht, findet neben Volumverminderung noch eine andere, merkwürdige Erscheinung statt, nämlich ein Verschwinden von Wärme. Dieselbe wird gebunden oder *latent*, wie der folgende Versuch klar macht. Mischt man 1 kg Wasser von  $0^{\circ}$  und 1 kg Wasser von  $79^{\circ}$ , so erhält man 2 kg Wasser von  $39,5^{\circ}$  oder der mittleren Temperatur; bringt man dagegen 1 kg Schnee von  $0^{\circ}$  zu 1 kg Wasser von  $79^{\circ}$ , so schmilzt er und man erhält 2 kg Wasser, deren Temperatur genau  $0^{\circ}$  ist. Die Wärmemenge, welche in dem warmen Wasser enthalten war, ist für das Gefühl vollständig verschwunden; sie hat dazu gedient, das Eis zu schmelzen, das Wasser aus dem starren in den flüssigen Zustand überzuführen. Um Eis von  $0^{\circ}$  in Wasser von derselben Temperatur zu verwandeln, ist also eine bestimmte Menge von Wärme erforderlich; eine Menge, die hinreicht, dasselbe Gewicht Wasser von  $0^{\circ}$  auf  $79^{\circ}$  zu erwärmen, wird latent oder gebunden. Man sagt daher, die latente Wärme des Wassers ist gleich 79 Wärmeeinheiten, und versteht unter

β. 1 *Wärmeeinheit* die Wärmemenge, welche nöthig ist, 1 Gewichtseinheit Wasser um  $1^{\circ}$  zu erwärmen. Wenn Wasser wieder gefriert, so wird die gebundene Wärme wieder frei; setzt man dasselbe einer Temperatur unter  $0^{\circ}$  aus, so bleibt doch die Temperatur, so lange noch flüssiges Wasser vorhanden ist, constant auf  $0^{\circ}$ .

Dieses Verschwinden von Wärme beim Schmelzen und Wiederfreiwerden beim Gefrieren findet bei allen Substanzen statt, die aus dem festen in den flüssigen oder aus dem flüssigen wieder in den festen Zustand übergehen und lässt sich leicht durch den Versuch zeigen. Schmilzt man krystallisirtes, essig-saures *Natron* mit wenig Wasser in einem Kölbchen bei möglichst gelinder Wärme zusammen und lässt an einem ruhigen Platz erkalten, so bleibt die Lösung lange flüssig; wirft man aber dann einen Krystall desselben Salzes hinein, so wird sie plötzlich fest, indem das Salz auskrystallisirt, und erwärmt sich dabei bedeutend, was man schon durch das Gefühl wahrnehmen kann, besser durch ein Thermometer, das in die kalte Lösung taucht, und das im Augenblick des Erstarrens plötzlich steigt. Aehnlich kann man unter gewissen Vorsichtsmaassregeln Wasser unter  $0^{\circ}$  abkühlen, ohne dass es gefriert, beim Schütteln ver-

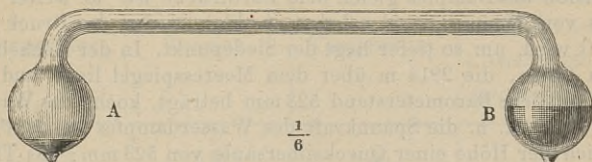
wandelt es sich plötzlich durch die ganze Masse in Eis, wobei die Temperatur auf  $0^{\circ}$  steigt.

Wird Wasser von  $0^{\circ}$  auf  $+4^{\circ}$  erwärmt, so findet eine  $\rho$  Volumverminderung statt, und dasselbe dehnt sich wieder aus bei Abkühlung auf  $0^{\circ}$ . Wasser hat also ein Maximum der Dichte bei  $4^{\circ}$ ; d. h. ein bestimmter Raumtheil Wasser wiegt bei  $4^{\circ}$  mehr als bei irgend einer anderen Temperatur. Ueber  $4^{\circ}$  dagegen ist die durch Wärme erzeugte Ausdehnung eine normale. Diese merkwürdige Ausnahme vom Gesetze der Ausdehnung, so gering auch dieselbe ist (1 Raumtheil Wasser von  $4^{\circ}$  wird 1,00012 Raumtheil bei  $0^{\circ}$ ), übt einen höchst bedeutenden Einfluss auf den Haushalt der Natur aus; ohne diese anscheinend unwichtige Eigenschaft des Wassers würde Europa ein arktisches Klima haben und so unbewohnbar sein wie die Melville-Insel. Um dies deutlicher zu machen und zu zeigen, was der Zustand der Dinge wäre, wenn Wasser sich normal ausdehnte, kann man den folgenden Versuch anstellen. In einen grossen Cylinder mit Wasser, dessen Temperatur etwas über  $4^{\circ}$  ist, bringt man zwei Thermometer, eines am Boden und das andere etwas unter der Oberfläche des Wassers an; stellt denselben an einen Platz, dessen Temperatur unter dem Gefrierpunkte liegt und beobachtet die beiden Thermometer. Im Anfange zeigt das obere eine höhere Temperatur als das untere, bis sie beide  $4^{\circ}$  anzeigen, von diesem Augenblicke an bleibt das untere constant auf  $4^{\circ}$ ; das obere aber sinkt allmähig bis zum Gefrierpunkte und eine Eiskruste bildet sich. Ist das angewandte Gefäss nicht zu klein, so wird das untere Thermometer noch auf  $4^{\circ}$  zeigen, wenn die Oberfläche des Wassers mit einer dicken Schicht von Eis bedeckt ist. Genau dasselbe findet beim  $\alpha$  Gefrieren der Flüsse und Landseen statt; die Oberfläche derselben wird namentlich durch kalte Winde abgekühlt, und die erkaltete Schicht wird schwerer und sinkt, während wärmeres, leichteres Wasser zur Oberfläche kommt, bis nach und nach die Temperatur der ganzen Wassermasse auf  $4^{\circ}$  gesunken ist. Von jetzt an wird das Wasser an der Oberfläche bei fernerer Abkühlung leichter und behält seinen Platz; die Eisbildung kann also nur an der Oberfläche vor sich gehen, während wenn die Dichte des Wassers bis  $0^{\circ}$  fortwährend zunähme, die ganze Wassermasse zum Gefrierpunkt abgekühlt und vollständig in Eis verwandelt würde. Unsere Flüsse und Seen würden bis auf den Boden gefrieren; die Sommerwärme würde nicht hinreichen, diese Eismassen aufzuthauen, und das Klima Europas würde



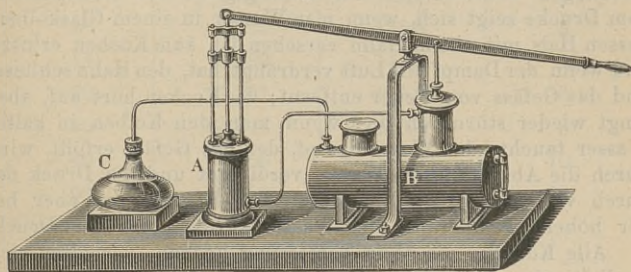
Wassers ein, dass es in *B* in kurzer Zeit gefriert. Carré hat <sup>β</sup> einen sehr sinnreichen und einfachen Apparat erfunden, um

Fig. 13.



grössere Mengen von Wasser durch seine eigene Verdunstung zum Gefrieren zu bringen (Fig. 14); derselbe besteht aus einer

Fig. 14.



kräftigen Luftpumpe (*A*) und dem Bleigefäss (*B*), das concentrirte Schwefelsäure enthält, ein Körper, der mit grosser Begierde Wasser anzieht. Indem man nun die Flasche *C*, die Wasser enthält, auspumpt, wird der entweichende Dampf von der Säure aufgenommen, das Wasser kommt in lebhaftes Verdunsten und erstarrt bald zu einer Eismasse.

Nicht bloss Wasser, sondern sogar auch Eis verwandeln sich, der Luft ausgesetzt, langsam in Wasserdampf; sie verdunsten und der so gebildete Dampf übt wie ein jedes Gas einen gewissen Druck aus; man bezeichnet denselben mit Spannkraft oder Tension des Wasserdampfes. Um diese Spannkraft zu messen, bringt man einige Tropfen Wasser über die Quecksilbersäule in einem Barometer; dieselbe wird dadurch zum Sinken gebracht und der Unterschied der Quecksilberhöhen in einem so hergerichteten und dem gewöhnlichen Barometer giebt die Tension bei der betreffenden Temperatur. Je höher die Temperatur, je grösser wird die Tension; bei 100<sup>0</sup> ist dieselbe

(β)  
p. 39.

gleich 760 mm; das Quecksilber in der Röhre ist auf gleichem Niveau mit dem in dem weitem Gefässe des Barometers. Der Siedepunkt des Wassers ist folglich die Temperatur, bei der die Tension des Dampfes gleich dem Luftdrucke ist. Je weiter wir uns vom Meeresspiegel erheben, je kleiner also der Druck der Luft wird, um so tiefer liegt der Siedepunkt. In der Hochebene von Quito, die 2914 m über dem Meeresspiegel liegt und wo der mittlere Barometerstand 523 mm beträgt, kocht das Wasser bei  $90,1^{\circ}$ , d. h. die Spannkraft des Wasserdampfes bei  $90,1^{\circ}$  ist gleich der Höhe einer Quecksilbersäule von 523 mm; das Thermometer kann also dazu dienen, Berghöhen zu messen, und man hat ein Instrument construiert, mittelst dessen man den Siedepunkt des Wassers leicht bestimmen kann, um solche Messungen auszuführen. Die Abhängigkeit des Siedepunktes vom Drucke zeigt sich, wenn man Wasser in einem Glaskolben, dessen Hals mit einem Hahn versehen ist, zum Kochen erhitzt, und wenn der Dampf alle Luft verdrängt hat, den Hahn schliesst und das Gefäss vom Feuer entfernt; das Kochen hört auf, aber fängt wieder stürmisch an, wenn man den Kolben in kaltes Wasser taucht; der Wasserdampf, der das Gefäss erfüllt, wird durch die Abkühlung zu Wasser verdichtet und der Druck dadurch vermindert; die Spannkraft des Dampfes ist aber bei der höhern Temperatur des Wassers grösser als der Druck.

Alle Körper, die ohne Zersetzung kochen, verhalten sich ähnlich; aber da die Tension ihrer Dämpfe eine verschiedene ist, so sind auch die Siedepunkte verschiedener Flüssigkeiten sehr verschieden.

Wenn Dampf für sich erhitzt wird, so folgt er dem Gesetz der Ausdehnung wie alle anderen Gase; aber in Gegenwart von Wasser und wenn die Erhitzung in einem verschlossenen Gefässe stattfindet, vergrössert sich die Spannkraft in einem viel stärkern Verhältniss, als die Temperatur. Die folgende Tabelle enthält die Werthe für die Spannkraft des Dampfes bei verschiedenen mit dem Luftthermometer gemessenen Temperaturen.



## Tension des Wasserdampfes.

(8)

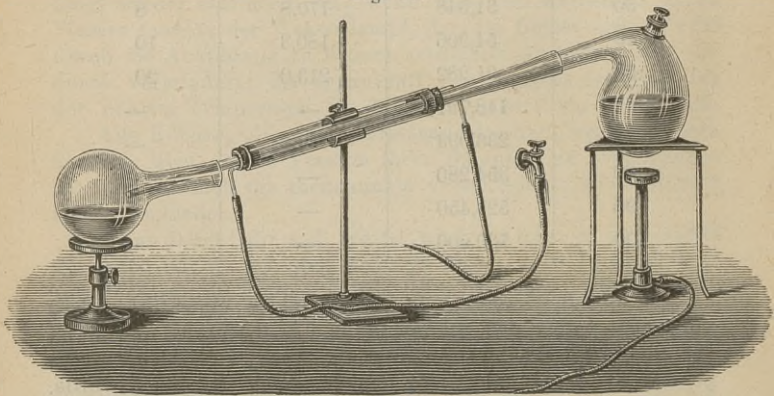
Temperatur.	Tension.	Temperatur.	Tension in Atmosphären. 1 Atm. = 760 mm Quecksilberhöhe.
— 20 <sup>0</sup>	0,927	100 <sup>0</sup>	1
— 10	2,093	111,7	1,5
0	4,600	120,6	2
+ 5	6,534	127,8	2,5
10	9,165	133,9	3
15	12,699	144,0	4
20	17,391	159,2	6
30	31,548	170,8	8
40	54,906	180,3	10
50	91,982	213,0	20
60	148,791	—	—
70	233,093	—	—
80	354,280	—	—
90	525,450	—	—
100	760,000	—	—

Bei der Bestimmung des Siedepunktes einer Flüssigkeit muss man immer den Barometerstand beobachten, und wenn derselbe von 760 mm abweicht, berechnen, bei welcher Temperatur die Flüssigkeit unter dem Normaldruck sieden würde. Ebenso ist die Höhe des Barometers zu berücksichtigen, wenn man ein Thermometer graduirt; dasselbe geschieht bekanntlich in der Weise, dass man durch Eintauchen in schmelzendes Eis den Nullpunkt der Scala feststellt. Das Instrument wird sodann in kochendes Wasser gebracht; kocht dasselbe unter dem Normaldruck, so zeigt das Quecksilber 100<sup>0</sup> an; ist aber die Barometerhöhe kleiner oder grösser, so kocht das Wasser bei einer niedern oder höhern Temperatur, und man muss dann eine Correction anbringen, um das Thermometer richtig

zu theilen. Beim Messen von Gasen ist ebenfalls genau Rücksicht darauf zu nehmen, ob dieselben trocken oder feucht sind, und im letzteren Falle die der Temperatur entsprechende Tension des Wasserdampfes vom Drucke, unter dem das Gas sich befindet, abzuziehen.

14) Wasser und Eis erscheinen in kleineren Mengen farblos; in grösseren Massen jedoch zeigen dieselben eine blaue Farbe, wie die Alpenseen und Gletscher sehr schön zeigen. Die blaue Farbe des Wassers wird häufig verdeckt durch anders gefärbte Körper, welche darin aufgelöst oder aufgeschwemmt enthalten sind. Flusswasser und Quellwasser enthalten immer mehr oder weniger feste Substanzen in Lösung, welche sie aus dem Boden aufnehmen; da diese festen Körper nicht flüchtig mit den Wasserdämpfen sind, so erhält man reines Wasser durch Destillation, d. h. man verwandelt dasselbe durch Kochen in einer Retorte in Dampf und verdichtet denselben in einer kalt gehaltenen Vorlage. Den Apparat, welchen der Chemiker benutzt, um im Laboratorium

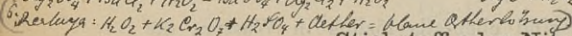
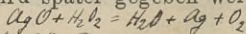
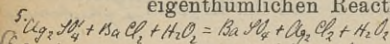
Fig. 15.



Destillationen im Kleinen auszuführen, zeigt Fig. 15. Um feste Körper, welche im Wasser aufgeschwemmt enthalten sind, zu entfernen, filtrirt man dasselbe durch Fliesspapier, Sand etc. Das reinste Wasser, welches in der Natur vorkommt, ist das Regenwasser; aber auch der Regen, namentlich derjenige, welcher zuerst fällt, enthält Verunreinigungen, welche aus dem Staube u. s. w. in der Luft stammen; sobald derselbe die Oberfläche der Erde berührt, nimmt er je nach der Natur des Bodens



9. über Schwefelsäure im luftverdünnten Raum concentriren, und erhält so eine dicke, farblose Flüssigkeit, welche sich schon bei 20° langsam in Sauerstoff und Wasser zersetzt; bei stärkerem Erhitzen entweicht der Sauerstoff unter stürmischem Aufbrausen; die wässerige Lösung ist um so beständiger, je verdünnter sie ist. Da diese Verbindung so leicht Sauerstoff abgibt, so wirkt sie stark oxydirend, zerstört die Haut und bleicht organische Farbstoffe; ihre wässerige Lösung wird daher benutzt, alte Oelgemälde, Kupferstiche und andere Drucksachen zu reinigen oder zu bleichen. Auch als Schönheitsmittel wird es verwandt, da es dunkles Haar in blondes verwandelt. Eine sehr merkwürdige Zersetzung findet statt, wenn Wasserstoffdioxid mit Ozon zusammengebracht wird; es bildet sich nämlich Wasser und gewöhnlicher Sauerstoff. Silberoxid wird von dieser Verbindung zu metallischem Silber reducirt unter Bildung von Wasser und Freiwerden von Sauerstoff. Die Erklärung für diese eigenthümlichen Reactionen wird später gegeben werden.

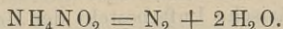


### Stickstoff oder Nitrogen.

Atomgewicht <sup>Karst</sup> 14,01 = N. Volumgewicht = 14,01.

Dieses Element ist ein farbloses Gas, ohne Geruch und Geschmack, welches das spec. Gew. 0,972 hat und unter sehr hohem Druck und äusserst starker Abkühlung sich zu einer Flüssigkeit verdichtet, welche bei  $-193^{\circ}$  siedet und beim raschen Verdampfen bei  $-203^{\circ}$  zum Theil krystallinisch, in Form von Schneeflocken erstarrt. Es wurde zuerst im Jahre 1772 von Rutherford rein erhalten und ist im freien Zustande in der Luft enthalten, von der er beinahe  $\frac{4}{5}$  dem Raume nach bildet. In Verbindung findet sich Stickstoff in Thier- und Pflanzenstoffen und in Mineralien, wie Salpeter (Nitrum), woher das Gas den Namen Nitrogen oder Salpetererzeuger erhalten hat. Um reinen Stickstoff darzustellen, entzieht man der Luft den Sauerstoff; z. B. man verbrennt Phosphor unter einer mit Luft gefüllten Glasglocke, welche mit Wasser abgesperrt ist; die Luft erfüllt sich mit weissen Dämpfen von Phosphorpentoxid, welche sich bald in Wasser lösen; das Wasser steigt dabei in der Glocke und nimmt von dem ursprünglich mit Luft gefüllten Raume  $\frac{1}{5}$  ein, welches aus Sauerstoff bestand. Leitet man Luft über metallisches Kupfer, das man in einer Porcellanröhre zum Glühen erhitzt hat, so bilden sich Kupferoxid und reiner Stickstoff. Man kann Stickstoff ferner durch Zersetzung einiger seiner

Verbindungen erhalten; so zerfällt Ammoniumnitrit,  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ , beim Erhitzen in Wasser und Stickstoff:



Der freie Stickstoff verbindet sich nur schwierig mit anderen Elementen; derselbe ist nicht brennbar, und eine brennende Kerze erlischt darin; für sich eingeathmet, wirkt er erstickend, nicht weil er giftig ist, sondern einfach durch Ausschluss des Sauerstoffs; Lavoisier nannte ihn deshalb Azote (von *a privativum*, und *ζωτικός*, das Leben erhaltend), was im Deutschen durch Stickstoff wiedergegeben wurde. Das träge Verhalten des Stickstoffs in chemischer Beziehung findet sich in den meisten seiner Verbindungen nicht wieder; dieselben zeichnen sich im Gegentheil durch sehr hervortretende Eigenschaften aus.

100 Gewichttheile Die Atmosphäre. = <sup>nämlich</sup> 23 13% <sup>Luft</sup> <sup>Stickstoff</sup> + 76 87% N.

Die Atmosphäre, eine Hülle von gasförmigen Körpern, welche unsere Erdkugel umgiebt, bildet das Luftmeer, auf dessen Boden wir leben. Ihr Dasein giebt sich unseren Sinnen hauptsächlich durch das Gefühl kund; durch den Widerstand, welchen sie uns entgegensetzt, wenn wir uns rasch bewegen, oder wenn dieselbe in Bewegung uns als Wind fühlbar wird. Der Druck, welchen dieselbe auf die Erdoberfläche ausübt, wird durch das Barometer gemessen, und derselbe ist an dem Meeresspiegel im Durchschnitt gleich einer Quecksilbersäule von 760 Millimeter Höhe. Das Gewicht eines Cubikcentimeters Quecksilber ist 13,596 Gramme, folglich ist der Druck der Luft auf 1 Quadratcentimeter =  $13,596 \times 76 = 1033,3$  Gramme oder 1,0333 Kilogramme; der menschliche Körper hat demnach von der Atmosphäre einen Druck von vielen Centnern auszuhalten; da derselbe aber gleich stark in jeder Richtung wirkt, so wird derselbe nicht fühlbar; er kann aber wahrgenommen werden, wenn man die Hand auf die Oeffnung der Luftpumpe hält und die Luft darunter wegpumpt. Die Luft ist elastisch und hat Gewicht; hieraus folgt, dass die tieferen Luftschichten dichter sein müssen als die höheren; je höher man sich von der Erdoberfläche entfernt, um so verdünnter wird die Luft, und um so geringer der Druck, und in einer Höhe von 10 Meilen muss dieselbe so sehr verdünnt sein, dass man hier die Grenze der Atmosphäre annehmen kann. Wäre die Luft von durchaus gleicher Dichte, so würde die Höhe der Atmosphäre gegen

8000 Meter betragen. 1 Liter trockne Luft wiegt bei 0° und 760 mm Barometerstand <sup>760 mm</sup> 1,2932 Gramme.

Die atmosphärische Luft besteht der Hauptsache nach aus Stickstoff und Sauerstoff, und obgleich dieselben fast immer in demselben Verhältnisse vorhanden sind, lässt sich doch gleich nachweisen, dass dieselben nur ein Gemenge bilden und nicht in chemischer Verbindung sind. Mischt man nämlich künstlich dargestellten Sauerstoff und Stickstoff im Verhältniss, wie dieselben in der Luft enthalten sind, so findet weder Volumveränderung noch Temperaturerhöhung statt (Vorgänge, welche stets bei der chemischen Verbindung von Gasen eintreten), und das Gemenge verhält sich in jeder Beziehung wie atmosphärische Luft; ferner weicht das Gewichtsverhältniss zwischen

<sup>β)</sup> Sauerstoff und Stickstoff ab von dem ihrer Verbindungsgewichte sowohl, als auch einfachen Multiplen derselben, und obgleich die Zusammensetzung der Luft fast überall constant ist, so kommen doch nicht selten Fälle vor, wo das Verhältniss abweichend von dem gewöhnlichen ist. Der überzeugendste Beweis indessen ist das Verhalten der Luft gegen Wasser; dasselbe löst in Berührung mit Luft eine kleine Menge derselben auf, namentlich wenn man Luft und Wasser in einer Flasche zusammen schüttelt; die aufgelöste Luft lässt sich durch Kochen des Wassers wieder austreiben; sammelt man dieselbe auf und bestimmt die Mengen von Sauerstoff und Stickstoff, welche darin enthalten sind, so findet man, dass dieselbe auf 1 Raumtheil Sauerstoff 1,87 Raumtheile Stickstoff enthält, während in der atmosphärischen Luft auf 1 Raumtheil Sauerstoff 4 Raumtheile Stickstoff enthalten sind. Wäre dieselbe eine chemische Verbindung, so würde die im Wasser gelöste Luft gleiche Zusammensetzung mit der gewöhnlichen haben, statt dessen hat das Wasser im Verhältniss mehr Sauerstoff als Stickstoff aufgenommen, indem das erstere Gas löslicher in Wasser ist als das letztere.

<sup>γ)</sup> Lässt man Luft durch eine dünne Haut von Kautschuk in ein luftleeres Gefäss eintreten, so dringt der Sauerstoff schneller durch als der Stickstoff, und man erhält ein Gemisch, welches aus ungefähr 2 Theilen Sauerstoff und 3 Theilen Stickstoff besteht und die Eigenschaft hat, einen glühenden Span wieder zu entzünden. Dieser Vorgang ist keine Diffusionserscheinung, denn sonst würde der leichtere Stickstoff schneller durchgehen als der schwerere Sauerstoff, sondern beruht darauf, dass Kautschuk die Eigenschaft hat, Gase zu verdichten, welche dann seine Masse durchdringen und dann wieder in den leeren Raum

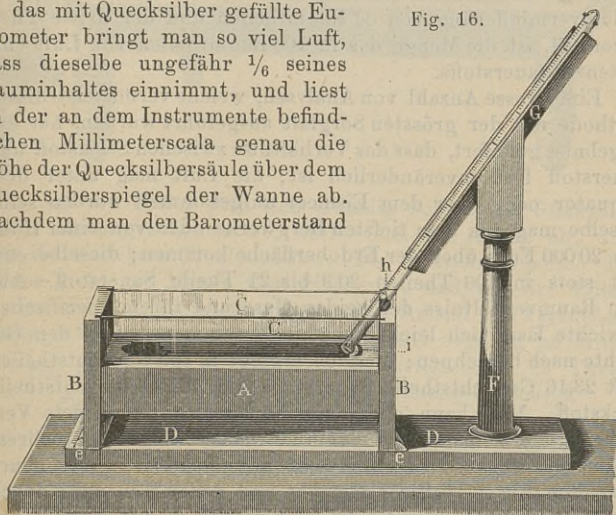
abdunsten; Sauerstoff wird aber in grösserer Menge davon verdichtet als Stickstoff.

Wird Luft durch Druck und Kälte verflüssigt, so fängt erst <sup>ε)</sup> der Sauerstoff an sich zu verdichten; man bekommt aber zuletzt eine homogene Flüssigkeit, welche jedoch keinen constanten Siedepunkt hat, sondern zwischen  $-191$  und  $187^{\circ}$  kocht.

Man hat verschiedene Methoden, um die Menge von Sauerstoff und Stickstoff in der Luft zu bestimmen; die genaueste beruht auf Anwendung des Eudiometers\*), mit Hülfe dessen man das Raumverhältniss der zwei Gase ermittelt. Der hierzu angewandte Apparat hat dieselbe Einrichtung, wie der, welcher zur eudiometrischen Synthese des Wassers benutzt wird (Fig. 16).

In das mit Quecksilber gefüllte Eudiometer bringt man so viel Luft, dass dieselbe ungefähr  $\frac{1}{6}$  seines Rauminhaltes einnimmt, und liest an der an dem Instrumente befindlichen Millimeterscala genau die Höhe der Quecksilbersäule über dem Quecksilberspiegel der Wanne ab. Nachdem man den Barometerstand

Fig. 16.



und die Temperatur aufgezeichnet hat, leitet man so viel reinen Wasserstoff in die Röhre, dass derselbe mehr als hinreicht, sich mit dem vorhandenen Sauerstoff zu verbinden, und bestimmt ebenfalls genau das Volum desselben sowie Luftdruck und Temperatur. Das Gemisch wird dann mittelst des elektrischen Funkens entzündet, unter Beobachtung aller der Vorsichtsmaassregeln, welche man bei der Synthese des Wassers angegeben

\*) Von εὐδία, heiteres Wetter, und Μέτρον, Maass, da man früher fälschlicher Weise glaubte, die Menge des Sauerstoffs sei veränderlich mit der Witterung.

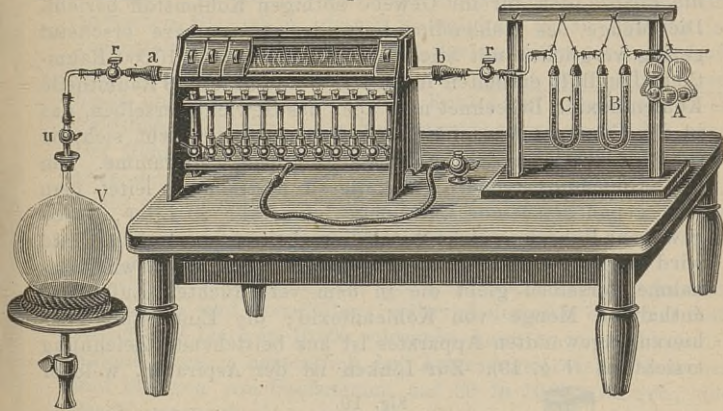
findet. Nach der Explosion bestimmt man wieder das Volum wie zuvor; dasselbe ist jetzt kleiner, weil aller vorhandene Sauerstoff sich mit einem Theil des Wasserstoffs zu Wasser vereinigt hat, und der Unterschied im Volum vor und nach der Explosion ist genau gleich dem der verbundenen Gase. Aus früheren Versuchen wissen wir aber, dass 1 Raumtheil sich mit 2 Raumtheilen Wasserstoff verbindet; der dritte Theil der Volumverminderung ist daher die Menge des in der angewandten Luft enthaltenen Sauerstoffs. Nehmen wir als Beispiel an, wir hätten 100 Raumtheile Luft genommen, dazu 50 Raumtheile Wasserstoff gefügt, und nach der Verbrennung waren 87 Raumtheile zurückgeblieben, so ergibt sich eine Volumverminderung von 63 Raumtheilen und der dritte Theil davon, 21, ist die Menge des in 100 Raumtheilen von Luft enthaltenen Sauerstoffs.

Eine grosse Anzahl von Analysen, welche vermittelt dieser Methode mit der grössten Sorgfalt ausgeführt wurden, hat das Ergebniss geliefert, dass das Verhältniss zwischen Stickstoff und Sauerstoff fast unveränderlich ist; die Luft mag unter dem Aequator oder über dem Eismeer aufgesammelt worden sein; dieselbe mag aus dem tiefsten Bergwerke oder von einer Höhe von 20000 Fuss über der Erdoberfläche kommen; dieselbe enthält stets in 100 Theilen 20,9 bis 21 Theile Sauerstoff. Aus dem Raumverhältniss der beiden Gase und ihrem specifischen Gewichte lässt sich leicht auch die Zusammensetzung dem Gewichte nach berechnen; dieselbe ergibt in 100 Gewichtstheilen Luft 23,16 Gewichtstheile Sauerstoff und 76,84 Gewichtstheile Stickstoff. Man kann aber dasselbe auch durch directe Versuche finden und damit die volumetrische Analyse controliren. Zu diesem Zwecke wird ein grosser mit einem Hahn versehener Glasballon (Fig. 17) luftleer gemacht und genau gewogen; durch eine Kautschukröhre verbindet man denselben mit einer Röhre von schwer schmelzbarem Glase, welche mit Kupferdrehspänen gefüllt ist, und an beiden Enden mit Hähnen verschlossen werden kann. Diese Röhre ist ebenfalls genau gewogen. Das andere Ende der Röhre wird mit einer Reihe von U-förmigen Röhren verbunden, welche mit Schwefelsäure getränkten Bimsstein und Aetzkali enthalten und dazu dienen, Kohlensäure und Wasserdampf aus der Luft zurückzuhalten. Wenn der Apparat soweit hergerichtet ist, wird die Röhre in einem Ofen zum Glühen erhitzt und die Hähne so weit geöffnet, dass ein langsamer Luftstrom in den Apparat eintritt; derselbe geht durch



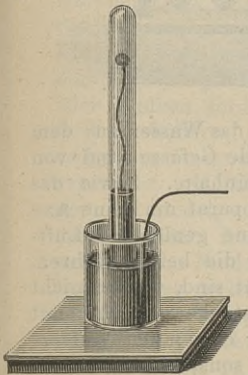
die Reinigungsröhren, kommt dann mit dem glühenden Kupfer in Berührung, welches sich oxydirt und allen Sauerstoff zurück-

Fig. 17.



hält, und der Ballon füllt sich allmählig mit reinem Stickstoff. Sobald dieses geschehen ist, dreht man die Hähne ab, und wägt die einzelnen Theile wieder. Die Gewichtszunahme des Ballons giebt die Menge des Stickstoffs, und die der Röhre das Gewicht des Sauerstoffs. Eine grosse Anzahl von Versuchen, welche auf diese Weise angestellt wurden, ergaben im Mittel in 100 Gewichtstheilen Luft 23 Theile Sauerstoff und 77 Theile Stickstoff.

Fig. 18.



Um die Zusammensetzung der Luft in der Vorlesung zu zeigen, bringt man in eine calibrirte Glasröhre, Fig. 18, ein an einem Draht befestigtes Stückchen Phosphor und sperrt mit Quecksilber oder Wasser ab. Das Volum vermindert sich allmählig und wenn es constant geworden ist, findet man, dass es nun  $\frac{4}{5}$  des ursprünglichen ist.

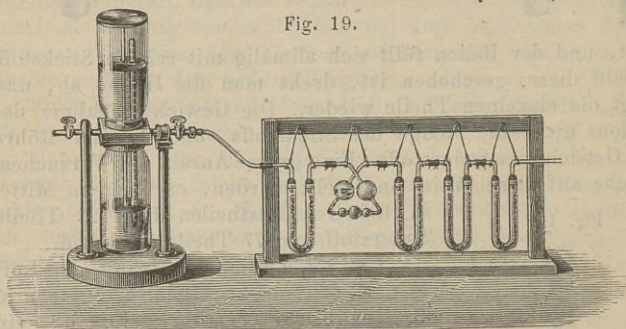
Ausser diesen zwei Hauptbestandtheilen enthält die Luft noch verschiedene andere Gase, welche, obgleich sie nur in kleiner Menge vorhanden sind, doch eine grosse Rolle im Haushalte der Natur spielen; es sind dies Kohlendioxid (Kohlen-

II

III

säure), Wasserdampf und Ammoniak. Die wichtige Rolle, welche das Kohlendioxid in dem Leben der Pflanzenwelt spielt, wurde schon unter Sauerstoff erwähnt; dasselbe ist die Quelle, aus der die Pflanze den für ihr Gewebe nöthigen Kohlenstoff bezieht. Die Menge des Kohlendioxid in der Atmosphäre erscheint gering verglichen mit Stickstoff und Sauerstoff; 10000 Raumtheile Landluft enthalten im Mittel 4 und Seeluft 3 Raumtheile Kohlendioxid. Berechnet man aber das Gewicht derselben, das in der Gesamtatmosphäre enthalten ist, so ergibt sich die sehr beträchtliche Zahl von 3000 Billionen Kilogramme. Um den Kohlendioxidgehalt der Luft zu bestimmen, leitet man eine genau gemessene Luftmenge, ungefähr 20 Liter, durch gewogene Röhren, welche Aetzkali enthalten; das Kohlendioxid wird darin vollständig zurückgehalten, und die Gewichtszunahme derselben giebt die in dem verbrauchten Luftvolum enthaltene Menge von Kohlendioxid; die Einrichtung des hierzu angewandten Apparates ist aus beistehender Zeichnung ersichtlich (Fig. 19). Zur Linken ist der Aspirator, welcher

Fig. 19.



die Luft durch den Apparat saugt, indem das Wasser aus dem oberen Gefässe in das untere fließt; beide Gefässe sind von gleichem und genau bestimmtem Rauminhalte. Sowie das untere Gefäß voll ist, dreht man den Apparat um seine Axe und wiederholt dasselbe so lange, bis eine genügende Luftmenge durch den Apparat gegangen ist; die beiden Röhren, welche vom Aspirator am weitesten entfernt sind, werden nicht gewogen, dieselben enthalten Bimssteinstücke, welche mit Schwefelsäure getränkt sind, und dienen dazu, den Wasserdampf der Luft zurückzuhalten, welcher sonst ebenfalls vom Aetzkali aufgenommen werden würde; die dem Aspirator zu-

nächst befindliche Röhre enthält ebenfalls Schwefelsäure, um den von der trocknen Luft aus der Kalilösung fortgeführten Wasserdampf zu absorbiren. Einfacher und schneller noch ist folgendes Verfahren. Man füllt einen grossen, einige Liter haltenden Glasballon, dessen Rauminhalt genau bekannt ist, vermittelst eines Blasbalges, mit der zu untersuchenden Luft, setzt eine abgemessene Menge von Kalk- oder Barytwasser hinzu und schüttelt, wobei alles Kohlenoxid absorbirt und als unlösliches Calcium- oder Baryumcarbonat abgeschieden wird. Der Gehalt an Kalk oder Baryt in der Lösung wird vor und nach dem Versuche bestimmt; aus dem Unterschied lässt sich leicht das Gewicht des vorhandenen Kohlendioxides und unter Berücksichtigung des Barometerstandes und der Temperatur auch dessen Volum berechnen.

Der Kohlendioxidgehalt der Luft wechselt sehr, je nach Umständen und Localitäten; während derselbe in freier Luft zwischen 2 bis 5 in 10000 schwankt, kann er in geschlossenen Räumlichkeiten namentlich bei Anwesenheit vieler Menschen und Brennen von Gasflammen auf 30 in 10000 steigen, und der Hauptzweck einer guten Ventilation ist, diese Anhäufung von Kohlendioxid zu vermeiden.

Die atmosphärische Luft enthält immer Wasserdampf; die Menge desselben ist eine sehr wechselnde und hängt von der Temperatur sowohl als von der Richtung des Windes ab; bei feuchtem, warmem Südwest-Winde ist die Luft des westlichen Europas besonders in der Nähe der Küsten oft mit Wasserdampf gesättigt, während in den trocknen Steppen von Centralasien beim Ostwinde die Menge desselben auf ein Minimum reducirt ist. Je höher die Temperatur, desto mehr Wasser kann die Luft in Gasgestalt aufnehmen, und wenn mit Wasserdampf gesättigte Luft sich abkühlt, so wird derselbe als Nebel oder Wolken verdichtet. Wenn daher an Wasserdampf reiche Luft in höhere, kältere Regionen kommt oder einem kalten Luftstrom begegnet, so wird ein Theil des gasförmigen Wassers verdichtet und fällt, wenn die Temperatur über  $0^{\circ}$  ist, als Regen, bei niedriger Temperatur aber als krystallinische Schneeflocken nieder. Der Hagel besteht aus gefrorenen Regentropfen, welche beim Niederfallen eine kalte Luftschicht passirten. Die Regenmenge, welche sich auf diese Art bildet, kann eine sehr beträchtliche sein; 1 Cubikmeter bei  $25^{\circ}$  mit Feuchtigkeit gesättigte Luft enthält 22,5 Gramme Wasser; auf  $0^{\circ}$  abgekühlt werden davon 17,1 Gramme condensirt und fallen als Regen

herab. Gewöhnlich beträgt der in der Luft enthaltene Wasserdampf 50 bis 70 Proc. der Menge, welche zur vollständigen Sättigung erforderlich ist. Ist diese Menge grösser, so erscheint die Luft unangenehm feucht und schwül, wenn kleiner, unangenehm trocken. In der Nähe des Rothen Meeres, wenn der heisse trockne Wüstenwind Samum weht, sinkt der Gehalt manchmal auf  $\frac{1}{15}$  der zur Sättigung nöthigen Menge herab.

Die Bildung von Thau beruht darauf, dass die Erde nach Sonnenuntergang sich durch Strahlung abkühlt, wodurch die unteren Luftschichten so weit erkaltet werden, dass ein Theil des in ihnen enthaltenen Wasserdampfes in Tropfen verdichtet wird.

Um die Menge des Wasserdampfes zu bestimmen, bedient man sich eigener Instrumente, welche Hygrometer genannt werden; man kann diese Bestimmung auch mit dem Apparate ausführen, der zur Ermittlung des Kohlensäuregehaltes dient; man hat nur die zwei ersten Röhren, welche dazu dienen, die Feuchtigkeit abzuhalten, vor und nach dem Versuche zu wägen.

Ammoniak, eine Verbindung von Wasserstoff und Stickstoff, ist nur in sehr geringer Menge in der Luft enthalten (ungefähr 1 Thl. in 1000000 Theilen Luft); aber trotzdem spielt dieser Bestandtheil eine wichtige Rolle in der Ernährung der Pflanzen, indem derselbe ihnen den vorzüglich zur Bildung von Frucht und Samen nöthigen Stickstoff liefert, da der Stickstoff im freien Zustande nicht von denselben als Nahrungsmittel aufgenommen wird. Ausser diesen genannten kommen in der Luft noch andere Bestandtheile vor, welche mehr oder weniger zufällige Beimischungen sind. Unter diesen sind flüchtige organische Zersetzungsstoffe insofern wichtig, als dieselben höchst wahrscheinlich auf den Gesundheitszustand der Orte, wo sie auftreten, Einfluss haben. Der unangenehme Geruch, den man bemerkt, wenn man aus frischer Luft in Räumlichkeiten kommt, wo viele Menschen versammelt sind, rührt von solchen Materien her, und ohne Zweifel sind es solche Stoffe, welche sumpfige Gegenden so ungesund machen. Unsere Kenntnisse über diesen Gegenstand sind bis jetzt noch sehr unvollkommen. Landluft enthält häufig kleine Mengen von Ozon; nicht aber die Luft grösserer Städte, da dasselbe so leicht durch Oxidation organischer Stoffe wieder zerstört wird. Wie wir schon gesehen haben (s. S. 17), bildet sich dasselbe immer beim raschen

Verdunsten von Wasser und bei elektrischen Entladungen, auch bei Gewittern.

Kleine Mengen von Wasserstoffdioxid sind ebenfalls gewöhnlich in der Atmosphäre vorhanden.

### Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs.

Man kennt fünf verschiedene Verbindungen von Stickstoff und Sauerstoff, nämlich:

		Stickstoff	Sauerstoff
$N_2O$	1. Stickstoffmonoxid <i>Oxydul</i> . . . . .	28,02 Gewthle.	15,96 Gewthle.
$NO$	2. Stickstoffdioxid <i>Oxyf.</i> . . . . .	28,02	31,92
$N_2O_3$	3. Stickstofftrioxid . . . . .	28,02	47,88
$NO_2$	4. Stickstofftetroxid <i>Superoxyf.</i> . . . . .	28,02	63,84
$N_2O_5$	5. Stickstoffpentoxid . . . . .	28,02	79,80

Wie man sieht, verhalten sich die mit ein und derselben a Menge (28,02 Gewthle.) Stickstoff verbundenen Mengen Sauerstoff wie 1.2.3.4.5. Wir haben hier ein schlagendes Beispiel des zweiten Gesetzes der chemischen Verbindungen vor uns: das Gesetz der multiplen Proportionen. Das erste Gesetz lehrte uns, dass eine jede chemische Verbindung b die Elemente, aus denen sie besteht, stets in demselben Gewichtsverhältnisse enthält. Häufig vereinigen sich aber zwei Elemente in mehreren Gewichtsverhältnissen und bilden dann mehrere, unter sich verschiedene Verbindungen; für eine jede ist aber das Gesetz der festen Verhältnisse gültig. c Das Gesetz der multiplen Proportionen sagt nun, dass im ersteren Falle die mit derselben Menge des einen Stoffes verbundenen Mengen des andern Stoffes unter sich in einfachem Verhältnisse stehen. Die Elemente vereinigen sich in den Verhältnissen ihrer Verbindungsgewichte, oder einfacher Multiplen derselben; als Einheit für diese Verhältnisszahlen hat man das Verbindungsgewicht des Wasserstoffs als das kleinste angenommen.

Auf diese Gesetze hat Dalton, der Entdecker des Gesetzes der multiplen Proportionen, die chemische Atomtheorie gegründet. d Er fragte sich, warum verbinden sich die Elemente nur im Verhältniss ihrer Verbindungsgewichte oder einfacher Multiplen derselben und nicht in jedem beliebigen Verhältnisse, und suchte diese Frage vermittelt der nachfolgenden Hypothese zu erklären, welche jetzt allgemein in der Wissenschaft angenommen und durch spätere Forschungen weiter entwickelt und ausgebildet worden ist. Schon die alten griechischen Philosophen nahmen an, dass die Materie

nicht bis ins Unendliche theilbar sei, sondern aus sehr kleinen Theilchen bestehe, welche keiner weiteren Theilung fähig sind, und welche sie Atome nannten (von *a privativum* und *τέμνω*, ich schneide); nach Dalton sind die Elemente aus solchen Atomen aufgebaut; die Atome desselben Elementes sind gleich gross und gleich schwer, aber die verschiedener Elemente besitzen ein verschiedenes Gewicht, und das Verhältniss zwischen den Gewichten verschiedener Atome "wird durch die Verbindungsgewichte der Elemente ausgedrückt. So ist das Gewicht eines Atoms Sauerstoff 15,96 mal so gross und das eines Atoms Stickstoff 14,01 mal so gross, als das eines Atoms Wasserstoff. Das Zeichen H bedeutet daher auch 1 Atom Wasserstoff, O 1 Atom Sauerstoff, und das Atomgewicht des Sauerstoffs ist 15,96 und das des Stickstoffs 14,01. Durch Nebeneinanderlagerung der Atome einfacher Stoffe entstehen chemische Verbindungen; es kann sich 1 Atom eines Elementes mit 1, 2, 3 u. s. w. eines anderen verbinden oder 2 Atome können mit 1, 2, 3 u. s. w. eines anderen zusammentreten; da aber das relative Gewicht der Atome durch das Verbindungs- oder Atomgewicht ausgedrückt wird, so können die chemischen Verbindungen nur in Vielfachen desselben erfolgen. So besteht Stickstoffmonoxid aus 1 Atom Sauerstoff verbunden mit 2 Atomen Stickstoff; lagert sich daran ein zweites Atom Sauerstoff, so bildet sich Stickstoffdioxid, und so durch weiteres Zutreten von je einem Atom Sauerstoff werden die Verbindungen Stickstofftrioxid, Stickstofftetroxid und Stickstoffpentoxid erhalten. Das kleinste Theilchen einer chemischen Verbindung besteht also aus einer Gruppe von mehreren Atomen, man nennt dasselbe Molecül und nimmt an, dass dasselbe nicht mechanisch theilbar ist, sondern nur durch chemische Vorgänge in einfache Atome zerlegt werden kann. So besteht das Molecül des Wassers aus 2 Atomen Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff, und die Summe der Atomgewichte dieser Elemente  $2 + 15,96 = 17,96$  giebt das Moleculargewicht des Wassers.

Sehr einfach gestalten sich die Verhältnisse, wenn die einfachen Körper sich im gasförmigen Zustande vereinigen, da die Volumgewichte der Elemente identisch mit den Atomgewichten sind, oder, was dasselbe sagt, die Atome im gasförmigen Zustande gleichen Raum erfüllen\*). So ist das Volum-

\*) Eine Ausnahme davon bilden Phosphor und Arsen, deren Dampfdichte das Doppelte des Atomgewichtes ist, und einige flüchtige

β.

Verbindungsgewicht.

Moleculargewicht.

Moleculargewicht.

Volumengewicht.

P, As, Hg, Zn

gewicht des Sauerstoffs gleich dem Atomgewichte 15,96; das Volumgewicht und Atomgewicht des Stickstoffs sind beide 14,01; das Volumgewicht des Chlors ist 35,37; das des Schwefel-  
dampfes 31,98.

Das Volumgewicht einer Verbindung im gasförmigen Zustande ist halb so gross als das Moleculargewicht derselben, oder die Molecüle nehmen im gasförmigen Zustande den Raum von 2 Atomen Wasserstoff ein.

*(B.)  
Gesetz des  
Vol. u. gew.  
d. Molec. gas.*

Das Moleculargewicht des Wassers  $H_2O = 17,96$ ,  
das Volumgewicht des Wasserdampfes  $= \frac{17,96}{2} = 8,98$ .

Das Moleculargewicht der Salzsäure  $HCl = 36,37$ ,  
das Volumgewicht des Salzsäuregases  $= \frac{36,37}{2} = 18,185$ .

Das Moleculargewicht des Ammoniaks  $NH_3 = 17,01$ ,  
das Volumgewicht des Ammoniakgases  $= \frac{17,01}{2} = 8,5005$ .

Das Zeichen für Wasser,  $H_2O$ , drückt also nicht bloss aus, dass es eine Verbindung von 2 Gewichtstheilen Wasserstoff und 15,96 Gewichtstheilen Sauerstoff ist, sondern auch, dass 2 Raumtheile Wasserstoff mit 1 Raumtheil Sauerstoff verbunden sind und 2 Raumtheile Wasserdampf gebildet haben.

*hier wohl  
2 H<sub>2</sub> u. 1 O  
zu 2 H<sub>2</sub>O*

Das Zeichen  $NH_3$  zeigt, dass 2 Raumtheile Ammoniak 3 Raumtheile Wasserstoff und 1 Raumtheil Stickstoff enthalten, während  $HCl$  bedeutet, dass 1 Volum Chlor sich mit 1 Volum Wasserstoff zu 2 Raumtheilen Salzsäuregas vereinigt.

Wir haben oben gesehen, dass 28,02 Gewichtstheile Stickstoff sich mit 31,92 Theilen Sauerstoff zu Stickdioxid verbinden; das Volumgewicht dieser Verbindung ist aber 14,985, folglich ist das Moleculargewicht derselben 29,97, und dieselbe besteht aus 14,01 Gewichtstheilen Stickstoff und 15,96 Gewichtstheilen Sauerstoff oder 1 Volum von beiden Elementen und hat daher die Formel  $NO$ .

*II. 2 N u. 1 O  
= 2 N<sub>2</sub> O<sub>2</sub>  
= 1 N<sub>2</sub> O*

Von diesen Thatsachen ausgehend, kann man leicht das absolute Gewicht eines bestimmten Volums, z. B. 11, irgend

*III. hier wohl:  
2 N u. 1 O  
= 2 N<sub>2</sub> O<sub>2</sub>  
= 1 N<sub>2</sub> O*

Metalle, wie Quecksilber und Zink, deren Atome im Gaszustande den zweifachen Raum des Wasserstoffatoms einnehmen und deren Dichte der Hälfte des Atomgewichts gleichkommt.

eines einfachen oder zusammengesetzten Gases berechnen, wenn man sich erinnert, dass 1 l Wasserstoff bei 0° und 760 mm Barometerstand <sup>0,089578</sup> g wiegt; man hat nur dieses Gewicht mit dem Volumgewicht des entsprechenden Gases zu multiplizieren. Es wiegt demnach unter denselben Umständen:

1 Liter Sauerstoff	$15,96 \times 0,089578 =$	1,4296	Gramme
1 Liter Stickstoff	$14,01 \times 0,089578 =$	1,2549	„
1 Liter Schwefeldampf	$31,98 \times 0,089578 =$	2,8647	„
1 Liter Wasserdampf	$8,98 \times 0,089578 =$	0,8044	„
1 Liter Ammoniak	$8,50 \times 0,089578 =$	0,7614	„

1)  
Entstehung  $HNO_3$   
( $NO_2 + H_2O$ )

Stickstoff wird von Sauerstoff weder bei gewöhnlicher noch bei erhöhter Temperatur oxydirt; lässt man aber kräftige elektrische Funken längere Zeit durch trockne Luft schlagen, so vereinigen sich die zwei Gase, und rothe Dämpfe von Stickstofftetroxid treten auf; ist zugleich Wasser vorhanden, so nimmt dasselbe einen sauren Geschmack an, welcher von Salpetersäure herrührt; dieselbe Verbindung bildet sich auch bei Gewittern und ist oft im Regenwasser in geringer Menge enthalten. Da die Salpetersäure den Ausgangspunkt für die verschiedenen Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs bildet, so wollen wir dieselbe zuerst betrachten.

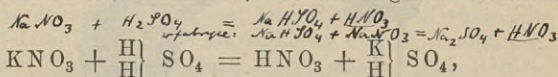
### Salpetersäure, $HNO_3$ .

Moleculargewicht 62,89.

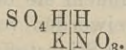
2)  
Mischung mit  $H_2O$  löslich.  
Wenn stickstoffhaltige organische Stoffe sich in Gegenwart der sogenannten Alkalien, wie Kali, Natron oder Kalk, langsam oxydiren, so bilden sich Verbindungen, welche man salpetersaure Salze oder Nitrate nennt, und welche sich von der Salpetersäure dadurch unterscheiden, dass sie an Stelle des Wasserstoffs ein Metall enthalten. Solche Nitrate finden sich im Quellwasser der oberen Bodenschichten in grösseren Städten, namentlich wenn die Quellen sich in der Nähe von Viehställen oder Senkgruben befinden, und da deren Gegenwart auf in Zersetzung begriffene organische Stoffe hindeutet, so ist solches



Wasser nicht als Trinkwasser geeignet, und namentlich ist dessen Gebrauch als Nahrungsmittel bei herrschenden Epidemien, wie Cholera, höchst gefährlich. Hierher gehört auch <sup>α</sup> der sogenannte Mauersalpeter, der sich an kalkhaltigen Mauern <sup>β</sup> von Viehställen häufig findet und hauptsächlich aus Calciumnitrat besteht. Kaliumnitrat oder Kalisalpeter,  $\text{KNO}_3$ , findet <sup>γ</sup> sich in warmen Ländern, namentlich Ostindien, in grosser Menge als Mineral und verdankt seine Entstehung der Zersetzung organischer Stickstoffverbindungen in kalihaltigem Boden. Natriumnitrat,  $\text{NaNO}_3$ , gewöhnlich Chilisalpeter <sup>δ</sup> genannt, kommt in ungeheuren Lagern im südlichen Peru und Bolivia vor. Diese Nitrate benutzt man, um Salpetersäure darzustellen, indem man dieselben mit Schwefelsäure,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , erhitzt. Hierbei tritt doppelte Zersetzung ein, das Metall vertauscht seinen Platz mit der Hälfte des in der Schwefelsäure enthaltenen Wasserstoffs, wie die folgende Gleichung zeigt:



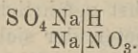
und welche bedeutet, dass Kaliumnitrat mit Schwefelsäure zusammengebracht Salpetersäure und saures Kaliumsulfat geben. Eine andere Weise, solche Zersetzungen mittelst chemischer Formeln auszudrücken, besteht darin, dass man die Verbindungen, welche man zusammenbringt, unter einander schreibt, und dann durch eine Senkrechte den stattfindenden Austausch andeutet:



In den Laboratorien stellt man die Salpetersäure dar, indem man gleiche Gewichtstheile von Salpeter und Schwefelsäure in einer tubulirten Retorte mischt und dieselbe mit einer Gas- oder Weingeistflamme allmählig erhitzt. Die Salpetersäure verflüchtigt sich und wird in einer gut gekühlten Vorlage aufgefangen, während das nichtflüchtige saure Kaliumsulfat (saures schwefelsaures Kali) in der Retorte zurückbleibt (Fig. 20 a. f. S.).

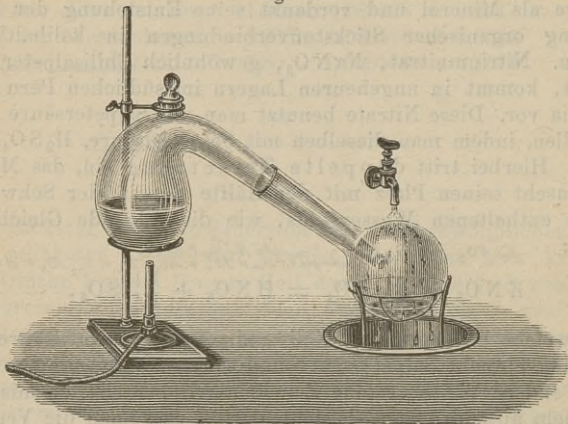
Fabrikmässig erhält man diese Verbindung durch Erhitzung der Substanzen in grossen gusseisernen Cylindern oder Kesseln; man nimmt dabei den wohlfeileren Chilisalpeter und nur die Hälfte der durch obige Gleichung gegebenen Menge von Schwefelsäure, indem man die Eisengefässe stärker als Glasgefässe erhitzt kann und das saure Natriumsulfat bei

höherer Temperatur nochmals Wasserstoff austauscht, wobei allerdings ein Theil Salpetersäure zersetzt wird:



Die überdestillirende Säure wird in Gefäßen aus Steingut aufgefangen.

Fig. 20.



2.) Reine Salpetersäure ist eine farblose rauchende Flüssigkeit, welche bei  $15^\circ$  das spezifische Gewicht 1,53 hat. Gewöhnlich ist dieselbe gelb gefärbt, indem sie dem Lichte ausgesetzt sich langsam zersetzt, unter Freiwerden von Sauerstoff und Bildung von Wasser und Oxiden des Stickstoffs, welche die Säure gelb färben. Schneller geschieht dies beim Kochen und hierauf beruht es, dass die reine Säure keinen constanten Siedepunkt besitzt. Das Kochen fängt bei  $86^\circ$  an, aber der Siedepunkt steigt fortwährend, indem sich eine wasserhaltige Säure bildet, die bei höherer Temperatur kocht. Verdünnt man die concentrirte Säure mit wenig Wasser und destillirt, so geht zuerst eine stärkere Säure über; der Siedepunkt, welcher anfangs unter  $100^\circ$  liegt, steigt allmählig, bis er bei  $120,5^\circ$  constant wird; unterwirft man dagegen eine verdünnte Säure der Destillation, so geht zuerst eine schwächere Säure über, bis der Siedepunkt ebenfalls auf  $120,5^\circ$  stehen bleibt. Bei dieser Temperatur siedet unter dem Normaldrucke eine Säure, welche 68 Proc.  $\text{HNO}_3$  enthält und das spezifische Gewicht 1,414 hat, ohne Verände-

rung; bei schwachem Drucke dagegen eine schwächere und bei verstärktem Drucke eine stärkere Säure. Salpetersäure enthält 76.1 Proc. Sauerstoff; ein Theil davon wird leicht an oxydirbare Körper abgegeben, und dieselbe ist daher ein kräftiges Oxydationsmittel. Bringt man sie mit Kupfer oder Zinn zusammen, so bilden sich unter Aufbrausen rothe Dämpfe, indem die Metalle sich mit einem Theile des Sauerstoffs verbinden und gasförmige Oxide des Stickstoffs entweichen. Die blaue Farbe der Indigolösung verschwindet auf Zusatz von Salpetersäure; der Farbstoff wird durch Oxydation zerstört. Man benutzt diese Reaction sowie das Auftreten von rothen Dämpfen bei Zusatz von Kupferspänen, um die Gegenwart dieser Säure nachzuweisen. Eins der besten Reagentien für Salpetersäure ist der Eisenvitriol (Eisensulfat); um geringe Spuren aufzufinden mischt man die zu prüfende Flüssigkeit mit dem gleichen Raumtheile concentrirter Schwefelsäure, lässt die Mischung erkalten und giesst eine Eisenvitriollösung mit der Vorsicht darauf, dass beide Flüssigkeiten sich nicht mischen; bei Gegenwart von Salpetersäure bildet sich an der Berührungsstelle ein dunkler Ring, welcher je nach der Menge der vorhandenen Säure mehr oder weniger intensiv gefärbt ist.

In der Salpetersäure haben wir das erste Beispiel aus der Reihe der wichtigen Verbindungen, welche unter dem Namen Säuren bekannt sind. Die meisten Säuren sind in Wasser löslich; dieselben haben einen sauren Geschmack und die Eigenschaft, blaues Lackmuspapier zu röthen. Alle Säuren enthalten Wasserstoff; derselbe ist entweder mit einem Elemente oder einer Gruppe von Elementen verbunden, und in letzterem Falle enthält diese Gruppe fast immer Sauerstoff und bildet eine Oxy Säure. Alle Oxy Säuren lassen sich auffassen als Wasser, in welchem Wasserstoff durch eine sauerstoffhaltige Atomgruppe ersetzt ist; so ist die Salpetersäure eine Oxy Säure des Stickstoffs und kann betrachtet werden als  $\left. \begin{matrix} \text{N O}_2 \\ \text{H} \end{matrix} \right\} \text{O}$ .

Wird der Wasserstoff einer Säure durch ein Metall ersetzt, so verschwinden die sauren Eigenschaften, und es entsteht ein Salz. Diese Ersetzung des Wasserstoffs kann auf verschiedene Weise stattfinden; wir haben schon oben gesehen, dass wenn Zink auf Schwefelsäure einwirkt, Wasserstoff frei wird; das Zink tritt dabei an dessen Stelle; es entsteht ein Salz, welches Zinksulfat genannt wird. Salze bilden sich ferner durch doppelte Zersetzung, wenn gewisse Hydroxide und Oxide der

3) Ox.  
a. c.

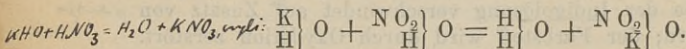
β. Indigo

α. Fe

4)  
Säuren: α  
Löslich  
Geschmack,  
H  
Oxydation  
sp. HNO<sub>3</sub>  
Namen

Salze: β  
sp. ZnSO<sub>4</sub>  
sp. KNO<sub>3</sub>

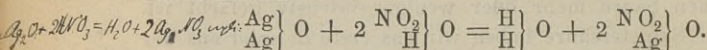
Metalle mit Säuren zusammenkommen; setzt man z. B. zu der Flüssigkeit, welche man erhält, wenn Kalium auf Wasser einwirkt, und welche wie schon oben erwähnt Aetzkali oder Kaliumhydroxid enthält, Salpetersäure, so verschwindet bei einem gewissen Punkte sowohl der saure Geschmack der Säure, als der ätzende des Aetzkalis; die Lösung ist neutral und wirkt weder auf blaues noch auf rothes Lackmuspapier verändernd ein; sie enthält jetzt Kaliumnitrat:



Die in Wasser löslichen Hydroxide, welche sich mit Säuren auf diese Weise umsetzen, werden Alkalien genannt; ihre Lösungen haben einen eigenthümlichen ätzenden Geschmack und die Eigenschaft, das durch Säuren geröthete Lackmus wieder blau zu färben; sie reagiren alkalisch. Den Säuren gegenüber ähnlich, wie diese Hydroxide, verhalten sich viele Metalloxide, welche man basische Oxide oder Basen nennt; Silberoxid,  $Ag_2O$ , z. B. löst sich in Salpetersäure auf und neutralisirt dieselbe, indem in Wasser lösliches Silbernitrat entsteht:

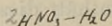
*alkalisch: p*  
*ätzend,*  
*blau*

*Basen. d*  
*wph. Ag<sub>2</sub>O*



Fast alle salpetersauren Salze oder Nitrate sind in Wasser löslich; viele derselben finden, wie die Säure selbst, im Laboratorium des Chemikers sowohl als in Künsten und Gewerben Verwendung; die wichtigsten derselben werden bei den betreffenden Metallen näher beschrieben werden.

*Unlösliche (wph. 60)*  
*wph. N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>*



Stickstoffpentoxid oder Salpetersäureanhydrid.

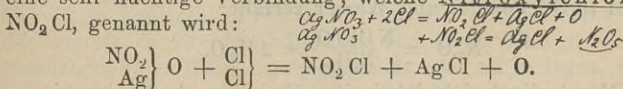
$N_2O_5$ . — Moleculargewicht 107,82.

1.)  $P_2O_5$  Zur Darstellung dieser Verbindung bringt man ganz reine und concentrirte Salpetersäure in ein Becherglas und setzt dazu vorsichtig und unter guter Abkühlung reines Phosphorpentoxid,  $P_2O_5$ , ein fester weisser Körper, welcher sich beim Verbrennen von Phosphor in Sauerstoff oder Luft bildet. Dasselbe löst sich unter heftigem Zischen in der Säure auf; wenn weiter keine bemerkbare Einwirkung mehr stattfindet, so bringt man die syrupsdicke Flüssigkeit in eine ganz trockne Retorte, die mit einer gut anschliessenden Vorlage verbunden ist und destillirt den flüch-

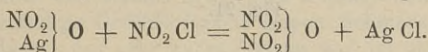
tigsten Theil des Productes bei möglichst gelinder Wärme ab. Das Destillat besteht aus zwei Schichten; die obere, welche eine tief orangerothe Farbe hat, wird in ein dünnwandiges, enges Stöpselrohr gegossen und dasselbe durch Eis abgekühlt. Es scheiden sich bald Krystalle von Stickstoffpentoxid aus, die von einer tief orangerother Mutterlauge umgeben sind, welche man abgiesst. Zur weiteren Reinigung schmilzt man die Krystalle wieder bei möglichst gelinder Wärme, kühlt dann wieder ab und giesst von der wieder entstandenen Krystallmasse den Rest der Mutterlauge ab.

Bei dieser Darstellung entzieht das Phosphorpentoxid der Salpetersäure die Elemente des Wassers und verbindet sich damit zu Phosphorsäure,  $H_3PO_4$ , welche nicht flüchtig ist und daher bei der Destillation zurückbleibt. Nebenbei wird ein Theil der Salpetersäure weiter zersetzt unter Bildung niederer Oxide des Stickstoffs, ähnlich wie bei der Destillation der concentrirten Säure für sich; diese Nebenproducte sind in der Mutterlauge enthalten.

Stickstoffpentoxid bildet sich auch, wenn man reines und trocknes Chlogas über Silbernitrat,  $AgNO_3$ , leitet. Hierbei <sup>2)</sup> bildet sich zuerst neben Silberchlorid und freiem Sauerstoff eine sehr flüchtige Verbindung, welche Nitroxylchlorid,  $NO_2Cl$ , genannt wird:

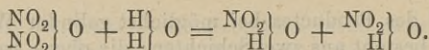


Das Nitroxylchlorid wirkt dann auf das überschüssige Silbernitrat weiter ein, unter Bildung von Stickstoffpentoxid:



Das Stickstoffpentoxid bildet prismatische Krystalle, welche bei einer niedren Temperatur farblos sind, aber bei  $15^0$  bis  $20^0$  mehr oder weniger gelb gefärbt sind. Es schmilzt bei  $30^0$  zu einer dunkelgelben Flüssigkeit und zersetzt sich bei wenig höherer Temperatur langsam, beim schnellern Erhitzen aber unter <sup>3)</sup> Explosion in Stickstofftetroxid und Sauerstoff. Auch bei gewöhnlicher Temperatur verflüchtigt es sich und sublimirt <sup>4)</sup> in verschlossenen Gefäßen in Krystallen. Es ist ein sehr unbeständiger Körper, der sich nicht längere Zeit aufbewahren lässt, sondern nach einiger Zeit von selbst explodirt. Von Wasser wird es unter Erhitzung und Bildung von Salpetersäure zersetzt:  $N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$

2)  
N. Casanova:  
Zusatz:  $N_2O_5 = 2NO_2 + O$   
3)  
Zu Sublimation  
Kalorimetrie,  
 $H_2O$

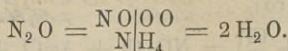


Das Stickstoffpentoxid wird gewöhnlich Salpetersäureanhydrid <sup>3/</sup>genannt, d. h. Salpetersäure minus Wasser; unter einem Anhydrid versteht man ein Oxid, das sich mit Wasser zu einer Säure umsetzt. Mit concentrirter Salpetersäure verbindet sich das Anhydrid zu einer Verbindung, welche auch bei der Darstellung des Anhydrid mit Phosphorpentoxid entsteht und in der schwereren Flüssigkeitsschicht sich findet. Dieselbe hat die Zusammensetzung  $\text{N}_2\text{O}_5 + 2\text{HNO}_3$  und bildet eine rauchende, etwas ölige Flüssigkeit, die bei  $-5^\circ$  krystallinisch erstarrt. Sie ist nicht unzersetzt flüchtig und zersetzt sich beim Aufbewahren von selbst unter Explosion.

### Stickoxidul oder Stickstoffmonoxid, $\text{N}_2\text{O}$ .

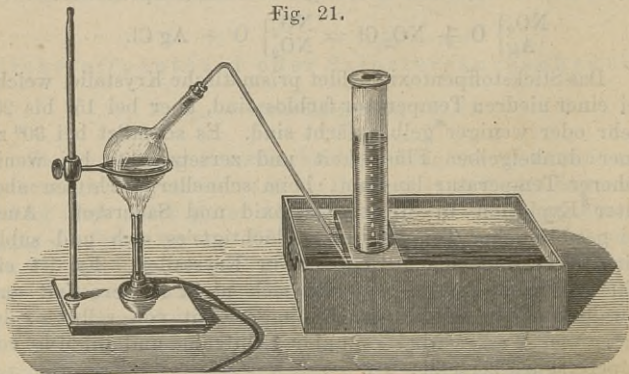
Moleculargewicht 43,98. — Volumgewicht 21,99.

1. Bringt man Zink mit kalter, sehr verdünnter Salpetersäure zusammen, so wird derselben ein Theil des Sauerstoffs entzogen unter Bildung von Wasser und Zinknitrat, und es entsteht Stickoxidul. Gewöhnlich aber stellt man diese Verbindung
2. dar durch Erhitzen von Ammoniumnitrat,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , welches dabei in Stickoxidul und Wasser zerfällt:



Man bedient sich dabei eines ähnlichen Apparates wie zur Darstellung von Sauerstoff (Fig. 21).

Fig. 21.



Es ist ein farbloses und geruchloses Gas, welches schwach süsslich schmeckt. Von Wasser wird dasselbe in ziemlicher  $\alpha$  Menge absorbiert, und zwar mehr von kaltem als von warmem; 1 Raumtheil Wasser löst bei  $0^{\circ}$  1,305 Raumtheile, bei  $24^{\circ}$  nur 0,608 Raumtheile auf, weshalb man das Gas am besten über warmem Wasser auffängt. Von den vorhergehenden Gasen  $\beta$  unterscheidet es sich dadurch, dass es sich zu einer Flüssigkeit verdichtet, wenn man es bei  $0^{\circ}$  einem Drucke von 30 Atmosphären unterwirft oder unter dem gewöhnlichen Luftdrucke auf  $-88^{\circ}$  abkühlt; in anderen Worten, die Tension des Gases  $\gamma$  ist gleich 1 Atmosphäre bei  $-88^{\circ}$  und gleich 30 Atmosphären bei  $0^{\circ}$ . Bei  $-115^{\circ}$  erstarrt die Flüssigkeit zu einer eisähnlichen Masse. Lässt man die Flüssigkeit im luftverdünnten Raume unter der Glocke der Luftpumpe rasch verdunsten, so fällt die Temperatur auf  $-140^{\circ}$ . Das spezifische Gewicht des Gases ist 1,527; 1 l wiegt bei Normaldruck und Temperatur 1,972 g.

Bringt man einen glimmenden Holzspan in das Gas, so entzündet sich derselbe wie in Sauerstoff; Phosphor verbrennt darin mit grossem Glanze; eine schwach brennende Schwefelflamme aber erlischt in dem Gase, während eine starke Schwefelflamme lebhaft fortbrennt. Es beruht dies darauf, dass das Gas beim Erhitzen in Stickstoff und Sauerstoff zerfällt und  $\epsilon$  der letztere das Brennen unterhält; eine kleine Schwefelflamme entwickelt nicht Wärme genug, um das Gas zu zerlegen, wohl aber eine stärkere. Beim Einathmen ruft es einen eigenthümlichen Zustand der Berausung hervor, weshalb es auch in früherer Zeit den Namen Lustgas erhielt; dabei stellt sich  $\gamma$  eine vollständige Gefühllosigkeit gegen Schmerz ein. Dieser Zustand dauert nur sehr kurze Zeit an und ist ohne alle üblen Folgen. Man wendet daher dieses Gas, statt des Chloroforms, bei kürzeren chirurgischen Operationen, namentlich beim Ausziehen von Zähnen, an.

Fig. 22.

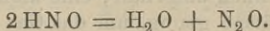


Die Zusammensetzung  $\zeta$  dieser Verbindung lässt sich leicht durch Analyse feststellen. Zu diesem Zwecke bringt man ein bestimmtes Volum in eine mit Quecksilber abgesperrte, gebogene Röhre (Fig. 22), in deren oberem

Theil sich ein Stückchen Kalium befindet; man verschliesst dann das offene Ende der Röhre mit dem Daumen und erhitzt das Kalium mit einer Flamme; dasselbe verbrennt zu Kaliumoxid, und reiner Stickstoff bleibt zurück, welcher nach dem Erkalten genau denselben Raum einnimmt, als das ursprüngliche Gas; 2 Raumtheile Stickoxidul enthalten also 2 Raumtheile Stickstoff oder in 43,98 Gewichtstheilen der Verbindung sind  $2 \times 14,01 = 28,02$  Gewichtstheile Stickstoff enthalten, und der damit verbundene Sauerstoff wiegt demnach 15,96 Gewichtstheile; seine Formel ist folglich  $N_2O$ .

### Untersalpetrige Säure, $HNO$ .

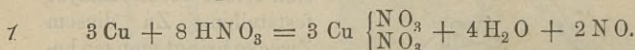
Fügt man Natriumamalgam (eine Verbindung von Natrium und Quecksilber) zu einer Lösung von Natriumnitrat oder Ammoniumnitrat, so entzieht der freiwerdende Wasserstoff dem Nitrat zwei Atome Sauerstoff und es bildet sich das Natriumsalz der untersalpetrigen Säure oder Natriumhyponitrit,  $NaNO$ . Dieses Salz ist nur in wässriger Lösung bekannt; man kennt aber andere Hyponitrite in fester Form, wie das  
 2 Silbersalz,  $AgNO$ , welches ein gelbes, in Wasser unlösliches Pulver bildet; dagegen ist die freie untersalpetrige Säure bis  
 3 jetzt nicht isolirt worden, da, wenn man eins ihrer Salze mit einer Säure zersetzt, sie in Stickstoffmonoxid und Wasser zerfällt:



### Stickstoffdioxid, $NO$ .

Moleculargewicht 29,97. — Volumgewicht <sup>14,985</sup><sub>200 parts.</sub>

Ein farbloses Gas, welches sich durch Einwirkung von mässig concentrirter Salpetersäure auf viele Metalle bildet. Man stellt es gewöhnlich dar, indem man Kupferdrehspäne in einen dem zur Wasserstoffdarstellung ähnlichen Apparat bringt und Salpetersäure durch die Trichterröhre eingiesst, wobei sich Wasser, Kupfernitrat und Stickoxid bilden:



Das so erhaltene Gas enthält stets mehr oder weniger Stickstoff und Stickoxidul beigemischt. Um es zu reinigen, leitet man es in kalte Lösung von Eisenvitriol, in der es sich mit schwarzbrauner Farbe löst; erwärmt man diese Lösung,

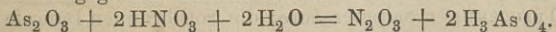


so entweicht reines Stickoxid, als farbloses Gas. Durch brennende Körper wird es unter Freiwerden von Stickstoff zerlegt, erfordert aber dabei eine höhere Temperatur als Stickstoffmonoxid; brennender Schwefel erlischt deshalb darin; hell-<sup>2</sup> brennender Phosphor oder weissglühende Holzkohle aber verbrennen in dem Gase mit starkem Glanze. Die Analyse dieser Verbindung kann auf dieselbe Weise wie die des Stickoxidul <sup>Kalium</sup> ausgeführt werden, wobei 1 Volum  $\frac{1}{2}$  Volum Stickstoff giebt; das Volumgewicht des Gases ist 14,985, folglich das Gewicht des Molecüls, oder von 2 Volumina 29,97; hiervon ab 1 Volum oder 14,01 Gewichtstheile Stickstoff bleiben 15,96 Gewichtstheile Sauerstoff, und die Molecularformel ist daher NO; dieselbe ist die Hälfte der oben unter den Stickstoffoxiden aufgeführten; es ist dies in Uebereinstimmung mit dem Gesetze, dass die Molecüle im Gaszustande den Raum von 2 Atomen Wasserstoff erfüllen. Die physikalischen Eigenschaften der Verbindung deuten ebenfalls darauf hin, dass dieselbe eine einfachere Constitution als Stickoxidul besitzt; so verdichtet es sich noch nicht bei  $+8^{\circ}$  unter einem Druck von 270 Atmosphären; aber wenn man es bei  $-11^{\circ}$  dem Druck von 104 Atmosphären aussetzt, so verdichtet es sich zu einer Flüssigkeit, welche unter dem gewöhnlichen Druck bei  $-154^{\circ}$  siedet. Auch die chemischen Eigenschaften, die grössere Beständigkeit beim Erhitzen, sprechen für die einfachere Formel, indem es ein allgemeines Gesetz ist, dass bei analogen Verbindungen die einfacher zusammengesetzten viel schwerer die flüssige oder feste Form annehmen und hartnäckiger der Zersetzung widerstehen, als die von mehr <sup>3</sup> complicirter Zusammensetzung. Das specifische Gewicht des Gases ist 1,039; 1 l wiegt bei Normaldruck und Temperatur 1,343 g. <sup>4</sup> <sup>5</sup>

Stickstofftrioxid oder Salpetrigsäureanhydrid,  $N_2O_3$ .

Moleculargewicht 75,90.

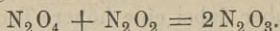
Dieses Oxid bildet sich, wenn man Arsentrioxid,  $As_2O_3$ , mit verdünnter Salpetersäure gelinde erwärmt, rothbraune Dämpfe entwickeln sich, die sich in einer Kältemischung zu einer blauen Flüssigkeit verdichten, während Arsensäure im Entwicklungsgefässe zurückbleibt:



Die so dargestellte Verbindung ist jedoch nicht rein, sondern enthält immer eine gewisse Menge von Stickstofftetroxid. Reines Stickstofftrioxid erhält man, wenn man den Dampf von Stickstofftetroxid gemischt mit Dioxid durch eine erhitzte Glas-

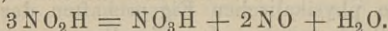
1. As  
40.

röhre leitet und das Product in einer mit einer Kältemischung umgebenen Vorlage verdichtet:

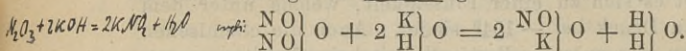


- Es ist eine tief blaue, bewegliche Flüssigkeit, die bei  $-10^\circ$
2. eine prächtig indigoblaue Farbe annimmt. Obgleich dieser Körper sich erst bei einer hohen Temperatur bildet, so ist er
  3. doch eine unbeständige Verbindung; schon bei  $-2^\circ$  fängt sie sich an zu zersetzen unter Entweichen von Stickstoffdioxid und zerfällt beim gelinden Erwärmen zum Theil in diese Verbindung und Stickstofftetroxid.

Stickstofftrioxid löst sich in eiskaltem Wasser zu einer blauen Flüssigkeit, welche man als eine Lösung von salpetriger Säure,  $\text{HNO}_2$ , betrachten muss; diese Verbindung ist sehr wenig beständig und zerfällt beim gelinden Erwärmen in Salpetersäure, Stickoxid und Wasser:



Die Salze dieser Säure sind dagegen sehr beständig; Kaliumnitrit erhält man durch Erhitzen von Kaliumnitrat, welches dabei 1 Atom Sauerstoff abgibt, oder wenn Stickstofftrioxid in eine Lösung von Aetzkali geleitet wird:

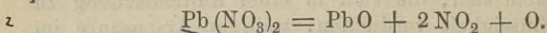


Stickstofftrioxid steht daher in derselben Beziehung zu den Nitriten, wie das Pentoxid zu den Nitraten und das Monoxid zu den Hyponitriten.

Stickstofftetroxid oder Stickstoffperoxid,  $\text{NO}_2$ .

Moleculargewicht 45,93. — Volumgewicht 22,965.

1. Die rothen Dämpfe, welche entstehen, wenn Stickstoffdioxid sich mit einem Ueberschuss von Luft mischt, bestehen aus dieser Verbindung, welche auch Stickstoffperoxid genannt wird. Rein erhält man dieselbe durch Erhitzen von trockenem Bleinitrat, welches dabei in Bleioxid, Sauerstoff und Stickstoffperoxid zerfällt:



2. Um grössere Mengen darzustellen, behandelt man Arsentrioxid mit 60 procentiger Salpetersäure; die rothbraunen Dämpfe verdichten sich beim Abkühlen zu einer dunkelgrünen Flüssigkeit, einem Gemisch von viel Tetroxid mit wenig Trioxid, in welches man Sauerstoff leitet, welches sich mit dem Trioxid zu Tetroxid verbindet.

Stickstofftetroxid ist eine dunkelgelbe Flüssigkeit, welche <sup>4</sup> bei  $22^{\circ}$  siedet und einen rothbraunen Dampf bildet, dessen Farbe um so dunkler wird, je höher die Temperatur ist; bei starkem Abkühlen wird die flüssige Verbindung fast farblos und erstarrt zu farblosen Krystallen, welche bei  $-9^{\circ}$  schmelzen. Mit Wasser zusammengebracht, zersetzt sich das Stickstofftetroxid, je nach Menge desselben und Temperatur, entweder zu Stickstofftrioxid und Salpetersäure oder Stickoxid und Salpetersäure; der Dampf nimmt deshalb in feuchter Luft eine saure Reaction an; man hielt daher diese Verbindung früher für eine Säure, und gab ihr den Namen Untersal- <sup>5</sup> petersäure. Das specifische Gewicht des Gases ist 1,59, <sup>6</sup> woraus sich das Moleculargewicht 45,93 berechnet.

Wenn man ein Gemisch von Stickstoffperoxid und Sauerstoff der Wirkung des Inductionsstromes aussetzt, so entfärbt es sich, indem sich Stickstoffhexoxid,  $N_2O_6$ , bildet, das sich <sup>6</sup> bei  $-23^{\circ}$  als ein kystallinisches, sehr flüchtiges Pulver verdichtet. Dasselbe ist höchst unbeständig und zerfällt rasch wieder in Sauerstoff und das Peroxid.

Leitet man Dämpfe von Stickstofftetroxid gemischt mit Chlor durch eine erhitzte Glasröhre, so bildet sich das unter Stickstoffpentoxid erwähnte Nitroxylechlorid,  $NO_2Cl$ . Es <sup>7</sup> ist eine gelbliche Flüssigkeit, die schon bei  $+5^{\circ}$  siedet.

## Stickstoff und Wasserstoff.

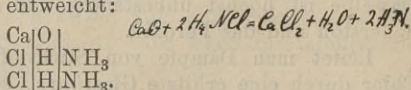
### Ammoniak, $NH_3$ .

Moleculargewicht 17,01. — Volumgewicht 8,5.

Der Stickstoff bildet mit Wasserstoff nur eine Verbindung, das Ammoniak,  $NH_3$ ; dasselbe entsteht, aber nur schwierig, wenn man die dunkle, elektrische Entladung durch ein Gemisch <sup>7</sup> von Wasserstoff und Stickstoff gehen lässt.

Wird Salpetersäure oder ein lösliches Nitrat in eine Flüssig- <sup>8</sup> keit gebracht, in welcher sich Wasserstoff entwickelt, so verbindet sich ein Theil des freiwerdenden Wasserstoffs mit dem Sauerstoff zu Wasser und ein anderer Theil mit dem Stickstoff zu Ammoniak. Ammoniak bildet sich ferner immer, wenn stickstoffhaltige, organische Stoffe in Zersetzung übergehen, <sup>9</sup> entweder langsam durch Fäulniss oder schneller beim Erhitzen in verschlossenen Gefäßen (trockene Destillation). Die unter dem Namen Salmiak bekannte Verbindung des Ammoniaks wurde zuerst aus Asien nach Europa eingeführt und arme-

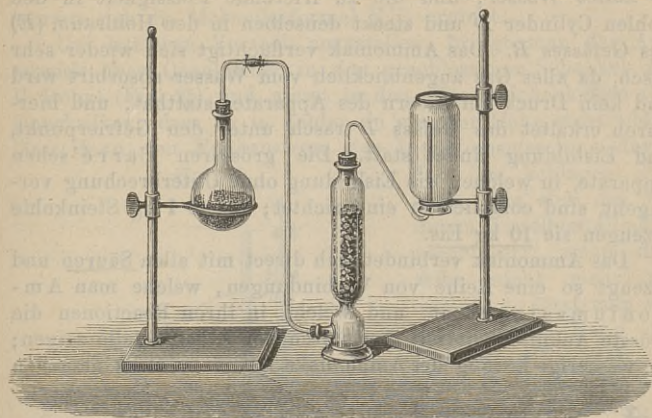
- nisches Salz (*Sal armeniacum*) genannt; wahrscheinlich stammte derselbe von den dortigen Vulcanen; er wurde aber auch schon frühe in Aegypten aus Kameelurin dargestellt und der ursprüngliche Namen später in *Sal ammoniacum* verändert, womit man ursprünglich das in der Nähe der Ruinen des Tempels von Jupiter Ammon vorkommende Steinsalz bezeichnete. Ammoniakverbindungen sind in reichlicher Menge im
- 2 Guano enthalten; die Hauptquelle ist aber jetzt das bei der Bereitung von Leuchtgas aus Steinkohlen erhaltene Ammoniakwasser. Steinkohle enthält gegen 2 Proc. Stickstoff, der beim Erhitzen zum grössten Theile in Form von Ammoniak entweicht, welches sich im wässerigen Destillate löst. Dieses Ammoniakwasser wird mit Salzsäure versetzt und eingedampft, und so der im Handel vorkommende Salmiak,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , erhalten. Um reines Ammoniak darzustellen, erhitzt man zu Pulver gelöschten Aetzkalk (Calciumoxid) mit Salmiak in einem Glaskolben; es bilden sich dabei Wasser, Calciumchlorid und Ammoniak, welches als Gas entweicht:



- Ammoniak ist ein farbloses Gas, welches einen eigenthümlichen, starken, stechenden Geruch hat, vermittelt dessen man die kleinsten Mengen desselben entdecken kann; es ist leichter als Luft und hat das specifische Gewicht 0,586; man kann dasselbe daher in einer Flasche mit abwärts gerichtetem Halse durch Verdrängung auffangen (Fig. 23); will man es ganz frei von Luft haben, so muss es über Quecksilber aufgesammelt werden, da es in Wasser ausserordentlich löslich ist; 1 g Wasser löst bei 0° 0,875 g oder 1148 cbcm und bei 20° 0,526 g oder 681,8 cbcm unter dem Normaldrucke auf. Füllt man ein Gefäss mit dem trocknen Gase und bringt es mit der Oeffnung unter Wasser, so dringt dasselbe so rasch in das Gefäss ein, als ob dasselbe luftleer wäre. Die wässrige Lösung des Gases ist unter dem Namen Salmiakgeist bekannt und wird im Grossen durch Einleiten des Gases in kalt gehaltenes Wasser dargestellt. Unter einem Druck von 7 Atmosphären verdichtet sich bei mittlerer Temperatur das Ammoniakgas zu einer farblosen Flüssigkeit, welche bei  $-33,7^\circ$  siedet und bei  $-75^\circ$  zu einer eisähnlichen Masse erstarrt. Das durch Druck verflüssigte Ammoniak hat neuerdings technische Verwendung gefunden, um Eis künstlich darzustellen;

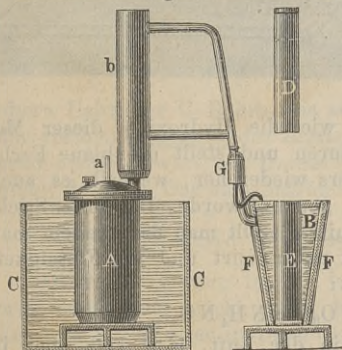
diese Anwendung stützt sich auf das Gesetz der latenten Wärme. Verdampft nämlich eine Flüssigkeit rasch ohne Zu-

Fig. 23.



fuhr von äusserer Wärme, so tritt starke Abkühlung ein, indem die zur Dampfbildung nöthige Wärme aus einem Theile

Fig. 24.

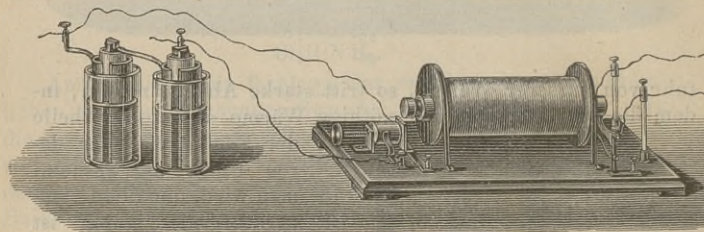


der Flüssigkeit oder deren Umgebung entnommen wird, und diese Temperaturerniedrigung ist um so bedeutender, je niedriger der Siedepunkt der Flüssigkeit ist, und je rascher dieselbe sich in Dampf verwandelt. Die Carré'sche Eismaschine (Fig. 24) besteht aus zwei starken, eisernen Gefässen, welche mit einer gebogenen Röhre verbunden sind. Der Cylinder

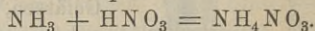
*A* enthält eine bei  $0^{\circ}$  gesättigte, wässrige Ammoniaklösung; dieselbe wird allmählig erwärmt und zugleich das Gefäss *B* durch kaltes Wasser gut gekühlt; das Ammoniak wird durch die Wärme aus der Lösung ausgetrieben und verdichtet sich,

sobald der Druck im Innern über 7 Atmosphären gestiegen ist, in dem doppelwandigen *B*. Ist so das meiste Ammoniak aus der Lösung ausgetrieben, so bringt man den Cylinder *A* in kaltes Wasser, und die zu frierende Flüssigkeit in den hohlen Cylinder *D* und steckt denselben in den Hohlraum (*E*) des Gefässes *B*. Das Ammoniak verflüchtigt sich wieder sehr rasch, da alles Gas augenblicklich vom Wasser absorbiert wird und kein Druck im Innern des Apparates statthat, und hierdurch erkaltet das Gefäss *B* rasch unter den Gefrierpunkt, und Eisbildung findet statt. Die grösseren Carré'schen Apparate, in welchen die Eisbildung ohne Unterbrechung vorgeht, sind complicirter eingerichtet; für je 1 kg Steinkohle erzeugen sie 10 kg Eis.

Das Ammoniak verbindet sich direct mit allen Säuren und erzeugt so eine Reihe von Verbindungen, welche man Ammoniumsalze nennt, und welche in ihren Reactionen die grösste Aehnlichkeit mit den Salzen der Alkalimetalle zeigen; die wässrige Lösung des Ammoniaks hat einen stark ätzenden



Geschmack (Aetzammoniak) wie die Hydroxide dieser Metalle; dieselbe neutralisirt Säuren und stellt die blaue Farbe des gerötheten Lackmuspapiers wieder her, weshalb es auch früher flüchtiges Alkali genannt wurde. Das unter Stickoxidul erwähnte Ammoniumnitrat stellt man dar, indem man Salpetersäure mit Ammoniak neutralisirt und die Flüssigkeit zur Krystallisation eindampft:



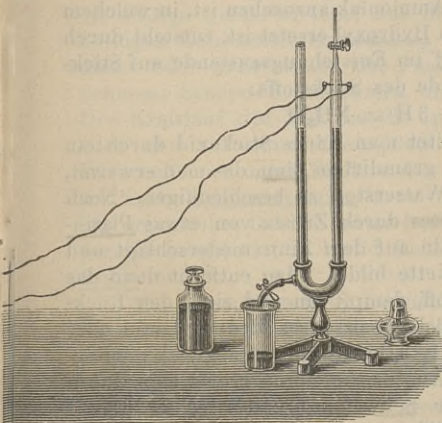
Ammoniakgas brennt nicht in der Luft, lässt sich aber in Sauerstoffgas entzünden und verbrennt mit grüngelber Flamme zu Wasser und Stickstoff.

Leitet man Ammoniak durch eine rothglühende Porcellanröhre, die mit Porcellanscherben oder Bimsstein gefüllt ist, so

zerfällt es in Stickstoff und Wasserstoff; dieselbe Zersetzung tritt ein, wenn man kräftige elektrische Funken längere Zeit durch das Gas schlagen lässt; 2 Raumtheile Ammoniak liefern dabei 1 Raumtheil Stickstoff und 3 Raumtheile Wasserstoff, woraus sich die Molecularformel  $\text{NH}_3$  ergibt.

Um letzteren Versuch anzustellen, bringt man das Ammoniak über Quecksilber in den geschlossenen Schenkel der U-Röhre (Fig. 25) und giesst in den offenen Schenkel so viel Quecksilber, dass es in beiden in gleicher Höhe steht. Man lässt dann den Funkenstrom der Inductionsmaschine durch

Fig. 25.

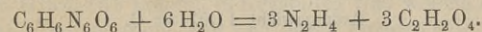


das Gas schlagen und sieht, wie sich das Volumen desselben allmählig vergrößert; wenn dasselbe nicht mehr zunimmt, so lässt man aus dem unteren Hahn der U-Röhre so lange Quecksilber ausfliessen, bis dasselbe im offenen Schenkel wieder so hoch steht, als im geschlossenen, und findet nun, dass das ursprüngliche Volum sich verdoppelt hat. Giesst man jetzt in den offenen Schenkel etwas Quecksilber und lässt aus dem

oberen Hahn der U-Röhre Gas austreten, so findet man, dass der stechende Geruch des Ammoniaks verschwunden ist, während die Gegenwart von freiem Wasserstoff sich dadurch kundgibt, dass das Gas sich entzünden lässt.

#### Diamid oder Hydrazin, $\text{N}_2\text{H}_4$ .

Diese Verbindung ist bis jetzt nur aus Triazoessigsäure erhalten worden, welche später beschrieben wird und die beim Erhitzen mit Wasser in Diamid und Oxalsäure zerfällt:

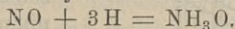


Dasselbe ist sehr leicht flüchtig, riecht eigenthümlich und greift Rachen und Nase heftig an. Man hat es noch nicht ganz frei von Wasser erhalten, mit welchem es die Verbindung 2

$N_2H_4 + H_2O$  bildet, welche eine stark lichtbrechende Flüssigkeit ist, die ohne Zersetzung bei  $119^0$  siedet und an der Luft raucht. Beim Kochen greift sie Glas, Kork und Kautschuk stark an. Sehr charakteristisch für Diamid ist, dass es stark reducirende Eigenschaften hat; so scheidet es aus einer Lösung von Silbernitrat in Ammoniak schon in der Kälte metallisches Silber ab. Es reagirt stark alkalisch und ist eine sehr kräftige Base. Sein Sulfat,  $N_2H_6SO_4$ , krystallisirt in glasglänzenden Tafeln, und das Chlorid,  $N_2H_6Cl_2$ , bildet grosse, reguläre Krystalle.

Hydroxylamin oder Oxyammoniak,  $NH_2(OH)$ .

Diese Base, welche als Ammoniak anzusehen ist, in welchem ein Atom Wasserstoff durch Hydroxyl ersetzt ist, entsteht durch Einwirkung von Wasserstoff im Entstehungszustande auf Stickoxyd und die höheren Oxyde des Stickstoffs:



Um es darzustellen, leitet man reines Stickoxyd durch ein Gemisch von Salzsäure und granulirtem Zinn, das man erwärmt, um die Entwicklung von Wasserstoff zu beschleunigen. Noch bequemer erreicht man dieses durch Zusatz von etwas Platinchlorid, wodurch sich Platin auf dem Zinn niederschlägt und mit ihm eine galvanische Kette bildet. Man entfernt dann das Zinn mit Schwefelwasserstoff, dampft ein und zieht den Rückstand mit Alkohol aus, welcher salzsaures Hydroxylamin oder Oxyammoniumchlorid,  $NOH_4Cl$ , löst, während zugleich gebildeter Salmiak zurückbleibt. Aus dem ersteren erhält man durch Zersetzung mit verdünnter Schwefelsäure das schwefelsaure Salz, das schöne Krystalle bildet und mit Barytwasser behandelt, eine Lösung des freien Hydroxylamins giebt. Dieselbe ist geruchlos und reagirt stark alkalisch. Beim Kochen derselben verflüchtigt sich ein Theil der Base, der grössere aber zerfällt in Wasser, Ammoniak und Stickstoff. Das salpetersaure Salz  $NH_4O.NO_3$  ist eine dicke Flüssigkeit, welche bei  $-10^0$  zu Krystallen erstarrt und beim Erhitzen in Wasser und Stickoxyd zerfällt.

### Kohlenstoff (Carbon).

Atomgewicht 11,97 = C.

Der Kohlenstoff ist ein fester Körper, welcher bei der höchsten Temperatur, die man künstlich hervorbringen kann, weder schmilzt noch sich verflüchtigt; er findet sich im reinen

Zustände in der Natur in zwei völlig verschiedenen Formen (*isomere*) als Diamant und als Graphit und mit Sauerstoff verbunden als Kohlendioxid (gewöhnlich Kohlensäure genannt). Kohlensaure Salze oder <sup>2</sup>Carbonate bilden häufig ganze Gebirgsformationen, wie <sup>4</sup>Calciumcarbonat, das als Marmor, Kreide, Kalkstein u. s. w. auftritt, und <sup>6</sup>Calciummagnesiumcarbonat, welches das unter dem Namen Dolomit bekannte Gestein bildet. Kohlenstoff ist ferner der wichtigste und charakteristischste Bestandtheil des Thier- und Pflanzenkörpers. Es wurde schon früher erwähnt, dass die Pflanzen Kohlensäure aus der Luft aufnehmen und im Lichte wieder Sauerstoff abgeben, und dieses scheint die einzige Quelle zu sein, aus der sie den zu ihrem Aufbau nöthigen Kohlenstoff entnehmen, während die Thiere, welche direct oder indirect aus der Pflanzenwelt ihre Nahrung entnehmen, Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure ausscheiden. Der Kreislauf des Kohlenstoffs in der organischen Natur beruht also auf einer Desoxydation oder Reduction, die im Pflanzenkörper unter Einfluss des Sonnenlichtes vor sich geht, und einer Wiederoxydation im thierischen Körper. Wird irgend ein organisches Gebilde unter Luftabschluss einer hohen Temperatur ausgesetzt, so bleibt Kohlenstoff in Form von poröser Kohle zurück.

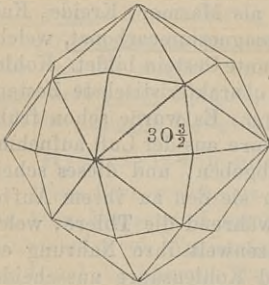
Wir haben also hier die merkwürdige Erscheinung, dass dasselbe Element in drei verschiedenen Zuständen auftritt, die in ihren äusseren Erscheinungen oder physikalischen Eigenschaften, wie Härte, Farbe, specifisches Gewicht, die grösste Verschiedenheit zeigen; in chemischer Beziehung verhalten sich aber dieselben ganz identisch; alle drei geben bei Verbrennung in Sauerstoff dieselbe Verbindung, Kohlendioxid (Kohlensäure), und zwar geben 12,97 Theile Diamant, Graphit oder Kohle genau 43,98 Theile Kohlendioxid. Eine ähnliche Erscheinung hatten wir schon bei Sauerstoff, der als gewöhnlicher und als activer Sauerstoff oder Ozon auftritt; man bezeichnet diese Erscheinung, welche sich bei mehreren anderen Elementen wiederfindet, mit dem Ausdrücke Allotropie, und sagt, der Kohlenstoff existirt in drei allotropischen Zuständen.

Der Diamant kommt in Krystallen vor, welche dem regelmässigen Systeme angehören und deren Formen (Fig. 26, a. f. S.) sich vom Octaëder ableiten; er ist im reinen Zustande farblos, häufig aber mehr oder weniger gefärbt und findet sich lose in angeschwemmtem Boden, dem sogenannten Seifengebirge, in



Ostindien, Borneo, Brasilien und im Capland. Es war lange Zeit unbekannt, in welcher Gebirgsart der Diamant ursprünglich vor-

Fig. 26.



kommt; in neuerer Zeit jedoch hat man mikroskopische Diamanten, im Talkschiefer des südlichen Ural eingewachsen, beobachtet und auch einzelne grössere Diamanten in Brasilien im Glimmerschiefer gefunden. Das spezifische Gewicht schwankt zwischen 3,5 bis 3,6. Der Diamant hat einen starken Glanz, und ist unter allen Körpern derjenige, welcher die grösste Härte und das stärkste Lichtbrechungsvermögen besitzt, Eigenschaften,

welche ihn zum werthvollsten aller Edelsteine machen; wegen seiner Härte dient er ferner zum Glasschneiden und Schreiben auf Glas. Ueber die Weise, wie er in der Natur gebildet worden, wissen wir nichts; keinesfalls kann dieses bei einer sehr hohen Temperatur stattgefunden haben, da, wenn derselbe, vor Zutritt von Luft geschützt, stark erhitzt wird, er sich in eine coarktige Masse verwandelt.

13.

Die zweite Form des Kohlenstoffs, der Graphit oder Reissblei, kommt ebenfalls krystallisirt vor und zwar in einer Form, die von der des Diamantes ganz verschieden ist und einem anderen Krystallsystem angehört. Körper, welche in zwei verschiedenen Krystallsystemen krystallisiren, nennt man dimorph. Die Graphitkrystalle bestehen aus dünnen sechsseitigen grauen Blättchen; gewöhnlich aber findet sich derselbe in derben Massen, hauptsächlich in Passau und verschiedenen Theilen Oesterreichs, sowie in bedeutenden Lagern in Nordamerika, in Sibirien und Ceylon. Graphit ist ein dunkelgrauer, metallischer, glänzender Körper, welcher so weich ist, dass er auf Papier abfärbt; sein spezifisches Gewicht ist 2,15 bis 2,58, was darauf beruht, dass er mehr oder weniger erdige Beimengungen enthält. Zur Reinigung, wird er mit Kaliumchlorat und Schwefelsäure behandelt, wodurch sich eine eigenthümliche Verbindung bildet, welche sich beim Erhitzen unter starkem Aufschwellen zersetzt und reinen Graphit als ein leichtes, sehr voluminöses Pulver zurücklässt. Der Graphit findet mannigfache Verwendung, wie zur Darstellung der Bleistifte, wobei man, um solche

von verschiedener Härte und Schwärze zu erhalten, ihn mit mehr oder weniger geschlämtem Thon mischt. Er wird ferner benutzt, um Eisen glänzend zu machen und vor Rost zu schützen, sowie zum Glätten von Schiesspulver. Graphit bildet sich häufig bei der Darstellung von Gusseisen, welches im geschmolzenen Zustande Kohlenstoff auflöst und beim Erkalten in Form von Graphit ausscheidet.

Die dritte allotropische Form des Kohlenstoffs unter-<sup>c</sup>scheidet sich von den beiden vorhergehenden dadurch, dass sie nicht krystallisirt, sondern amorph ist. Sie bildet sich, wie schon erwähnt, wenn organische Gebilde, vor Luftzutritt geschützt, geglüht werden, wobei flüchtige Kohlenstoffverbindungen entweichen und ein Theil des Kohlenstoffs, gemengt mit den mineralischen oder Aschenbestandtheilen, zurückbleibt.

Im reinsten Zustande findet sich die Kohle im Kien- oder Lampenruss, welche man durch Verbrennen kohlenstoffreicher Substanzen, wie Harze, Terpentinöl u. s. w., erhält. Diese Stoffe brennen mit russender Flamme, indem ein Theil des Kohlenstoffs nicht verbrannt wird, sondern sich aus der Flamme in feinvertheiltem Zustande abscheidet und sich an kalten Körpern als Russ absetzt. Die Holzkohle ist sehr porös und schwimmt auf Wasser, so lange die Poren mit Luft erfüllt sind; als feines Pulver jedoch sinkt sie zu Boden. Auf dieser Porosität der Kohle beruht es, dass sie Gase, Riechstoffe und Farbstoffe absorbirt; 1 Raumtheil frisch geglühte Holzkohle absorbirt 90 bis 170 Raumtheile Ammoniakgas und 9 bis 18 Raumtheile Sauerstoff. Man benutzt die Holzkohle, um Wasser hindurch zu filtriren, und als Desinficirmitel in Anatomien und Hospitälern. Die von ihr absorbirten organischen Fäulnissgase scheinen nach und nach durch aufgenommenen Sauerstoff in den Poren oxydirt und unschädlich gemacht zu werden. Die Knochenkohle wird in Zuckerraffinerien zur Entfärbung der Zuckerlösungen gebraucht; dieselbe wirkt noch kräftiger als Holzkohle; der Kohlenstoff ist darin sehr fein vertheilt, indem er mit 70 Procent Mineralbestandtheilen (Calciumphosphat) innig gemischt ist.

Die Braun- und Steinkohlen und der Torf sind Reste einer untergegangenen Pflanzenwelt. Wenn Holzfaser vor Luftzutritt geschützt sich langsam zersetzt, so entweicht hauptsächlich Sauerstoff und Wasserstoff; je länger dieser Process fortschreitet, je reicher werden die organischen Ueberbleibsel an Kohlen-

stoff; dabei verschwindet die organische Structur mehr und mehr, besonders wenn dieselben durch darüber gelagerte Gesteinsschichten einem starken Drucke ausgesetzt sind. Die nachstehende Tabelle zeigt den allmöglichen Uebergang von Holzfaser in die verschiedenen Arten fossiler Brennmaterialien:

	Zusammensetzung in 100 Thln. nach Abzug von Asche		
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff u. Stickstoff
1. Holzfaser . . . . .	52,65	5,25	42,10
2. Torf aus Irland . . . . .	60,02	5,88	34,10
3. Braunkohle von Köln . . .	66,96	5,25	27,79
4. Erdige Kohle von Dax . .	74,20	5,89	19,91
5. Cannelkohle von Wigan . .	85,81	5,85	8,34
6. Hartleykohle von Newcastle	88,42	5,61	5,97
7. Anthracit von Wales . . .	94,05	3,38	2,57

Durch Verkohlen von Steinkohle wird eine dichte Art von Kohle erhalten, welche Coke genannt wird; das specifische Gewicht derselben schwankt zwischen 1,6 bis 2. Coke ist ein sehr werthvolles Brennmaterial, um hohe Hitzegrade zu erzeugen.

### Oxide des Kohlenstoffs.

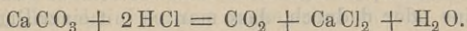
Kohlenoxid CO. — Moleculargewicht 27,93. — Volumgewicht 13,965.  
Kohlendioxid CO<sub>2</sub>. — Moleculargewicht 43,89. — Volumgewicht 21,995.

#### Kohlendioxid, CO<sub>2</sub>.

Wenn Kohlenstoff oder ein kohlenstoffhaltiger Körper bei Ueberschuss von Luft oder Sauerstoff verbrennt, bildet sich immer Kohlendioxid; dasselbe findet sich im freien Zustande in der Luft, und in Wasser gelöst in vielen Mineralquellen (Sauerbrunnen). In vulcanischen Gegenden tritt es in grosser Menge aus der Erde hervor, wie in der Hundsgrotte bei Neapel, im Giftthale auf Java, bei Vichy und Hauterive, wo das Gas zur Fabrikation von Bleiweiss benutzt wird und in den alten Kratern der Eifel und bei Brohl am Rhein, wo es zur Darstellung von flüssigem Kohlendioxid dient, dessen Verwendung weiter unten erwähnt wird.

Um reines Kohlendioxid darzustellen, zersetzt man ein kohlensaures Salz oder Carbonat mit Salzsäure oder Schwefel-

säure in einem Gasentwicklungsapparate; gewöhnlich verwendet man dazu Calciumcarbonat (Kreide oder Marmor); giesst man Salzsäure hinzu, so entweicht Kohlendioxidgas unter Aufbrausen, und es bilden sich Wasser und Calciumchlorid:



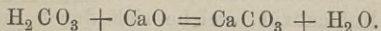
Kohlendioxid ist farbloses Gas, ohne Geruch, aber von <sup>2</sup> schwach säuerlichem, stechendem Geschmack; das spezifische Gewicht ist 1,529, es ist also schwerer als Luft, und man kann ein Gefäss damit füllen, wenn man das Gas auf den Boden desselben leitet, und dadurch die leichtere Luft verdrängt. In Wasser ist es ziemlich löslich, in kaltem reichlicher als in warmem; beim Kochen der Lösung entweicht das Gas wieder vollständig. Ein Raumtheil Wasser nimmt bei 0° 1,797 Raumtheile und bei 20° 0,901 Raumtheile auf; dieses Verhältniss bleibt unverändert, was auch immer der Druck sein mag, unter welchem das Gas sich befindet; da aber das Gewicht desselben Volums eines Gases in demselben Verhältniss zu- oder abnimmt wie der Druck, so folgt hieraus, dass die Gewichtsmenge von Kohlendioxid, welche bei derselben Temperatur von Wasser absorbiert wird, sich wie der Druck verhält; d. h. löst bei mittlerer Temperatur 1 cbcm Wasser 1 cbcm Gas oder 1,529 mg bei gewöhnlichem Luftdrucke, so wird derselbe unter dem Drucke von 2 Atmosphären ebenfalls 1 cbcm des Gases oder 3,058 mg aufnehmen u. s. w. Dieselben Beziehungen finden bei vielen anderen in Wasser löslichen Gasen statt. Alles Quellwasser enthält Kohlendioxid gelöst und dasselbe ertheilt dem Wasser seinen erfrischenden Geschmack; in grösserer Menge ist das Gas in moussirenden Getränken, wie Soda-wasser und Champagner, enthalten, welche damit unter Druck gesättigt sind.

Durch starken Druck oder starke Abkühlung verdichtet <sup>3</sup> sich das Kohlendioxid zu einer farblosen, beweglichen Flüssigkeit, welche bei —78° siedet. Die Tension des Dampfes ist bei 0° gleich 35,5 und bei 30° gleich 73,5 Atmosphären; das flüssige Kohlendioxid dehnt sich beim Erwärmen stärker als Gase aus; 100 Raumtheile bei 0° nehmen 106 Raumtheile bei 10° ein, während ein Gas sich bei dieser Temperaturerhöhung nur von 100 zu 103,66 ausdehnt; diese Ausnahme von der Regel, dass flüssige Körper einen kleineren Ausdehnungscoefficienten als Gase haben, findet sich auch bei anderen durch Druck zu Flüssigkeiten verdichteten Körpern.

- Die Verdichtung dieses Gases kann entweder dadurch bewerkstelligt werden, dass man dasselbe in einem starken, verschlossenen Gefässe entwickelt, wobei es sich durch eigenen Druck verdichtet, ähnlich wie das Ammoniak in Carré's Eismaschine oder dadurch, dass man es mit einer Druckpumpe in einen starken, schmiedeeisernen Cylinder pumpt, welcher durch Eis abgekühlt wird. Sobald die Menge des eingepumpten Gases 36 mal so gross ist, als der innere Hohlraum des Gefässes, so fängt es an sich zu verdichten, und man kann den Cylinder so vollständig mit der Flüssigkeit anfüllen; öffnet man dann den Hahn des Cylinders, so fliesst die Flüssigkeit aus, ein Theil nimmt die Gasform an, und dabei wird so viel Wärme gebunden, dass ein anderer Theil gefriert und sich in Gestalt von weissen Schneeflocken niederschlägt, welche man aufsammeln kann, wenn man die Flüssigkeit in einen conischen Beutel aus glattem Wollentuch einfliessen lässt. Das feste Kohlendioxid ist ein sehr schlechter Wärmeleiter und verflüchtigt sich nur langsam an der Luft; man kann dasselbe trotz der niederen Temperatur in die Hand und selbst in den Mund nehmen; das fortwährend erzeugte Gas bildet eine Schicht, welche verhindert, dass es in innige Berührung mit der Haut kommt; presst man es aber zwischen den Fingern, so entsteht ein brennender Schmerz und es bildet sich eine Brandblase, wie von glühendem Eisen. Mischt man das feste Kohlendioxid mit Aether und lässt dieses Gemisch im luftverdünnten Raume unter der Glocke der Luftpumpe rasch verdampfen, so sinkt die Temperatur auf  $-110^{\circ}$ ; flüssiges Kohlendioxid in einer Glasröhre eingeschlossen erstarrt in dieser Kältemischung zu einer eisähnlichen Masse. Flüssiges Kohlenoxid kommt jetzt in eisernen Flaschen im Handel vor. Man benutzt es für Bierpressionen, zur Darstellung künstlicher Mineralwasser und Schaumweine, für Feuerlöschapparate, als Bewegungsmittel für unterseeische Sprenggeschosse (Torpedo) und bei der Fabrikation von Gussstahl, um das geschmolzene Metall einem hohen Drucke auszusetzen, so dass es von allen Luftblasen befreit wird. Hierzu eignet sich das flüssige Kohlendioxid ganz besonders, weil es sich viel stärker als das Gas ausdehnt und man bei einer Temperaturerhöhung bis zu  $200^{\circ}$  den ungeheuren Druck von 1200 Atmosphären erzielt.
- Bringt man eine brennende Kerze in das Gas, so erlischt dieselbe, ebenso brennender Schwefel oder Phosphor; gewisse Metalle aber, wie Kalium oder Magnesium, oxydiren sich, wenn

sie darin erhitzt werden, wobei sich fein vertheilte Kohle ausscheidet. Kohlendioxid ist giftig; es wirkt nicht bloss im reinen Zustande erstickend, sondern auch, wenn es mit viel Luft gemischt ist. Da es sich bei der geistigen Gährung bildet, sowie auch bei der Fäulniss organischer Stoffe, so sammelt es sich vermöge seiner Schwere in Kellern, wo Flüssigkeiten gähren, und in alten Brunnen an und verursacht häufig Unglücksfälle. Enthält die Luft in Räumlichkeiten, wo viele Menschen versammelt sind, über 0,1 Proc. Kohlendioxid, so ist sie der Gesundheit schädlich; weniger durch die giftige Wirkung des Gases selbst als dadurch, dass beim Lebensprocess andere flüchtige, organische Stoffe ausgeschieden werden, welche einen nachtheiligen Einfluss auf die Gesundheit haben; daher die Nothwendigkeit, in Wohnzimmern und öffentlichen Gebäuden für eine gute Ventilation zu sorgen.

Das Kohlendioxid wird gewöhnlich Kohlensäure oder Kohlensäureanhydrid genannt; es steht nämlich in derselben Beziehung zu einer Reihe von Salzen, den Carbonaten, wie Stickstoffpentoxid zu den Nitraten. Das Gas im trocknen Zustande hat keine saure Reaction, wohl aber seine wässrige Lösung, welche blaues Lackmuspapier schwach röthet; die rothe Farbe verwandelt sich wieder in Blau beim Trocknen, indem sich Kohlendioxid wieder verflüchtigt. Man kann diese Flüssigkeit betrachten als eine Lösung der wirklichen Kohlensäure,  $H_2CO_3$ , welche indessen im isolirten Zustande nicht bekannt ist. Bringt man zu dieser Lösung ein basisches Metalloxid, so entsteht ein Carbonat; fügt man z. B. Kalkwasser (eine Auflösung von Calciumoxid) hinzu, so wird die Flüssigkeit milchig, weil sich in Wasser unlösliches Calciumcarbonat (kohlen-saurer Kalk) ausscheidet:

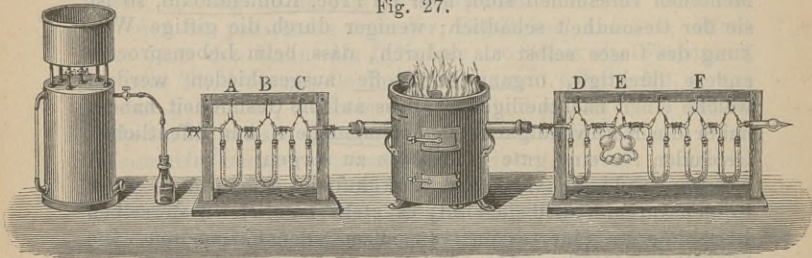


Man benutzt diese Reaction, um die Gegenwart von Kohlendioxid nachzuweisen.

Die Zusammensetzung des Kohlendioxides hat man mit grosser Genauigkeit dadurch festgestellt, dass man ein bekanntes Gewicht von reinem Kohlenstoff, Diamant, Graphit oder Lampenruss in einem Strome von reinem Sauerstoff verbrannte und die Gewichtsmenge des gebildeten Kohlendioxides genau bestimmte. Der zu dieser Gewichtssynthese benutzte Apparat ist in Fig. 27 dargestellt.

Den Kohlenstoff bringt man in einem Platinschiffchen in die Mitte der Porcellanröhre, welche in einem Ofen zum Glühen erhitzt wird; das eine Ende derselben ist durch die Trockenröhren A, B und C mit einem Gasometer, welcher mit Sauerstoff gefüllt ist, verbunden, das gebildete Kohlendioxid wird in den gewogenen Röhren D, E und F aufgefangen; die beiden ersteren sind mit Aetzkalilösung gefüllt, F enthält mit Schwefelsäure getränkten Bimsstein, um den Wasserdampf zurück-

Fig. 27.



zuhalten. Man lässt dann den Sauerstoff langsam durch den Apparat strömen, bis aller Kohlenstoff verbrannt ist; der überschüssige Sauerstoff tritt ebenso trocken wieder aus, als er eingetreten ist, und die Gewichtszunahme der Röhren giebt genau das Gewicht des gebildeten Oxides. Diamant wie Graphit enthalten gewöhnlich eine kleine Menge Asche, welche man dadurch bestimmt, dass man nach dem Versuche das Platinschiffchen wieder wägt und sodann das Gewicht der Asche vom Gewichte des Kohlenstoffs abzieht. Eine andere Vorsichtsmaassregel, die zu beobachten ist, besteht darin, dass man den vorderen Theil der Röhre mit porösem Kupferoxid füllt, um jede Spur von Kohlenoxid, welche sich durch unvollständige Verbrennung bilden würde, zu Kohlendioxid zu oxydiren. Das Ergebniss dieser Versuche war, dass 100 Gewthle. Kohlendioxid bestehen aus:

Kohlenstoff	27,27
Sauerstoff	72,73
	100,00

Um aus diesen Zahlen die chemische Formel abzuleiten, dividirt man dieselben durch ihre Verbindungsgewichte:

$$\frac{27,27}{12} = 2,2725, \quad \frac{72,73}{16} = 4,5450.$$

Diese Zahlen verhalten sich genau wie 1 zu 2, oder auf 1 Atom Kohlenstoff sind 2 Atome Sauerstoff in der Verbindung

enthalten und die einfachste Formel ist  $\text{CO}_2$ . Da aber das Moleculargewicht des Kohlendioxides 43,89 ist, so müssen in 2 Raumtheilen des Gases 31,92 Gewichtstheile oder 2 Raumtheile Sauerstoff enthalten sein, und dieses kann leicht durch den Versuch bestätigt werden, indem man Kohlenstoff in einem genau gemessenen Volum von überschüssigem Sauerstoff verbrennt. Man findet, nachdem die ursprüngliche Temperatur wieder hergestellt ist, dass das Volum dasselbe geblieben ist; Kohlendioxid enthält daher ein ihm gleiches Volum Sauerstoff.

### Kohlenoxid, CO.

Moleculargewicht 27,93. — Volumgewicht 13,96.

Leitet man Kohlendioxid über glühende Holzkohlen, welche  $\times 1$  in einer Porcellanröhre enthalten sind, so bildet sich Kohlenoxid (Fig. 28):

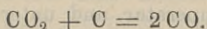
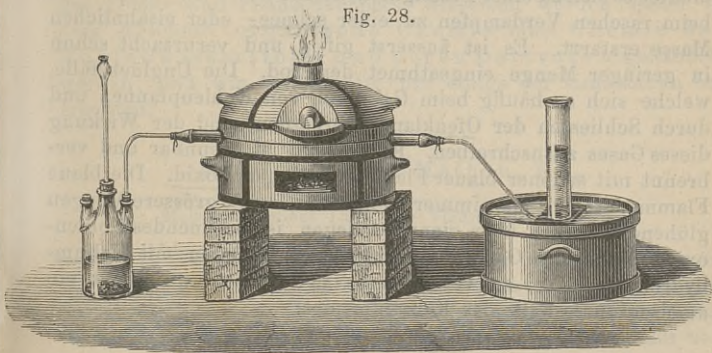
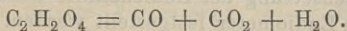


Fig. 28.



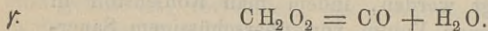
Man kann diese Verbindung aus mehreren Kohlenstoffverbindungen leicht rein erhalten; erhitzt man Oxalsäure,  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ , mit concentrirter Schwefelsäure, so entsteht ein Gemisch von gleichen Raumtheilen Kohlenoxid und Kohlendioxid und Wasser:



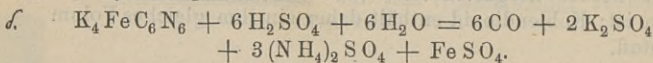
Das Kohlendioxid kann man durch eine Lösung von Kaliumhydroxid absorbiren und erhält so reines Kohlenoxid. Diese Wirkung der Schwefelsäure beruht darauf, dass dieselbe eine grosse Verwandtschaft zu Wasser hat und dasselbe Körpern



nicht bloss entzieht, sondern auch, wenn die Substanzen, mit denen sie in Berührung kommt, die Elemente des Wassers enthalten, dasselbe daraus bildet. Ameisensäure wird ähnlich durch Schwefelsäure in Kohlenoxid und Wasser zerlegt:

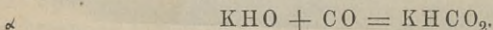


Gewöhnlich stellte man das reine Gas durch Erhitzen von gelbem Blutlaugensalz mit Schwefelsäure dar:



Das in der Gleichung aufgeführte Wasser stammt zum Theil aus dem Blutlaugensalz, das Krystallwasser enthält, und zum Theil aus der gewöhnlichen Schwefelsäure, welche nie ganz concentrirt ist, her.

2. Kohlenoxid ist ein farbloses, geruchloses Gas, welches das spezifische Gewicht 0,968 hat, und in Wasser wenig löslich ist; bei sehr niedriger Temperatur und unter hohem Druck verdichtet es sich zu einer Flüssigkeit, welche bei  $-190^\circ$  siedet und  $\beta$  beim raschen Verdampfen zu einer schnee- oder eisähnlichen Masse erstarrt. Es ist äusserst giftig und verursacht schon in geringer Menge eingeathmet den Tod. Die Unglücksfälle, welche sich so häufig beim Gebrauch von Kohlenpfannen und  $\gamma$  durch Schliessen der Ofenklappen ereignen, sind der Wirkung dieses Gases zuzuschreiben. Kohlenoxid ist brennbar und verbrennt mit schöner blauer Flamme zu Kohlendioxid. Die blaue Flamme, welche man immer beobachtet, wenn grössere Mengen glühender Kohlen über einander liegen, ist brennendes Kohlenoxid. Wird das Gas in verschlossenen Gefässen mit Kalium-
3. hydroxid erhitzt, so vereinigt es sich damit und bildet ein ameisensaures Salz, das Kaliumformiat:



$\beta$  Es ist dies die entgegengesetzte Reaction zu der Bildung von Kohlenoxid aus Ameisensäure und zugleich der directe Aufbau einer im thierischen Organismus erzeugten Verbindung aus den Elementen.

4. Die Zusammensetzung des Kohlenoxides kann leicht durch Verbrennung im Eudiometer festgestellt werden. 2 Raumtheile erfordern 1 Raumtheil Sauerstoff und bilden 2 Raumtheile eines Gases, welches vollständig von Aetzkali absorhirt wird und daher aus Kohlendioxid besteht. Das Volum des Kohlenoxides ist also gleich dem Volum der erzeugten Kohlensäure und er-

fordert zur Bildung derselben  $\frac{1}{2}$  Volum Sauerstoff. Da aber Kohlendioxid ein ihm gleiches Volum Sauerstoff enthält, so muss 1 Volum Kohlenoxid ein halbes Volum Sauerstoff enthalten. 27,93 Gewichtstheile bestehen daher aus 15,96 Gewichtstheilen oder 1 Volum Sauerstoff und 11,97 Gewichtstheilen Kohlenstoff.

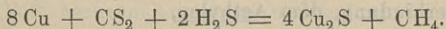
### Kohlenstoff und Wasserstoff.

Kohlenstoff bildet mit Wasserstoff eine sehr zahlreiche Reihe von Verbindungen, welche theils Gase, theils Flüssigkeiten und theils feste Körper sind; noch grösser ist die Anzahl der Substanzen, welche aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, und viele enthalten ausserdem noch Stickstoff, so dass die Gesamtzahl der Kohlenstoffverbindungen grösser ist, als die der aller anderen Elemente zusammen genommen; die grösste Mehrzahl derselben sind Erzeugnisse des Thier- und Pflanzenkörpers; dieselben werden später in dem Abschnitt organische Chemie oder Chemie der Kohlenwasserstoffe und deren Derivate abgehandelt werden, und wir wollen hier nur einige der einfacheren betrachten.

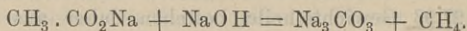
### Sumpfgas oder Methan, CH<sub>4</sub>.

Moleculargewicht 15,97. — Volumgewicht 7,985.

Diese Verbindung findet sich häufig unter dem Namen Grubengas in Steinkohlengruben, wo sie mit Luft gemischt die schlagenden Wetter bildet; sie entsteht bei der langsamen Zersetzung von Pflanzenstoffen unter Luftabschluss und steigt aus dem Boden von Sümpfen und stehenden Gewässern auf, weshalb sie gewöhnlich Sumpfgas genannt wird. In mehreren Gegenden der Erde strömt dieses Gas aus dem Boden, z. B. in Baku am Caspischen Meere, wo die heiligen Feuer schon seit urdenklichen Zeiten brennen. Es lässt sich nicht durch directe Vereinigung seiner Elemente erhalten, entsteht aber, wenn man ein Gemenge von Schwefelkohlenstoffdampf und Schwefelwasserstoff über glühendes Kupfer leitet:



Sumpfgas erhält man durch Erhitzen von Natriumacetat<sup>β</sup> (essigsäures Natron) mit Natriumhydroxid, wobei Natriumcarbonat entsteht:

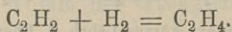


<sup>3</sup> Das Sumpfgas ist ein farbloses, geruchloses Gas, das mit bläulicher, nicht leuchtender Flamme brennt und durch Druck und grosse Kälte zu einer Flüssigkeit verdichtet werden kann, welche bei  $-164^\circ$  siedet und beim raschen Verdampfen zu einer schneeähnlichen Masse erstarrt. Mit dem doppelten Volum Sauerstoff oder dem 10fachen Luft bildet es ein Gemenge, welches in Berührung mit einer Flamme heftig explodirt (schlagende Wetter). Seine Zusammensetzung kann sehr<sup>4</sup> genau durch eudiometrische Verbrennung festgestellt werden: 1 Raumtheil des Gases erfordert 2 Raumtheile Sauerstoff und bildet 1 Raumtheil Kohlensäure; die eine Hälfte des Sauerstoffs wurde also zur Bildung von Kohlensäure und die andere zur Bildung von Wasser verwandt. 2 Volumina müssen demnach 4 Volumina Wasserstoff oder 4 Gewichtstheile verbunden mit 11,97 Gewichtstheilen Kohlenstoff enthalten und die Formel ist demnach  $\text{CH}_4$ .

### Acetylen oder Aethin, $\text{C}_2\text{H}_2$ .

Moleculargewicht 25,94. — Volumgewicht 12,97.

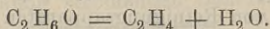
Dieses Gas entsteht durch directe Vereinigung von Kohlenstoff mit Wasserstoff, wenn man mittelst einer kräftigen galvanischen Batterie einen Flammenbogen zwischen zwei Kohlen spitzen erzeugt in einem Gefässe, durch welches man Wasserstoff leitet. Es tritt ferner bei der Zersetzung organischer Substanzen durch Hitze und der unvollständigen Verbrennung vieler kohlenstoff- und wasserstoffhaltiger Körper auf. Es ist ein farbloses Gas, das mit stark leuchtender und russender Flamme brennt und einen eigenthümlichen unangenehmen<sup>β</sup> Geruch besitzt, welchen man bei russenden Flammen öfter wahrnimmt; durch Druck und Kälte lässt es sich zu einer<sup>γ</sup> Flüssigkeit verdichten. Mit einigen Metallen wie Kupfer und Silber geht es Verbindungen ein; und diese Körper zeichnen sich dadurch aus, dass sie sich sehr leicht mit Explosion zersetzen; es verbindet sich ebenfalls mit Wasserstoff zu der folgenden Verbindung, dem Aethylen,



Aethylen, Aethen oder ölbildendes Gas,  $C_2H_4$ .

Moleculargewicht 27,94. — Volumgewicht 13,97.

Dieser Kohlenwasserstoff bildet sich bei der trocknen Destillation vieler organischer Substanzen und ist ein wichtiger Bestandtheil des Leuchtgases. Erhitzt man 1 Theil Alkohol mit 5 bis 6 Theilen concentrirter Schwefelsäure, so werden demselben die Elemente des Wassers entzogen, und man erhält reines Aethylen:  $C_2H_6O + SO_3 = C_2H_4 + H_2SO_4$



Aethylen ist ein farbloses Gas, welches einen ätherischen Geruch besitzt und sich bei  $-110^0$  zu einer farblosen Flüssigkeit verdichtet. Es brennt mit helleuchtender Flamme und mit 3 Volumen Sauerstoff oder 15 Luft bildet es ein, beim Anzünden heftig explodirendes Gemenge. Nimmt man diese Verbrennung im Eudiometer vor, so erhält man 2 Volumina Kohlensäure; 1 Volum Sauerstoff hat sich also mit dem Wasserstoff vereinigt, und das Gas enthält demnach auf die gleiche Menge Wasserstoff doppelt so viel Kohlenstoff als Sumpfgas, und es hat demnach die Formel  $C_2H_4$ . Den Namen ölbildendes Gas hat es erhalten, weil es sich mit dem gleichen Raumtheil Chlorgas zu einer öligen Flüssigkeit, dem Aethylenchlorid, verbindet.

### Leuchtgas.

Das jetzt so allgemein zur künstlichen Beleuchtung benutzte Gas wird hauptsächlich durch trockne Destillation der Steinkohlen, seltener des Holzes, gewonnen, indem man dieselben in geschlossenen Cylindern von Eisen oder feuerfestem Thon erhitzt, wobei sich eine Anzahl flüchtiger theils gasförmiger, theils flüssiger Verbindungen bilden und ein Rückstand von unreinem Kohlenstoff, Coke genannt, bleibt. Die flüchtigen Substanzen sind Leuchtgas, Gastheer und Ammoniakwasser. Der Theer besteht hauptsächlich aus einem Gemenge sehr verschiedenartiger Kohlenwasserstoffe und findet in der neueren Zeit eine ausgebreitete Anwendung zur Darstellung von Benzol, Anilin, Brenn- und Schmierölen, Asphalt u. s. w., und das Ammoniakwasser, welches hauptsächlich aus einer wässerigen Lösung von kohlensaurem Ammoniak und anderen Salzen dieser Verbindung besteht, bildet die Hauptquelle der Ammoniaksalze

des Handels. Das Leuchtgas ist ein Gemenge verschiedener Gase und Dämpfe, von denen die mit leuchtender Flamme brennenden, wie Aethylen,  $C_2H_4$ , Propylen,  $C_3H_6$ , Benzoldampf,  $C_6H_6$ , die wichtigsten sind, welche alle mit helleuchtender Flamme brennen; neben diesen sind eine kleine Menge Acetylen und grössere Mengen von Sumpfgas, Wasserstoff und Kohlenoxid darin enthalten, und im rohen Gas ausserdem noch Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff und Schwefelkohlenstoff. Um diese letzteren Verbindungen, welche die Güte des Gases beeinträchtigen würden, daraus zu entfernen, wird das Leuchtgas

2. durch eine Reihe von Reinigungsapparaten geleitet, ehe dasselbe in die Gasometer tritt. Je nach der Beschaffenheit der Steinkohle oder dem Grad der Erhitzung wechselt die Zusammensetzung des Gases beträchtlich, wie folgende Zusammensetzung zeigt:

100 Raumtheile enthalten	Gas aus Cannelkohle	Gas aus gewöhnlicher Steinkohle
Wasserstoff . . . . .	25,82	47,60
Sumpfgas . . . . .	51,20	41,53
Leuchtende Kohlenwasserstoffe .	13,06	3,05
Kolenoxid . . . . .	7,85	7,82
Stickstoff, Sauerstoff u. Kohlendioxid	2,07	—
	100,00	100,00
Leuchtkraft . . . . .	34,4	13,0

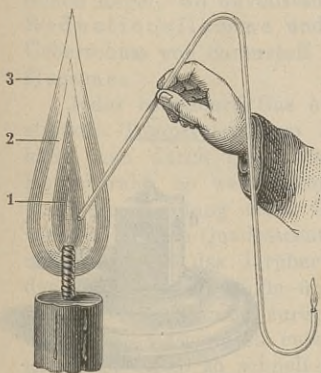
- Der Werth des Gases für die Beleuchtung oder die Leuchtkraft wird dadurch ermittelt, dass man das Licht der Gasflamme mit dem einer Kerzenflamme vergleicht; so ist im obigen Falle eine Gasflamme, welche 5 Cubikfuss Gas in der Stunde verbraucht, mit der Flamme einer Wallrathkerze verglichen, welche 120 Gran Wallrath in der Stunde verzehrt; man sagt also, das Licht des Cannelgases ist gleich 34,4 Kerzen und das des Steinkohlengases gleich 13 Kerzen.
- 3.

## Das Wesen der Flamme.

Eine Flamme ist ein Gas, welches durch einen darin vor sich gehenden Process zum Selbstleuchten erhitzt ist. Wenn Wasserstoff an der Luft verbrennt, so entsteht eine Wasserstoffflamme, indem durch die Verbrennungswärme die Wasserstoff- und Sauerstofftheile zum Glühen gebracht werden; ebenso entsteht eine Sauerstoffflamme, wenn man den aus einer feinen Oeffnung strömenden Sauerstoff in einem mit Wasserstoff gefüllten Gefässe entzündet. Die Temperatur verschiedener Flammen ist sehr verschieden und hängt nicht vom Leuchtvermögen ab, wie die am Tage kaum sichtbare Flamme der Knallgasgebläse zeigt, in welcher Platin schmilzt und Eisendraht wie Kohle verbrennt.

Die gewöhnliche Kerzenflamme besteht aus drei Theilen; der innere dunkle Kegel (1, Fig. 29) besteht aus unverbranntem Gas, das sich bei der Zersetzung des Fettes oder Waxes durch die Wärme bildet; derselbe ist von einem leuchtenden Mantel (2) umgeben, in welchem eine unvollständige Ver-

Fig. 29.



brennung stattfindet, welche in der äusseren blauen Hülle (3) vollständig wird, indem da das sich durch den eindringenden Sauerstoff bildende Kohlenoxid zu Dioxid verbrennt. Hält man eine gebogene, an beiden Enden offene Glasröhre in den dunkeln Kegel, so steigt das unverbrannte Gas darin auf und lässt sich an dem anderen Ende anzünden.

Das Leuchten der Kerzenflamme beruht darauf, dass sie feinvertheilten Kohlenstoff enthält, welcher zum Weissglühen erhitzt ist; man kann sich von dessen Gegenwart leicht über-

zeugen, wenn man die Flamme mit einem kalten Körper in Berührung bringt, auf dem sich dann Russ absetzt.

Hieraus erklärt sich auch, warum eine Sumpfgasflamme nicht, aber eine Flamme des ölbildenden Gases hell leuchtet.

1) <sup>α</sup> Sof. u. w. i. g. s.

2/3. 3

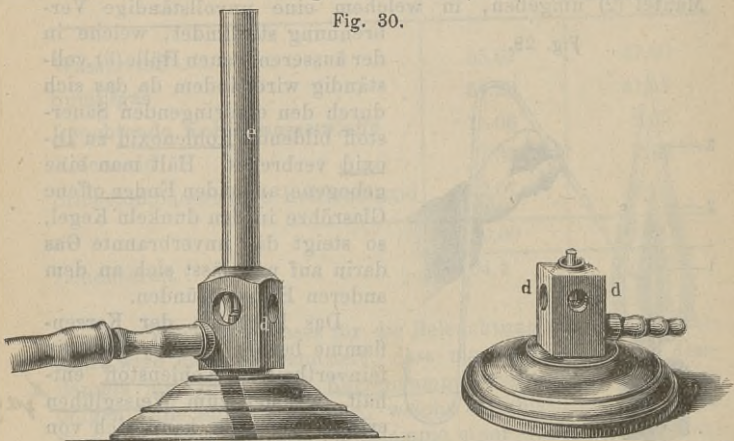
y

2/3. C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> u. C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> u. s. w.

Das letztere Gas,  $C_2H_4$ , enthält zweimal soviel Kohlenstoff als das erstere, und diese grössere Menge kann, wenn nicht genügender Sauerstoff in die Flamme gelangt, nicht sofort verbrennen, sondern scheidet sich in feinvertheiltem Zustand aus.

Eine Leuchtgasflamme hat genau dieselbe Structur wie die Kerzenflamme; leitet man ins Innere derselben eine genügende Menge von Luft, so wird dieselbe nicht leuchtend, wie man das in dem Bunsen'schen Gasbrenner, welcher jetzt allgemein in Laboratorien eingeführt ist, sieht (Fig. 30). Das Leuchtgas strömt in demselben durch eine kleine Oeffnung *a* aus und steigt gemischt mit Luft, welche durch die Löcher *d* eintritt, in der Röhre *e* auf und verbrennt an deren oberem Ende mit einer nicht leuchtenden russlosen Flamme. Werden die Luftlöcher verstopft, so erhält man die gewöhnliche leuchtende und russende Flamme. Diese Thatsachen scheinen sich einfach dadurch zu erklären, dass so viel Sauerstoff in das Innere der Flamme gelangt, um eine sofortige Verbrennung des Kohlenstoffs zu bewirken. Aber auch andere Gase, wie Kohlendioxid und Wasserstoff, wirken auf die Flamme des Bunsen'schen Brenners genau wie Luft, und das Entleuchten

Fig. 30.



beruht einestheils darauf, dass das Gasmischung kohlenstoff-  
 3 ärmer wird und andertheils auf einer Temperaturerniedrigung,  
 da, wenn man das mit nicht leuchtender Flamme brennende  
 4 Gemisch vorher durch eine rothglühende Röhre leitet, es  
 wieder leuchtend wird.

Bläst man mit dem Löthrohre (Fig. 31), einem Instrumente, welches vielfach bei chemischen Untersuchungen ge-

Fig. 31.

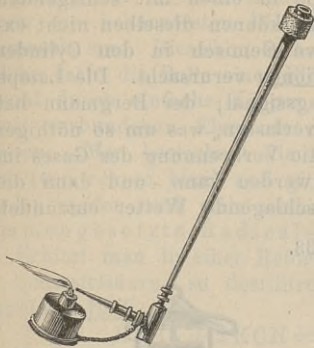


Fig. 32.



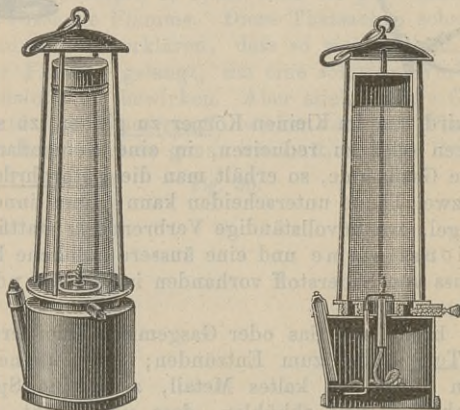
braucht wird, um im Kleinen Körper zu glühen, zu schmelzen, zu oxydiren oder zu reduciren, in eine Kerzenflamme oder leuchtende Gasflamme, so erhält man die Löthrohrflamme, an <sup>3</sup> der man zwei Theile unterscheiden kann, einen inneren bläulichen Kegel, wo unvollständige Verbrennung stattfindet, die Reductionsflamme und eine äussere gelbliche Hülle, wo Ueberschuss von Sauerstoff vorhanden ist, die Oxydationsflamme.

Jedes brennbare Gas oder Gasgemisch erfordert eine bestimmte Temperatur zum Entzünden; eine kleine Flamme <sup>4</sup> kann man durch ein kaltes Metall, z. B. eine Spirale von Kupferdraht, so weit abkühlen, dass sie erlischt. Hält man über die Mündung eines Gasbrenners ein Stück Drahtnetz, welches auf den Quadratcentimeter ungefähr 100 Maschen hat, und entzündet das darüber ausströmende Gas, so kann man das Netz mehrere Zolle über die Brenneröffnung entfernen, ohne dass die Flamme zurückschlägt und das unter dem Netze befindliche Gasgemisch entzündet (Fig. 32). Die Metalldrähte leiten die Hitze so schnell ab, dass die Temperatur auf der unteren Seite nicht auf den Entzündungspunkt des Gases steigen kann. Von dieser einfachen Thatsache hat Sir Humphry Davy Gebrauch gemacht in seiner Sicherheitslampe für Steinkohlengruben. Dieselbe besteht aus einer kleinen Oellampe, welche in einem Cylinder von Drahtnetz eingeschlossen ist (Fig. 33 a. f. S.).



Die Luft, welche die Verbrennung unterhält, hat durch die Löcher des Drahtgeflechtes freien Zutritt, aber die Flamme kann nicht nach aussen durchschlagen, und wenn der Bergmann mit einer solchen Lampe in einen mit schlagenden Wettern erfüllten Raum kommt, können dieselben nicht explodiren, obgleich das explosive Gemisch in den Cylinder eindringt und da kleine Explosionen verursacht. Die Lampe dient also zugleich als Warnungssignal; der Bergmann hat Zeit, die gefährliche Gegend zu verlassen, was um so nöthiger ist, als das Drahtnetz durch die Verbrennung des Gases im Innern zum Glühen gebracht werden kann und dann die durchschlagende Flamme das schlagende Wetter entzündet.

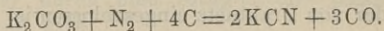
Fig. 33.



### Kohlenstoff und Stickstoff.

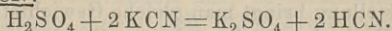
#### Cyanverbindungen.

Kohlenstoff verbindet sich nicht mit Stickstoff selbst bei Weissgluth; wird aber Stickstoff über ein glühendes Gemisch von Kohle und Kaliumcarbonat geleitet, so bildet sich Kaliumcyanid, KCN,

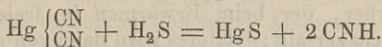


Diese Verbindung wird fabrikmässig dargestellt, indem man stickstoffhaltige organische Stoffe, wie Haare, Hufe, Klauen, Lederabfälle, mit Aetzkali glüht, und dieselbe ist der Ausgangspunkt für eine Reihe wichtiger Verbindungen, von denen die bekanntesten Blausäure, Berlinerblau und Blutlaugensalz sind. Dieselben enthalten alle die Atomgruppe CN, welche darin die Rolle eines Elementes spielt, indem sie sich sowohl durch einfache Körper vertreten lässt, als auch die damit verbundenen Elemente durch andere ersetzt werden können. Man bezeichnet die Gruppe CN mit dem Namen Cyan (von *κύανος*, blau) und giebt ihr das Zeichen Cy. Wir werden später noch viele solcher Gruppen, welche man zusammengesetzte Radicale nennt, kennen lernen. 2.

Erhitzt man in einer Retorte Kaliumcyanid mit verdünnter Schwefelsäure, so destillirt eine wässrige Lösung von Blausäure, H<sub>2</sub>CN: 3



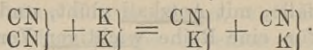
Versetzt man das Destillat mit Quecksilberoxid, so wird der Wasserstoff durch Quecksilber ersetzt, und man erhält Quecksilbercyanid,  $\text{Hg}\left\{\begin{smallmatrix} \text{CN} \\ \text{CN} \end{smallmatrix}\right.$ , welches beim Verdampfen der Lösung in weissen Nadeln auskrystallisirt. Wird über das trockene Salz Schwefelwasserstoff geleitet, so bilden sich Quecksilbersulfid und wasserfreie Blausäure: 4



Die wasserfreie Blausäure ist eine farblose, sehr flüchtige Flüssigkeit, welche durchdringend nach bitteren Mandeln riecht, bei 26,5° siedet und bei  $-15^0$  zu einer krystallinischen Masse erstarrt. Blausäure ist eines der heftigsten Gifte und wirkt nicht bloss in den Magen gebracht giftig, sondern auch der Dampf in geringer Menge eingeathmet ist tödtlich, weshalb bei der Darstellung der wasserfreien Verbindung die grösste Vorsicht nöthig ist. 5

Cyangas oder Dicyan  $\left\{\begin{smallmatrix} \text{CN} \\ \text{CN} \end{smallmatrix}\right.$  Quecksilbercyanid zerfällt beim Erhitzen in metallisches Quecksilber und Cyangas, oder Dicyan, ein der Blausäure ähnlich riechendes farbloses, in Wasser lösliches Gas, das giftige Eigenschaften hat und sich bei  $20^0$  unter einem Drucke von 4 und bei  $0^0$  unter einem von  $1\frac{1}{2}$  Atmosphären zu einer farblosen Flüssigkeit verdichtet. Angezündet verbrennt es mit schön purpurfarbener Flamme 6

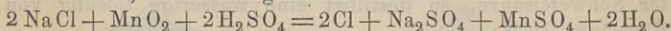
zu Kohlendioxid und Stickstoff. Leitet man das Gas über erhitztes Kalium, so entsteht Kaliumcyanid:



### C h l o r.

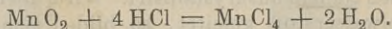
Atomgewicht 35,37 = Cl. — Volumgewicht 35,37.

Das Chlor kommt in der Natur nur in Verbindungen, namentlich mit Metallen, vor; die wichtigste derselben ist das Natriumchlorid oder Kochsalz, NaCl. Erhitzt man dasselbe mit Mangandioxid und Schwefelsäure, so erhält man freies Chlor, neben Mangansulfat und Natriumsulfat:



Zur Darstellung bringt man gleiche Gewichtstheile Mangandioxid und Kochsalz zu einem kalten Gemisch von 2 Theilen Schwefelsäure und 1,5 Theilen Wasser und erhitzt gelinde, wobei sich ein regelmässiger Strom dieses Gases erzeugt.

Hierbei wirkt die zuerst gebildete Salzsäure auf das Mangandioxid ein:



Das gebildete Mangantetrachlorid ist aber ein sehr unbeständiger Körper, der beim Erwärmen in freies Chlor und Mangandichlorid zerfällt; letzteres wird dann von der Schwefelsäure weiter in Mangansulfat und Salzsäure zerlegt, welche letztere dann weiter in Wirkung tritt. Das Chlor wurde 1774 von Scheele entdeckt; es ist ein grünlich gelbes Gas ( $\chi\lambda\omega\rho\sigma\varsigma$ , grünlich gelb), welches einen eigenthümlichen erstickenden Geruch besitzt und schon in geringer Menge eingeathmet Husten und Druck auf die Brust, in grösserer Menge Entzündung der Schleimhäute, Blutspeien und den Tod verursacht. Das specifische Gewicht des Gases ist 2,45. Wird es bei 0° einem Drucke von 6 Atmosphären ausgesetzt, so verdichtet es sich zu einer gelben Flüssigkeit, welche bei  $-33,6^\circ$  siedet und bei  $-102^\circ$  zu einer gelben Krystallmasse erstarrt. In Wasser ist das Gas ziemlich löslich, bei  $15^\circ$  nimmt ein Raumtheil Wasser 2,37 Raumtheile Chlor auf.

Chlorhydrat,  $\text{Cl}_2 + 10 \text{H}_2\text{O}$ , scheidet sich in Krystallen aus, wenn man Chlor in Wasser bei 0° einleitet. Dasselbe lässt sich in zugeschmolzenen Glasröhren aufbewahren, zerfällt aber an der Luft in seine Bestandtheile.

Um Chlor aufzusammeln, leitet man es auf den Boden einer 3. Flasche, aus der es vermöge seines hohen specifischen Gewichtes die Luft verdrängt, oder man fängt es über warmem Wasser auf; Quecksilber lässt sich nicht dazu verwenden, da das Chlor sich damit, wie mit allen Metallen, direct verbindet. Bringt man unächtes Blattgold (Kupfer) in Chlorgas, so verbrennt es zu Kupferchlorid; gepulvertes Antimon oder Arsen hineingestreut verwandeln sich unter einem Funkenregen in die betreffenden Chloride; Phosphor entzündet sich ebenfalls von selbst und verbrennt mit grünlicher Flamme. Chlor hat besonders grosse Neigung, sich mit Wasserstoff zu verbinden; mischt man gleiche Raumtheile der beiden Gase, so erhält man das Chlorknallgas, welches in Berührung mit einer Flamme oder dem Sonnenlichte ausgesetzt, heftig explodirt, wobei sich Chlorwasserstoff oder Wasserstoffchlorid bildet. Setzt man Chlorwasser dem Sonnenlichte aus, so verschwindet die gelbe Farbe der Lösung, indem sich unter Freiwerden von Sauerstoff das Chlor mit dem Wasserstoff verbindet. Bringt man eine brennende Kerze in Chlorgas, so erlischt dieselbe nicht, 5. sondern brennt mit trübrotber, stark russender Flamme. Das Chlor verbindet sich mit dem Wasserstoff, und Kohlenstoff wird ausgeschieden. Dasselbe findet statt, wenn man mit Terpentinöl (einer Verbindung von Kohlenstoff und Wasserstoff) getränktes Papier in eine mit Chlor gefüllte Flasche wirft; dasselbe entzündet sich unter Ausstossung einer dicken Russwolke. Auf dieser Verwandtschaft zu Wasserstoff beruht es, dass Chlor organische Farbstoffe in Gegenwart von Wasser 6 zerstört. Bringt man mit Krapp oder Indigo gefärbte Baumwolle in trocknes Chlorgas, so bleibt die Farbe unverändert, dieselbe verschwindet aber rasch auf Zusatz einiger Tropfen Wasser, das Chlor verbindet sich mit dem Wasserstoff des Wassers und der freiwerdende Sauerstoff wirkt bleichend, indem er den Farbstoff durch Oxydation zerstört. Das Bleichen mit Chlor beruht auf einer Oxydation, und der Unterschied zwischen Chlorbleiche und Rasenbleiche besteht darin, dass im letzten Falle der Sauerstoff der Luft unter dem Einflusse des Sonnenlichtes langsam auf die Farbstoffe einwirkt, in dem ersten Falle aber der aus dem Wasser entbundene Sauerstoff im Augenblicke des Freiwerdens (*status nascendi*) viel kräftiger oxydirend wirkt.

Wir haben früher schon Beispiele gehabt, dass Elemente, wenn sie aus einer Verbindung in Freiheit gesetzt werden,

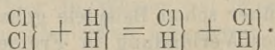
ein viel activeres chemisches Verhalten zeigen, als im isolirten, freien Zustande. Freier Wasserstoff reducirt Salpetersäure nicht zu Ammoniak; bringt man aber dieselbe in eine Flüssigkeit, in der sich Wasserstoff entwickelt, so wird dieselbe desoxydirt unter Bildung von Ammoniak und Wasser. Es beruht dieses darauf, dass das kleinste Theilchen eines Elementes im freien Zustande nicht aus einem einzelnen Atom, sondern einer Atomgruppe, einem Molecül besteht; das Molecül einer Verbindung besteht aus zwei oder mehreren ungleichartigen Atomen, das eines Elementes aus gleichartigen Atomen. Im Gaszustande nehmen alle Molecüle sowohl von Elementen als Verbindungen gleichen Raum ein; so ist freies Chlor  $\left. \begin{array}{c} \text{Cl} \\ \text{Cl} \end{array} \right\}$ , Wasserstoff  $\left. \begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} \end{array} \right\}$ , Sauerstoff  $\left. \begin{array}{c} \text{O} \\ \text{O} \end{array} \right\}$  ähnlich, wie das freie Cyangas  $\left. \begin{array}{c} \text{CN} \\ \text{CN} \end{array} \right\}$  ist; wird ein Element aus einer Verbindung in Freiheit gesetzt, so verbinden sich die einzelnen Atome häufig unter sich, und das Element tritt im freien Zustande auf; sind aber Körper gegenwärtig, auf die es chemisch einwirken kann, so werden dieselben angegriffen, indem die chemische Anziehungskraft des freien Atoms ins Spiel kommt, während bei dem isolirten Elemente die Molecüle erst in Atome zerlegt werden müssen, ehe chemische Einwirkung statthat.

Wie auf organische Farbstoffe wirkt Chlor auch auf organische Riechstoffe und wird deshalb ausser zum Bleichen zur Zerstörung von Fäulnissgasen u. s. w. häufig benutzt.

### Chlorwasserstoff oder Wasserstoffchlorid.

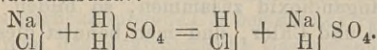
Moleculargewicht 36,37. — Volumgewicht 36,37.

Chlor und Wasserstoff bilden nur diese eine Verbindung; ein Gemisch gleicher Raumtheile der beiden Gase kann im Dunkeln ohne Veränderung aufbewahrt werden, im zerstreuten Tageslichte geht die Vereinigung allmählig, bei kräftigem Lichte, besonders im Sonnenlichte, unter Explosion vor sich. Das Volum der Gase bleibt dabei unverändert; 1 Molecül Wasserstoff und 1 Molecül Chlor geben 2 Molecüle Chlorwasserstoff:



Es findet eine Doppelzersetzung statt; 1 Atom Chlor tauscht seinen Platz mit 1 Atom Wasserstoff unter dem Einfluss von Licht oder Wärme.

Chlorwasserstoff stellt man am besten durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Natriumchlorid dar; das Natrium er-<sup>β</sup>setzt 1 Atom Wasserstoff in der Schwefelsäure und es bildet sich saures Natriumsulfat:



Chlorwasserstoffsäure ist ein farbloses Gas vom specifischen <sup>2</sup> Gewichte 1,278, welches durch Druck oder Kälte zu einer Flüssigkeit verdichtet wird, die bei -115,7° zu einer Krystallmasse erstarrt. Es raucht an feuchter Luft, indem es sich mit dem Wasserdampf vereinigt, schmeckt stark sauer und röthet blaues Lackmus. In Wasser ist dasselbe sehr löslich; fängt man das Gas über Quecksilber auf und lässt dann wenige Tropfen Wasser darin aufsteigen, so steigt das Quecksilber <sup>2. rothbraun  
kieseln.</sup> und füllt die Röhre vollständig an. Ein Raumtheil Wasser löst bei 15° 450 Raumtheile des Gases; die so erhaltene, stark saure Lösung enthält 42 Proc. Chlorwasserstoff, raucht an der Luft und hat das specifische Gewicht 1,21. Zum Kochen erhitzt, entweicht erst Gas, dann destillirt eine starke wässrige Säure; der Siedepunkt steigt dabei bis 110°, wo er constant wird und eine Säure, welche 20,24 Proc. Chlorwasserstoff enthält und ohne Zersetzung übergeht; eine schwächere Säure als diese verliert bei dem Kochen Wasser, bis sie obige Zusammensetzung erlangt hat, und destillirt dann unverändert. Bei vermindertem Drucke wird eine bei einer niederen Temperatur constant siedende Säure erhalten; bei stärkerem Drucke erhält man eine Säure von höherem Siedepunkte, deren Zusammensetzung je nach dem Siedepunkte wechselt, aber für jede bestimmte Temperatur eine constante ist; man kann daher dieselbe nicht als wirkliche chemische Verbindungen von Wasser und Chlorwasserstoff betrachten. Dasselbe Verhalten zeigen viele andere wässrige Säuren. <sup>schymmeri</sup>

Chlorwasserstoffhydrat,  $\text{ClH} + 2\text{H}_2\text{O}$ , scheidet sich <sup>4</sup> in Krystallen aus, wenn man concentrirte Salzsäure bei -22° mit Chlorwasserstoff sättigt. Es schmilzt bei -18° und zersetzt sich bei höherer Temperatur.

Als Nebenproduct wird Salzsäure, wie die wässrige Lösung des Chlorwasserstoffs genannt wird, in enormer Menge bei der Sodafabrikation erhalten. Kochsalz und Schwefelsäure

werden in besonderen Oefen erhitzt (siehe Natriumcarbonat) und zwar nimmt man auf 1 Molecül Schwefelsäure 2 Molecüle Kochsalz, da bei der hohen Temperatur das gebildete saure **5. Natriumsulfat** sich mit Kochsalz zu Salzsäure und Natriumsulfat umsetzt; diese rohe Salzsäure ist sehr unrein und enthält Eisen, Arsen, Schwefelsäure u. s. w. Bringt man Salzsäure mit Mangandioxid zusammen, so bilden sich Wasser, Manganchlorid und Chlor, und man benutzt diese Zersetzung häufig zur Darstellung von Chlor. Der gasförmige Chlorwasserstoff wirkt in der Kälte nicht auf Mangandioxid, beim **6. Erhitzen** aber wird Chlor frei. Der Apparat Fig. 34 ist geeignet, diese Zersetzung zu zeigen. Leitet man das trockene Gas in der Kälte über das in der ersten Kugel enthaltene Mangandioxid, so findet keine Einwirkung statt und das rothe Lackmuspapier in der Flasche verändert sich nicht; erwärmt man aber das Oxid, so bildet sich Wasser, das sich in der zweiten Kugel ansammelt, und die Flasche füllt sich mit Chlorgas, welches das Papier bleicht:

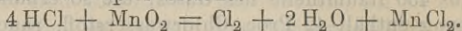
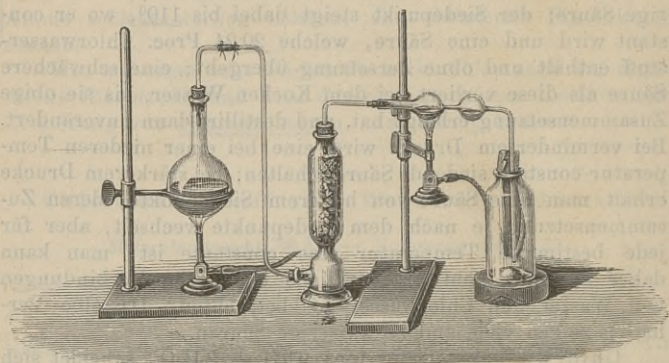


Fig. 34.



Leitet man einen galvanischen Strom, dessen Polenden **7. aus Kohle** bestehen müssen, da Metalle angegriffen werden, durch die wässerige Lösung von Chlorwasserstoff, so wird dasselbe in Chlor und Wasserstoff zerlegt, und benutzt man für diesen Versuch einen Apparat, der dem zur Zersetzung

des Wassers benutzten ähnlich ist, so findet man, dass gleiche Raumtheile der zwei Gase auftreten. Füllt man eine Glasröhre im Dunkeln mit dem Gasgemenge und bringt das offene Ende in eine Lösung von Kaliumjodid, so steigt die Flüssigkeit in die Röhre und füllt sie genau zur Hälfte; das Chlor verbindet sich mit dem Kalium zu Kaliumchlorid, das freigewordene Jod bleibt mit brauner Farbe in der Flüssigkeit gelöst, und das zurückbleibende Gas besteht aus reinem Wasserstoff. Leitet man das elektrolytische Gasgemenge durch eine starke Glasröhre, welche an beiden Enden zu feinen Spitzen ausgezogen wird, so lange, bis alle Luft vollständig daraus verdrängt ist, schmilzt dann die beiden Enden zu, was man mit einiger Vorsicht ausführen kann, und setzt dieselbe allmählig dem Tageslicht langsam aus, so verbinden sich die Gase. Bringt man dann, wenn die Farbe des Chlors vollständig verschwunden ist, das eine Ende unter Wasser und bricht die Spitze ab, so dringt die Flüssigkeit so heftig ein, als ob die Röhre luftleer wäre, ein Beweis, dass die beiden Gase sich vollständig vereinigt haben.

#### Salpetersalzsäure oder Königswasser.

Einige Metalle, wie Gold und Platin, und verschiedene Metallverbindungen, wie einige Sulfide, welche weder von Salzsäure noch von Salpetersäure angegriffen werden, lösen sich leicht in einem Gemisch der beiden Säuren, namentlich beim Erwärmen, auf; die Wirkung eines solchen Gemisches, das unter dem Namen Königswasser (weil es Gold, den König der Metalle, löst) oder Salpetersalzsäure im Laboratorium vielfache Anwendung findet, beruht darauf, dass die Salpetersäure den Wasserstoff der Salzsäure oxydirt und Chlor freimacht, welches sich direct mit den Metallen verbindet und die Sulfide zersetzt. Die Salpetersäure wird dabei zu Stickoxid reducirt, welches sich mit einem Theile des Chlors vereinigt und Nitroxylchlorid,  $\text{NOCl}$ , bildet, welches als ein gelbes Gas entweicht, das durch starke Abkühlung sich zu einer dunkelgelben Flüssigkeit verdichtet, welche bei  $-80^\circ$  siedet. Dieselbe Verbindung entsteht auch, wenn man Stickoxid mit Chlor mischt.

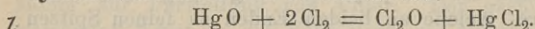


## Oxide und Oxyssäuren des Chlors.

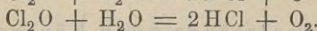
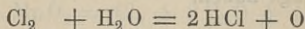
Chlormonoxid,  $\text{Cl}_2\text{O}$ .

Moleculargewicht 86,70.

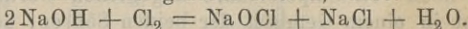
Chlor geht mit freiem Sauerstoff keine Verbindung ein; leitet man aber Chlorgas über Quecksilberoxid, so entstehen Quecksilberchlorid und Chlormonoxid:



$\alpha$  Dasselbe ist ein braungelbes, dem Chlor ähnlich riechendes Gas, welches sich beim Abkühlen zu einer dunkelbraunen Flüssigkeit verdichtet, welche bei  $+5^\circ$  siedet und sehr leicht, wie das Gas selbst, oft mit heftiger Explosion in Sauerstoff und Chlor zerfällt; Wasser nimmt diese Verbindung reichlich auf und giebt eine gelbe Lösung, welche kräftig oxydirend wirkt und organische Farbstoffe rascher zerstört als Chlor, indem dabei doppelt so viel Sauerstoff in Wirkung tritt:



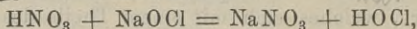
Leitet man Chlor in eine verdünnte kalte Lösung von Aetznatron, so entsteht ein Gemenge von Natriumchlorid und der Verbindung  $\text{NaClO}$ , welche den Namen Natriumhypochlorit (oder unterchlorigsaures Natron) führt:



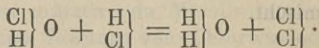
$\beta$  Wendet man statt des Natrons Aetzkalk (gelöschten Kalk) an, so erhält man in ähnlicher Weise den Chlorkalk, der Calciumhypochlorit neben Calciumchlorid enthält.

Versetzt man die Lösung eines Hypochlorits mit verdünnter Salpetersäure und destillirt, so erhält man eine wässrige Lösung von Chlormonoxid, welche man als unterchlorige

3 Säure,  $\text{HOCl}$ , betrachten muss:



$\beta$  d. h. zwischen Chlormonoxid und den Hypochloriten finden analoge Beziehungen statt, wie zwischen Kohlendioxid und den Carbonaten. Salzsäure zersetzt unterchlorige Säure unter Freiwerden von Chlor:



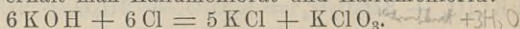
Man benutzt diese Reaction bei der Anwendung des Chlorkalks als Bleichmittel. Die Zeugstücke werden zuerst in

Chlorkalklösung und dann in verdünnte Salzsäure oder Schwefelsäure, welche aus Calciumchlorid Salzsäure frei macht, getaucht; das freiwerdende Chlor kommt in innige Berührung mit den Fasern und wirkt deshalb schnell und kräftig.

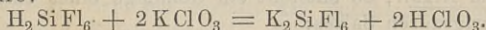
Chlorsäure,  $\text{HClO}_3$ .

Moleculargewicht 84,25.

Durch Einleiten von Chlor in eine warme concentrirte Lösung <sup>7</sup> von Aetzkali erhält man Kaliumchlorat und Kaliumchlorid:



Das Kaliumchlorat ist in kaltem Wasser schwer löslich; es krystallisirt daher bei dem Erkalten der Lösung zum grössten Theile aus und kann durch Umkrystallisiren leicht von dem löslichen Kaliumchlorid getrennt werden. Versetzt man eine Lösung von Kaliumchlorat mit Kieselfluorwasserstoff, so bildet sich in Wasser unlösliches Kieselfluorkalium und wässrige Chlorsäure:



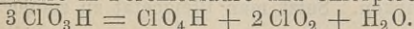
Durch Verdampfen im luftleeren Raume kann diese Lösung concentrirt werden, und man erhält die Chlorsäure als syrupartige Flüssigkeit, welche sich schon bei  $40^\circ$  zersetzt und sehr heftig oxydirend wirkt. Papier entzündet sich in Berührung mit der Flüssigkeit; ebenso Schwefel und Phosphor. Die Zusammensetzung dieser Verbindung wird dadurch gefunden, dass man die Menge von Sauerstoff bestimmt, welche Kaliumchlorat beim Erhitzen verliert, sowie die Gewichts- <sup>3</sup> mengen von Chlor und Kalium, welche im rückständigen Kaliumchlorid enthalten sind. Diese Analyse führt zur Formel  $\text{KClO}_3$  für Kaliumchlorat; das Wasserstoffsalt oder die Chlorsäure ist demnach  $\text{HClO}_3$ .

Das der Chlorsäure entsprechende Chlorperoxid,  $\left. \begin{matrix} \text{ClO}_2 \\ \text{ClO}_2 \end{matrix} \right\} \text{O}$ , <sup>4</sup> ist unbekannt.

Chlorperoxid,  $\text{ClO}_2$ .

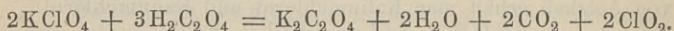
Moleculargewicht 67,29. Volumgewicht 33,65.

Bringt man Kaliumchlorat vorsichtig zu concentrirter <sup>1/</sup> Schwefelsäure und erwärmt gelinde, so zerfällt die zuerst gebildete Chlorsäure in Perchlorsäure und Chlorperoxid:



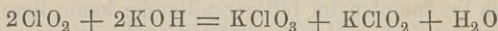
2. Letzteres ist ein gelbbraunes Gas, welches zugleich nach Chlor und gebranntem Zucker riecht und sich sehr leicht mit furchtbarer Explosion zersetzt; beim Abkühlen verdichtet es sich zu einer dunkelrothen Flüssigkeit, welche, obgleich ebenfalls sehr explosiv, doch destillirt werden kann, wenn sie nicht oder ihr Dampf mit organischen Körpern in Berührung kommt. Sie siedet bei  $9,9^{\circ}$  und erstarrt bei  $-79^{\circ}$  zu einer orangerothen Krystallmasse.

Chlorperoxid erhält man auch, wenn man Kaliumchlorat 3 mit Oxalsäure erhitzt:



Man erhält es so mit Kohlendioxid verdünnt, was seine Darstellung weniger gefährlich macht.

- Im Dunkeln lässt es sich unverändert aufbewahren, dem Licht ausgesetzt zerfällt es aber allmählig in seine Elemente. 4. Es ist in Wasser löslich und bildet bei niedriger Temperatur damit ein krystallinisches Hydrat. Sättigt man seine Lösung mit einem Alkali, so entsteht ein Gemenge eines chlorsauren und chlorigsauren Salzes:



( Das Chlorperoxid verhält sich also analog dem Stickstoffperoxid.

- Wenn man Kaliumchlorat mit Salzsäure zersetzt, erhält 5 man ein gelbes Gas, welches Euchlorin genannt wurde; dasselbe ist ein Gemisch von Chlor und Chlorperoxid und wird häufig als Desinfectionsmittel angewandt.

### Chlorige Säure, $\text{ClO}_2\text{H}$ .

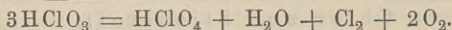
- Durch Einwirkung von verdünnter Salpetersäure auf Kaliumchlorat, in Gegenwart von leicht oxydirbaren Körpern, erhält 1. man ein grünlich gelbes Gas, welches man für Chlortrioxid,  $\text{Cl}_2\text{O}_3$ , hielt und annahm, dass seine wässrige Lösung chlorige Säure enthalte. Es hat sich aber ergeben, dass das vermeintliche Oxid ein Gemisch von Chlor, Sauerstoff und Chlorperoxid ist. Auch die freie chlorige Säure ist nicht bekannt, aber 2. man kennt Salze derselben oder Chlorite. Die Bildung des Kaliumchlorits ist schon oben angegeben; es krystallisirt in Nadeln, die sehr zerfliesslich sind, ätzend schmecken und bleichend wirken. Setzt man Bleiacetat zu seiner Lösung, so

scheidet sich Bleichlorit,  $\text{Pb}(\text{ClO}_2)_2$ , aus, das aus heissem <sup>2</sup> Wasser in gelben, glänzenden Nadeln krystallisirt, die bei  $100^\circ$  detoniren, und mit Schwefel zerrieben, ihn entzünden.

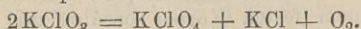
Perchlorsäure oder Ueberchlorsäure:  $\text{HClO}_4$ .

Moleculargewicht 100,21.

Diese Verbindung kann auf verschiedene Weise aus der Chlorsäure erhalten werden; sie entsteht als Zersetzungs- <sup>1</sup> product der Chlorsäure durch Licht oder Wärme:



Wird Kaliumchlorat erhitzt, so schmilzt dasselbe und giebt Sauerstoff aus, bei einem gewissen Punkte wird die Masse fest und besteht nun aus einem Gemische von Kalium- <sup>2</sup> chlorid und Kaliumperchlorat:



Beim weiteren Erhitzen zerfällt das Perchlorat ebenfalls in Sauerstoff und Kaliumchlorid. Kaliumperchlorat lässt sich leicht vom Kaliumchlorid trennen und rein erhalten, da es in kaltem Wasser wenig löslich ist. Um daraus die reine Perchlorsäure darzustellen, destillirt man <sup>1</sup> Theil des Salzes mit <sup>4</sup> Theilen Schwefelsäure und erhält die Säure als eine im reinen Zustande farblose, gewöhnlich aber gelb gefärbte <sup>3</sup> Flüssigkeit, welche stark an der Luft raucht, bei  $15,5^\circ$  das specifische Gewicht 1,78 hat und auf organische Körper heftig oxydirend einwirkt, Papier und Holz entzündet, auf Holzkohle getropft explodirt und auf die Haut gebracht gefährliche Wunden erzeugt. Die Verbindung zersetzt sich beim Erhitzen und ebenso beim Aufbewahren nach einiger Zeit unter Explosion. Mit Wasser mischt sie sich unter starker Erhitzung <sup>4</sup> und bildet damit eine krystallisirte Verbindung  $\text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ , welche bei  $50^\circ$  schmilzt und sich in mehr Wasser zu einer öligen, stark sauren Flüssigkeit löst, welche beim Kochen eine bei  $203^\circ$  siedende, wässrige Säure liefert, die 72,3 Proc. Perchlorsäure enthält. Erhitzt man das krystallisirte Hydrat gelinde in einer kleinen Retorte, so zerfällt es in wasserfreie Säure, welche überdestillirt, und wasserhaltige ölige Säure, die zurückbleibt.

5. *Remerci!* Die Säuren des Chlors bilden eine fortlaufende Reihe, in der ein jedes Glied sich vom vorhergehenden durch Mehrgehalt von 1 Atom Sauerstoff unterscheidet:

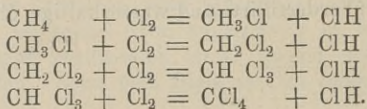
HCl	Chlorwasserstoffsäure
HClO	Unterchlorige Säure
HClO <sub>2</sub>	Chlorige Säure
HClO <sub>3</sub>	Chlorsäure
HClO <sub>4</sub>	Perchlorsäure.

### Chlor und Stickstoff.

1. Leitet man Chlor in eine wässrige Ammoniaklösung, so wird Stickstoff frei, ist aber Chlor im Ueberschuss vorhanden, so scheiden sich schwere, ölige Tropfen einer Verbindung aus, welche mit einem festen Körper berührt mit der fürchterlichsten Gewalt explodirt, so dass beim Handhaben der allerkleinsten Menge die grösste Vorsicht nöthig ist. Dieselbe entsteht auch, wenn man mit Chlor auf eine Lösung von Salmjak
2. einwirkt und enthält neben Stickstoff und Chlor noch wechselnde Mengen von Wasserstoff, welcher durch anhaltende Behandlung mit Chlor durch dasselbe ersetzt wird und sich reiner Chlorstickstoff, NCl<sub>3</sub>, bildet, der eine ölige Flüssigkeit ist, welche höchst stechend riecht und die Augen und Schleimhäute aufs heftigste angreift. Er explodirt auch mit furchtbarer Gewalt, wenn man ihn dem Sonnenlicht aussetzt oder auf 95° erhitzt.

### Chlor und Kohlenstoff.

Chlor geht weder in der Kälte noch beim Erhitzen mit Kohlenstoff directe Verbindung ein; man kann aber in mehreren Kohlenwasserstoffen den Wasserstoff Atom für Atom durch Chlor ersetzen; wirkt z. B. Chlor auf Sumpfgas, so treten die folgenden Reactionen ein:



Diese und ähnliche Verbindungen werden später bei den betreffenden Kohlenwasserstoffen näher beschrieben werden.

## B r o m.

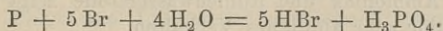
Atomgewicht 79,75 = Br. — Volumgewicht = 79,75.

Das Brom, (das in seinen chemischen Eigenschaften die 7 grösste Aehnlichkeit mit Chlor zeigt,) wurde 1826 von Balard zuerst aus dem Meerwasser dargestellt, in welchem es als Natrium- und Magnesiumbromid enthalten ist; dieselben Bromide kommen in vielen Salzquellen, sowie Salinen und im Wasser des Todten Meeres vor. Da die Bromide leichter löslich sind, als die anderen Salze, so lässt man die letzteren erst auskrystallisiren und erhitzt die Mutterlaugen mit Braunstein und Schwefelsäure, wodurch das Brom frei wird und sich als rothbrauner Dampf verflüchtigt, welcher sich beim Abkühlen zu einer dunkelrothbraunen Flüssigkeit verdichtet, welche bei 63° siedet und bei —24,5° zu einer festen krystallinischen Masse erstarrt. Das Brom ist sehr flüchtig und verdampft 2 schon bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich rasch; das specifische Gewicht ist 3,187 bei 0°. Brom riecht unangenehm dem Chlor ähnlich (βρομνος, Gestank); der Dampf greift die Augen und Schleimhäute stark an. 30 Theile Wasser lösen bei gewöhnlicher Temperatur 1 Theil Brom auf; diese Lösung wirkt oxydirend und bleichend, schwächer jedoch als Chlor. 3  
*Volca ammoniacalis i. Nyls. peribry. 20. el.*

Bromwasserstoff oder Wasserstoffbromid, HBr.

Moleculargewicht 80,75. — Volumgewicht 40,375.

Wasserstoff verbindet sich nicht mit Brom unter Einfluss des Sonnenlichtes, wohl aber beim Erhitzen. Man stellt diese Verbindung dar, indem man Phosphorbromid mit Wasser zersetzt, oder amorphen Phosphor und Brom mit Wasser zusammenbringt, wobei sich unter heftiger Reaction Phosphorsäure und Wasserstoffbromid bilden:

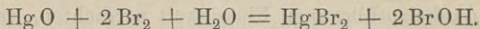


2. Es ist ein farbloses Gas, das an der Luft raucht und sich dem Wasserstoffchlorid sehr ähnlich verhält; die concentrirte wässrige Lösung bildet eine rauchende, stark saure und ätzende Flüssigkeit. Chlor zersetzt den Bromwasserstoff, unter
3.  $HBr + Cl = Br + HCl$  Bildung von Chlorwasserstoff und Freiwerden von Brom. Das Gas verdichtet sich bei  $-73^{\circ}$  zu einer farblosen Flüssigkeit, welche bei  $-87^{\circ}$  zu einer eisähnlichen Masse erstarrt.

### Oxysäuren des Broms.

#### Unterbromige Säure, HBrO.

1. Trocken es Brom und Quecksilberoxid geben nicht, analog dem Chlor, ein Oxid des Broms, sondern es entstehen Quecksilberbromid und freier Sauerstoff. Bringt man aber Quecksilberoxid zu Bromwasser, so erhält man eine wässrige, strohgelbe Lösung von unterbromiger Säure:



2. Dieselbe zerfällt beim Erwärmen leicht in Brom und Sauerstoff und wirkt auf organische Körper der unterchlorigen Säure ähnlich oxydirend und bleichend. Brom giebt mit
3. löschem Kalk ein dem Chlorkalk analoges Gemenge von Calciumbromid und Calciumhypobromit.

#### Bromsäure, HBrO<sub>3</sub>.

1. Brom löst sich in Kalilauge unter Bildung von Kaliumbromid und Kaliumbromat; setzt man Brom zu einer Lösung von Kaliumchlorat, so entweicht das Chlor und wird durch Brom ersetzt; während also Chlor das Brom aus der Wasserstoffverbindung verdrängt, findet das Umgekehrte bei der
2. Oxysäure statt. Die freie Bromsäure wird auf dieselbe Weise wie Chlorsäure erhalten und hat die grösste Aehnlichkeit mit derselben.
- 3.

Gegen Ammoniak und Kohlenwasserstoffe zeigt das Brom ein dem Chlor sehr ähnliches Verhalten.

## J o d.

Atomgewicht 126,53 = J. — Volumgewicht 126,53.

Das Jod findet sich in der Natur mit Metallen verbunden im Seewasser, in gewissen Quellen und einigen seltenen Mineralien. Zur Darstellung benutzt man die Asche der Seepflanzen (Tange), welche unter dem Namen Kelp oder Varec bekannt ist; dieselbe wird ausgelaugt, und die Lösung eingedampft; schwer lösliche Sulphate und Chloride scheiden sich zuerst aus, und lösliches Magnesiumjodid und Natriumjodid bleiben in der Mutterlauge, welche mit Braunstein und Schwefelsäure erhitzt, Jod liefert. Das Jod, welches 1812 von Courtois entdeckt wurde, ist ein fester, graumetallisch glänzender Körper, welcher in rhombischen Tafeln und Pyramiden krystallisirt, bei 17° das specifische Gewicht 4,95 hat, bei 113,6° schmilzt und über 200° siedet. Chemisch reines Jod bildet einen tiefblauen Dampf, welcher in verdünntem Zustande violett (*ιωειδίης*, veilchenfarbig) erscheint und 8,72mal schwerer als Luft ist. Erhitzt man ihn über 700°, so nimmt das specifische Gewicht ab und sinkt bei sehr hoher Temperatur auf die Hälfte, indem nun der Dampf aus freien Atomen besteht. Das Jod verflüchtigt sich schon, der Luft ausgesetzt, bei gewöhnlicher Temperatur; der Dampf riecht eigenthümlich, etwas an Chlor erinnernd. In Wasser ist es nur wenig löslich; die Lösung bleicht nicht organische Farbstoffe; in Lösungen von Jodiden und in Alkohol löst es sich mit brauner und in Chloroform und Schwefelkohlenstoff mit schön violetter Farbe.

Mit Stärkemehl bildet das Jod eine eigenthümliche tiefblaue Verbindung, deren Farbe so intensiv ist, dass man die geringsten Spuren von freiem Jod damit auffinden kann; man benutzt diese Reaction, um die Gegenwart von Jodverbindungen nachzuweisen. Versetzt man eine sehr verdünnte Lösung von Kaliumjodid in Wasser mit dünnem Stärkekleister, so tritt keine Veränderung ein; auf Zusatz einiger Tropfen Chlorwasser färbt sich die Flüssigkeit schön blau durch das vom Chlor in Freiheit gesetzte Jod; setzt man Ueberschuss von Chlor zu, so verschwindet die blaue Farbe wiederum, indem eine Verbindung von Chlor und Jod entsteht, welche Stärkemehl nicht

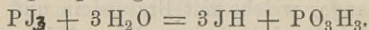


4. färbt. Das Jod ist ein heftiges Gift; es wird, so wie auch einige seiner Verbindungen in der Medicin angewendet. Die officinelle Jodtinctur ist eine Lösung von 1 Theil Jod in 10 Theilen Weingeist vom specifischen Gewicht 0,832.

### Jodwasserstoff oder Wasserstoffjodid, HJ.

Moleculargewicht 127,53. — Volumgewicht 63,765.

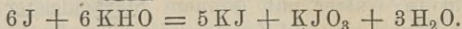
Das Jod hat viel geringere Verwandtschaft zu Wasserstoff als Brom und Chlor; Jodwasserstoff wird durch Einwirkung von Wasser auf Phosphortrijodid erhalten, welche sich zu Jodwasserstoff und phosphoriger Säure zersetzen:



- Um es darzustellen, bringt man einen Theil amorphen Phosphor und 15 Theile Wasser in einen Kolben, der in kaltem Wasser steht und fügt allmählig 20 Theile Jod hinzu. Sobald keine Einwirkung mehr bemerkbar ist, erhitzt man gelinde und erhält so eine regelmässige Entwicklung des Gases. Jodwasserstoff ist ein farbloses Gas, das an der Luft stark raucht, sich durch Druck zu einer Flüssigkeit verdichtet, welche bei —55° erstarrt, und sich sehr leicht in Wasser löst; eine Lösung, welche 57 Proc. Wasserstoffjodid enthält, siedet bei 127° ohne Zersetzung. Die wässrige Lösung reagirt stark sauer, zersetzt sich allmählig bei Luftzutritt unter Ausscheidung von Jod; schneller geht diese Zersetzung durch oxydirende Körper, wie Salpetersäure, vor sich.

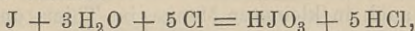
### Oxide und Oxysäuren des Jods.

7. Jod löst sich in Alkalien auf; diese Lösungen haben keine bleichenden Eigenschaften wie Chlorkalk, indem Jod keine demselben entsprechende Verbindung bildet, sondern bei dieser Reaction stets ein Jodat neben einem Jodid entsteht:



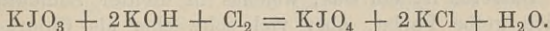
2. Bringt man Jod zu einer warmen Auflösung von Kaliumchlorat und setzt einige Tropfen Salpetersäure hinzu, so findet eine stürmische Chlorentwicklung statt, und die Flüssigkeit scheidet beim Erkalten schwer lösliches Kaliumjodat ab.

Jodsäure,  $\text{HJO}_3$ , entsteht durch Einwirkung von Chlor  $\beta$  auf Jod und Wasser:



sowie auch durch Oxydation des Jods mit warmer Salpetersäure. Jodsäure ist ein fester Körper, welcher in weissen Tafeln krystallisirt und auf  $170^\circ$  erhitzt sich zu Jodpentoxid,  $\text{J}_2\text{O}_5$  (Jodsäureanhydrid), und Wasser zersetzt; das Jodpentoxid zerfällt bei stärkerem Erhitzen in Jod und Sauerstoff.

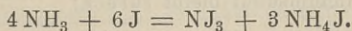
Perjodsäure,  $\text{HJO}_4$ . Das Kaliumsalz dieser Säure,  $\alpha$  welches dem Kaliumperchlorat sehr ähnlich ist, bildet sich, wenn man Chlor in eine Lösung von Kaliumjodat und Aetzkali leitet:



Die freie Perjodsäure bildet weisse Krystalle,  $\text{HJO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\beta$  die beim Erhitzen in Jodpentoxid, Wasserstoff und Sauerstoff zerfallen.

### Jod und Stickstoff.

Die drei Atome Wasserstoff im Ammoniak lassen sich ganz oder theilweise durch Jod ersetzen. Diese Verbindungen sind schwarze Pulver, welche die Eigenschaft haben, im trocknen Zustande mit einem festen Körper berührt, oder häufig von selbst sich mit heftigem Knalle und unter Entwicklung von violetten Joddämpfen zu zersetzen. Man erhält dieselben bei der Einwirkung von wässrigem Ammoniak auf Jod; um den reinen Jodstickstoff,  $\text{NJ}_3$ , darzustellen, setzt man zu einer gesättigten Lösung von Jod in Alkohol die dreifache Menge concentrirter Ammoniaklösung, wobei folgende Reaction stattfindet:  $\beta$



### F l u o r .

Atomgewicht 19 = F. — Volumgewicht 19.

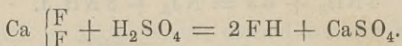
Fluor kommt mit Metallen verbunden in vielen Mineralien vor. Die wichtigsten sind Flussspath oder Calciumfluorid,  $\text{CaF}_2$ , der in Würfeln, Octaëdern u. s. w. krystallisirt und im Harz, Sachsen, Böhmen und besonders schön in Derbyshire in

- England gefunden wird, und Kryolith,  $6\text{NaF} + \text{Al}_2\text{F}_6$ , der in grossen Massen in Grönland vorkommt; Fluorverbindungen finden sich auch in kleinerer Menge im Thier- und Pflanzenreich; Calciumfluorid ist z. B. in den Zähnen enthalten. Fluor lässt sich nicht wie Chlor darstellen, da es zu den meisten Elementen eine sehr grosse Verwandtschaft hat, besonders zu Wasserstoff. Man erhält es aber durch Zersetzung von
2. wasserfreiem Fluorwasserstoff durch den galvanischen Strom bei sehr niedriger Temperatur. Der Versuch muss in einem U-rohr aus Platin angestellt werden, wobei ein Theil des Fluors sich mit dem Metall zu Platinfluorid,  $\text{PtF}_4$ , verbindet, das beim Erhitzen wieder in Platin und Fluor zerfällt. Dasselbe ist ein Gas, welches in dichter Schichte eine grünlich gelbe Farbe, aber viel schwächer als Chlor zeigt. Bringt man es mit sehr wenig Wasser zusammen, so bilden sich Fluorwasserstoff und Ozon, das bald in gewöhnlichen Sauerstoff übergeht. Krystallisirtes Silicium, Arsenik, Antimon, Schwefel, Jod, gepulvertes Eisen u. s. w. entzünden sich sofort in dem Gas, wie auch Weingeist, Aether, Terpentinöl, Petroleum, Benzol und andere organische Körper, indem sich deren Wasserstoff mit Fluor verbindet.

### Fluorwasserstoff, FH.

Moleculargewicht 20. — Volumgewicht 10.

4. Erhitzt man feingepulvertes Calciumfluorid mit concentrirter Schwefelsäure, so entwickelt sich farbloses Fluorwasserstoffgas und Calciumsulfat bleibt zurück:



Die Darstellung muss in einer Retorte von Blei oder Platin geschehen, da Glasgefässe angegriffen werden. Die gasförmige Verbindung verdichtet sich bei starkem Abkühlen zu einer farblosen, sehr flüchtigen Flüssigkeit, welche bei  $19,4^0$  siedet, höchst ätzend ist und auf der Haut schmerzhaft Wunden und Geschwüre erzeugt; ähnlich wirkt der Dampf, weshalb man beim Arbeiten mit diesem Körper sehr vorsichtig

sein muss. Fluorwasserstoff ist sehr löslich in Wasser und verbindet sich damit unter Erwärmen; die stark saure Lösung, die gewöhnlich Flusssäure genannt wird, bewahrt man am besten in Flaschen von Guttapercha auf. Die merkwürdigste Eigenschaft dieser Verbindung ist ihre Wirkung auf Glas, welches durch dieselbe angefressen oder geätzt wird, und es beruht dies auf der Neigung des Fluors, sich mit Silicium (einem Hauptbestandtheil des Glases) zu einer gasförmigen Verbindung zu vereinigen. Man benutzt deshalb die gasförmige Säure sowohl, wie die wässrige Lösung, um Glas zu ätzen. Dasselbe wird mit einer dünnen Lage von Wachs oder Aetzgrund überzogen, die zu ätzenden Stellen werden mit einem Stahlstifte eingravirt und dann der Wirkung der Säure ausgesetzt.

Auf dieselbe Weise lassen sich Fluorverbindungen leicht nachweisen, indem man dieselben in einem Platintiegel mit Schwefelsäure erhitzt und die Dämpfe auf eine Glasplatte einwirken lässt, die mit Wachs überzogen ist, in das man Schriftzüge eingravirt hat.

Die vier im Vorhergehenden abgehandelten Elemente Fluor, Chlor, Brom und Jod bilden eine natürliche Gruppe, deren Glieder sich chemisch ausserordentlich ähnlich verhalten, und von allen anderen Elementen dadurch unterscheiden, dass sie mit Wasserstoff gasförmige Verbindungen bilden, welche starke Säuren sind, und welche im Molecül 1 Atom oder 1 Volum des gasförmigen Elementes verbunden mit 1 Atom oder 1 Volum Wasserstoff enthalten.

Die physikalischen Eigenschaften dieser Elemente ändern sich mit dem Atomgewichte; je höher dasselbe, um so höher ist der Siedepunkt und Schmelzpunkt, um so grösser das specifische Gewicht und um so dunkler die Farbe. Bei gewöhnlicher Temperatur ist Chlor ein Gas, Brom eine Flüssigkeit und Jod ein fester Körper; das flüssige Chlor ist eine gelbe durchsichtige Flüssigkeit vom specifischen Gewichte 1,33; Brom ist nur in dünnen Schichten durchscheinend und hat das specifische Gewicht 3,187, während das geschmolzene Jod undurchsichtig ist und sein specifisches Gewicht 4,00 beträgt.

Das Atomgewicht und daher auch die Dampfdichte des Broms ist nahe das Mittel von denen von Chlor und Jod

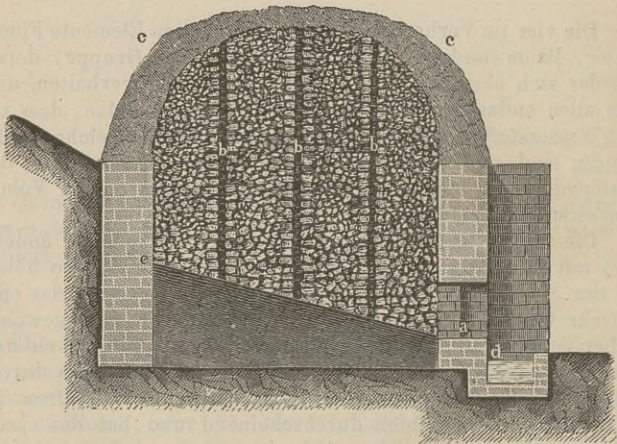
$\frac{35,37 + 126,53}{2} = 80,45$  (anstatt 79,75), und in allen seinen Eigenschaften steht es halbwegs zwischen Chlor und Jod.

### Der Schwefel.

Atomgewicht 31,98 = S. Volumgewicht des Dampfes = 31,98.

Der Schwefel ist schon seit den ältesten Zeiten bekannt und findet sich im freien Zustande in der Nähe von thätigen, sowie erloschenen Vulcanen, in Europa namentlich in Sicilien und Island. In Verbindung mit Metallen bildet er viele der wichtigsten Erze, wie Bleiglanz,  $PbS$ , Zinkblende,  $ZnS$ , Eisenkies,  $FeS_2$ , Kupferkies,  $Cu_2S$ ,  $Fe_2S_3$ , u. s. w. Mit Sauerstoff und Metallen vereinigt bildet er eine Classe von Salzen, welche Sulfate oder schwefelsaure Salze genannt werden, und von denen einige häufig als Mineralien vorkommen, wie Gyps oder Calciumsulfat,  $SO_4Ca + 2H_2O$ , Schwerspath oder Bariumsulfat,  $SO_4Ba$ , Glaubersalz oder Natriumsulfat,  $SO_4Na_2 + 10H_2O$ , u. s. w. Der natürlich vorkommende Schwefel ent-

Fig. 35.

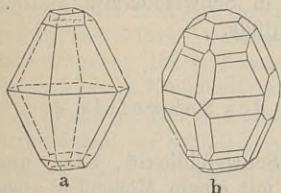


hält gewöhnlich mineralische Beimengungen; um dieselben zu entfernen, baut man aus dem Schwefelerz grosse meilerartige Haufen auf (Fig. 35) und zündet den Schwefel an, von dem

der kleinere Theil verbrennt, die grössere Menge aber schmilzt und in Gruben abläuft. Dieser Rohschwefel wird gewöhnlich noch einer zweiten Reinigung unterworfen oder raffiniert, indem man ihn in gusseisernen Kesseln destillirt und den Dampf in eine grosse gemauerte Kammer leitet, wo er sich durch schnelle Abkühlung in dem grossen Luftraume anfangs als ein feines krystallinisches Pulver, Schwefelblumen genannt, niederschlägt; ähnlich wie Wasserdampf unter den Gefrierpunkt des Wassers abgekühlt als Schnee niederfällt. Die Kammer erwärmt sich nach und nach und flüssiger Schwefel sammelt sich auf dem Boden an; derselbe wird in hölzerne Formen gegossen und kommt als Stangenschwefel in den Handel.

Der gediegene Schwefel ist gelb, durchscheinend, spröde 2. und findet sich häufig in wohlausgebildeten Krystallen, welche dem rhombischen System angehören (Fig. 36); er hat das speci-

Fig. 36.



fische Gewicht 2.07 und schmilzt bei 114.5° zu einer bernsteingelben Flüssigkeit. Lässt man geschmolzenen Schwefel langsam erkalten, so scheiden sich beim Festwerden lange prismatische Krystalle von glänzend bernsteingelber Farbe aus, welche dem monoklinischen System

angehören, biegsam sind und das spezifische Gewicht 1.96 besitzen. Diese Modification des Schwefels ist nicht beständig; nach einigen Tagen werden die Krystalle undurchsichtig und spröde und bestehen nun aus einem Haufwerk von kleinen rhombischen Krystallen. Schwefel ist also dimorph; derselbe lässt sich aber noch in dritter allotropischer Form erhalten. Erhitzt man nämlich geschmolzenen Schwefel, so wird die anfangs gelbe, bewegliche Flüssigkeit dunkler und dickflüssiger und bildet bei 230° eine rothbraune Masse, welche so zähe ist, dass man sie aus dem Gefäss kaum ausgiessen kann. Bringt man etwas davon in eine grosse Menge kalten Wassers, so dass schnelle Abkühlung erfolgt, so erhält man amorphen Schwefel, als braune, weiche, elastische Substanz. Derselbe verwandelt sich nach kurzer Zeit, oft einigen Stunden wieder in gewöhnlichen, spröden, gelben Schwefel; wenn man ihn auf 100° erhitzt, geht diese Veränderung augenblicklich vor sich, wobei so viel Wärme frei wird, dass die Temperatur bis nahe zum Schmelzpunkt steigt. Ueber 250° erhitzt, wird

der geschmolzene Schwefel wieder dünnflüssig; die rothbraune Flüssigkeit siedet bei  $450^{\circ}$  und bildet einen rothbraunen Dampf.

3. Schwefel ist unlöslich in Wasser, wenig löslich in Alkohol, aber leicht löslich in Schwefelkohlenstoff und in Terpentinöl; aus diesen Lösungen scheidet er sich beim langsamen Verdampfen des Lösungsmittels in wohlausgebildeten Krystallen ab, welche dieselbe Form besitzen, wie der natürlich vorkommende Schwefel. Der amorphe Schwefel ist, auch nachdem er fest geworden ist, in Schwefelkohlenstoff unlöslich; die Schwefelblumen sind ein Gemisch von solchem unlöslichen und von rhombischem Schwefel. Erhitzt man Schwefel an der Luft oder in Sauerstoff, so entzündet er sich und verbrennt mit blauer Flamme zu Schwefeldioxid, ein Gas, das einen eigenthümlichen, erstickenden Geruch besitzt; er geht ferner directe Verbindung ein mit Wasserstoff und den Elementen der Chlorgruppe, mit Kohlenstoff und der Mehrzahl der einfachen Körper; viele Metalle verbrennen in Schwefeldampf ähnlich β wie in Sauerstoffgas, und bilden Sulfide.

#### Oxide und Oxysäuren des Schwefels.

Schwefel bildet zwei Oxide: Schwefeldioxid,  $\text{SO}_2$ , und Schwefeltrioxid,  $\text{SO}_3$ , welche sich mit einem Molecül Wasser vereinigen, wodurch  $\text{H}_2\text{SO}_3$ , schweflige Säure, und  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , Schwefelsäure, entstehen; ausser diesen bildet der Schwefel noch sechs andere Oxysäuren, deren entsprechenden Oxide unbekannt sind. Letztere Säuren sind von geringer Wichtigkeit und im freien Zustand äusserst unbeständig, dieselben bilden aber durch Ersetzung von Wasserstoff durch Metalle γ wohl definirte Salze. Die Zusammensetzung dieser Oxysäuren ist die folgende:

<u>δ</u> Unterschweifige Säure . $\text{H}_2\text{S O}_2$	Dithionsäure . . . $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6$
Schweflige Säure . . . $\text{H}_2\text{S O}_3$	Trithionsäure . . . $\text{H}_2\text{S}_3\text{O}_6$
Schwefelsäure . . . . $\text{H}_2\text{S O}_4$	Tetrathionsäure . $\text{H}_2\text{S}_4\text{O}_6$
Thioschwefelsäure*) . . $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Pentathionsäure . $\text{H}_2\text{S}_5\text{O}_6$ .

Diese Verbindungen sind ein schönes Beispiel des Gesetzes der multiplen Proportionen.

\*) Die fünf letzten Verbindungen, die Polythionsäuren, haben ihren Namen von  $\theta\epsilon\lambda\omicron\nu$ , Schwefel, erhalten.

Schwefeldioxid, SO<sub>2</sub>.

Moleculargewicht 63,90. — Volumgewicht 31,95.

Schwefeldioxid ist ein farbloses Gas, das den erstickenden Gernuch des brennenden Schwefels besitzt, und das specifische Gewicht 2,21 hat; 1 Raumtheil Wasser absorhirt bei 10° 51,38 Vol., bei 20° 36,22 Vol. Bei starker Abkühlung verdichtet es sich zu einer farblosen Flüssigkeit, welche bei  $-8^{\circ}$  siedet und bei  $-79^{\circ}$  zu einer eisähnlichen Masse erstarrt.

Anstatt durch Verbrennen von Schwefel stellt man das Schwefeldioxid gewöhnlich durch Erhitzen von Kupferfeilspänen 2 mit concentrirter Schwefelsäure dar:



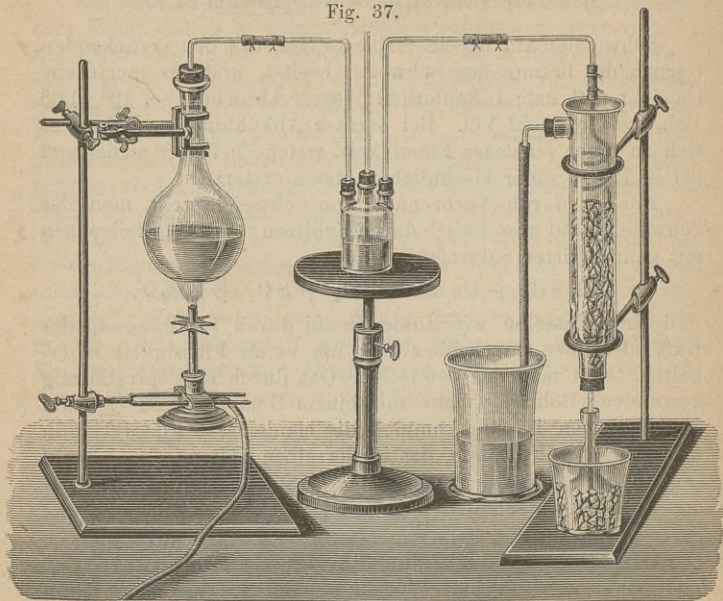
und fängt dasselbe wie Kohlendioxid durch Verdrängung der Luft oder über Quecksilber auf; um es als Flüssigkeit zu erhalten, leitet man das gewaschene Gas durch eine spiralförmig gewundene Röhre, welche mit einem Gemenge von Eis und Salz umgeben ist und sammelt die condensirte Flüssigkeit in einem kleinen Kölbchen, das in derselben Kältemischung steht β. (Fig. 37 a. f. S.). Hat sich eine hinlängliche Menge der Flüssigkeit angesammelt, so schmilzt man den Hals des Kölbchens zu und kann so das flüssige Oxid zu weiteren Versuchen aufbewahren. Der Luft ausgesetzt, verdampft diese Flüssigkeit äusserst rasch, und dabei wird so viel Wärme gebunden, dass man leicht Quecksilber zum Erstarren bringen kann, wenn man es γ in ein dünnes Probirröhrchen bringt, dasselbe mit Baumwolle umwickelt, auf die man die flüssige Verbindung giesst, deren Verdampfung man durch Daraufblasen beschleunigt. Wenn Schwefel in Ueberschuss von Sauerstoff zu Dioxid verbrannt 3. (skizirt) wird, so verändert sich das Volumen des Gases nicht; da aber sein Moleculargewicht 63,90 ist, so folgt daraus, dass es auf 2 Atome oder 31,92 Gewthle. Sauerstoff 31,98 Gewthle. oder 1 Atom Schwefel enthält.

Schwefeldioxid bleicht mehrere organische Farbstoffe, wie die der Blumen; man benutzt es im Grossen zum Bleichen der Wolle und Seide, welche durch Chlor zerstört werden; das Bleichen beruht darauf, dass Schwefeldioxid in Gegenwart von Wasser durch Sauerstoffaufnahme in Schwefelsäure übergeht α und der freiwerdende Wasserstoff mit dem Farbstoff eine farblose Verbindung eingeht. Hält man die durch gefärbte Früchte,

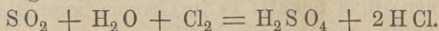


wie Heidelbeeren, auf Leinenzeug verursachten Flecke angefeuchtet über die Dämpfe von brennendem Schwefel, so ver-

Fig. 37.



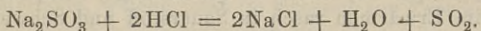
schwinden dieselben, kommen aber der Luft ausgesetzt nach  $\beta$  einiger Zeit wieder zum Vorschein, wenn man den gebleichten Farbstoff nicht durch Auswaschen entfernt, da der Sauerstoff der Luft den mit dem Farbstoffe verbundenen Wasserstoff wieder zu Wasser oxydirt. Die bleichende Wirkung dieser Verbindung ist reducirend, (während die des Chlors oxydirend ist;) man benutzt daher Schwefeldioxyd, um in durch  $\delta$  Chlor gebleichten Papierstoffen einen Ueberschuss desselben, der aufs Zeug zerstörend wirken würde, zu entfernen:



Die wässrige Lösung des Schwefeldioxyds schmeckt sauer und röthet blaues Lackmus; dieselbe muss als eine Lösung  $\delta$  von schwefliger Säure,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ , betrachtet werden, obgleich diese Verbindung nicht isolirt werden kann, indem die wässrige Lösung beim Verdunsten in Wasser und

Schwefeldioxid zerfällt; kühlt man dieselbe aber bis zu  $-5^{\circ}$  ab, so scheiden sich Krystalle aus, welche die Formel  $\text{H}_2\text{SO}_3^{\beta}$  +  $14\text{H}_2\text{O}$  haben.

Ersetzt man den Wasserstoff der schwefligen Säure durch Metalle, so erhält man eine Reihe von Salzen, welche Sulfite <sup>6)</sup> genannt werden; dieselben werden durch starke Säuren ähnlich den Carbonaten zersetzt unter Freiwerden von Schwefeldioxid:



Schwefeltrioxid oder Schwefelsäureanhydrid,  $\text{SO}_3$ .

Moleculargewicht 79,86. — Volumgewicht 39,93.

Diese Verbindung wird im Grossen gewonnen, indem man <sup>7)</sup> den Dampf von Schwefelsäure über glühende Ziegel leitet, wodurch sie in Wasser, Schwefeldioxid und Sauerstoff zerfällt; das Gasmisch wird durch concentrirte Schwefelsäure getrocknet und über erhitzten platinirten Asbest geleitet, welcher die Vereinigung des Dioxids mit Sauerstoff veranlasst.

Schwefeltrioxid krystallisirt in langen farblosen Prismen, <sup>2)</sup> welche bei  $15^{\circ}$  schmelzen, bei  $46^{\circ}$  kochen und, wenn keine Feuchtigkeit vorhanden ist, blaues Lackmuspapier nicht röthen. <sup>3)</sup> Leitet man seinen Dampf durch eine rothglühende Röhre, so zerfällt er in 2 Raumtheile Schwefeldioxid und 1 Raumtheil Sauerstoff. Schwefeltrioxid hat eine ausserordentlich grosse Verwandtschaft zu Wasser, weshalb es nur schwierig rein darzustellen ist. Wenn es Spuren von Feuchtigkeit enthält, so verwandelt es sich beim Aufbewahren in eine aus seidenglänzenden Nadeln bestehende, asbestähnliche Masse, welche erst <sup>3)</sup> gegen  $50^{\circ}$  schmilzt und dabei in das Trioxid und die Verbindung  $3\text{SO}_3 + \text{SO}_4\text{H}_2$  zerfällt, eine dicke Flüssigkeit, welche bei  $-10^{\circ}$  krystallinisch erstarrt. Mit mehr Wasser verbindet sich das Trioxid zu Schwefelsäure,  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ , <sup>β</sup> unter bedeutender Wärmeentwicklung und zischendem Geräusch, als ob ein glühender Körper abgelöscht würde.

Reine Schwefelblumen lösen sich im flüssigen Schwefeltrioxid auf, und bilden Schwefelsesquioxid,  $\text{S}_2\text{O}_3$ , welches <sup>4)</sup> im festen Zustande bläulich grüne krystallinische Krusten bildet. In concentrirter Schwefelsäure löst es sich mit blauer <sup>β</sup>

Farbe; erhitzt man die trockne Verbindung, so zerfällt sie in Schwefel und Schwefeldioxid; dieselbe Zersetzung findet auch allmählig bei der gewöhnlichen Temperatur statt.

Schwefeltrioxid und Schwefeldioxid verbinden sich mit Sauerstoff unter Einwirkung des elektrischen Stroms von starker Spannung zu Schwefelperoxid,  $S_2O_7$ , welches in breiten, biegsamen Nadeln krystallisirt und ein höchst unbeständiger Körper ist, indem er bei niedriger Temperatur langsam, beim Erwärmen rasch in Sauerstoff und Schwefeltrioxid zerfällt.

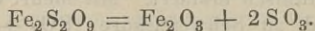
### Schwefelsäure, $H_2SO_4$ .

Moleculargewicht 97,82.

Die Schwefelsäure ist die wichtigste aller Säuren; sie findet eine ausgebreitete Anwendung in Künsten und Gewerben und dient dem Chemiker als Mittel, fast alle anderen Säuren darzustellen, wie wir bei der Darstellung von Salpetersäure, Salzsäure u. s. w. gesehen haben. Die Verwendung derselben für diese Zwecke und besonders aber für die Sodafabrikation ist so massenhaft, dass ihre Darstellung einer der wichtigsten Industriezweige ist.

Die Schwefelsäure ist schon lange bekannt und wurde früher in Deutschland, besonders in Nordhausen am Harze durch Erhitzen von entwässertem Eisenvitriol (Eisensulfat) dargestellt, wobei ein Gemisch von Schwefelsäure und Schwefeltrioxid destillirt, welches den Namen rauchende Schwefelsäure führt.

Eisenvitriol ist  $FeSO_4 + 7H_2O$ ; beim Erhitzen verliert derselbe 6 Molecüle Wasser; das siehente entweicht erst bei höherer Temperatur und bei Gegenwart von Sauerstoff entsteht das basische Sulfat  $Fe_2S_2O_9$ , das beim stärkeren Erhitzen in Eisenoxid und Schwefeltrioxid zerfällt:



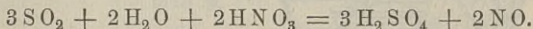
Das Schwefeltrioxid verbindet sich dann zum Theil mit stets noch vorhandenem Wasser zu Schwefelsäure, in welcher sich das Trioxid auflöst.

Kühlt man rauchende Schwefelsäure ab, so scheiden sich Krystalle von Dischwefelsäure,  $H_2S_2O_7 = SO_3 + H_2SO_4$ , ab, die bei  $35^\circ$  schmelzen. Erhitzt man diese Verbindung oder

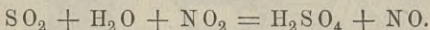
rauchende Schwefelsäure, so verflüchtigt sich Schwefeltrioxid, welches man früher auf diese Weise darstellte.

Rauchende Schwefelsäure wurde früher hauptsächlich zum <sup>2.)</sup> Auflösen von Indigo in der Färberei benutzt; jetzt verwendet man sie in grosser Menge zur Darstellung der künstlichen <sup>α</sup> Krappfarbstoffe und stellt sie zu diesem Zweck häufig durch <sup>β</sup> Auflösen des Trioxids in gewöhnlicher Schwefelsäure dar.

Die Methode, welche jetzt im Grossen zur Fabrikation der letzteren benutzt wird, gründet sich darauf, dass eine wässrige Lösung von Schwefeldioxid sich unter Sauerstoffaufnahme zu <sup>3.)</sup> Schwefelsäure oxydirt; dies geschieht langsam, wenn diese Lösung der Luft ausgesetzt wird, schneller, wenn eine Verbindung gegenwärtig ist, welche leicht Sauerstoff abgibt. Solche Verbindungen sind Salpetersäure, Stickstofftetroxid und <sup>α</sup> Stickstofftrioxid, welche dabei zu Stickoxid reducirt werden:

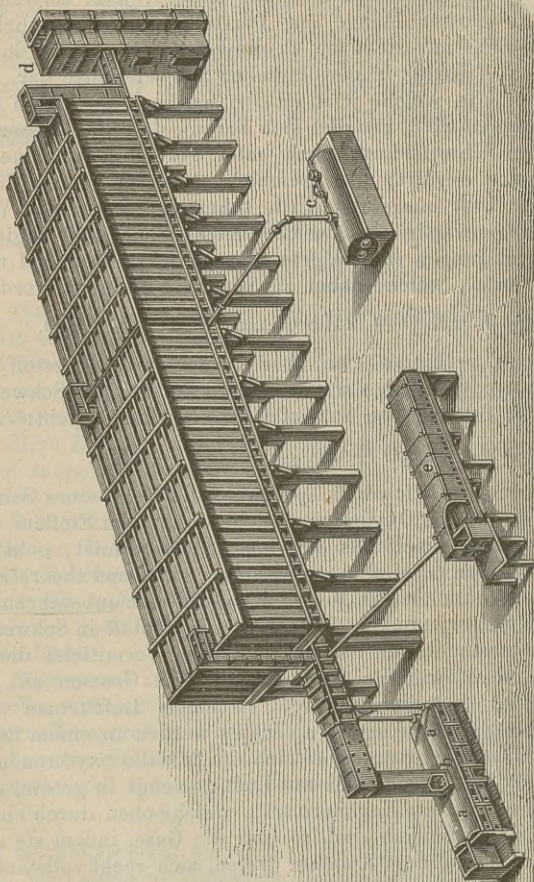


Stickoxid verbindet sich aber wieder mit Sauerstoff zu Stickstofftetroxid, welches wiederum mit Wasser und Schwefel- <sup>β</sup> dioxid unter Bildung von Schwefelsäure Stickoxid giebt:



Die Oxide des Stickstoffs spielen so die Rolle eines Sauerstoffträgers, und die Oxydation, welche unter dem Einfluss des atmosphärischen Sauerstoffs nur langsam stattfindet, geht in Gegenwart dieser Verbindungen rasch vor sich, und theoretisch sollte eine unendlich kleine Menge derselben eine unbeschränkte <sup>γ</sup> Menge von Schwefeldioxid, Wasser und Sauerstoff in Schwefelsäure zu verwandeln im Stande sein. Um vermittelst dieser eigenthümlichen Reaction Schwefelsäure im Grossen zu ge- <sup>δ</sup> winnen, wird entweder Schwefel in einem Luftstrome verbrannt, oder Eisenkies oder Kupferkies werden in einem Röstofen (Fig. 38 aa) erhitzt, wobei sich die Metalle oxydiren und Schwefeldioxid entweicht, das mit Luft gemengt in grosse, aus Bleiplatten aufgebaute Kammern tritt, welche oben durch einen weiten Canal verbunden sind, so dass die Gase, indem sie aus der einen in die andere Kammer treten, sich recht vollständig mischen. Ueber dem Röstofen befindet sich eine Art Herd *b*, auf den man Salpeter bringt; das Schwefeldioxid wirkt zersetzend ein und es entweichen Oxide des Stickstoffs, während Kaliumsulfat zurückbleibt. *c* stellt den Dampfkessel dar, aus dem man Dampf in die Kammern an verschiedenen Stellen

Fig. 38.



einbläst\*). Um den nothwendigen Zug zu erzeugen, stehen die Kammern mit einem hohen Kamin in Verbindung, der nicht auf der Zeichnung dargestellt ist; die Gase, die aus der Kammer austreten, haben durch den Thurm *d* zu gehen, in welchen Dampf eingeblasen wird, um die salpetrigen Dämpfe zu verdichten. Auf dem Boden der Bleikammer sammelt sich verdünnte Schwefelsäure an, die sogenannte Kammersäure, + welche das specifische Gewicht 1,55 hat und 64 Proc.  $H_2SO_4$  enthält. Dieselbe wird in Bleipfannen (*e*) erhitzt, wobei Wasser entweicht, bis sie das specifische Gewicht 1,75 erreicht hat; diese Pfannensäure, welche etwa 80 Procent enthält, kann ohne weitere Concentration schon zu vielen Zwecken verwendet werden; um die concentrirte Säure darzustellen, muss das weitere Eindampfen in Gefässen aus Glas oder Platin geschehen, da die starke Säure das Blei angreift; es destillirt hierbei verdünnte Säure, die man in die Bleipfannen zurückbringt, und man setzt das Erhitzen fort, bis die rückständige Säure das specifische Gewicht von ungefähr 1,84 erlangt hat. Dieses im Handel unter dem Namen englische Schwefelsäure vor- + kommende Rohproduct ist noch nicht wasserfrei und enthält gewöhnlich Blei, Oxide des Stickstoffs und häufig auch Arsen. Um daraus reine Schwefelsäure zu erhalten, muss dieselbe destillirt werden; verdünnte Säure destillirt zuerst, und wenn der Siedepunkt auf  $338^{\circ}$  gestiegen ist, destillirt concentrirte Schwefelsäure; dieselbe hat bei  $0^{\circ}$  das specifische Gewicht 1,854, ist aber noch nicht ganz wasserfrei, sondern enthält + 98,5 Proc.  $H_2SO_4$ . Kühlt man dieselbe stark ab, so scheiden sich farblose Krystalle aus, welche aus der reinen Verbindung  $H_2SO_4$  bestehen; dieselbe kann nicht ohne Zersetzung destillirt werden, sondern beim Erhitzen entweicht erst eine kleine Menge Schwefeltrioxid und dann destillirt bei 338<sup>0</sup> die 98,5 Proc. haltige Säure.

Die concentrirte Schwefelsäure hat grosse Verwandtschaft zu Wasser und absorbt sehr rasch den Wasserdampf der Luft, weshalb sie als Trockenmittel, besonders für Gase, häufige Ver- 4/

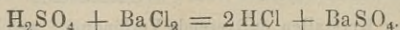
\*) Fehlt es in der Bleikammer an Wasserdampf, so bilden sich die sogenannten Bleikammerkrystalle oder Nitrosulfonsäure,  $SO_2 \begin{cases} OH \\ NO_2 \end{cases}$ , eine feste, in weissen Krystallen auftretende Verbindung, welche von Wasser in Schwefelsäure und salpetrige Säure (oder deren Zersetzungsproducte) zerlegt wird.

wendung findet. Mit Wasser mischt sich dieselbe unter starkem Erhitzen, und man darf beide Flüssigkeiten nur allmählig zusammenbringen, da sonst die Vereinigung mit explosions-ähnlicher Heftigkeit vor sich gehen würde. Ein Molecül Schwefelsäure verbindet sich mit einem Molecül Wasser zu der Verbindung  $H_2SO_4 + H_2O$ , welche bei  $+7^\circ$  zu rhombischen Krystallen erstarrt. Die grosse Verwandtschaft, welche die concentrirte Säure zu Wasser hat, bewirkt, dass dieselbe vielen organischen Stoffen Sauerstoff und Wasserstoff entzieht und damit Wasser bildet; hierauf beruht, wie schon früher erwähnt, die Darstellung von Kohlenoxid aus Oxalsäure und Ameisensäure und die von Aethylen aus Alkohol; aus demselben Grunde werden Holz und Zucker durch die concentrirte Säure verkohlt.

5. Leitet man den Dampf der Schwefelsäure über rothglühende Ziegelsteine, so zerfällt dieselbe in Schwefeldioxid, Sauerstoff und Wasser; man hat vorgeschlagen, diese Zersetzung zu benutzen, um Sauerstoff auf billige Weise im Grossen darzustellen; das Gasgemisch wird durch Wasser geleitet, welches das Schwefeldioxid auflöst, das man in den Bleikammern wieder in Schwefelsäure verwandeln kann, und reiner Sauerstoff entweicht.

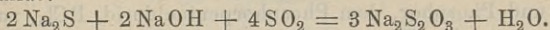
6. Leitet man das obige Gasgemisch erst durch starke Schwefelsäure, um den Wasserdampf zu entfernen, und dann über erhitzten Platinschwamm, so bildet sich Schwefeltrioxid, welches man durch concentrirte Schwefelsäure absorbiren kann, um eine starke rauchende Schwefelsäure darzustellen, wie sie zur Gewinnung von künstlichem Alizarin gebraucht wird.

Die Schwefelsäure ist eine zweibasische Säure, d. h. sie enthält 2 Atome Wasserstoff, welche durch Metalle ersetzt werden können; unter den Salzen der Schwefelsäure oder den Sulfaten zeichnen sich Baryumsulfat und Bleisulfat dadurch aus, dass sie in Wasser und Säuren unlöslich sind, und man benutzt deshalb lösliche Baryum- oder Bleisalze, um die Gegenwart von Schwefelsäure oder von einem Sulfat in einer Flüssigkeit nachzuweisen; giesst man z. B. in höchst verdünnte Schwefelsäure einige Tropfen einer Lösung von Baryumchlorid, so entsteht augenblicklich eine weisse Trübung, indem durch doppelte Zersetzung Wasserstoffchlorid und unlösliches Baryumsulfat entstehen:

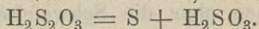


Thioschwefelsäure,  $H_2S_2O_3$ .

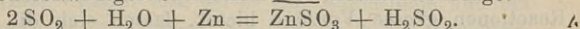
Kocht man eine Lösung von Natriumsulfid mit Schwefelblumen oder leitet man Schwefeldioxid in eine Lösung von Natriumsulfid und Natriumhydroxid, so bildet sich Natriumthiosulfat:



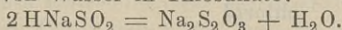
Dieses unter dem Namen unterschwefligsaures Natrium bekannte Salz wird in der Photographie zum Fixiren der Bilder benutzt, indem es die Eigenschaft hat, die unlöslichen Silberverbindungen, auf welche das Licht nicht gewirkt hat, aufzulösen. Bringt man eine stärkere Säure zu einer Lösung dieser Verbindung, so wird Thioschwefelsäure frei; dieselbe zersetzt sich nach wenigen Augenblicken in Schwefel, der sich als feines, weisses Pulver ausscheidet, und in schweflige Säure:

Unterschweflige Säure,  $H_2SO_2$  \*).

Diese Verbindung bildet sich, wenn man eine wässrige Lösung von schwefliger Säure mit Zink zusammenbringt:



Man erhält so eine gelbe Flüssigkeit, welche noch stärker reducirend wirkt als Schwefeldioxid und Pflanzenfarbstoffe sofort entfärbt; die unterschweflige Säure ist eine sehr unbeständige Verbindung, welche sich rasch unter Abscheidung von Schwefel zersetzt. Ihre Salze sind in trocknem Zustande beständig; im Feuchten oxydiren sie sich in der Luft schnell zu Sulfiten und in wässriger Lösung verwandeln sie sich bald unter Austritt von Wasser in Thiosulfate:

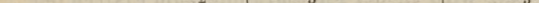
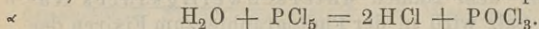


Schwefeldioxid verbindet sich nicht nur direct mit Sauerstoff zu Schwefeltrioxid, sondern auch mit Chlor und bildet Sulfurylchlorid,  $SO_2Cl_2$ . Ebenso wie sich Schwefeltrioxid mit einem Molecül Wasser zu Schwefelsäure vereinigt, verbindet es sich auch mit einem Molecül Chlorwasserstoff zu Sulfurylhydroxychlorid oder Chlorsulfonsäure,  $ClSO_2OH$ .

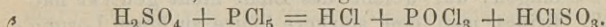
\*) Um Verwechslungen zu vermeiden, muss hier erwähnt werden, dass die Thioschwefelsäure, welche viel länger bekannt ist, gewöhnlich unterschweflige Säure genannt wird.



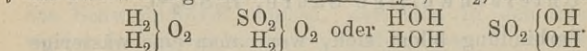
SO<sub>3</sub>HCl. Die letztere Verbindung ist deshalb von Interesse, da sie auch aus der Schwefelsäure durch eine Reaction entsteht, welche für viele Körper gültig ist, die man, wie die Säuren, als Wasser betrachten kann, in welchem 1 Atom Wasserstoff durch eine Atomgruppe, ein zusammengesetztes Radical, vertreten ist. Bringt man Wasser mit einer Verbindung von



Lässt man Phosphorpentachlorid auf concentrirte Schwefelsäure einwirken, so findet folgende Reaction statt:



Der Vorgang ist also, dass der Schwefelsäure 1 Atom Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff entzogen wird und dafür Chlor eintritt; die Atomgruppe OH wird demnach durch Chlor ersetzt. Wir können aber die Schwefelsäure auffassen als 2 Molecüle Wasser, in welchem 2 Atome Wasserstoff durch das zweiwerthige Radical Sulfuryl, SO<sub>2</sub>, ersetzt sind:



Nach der letzteren Schreibweise, die für Darstellung vieler Reactionen grosse Vorzüge bietet, lassen sich die von dem Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid abgeleiteten Verbindungen leicht übersichtlich zusammenstellen:

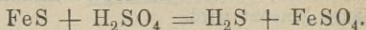
SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> { O	SO <sub>2</sub> { H OH	SO <sub>2</sub> { OH OH
Schwefeldioxid	Schwefeltrioxid	Schweflige Säure	Schwefelsäure
SO <sub>2</sub> { OH SH	SO <sub>2</sub> { OH Cl	SO <sub>2</sub> { Cl Cl	SO <sub>2</sub> { OH NO <sub>2</sub>
Thioschwefelsäure	Sulfurylhydroxychlorid	Sulfurylchlorid	Bleikammerkrystalle.

### Verbindungen von Schwefel und Wasserstoff.

1. Schwefelwasserstoff oder Wasserstoffsulfid, H<sub>2</sub>S.

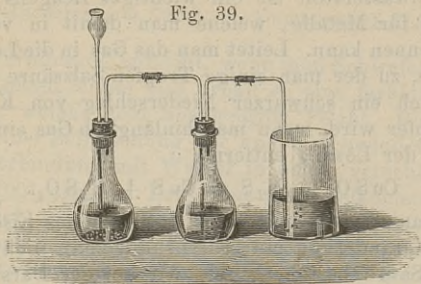
Moleculargewicht 33,98. — Volumgewicht 16,99.

Diese Verbindung bildet sich, wenn man Wasserstoff durch kochenden Schwefel leitet; leichter aber erhält man sie, indem man in gewissen Schwefelmetallen das Metall durch Wasserstoff ersetzt; bringt man zu Eisensulfid verdünnte Schwefelsäure, so erhält man Eisensulfat und Schwefelwasserstoff:



Zur Darstellung dieses Gases benutzt man einen Apparat, wie ihn Fig. 39 darstellt. Schwefelwasserstoff ist ein farbloses

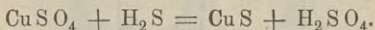
Fig. 39.



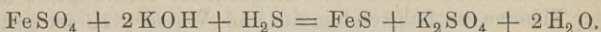
Gas, welches stark und unangenehm nach faulen Eiern riecht <sup>2.</sup> (es ist in denselben enthalten). Angezündet verbrennt es mit blauer Flamme zu Schwefeldioxid und Wasser; es ist giftig und wirkt schon in kleiner Menge und mit viel Luft verdünnt schädlich auf die Gesundheit. In Wasser ist es ziemlich löslich; 1 Raumtheil Wasser löst bei 0° 4,37 Raumtheile und bei 15° 3,23 Raumtheile des Gases; die Lösung röthet Lackmuspapier und besitzt den eigenthümlichen Geruch und Geschmack der Verbindung. Unter einem Drucke von 17 Atmosphären verdichtet es sich zu einer farblosen, beweglichen, stark lichtbrechenden Flüssigkeit, welche bei -62° siedet und bei -85° zu einer festen, eisähnlichen Masse erstarrt. Schwefelwasserstoff findet sich in der Natur in vulcanischen Gasen und in <sup>3.</sup> Wasser gelöst in den sogenannten Schwefelquellen; es bildet sich bei der Fäulniss schwefelhaltiger organischer Stoffe, wie Eiweiss, und durch Desoxydation von Sulfaten in Gegenwart von faulender organischer Materie. Die Zusammensetzung des Gases lässt sich dadurch ermitteln, dass man dünnes Zinnblech <sup>4.</sup> (Stanniol) in einem gemessenen Volum erhitzt, wobei sich Zinnsulfid bildet und der Wasserstoff frei wird, welcher denselben Raum einnimmt wie das ursprüngliche Gas; 2 Raumtheile Schwefelwasserstoff oder 33,98 Gewichtstheile bestehen demnach aus 2 Raumtheilen oder 2 Gewichtstheilen Wasserstoff und 1 Raumtheil Schwefeldampf, dessen Gewicht 31,98 ist. Bringt man in das Gas einen Platindraht, welcher durch den elektrischen Strom zum Glühen erhitzt ist, so wird es ebenfalls in Schwefel, welcher sich niederschlägt, und in Wasser-

stoff zerlegt, und es lässt sich die Zusammensetzung auch auf diese Weise feststellen.

Schwefelwasserstoff ist ein wichtiges Reagens und Scheidungsmittel für Metalle, welche man damit in verschiedene Gruppen trennen kann. Leitet man das Gas in die Lösung eines Kupfersalzes, zu der man einige Tropfen Salzsäure gesetzt hat, so bildet sich ein schwarzer Niederschlag von Kupfersulfid, und das Kupfer wird, wenn man hinlänglich Gas einleitet, vollständig aus der Lösung entfernt:



β. Thut man dasselbe mit einer Lösung eines Eisensalzes, so tritt keine Veränderung ein; Eisensulfid kann nicht in Gegenwart einer Säure bestehen, wie wir bei der Darstellung des Schwefelwasserstoffes gesehen haben; setzt man aber Alkali hinzu, so scheidet sich Eisensulfid aus, indem die freie Säure neutralisirt wird:



+ Wie das Kupfer verhalten sich einige andere Metalle, deren Sulfide von Säuren nicht angegriffen werden; eine zweite Gruppe giebt, wie das Eisen, Sulfide, welche in Wasser unlöslich sind, aber von Säuren zersetzt werden, und eine dritte Gruppe von Metallen bildet Sulfide, welche in Wasser löslich sind, und in deren Salzlösungen Schwefelwasserstoff demnach keinen Niederschlag erzeugt. Viele der unlöslichen Sulfide zeichnen sich durch charakteristische Färbungen aus, und Schwefelwasserstoff wird nicht bloss als Scheidungsmittel für diese drei Gruppen, sondern auch als Erkennungsmittel für einzelne Metalle benutzt.

### Wasserstoffpersulfid.

α. Die Zusammensetzung dieser Verbindung ist noch nicht sicher festgestellt; man erhält sie, indem man einen Theil Kalk mit zwei Theilen Schwefel und sechzehn Theilen Wasser kocht und die klare Flüssigkeit in verdünnte Salzsäure giesst.

β. Das sich ausscheidende Oel besitzt einen eigenthümlichen reizenden Geruch; bleicht organische Farbstoffe und zersetzt sich leicht, besonders beim Erwärmen in Schwefelwasserstoff und Schwefel, und schliesst sich in diesen Eigenschaften dem Wasserstoffdioxid an, weshalb man gewöhnlich annimmt, es habe die analoge Formel  $\text{S}_2\text{H}_2$ .

Schwefelkohlenstoff oder Kohlendisulfid,  $C S_2$ .

Moleculargewicht 75,92. — Volumgewicht 37,96.

Diese Verbindung entsteht, wenn man Schwefeldampf über glühende Kohlen leitet; man erhält so eine farblose, schwere Flüssigkeit, welche sehr unangenehm riecht. Dieser Geruch rührt von einer Beimischung her und verschwindet, wenn man die rohe Verbindung mit Wasser in einem verschlossenen Gefässe auf 100° erhitzt. Der reine Schwefelkohlenstoff riecht eigenthümlich ätherisch und kocht bei 46°; treibt man einen kräftigen Luftstrom über die abgekühlte Flüssigkeit, so wird durch das rasche Verdunsten so viel Wärme gebunden, dass ein Theil zu einer festen, weissen, blumenkohlähnlichen Masse erstarrt, welche bei  $-12^{\circ}$  schmilzt.

Schwefelkohlenstoff ist in Wasser unlöslich und hat bei  $0^{\circ}$  das specifische Gewicht 1,292; er ist ausserordentlich leicht entzündlich; sein mit Luft gemengter Dampf entzündet sich schon bei 149°. Lässt man einige Tropfen in einem mit Stickoxid gefüllten Gefässe verdunsten und entzündet dieses Gasgemenge, so verbrennt es unter schwacher Explosion mit einem glänzend blauen Lichte.

Man gewinnt diesen Körper fabrikmässig, und benutzt ihn als vortreffliches Lösungsmittel für Harze, fette Oele, Kautschuk, Schwefel, Phosphor u. s. w. Sein Dampf, eingeathmet, erzeugt Schwindel, Congestionen und heftiges Erbrechen; wegen dieser giftigen Eigenschaften, als auch seiner leichten Entzündlichkeit halber, ist beim Gebrauch grösserer Menge die höchste Vorsicht zu beobachten.

## Chloride des Schwefels.

Leitet man reines Chlor über trockne erhitzte Schwefelblumen, so erhält man Schwefelmonochlorid,  $S_2 Cl_2$ , als gelbe Flüssigkeit, die bei  $138^{\circ}$  siedet. Wenn man dieselbe mit Chlor in der Kälte behandelt, so entsteht das braunrothe, flüssige Schwefeldichlorid,  $S Cl_2$ , das beim Erhitzen in Chlor und die vorhergehende Verbindung zerfällt. Sättigt man diese Chloride mit Chlor bei  $-22^{\circ}$ , so wird soviel aufgenommen, dass das hellbraune, flüssige Schwefeltetrachlorid,  $S Cl_4$ , entsteht, das schon unter  $0^{\circ}$  anfängt sich zu zersetzen.

## S e l e n \*).

Atomgewicht 79 = Se. — Volumgewicht des Dampfes = 79.

Dieses seltene Element wurde 1817 von Berzelius entdeckt; es kommt in kleinen Mengen als Selenschwefel vor, häufiger mit Metallen verbunden, wie Bleiselenid,  $Pb\ Se$ , u. s. w.

7. Es existirt wie Schwefel in verschiedenen allotropischen Formen. Aus seinen Verbindungen, wie Selendioxid, wird es durch reducirende Körper, als rothes Pulver gefällt, das aus Schwefelkohlenstoff in durchscheinenden, monoklinen, dunkelrothen Prismen krystallisirt, welche das specifische Gewicht 4,5 haben. Beim Erhitzen erweichen sie allmähig ohne einen bestimmten Schmelzpunkt zu zeigen und beim raschen Abkühlen erhält man es als amorphe Masse, die ebenfalls in Schwefelkohlenstoff löslich ist.

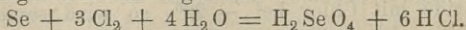
Erhitzt man das krystallisirte oder amorphe lösliche Selen längere Zeit auf  $100^{\circ}$ , so verwandelt es sich unter Erhitzung in eine bleigraue, krystallinische Masse, welche das specifische Gewicht 4,8 hat, in Schwefelkohlenstoff unlöslich ist, bei  $217^{\circ}$  schmilzt und beim raschen Erkalten wieder zu löslichem amorphen Selen wird.

Es kocht bei etwa  $700^{\circ}$  und bildet einen hochgelben Dampf, welcher an der Luft mit hellblauer Flamme verbrennt und dabei einen Geruch verbreitet, welcher an faulen Rettig erinnert.

2. Selendioxid,  $SeO_2$ , entsteht, wenn Selen in Sauerstoff oder an der Luft verbrennt. Es bildet vierseitige, glänzend weisse Nadeln, welche bei hoher Temperatur sich, ohne zu schmelzen, verflüchtigen und einen grüngelben Dampf bilden.

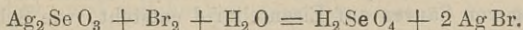
3. Erhitzt man es mit Wasser oder löst Selen in Salpetersäure auf, so erhält man selenige Säure,  $H_2SeO_3$ , welche in dem Salpeter ähnlichen Säulen krystallisirt, die sauer schmecken und beim Erhitzen in das Dioxid und Wasser zerfallen: Schwefelwasserstoff und andere reducirende Mittel scheiden aus seiner Lösung Selen als rothes Pulver ab. Die selenige Säure bildet den Sulfiten ähnliche Reihen von Salzen, welche Selenite genannt werden.

4. Selensäure,  $H_2SeO_4$ , bildet sich, wenn Chlor auf Selen oder selenige Säure in Gegenwart von Wasser einwirkt:



\*) Von  $\Sigma\epsilon\lambda\eta\gamma\eta$ , der Mond.

In derselben Weise werden Selenite in Selenate verwandelt. Die freie Selensäure erhält man am besten, indem man ein lösliches Selenit mit Silbernitrat fällt und das ausgewaschene Silberselemit mit Brom zersetzt:



Die wässrige Lösung wird durch vorsichtiges Eindampfen, zuletzt unter der Glocke der Luftpumpe concentrirt; man erhält so eine dicke, saure Flüssigkeit, die noch gegen 2,5 Wasser enthält und beim Erhitzen sich zersetzt unter Bildung von Selendioxyd, Wasser und Sauerstoff. Die Salze der Selensäure sind den Sulfaten sehr ähnlich.

Selenwasserstoff,  $\text{SeH}_2$ , entsteht beim Erhitzen von Selen in Wasserstoff und wenn man gewisse Selenide mit verdünnter Schwefelsäure zersetzt. Es ist ein farbloses Gas, das dem Schwefelwasserstoff ähnlich riecht, aber äusserst heftig auf die Augen, die Nase und die Lufttröhre wirkt und beschwerliche Schnupfenerscheinungen hervorruft. Aus Lösungen vieler Metallsalze fällt es, ähnlich wie Schwefelwasserstoff, unlösliche Selenide.

### T e l l u r \*).

Atomgewicht 125 = Te. — Volumgewicht des Dampfes 125.

Dieses seltene Element findet sich sowohl im freien Zustande als mit Metallen, Gold, Silber, Blei u. s. w., verbunden, besonders in Siebenbürgen, den Vereinigten Staaten und anderen Orten. Es ist zinnweiss, metallglänzend, hat das specifische Gewicht 6,24, schmilzt gegen  $500^0$  und bildet bei sehr hoher Temperatur einen goldgelben Dampf. An der Luft erhitzt verbrennt es mit blaugrüner Flamme zu Tellurdioxyd,  $\text{TeO}_2$ , ein weisser krystallinischer Körper, welcher sich in Wasser zu telluriger Säure löst,  $\text{H}_2\text{TeO}_3$ , der eine Reihe von Salzen, die Tellurite genannt werden, entsprechen. Schmilzt man Tellur oder ein Tellurit mit Salpeter, so entsteht Kaliumtellurat,  $\text{K}_2\text{TeO}_4$ . Die Tellursäure, welche man daraus darstellen kann, bildet sechseckige Prismen,  $\text{H}_2\text{TeO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ , die beim Erhitzen das Krystall-

\*) Von *Tellus*, die Erde.

wasser verlieren und eine undurchsichtige Masse von wasserfreier Tellursäure zurücklassen, die bei stärkerem Erhitzen in Tellurtrioxid,  $\text{TeO}_3$ , und Wasser zerlegt wird. Tellurwasserstoff,  $\text{TeH}_2$ , ist ein farbloses Gas, welches durch Einwirkung von Säuren auf Eisentellurid entsteht, wie Schwefelwasserstoff riecht und ein demselben ganz analoges Verhalten gegen Metallsalze zeigt.

Sauerstoff, Schwefel, Selen und Tellur bilden eine natürliche Gruppe von Elementen, welche dadurch charakterisirt ist, dass 1 Atom eines jeden der Glieder sich mit 2 Atomen Wasserstoff vereinigt, die Verbindungen  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{H}_2\text{Te}$  bildend.

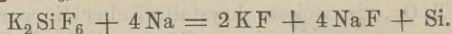
*Wiederholungsfrage  
F, Cl, Br, I,  
O, S, Se, Te,  
As, Sb, Bi, Hg, Hn.*

### S i l i c i u m (Kiesel).

Atomgewicht 28 = Si.

1. Das Silicium ist das nächst dem Sauerstoffe am häufigsten vorkommende Element und bildet einen Hauptbestandtheil der Erdkruste. Es findet sich nicht im freien Zustande, sondern immer mit Sauerstoff verbunden als Kieselerde, Siliciumdioxid,  $\text{SiO}_2$ , welches im reinen Zustande als Bergkrystall, Quarz, Feuerstein und als Gemengtheil vieler Felsarten auftritt, und mit Metalloxiden (dem Kohlendioxid ähnlich) eine Reihe von Salzen, Silicate genannt, bildet, welche den Hauptbestandtheil vieler Felsarten, besonders der krystallinischen Gesteine ausmachen.

2. Um reines Silicium darzustellen, erhitzt man Kieselfluorkalium,  $\text{K}_2\text{SiF}_6$ , mit Natrium:



Es findet eine heftige Reaction statt; nach dem Erkalten bringt man die Masse in Wasser, welches das Kaliumfluorid auflöst und Silicium in Form eines amorphen braunen Pulvers zurücklässt, das an der Luft erhitzt zu Siliciumdioxid verbrennt. Erhitzt man es unter Luftabschluss zum starken Glühen, so wird es dichter und oxydirt sich beim Erhitzen

3. weniger leicht. Setzt man bei Darstellung des Siliciums der Masse Zink zu, so löst sich das erstere in dem geschmolzenen

Metall und scheidet sich beim Erkalten in Krystallen aus, die man durch Behandeln mit verdünnten Säuren leicht vom Zink trennen kann. Krystallisirtes Silicium bildet glänzend stahlgraue Krystalle, welche Glas ritzen, das specifische Gewicht  $2,49$  haben, und welche bei einer Temperatur, die zwischen dem Schmelzpunkte von Gusseisen und dem von Stahl liegt, schmelzen.

### Siliciumdioxid oder Kieselerde, $\text{SiO}_2$ .

Die Kieselerde ist in der Natur sehr verbreitet und als  $\alpha$ .  $\gamma$ . Mineral unter dem Namen Quarz bekannt, welcher in hexagonalen Säulen auftritt und in reinem Zustande das specifische Gewicht  $2,6$  hat und sich in mehrfachen Abänderungen findet (Bergkrystall, Chalcedon, Achat, Feuerstein u. s. w.). Seltener findet sich die Kieselerde als Tridymit, der flache sechseitige Tafeln bildet, die das specifische Gewicht  $2,3$  haben. Kieseldioxid ist unlöslich in Wasser und allen Säuren, mit Ausnahme von Fluorwasserstoff; es schmilzt nur im Knallgasgebläse  $\beta$ . und erstarrt zu einer durchsichtigen, glasartigen Masse. Mischt man feingepulverten Quarz oder weissen Sand mit dem vierfachen Gewichte von Natriumcarbonat und erhitzt das Gemisch zum heftigen Glühen, so schmilzt es unter Entweichen von Kohlendioxid zu einer glasartigen Masse von Natriumsilicat, welche im kochenden Wasser löslich ist (Wasserglas); setzt  $\alpha$   $\beta$ . man Chlorwasserstoff zu dieser Lösung, so wird Kieselsäure,  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ , frei, welche sich zum Theil als gallertartige Masse ausscheidet, zum Theil in Wasser gelöst bleibt. Bringt man diese Lösung in ein flaches Gefäss, dessen Boden aus Pergamentpapier besteht, und lässt dasselbe auf einer grossen Menge von Wasser schwimmen, so gehen Natriumchlorid und überschüssige Salzsäure in das äussere Wasser über, und eine klare Lösung von reiner Kieselsäure bleibt zurück, welche man durch Eindampfen concentriren kann, bis der Gehalt von Kieselsäure auf 14 Procent gestiegen ist. Diese Lösung gesteht nach einiger Zeit zu einer durchsichtigen Gallerte. Man bezeichnet diese Trennung mit dem Namen Dialyse; dieselbe beruht darauf, dass das Pergamentpapier alle in Lösung befindlichen krystallinischen Verbindungen (Krystalloide) durchlässt, aber amorphem, gallertartigen Körpern (Colloide), wie



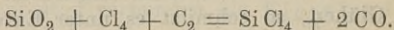
Gummi, Leim u. s. w., den Durchgang nicht gestattet. Die gallertartige Kieselsäure hinterlässt beim Trocknen ein feines, weisses Pulver von amorphem Siliciumdioxid, welches in Wasser unlöslich ist und das specifische Gewicht 2,2 hat. Künstlich dargestellte Silicate finden eine ausgebreitete Anwendung; die wichtigsten derselben sind Wasserglas, Glas, Porcellan u. s. w.

3. Siliciumwasserstoff,  $\text{SiH}_4$ , bildet sich, wenn Siliciummagnesium mit Salzsäure behandelt wird; es ist ein farbloses Gas, das an der Luft sich schon bei ganz gelindem Erwärmen entzündet und mit weisser Flamme zu Wasser und Siliciumdioxid verbrennt, welches letztere sich in ringförmigen Nebeln abscheidet.

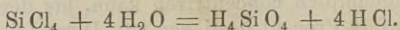
### Siliciumchlorid; $\text{SiCl}_4$ .

Moleculargewicht 169,48. — Volumgewicht 84,74.

Diese Verbindung entsteht, wenn Silicium in Chlorgas erhitzt wird; man stellt sie gewöhnlich dar, indem man trocknes Chlorgas über ein glühendes Gemisch von feinvertheiltem Siliciumdioxid und Holzkohle leitet; Chlor wirkt auf Siliciumdioxid allein nicht ein, aber in Gegenwart von Kohlenstoff bildet sich Siliciumchlorid und Kohlenoxid:



Der Apparat Fig. 40 a. f. S. dient zur Darstellung dieser Verbindung; das Chlorgas wird durch Schwefelsäure geleitet, um es vollständig zu trocknen, und kommt dann in der Porcellanröhre, die in einem Ofen zur Rothgluth erhitzt ist, mit dem Gemenge von Siliciumdioxid und Kohle in Berührung; das gebildete Siliciumchlorid verflüchtigt sich und wird in der gekühlten U-förmigen Röhre condensirt. Es ist eine farblose Flüssigkeit, welche bei  $59^0$  siedet, stechend riecht, und das specifische Gewicht 1,52 hat. Von Wasser wird es in Wasserstoffchlorid und Kieselsäure zersetzt:

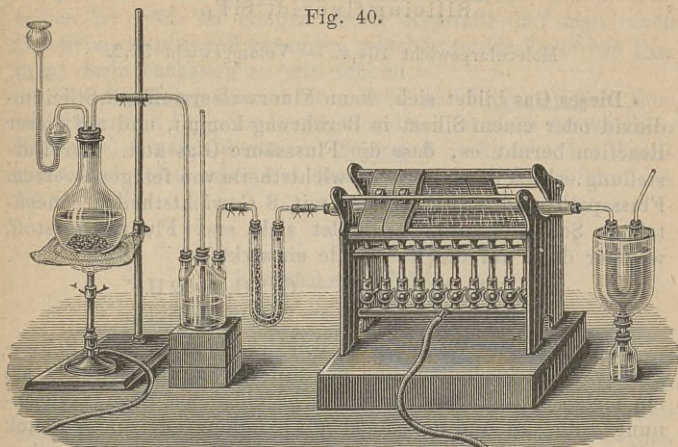


3. Wenn man seinen Dampf über geschmolzenes Silicium leitet, so entsteht das flüssige, bei  $146^0$  siedende Siliciumtrichlorid,  $\text{Si}_2\text{Cl}_6$ .

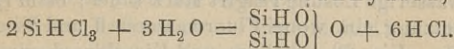
Leitet man trocknen Chlorwasserstoff über erwärmtes Silicium, so bildet sich neben Siliciumchlorid eine demselben ähnl-

liche, aber schon bei  $36^{\circ}$  siedende Flüssigkeit,  $\text{SiHCl}_3$ , welche man Siliciumchloroform genannt hat, da ihre Consti-

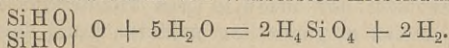
Fig. 40.



tution ganz ähnlich der von Chloroform ist. Dieser Körper ist äusserst entzündlich und verbrennt mit schwach leuchtender,  $\alpha$  grüner Flamme unter Ausstossen von dichten Wolken von Siliciumdioxid. Von Wasser wird es leicht zersetzt; ist dasselbe  $\beta$  durch Eis abgekühlt, so bildet sich ein weisses Pulver, das sogenannte Siliciumameisensäureanhydrid,  $\text{Si}_2\text{H}_2\text{O}_3$ :



Dasselbe ist ein sehr unbeständiger Körper, der in Gegenwart  $\gamma$  von Wasser schon bei gelindem Erwärmen Zersetzung erleidet, wobei unter Entweichen von Wasserstoff Kieselsäure entsteht:

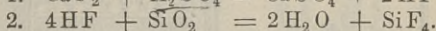
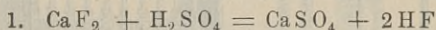


Wird der Dampf von Siliciumchlorid durch eine mit Feldspathstücken gefüllte und bis nahe zum Schmelzpunkt des Feldspathes erhitzte Porcellanröhre geleitet, so entsteht Siliciumoxychlorid,  $\begin{matrix} \text{SiCl}_3 \\ \text{SiCl}_3 \end{matrix} \text{O}$ , eine farblose, an der Luft  $\delta$  rauchende Flüssigkeit, welche bei  $137^{\circ}$  siedet und die sich mit Wasser zu Salzsäure und Kieselsäure umsetzt. Bei dieser Reaction giebt der Feldspath Sauerstoff ab und das austretende Chlor verbindet sich mit dem Kalium des Minerals zu Kaliumchlorid.

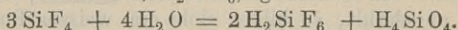
Siliciumfluorid,  $\text{SiF}_4$ .

Moleculargewicht 104,4. — Volumgewicht 52,2.

1. Dieses Gas bildet sich, wenn Fluorwasserstoff mit Siliciumdioxid oder einem Silicat in Berührung kommt, und auf dieser Reaction beruht es, dass die Flusssäure Glas ätzt. Zur Darstellung erhitzt man gleiche Gewichtstheile von feingepulvertem Flussspath und weissem Sand mit 8 Gewichtstheilen concentrirter Schwefelsäure; es bildet sich erst Fluorwasserstoff, welcher dann auf die Kieselerde einwirkt:



Das gebildete Wasser wird von der überschüssigen Schwefelsäure zurückgehalten, und das Siliciumfluorid entweicht als ein farbloses Gas, welches weder brennbar ist noch Verbrennung unterhält und durch starke Abkühlung oder unter Druck sich zu einer farblosen Flüssigkeit verdichtet; es muss über Quecksilber aufgefangen werden, da es sich mit Wasser augenblicklich zersetzt unter Abscheidung von gallertartiger Kieselsäure und einer eigenthümlichen Säure, welche Kieselfluorwasserstoffsäure,  $\text{H}_2\text{SiF}_6$ , genannt wird:



Die wässerige Lösung reagirt stark sauer; beim Eindampfen tritt Zersetzung ein, wobei Fluorwasserstoff und Siliciumfluorid entweichen. Kieselfluorkalium und Kieselfluorbarium sind unlöslich in Wasser; hierauf beruht die Anwendung der Säure zur Darstellung von Chlorsäure und als Scheidungsmittel.

## B o r.

Atomgewicht 11 = B.

Das Bor findet sich in der Natur als Borsäure, als Natriumborat oder Borax und in verschiedenen anderen Mineralien. Erhitzt man Bortrioxid,  $\text{B}_2\text{O}_3$ , mit Natrium, so erhält man reines Bor als ein amorphes, grünbraunes Pulver; dasselbe löst sich in geschmolzenem Aluminium auf und scheidet sich daraus beim Erkalten in beinahe farblosen octoö-

drischen Krystallen aus, welche diamantglänzend und so hart sind, dass sie den Rubin ritzen; das specifische Gewicht derselben ist 2,68. In einigen dieser Krystalle hat man einen Gehalt an Kohlenstoff gefunden, welcher in der Form von Diamant darin enthalten zu sein scheint.

Bor verbrennt beim starken Erhitzen in Sauerstoff zu Bortrioxid und in Chlor zu Bortrichlorid; es ist eines der wenigen Elemente, die sich direct mit Stickstoff verbinden; bei Weissgluth absorbirt amorphes Bor dieses Gas und bildet das Nitrid, B N.

### Borsäure, $H_3BO_3$ .

Diese Verbindung kommt im freien Zustande in vulcanischen Kratern vor, auf der Insel Volcano in den Liparen, in Californien, besonders aber in den Maremmen von Toscana, wo aus alten vulcanischen Erdspalten fortwährend Ströme von Gasen und Wasserdampf ausströmen, welche suffioni genannt werden und in denen kleine Mengen von Borsäure enthalten sind, welche sich in den durch Condensation des Wasserdampfes gebildeten Lagunen verdichten. Diese Lösung wird concentrirt durch Eindampfen in flachen Gefässen, welche durch die heissen Dampfströme erwärmt werden, bis die Borsäure auskrystallisirt. Eine der Lagunen, die Lago zolforeo genannt wird, producirt allein täglich gegen 1500 kg Borsäure.

Natriumborat findet sich als Mineral in Tibet und in Californien unter dem Namen Tinkal oder Borax. Um daraus reine Borsäure darzustellen, zersetzt man seine heisse Lösung mit Salzsäure oder Schwefelsäure, beim Erkalten scheidet sich Borsäure krystallisirt aus, in Form von farblosen Blättchen, welche sich fettig anfühlen und wenig in kaltem, leichter in heissem Wasser löslich sind; Borsäure löst sich in Weingeist, und diese Lösung brennt mit schön grüner Flamme; dieselbe Färbung ertheilt die Säure der Löthrohrflamme. Beim Erhitzen verliert die Borsäure Wasser und schmilzt bei Rothgluth zu einer glasigen Masse von Bortrioxid oder Borsäureanhydrid,  $B_2O_3$ . Die Borsäure kann durch die grüne Flammenfärbung erkannt werden und daran, dass ihre Lösung gelbes Curcumapapier bräunt und Lackmuspapier schwach röthet. Die Alkalien haben ebenfalls die Eigenschaft, Curcumapapier zu bräunen; Säuren stellen die gelbe Farbe des von

Alkalien veränderten wieder her, während das von Borsäure gefärbte durch Salzsäure tiefer braun und nach dem Trocknen, mit Alkalien befeuchtet, blau wird.

3 Die Borsäure ist eine sehr schwache Säure, es ist schwierig, allen Wasserstoff durch Metalle zu ersetzen, und die meisten Salze müssen als Verbindungen von Borsäure oder Bortrioxid mit Boraten betrachtet werden.

Erhitzt man Bortrioxid mit fein vertheiltem Magnesium, so bildet sich Magnesiumborid, welches durch Salzsäure unter 6./Entwicklung von Borwasserstoff,  $BH_3$ , zersetzt wird. Dieses Gas ist bis jetzt noch nicht rein erhalten worden; es riecht äusserst widerlich, erzeugt Uebelkeit und Kopfweh und verbrennt mit schön grüner Flamme.

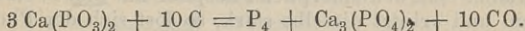
7./ Bor verbindet sich mit Chlor zu Bortrichlorid,  $BCl_3$ , und mit Fluor zu Bortrifluorid,  $BF_3$ ; man stellt diese Verbindungen auf dieselbe Weise dar, wie die entsprechenden Siliciumverbindungen, mit welchen sie grosse Aehnlichkeit zeigen, trotz der etwas verschiedenen chemischen Constitution. Das Bortrifluorid ist ein Gas, welches sich mit Wasser in Borsäure und Borfluorwasserstoff,  $BF_4$ , umsetzt.

## P h o s p h o r .

Atomgewicht 30,96 = P. — Volumgewicht des Dampfes 61,92.

1 Der Phosphor kommt in der Natur nicht im freien Zustande, sondern hauptsächlich als Calciumphosphat (phosphorsaurer Kalk) vor, im Mineralreich als Apatit und Phosphorit und in den Pflanzen vorzugsweise in den Samen; im Thierreiche bildet diese Verbindung den Hauptbestandtheil des Knochengerüsts. Kleine Mengen von Calciumphosphat finden sich in den ältesten krystallinischen Gesteinen, durch deren Verwitterung fruchtbarer Boden gebildet wird, aus welchem die Pflanzen es aufnehmen, und von den Pflanzen gelangt es in das Thierreich, wo es sich in den Knochen anhäuft, aber auch einen nothwendigen Bestandtheil des Gehirns und Rückenmarks bildet. Der Phosphor wurde 1669 zufällig von Brand in Hamburg entdeckt, der ihn aus Urin darstellte, welcher immer Phosphate enthält; aber erst 1769 fand Gahn, dass er in den Knochen enthalten ist und 1775 zeigte Scheele, wie man ihn daraus gewinnen kann.

Zur Darstellung des Phosphors werden 3 Thle. Knochen-<sup>2</sup>asche mit 2 Thln. Schwefelsäure und 15 bis 20 Thln. Wasser gemischt; es bildet sich unlösliches Calciumsulfat (Gyps) und eine Lösung von saurem Calciumphosphat, welche klar abgegossen wird. Man verdampft dieselbe zur Syrupsdicke, mengt sie innig mit Holzkohlenpulver, trocknet und erhitzt die Masse in Thonretorten, deren Hals in Wasser taucht; der freiwerdende Phosphor verflüchtigt sich und sammelt sich unter dem Wasser an; dabei entweicht Kohlenoxid und in der Retorte bleibt Calciumphosphat zurück:



Der so erhaltene rohe Phosphor wird gereinigt, indem man ihn unter Wasser schmilzt, die geschmolzene Masse durch Leder presst, um Kohletheilchen u. s. w. zurückzuhalten, und in Stangen gegossen in den Handel gebracht. Seine Hauptverwendung findet derselbe in der Anfertigung der Zündhölzer.

Phosphor ist ein schwachgelblicher, halbdurchsichtiger, <sup>3 zelt</sup> fester Körper, bei gewöhnlicher Temperatur weich wie Wachs, in der Kälte spröde. Das spezifische Gewicht ist 1,83; er <sup>α</sup> schmilzt bei 44° zu einer farblosen Flüssigkeit, kocht bei 290° und bildet einen farblosen Dampf. An der Luft giebt er weisse Dämpfe aus, die einen eigenen knoblauchartigen Geruch haben und im Dunkeln leuchten ( $\varphi\omega\varsigma$ , Licht,  $\varphi\acute{\epsilon}\rho\omega$ , ich trage). Er oxydirt sich dabei und, wenig über seinen Schmelzpunkt erhitzt, entzündet er sich und verbrennt mit glänzend weisser Flamme zu Phosphorpentoxid,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; diese Entzündung wird <sup>β</sup> durch gelinde Reibung und selbst durch die Wärme der Hand herbeigeführt, weshalb man sehr vorsichtig damit umgehen muss und ihn am besten immer unter Wasser in Stücke schneidet. Wegen seiner leichten Oxydirbarkeit muss er unter Wasser aufbewahrt werden, in welchem er unlöslich ist; in Oelen löst <sup>γ</sup> er sich, besonders reichlich aber in Schwefelkohlenstoff, und krystallisirt beim Verdampfen dieser Lösung in diamantglänzenden Krystallen des regelmässigen Systems.

Erhitzt man den gelben Phosphor mehrere Stunden auf 240° in einer Atmosphäre, welche nicht chemisch darauf ein- <sup>4 wll.</sup>wirkt (wie Kohlendioxid oder Wasserstoff), so erleidet er eine merkwürdige Veränderung; er verwandelt sich in eine dunkelrothe, undurchsichtige Masse, welche genau so viel wiegt, als der angewandte gelbe Phosphor. Man nennt diese allotropische Modification rothen oder amorphen Phosphor. Der rothe

3. Phosphor ist unlöslich in Schwefelkohlenstoff, oxydirt sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht an der Luft und entzündet sich erst bei 240°, bei welcher Temperatur er sich in gewöhnlichen Phosphor verwandelt. Das specifische Gewicht der amorphen Form ist 2,10. <sup>mit</sup>

Erhitzt man ein Stückchen gewöhnlichen Phosphor in einer trockenen Glasröhre mit einer Spur Jod, so verbinden sich dieselben, das Phosphorjodid verpflichtigt sich und der überschüssige Phosphor wird dabei in die rothe Modification übergeführt.

Schmilzt man den amorphen Phosphor mit Blei in eine Glasröhre ein und erhitzt dieselbe stark, so löst sich der Phosphor im geschmolzenen Blei auf und scheidet sich beim Erkalten als metallischer Phosphor, in dunkel metallglänzenden Krystallen aus, die das specifische Gewicht 2,34 haben.

Phosphor bildet vier Oxide, das Phosphoroxid,  $P_4O$ , Phosphortrioxid,  $P_2O_3$ , Phosphortetroxid,  $P_2O_4$ , und Phosphorpentoxid,  $P_2O_5$ .

#### Phosphoroxid, $P_4O$ .

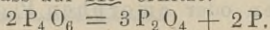
Diese Verbindung bildet sich, neben anderen Oxidationsproducten, wenn Phosphor mit Phosphorchlorid übergossen, der Einwirkung der Luft ausgesetzt wird und ist ein orange-gelbes Pulver, welches sich an feuchter Luft oxydirt und beim Erhitzen sich entzündet. Wird es bei Luftabschluss auf 300° erhitzt, so wird es schön scharlachroth, und bei 350° zerfällt es in Phosphor und Phosphorpentoxid.

#### Phosphortrioxid, $P_4O_6$ .

Wenn man Phosphor bei beschränktem Luftzutritt erhitzt, <sup>2.</sup> verbrennt er mit grünlicher Flamme und Phosphortrioxid sublimirt in federförmigen Krystallen, welche knoblauchartig riechen und sich an der Luft zu dem Pentoxid oxydiren. Es schmilzt schon bei 22,5° und siedet unter Luftabschluss bei 173°; sein Dampf hat das Volumgewicht 109,8, woraus sich obige Molecularformel ergibt. In Wasser löst es sich langsam unter Bildung von phosphoriger Säure.

#### Phosphortetroxid, $P_2O_4$ .

Dasselbe entsteht ebenfalls bei unvollständiger Verbrennung des Phosphors, sowie auch, wenn man das Trioxid in einem verschlossenen Gefäß auf 440° erhitzt:



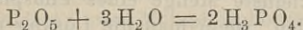
Es bildet stark lichtbrechende Krystalle, die bei etwa 180° sich verflüchtigen, an der Luft rasch zerfliessen und sich in Wasser unter Bildung von Phosphorsäure und phosphoriger Säure lösen, weshalb es als eine Verbindung des Trioxids mit dem Pentoxid anzusehen ist.

Phosphorpentoxid oder Phosphorsäure-  
anhydrid,  $P_2O_5$ .

Dieses Oxid, welches immer entsteht, wenn Phosphor in  $\alpha$  überschüssigem Sauerstoff verbrennt, ist ein weisses, leichtes Pulver, das beim Erhitzen sich, ohne zu schmelzen, verflüchtigt und in einer Probirrhöhre sublimirt werden kann. Um dasselbe darzustellen, verbrennt man Phosphorstückchen unter  $\beta$  einer Glasglocke oder in einem Cylinder von Eisenblech, durch den ein Luftzug streicht und dessen unteres Ende trichterförmig ist, um das gebildete Oxid in einer Flasche aufsammeln zu können. Phosphorpentoxid ist äusserst hygroscopisch, d. h.  $\gamma$  es zieht mit grosser Begierde den Wasserdampf der Luft an und zerfliesst zu Metaphosphorsäure,  $HPO_3$ , weshalb es als vortreffliches Trockenmittel für Gase häufig im Laboratorium Verwendung findet.

Dreibasische Phosphorsäure oder Orthophosphor-  
säure,  $PO(OH)_3$ .  
 $H_3PO_4$

Phosphorpentoxid löst sich in Wasser unter starker Er-  $\delta$  wärmung und mit zischendem Geräusch auf; kocht man diese Lösung, so enthält sie Phosphorsäure, welche, wenn genügend eingedampft, beim Erkalten in durchsichtigen, prismatischen Krystallen erstarrt:



Dieselbe Verbindung erhält man, wenn amorpher Phosphor mit Salpetersäure erhitzt wird; derselbe löst sich allmählig unter Entwicklung rother Dämpfe, aus den Oxiden des Stick-  $\beta$  stoffs bestehend, auf. Kocht man diese Lösung, so entweicht die überschüssige Salpetersäure und eine farblose Lösung von Phosphorsäure bleibt zurück. Das entsprechende Calciumsalz,  $\gamma$   $Ca_3(PO_4)_2$ , welches in der Knochenasche und verschiedenen Mineralien vorkommt, bildet die Hauptquelle für alle Phosphorverbindungen. Behandelt man dasselbe mit Schwefelsäure, dampft die erhaltene Lösung ein und wiederholt diese Operation verschiedene Male, so scheidet sich nach und nach alles



Calcium in Form von Gyps aus und man erhält eine Lösung von Phosphorsäure; setzt man zu dieser Lösung Natriumcarbonat, so entweicht Kohlendioxid und die Flüssigkeit enthält, sobald sie Lackmuspapier nicht mehr röthet, das Salz  $H(Na)_2PO_4 + 12H_2O$ , welches beim Eindampfen in grossen, wasserhellen Prismen krystallisirt. Dieses einfach saure Natriumphosphat ist das unter dem Namen phosphorsaures Natron im Handel vorkommende Salz. Setzt man zu einer Lösung desselben Aetznatron, so erhält man beim Verdampfen kleine Nadeln von normalem Natriumphosphat,  $Na_3PO_4 + 12H_2O$ . Mischt man eine Lösung des gewöhnlichen Phosphats mit einer Lösung von Phosphorsäure, so bildet sich zweifach saures Natriumphosphat,  $H_2NaPO_4 + 4H_2O$  (saures phosphorsaures Natron oder Natriumsuperphosphat). Man kann also in der dreibasischen Phosphorsäure ein Atom Wasserstoff nach dem anderen durch Natrium ersetzen und erhält so die folgende Reihe von Phosphaten:

Zweifach saures Natriumphosphat . . .  $H_2NaPO_4$

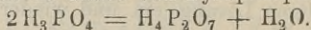
Einfach saures Natriumphosphat . . .  $HNa_2PO_4$

Normales Natriumphosphat . . . . .  $Na_3PO_4$ .

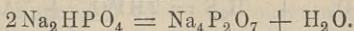
Man kann aber auch die drei Wasserstoffatome durch verschiedene Metalle ersetzen; das sogenannte Phosphorsalz, welches bei Löthrohrversuchen häufig gebraucht wird, ist z. B.  $HNa(NH_4)PO_4 + 4H_2O$ . Die dreibasische Phosphorsäure und deren Salze können leicht dadurch erkannt werden, dass ihre Lösungen mit einer Lösung von Silbernitrat zusammengebracht einen gelben Niederschlag von normalem Silberphosphat,  $Ag_3PO_4$ , geben; mit Ammoniak, Ammoniumchlorid und Magnesiumsulfat erzeugen dieselben einen weissen, krystallinischen Niederschlag von Ammonium-Magnesiumphosphat,  $NH_4MgPO_4 + 6H_2O$ . Die kleinste Menge eines Phosphates kann leicht aufgefunden werden, wenn man die Lösung mit Salpetersäure und Ammoniummolybdat erwärmt, wobei sich ein gelber Niederschlag von Ammoniumphosphomolybdat bildet.

Pyrophosphorsäure,  $H_4P_2O_7$ .

Wird die dreibasische Phosphorsäure längere Zeit auf  $240^\circ$  erhitzt, so verwandelt sie sich unter Abgabe von Wasser in eine krystallinische Masse von Pyrophosphorsäure:



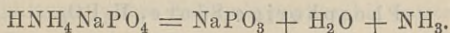
Natriumpyrophosphat wird auf dieselbe Weise durch Glühen des gewöhnlichen Natriumphosphats erhalten:



Die Pyrophosphorsäure verwandelt sich in wässriger Lösung nach kurzer Zeit wieder in dreibasische Phosphorsäure; die Salze dagegen sind beständiger und können leicht umkrystallisirt werden. Die Pyrophosphate geben mit Silbernitrat-Lösung einen weissen Niederschlag von Silberpyrophosphat,  $\text{Ag}_4\text{P}_2\text{O}_7$ . Die Pyrophosphorsäure ist vierbasisch, die vier Wasserstoffatome lassen sich ganz oder theilweise durch verschiedene Metalle ersetzen, das saure Natriumpyrophosphat z. B. ist  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ .

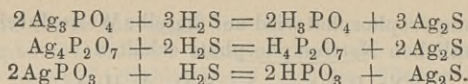
### Metaphosphorsäure, $\text{HPO}_3$ .

Verdampft man eine Lösung von Phosphorsäure und glüht den Rückstand, so bleibt eine glasartige Masse von Metaphosphorsäure zurück; dieselbe löst sich leicht in Wasser, verwandelt sich aber in dieser Lösung bald wieder in dreibasische Phosphorsäure. Die Metaphosphate dagegen sind beständig in wässriger Lösung. Natriummetaphosphat wird erhalten, wenn man Phosphorsalz zum Glühen erhitzt.



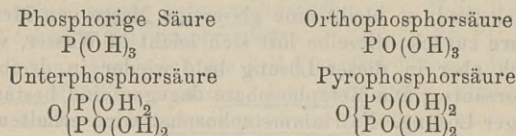
Die Lösungen der Metaphosphate geben mit Calcium und Silbersalzen weisse, gallertartige Niederschläge, wodurch sie sich von den zwei vorhergehenden Classen von Phosphaten unterscheiden, welche pulverige Niederschläge erzeugen. Eine Lösung von Eiweiss wird von dreibasischer Phosphorsäure nicht verändert, von Metaphosphorsäure wird dieselbe coagulirt.

Die Phosphorsäure tritt also in drei verschiedenen Modificationen auf, oder vielmehr es existiren drei Phosphorsäuren, welche sich durch ihre Zusammensetzung und ihre Eigenschaften scharf von einander unterscheiden; eine jede derselben bildet eine besondere Classe von Salzen und unter diesen sind besonders die Silbersalze charakteristisch; bringt man dieselben in Wasser und leitet Schwefelwasserstoff ein, so bildet sich Silbersulfid und eine reine wässrige Lösung der Säure:



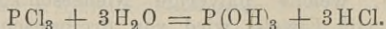
Unterphosphorsäure,  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$ .

1. Wenn man Phosphorstücke, die zum Theil in Wasser eingetaucht sind, der Luft aussetzt, so bildet sich eine dicke saure Lösung, welche phosphorige Säure, Phosphorsäure und Unterphosphorsäure enthält. Die letztere lässt sich leicht von den beiden anderen trennen, da sie ein schwer lösliches
2. saures Natriumsalz,  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6$ , bildet. Die freie Säure, welche man durch Zersetzung des unlöslichen Bleisalzes mit Schwefelwasserstoff erhält, ist nur in wässriger Lösung bekannt, welche rein sauer schmeckt und nicht ohne Zersetzung concentrirt werden kann, da die Säure leicht, selbst beim Aufbewahren der Lösung, in phosphorige Säure und Pyrophosphorsäure zerfällt. Ihre chemische Constitution ist daher ähnlich der letzteren, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

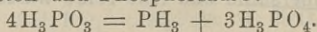


Phosphorige Säure,  $\text{H}_3\text{PO}_3$ .

1. < Dieselbe entsteht, neben Unterphosphorsäure und Phosphorsäure, wenn sich Phosphor an feuchter Luft oxydirt. Rein erhält man sie durch Zersetzung des Phosphortrichlorids mit Wasser:



Man gewinnt sie daher am einfachsten, indem man Chlor zu geschmolzenen und mit Wasser übergossenen Phosphor leitet. Mit dem Einleiten muss man aufhören, ehe aller Phosphor sich gelöst hat, da sonst das Chlor die phosphorige Säure zu Phosphorsäure oxydiren würde. Wenn man die Lösung concentrirt und zuletzt auf  $180^\circ$  erhitzt, so bleibt ein dickflüssiger Rückstand, der allmähig zu Krystallen erstarrt, welche bei  $70^\circ$  schmelzen, scharf knoblauchartig schmecken und an feuchter Luft rasch zerfließen. Beim Erhitzen zerfällt die Säure in Phosphorwasserstoff und Phosphorsäure:



Unterphosphorige Säure,  $H_3PO_2$ .

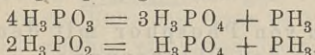
3.

Kocht man Kalkmilch oder eine concentrirte Lösung von Aetzbaryt mit Phosphor, so erhält man eine Lösung von Calcium- oder Baryumhypophosphit und Phosphorwasserstoff entweicht; setzt man zu dem Baryumsalz Schwefelsäure, so scheidet sich unlösliches Baryumsalz aus, und die Lösung enthält freie unterphosphorige Säure,  $H_3PO_2$ , welche durch Abdampfen concentrirt eine farblose, sehr saure, syrupartige Flüssigkeit darstellt, welche beim Abkühlen zu einer krystallinischen Masse erstarrt. Beim Erhitzen zersetzt sie sich zu Phosphorsäure  $\beta$  und Phosphorwasserstoff; von den drei Atomen Wasserstoff lässt sich nur eins durch Metalle ersetzen; sie ist also eine einbasische Säure.

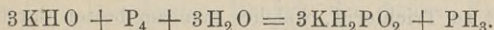
Phosphorwasserstoff oder Phosphin,  $PH_3$ .

Moleculargewicht 33,96. — Volumgewicht 16,98.

Diese Verbindung erhält man durch Erhitzen von phosphoriger und unterphosphoriger Säure:  $\alpha$  1.



Sie ist ein farbloses Gas, das unangenehm wie faule Fische riecht. Gewöhnlich stellt man es dar durch Kochen von Phosphor mit Kalilauge, wobei Kaliumhypophosphit entsteht:  $\beta$



Jede Blase des so erhaltenen Gases entzündet sich an der Luft von selbst und verbrennt zu Phosphorsäure, welche in Gestalt regelmässiger Nebelringe aufsteigt. Diese Selbstentzündlichkeit (besitzt das aus phosphoriger Säure dargestellte Gas nicht); dieselbe rührt von einer kleinen Menge von flüssigem Phosphorwasserstoff,  $P_2H_4$ , her, welchen man zu einer farblosen, selbstentzündlichen Flüssigkeit verdichten kann, wenn man das Gas durch eine von einer Kältemischung umgebene Röhre leitet.

Phosphorwasserstoff verbindet sich mit trockenem Jodwasserstoff zu einer festen, weissen, in Würfeln krystallisirenden Verbindung, welche Phosphoniumjodid,  $PH_4J^*$ , genannt 2.

\*) Phosphoniumjodid erhält man leicht auf folgende Weise. Man löst in einer kleinen Retorte 100 Theile Phosphor in Schwefelkohlen-

α. wird. Diese Verbindung wird durch Wasser wieder in ihre Bestandtheile zerlegt. Man benutzt letztere Reaction, um chemisch reinen Phosphorwasserstoff darzustellen, da das nach den anderen Methoden erhaltene Gas stets mehr oder weniger freien Wasserstoff enthält. Das Jodphosphonium wird in ein <sup>β</sup>kleines Kölbchen gebracht, und man lässt darauf aus einer mit einem Hahn versehenen Kugelhöhre tropfenweise Kalilauge fließen, um die Bildung von freiem Jodwasserstoff zu vermeiden. Der so erhaltene Phosphorwasserstoff enzündet sich von selbst erst beim Erwärmen oder in Berührung mit Bromwasser oder salpetrige Säure enthaltender Salpetersäure.

3. Die Zusammensetzung des Phosphorwasserstoffs lässt sich auf dieselbe Weise nachweisen, wie die des Ammoniaks (S. 68, Fig. 25). Da Platin von Phosphor angegriffen wird, so lässt man den Funken zwischen Kohlenspitzen überschlagen. Nach kurzer Zeit bekleidet sich das Rohr mit braunem Phosphor, und wenn die Zersetzung vollendet ist, so findet man allen Phosphorwasserstoff verschwunden und an seiner Stelle ein gleiches Volum von reinem Wasserstoff.

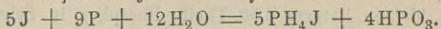
### Verbindungen von Phosphor mit den Elementen der Chlorgruppe.

I. Cl.

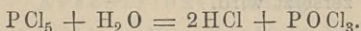
1. Phosphortrichlorid,  $\text{PCl}_3$ . Bringt man gewöhnlichen Phosphor in trocknes Chlor, so entzündet sich derselbe und verbrennt zu Trichlorid, welches man am besten darstellt, indem man das Gas über erhitzten, amorphen Phosphor leitet. Es ist eine farblose, erstickend riechende und an der Luft rauchende Flüssigkeit, die das spezifische Gewicht 1,613 hat und bei  $76^\circ$  siedet; dieselbe sinkt in Wasser unter und zersetzt sich bald damit in Chlorwasserstoff und phosphorige Säure.

2. Phosphorpentachlorid,  $\text{PCl}_5$ , entsteht, wenn Phosphor in einem Ueberschuss von Chlor verbrannt wird, oder <sup>β</sup>wenn man Chlor in Phosphortrichlorid leitet; diese Verbindung ist ein gelblichweisser, krystallinischer Körper, der sich mit

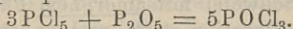
stoff, setzt allmählig 170 Theile Jod hinzu, verjagt dann den Schwefelkohlenstoff durch Erwärmen, setzt zu dem Rückstande nach und nach 60 Theile Wasser, und erhitzt, wenn die heftige Reaction vorbei ist, wodurch das Phosphoniumjodid in krystallinischen Krusten sublimirt:



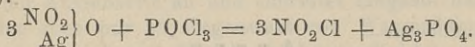
Wasserüberschuss zu Chlorwasserstoff und Phosphorsäure umsetzt; mit wenig Wasser aber entsteht Phosphoroxychlorid,  $\text{POCl}_3$ :



3 Phosphoroxychlorid oder Phosphorylchlorid,  $\alpha$   $\text{POCl}_3$ , erhält man leicht ganz rein, wenn man Phosphorpentachlorid mit Phosphorpentoxid erhitzt:



Es ist eine farblose, an der Luft rauchende Flüssigkeit, die bei  $107^\circ$  siedet und auf  $-10^\circ$  abgekühlt zu blättrigen Krystallen erstarrt, die wieder bei  $1,5^\circ$  schmelzen. Man benutzt  $\beta$  dieselbe, sowie die zwei Chloride des Phosphors, um Chlor in andere Verbindungen einzuführen. Bringt man Silbernitrat mit Phosphoroxychlorid zusammen, so bildet sich Nitroxylchlorid  $\gamma$  (s. S. 65):

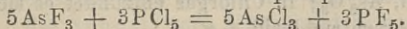


Phosphortribromid,  $\text{PBr}_3$ , entsteht unter lebhafter  $\alpha$  Reaction, wenn man Brom mit amorphem Phosphor zusammenbringt; es ist eine wasserhelle, bewegliche Flüssigkeit, die bei  $175^\circ$  siedet und dem Trichlorid sich ganz ähnlich verhält. Es verbindet sich in der Kälte mit Brom zu Phosphorpentabromid,  $\text{PBr}_5$ , welches ein citronengelber, krystallinischer  $\beta$  Körper ist, der bei  $100^\circ$  wieder in Brom und das Tribromid zerfällt.

Phosphordijodid,  $\text{P}_2\text{J}_4$ , erhält man durch Zusammen-  $\alpha$  bringen der berechneten Mengen der beiden Elemente in Schwefelkohlenstofflösung und bildet lange, orangerothe Krystalle, welche bei  $110^\circ$  schmelzen. Bei Anwendung von mehr Jod bildet sich Phosphortrijodid,  $\text{PJ}_3$ , das in rothen  $\beta$  sechsseitigen Blättchen krystallisirt, welche bei  $55^\circ$  schmelzen und sich bei niedriger Temperatur mit Jod zu Phosphorpentajodid,  $\text{PJ}_5$ , verbinden, eine schwarzrothe, krystallinische Masse, welche bei  $50^\circ$  wieder in Jod und das Trijodid zerfällt.

1. Phosphortrifluorid,  $\text{PF}_3$ , entsteht durch Einwirkung  $\alpha$  von Arsen trifluorid auf Phosphortrichlorid und ist ein Gas, das durch Druck und Kälte verflüssigt wird und von Wasser nur langsam in Flusssäure und phosphorige Säure zersetzt wird.

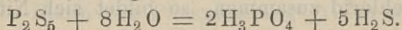
2. Phosphorpentafluorid,  $\text{PF}_5$ , entsteht durch Einwirkung von Arsen trifluorid auf Phosphorpentachlorid:



Es ist ein farbloses Gas, das sehr heftig riecht und die Schleimhäute angreift, indem es von Wasser in Flusssäure und Phosphorsäure zersetzt wird.

### Phosphor und Schwefel.

1. Erhitzt man Schwefel mit amorphem Phosphor, so findet eine sehr heftige Reaction statt, und es entstehen, je nach den angewandten Mengenverhältnissen, Phosphoresulfid,  $P_4S_3$ , Phosphordisulfid,  $P_3S_6$ , oder Phosphorpentasulfid,  $P_2S_5$ , welche aus Schwefelkohlenstoff in gelben Prismen krystallisiren. Das Pentasulfid wird von Wasser zersetzt nach der Gleichung:



### A r s e n .

Atomgewicht 74,9 = As. — Volumgewicht des Dampfes 149,8.

1.  $\alpha$  Dieses Element zeigt in seinem chemischen Verhalten die grösste Aehnlichkeit mit Phosphor; seinen physikalischen Eigenschaften nach, wie specifisches Gewicht, Glanz u. s. w., nähert es sich den Metallen, und man kann dasselbe als das Verbindungsglied der zwei Gruppen, in welche die einfachen Stoffe zerfallen, betrachten; auf der einen Seite schliesst es sich an Phosphor und Stickstoff, auf der anderen an Antimon und Wismuth an. Arsen kommt in der Natur im gediegenen Zustande, häufiger aber in Verbindung mit Eisen, Nickel, Kobalt und Schwefel in verschiedenen Mineralien vor und ist in kleiner Menge in einigen Mineralwassern enthalten.
2.  $\alpha$  Man erhält dasselbe, indem man Arsenkies,  $Fe_2S_2As$ , in irdenen Röhren erhitzt; das Arsen verflüchtigt sich und wird in Blechröhren condensirt. Um es zu reinigen, sublimirt man es unter Zusatz von Kohlepulver; man erhält es so in hellgrauen, metallglänzenden Rhomboëdern, die an der Luft durch Oxydation anlaufen und das specifische Gewicht 5,7 haben.
- $\beta$  Bei dunkler Rothgluth, unter Abschluss der Luft erhitzt, verflüchtigt es sich, ohne vorher zu schmelzen, und bildet einen citronengelben Dampf, der eigenthümlich knoblauchartig riecht; an der Luft erhitzt, verbrennt es mit bläulicher Flamme zu Arsentrioxid,  $As_2O_3$ ; in Chlorgas entzündet es sich von selbst und bildet Arsentrichlorid.  $As_2Cl_3$

## Oxide des Arsens.

Arsentrioxid,  $\text{As}_4\text{O}_6$ .

Moleculargewicht 395,4. — Volumgewicht des Dampfes 197,7.

Diese Verbindung, welche unter dem Namen weisser  $\alpha$ . Arsenik oder arsenige Säure bekannt ist, wird im Grossen durch Rösten arsenhaltiger Erze gewonnen; der Dampf wird in langen Canälen oder Thürmen condensirt; es bildet ein weisses krystallinisches Pulver, welches durch Sublimation bei hoher Temperatur sich in eine durchsichtige, glasartige Masse verwandelt; es ist dies die amorphe Form; dieselbe geht nach und nach in eine weisse porcellanartige Masse über, indem sie wieder krystallinisch wird. Diese Umwandlung fängt an der Aussenseite an und schreitet langsam nach Innen fort, findet aber nur in Gegenwart von Wasserdampf statt; indem derselbe sich auf dem Arsenglas verdichtet, so löst er etwas auf, das aber bald wieder auskrystallisirt, weil die krystallinische Form in Wasser weniger löslich ist als die amorphe. Die Mutterlauge wirkt dann wieder lösend auf die nächste Schichte und so geht die Umwandlung bis in den Kern hinein voran. In heisser Salzsäure löst sich das Arsentrioxid leicht  $\beta$ . auf und scheidet sich beim Erkalten in farblosen, glänzenden Krystallen des regelmässigen Systems aus; zuweilen tritt es auch in rhombischen Prismen von derselben Form wie Antimontrioxid auf und ist also dimorph; das Arsentrioxid hat  $2$ . das specifische Gewicht 3,7; bei  $220^\circ$  verflüchtigt es sich, ohne zu schmelzen, als farbloser Dampf, der das Volumgewicht 197,7 hat, woraus hervorgeht, dass das Molecül des Trioxids 4 Atome Arsen enthält, wie das des freien Elements. Das Arsentrioxid ist in Wasser schwer löslich; die Lösung hat einen metallischen Geschmack, reagirt schwach sauer und kann als eine Auflösung von arseniger Säure,  $\text{H}_3\text{AsO}_3$ , betrachtet werden, welche der phosphorigen Säure entspricht.

Die arsenige Säure ist dreibasisch; die Arsenite der Alkali-  $3$ . metalle sind löslich in Wasser und können leicht durch Auflösen von Arsentrioxid in den Aetzalkalien erhalten  $\alpha$  werden; die Arsenite der anderen Metalle sind unlöslich in Wasser; setzt man zu einer Lösung von Kaliumarsenit Silber-  $\beta$  nitrat, so bildet sich ein gelber Niederschlag von Silberarsenit,  $\text{Ag}_3\text{AsO}_3$ ; Natriumarsenit findet in der Kattundruckerei Verwendung; das Scheele'sche Grün und Schweinfurter  $\gamma$



Grün, die als Farben vielfach angewandt werden, sind kupferhaltige Arsenite. Arsentrioxid, sowie die in Wasser löslichen Salze gehören zu den heftigsten Giften; als Gegenmittel dienen Magnesia (Magnesiumoxid) oder frisch bereitetes Eisenhydroxid (Eisenoxyhydrat), welche unlösliche Arsenite bilden und dadurch verhindern, dass das Gift vom Systeme aufgenommen wird.

Arsenpentoxid,  $As_2O_5$ , und Arsensäure,  $H_3AsO_4$ .

1. Erwärmt man Arsentrioxid mit Salpetersäure, so entweicht Stickstofftrioxid, und es bildet sich eine Lösung von Arsensäure, welche durch Abdampfen in Krystallen erhalten werden kann; erhitzt man dieselbe einige Zeit auf  $270^{\circ}$ , so entweicht Wasser, und eine weisse amorphe Masse von Arsenpentoxid oder Arsensäureanhydrid bleibt zurück, welches bei starkem Erhitzen in Arsentrioxid und Sauerstoff zerfällt.

2. Die Arsensäure ist eine starke dreibasische Säure und bildet eine Reihe von Salzen, die Arsenate, welche den Salzen der dreibasischen Phosphorsäure ganz analog sind und dieselbe Krystallform wie diese haben, z. B.:

Normales Natriumarsenat . . . . .	$Na_3AsO_4$
Einfach saures Natriumarsenat . . . . .	$HNa_2AsO_4$
Zweifach saures Natriumarsenat . . . . .	$H_2NaAsO_4$

3.  $\alpha$  Die löslichen Salze geben mit Ammoniak, Ammoniumchlorid und Magnesiumsulfat, ähnlich wie die Phosphate, einen krystallinischen Niederschlag von Ammonium-Magnesiumarsenat,  $NH_4MgAsO_4 + 6H_2O$ ; mit Silbernitrat wird ein rothbrauner Niederschlag von Silberarsenat,  $Ag_3AsO_4$ , erhalten. Die Arsensäure ist giftig, aber in geringerem Grade als die arsenige Säure.

4.  $\alpha$  Erhitzt man Arsensäure auf  $180^{\circ}$ , so scheiden sich harte, glänzende Krystalle von Pyroarsensäure,  $H_4As_2O_7$ , aus, welche bei  $200^{\circ}$  erweichen und unter weiterem Wasserverlust in Metaarsensäure,  $HAsO_3$ , übergehen. Ebenso geben die zwei sauren  $\beta$  Salze beim Erhitzen die Verbindungen  $Na_4As_2O_7$  und  $NaAsO_3$ ; dieselben, so wie die freien Säuren unterscheiden sich von den entsprechenden des Phosphors dadurch, dass sie durch Wasser augenblicklich in ein Orthoarsenat oder Orthoarsensäure verwandelt werden.

**Arsenwasserstoff oder Arsin,  $AsH_3$ .**

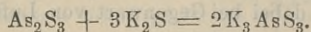
Moleculargewicht 77,9. — Volumgewicht 38,95.

Diese Verbindung erhält man durch Zersetzung einer Legirung von Arsen und Zink mit verdünnter Schwefelsäure als ein farbloses Gas, das einen starken, unangenehmen Knoblauchgeruch hat, und eines der heftigsten Gifte ist. Gehlen, welcher es zuerst rein darstellte, verlor sein Leben durch das Einathmen weniger Blasen. Auf  $-40^0$  abgekühlt, verdichtet es sich zu einer farblosen Flüssigkeit. An der Luft verbrennt es mit bläulicher Flamme zu Arsentrioxid und Wasser; hält man eine kalte Porcellanschale in die Flamme, so setzt sich metallisches Arsen darauf ab in Form von metallisch glänzenden Flecken; leitet man es durch eine Glasröhre, die an einer Stelle zum Glühen erhitzt ist, so zerfällt es in Wasserstoff und Arsen, das die Röhre als glänzender Spiegel innen bekleidet.

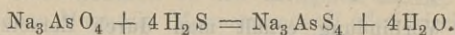
Arsen verbindet sich direct mit den Elementen der Chlor-gruppe und bildet die Verbindungen Arsenrichlorid, Arsenribromid und Arsenrijodid. Das Trichlorid ist eine farblose, bei  $132^0$  siedende Flüssigkeit, welche mit Wasser in Chlorwasserstoff und arsenige Säure zerfällt. Arsen-trifluorid,  $AsF_3$ , erhält man durch Destillation von Arsen-trioxid mit Schwefelsäure und Flussspath. Es ist eine an der Luft rauchende, sehr stechend riechende Flüssigkeit, welche bei  $63^0$  siedet und, auf die Haut gebracht, schmerzhaft Wunden und langwierige Eiterung erzeugt.

**Verbindungen von Arsen und Schwefel.**

Mit Schwefel giebt das Arsen drei Verbindungen. Arsen-disulfid oder Realgar,  $As_2S_2$ , findet sich als Mineral in schön rothen Krystallen. Das Trisulfid,  $As_2S_3$ , kommt ebenfalls als Mineral in gelben Krystallen vor und wird Auripigment genannt; man erhält es als ein gelbes Pulver, wenn man Schwefelwasserstoff in eine angesäuerte Lösung von Arsen-trioxid leitet. Das Arsentrisulfid verbindet sich mit den Sulfiden der Alkalimetalle; diese Verbindungen, welche Thioarsenite oder Sulfarsenite genannt werden, kann man betrachten als Arsenite, in welchen der Sauerstoff durch Schwefel ersetzt ist:

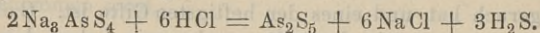


3. Ein Thioarsenat oder Sulfarsenat erhält man, wenn man Schwefelwasserstoff in eine Lösung von Natrium- oder Kaliumarsenat leitet:



Versetzt man die Lösung desselben mit einer Säure, so fällt

4. Arsenpentasulfid als gelbes Pulver aus:



### Reactionen des Arsens.

Das Arsen hat bei seiner grossen Giftigkeit glücklicherweise so eigenthümliche und hervorstechende Eigenschaften, dass die Gegenwart desselben, selbst wenn nur Spuren vorhanden sind, mit Leichtigkeit nachgewiesen werden kann.

Aus seinen Lösungen wird es durch Schwefelwasserstoff als

1. gelbes Sulfid gefällt; trocknet man dasselbe und erhitzt es sodann in einer an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre mit einem Gemisch von Kaliumcyanid und Natriumcarbonat, so bildet sich metallisches Arsen, das sich am kälteren Theile

2. der Röhre in Form eines Ringes absetzt, welches sich beim Erhitzen verflüchtigt und in Gegenwart von Luft zu Trioxid oxydirt, welches sich in kleinen, octoëdrischen Krystallen verdichtet. Kocht man dieselben mit einer grösseren Menge von Wasser, so lösen sie sich auf, und diese Lösung giebt mit

3. einer neutralen Lösung eines Kupfersalzes einen hellgrünen Niederschlag von Kupferarsenit, mit der eines Silbersalzes einen

- β. hellgelben, aus Silberarsenit bestehend. Bringt man eine angesäuerte, arsenhaltige Flüssigkeit mit Zink und verdünnter Schwefelsäure in eine kleine Gasentwicklungsflasche, so wird Arsenwasserstoff gebildet; entzündet man denselben und hält eine kalte Porcellanschale in die Flamme, so schlägt sich

4. Arsen in Form dunkel metallisch glänzender Flecken darauf nieder; diese Arsenspiegel sind leicht in einer Lösung von

- α. Natriumhypochlorit löslich. Salpetersäure verwandelt dieselben in Arsensäure; neutralisirt man die Lösung derselben mit Ammoniak und fügt dann Silbernitrat hinzu, so entsteht ein

- β. braunrother Niederschlag von Silberarsenat. Kocht man eine

5. mit Salzsäure versetzte arsenhaltige Flüssigkeit mit blankem Kupferblech, so schlägt sich auf diesem Arsen als grauer Ueberzug nieder; dasselbe verflüchtigt sich beim Erhitzen und verwandelt sich dabei bei Gegenwart von Luft in Arsentrioxid,

welches, wie oben angegeben, weiter geprüft werden kann. Erhitzt man Arsenverbindungen auf Holzkohle in der inneren 6. Löthrohrflamme, so entwickeln sie einen eigenthümlichen, knoblauchartigen Geruch.

Vermittelst dieser und ähnlicher Reactionen lässt sich die <sup>(?)</sup> Anwesenheit von selbst unwägbaren Mengen von Arsen mit der grössten Sicherheit nachweisen; dabei ist aber nöthig, dass alle angewandten Reagentien frei von Spuren von Arsen sind; sie müssen deshalb aufs Allersorgfältigste vorher darauf geprüft werden.

## Atom und Molecül.

Im Vorhergehenden haben wir gesehen, dass alle chemischen Vorgänge nach bestimmten, einfachen Gesetzen vor sich gehen. Das eine Gesetz lehrt uns, dass die Elemente im Verhältniss ihrer Verbindungsgewichte oder einfacher Multiplen derselben zu chemischen Verbindungen zusammentreten. Zur Erklärung dieser Thatsache nehmen wir an, dass die Materie aus sehr kleinen Theilchen besteht, welche chemisch untheilbar sind und Atome genannt werden; von diesen Atomen giebt es so viele verschiedene Arten, als es verschiedene Elemente giebt. Die Elemente oder einfachen Stoffe bestehen aus gleichartigen Atomen; durch Zusammenlagerung zweier oder mehrerer ungleichartiger Atome entstehen die chemischen Verbindungen. Das kleinste Theilchen einer Verbindung besteht daher aus einer Gruppe von Atomen; diese Gruppe ist nur chemisch, nicht mechanisch theilbar und wird Molecül genannt\*).

Aber auch das kleinste Theilchen eines Elementes im freien Zustande ist gewöhnlich nicht das einzelne Atom, sondern eine mechanisch nicht theilbare Atomgruppe, oder ein Molecül.

\*) Wir dürfen hierbei nicht vergessen, dass die Gesetze der constanten und multiplen Proportionen unumstössliche Naturgesetze sind, welche den Grundstein unserer Wissenschaft bilden. Die Atomtheorie dagegen ist nur eine Hypothese, aber eine Hypothese, die einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich hat, denn ohne dieselbe würde nicht nur eine grosse Zahl chemischer, sondern auch physikalischer Erscheinungen gänzlich einer Erklärung ermangeln, und deshalb bildet sie die unerlässliche Grundlage für die chemische, wie auch fast für jede physikalische Theorie. <sup>ex. venere ut verpl. in d. tto.</sup>

*Dynamis scdm. e. cat. mater. (n. sig. p. v.) it. p. t. n. m. h. 10\**

*Atomistika pygmyta sava kubi. h. t. n. g. t. k. (Caplan v. p. l. d. v. e. t. s. t. o. a. m. i. n. i. l. e. h. e. p. s. e. s. c. h. e. f. f. e. n. h. e. i. t. m. i. t. k. r. e. n. s. l. i. n. i. e. l. J. a. l. t. o. n.*

Hieraus erklärt sich auf einfache Weise, warum Elemente im Augenblicke, wo sie aus einer Verbindung in Freiheit gesetzt werden (im *status nascendi*), viel leichter Verbindungen eingehen und sich chemisch viel thätiger zeigen, als wenn sie im freien Zustande auftreten.

2. Bei chemischen Reactionen wirken immer Molecüle auf einander ein, und der chemische Vorgang beruht darauf, dass in diesen Gruppen einzelne Atome ihre Plätze wechseln; bevor also ein Atom eine neue Verbindung eingehen kann, muss erst die Kraft überwunden werden, durch welche es mit den übrigen im Molecül in Verbindung gehalten wird. Wird ein Element aus einer Verbindung abgeschieden, so treten die freiwerdenden Atome zu Molecülen zusammen, und das Element tritt in freiem Zustande auf, wenn keine Körper gegenwärtig sind, auf die es chemisch einwirken kann; sind aber solche vorhanden, so kommen die einzelnen Atome in Berührung damit und entwickeln ihre volle chemische Anziehungskraft, welche im Molecül zum Theil gebunden ist. Wie wir schon früher gesehen haben, vereinigen sich die einfachen Gase mit einander in sehr einfachen Volumverhältnissen und wenn das Product gasförmig ist, so steht sein Volum ebenfalls in einem sehr einfachen Verhältniss zu dem seiner Elemente. Die einfachste Erklärung hierfür ist, dass gleiche Raumtheile, einfache sowie zusammengesetzte Gase, bei gleichem Druck und derselben Temperatur eine gleiche Anzahl von Molecülen enthalten; dieses erklärt auch, warum alle Körper im Gaszustande denselben Gesetzen der Ausdehnung für Druck und Wärme folgen. Um das Moleculargewicht eines Körpers, welcher ohne Zersetzung flüchtig ist, zu finden, haben wir also nur festzustellen, wieviel mal schwerer das Gas als der Wasserstoff ist und diese Zahl mit 2 zu multipliciren, da ein Molecül Wasserstoff aus zwei Atomen besteht, was leicht zu beweisen ist. Nehmen wir z. B. an, ein gewisses Volum dieses Gases enthalte 1000 Molecüle, so enthält der gleiche Raumtheil Chlor ebenso viele. Verbinden wir nun beide Elemente, so erhalten wir zwei Raumtheile Chlorwasserstoff, in welchem aber 2000 Molecüle enthalten sind; folglich muss ein jedes Wasserstoffmolecül und ein jedes Chlormolecül sich in zwei Theile gespalten haben.

Die folgende Tabelle enthält die Volumgewichte einiger Elemente im Gaszustande, die daraus berechneten Moleculargewichte und ihre Atomgewichte:

*Handwritten notes:*  
 2) Someri, 6' rötung  
 willer abwechsel  
 1) 200 200  
 2) 200 200  
 3) 200 200  
 4) 200 200  
 5) 200 200  
 6) 200 200  
 7) 200 200  
 8) 200 200  
 9) 200 200  
 10) 200 200  
 11) 200 200  
 12) 200 200  
 13) 200 200  
 14) 200 200  
 15) 200 200  
 16) 200 200  
 17) 200 200  
 18) 200 200  
 19) 200 200  
 20) 200 200  
 21) 200 200  
 22) 200 200  
 23) 200 200  
 24) 200 200  
 25) 200 200  
 26) 200 200  
 27) 200 200  
 28) 200 200  
 29) 200 200  
 30) 200 200  
 31) 200 200  
 32) 200 200  
 33) 200 200  
 34) 200 200  
 35) 200 200  
 36) 200 200  
 37) 200 200  
 38) 200 200  
 39) 200 200  
 40) 200 200  
 41) 200 200  
 42) 200 200  
 43) 200 200  
 44) 200 200  
 45) 200 200  
 46) 200 200  
 47) 200 200  
 48) 200 200  
 49) 200 200  
 50) 200 200  
 51) 200 200  
 52) 200 200  
 53) 200 200  
 54) 200 200  
 55) 200 200  
 56) 200 200  
 57) 200 200  
 58) 200 200  
 59) 200 200  
 60) 200 200  
 61) 200 200  
 62) 200 200  
 63) 200 200  
 64) 200 200  
 65) 200 200  
 66) 200 200  
 67) 200 200  
 68) 200 200  
 69) 200 200  
 70) 200 200  
 71) 200 200  
 72) 200 200  
 73) 200 200  
 74) 200 200  
 75) 200 200  
 76) 200 200  
 77) 200 200  
 78) 200 200  
 79) 200 200  
 80) 200 200  
 81) 200 200  
 82) 200 200  
 83) 200 200  
 84) 200 200  
 85) 200 200  
 86) 200 200  
 87) 200 200  
 88) 200 200  
 89) 200 200  
 90) 200 200  
 91) 200 200  
 92) 200 200  
 93) 200 200  
 94) 200 200  
 95) 200 200  
 96) 200 200  
 97) 200 200  
 98) 200 200  
 99) 200 200  
 100) 200 200

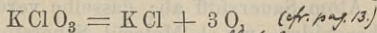
	Volungew. der Gase oder Dämpfe	Molecular- gewicht	Atom- gewicht
Wasserstoff . . . . .	1	2	1
Chlor . . . . .	35,37	70,74	35,37
Phosphor . . . . .	61,92	123,84	30,96
Arsen . . . . .	149,8	299,6	74,9
Quecksilber . . . . .	99,9	199,8	199,8

Dividirt man diese Moleculargewichte mit den Atomgewichten, so ergibt sich die Zahl der im Molecül enthaltenen Atome. Die Molecüle von Chlor, Wasserstoff und der Mehrzahl der übrigen im Gaszustande bekannten Elemente bestehen aus 2 Atomen; Phosphor und Arsen aber haben im Molecül 4 Atome, denn:

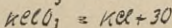
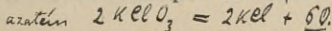
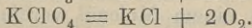
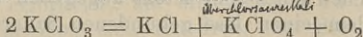
$$\frac{123,84}{30,96} = 4 \quad \frac{299,6}{74,9} = 4,$$

Quecksilber, Cadmium und wahrscheinlich einige andere flüchtige Metalle dagegen haben ein dem Atomgewicht gleiches Moleculargewicht oder das Molecül besteht aus 1 Atom.

Wir verstehen also unter Atom die kleinste Menge eines einfachen Stoffes, welche in eine chemische Verbindung eintreten kann, und unter Molecül die kleinste Menge eines Körpers, Element oder Verbindung, welche im freien Zustande auftritt und an chemischen Reactionen Theil nimmt. Chemische Vorgänge müssen daher durch Gleichungen mit Molecularformeln dargestellt werden, wenn man ein vollkommenes Bild der stattfindenden Veränderungen geben will; der Einfachheit halber jedoch bedient man sich häufig kürzerer Atomgleichungen. So bedeutet z. B. die folgende Gleichung



dass Kaliumchlorat beim Erhitzen in Kaliumchlorid und Sauerstoff zerfällt; wir wissen aber, dass bei diesem Vorgang zwei Stadien unterschieden werden müssen:



*atom sammt 2a  
nie vereinigt, sondern  
mehrs 20 H, feilich 1/2  
aufzusaugen, aufsteigen  
C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> O<sub>2</sub> O<sub>2</sub> O<sub>2</sub>  
in fortsetzung, 20 mch  
bspung mehr in anderen*

*3. klar' adman  
mp:*

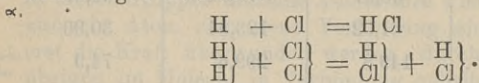
*Ap. Arsen moleculargew C<sub>2</sub> H<sub>6</sub> O =  
12. 2 + 6 + 16 = 46 (Gewichtung 2 H)  
analyse: 14 100 C<sub>2</sub> H<sub>6</sub> O fest: 52,17 C  
13,04 H  
34,79 O*

*52,17 : 12  
13,04 : 1  
34,79 : 16 =  
H 1,04 C<sub>2</sub> 2,17 O<sub>2</sub>  
unvoll, 2,17  
C<sub>2</sub> H<sub>6</sub> O<sub>2</sub>*

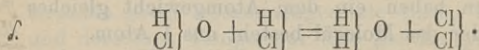
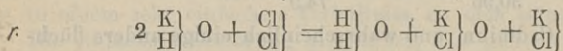
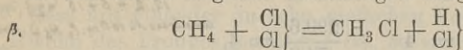
*4. definition i  
zweites*

2 Molecüle Kaliumchlorat geben beim Erhitzen also zuerst 1 Molecül Kaliumchlorid, 1 Molecül Sauerstoff und 1 Molecül Kaliumperchlorat, und bei fernerm Erhitzen zerfällt das letztere weiter in 1 Molecül Kaliumchlorid und 2 Molecüle Sauerstoff.

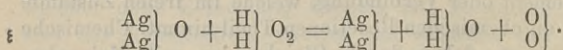
Chlor verbindet sich direct mit Wasserstoff zu Wasserstoffchlorid; diesen Vorgang kann man durch folgende zwei Gleichungen darstellen:



Die erste Gleichung lehrt uns, dass 1 Vol. Wasserstoff mit 1 Vol. Chlor sich zu 2 Volumina Chlorwasserstoff vereinigen; aus der zweiten aber ersehen wir noch ausserdem, dass dabei eine doppelte Zersetzung stattfindet, indem Chlor mit Wasserstoff Plätze austauscht und so aus 1 Molecül Wasserstoff und 1 Molecül Chlor 2 Molecüle Chlorwasserstoff entstehen, dass also der dabei statthabende Vorgang ein ganz ähnlicher ist, wie in den durch folgende Gleichungen dargestellten Reactionen:

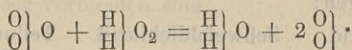


Wir können nun auch erklären, warum, wenn Silberoxid und Wasserstoffdioxid zusammengebracht werden, Sauerstoff frei wird:



Die Verwandtschaft des Silbers zum Sauerstoff ist nur eine schwache, beim Erhitzen zerfällt das Silberoxid in Silber und Sauerstoff; dasselbe findet statt, wenn es mit Wasserstoffdioxid in Berührung gebracht wird; das letztere giebt ebenfalls sehr leicht 1 Atom Sauerstoff ab; dasselbe vereinigt sich mit dem des Silberoxides, um 1 Molecül Sauerstoff zu bilden. Ganz ähnlich ist der Vorgang, wenn Wasserstoffdioxid mit Ozon zusammenkommt; das Molecül des Ozons enthält 3 Atome Sauerstoff, von welchen eines sehr leicht abgegeben wird und sich deshalb mit dem einen lose gebundenen Sauerstoffatome des Wasserstoffdioxides zu einem Molecül vereinigt. Aus Ozon

und Wasserstoffdioxid entstehen Wasser und gewöhnlicher Sauerstoff:



### Der chemische Werth der Elemente.

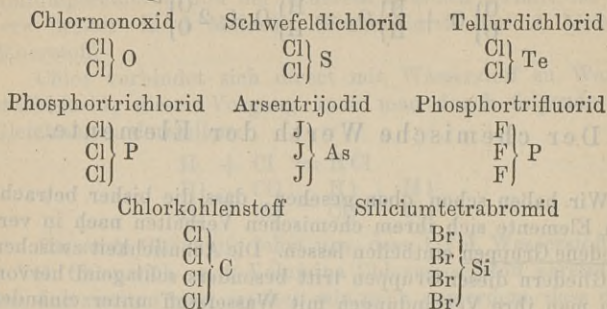
Wir haben schon oben gesehen, dass die bisher betrachteten Elemente sich ihrem chemischen Verhalten nach in verschiedene Gruppen eintheilen lassen. Die Aehnlichkeit zwischen den Gliedern dieser Gruppen tritt besonders schlagend hervor, wenn man ihre Verbindungen mit Wasserstoff unter einander vergleicht, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Wasserstoff	Chlor- wasserstoff	Bromwasser- stoff	Jod- wasserstoff	Fluor- wasserstoff
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{Br} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{J} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{F} \end{array}$
Wasser	Schwefel- wasserstoff	Selen- wasserstoff	Tellur- wasserstoff	
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} \end{array} \text{O}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} \end{array} \text{S}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} \end{array} \text{Se}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} \end{array} \text{Te}$	
Ammoniak	Phosphor- wasserstoff	Arsen- wasserstoff	Bor- wasserstoff	
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{array} \text{N}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{array} \text{P}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{array} \text{As}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{array} \text{B}$	
Sumpfgas	Silicium- wasserstoff			
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{array} \text{C}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{array} \text{Si}$			

Wie man hieraus sieht, vereinigt sich ein Atom der Elemente der ersten Gruppe mit einem Atom Wasserstoff zu einem Molecül, während die der zweiten Gruppe zwei Atome Wasserstoff erfordern, um ein Molecül zu bilden, die der dritten Gruppe aber sich mit drei, und die der vierten mit vier Atomen Wasserstoff verbinden.

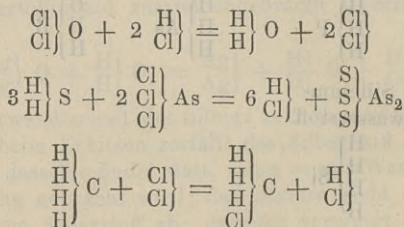


Dieselben Beziehungen beobachtet man, wenn die Nichtmetalle sich mit Chlor oder einem anderen Element der ersten Gruppe vereinigen:

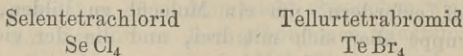


*minich.* <sup>y.</sup> Hiernach besitzen die Elemente der ersten Gruppe eine Verbindungseinheit oder sind einwerthig. Die Glieder der zweiten Gruppe sind zweiwerthig, oder jedes Atom hat zwei Verbindungseinheiten, während die Stickstoffgruppe aus dreiwerthigen und die des Kohlenstoffs aus vierwerthigen Elementen besteht.

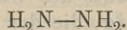
*5. Synthese.* <sup>2.</sup> Die Elemente einer Gruppe sind unter sich gleichwerthig oder äquivalent, oder können sich Atom für Atom ersetzen, während ein zweiwerthiges Element äquivalent mit zwei einwerthigen, ein dreiwerthiges mit drei einwerthigen oder einem zweiwerthigen und einem einwerthigen ist, wie folgende Beispiele zeigen:



<sup>β.</sup> Die Elemente der zweiten Gruppe bilden aber ausserdem noch mit denen der erstern, unter andern, folgende Verbindungen:



Stickstoff bildet mit Wasserstoff neben Ammoniak auch noch Diamid,  $N_2H_4$ , in welchem zwei dreiwertige Stickstoffatome mit einander verbunden sind:



Derselbe und die anderen Elemente der Stickstoffgruppe vereinigen sich aber auch mit einwertigen Elementen zu den folgenden Verbindungen:

Ammonium-	Phosphonium-	Phosphorpen-	Phosphorpen-
chlorid	jodid	chlorid	fluorid
$NH_4Cl$	$PH_4J$	$PCl_5$	$PF_5$ .

Von diesen entsteht Ammoniumchlorid oder Salmiak durch  $\varepsilon$  Vereinigung von Ammoniak mit Chlorwasserstoff oder Salzsäure; es besteht aber nur im festen Zustande; erhitzt man es, so verflüchtigt es sich scheinbar ohne Zersetzung; man kann aber durch Diffusion nachweisen, dass der Dampf ein Gemisch von Salzsäure und Ammoniak ist, welche sich beim Erkalten wieder vereinigen. Sein Volumgewicht entspricht daher auch nicht Avogadro's Gesetz; bestände dasselbe aus gleichartigen Molecülen  $NH_4Cl$ , so sollte es die Dichte

$$\frac{35,37 + 14,01 + 4}{2} = 26,69$$

haben; dieselbe ist aber nur die Hälfte dieser Zahl, oder 13,345, da vier Raumtheile derselben zwei Raumtheile Ammoniak und zwei Chlorwasserstoff enthalten.

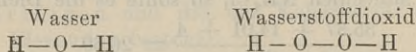
Phosphoniumjodid, welches durch Vereinigung von Jod- $\zeta$  wasserstoff mit Phosphorwasserstoff entsteht, verhält sich gerade so, und ebenfalls das Phosphorpentachlorid, das durch Verbindung gleicher Molecüle Chlor und Phosphortrichlorid erhalten wird. Erhitzt man es, so giebt es erst einen farblosen Dampf, welcher aber mit Steigerung der Temperatur sich mehr und mehr grünlich färbt, indem die Verbindung wieder in die Elemente zerfällt, was auch die Bestimmung des Volumgewichtes beweist.

Früher nahm man an, dass der chemische Werth der Ele-<sup>3. Gruppe</sup> mente, wie er sich aus ihren Verbindungen mit Wasserstoff ergibt, constant sei, und dass die Verbindungen, welche beim Erhitzen wieder in die Molecüle zerfallen, aus deren Vereinigung sie entstanden sind, als Molecularverbindungen aufzufassen seien. Seitdem ist das Phosphorpentafluorid entdeckt worden, das auch bei hoher Temperatur beständig ist und dessen Volumgewicht im Gaszustande der Formel  $PF_5$

entspricht. Hieraus und aus verschiedenen anderen Gründen, welche erst später erörtert werden können, ist man zum Schluss gekommen, dass die Elemente der Stickstoffgruppe dreierwerthig und fünferwerthig, die der Schwefelgruppe aber zweierwerthig und vierwerthig sind; der höhere chemische Werth sich aber nur dann geltend macht, wenn die Verbindungen Elemente der Chlorgruppe enthalten.

4. O-valenz.

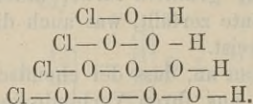
α. Der Sauerstoff ist stets zweierwerthig; derselbe bildet eine grosse Anzahl von Verbindungen; mit Wasserstoff vereinigt er sich zu Wasser oder Wasserstoffmonoxid,  $H_2O$ , und zu Wasserstoffperoxid oder Wasserstoffdioxid,  $H_2O_2$ . Die Constitution dieser zwei Oxide ist leicht zu erklären; vereinigt sich ein Atom Wasserstoff mit einem Atom Sauerstoff, so bleibt im letzteren eine Verbindungseinheit frei, die ein zweites Atom Wasserstoff anziehen kann, wodurch eine gesättigte Verbindung, das Wasser, entsteht. Statt Wasserstoff kann aber auch Sauerstoff hinzutreten, wobei wieder eine freie Verbindungseinheit bleibt, die mit Wasserstoff gesättigt werden muss, um ein geschlossenes Molecül zu bilden:



β. Während Chlor und Wasserstoff nur eine Verbindung bilden, kennt man folgende, welche zugleich auch Sauerstoff enthalten:

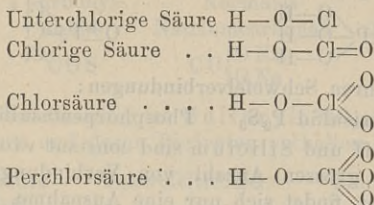
Unterchlorige Säure . . . . .	$ClO_H$
Chlorige Säure . . . . .	$ClO_2H$
Chlorsäure . . . . .	$ClO_3H$
Perchlorsäure . . . . .	$ClO_4H$

Man hat angenommen, dass dieselbe in ähnlicher Weise wie die Oxide des Wasserstoffs entstehen und folgende Constitution haben:

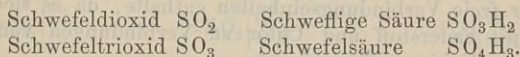


Dagegen sprechen aber gewichtige Gründe. Wasserstoffperoxid ist eine unbeständige Verbindung, welche leicht in Wasser und Sauerstoff zerfällt; ähnlich verhalten sich andere Peroxide, in welchen Sauerstoff mit Sauerstoff verbunden ist. Man müsste demnach erwarten, dass die Oxysäuren des Chlors um so leichter sich zersetzen, je mehr Sauerstoff sie enthalten.

Nun ist gerade das Umgekehrte der Fall; die Perchlorsäure ist die beständigste derselben. Man nimmt deshalb und auch aus anderen Gründen an, Chlor, sowie die ihm ähnlichen Elemente, Brom und Jod, treten in ihren Sauerstoffverbindungen einwerthig, dreierwerthig, fünferwerthig und siebenwerthig auf und giebt obigen Säuren folgende Constitution:



Schwefel bildet zwei Oxide, welche sich mit Wasser zu Säuren vereinigen:

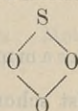


Wenn Schwefel zweiwerthig ist, so müssen in den Oxiden je zwei Sauerstoffatome mit einander und zwei durch eine Verbindungseinheit an Schwefel gekettet sein:

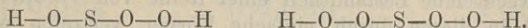
Schwefeldioxid



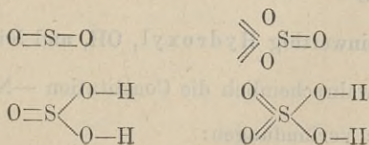
Schwefeltrioxid



Dieselben würden dann, wie man sich ausdrücken kann, geschlossene Atomketten bilden, die Säuren aber offene:



Bei der Beständigkeit dieser Verbindungen erscheint eine solche Constitution sehr zweifelhaft, weshalb man annimmt, dass Schwefel, Selen und Tellur, welche ähnliche Verbindungen bilden, in denselben vierwerthig und sechswerthig seien:

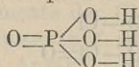


4. Die Elemente der Stickstoffgruppe sind, wie in den Chlorverbindungen, auch in ihren Verbindungen mit Sauerstoff dreiwertig und fünfwertig:

Stickstofftrioxid



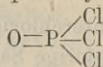
Phosphorsäure



Stickstoffpentoxid



Phosphoroxchlorid



Ebenso in ihren Schwefelverbindungen:

Phosphortrisulfid  $\text{P}_2\text{S}_3$

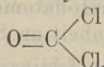
Phosphorpentasulfid  $\text{P}_2\text{S}_5$ .

5. Kohlenstoff und Silicium sind constant vierwertig; unter der sehr grossen Anzahl von Verbindungen, welche der erstere bildet, findet sich nur eine Ausnahme, das Kohlenmonoxid,  $\text{CO}$ , in dem der Kohlenstoff zweiwertig erscheint; man nimmt aber an, dass es eine ungesättigte Verbindung sei oder freie Verbindungseinheiten enthalte, da es sich sehr leicht mit Sauerstoff und Chlor zu Verbindungen von vierwertigem Kohlenstoff vereinigt:

Kohlendioxid



Kohlenoxychlorid



### Zusammengesetzte Radicale.

*Definieren.*

Bei Cyan ist schon erwähnt worden, dass man in vielen Verbindungen zusammengesetzte Radicale annimmt. Unter einem solchen versteht man eine Atomgruppe, welche der nicht wechselnde Bestandtheil einer Reihe von Verbindungen ist und in diesen durch einfache Körper vertreten werden kann, oder, wenn sie mit einem einfachen Körper verbunden ist, letzterer ausgeschieden und durch gleichwertige Elemente ersetzt werden kann.

Im Vorhergehenden haben wir schon viele solcher Radicale kennen gelernt; dieselben können einwertig oder mehrwertig sein.

7. So sind einwertig Hydroxyl,  $\text{OH}$ , und Nitroxyl,  $\text{NO}_2$ ;

letzteres hat wahrscheinlich die Constitution  $-\text{N}\begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{array}$  und bildet

u. a. folgende Verbindungen:

Salpetrige Säure	Salpetersäure	Stickstoffpentoxid	Nitroxylchlorid
$\text{NO}_2\text{H}$	$\text{NO}_2 \cdot \text{OH}$	$(\text{NO}_2)_2\text{O}$	$\text{NO}_2\text{Cl}$

Zweiwerthig ist das Radical Carbonyl,  $\text{C}=\text{O}$ , welches  $\lambda$  in nachstehenden Verbindungen vorkommt:

Carbonylchlorid	Carbonylsulfid	Normales Natriumcarbonat	Saures Natriumcarbonat
$\text{CO} \begin{Bmatrix} \text{Cl} \\ \text{Cl} \end{Bmatrix}$	$\text{COS}$	$\text{CO} \begin{Bmatrix} \text{ONa} \\ \text{ONa} \end{Bmatrix}$	$\text{CO} \begin{Bmatrix} \text{OH} \\ \text{ONa} \end{Bmatrix}$

Ebenso zweiwerthig ist Sulfuryl,  $\text{SO}_2$ , welches in der  $\beta$  Schwefelsäure und deren Derivaten enthalten ist:

Schwefelsäure	Schwefeltrioxid	Thioschwefelsäure
$\text{SO}_2 \begin{Bmatrix} \text{OH} \\ \text{OH} \end{Bmatrix}$	$\text{SO}_2 \cdot \text{O}$	$\text{SO}_2 \begin{Bmatrix} \text{OH} \\ \text{SH} \end{Bmatrix}$
Sulfurylchlorid	Chlorsulfonsäure	Nitrosulfonsäure
$\text{SO}_2 \begin{Bmatrix} \text{Cl} \\ \text{Cl} \end{Bmatrix}$	$\text{SO}_2 \begin{Bmatrix} \text{Cl} \\ \text{OH} \end{Bmatrix}$	$\text{SO}_2 \begin{Bmatrix} \text{NO}_2 \\ \text{OH} \end{Bmatrix}$

In den Säuren des Phosphors und deren Abkömmlingen nehmen wir das dreiwertige Radical Phosphoryl,  $\text{PO}$ , an,  $\gamma$  dessen Constitution wahrscheinlich die folgende ist,  $\text{O}=\text{P} \begin{Bmatrix} & \\ & \diagdown \end{Bmatrix}$ :

Phosphorylchlorid	Orthophosphorsäure	Metaphosphorsäure
$\text{PO} \begin{Bmatrix} \text{Cl} \\ \text{Cl} \\ \text{Cl} \end{Bmatrix}$	$\text{PO} \begin{Bmatrix} \text{OH} \\ \text{OH} \\ \text{OH} \end{Bmatrix}$	$\text{PO} \begin{Bmatrix} \text{OH} \\ \text{O} \end{Bmatrix}$
Pyrophosphorsäure	Unterphosphorsäure	Phosphorpentoxid
$\text{O} \begin{Bmatrix} \text{PO}(\text{OH})_2 \\ \text{PO}(\text{OH})_2 \end{Bmatrix}$	$\text{O} \begin{Bmatrix} \text{P}(\text{OH})_2 \\ \text{PO}(\text{OH})_2 \end{Bmatrix}$	$\text{O} \begin{Bmatrix} \text{PO} \cdot \text{O} \\ \text{PO} \cdot \text{O} \end{Bmatrix}$

## DIE METALLE.

Die Classe der Metalle ist viel zahlreicher, als die der Nichtmetalle; von den letzteren kennen wir nur 15, von den ersteren dagegen sicher 55, und es werden noch fortwährend neue entdeckt. Einige der metallischen Elemente sind jedoch sehr seltene Körper, deren Eigenschaften sowie die ihrer Verbindungen noch wenig untersucht sind. Mit Ausnahme von Quecksilber sind alle Metalle bei gewöhnlicher Temperatur feste Körper, welche einen eigenthümlichen Glanz, den man Metallglanz nennt, haben; sie leiten Wärme und Elektrizität besser, als die Nichtmetalle und zeigen im Allgemeinen in ihren Eigenschaften viel mehr Uebereinstimmung unter sich, als die letzteren; aber trotzdem gründet sich, wie schon oben bemerkt worden ist, der Unterschied zwischen den beiden Classen nur auf schwankende physikalische Eigenschaften.

### A. Physikalische Eigenschaften der Metalle.

7. Die Metalle sind undurchsichtig; nur in äusserst dünnen Schichten lassen einige etwas Licht durch; so lässt sich Gold in so dünne Blättchen ausschlagen, dass dieselben gegen das Licht gehalten grün erscheinen. Der eigenthümliche Glanz zeigt sich nur, wenn die Metalle aus zusammenhängenden Stückchen bestehen, und am besten, wenn sie eine polirte Oberfläche besitzen; im feinvertheilten Zustande erscheinen die

meisten als dunkle Pulver. Die Farbe der meisten Metalle ist ziemlich gleichartig und wechselt vom reinen Weiss des Silbers bis zum bläulichen Grau des Bleies; Kupfer ist roth, und Gold, Strontium und Calcium haben eine gelbe Farbe.

Specifisches Gewicht. Die folgende Tabelle, welche 2. die specifischen Gewichte der wichtigsten Metalle enthält, zeigt, wie sehr dasselbe bei den verschiedenen Metallen wechselt:

Osmium . . . . .	22,45	<i>nina rola</i>	Eisen . . . . .	7,79	<i>oko kopie</i>
Iridium . . . . .	22,40	<i>anus roza</i>	Zinn . . . . .	7,30	<i>jak mied</i>
Platin . . . . .	21,50	<i>nuty jula</i>	Zink . . . . .	6,91	<i>rusje poloj</i>
Gold . . . . .	19,265	<i>topie nicarule</i>	Antimon . . . . .	6,71	<i>caufe kota</i>
Quecksilber . . . . .	13,596	<i>byni kopies</i>	Aluminium . . . . .	2,67	<i>ni-czago</i>
Thallium . . . . .	11,8	<i>dentaj'ro!</i>	Magnesium . . . . .	1,74	<i>te karq</i>
Palladium . . . . .	11,4	<i>Tetry</i>	Calcium . . . . .	1,58	<i>torleu!</i>
Blei . . . . .	11,367	<i>olta musche</i>	Rubidium . . . . .	1,52	<i>t'len</i>
Silber . . . . .	10,468	<i>taca ro'oro</i>	Natrium . . . . .	0,974	<i>esse bakard</i>
Wismuth . . . . .	9,82	<i>ni-ronia</i>	Kalium . . . . .	0,865	<i>ose wyzsta</i>
Kupfer . . . . .	8,95	<i>owa biel</i>	Lithium . . . . .	0,594	<i>ce-lebre!</i>
Cadmium . . . . .	8,65	<i>h szale</i>			

Die Metalle, deren specifisches Gewicht unter 5 ist, werden leichte Metalle, die übrigen schwere genannt; die leichteren Metalle haben im Allgemeinen grössere Neigung sich zu oxydiren, als die schwereren.

Schmelzbarkeit. Fast alle Metalle gehen beim Erhitzen 3. in den flüssigen Zustand über; einige thun dies erst bei der höchsten Temperatur, welche künstlich erzeugt werden kann; Platin schmilzt nur im Knallgasgebläse; andere sind leicht schmelzbar. Die nachstehende Tabelle giebt die Schmelzpunkte verschiedener Metalle:



Quecksilber . . .	40°	Antimon . . . . .	+ 425°
Gallium . . . . .	+ 30°	Silber . . . . .	1000°
Natrium . . . . .	95,6°	Kupfer . . . . .	1090°
Zinn . . . . .	235°	Weisses Gusseisen . . . . .	1050°
Wismuth . . . . .	270°	Graues Gusseisen . . . . .	1200°
Cadmium . . . . .	315°	Stahl . . . . .	1300° bis 1400°
Blei . . . . .	334°	Schmiedeeisen . . . . .	1500° „ 1600°
Zink . . . . .	423°		

Einige Metalle können durch Erhitzen leicht in Dampf verwandelt werden; Quecksilber kocht bei 350°; Kalium, Natrium, Magnesium und Zink destilliren bei Rothglühhitze; aber selbst die schwer schmelzbaren, wie Kupfer und Gold, sind nicht ganz feuerbeständig und verdampfen in kleinen Mengen, wenn sie im Schmelzofen sehr stark erhitzt werden. Die meisten Metalle sind hämmerbar und dehnbar; sie lassen sich zu dünnen Platten aushämmern und in feinen Draht ziehen; es beruht dies darauf, dass sie bei einer gewissen Weichheit eine grosse Zähigkeit besitzen; so lässt sich z. B. Gold, das hämmerbarste der Metalle, in dünne Blättchen ausstrecken, welche nur die Dicke von 0,00001 mm haben; andere Metalle besitzen diese Eigenschaft in geringerem Grade, und Antimon und Wismuth, welche in ihren Eigenschaften dem Arsen nahe stehen, sind so spröde, dass man sie leicht zu einem feinen Pulver zerreiben kann. Die vielfache technische Verwendung der Metalle beruht hauptsächlich auf ihrer Zähigkeit und Härte.

### Specifische Wärme und Atomwärme.

Wenn gleiche Gewichtsmengen verschiedener Körper um eine gleiche Anzahl von Graden erwärmt werden, so nehmen dieselben ungleiche Mengen von Wärme auf, oder die Wärmecapacität verschiedener Substanzen ist verschieden. So ist, um eine bestimmte Gewichtsmenge Wasser auf eine gewisse Temperatur zu erhitzen, eine Menge von Wärme nöthig, welche 31mal grösser ist als die, welche dieselbe Temperaturerhöhung in demselben Gewichte Platin hervorruft; oder mit derselben Wärmemenge kann man 31 kg Platin eben so hoch erhitzen als 1 kg Wasser. Die specifische Wärme des Platins ist daher  $\frac{1}{31} = 0,032$ , wenn man die des Wassers als Einheit annimmt.

Die specifische Wärme eines und desselben Körpers ist verschieden je nachdem derselbe fest, flüssig oder gasförmig ist.

Die specifischen Wärmen der Metalle im starren Zustande stehen in einer innigen Beziehung zu deren Atomgewichten; berechnet man nämlich die specifischen Wärmen derselben, anstatt auf gleiche Gewichte, auf die Atomgewichte, so ergibt sich, dass die letzteren alle dieselbe Capacität für Wärme haben; alle Metalle besitzen dieselbe Atomwärme. Man erhält diese Atomwärme, wenn man die specifische Wärme mit dem Atomgewichte vervielfacht:

	Specifische Wärme	Atomgewicht	Atomwärme
Blei . . . . .	0,031	$\times 206,4$	$= 6,40$
Platin . . . . .	0,032	$\times 194,5$	$= 6,22$
Silber . . . . .	0,059	$\times 107,7$	$= 6,35$
Zink . . . . .	0,095	$\times 64,9$	$= 6,16$
Zinn . . . . .	0,054	$\times 117,8$	$= 6,36$

Man hat hiernach in der specifischen Wärme ein Mittel,  $\alpha$  das Atomgewicht der Metalle zu bestätigen oder dasselbe in zweifelhaften Fällen festzustellen. Das vor einigen Jahren entdeckte Metall Thallium hat in seinen physikalischen und theilweise in seinen chemischen Eigenschaften grosse Aehnlichkeit mit dem Blei; in anderen chemischen Beziehungen schliesst es sich enge an die Alkalimetalle, namentlich Kalium, an. Wäre das Thallium einwerthig wie Kalium, so würde sein Atomgewicht 204 sein, das Doppelte aber betragen, wenn es wie das Blei zweiwerthig wäre. Die specifische Wärme des Thalliums ist nun 0,033; dividirt man damit in die Atomwärme 6,4, so erhält man 194, eine Zahl, welche 204 viel näher ist, als dem Doppelten derselben; das Atomgewicht dieses Metalls ist demnach 204. Ein anderes, neuerdings entdecktes, Metall, das Indium, wurde, ehe seine specifische Wärme bestimmt war, für zweiwerthig gehalten, da es grosse Aehnlichkeit mit dem Zink hat. Indiumchlorid hätte hiernach die Formel  $\text{InCl}_2$  und das Atomgewicht des Metalls wäre 75,6. Die specifische Wärme des Indiums ist aber 0,057, woraus folgt, dass das Atomgewicht  $1\frac{1}{2}$  mal so gross ist; denn  $0,057 \times 113,4 = 6,46$  berechnet, eine Zahl, die fast genau ein Drittel grösser ist, als die ursprünglich angenommene. Hieraus folgt, dass Indium dreiwerthig ist; sein Chlorid hat die Zusammensetzung  $\text{InCl}_3$  und das Atom-

gewicht ist folglich 113,4. Die Abweichungen zwischen den aus der Analyse gefundenen Werthen und den aus der specifischen Wärme berechneten beruhen darauf, dass die ganz genaue Bestimmung der specifischen Wärme mit vielen Schwierigkeiten verknüpft ist, und eine Abweichung in der dritten Decimalstelle das Atomgewicht um mehrere Procen<sup>t</sup>e ändert.

Dieselbe Atomwärme wie die Metalle haben auch die folgenden Nichtmetalle:

Stickstoff, Chlor, Brom, Jod, Selen, Tellur, Arsenik.

Stickstoff und Chlor sind im starren Zustande zwar nicht bekannt; ihre Atomwärme lässt sich aber aus den Molecularwärmern ihrer starren Verbindungen bestimmen, indem die Elemente im starren freien Zustande dieselbe Atomwärme besitzen, wie in ihren Verbindungen, und daher die Molecularwärme einer solchen gleich ist der Summe der darin enthaltenen Atomwärmern, wie folgende Beispiele zeigen:

	Specifische Molecular- Wärme	gewicht	
Silberchlorid, Ag Cl . . . . .	0,089	× 143,0	= 2 × 6,4
Sodiumchlorid, Na Cl . . . . .	0,219	× 58,4	= 2 × 6,4
Kaliumbromid, K Br . . . . .	0,107	× 118,8	= 2 × 6,4
Zinnchlorid, Sn Cl <sub>2</sub> . . . . .	0,102	× 188,4	= 3 × 6,4
Quecksilberjodid, Hg J <sub>2</sub> . . . . .	0,0423	× 452,8	= 3 × 6,4
Kaliumplatinchlorid, K <sub>2</sub> Pt Cl <sub>6</sub> .	0,118	× 487,0	= 9 × 6,4

Die übrigen einfachen Körper haben alle kleinere Atomwärmern als 6,4; dieselben sind:

Für Schwefel und Phosphor 5,4, Fluor 5, Sauerstoff 4, Silicium 3,8, Bor 2,7, Wasserstoff 2,3 und Kohlenstoff 1,8\*).

Auch hier sind die specifischen Wärmern der im starren Zustande nicht bekannten Elemente aus obigem Gesetze berechnet worden. Folgende Beispiele mögen als weitere Beweise für die Richtigkeit dieses Gesetzes dienen:

---

\*) Hierbei ist zu bemerken, dass die specifische Wärme des Kohlenstoffs rasch mit der Temperatur steigt und über 800<sup>0</sup> constant wird; sie entspricht dann der Atomwärme 5,5, also nahezu der der Metalle. Silicium und Bor verhalten sich ähnlich.

	Spec. Wärme	Molecular- gewicht	Molecular- wärme	
Eis, H <sub>2</sub> O	0,478 ×	17,96 =	8,6 =	4 + (2 × 2,3)
Quecksilberoxid, HgO	0,048 ×	215,86 =	10,4 =	6,4 + 4
Arsentrioxid, As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,125 ×	197,7 =	24,8 =	(2 × 6,4) + (3 × 4)
Calciumcarbonat, CaCO <sub>3</sub>	0,202 ×	99,8 =	20,2 =	6,4 + 1,8 + (3 × 4)
Kaliumsulfat, K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,196 ×	173,8 =	34,2 =	(2 × 6,4) + 5,4 + (4 × 4)
Chlorkohlenstoff, C <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub>	0,177 ×	236,2 =	42 =	(2 × 1,8) + (6 × 6,4).

## Vorkommen und Verbreitung der Metalle.

Nur wenige Metalle kommen in der Natur im freien Zustande oder gediegen vor; sie finden sich gewöhnlich mit Sauerstoff, Schwefel, Chlor und anderen Nichtmetallen verbunden sehr ungleichförmig in der Erdkruste verbreitet. Einige sind bis jetzt nur an wenigen Orten aufgefunden worden; andere dagegen sind sehr häufig und treten in mächtigen Massen auf. Wie die Tabelle auf Seite 10 zeigt, besteht die Hauptmasse der krystallinischen Gesteine, welche die feste Erdkruste bilden, aus Aluminium, Eisen, Calcium, Magnesium und Natrium, verbunden mit Silicium und Sauerstoff; man benutzt jedoch dieses Vorkommen nicht, um diese Metalle daraus darzustellen, sondern verwendet hierzu andere Verbindungen, die zwar in kleinen Mengen auftreten, aus denen sich aber die Metalle leichter abscheiden lassen, als aus den Silicaten. Man nennt solche Verbindungen Erze. Die Schwermetalle und ihre Erze finden sich hauptsächlich in den älteren krystallinischen und sedimentären Gesteinsschichten in Adern und Gängen. Dieselben sind Risse oder Spalten in der Gesteinsmasse, welche mit dem Erz ausgefüllt sind. Auch in neueren geologischen Formationen treten manche Erze in grösseren Massen auf und haben sich da wahrscheinlich aus wässriger Lösung abgesetzt.

Das Vorkommen und die Verbreitung der Erze wird ausführlich in der Wissenschaft der Geologie abgehandelt; die

Aufgabe des Bergmanns ist, dieselben in ihren Lagerstätten aufzusuchen und daraus zu fördern. Die Abscheidung der Metalle aus den Erzen beruht hauptsächlich auf chemischen Vorgängen, deren nähere Beschreibung das Gebiet der chemischen Metallurgie bildet; dieselbe ist ein Zweig der Hüttenkunde oder der Lehre von den mechanischen und chemischen Operationen, welche man bei der Darstellung der Metalle im Grossen anwendet.

### β. Chemische Eigenschaften der Metalle.

Die Metalle können sich sowohl unter sich als mit den Nichtmetallen verbinden. Die ersteren Verbindungen, welche Legirungen genannt werden, zeigen den Metallglanz und andere physikalische Eigenschaften der einfachen Metalle; während diese Eigenschaften in den Oxiden, Sulfiden, Chloriden u. s. w. in der Regel verschwinden.

α. Legirungen. Die meisten Metalle mischen sich im geschmolzenen Zustande und bilden Verbindungen in unbestimmten Verhältnissen, welche mehr den Charakter eines Gemisches haben und die mittleren Eigenschaften der Metalle, aus welchen sie zusammengesetzt sind, zeigen. Sind die Bestandtheile einer Legirung in den Verhältnissen der Atomgewichte vorhanden, so tritt dieselbe häufig in Krystallen auf. Viele Legirungen werden technisch verwendet, da dieselben häufig werthvolle Eigenschaften besitzen, welche den einzelnen Metallen fehlen. Gold und Silber sind im reinen Zustande zu weich, um zu Münzen verwendet zu werden, dieselben würden sich zu schnell abnutzen; durch Zusatz von Kupfer aber wird eine genügend harte Legirung erhalten. Kupfer ist zu weich und zähe, um auf der Drehbank verarbeitet zu werden; mit der Hälfte seines Gewichtes Zink legirt, entsteht das harte, aber leicht zu bearbeitende Messing. Kanonmetall ist eine harte und zähe Legirung von 9 Theilen Kupfer und 1 Theil Zinn; eine noch härtere ist die Glockenspeise, welche aus 2 Theilen Zinn und 8 Theilen Kupfer besteht; je mehr Zinn eine solche Legirung enthält, um so heller wird die Farbe;

das Spiegelmetall besteht aus 1 Theil Zinn und 2 Theilen u. Kupfer; dasselbe hat eine fast weisse Farbe und nimmt eine hohe Politur an, es wird deshalb zu Spiegeln für Fernröhre angewendet.

Der Schmelzpunkt einer Legirung liegt gewöhnlich β niedriger als die Schmelzpunkte der Metalle, aus denen sie besteht; so sind die Schmelzpunkte von

Blei . . . . .	334°
Zinn . . . . .	235°
Wismuth . . . . .	270°
Cadmium . . . . .	315°

Eine Legirung von 2 Theilen Wismuth, 1 Theil Zinn und 1 Theil Blei schmilzt schon bei 95° und eine, welche 8 Theile Blei, 15 Theile Wismuth, 4 Theile Zinn und 3 Theile Cadmium enthält, wird bei 60° weich und ist bei 65° vollkommen flüssig.

Die Verbindungen des Quecksilbers mit anderen Metallen werden Amalgame genannt; der Schmelzpunkt derselben 2. Hg: H. liegt immer über dem des Quecksilbers.

In seinem chemischen Verhalten zeigt der Wasserstoff eine so grosse Aehnlichkeit mit den Metallen, dass man schon längere Zeit annahm, dass dieses Gas der Dampf eines sehr flüchtigen Metalles sei. Diese Ansicht findet eine Bestätigung dadurch, dass der flüssige Wasserstoff (s. S. 18) eine stahlblaue Farbe hat und erklärt die Thatsache, dass verschiedene Metalle die Eigenschaft haben, Wasserstoff in grosser Menge zu absorbiren; so nimmt 1 Raumtheil Palladium 982 Raumtheile Wasserstoff auf, wodurch eine wirkliche Legirung vom Palladium mit Hydrogenium, wie man den Wasserstoff im starren Zustande genannt hat, entsteht. Dieses Wasserstoffpalladium besitzt ganz die Farbe und den Glanz des reinen Palladiums, ist aber etwas weniger zähe; es leitet Elektrizität und Wärme und besitzt deutlichen Magnetismus. Seine Dichte ist geringer als die des reinen Metalls, indem sich durch Wasserstoffaufnahme sein Volum vergrössert. Aus dieser Volumzunahme konnte man ermitteln, dass dem Hydrogenium das specifische Gewicht 0.62 zukommt. Auch Platin und Eisen haben die Fähigkeit, Wasserstoff zu absorbiren, wenn auch in geringerem Grade.

Die Thatsache, dass Palladium, Platin und Eisen bei Rothgluth für Wasserstoff durchdringlich sind, kann dadurch erklärt werden, dass dieses Gas von den Metallen verdichtet und absorbirt wird und dann auf der anderen Seite wieder ab-

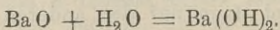
dunstet, in derselben Weise, wie eine Scheidewand von Kautschuk Sauerstoff durchlässt (siehe Seite 44).

Das Meteoreisen von Lenarto enthält sein dreifaches Volum Wasserstoff eingeschlossen; dieses Meteorit muss demnach wohl aus einer Atmosphäre stammen, die reich an Wasserstoff ist (siehe Spectralanalyse).

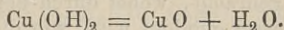
*b.* *(3. Hauptkategorie)*  
 Metalloxyde. Sauerstoff wirkt sehr verschieden auf die Metalle ein. Einige verbinden sich mit solcher Leichtigkeit damit, dass sie vor Luftzutritt geschützt aufbewahrt werden müssen; andere widerstehen dem Einfluss des Sauerstoffs bei gewöhnlicher Temperatur mehr oder weniger gut, aber bei höherer Temperatur oxydiren sie sich leicht, und wenn flüchtig verbrennen sie mit Flamme, wie Magnesium und Zink; andere wiederum, wie Gold und Platin, werden auch bei der höchsten Temperatur nicht von Sauerstoff angegriffen und können damit nur auf indirectem Wege in Verbindung gebracht werden. Die Oxide lassen sich in drei Classen theilen.

1. Basische Oxide. Dieselben können als Wasser betrachtet werden, in welchem der Wasserstoff durch ein Metall ersetzt ist. Diese Ersetzung kann eine nur theilweise sein;  $\alpha$  man nennt solche Verbindungen Hydroxide. Durch Einwirkung von Kalium auf Wasser wird Wasserstoff frei, und es entsteht Kaliumhydroxid, KOH; in demselben kann wiederum Wasserstoff durch Kalium ersetzt werden, und man erhält  $\beta$  Kaliumoxid,  $K_2O$ . Ein zweiwertiges Metall ersetzt die zwei Wasserstoffatome in Wasser; so ist Calciumoxid  $CaO$ , Zinkoxid  $ZnO$ ; die Hydroxide derselben leiten sich von 2 Moleculen Wasser ab, in welchen das Metall 2 Atome Wasserstoff vertritt, Calciumhydroxid,  $Ca(OH)_2$ . In den sogenannten Sesquioxiden sind 2 Atome eines Metalles mit 3 Atomen Sauerstoff verbunden; dieselben entsprechen daher 3 Moleculen Wasser, in welchen die 6 Atome Wasserstoff durch 2 Atome des Metalles ersetzt sind, wie Alaunerde oder Aluminiumoxid,  $Al_2O_3$ , Eisensesquioxid,  $Fe_2O_3$ , und ihre Hydroxide sind dem entsprechend als 6 Moleculen Wasser aufzufassen, in welchen die Hälfte des Wasserstoffs durch eine sechswerthige Atomgruppe vertreten ist, z. B. Aluminiumhydroxid,  $Al_2(OH)_6$ .

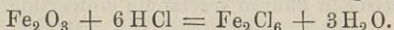
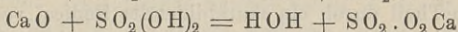
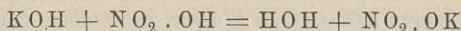
Viele basische Oxide verbinden sich mit Wasser zu einem  $\int$ Hydroxid:



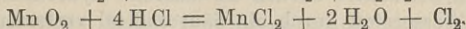
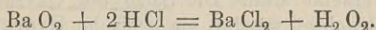
Das so erhaltene Bariumhydroxid kann auch durch das stärkste Erhitzen nicht wieder in Wasser und Oxid zerlegt werden; andere Hydroxide dagegen zerfallen schon bei nicht sehr hoher Temperatur, wie Kupferhydroxid:



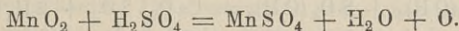
Die in Wasser löslichen Hydroxide haben, wie schon früher erwähnt, eine alkalische Reaction; sie färben rothes Lackmuspapier blau; die wichtigste Eigenschaft der basischen Oxide und Hydroxide ist die, dass sie mit Säuren zusammengebracht damit doppelte Zersetzung eingehen, indem der  $\epsilon$  Wasserstoff der Säure durch das Metall ersetzt wird, z. B.:



2. Peroxide. Dieselben enthalten mehr Sauerstoff als die basischen Oxide und können als Wasserstoffdioxid angesehen werden, in welchem der Wasserstoff durch Metalle ersetzt ist; wie dieses geben sie leicht einen Theil des Sauerstoffs ab und wirken daher stark oxydirend. Mit Salzsäure zusammengebracht  $\alpha$  bilden sie entweder Wasserstoffdioxid, oder es wird Chlor entwickelt, z. B.:



Oxysäuren setzen daraus beim Erwärmen Sauerstoff in  $\gamma$  Freiheit:

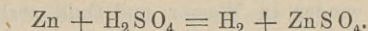


3. Säurebildende Oxide und Metallsäuren. Den Nichtmetallen ganz analog verbinden sich mehrere Metalle mit Sauerstoff und Wasserstoff zu Säuren, von denen einige beständige Verbindungen sind; andere dagegen sind nur in ihren Salzen bekannt, und viele zeigen im freien Zustande das Bestreben, in Wasser und ein Oxid (Anhydrid) zu zerfallen, ähnlich wie Kohlensäure, Kieselsäure u. s. w.

Salze. Wird der Wasserstoff einer Säure durch ein Metall ersetzt, so entsteht ein Salz. Die Ersetzung kann auf verschiedene Weise geschehen.



1. Das Metall ersetzt den Wasserstoff der Säure direct:

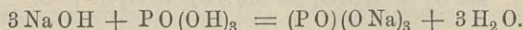
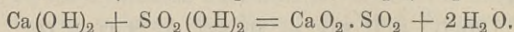
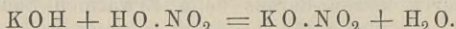


2. Die Säure wird mit einem basischen Oxide oder Hydroxide zusammengebracht, wobei durch doppelte Zersetzung neben dem Salz Wasser gebildet wird, wie die oben gegebenen Beispiele erläutern.

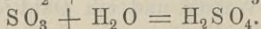
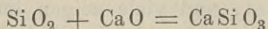
Die Säuren selbst zerfallen in zwei Gruppen, 1) Wasserstoffsäuren, die keinen Sauerstoff enthalten wie Chlorwasserstoff und die anderen entsprechenden Säuren der Elemente der Chlorgruppe, und 2) Oxysäuren, welche Sauerstoff enthalten und deren Anzahl sehr beträchtlich ist. Wie schon bei Salpetersäure und Schwefelsäure erwähnt worden ist, lassen sich die letzteren auffassen als Wasser, in welchem der Wasserstoff zum Theil durch ein säurebildendes Radical vertreten ist. In den einbasischen Säuren ersetzt ein einwerthiges Radical ein Atom Wasserstoff, wie in der Salpetersäure  $\overset{\text{N}}{\text{O}}_2 \left. \begin{array}{l} \text{O} \\ \text{H} \end{array} \right\}$  oder  $\text{NO}_2\text{OH}$ ,

während in zweibasischen Säuren, wie Schwefelsäure  $\overset{\text{S}}{\text{O}}_2 \left\{ \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{OH} \end{array} \right.$  ein zweiwerthiges Radical zwei Atome Wasserstoff in zwei Moleculen Wasser vertritt und in dreibasischen Säuren, wie Phosphorsäure  $\overset{\text{P}}{\text{O}} \left\{ \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{OH} \\ \text{OH} \end{array} \right.$  drei Atome Wasserstoff in drei Mole-

cülen Wasser ersetzt sind. Die Salze der Oxysäuren können daher auch betrachtet werden als basische Hydroxide, in welchen der Wasserstoff durch ein Säureradical vertreten ist:



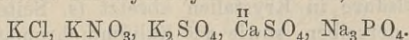
3. Ein säurebildendes Oxid (Anhydrid) verbindet sich direct mit einem basischen Oxide, analog der Bildung einer Säure aus Wasser und dem betreffenden Oxide:



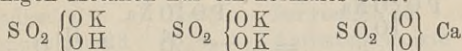
Salze können noch auf verschiedene andere Arten entstehen; Näheres darüber wird bei den einzelnen Verbindungen erwähnt werden.

Die Salze zerfallen in verschiedene Unterabtheilungen:

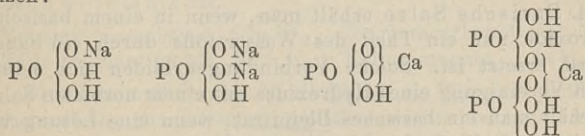
1. Normale Salze sind solche, in welchen das Metall allen Wasserstoff des Hydroxyls ersetzt hat, wie:



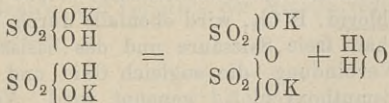
2. Ist nur ein Theil des Wasserstoffs ersetzt, so wird die Verbindung ein saures Salz genannt. Saure Salze haben oft einen sauren Geschmack und röthen blaues Lackmuspapier; doch hängt dies von der Natur der Säure und des Metalles ab, und es kommt häufig der Fall vor, dass saure oder normale Salze einer schwachen Säure eine alkalische Reaction zeigen, wenn das darin enthaltene Metall ein stark alkalisches Hydroxid bildet, und umgekehrt normale Salze starker Säuren sauer reagiren. Zweibasische Säuren geben in der Regel mit einwerthigen Metallen ein saures und ein normales Salz, mit zweiwerthigen Metallen nur ein normales Salz:



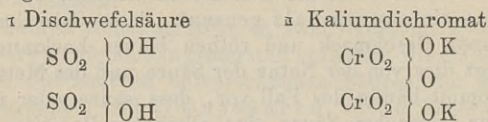
Mehrbasische Säuren bilden, je nachdem sie ein- oder mehrwerthige Metalle binden, verschiedene Reihen von sauren Salzen:



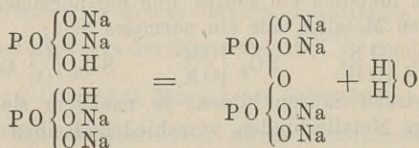
3. Eine dritte Classe von Salzen bildet sich durch Vereinigung eines normalen Salzes mit einem Anhydrid oder säurebildenden Oxid; solche Verbindungen wurden früher auch saure Salze genannt. Das sogenannte saure chromsaure Kali oder Kaliumdichromat,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , bildet sich durch Vereinigung von normalem Kaliumchromat,  $\text{CrO}_4\text{K}_2$  mit Chromtrioxid oder Chromsäureanhydrid,  $\text{CrO}_3$ . Eine ganz analoge Verbindung, das Kaliumdisulfat oder Kaliumpyrosulfat,  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ , entsteht nicht nur, wenn man das normale Kaliumsulfat mit Schwefeltrioxid erhitzt, sondern auch, wenn man das saure Salz für sich vorsichtig erhitzt, wobei es ein Molecül Wasser abgiebt. Die letztere Reaction erklärt die Constitution dieser Salze:



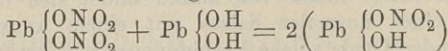
Die Dischwefelsäure oder Pyroschwefelsäure ist auch im freien Zustande bekannt; es ist dies die unter Schwefelsäure beschriebene Verbindung, welche sich aus abgekühlter rauchender Schwefelsäure in Krystallen absetzt (s. Seite 114). Die Constitution derselben, sowie des Kaliumdichromats lässt sich durch folgende Formeln ausdrücken:



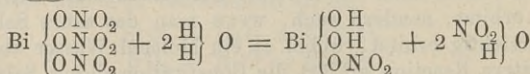
Pyrophosphorsäure und ihre Salze gehören ebenfalls zu dieser Classe von Verbindungen; Natriumpyrophosphat bildet sich bekanntlich, wenn man das gewöhnliche Natriumphosphat glüht:



4. Basische Salze erhält man, wenn in einem basischen Hydroxide nur ein Theil des Wasserstoffs durch ein Säureradical ersetzt ist. Solche Verbindungen bilden sich häufig durch Vereinigung eines Hydroxides mit einem normalen Salze; so erhält man ein basisches Bleinitrat, wenn eine Lösung von Bleinitrat mit Bleihydroxid gekocht wird:



Auf ähnliche Weise erhält man das basische Zinkchlorid  $\text{Zn} \left\{ \begin{array}{l} \text{Cl} \\ \text{OH} \end{array} \right.$  u. s. w. Andere basische Salze entstehen durch die Einwirkung von Wasser auf normale Salze; Wismuthnitrat z. B. zersetzt sich mit Wasser in freie Salpetersäure und basisches Wismuthnitrat:



Wismuthchlorid,  $\text{BiCl}_3$ , wird ebenfalls durch Wasser zersetzt, man erhält freie Salzsäure und das basische Chlorid,  $\text{BiOCl}$ , eine Verbindung, die zugleich Oxid und Chlorid ist und daher Wismuthoxychlorid genannt wird. Von anderen

basischen Salzen mögen noch hier erwähnt werden die zwei  
bekanntesten Kupfererze, <sup>r</sup>Malachit  $\text{CO} \begin{cases} \text{O Cu OH} \\ \text{O Cu OH} \end{cases}$  und <sup>n</sup>Kupferlasur  $\text{V}$

$\text{CO} \begin{cases} \text{O Cu OH} \\ \text{O} \end{cases} \text{Cu}$  und das <sup>m</sup>Bleiweiss  $\text{CO} \begin{cases} \text{O Pb OH} \\ \text{O} \end{cases} \text{Pb}$ , die alle drei  
 $\text{CO} \begin{cases} \text{O Cu OH} \\ \text{O} \end{cases}$   $\text{CO} \begin{cases} \text{O Pb OH} \\ \text{O Pb OH} \end{cases}$

basische Carbonate sind.

Sulfide. Alle Metalle können mit Schwefel verbunden <sup>d</sup>  
werden und die so erhaltenen Verbindungen entsprechen den <sup>r</sup>  
verschiedenen Classen der Metalloxide, wie folgende Zusammen-  
stellung zeigt:

Natriumsulfid . . . $\text{Na}_2\text{S}$	Natriumoxid . . . $\text{Na}_2\text{O}$
Natriumhydrosulfid $\text{NaSH}$	Natriumhydroxid $\text{NaOH}$
Calciumsulfid . . . $\text{CaS}$	Calciumoxid . . . $\text{CaO}$
Baryumdisulfid . . . $\text{BaS}_2$	Baryumdioxid . . $\text{BaO}_2$
Antimonpentasulfid . $\text{Sb}_2\text{S}_5$	Antimonpentoxid . $\text{Sb}_2\text{O}_5$

Gerade wie die Anhydride sich mit basischen Oxiden zu  
Salzen vereinigen, verbinden sich die entsprechenden Sulfide <sup>r</sup>  
zu Schwefelsalzen:

Natriumthiocarbonat $\text{CS}_3\text{Na}_2$	Natriumcarbonat $\text{CO}_3\text{Na}_2$
Kaliumthioantimonat $\text{SbS}_4\text{K}_3$	Kaliumarsenat $\text{AsO}_4\text{K}_3$

Die Metallsulfide sind theils löslich in Wasser, theils un- <sup>3</sup>  
löslich darin; die letzteren zerfallen wieder in verschiedene  
Gruppen; einige werden von Salzsäure unter Entwicklung  
von Schwefelwasserstoff zersetzt, während andere von dieser  
Säure nicht angegriffen werden und von der letzteren Gruppe  
werden die, welche den Anhydriden entsprechen, von den lös-  
lichen Sulfiden unter Bildung von Schwefelsalzen aufgelöst,  
während die, welche basischen Oxiden entsprechen, natürlich  
darin unlöslich sind.

Diese Unterschiede benutzt man in der analytischen Chemie,  
wie schon unter Schwefelwasserstoff erwähnt wurde, um die <sup>4</sup>  
verschiedenen Metalle von einander zu trennen.

Viele Metallsulfide kommen als Mineralien vor und einige <sup>r</sup>  
bilden wichtige Erze, wie Eisenkies, Kupferkies, Bleiglanz u. s. w.

Die Selenide und Telluride der Metalle verhalten sich den  
Sulfiden ähnlich.

6. Die Verbindungen der Metalle mit Stickstoff, Phosphor, Bor, Silicium, Kohlenstoff und Wasserstoff sind von keiner allgemeinen Wichtigkeit; einige davon werden bei den betreffenden Metallen erwähnt werden.

### c. Eintheilung der Metalle.

Die Metalle zerfallen in verschiedene Gruppen, deren einzelne Glieder unter sich im chemischen Verhalten und in den physikalischen Eigenschaften grosse Uebereinstimmung zeigen.

1. Classe. Alkalimetalle: Kalium, Natrium, Cäsium, Rubidium, Lithium. — Die Metalle dieser Classe sind einwerthig; sie sind bei gewöhnlicher Temperatur weich, schmelzen bei ziemlich niedriger Temperatur und verflüchtigen sich bei starkem Erhitzen. Sie haben eine grosse Neigung sich mit Sauerstoff zu verbinden, zersetzen Wasser heftig in der Kälte und bilden Hydroxide, welche sehr löslich in Wasser sind und sich bei hoher Temperatur ohne Zersetzung verflüchtigen. Diese Hydroxide werden Alkalien genannt und sind die stärksten Basen. Die Carbonate, Sulfate und Phosphate der Alkalimetalle sind in Wasser löslich.

2. Classe. Erdalkalimetalle: Calcium, Strontium, Barium. — Zweiwerthige Metalle, welche bei gewöhnlicher Temperatur sich mit Sauerstoff verbinden, Wasser zersetzen und stark basische Oxide (alkalische Erden) und Hydroxide bilden, welche in Wasser weniger löslich als die Alkalien sind. Die normalen Carbonate, Sulfate und Phosphate sind in Wasser sehr schwer löslich oder unlöslich. Die Oxide derselben werden auch bei hoher Temperatur nicht durch Kohlenstoff oder Wasserstoff zu Metallen reducirt.

3. Classe. Zinkgruppe: Beryllium, Magnesium, Zink, Cadmium. — Zweiwerthige Metalle, welche sich beim starken Erhitzen verflüchtigen und an der Luft mit Flamme brennen. Sie zersetzen Wasser bei höherer Temperatur und bilden nur ein Oxid und Sulfid, die in Wasser unlöslich sind. Ihre Sulfate sind löslich in Wasser; die Phosphate und Carbonate unlöslich.

4. Classe. Bleigruppe: Blei, Thallium. — Schwere Metalle, welche alkalisch reagirende basische Oxide bilden und sich an die zwei ersten Gruppen anschliessen, von welchen sie sich aber durch ihre in Wasser unlöslichen Sulfide unterscheiden. Die meisten Salze des Thalliums haben grosse Aehnlich-

keit mit denen der Alkalimetalle, während die Bleisalze den Salzen der Erdalkalimetalle gleichen.

5. Classe. Kupfergruppe: Kupfer, Silber, Quecksilber. — Diese zweiwerthigen Metalle zersetzen Wasser nicht bei höherer Temperatur, aber werden leicht von Salpetersäure und heisser concentrirter Schwefelsäure oxydirt.

6. Classe. Cergruppe: Scandium, Yttrium, Cer, Lanthan, Didym, Samarium, Terbium, Erbium, Ytterbium. — Eine Gruppe seltener Metalle, welche bei Siedehitze Wasser zersetzen; sie bilden in Wasser unlösliche basische Sesquioxide.

7. Classe. Aluminiumgruppe: Aluminium, Indium, Gallium. — Metalle, welche Wasser bei höherer Temperatur zersetzen und deren basische Sesquioxide in Wasser unlöslich sind.

Von den Metallen der Cergruppe unterscheiden sie sich dadurch, dass ihre Sulfate mit denen der Alkalimetalle eigenthümliche Doppelsalze bilden, welche Alaune genannt werden.

8. Classe. Eisengruppe: Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel. — Dieselben zersetzen ebenfalls Wasser erst bei höherer Temperatur; sie sind nicht flüchtig und bilden mehrere Oxide und Sulfide. Die Monoxide sind kräftige Basen, während die Sesquioxide entweder schwache Basen sind oder sich wie Peroxide verhalten.

9. Classe. Chromgruppe: Chrom, Molybdän, Wolfram, Uran. — Diese Metalle bilden Trioxide, welche Säureanhydride sind und sehr charakteristische Salze bilden. Die niederen Oxide des Chroms haben grosse Aehnlichkeit mit den basischen Oxiden der achten Gruppe.

10. Classe. Zinngruppe: Zinn, Titan, Germanium, Zirkon, Thorium. — Vierwerthige Metalle, welche sich an das Silicium anschliessen und flüchtige Tetrachloride bilden. Die Dioxide sind schwache Säureanhydride.

11. Classe. Antimongruppe: Antimon, Wismuth, Vanadin, Tantal, Niob. — Diese Metalle bilden mit Phosphor und Arsen eine natürliche Gruppe und bilden wie diese Pentoxide, welche Säureanhydride sind.

12. Classe. Gold- und Platinmetalle: Gold, Platin, Ruthenium, Rhodium, Palladium, Iridium, Osmium. Gold und Platin werden von Salpetersäure nicht oxydirt und nur von Königswasser und Chlor aufgelöst. Ihre Oxide zerfallen beim Erhitzen in Metall und Sauerstoff. Man nennt dieselben edle Metalle und rechnet dazu auch Silber und Quecksilber, deren

4. Oxide ebenfalls durch Hitze zersetzt werden. Gold ist dreiwertig und Platin vierwertig. Die übrigen Glieder der Gruppe finden sich in der Natur immer mit Platin, mit dem sie grosse Aehnlichkeit haben, zusammen und werden deshalb 5. Platinmetalle genannt.

## D. Krystallographie.

- Fast alle Körper, Elemente sowohl wie Verbindungen, nehmen, wenn sie aus dem flüssigen oder gasförmigen Zustand in den festen übergehen, eine von ebenen Flächen begrenzte, bestimmte, regelmässige Gestalt an; sie treten in Krystallen auf.
1. Krystalle können auf verschiedene Weise entstehen; löst man z. B. eine Substanz, wie Salpeter, in Wasser auf und lässt diese Lösung langsam verdunsten, so scheidet sich das Salz in Krystallen aus; anstatt einen Körper durch ein Lösungsmittel zu verflüssigen, kann man denselben durch Erwärmen schmelzen, wie z. B. Schwefel, und beim Erkalten erfolgt dann das Krystallisiren; ist derselbe bei hoher Temperatur leicht flüchtig, wie Jod und Arsen trioxid, so nimmt er Krystallgestalt an, wenn man ihn verdampft und den Dampf durch Abkühlen verdichtet. Viele Mineralien finden sich häufig in vollkommen ausgebildeten Krystallen, über deren Entstehung sehr wenig noch bekannt ist; jedenfalls haben dieselben eine lange Zeit zu ihrer Ausbildung gebraucht; denn je langsamer ein Krystall entsteht, um so grösser und vollkommener ist derselbe ausgebildet. Ausser der regelmässigen Begrenzung zeigen die Krystalle noch andere Eigenthümlichkeiten; sie lassen sich nach gewissen Richtungen hin leichter theilen als nach anderen, sie 2. besitzen Spaltbarkeit. Die meisten leiten Wärme nach verschiedenen Richtungen verschieden und brechen das Licht doppelt.

Leblose Körper, welche nicht im krystallinischen Zustande auftreten, nennt man amorph, wie Glas, Gummi, Leim u. s. w. Dieselben haben nach allen Richtungen hin gleichen Zusammenhang, besitzen einen muscheligen Bruch und brechen das Licht stets einfach. Die Hauptbestandtheile des Thier- und Pflanzenkörpers sind ebenfalls nicht krystallisirt; dieselben besitzen eine eigenthümliche Structur, welche man als organisirte Structur oder Zellenbau bezeichnet.

In der Regel besitzt jeder Körper eine bestimmte Form, in welcher er krystallisirt, und durch welche er erkannt werden kann. Bilden sich z. B. Krystalle durch Verdampfen einer wässerigen Lösung, so hat das kleinste sichtbare Theilchen, welches sich ausscheidet, genau dieselbe Form wie der grösste Krystall, und lässt man dasselbe in der Lösung, so nimmt es einfach an Grösse zu, ohne dabei seine Gestalt zu ändern.

Alle Krystalle sind von ebenen Flächen begrenzt; die Durchschnittslinien zweier Flächen nennt man Kanten, und die Durchschnittspunkte von drei oder mehr Flächen heissen Ecken. Die Zahl und Gestalt dieser Flächen sowie der Winkel, unter welchen sie zu einander geneigt sind; auch die Zahl und Art der Ecken sind bei verschiedenen Krystallen sehr verschieden, und man kennt mehrere Tausende von Krystallformen. Dieselben lassen sich jedoch alle auf einfache Weise in Classen oder Systeme ordnen, indem man ihre Ausbildungsrichtungen mit einander vergleicht. Zu diesem Zwecke nimmt man in jedem Krystalle Axen an, d. h. Linien, welche man sich durch den Mittelpunkt des Krystalles so gelegt denkt, dass die Flächen in Beziehung auf diese Axen symmetrisch liegen.

1. Reguläres System. Die Krystalle dieses Systems sind nach drei zu einander rechtwinklig stehenden Richtungen gleichartig ausgebildet, und man nimmt in denselben deshalb drei zu einander senkrechte, gleichlange Axen an. Die hierher gehörigen einfacheren Formen sind der Würfel, Fig. 41, das Octoëder (Achtflächner), Fig. 42, das Rhombendode-

*3. axe +  
4. form.*

Fig. 41.

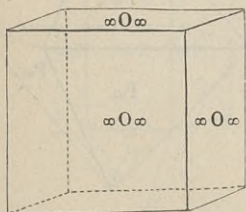
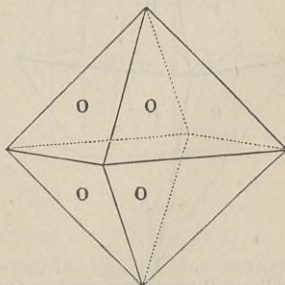


Fig. 42.



caëder (Zwölfflächner), Fig. 43 (a. f. S.), und das Tetraëder, Fig. 44 (a. f. S.). Die Krystalle dieses Systems unterscheiden



$\alpha$  sich von denen aller anderen, dass sie nicht doppelbrechend  
 $\beta$  sind und Wärme nach allen Richtungen gleichmässig leiten.

Von bekannteren Substanzen krystallisiren in diesem Systeme  
Diamant, Bleiglanz, Schwefelkies, Kochsalz, Alaun und Granat.

Fig. 43.

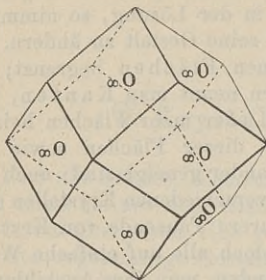
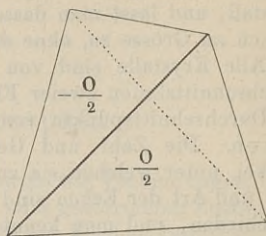


Fig. 44.



2. Quadratisches oder tetragonales System. Drei zu einander senkrechte Axen, von denen zwei (die Nebenaxen) von gleicher Länge, die dritte (die Hauptaxe) kürzer oder länger, als die beiden anderen ist. Die einfachste Form dieses Systems ist die quadratische Pyramide; man unterscheidet bei

Fig. 45.

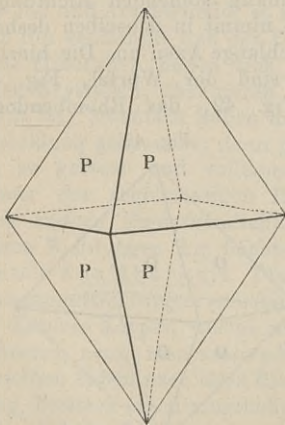
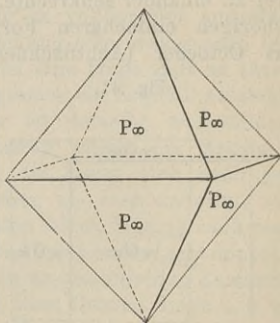


Fig. 46.



derselben Pyramiden erster Ordnung, Fig. 45, in welcher die Nebenaxen durch die Ecken gehen, und Pyramiden zweiter Ordnung, Fig. 46, bei welchen die Nebenaxen die Mitte der

Seitenkanten durchschneiden. Ebenso unterscheidet man ein quadratisches Prisma der ersten Ordnung, Fig. 47, und der

Fig. 47.

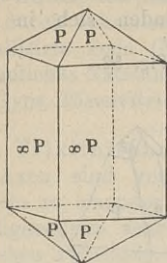
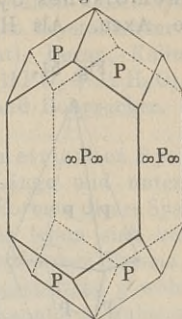


Fig. 48.



zweiten Ordnung, Fig. 48. Im quadratischen Systeme krystallisiren der Zinnstein ( $\text{Sn O}_2$ ), Kupferkies, Zirkon und Blutlaugensalz.

3. Hexagonales System. In demselben werden vier Axen angenommen, von denen die Hauptaxe länger oder kürzer ist als die drei Nebenaxen, welche zu ihr senkrecht stehen, unter sich gleich sind und sich unter einem Winkel von  $60^\circ$  schneiden. Die am häufigsten vorkommenden Gestalten dieses

\*  
3/4 formig

Fig. 49.

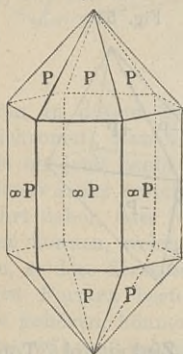
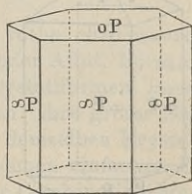


Fig. 50.



Systems sind die hexagonale Pyramide, Fig. 49, das hexagonale Prisma, Fig. 50, und das Rhomboëder, Fig. 62 (Seite 193).

Einige der wichtigeren Substanzen, welche zu diesem Systeme gehören, sind Eis (dessen hexagonale Ausbildung man

in den Schneeflocken deutlich sieht), Quarz, Corund, Kalkspath, Eisenspath, Natriumnitrat (Chilisalpeter) und Smaragd.

4. Rhombisches System. Drei zu einander senkrechte ungleiche Axen. Als Hauptformen finden sich in diesem

Fig. 51.

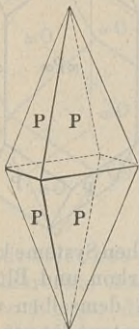
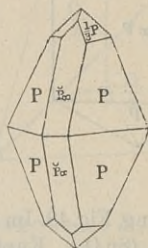


Fig. 52.



Systeme die rhombische Pyramide, Fig. 51 und 52, und das rhombische Prisma, Fig. 53. Hierher gehören der gediegene und der aus Schwefelkohlenstoff krystallisirte Schwefel,

Fig. 53.

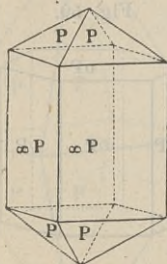
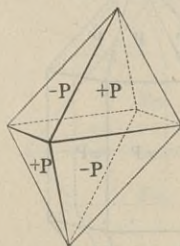


Fig. 54.



Salpeter (Kaliumnitrat), Arragonit, Zinkvitriol, Topas und Schwerspath.

5. Monoklinisches oder monosymmetrisches System. Drei ungleiche Axen, von denen zwei sich unter einem

schiefen Winkel schneiden und die dritte senkrecht auf der Ebene der beiden anderen steht. Die einfachste hierher gehörende Form ist die monoklinische Pyramide, Fig. 54. Eine grosse Anzahl Körper treten in Krystallen dieses Systems auf, z. B. durch Schmelzen und Abkühlen krystallisirter Schwefel, krystallisirte Soda (Natriumcarbonat), Borax, Kaliumchlorat, gewöhnliches Natriumphosphat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$ ), Glauber-salz, Gyps, Eisenvitriol, Feldspath und Rohrzucker.

†  
vermuthl.

6. Triklinisches oder asymmetrisches System. Die drei Axen sind von ungleicher Länge und unter schiefen Winkeln zu einander geneigt. Die Formen dieses Systems sind im Allgemeinen sehr verwickelt, sie leiten sich von der triklinischen Pyramide und dem triklinischen Prisma, Fig. 55, ab. Die Krystallform, in welcher Kupfervitriol gewöhnlich auftritt, zeigt Fig. 56, von sonst bekannteren Substanzen kry-

✖  
Prism.

Fig. 55.

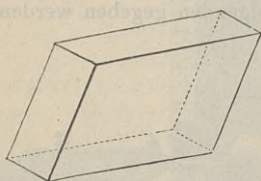
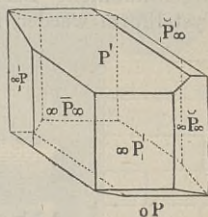


Fig. 56.



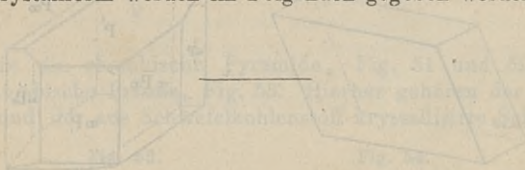
stallisiren in diesem System das rothe chromsaure Kali (Kalium-Dichromat), Natronfeldspath oder Albit, Borsäure u. s. w.

Alle bis jetzt beobachteten Krystallformen lassen sich in eines dieser sechs Systeme einreihen; ihre grosse Mannigfaltigkeit rührt daher, dass in ein und demselben Krystalle Flächen auftreten können, welche verschiedenen einfachen Formen zugehören, so dass derselbe aus einer Combination von mehreren einfachen Formen besteht. Krystalle, welche zu demselben Systeme gehören, können oft unter einander sehr verschieden aussehen, während solche aus zwei verschiedenen Systemen oft auf den ersten Blick einander sehr ähnlich erscheinen. Durch genaue Winkelmessung kann aber immer das Symmetriegesetz, durch welches die Ausbildung bedingt ist, aufgefunden und die Lage und die Beziehungen der Axen zu einander fest-

gestellt werden, und man kann durch solche Bestimmungen auch bei unvollkommen und einseitig ausgebildeten Krystallen auffinden, welchem Systeme sie zugehören und von welchen Formen desselben sie sich ableiten.

Einige Substanzen können in zwei verschiedenen Systemen  $\frac{4}{4}$  krystallisiren; man nennt solche Körper dimorph; dieselben zeigen immer ausser diesem Unterschiede in der Krystallform auch Unterschiede in den physikalischen Eigenschaften, wie Farbe, Härte, specifisches Gewicht u. s. w. Beispiele hiervon sind Kohlenstoff, Schwefel u. s. w.

Gewisse Verbindungen, welche eine analoge chemische Zusammensetzung haben, treten häufig in derselben Krystallform  $\frac{5}{5}$  auf; man nennt solche Körper isomorph; so krystallisiren z. B. Natriumchlorid,  $\text{NaCl}$ , Natriumjodid,  $\text{NaJ}$ , und Natriumbromid,  $\text{NaBr}$ , in Würfeln; Natriumphosphat,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$ , und Natriumarsenat,  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$ , bilden gleichgestaltete monoklinische Krystalle. Weitere Beispiele für diese eigenthümliche Beziehung zwischen Zusammensetzung und Krystallform werden im Folgenden gegeben werden.



### I. Alkalimetalle.

Kalium.

Rubidium.

Natrium.

Lithium.

Cäsium.

(Ammonium.)

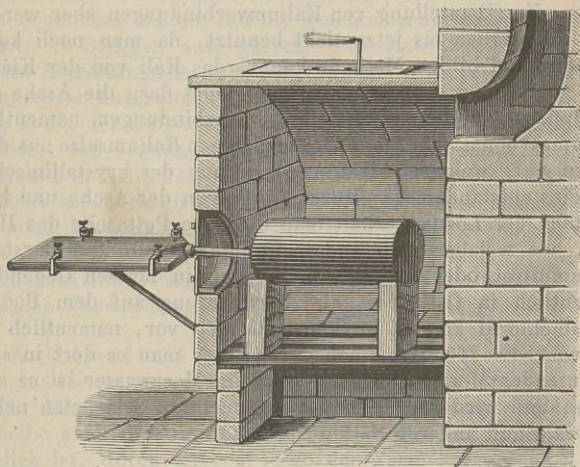
### Kalium.

Atomgewicht 39,04 = K. Volumgewicht des Dampfes = 39,04.

$\frac{7}{\alpha}$  Das Kalium wurde 1807 von Sir Humphry Davy entdeckt; er erhielt dasselbe, indem er Kaliumhydroxid (Aetzkali) durch einen kräftigen galvanischen Strom zersetzte, welches dabei in Wasserstoff, Sauerstoff und Kalium zerfällt. Vor dieser Zeit hielt man die Alkalien und die alkalischen Erden für

einfache Körper. Man stellt dieses Metall jetzt dar, indem man ein inniges Gemisch von Kaliumcarbonat und Kohle (verkohlenen Weinstein) in einer Retorte von Schmiedeeisen zum Glühen<sup>18</sup> erhitzt, wobei Kohlenoxid und metallisches Kalium entstehen; das letztere verflüchtigt sich bei der hohen Temperatur und destillirt über. Da der Kaliumdampf an der Luft sich sogleich entzündet, so verdichtete man ihn früher in eine mit Steinöl (einem Kohlenwasserstoff) gefüllte Vorlage. Dabei vereinigt sich ein Theil des Kaliums mit Kohlenoxid zu einer eigenthümlichen, schwarzen und sehr explosiven Verbindung, von der sich um so weniger bildet, je rascher der Dampf condensirt wird. Man benutzt deshalb jetzt als Vorlage eine aus zwei Stücken dünnen Eisenblechs bestehende flache Büchse (Fig. 57),

Fig. 57.



welche, sobald sie mit dem Metall gefüllt ist, in Steinöl abgekühlt wird. Das kalte Metall wird dann herausgekratzt und zur Reinigung noch einmal, mit Steinöl befeuchtet, destillirt.

Kalium ist ein glänzend silberweisses Metall, welches das<sup>2</sup> spezifische Gewicht 0,875 hat; bei gewöhnlicher Temperatur ist es weicher als Wachs, aber bei 0° wird es spröde. Es schmilzt bei 62,5° und verflüchtigt sich etwas unter Rothglüh-<sup>α</sup>hitze, einen grünblauen Dampf bildend. Trockner Luft aus-

gesetzt, verliert es rasch seinen Metallglanz, indem es Sauerstoff aufnimmt und sich nach und nach in weisses Oxid verwandelt.

β Auf Wasser schwimmt es und zersetzt dasselbe unter Bildung von Kaliumhydroxid, KOH, und Freiwerden von Wasserstoff, wobei sich so viel Wärme entwickelt, dass derselbe sich entzündet und mit schön violett gefärbter Flamme verbrennt. Diese Färbung rührt von verflüchtigtem Kalium her. Mit Chlor, Schwefel und verschiedenen anderen Nichtmetallen verbindet sich das Kalium ebenfalls direct unter Entwicklung von Licht und Wärme.

3. α Eine Hauptquelle der Kaliumverbindungen, welche in der Natur ziemlich verbreitet, sind der Feldspath und ähnliche Silicate, welche einen Hauptbestandtheil der krystallinischen Felsarten bilden, und welche 2 bis 3 Proc. dieses Metalls enthalten. Zur Darstellung von Kaliumverbindungen aber werden diese Mineralien bis jetzt nicht benutzt, da man noch keine einfache und billige Methode kennt, das Kali von der Kiesel-erde zu trennen, sondern man verwendet dazu die Asche der Landpflanzen, welche reich an Kaliumverbindungen, namentlich Kaliumcarbonat, ist. Die Pflanzen nehmen Kaliumsalze aus dem Boden auf, welcher durch Verwitterung des krystallinischen Gesteins entstanden ist. Durch Auslaugen der Asche und Ein-

β dampfen der Lösung erhält man die rohe Pottasche des Handels, aus welcher man andere Kaliumverbindungen darstellt.

4. α Kaliumnitrat oder Salpeter findet sich in heissen Gegenden, namentlich in Ostindien, als Auswitterung auf dem Boden;

β Kaliumchlorid kommt in Steinsalzlagern vor, namentlich ist das von Stassfurt so reich daran, dass man es dort in sehr bedeutender Menge gewinnt; auch im Meerwasser ist es enthalten und wird daraus in den sogenannten Salzgärten neben Kochsalz und anderen Salzen gewonnen.

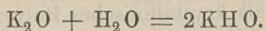
5. Oxide des Kaliums. Kalium verbindet sich mit Sauerstoff und bildet damit die folgenden Verbindungen:

Kaliummonoxid . . . .  $K_2O$

Kaliumtetroxid . . . .  $K_2O_4$ .

Die letztere Verbindung entsteht, wenn Kalium bei erhöhter Temperatur oxydirt wird; das Kaliummonoxid bildet sich durch Oxydation in vollkommen trockner Luft bei ge-

wöhnlicher Temperatur und ist ein weisses Pulver, welches bei Rothgluth schmilzt und beim Erkalten zu einer grauweissen, brüchigen Masse erstarrt. Durch sehr starkes Erhitzen kann es verflüchtigt werden. Mit Wasser bildet es unter starker Erhitzung Kaliumhydroxid, dieselbe Verbindung, welche durch Einwirkung von Wasser auf Kalium entsteht:



Kaliumhydroxid oder Aetzkali, KOH. Zur Darstellung dieser Verbindung löst man 1 Theil Kaliumcarbonat in 12 Theilen Wasser auf und kocht diese Lösung mit 1 Theil gelöschtem Kalk (Calciumhydroxid). Es entstehen unlösliches Calciumcarbonat und eine Lösung von Aetzkali. Die klar abgessene Flüssigkeit, welche mit Säuren nicht aufbrausen darf, wird in einer Silberschale zur Trockne verdampft, sodann bis zum Schmelzen erhitzt und die geschmolzene Masse in Metallformen in Stangen ausgegossen. Das feste Aetzkali ist eine weisse krystallinische Substanz, welche sich bei sehr hoher Temperatur unzersetzt verflüchtigt. Es ist in Wasser sehr löslich, zieht, der Luft ausgesetzt, sehr begierig Fenchtigkeit an, zerfließt und verwandelt sich dann unter Aufnahme von Kohlendioxid in Kaliumcarbonat. Die Lösung, welche Kalilauge genannt wird, reagirt sehr stark alkalisch, hat einen scharf ätzenden Geschmack und zerstört die Haut. Das Aetzkali wird in der Chirurgie als Aetzmittel angewandt; ferner findet es in Künsten und Gewerben (Seifensiederei) und im Laboratorium vielfache Verwendung.

Kaliumnitrat oder Salpeter,  $KNO_3$ . Dieses Salz kommt, wie schon erwähnt, natürlich vor und wird in bedeutender Menge aus Ostindien nach Europa gebracht; man stellt dasselbe auch künstlich dar durch einen Process, welcher dem ähnlich ist, durch welchen es in der Natur erzeugt wird, indem man stickstoffhaltige organische Stoffe, namentlich thierische Abfälle, mit Holzasche und Kalk mischt und dieses Gemisch in Haufen der Luft aussetzt, wodurch sich nach und nach durch langsame Oxydation des Stickstoffs salpetersaure Salze bilden. Den indischen Rohsalpeter sowohl, als den in den sogenannten Salpeterplantagen erzeugten reinigt man, indem man mit Wasser auslaugt, die Lösung mit Kaliumcarbonat versetzt, um Calcium- und Magnesiumsalze, welche stets darin enthalten sind, zu entfernen; durch Abdampfen wird die



Lösung concentrirt und beim Erkalten scheidet sich der Salpeter in grossen, dem rhombischen Systeme angehörigen Krystallen aus, welche kein Krystallisationswasser enthalten. Dieselben enthalten gewöhnlich noch Kaliumchlorid und andere Salze; um sie zu reinigen, löst man sie in heissem Wasser auf und rührt die concentrirte Lösung beim Erkalten um, wobei sich das Salz als krystallinisches Pulver oder Salpetermehl ausscheidet. Neuerdings werden grosse Mengen von Salpeter auch aus Chilialalpeter (Natriumnitrat) gewonnen (s. S. 191).

3. 1 Theil Salpeter löst sich in ungefähr 4 Theilen Wasser bei gewöhnlicher Temperatur und in weniger als der Hälfte seines Gewichtes kochenden Wassers. Salpeter enthält beinahe die Hälfte seines Gewichtes Sauerstoff und giebt denselben leicht beim Erhitzen mit Kohle und anderen brennbaren Körpern ab, wobei Verpuffung eintritt. Hierauf beruht die Anwendung des Salpeters zur Fabrikation von Schiesspulver und zur Feuerwerkerei.

4. Schiesspulver ist ein inniges Gemisch von Salpeter, Holzkohle und Schwefel; die Zersetzung, welche beim Entzünden desselben eintritt, ist im Allgemeinen die, dass der Sauerstoff des Salpeters sich mit dem Kohlenstoff zu Kohlenoxid und Kohlendioxid verbindet, wobei Stickstoff frei wird, und der Schwefel sich mit Sauerstoff und Kalium vereinigt; Schiesspulver enthält den zur Verbrennung nöthigen Sauerstoff in sich und brennt daher auch unter Abschluss der Luft; die heftige explosive Wirkung desselben beruht auf der durch die schnelle Verbrennung erzeugten heftigen Gasentwicklung; die Gase dehnen sich durch die Verbrennungswärme dabei noch bedeutend aus und durch dieses plötzliche Freiwerden eines beträchtlichen Gasvolums entsteht eine Explosion. Die besseren

5. Sorten Schiesspulver enthalten ungefähr 2 Molecüle Salpeter auf 1 Atom Schwefel und 3 Atome Kohlenstoff; dieses Verhältniss hat sich durch längere Erfahrung als das beste herausgestellt; die bei der Verbrennung stattfindende Zersetzung kann jedoch nicht durch eine einfache Gleichung wiedergegeben werden und ist viel verwickelter als die oben angeführte, welche nur den Hauptvorgang beschrieb. Der Verbrennungsrückstand besteht hauptsächlich aus Kaliumsulfat und Kaliumcarbonat, Kaliumthiosulfat, Kaliumsulfid u. s. w., und die Verbrennungsgase enthalten neben Stickstoff, Kohlendioxid und Kohlenoxid auch freien Wasserstoff und Schwefelwasserstoff, da die Holzkohle immer noch etwas Wasserstoff

*Alkalische Salze  
die man nicht  
ist meast, a 1/4 pro  
Tausend prozent  
thromy kallos.  
(grübel)*

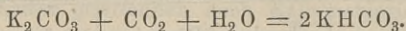
enthält. Die folgende Tabelle giebt die Zusammensetzung einiger Sorten von Schiesspulver:

	Jagd- pulver	Büchsen- pulver	Musketen- pulver	Kanonen- pulver
Salpeter . . . . .	79	74	75	74
Kohle . . . . .	11	16	15	13
Schwefel . . . . .	10	10	10	13
	100	100	100	100

Kaliumcarbonat,  $K_2CO_3$ . Dieses Salz, welches unter dem Namen (Potasche) bekannt ist, wird im Grossen in Russland und Amerika dargestellt. Holzasche wird mit Wasser ausgelaugt, die Lauge zur Trockne verdampft und der Rückstand als rohe Potasche in den Handel gebracht; dieselbe enthält noch andere Salze, namentlich Kaliumchlorid und Kaliumsulfat; man stellt daraus die gereinigte Potasche dar, indem man das Rohproduct mit wenig Wasser behandelt, wobei sich vorzugsweise das sehr lösliche Kaliumcarbonat löst und die Beimischungen zurückbleiben. Durch Eindampfen der klaren Lösung erhält man dann ein reineres Product. Die Landpflanzen enthalten Kaliumsalze organischer Säuren, namentlich sind die Blätter und kleineren Zweige reich daran; die Stämme und grösseren Aeste enthalten weniger. Beim Verbrennen werden die organischen Säuren zerstört und Kaliumcarbonat gebildet. Um dieses Salz vollkommen rein zu erhalten, verkohlt man reinen Weinstein (ein saures Kaliumsalz der Weinsäure), zieht die Masse mit Wasser aus und verdampft die filtrirte Lösung. Potasche wird auch jetzt im Grossen aus Kaliumchlorid gewonnen, wobei man gerade so verfährt, wie bei der Darstellung von Soda aus Kochsalz. Kaliumcarbonat ist ein weisses, krystallinisches Pulver, welches sehr löslich in Wasser ist und deshalb an feuchter Luft zerfliesst; die Lösung hat einen ätzenden Geschmack und reagirt stark alkalisch; dieselbe absorbiert Kohlendioxid reichlich und beim Verdampfen erhält man saures Kaliumcarbonat,  $KHC O_3$ , welches grosse

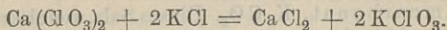
III.

Krystalle bildet, welche ziemlich löslich in Wasser sind und neutral reagiren; dieses Salz, gewöhnlich doppelt-kohlensaures Kali genannt, bildet sich zufolge der nachstehenden Gleichung:



IV 1. Kaliumchlorid, KCl. Das Vorkommen und die Gewinnung dieses Salzes wurde schon oben erwähnt; dasselbe krystallisirt in Würfeln wie das Kochsalz und wird zur fabrikmässigen Darstellung anderer Kaliumverbindungen vielfach verwendet.

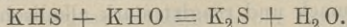
2. Kaliumchlorat,  $KClO_3$ . Diese Verbindung, deren Bildung unter Chlorsäure beschrieben wurde, wird fabrikmässig auf die Art gewonnen, dass man Kalkmilch unter Erwärmen mit Chlor sättigt und das gebildete Calciumchlorat mit Kaliumchlorid zersetzt:



Beim Erkalten scheidet sich das schwer lösliche Kaliumchlorat in tafelförmigen Krystallen des monoklinischen Systems ab; dasselbe verpufft mit brennbaren Körpern noch heftiger als Salpeter; ein Gemisch von Kaliumchlorat und Schwefel detonirt heftig, wenn man mit dem Hammer darauf schlägt; das Salz findet deshalb vielfache Anwendung in der Feuerwerkerei, zur Darstellung von Zündhölzern und dergleichen Waaren und wird in der Kattundruckerei als oxydirendes Mittel verwendet.

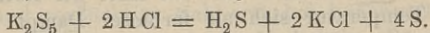
3. Kaliumjodid, KJ. Bereitet man durch Auflösen von Jod in Kalilauge und Glühen des trocknen Verdampfungsrückstandes. Es ist sehr löslich in Wasser und krystallisirt aus dieser Lösung in Würfeln, ist also isomorph mit Kaliumchlorid; es findet in der Photographie und als wichtiges Arzneimittel Verwendung.

V Mit Schwefel bildet Kalium verschiedene Verbindungen, die am besten bekannten sind  $K_2S$ ,  $K_2S_2$ ,  $K_2S_3$  und  $K_2S_5$ . Das 1. Kaliummonosulfid erhält man durch Glühen von Kaliumsulfat mit Kohle. Durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in Kalilauge bis zur Sättigung erhält man 2. Kaliumhydrosulfid, KHS, eine Verbindung, welche in farblosen Krystallen auftritt und mit Aetzkali sich zu Kaliummonosulfid und Wasser umsetzt:



Beide Verbindungen entwickeln mit Säuren Schwefelwasserstoff; dasselbe thun auch die Polysulfide unter Abscheidung

von Schwefel, welcher sich dabei als äusserst feines, weisses Pulver, Schwefelmilch genannt, abscheidet: 3.



Kaliumsulfat,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , ist ein Bestandtheil der Pflanzen- (V) aschen, besonders der Seepflanzen; es ist ziemlich schwer löslich in Wasser und bildet harte, rhombische Krystalle. Das Kaliumhydrosulfat,  $\text{KHSO}_4$ , wird als Nebenproduct bei Darstellung der Salpetersäure erhalten.

Kennzeichen der Kaliumverbindungen. Das beste Erkennungsmittel für dieselben ist die violette Färbung, welche sie der nicht leuchtenden Gasflamme mittheilen, wenn sie darin verflüchtigt werden; das Spectrum dieser Flamme (siehe Abschnitt Spectralanalyse) besteht nämlich aus zwei hellen Linien, eine im rothen, die andere im violetten Ende des Spectrums. Fast alle Kaliumsalze sind in Wasser löslich; die schwerer löslichen benutzt man, um die Verbindungen dieses Metalls aufzufinden und von anderen Körpern zu trennen.

Setzt man zu einer nicht zu verdünnten Lösung eines Kaliumsalzes Perchlorsäure oder ein lösliches Perchlorat, so bildet sich ein krystallinischer Niederschlag von Kaliumperchlorat; (Weinsäure erzeugt einen ähnlichen Niederschlag, indem sich schwer löslicher Weinstein als krystallinisches Pulver ausscheidet) Kalium-Platinchlorid,  $2\text{KCl} + \text{PtCl}_4$ , fällt in kleinen, gelben, würfelförmigen Krystallen nieder, wenn man eine Lösung von Platinchlorid mit der eines Kaliumsalzes mischt; die Abscheidung erfolgt schneller auf Zusatz von Weingeist, in welchem diese Verbindung unlöslich ist.

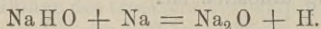
## Natrium.

Atomgewicht 22,99 = Na.

Dieses Metall wurde von Sir Humphry Davy unmittelbar nach Auffindung des Kaliums entdeckt, durch Zersetzung von Aetznatron mit dem galvanischen Strom. Im Grossen wird dasselbe ähnlich wie Kalium durch Reduction von Natriumcarbonat mit Kohle dargestellt; da sich dabei keine explosive Verbindung bildet, so ist die Gewinnung viel leichter und ungefährlicher. Natrium ist ein silberweisses, bei gewöhnlicher 2

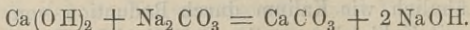
Temperatur weiches Metall, welches das spezifische Gewicht 0,97 hat, bei  $95,6^{\circ}$  schmilzt und bei einer der Rothgluth nahe liegenden Temperatur sich als farbloser Dampf verflüchtigt. An der Luft oxydirt es sich rasch; auf Wasser geworfen schwimmt es umher, schmilzt und zersetzt dasselbe unter Bildung von Aetznatron und Freiwerden von Wasserstoff. Die Zersetzung ist weniger heftig als mit Kalium, und der Wasserstoff entzündet sich nur, wenn das Wasser warm ist, oder wenn man dasselbe mit Stärkekleister verdickt, wodurch die geschmolzene Metallkugel, auf einer Seite festgehalten, sich stärker erhitzt. Das Natrium findet Anwendung zur Darstellung anderer Metalle, namentlich Magnesium und Aluminium, und als kräftiges Reductionsmittel im Laboratorium. Natriumverbindungen sind in der Natur sehr allgemein verbreitet; durch Spectralanalyse kann man die Gegenwart derselben in jedem Stäubchen nachweisen. Natrium ist ein Hauptbestandtheil der krystallinischen Gesteine. Mit Chlor verbunden bildet es das Kochsalz, welches in bedeutender Menge im Seewasser und in Steinsalzlagerern auftritt.

4. Oxide des Natriums. Wenn Natrium bei gewöhnlicher Temperatur vollkommen trockner Luft ausgesetzt wird, so verwandelt es sich in ein weisses Pulver von Natriummonoxid,  $\text{Na}_2\text{O}$ , welches dem Kaliummonoxid sehr ähnlich ist und mit Wasser unter Erhitzung Natriumhydroxid,  $\text{NaHO}$ , bildet; dasselbe kann durch Erhitzen nicht wieder in Wasser und Natriumoxid zerlegt werden; erhitzt man es aber mit Natrium, so wird Wasserstoff frei, und es entsteht Natriummonoxid:



5. Natriumdioxid,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ , entsteht, wenn Natrium in trockenem Sauerstoff erhitzt wird, wobei es mit gelber Flamme verbrennt. Es ist ein gelbliches Pulver, dessen wässrige Lösung sich rasch in Sauerstoff und Natriumhydroxid zersetzt.

6.  $\alpha$  Natriumhydroxid oder Aetznatron,  $\text{NaHO}$ , wird im Grossen ähnlich wie Aetzkali gewonnen, indem man Natriumcarbonat in wässriger Lösung mit gelöschtem Kalk kocht:



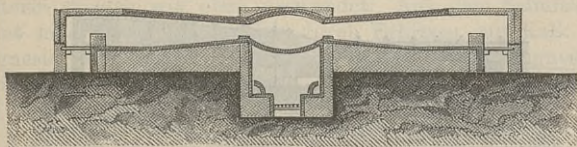
Durch Eindampfen der Lösung, der Natronlauge, und Schmelzen des trocknen Rückstandes erhält man das Aetznatron.

als weisse krystallinische Masse, welche an der Luft rasch Wasser und Kohlensäure anzieht. Es schmilzt unter Rothglühhitze und verflüchtigt sich erst bei höherer Temperatur als Aetzkali, welchem es sonst sehr ähnlich ist. Das Aetznatron findet seine Hauptverwendung in der Seifensiederei.

Natriumchlorid, NaCl. Kochsalz ist die wichtigste Verbindung des Natriums und dient zur Darstellung von fast allen übrigen. In der Natur kommt es sehr verbreitet vor und findet sich als Steinsalz in mächtigen Lagern in Friedrichshall, Stassfurth, Hall in Tirol, Wieliczka in Galizien, Chesire in England, Spanien u. s. w. Das Seewasser enthält ungefähr 3 Procent Kochsalz; man gewinnt es daraus durch freiwilliges Verdampfen in abgedämmten Plätzen, die Salzgärten genannt werden; ebenso aus Salzsoolen oder Quellen, welche aus Steinsalzlageren kommen. Aus wässriger Lösung setzt es sich bei langsamem Verdampfen in Würfeln ab; das Steinsalz findet sich häufig in sehr reinen durchsichtigen Massen, welche sich leicht in der Richtung der Würfelflächen spalten lassen. 1 Theil Kochsalz löst sich bei gewöhnlicher Temperatur in 2,8 Theilen Wasser; kochendes Wasser nimmt nur wenig mehr auf.

Natriumcarbonat,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , wird fabrikmässig in sehr grossem Maassstabe dargestellt und in der Glasfabrikation, der Seifensiederei, zum Bleichen u. s. w. verbraucht. Früher gewann man dieses Salz aus der Asche von Seepflanzen, gerade wie noch jetzt die Potasche aus der Asche von Landpflanzen erhalten wird; gegenwärtig stellt man es aus dem Kochsalz dar, welches durch eine Reihe von chemischen Vorgängen in Natriumcarbonat übergeführt wird. Das Kochsalz wird zuerst mit Schwefelsäure in einem Ofen erhitzt, wodurch es in Na-

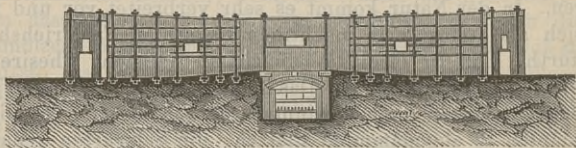
Fig. 58.



triumsulfat oder Glaubersalz verwandelt wird. Fig. 58 giebt den Durchschnitt und Fig. 59 (a. f. S.) die Aussenseite eines

solchen Ofens. In der Mitte über der Feuerung befindet sich eine grosse bedeckte, eiserne Pfanne; an dieselbe schliesst sich an jeder Seite ein Röstofen an. Das Kochsalz wird zuerst in die Pfanne gebracht, die erforderliche Menge Schwefelsäure hinzugesetzt und erhitzt; die entweichende Salzsäure geht mit den Verbrennungsgasen in einen Rauchfang, welcher dieselben in

Fig. 59.



hohe gemauerte thurmähnliche Cylinder leitet, die mit Coaks oder Ziegelsteinen gefüllt sind, über welche Wasser läuft, das die Salzsäure absorbirt, während Rauch und Gase durch einen hohen Schornstein abgeleitet werden. Sobald die Masse in der Pfanne fest wird, bringt man dieselbe in die Röstöfen, durch welche die Flamme schlägt und wo die Zersetzung zu Ende geführt wird. Das Sulfat wird sodann herausgescharrt, mit seinem gleichen Gewichte Kalkstein und dreiviertel Steinkohle gemischt in dem Sodaofen (Fig. 60 u. 61) zum Schmelzen erhitzt.

Fig. 60.

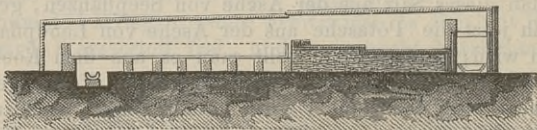
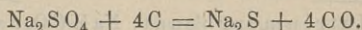


Fig. 61.

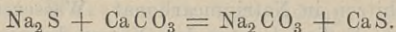


Die geschmolzene dunkle Masse wird rohe Soda genannt. Die chemischen Veränderungen, welche im Sodaofen vor sich gehen,

bestehen darin, dass zuerst die Kohle das Sulfat zu Natriumsulfid reducirt:



Mit Calciumcarbonat erhitzt, verwandelt sich das Natriumsulfid in Natriumcarbonat:



Die rohe Soda wird ausgelaugt, wobei Natriumcarbonat in Lösung geht und unlösliches Calciumsulfid, überschüssiger Kalk, Kohle und Asche zurückbleiben; die Lauge wird sodann eingedampft; zum Erwärmen derselben benutzt man die erhitzte Luft des Sodaofens, welche sonst nutzlos entweichen würde, indem man sie über die Pfanne leitet, welche die Soda-lösung enthält, und welche in Fig. 60 durch die punktirte Linie angedeutet ist. Wenn die Lösung eine gewisse Concentration erreicht hat, fängt das Natriumcarbonat an sich auszuscheiden; es wird herausgeschöpft, trocknen lassen und nochmals im Ofen erhitzt und kommt als calcinirte Soda in den Handel. Dieselbe enthält je nach Reinheit 82 bis 95 Proc.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , dabei etwas Aetznatron und einige Procente Natriumsulfid, Glaubersalz und Kochsalz. In Grossbritannien werden jährlich über 600 000 Tonnen (à 1056 kg) Kochsalz in den Sodafabriken verbraucht, welche eine etwa gleiche Menge calcinirter Soda fabriciren.

Neuerdings wird eine sehr reine Soda nach einem anderen Verfahren gewonnen, welches ausserdem den Vortheil hat, dass keine schwefelhaltigen Rückstände erhalten werden. Dasselbe besteht darin, dass man eine Kochsalzlösung mit Ammoniak 2. sättigt und dann Kohlendioxid unter Druck einleitet, wodurch sich schwer lösliches, saures Natriumcarbonat ausscheidet, während Salmiak in Lösung bleibt. Das erstere Salz wird dann durch Erhitzen in Soda und Kohlendioxid zerlegt und letzteres wieder wie oben verwendet. Aus dem Salmiak gewinnt man wieder Ammoniak durch Erhitzen mit Kalk oder Magnesia; wendet man letztere an, so erhält man Magnesiumchlorid, welches durch erhitzten Wasserdampf in Salzsäure und Magnesia zerlegt wird.

Löst man Soda in warmem Wasser bis zur Sättigung auf, 3. so scheiden sich beim Erkalten grosse durchsichtige Krystalle aus, welche die Formel  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$  haben und unter dem Namen krystallisirte Soda bekannt sind. Natrium-



carbonat kommt auch in der Natur vor, als Auswitterung des Bodens, in Ungarn und in den Natronseen in Aegypten.

$\text{Na}_2\text{O}, \text{H}_2\text{O}, 2\text{CO}_2$   
 $= \text{Na}_2\text{H}_2\text{CO}_3$   
 $= \text{NaHCO}_3$

3. Saures Natriumcarbonat,  $\text{NaHCO}_3$ , wird erhalten, wenn man über krystallisirte Soda einen Strom von Kohlendioxid leitet. Es ist ein weisses krystallinisches Pulver, welches sich beim Erhitzen in Natriumcarbonat, Wasser und Kohlendioxid zersetzt. Es findet unter dem Namen doppeltkohlen-saures Natron vielfache Verwendung in der Medicin und zur Bereitung moussirender Getränke.

## II.

1. Natrium - Kaliumcarbonat,  $\text{KNaCO}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$ , scheidet sich aus einer Lösung, die gleiche Molecüle der zwei Carbonate enthält, in grossen monoklinen Krystallen aus.

Natriumnitrat,  $\text{NaNO}_3$ , findet sich in mächtigen Lagern in Süd-Peru und Bolivia und wird in grosser Menge unter dem Namen Chilisalpeter in Europa eingeführt. Man verwendet dasselbe als Düngemittel und zur Darstellung von Salpetersäure und Kalisalpeter. Zum letzteren Zweck mischt man eine concentrirte heisse Lösung mit einer heiss gesättigten von Kaliumchlorid; beim Erkalten rührt man um, wobei Salpetermehl ausfällt und Kochsalz in Lösung bleibt.

Natriumsulfat,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , kommt im Handel unter dem Namen Glaubersalz in grossen wasserhaltigen Krystallen vor,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$ , die der Luft ausgesetzt verwittern, d. h. unter Abgabe von Wasser in ein weisses Pulver zerfallen.

2. Natriumsulfat findet sich in vielen Mineralquellen, im Meerwasser und in Salzsoolen. Das krystallisirte Salz wird als Arzneimittel verwendet; das wasserfreie, wie es beim Soda-

L.D.  $\beta$  processe gewonnen wird, benutzt man in der Glasfabrikation. Die Natriumsalze der unterschwefligen Säure und die der Phosphorsäure wurden schon früher erwähnt.

4. Natriumborat. Die Borsäure bildet mit Natrium verschiedene Salze; das wichtigste derselben ist der Borax, welcher früher unter dem Namen Tinkal aus Tibet, wo er als Mineral vorkommt, nach Europa gebracht wurde. Man stellt jetzt den Borax aus Borsäure und Soda dar; er krystallisirt in wasserhaltigen Krystallen,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 10\text{H}_2\text{O}$ . Die Krystalle schmelzen beim Erhitzen unter starkem Aufblähen und geben in der Glühhitze eine glasartige Masse von geschmolzenem Borax,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , welcher zu Löthrohrversuchen,  $\beta$  beim Löthen der Metalle und als Flussmittel bei Schmelzoperationen verwendet wird, indem das Salz wie das Bortrioxid



3. Cäsium ist bis jetzt nur durch elektrolytische Zersetzung eines Gemisches von Cäsiumchlorid und Baryumchlorid gewonnen worden. Es ist silberweiss, hat das spezifische Gewicht 1,88, schmilzt schon bei  $26,5^{\circ}$  und ist das elektropositivste aller Elemente.

### Lithium.

Atomgewicht 7,01 = Li.

4. Lithiumverbindungen finden sich allgemein verbreitet, aber immer nur in sehr geringer Menge, gewöhnlich zusammen mit anderen Metallen der Alkalien. Einige Silicate, namentlich gewisse Arten von Glimmer, wie Lepidolith, enthalten Lithium in etwas grösserer Menge; auch in Quellwassern hat man dasselbe aufgefunden; namentlich ist das Wasser der Murquelle in Baden-Baden und einer Quelle in Cornwallis reich daran.

Durch Elektrolyse des Lithiumchlorids erhält man das Metall, welches silberweiss ist, bei  $180^{\circ}$  schmilzt, das spezifische Gewicht 0,59 hat und demnach das leichteste der Metalle ist. Das Lithium bildet das Verbindungsglied der Metalle der Alkalien und der alkalischen Erden, indem das Carbonat und das Phosphat in Wasser schwer lösliche Salze sind. Alle Lithiumverbindungen färben die Flamme prachtvoll carminroth; das Spectrum derselben besteht aus einer glänzend rothen und einer schwach gelben Linie.

### Ammoniumverbindungen.

7. Ammoniak verbindet sich direct mit allen Säuren und bildet eine Reihe von Salzen, welche eine grosse Aehnlichkeit mit den entsprechenden Kaliumverbindungen zeigen und mit denselben isomorph sind. Man nimmt in denselben eine Atomgruppe Ammonium,  $\text{NH}_4$ , an, welche die Rolle eines zusammengesetzten Radicals spielt und sich wie ein Metall verhält. Bringt man Natriumamalgam in eine Auflösung von Ammoniumchlorid, so entsteht Natriumchlorid und das frei werdende Ammonium vereinigt sich mit dem Quecksilber zu einer leichten schwammigen, metallglänzenden Masse, welche auf Wasser schwimmt. Dieselbe zerfällt nach kurzer Zeit wieder in Quecksilber, Wasserstoff und Ammoniak.

Ammoniumchlorid oder Salmiak,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , wird im 2. Grossen dargestellt durch Sättigen des Ammoniakwassers der Gasfabriken mit Salzsäure, Eindampfen der Lösung und Sublimation des Rückstandes, um theerartige Körper zu entfernen. Der sublimirte Salmiak bildet faserige Massen, aus wässriger Lösung krystallisirt er in kleinen, undeutlichen Krystallen des regulären Systems. Beim Erhitzen verflüchtigt er sich, ohne vorher zu schmelzen.

Ammoniumcarbonat. Bringt man Kohlendioxid mit 3. Ammoniakgas zusammen, so bildet sich eine feste weisse Masse, welche Ammoniumcarbammat,  $\text{CO} \begin{Bmatrix} \text{NH}_2 \\ \text{ONH}_4 \end{Bmatrix}$ , genannt wird.  $\alpha$  Wird diese Verbindung erhitzt, so verflüchtigt sie sich bei  $60^\circ$  und zerfällt dabei in Kohlendioxid und Ammoniak, welche sich beim Erkalten wieder verbinden. Das im Handel vorkommende kohlen-saure Ammoniak, welches durch Sublimation von 3. Salmiak mit Kreide gewonnen wird, ist eine Verbindung von Ammoniumcarbammat mit saurem Ammoniumcarbonat,  $\text{CO} \begin{Bmatrix} \text{NH}_2 \\ \text{ONH}_4 \end{Bmatrix} + \text{CO} \begin{Bmatrix} \text{OH} \\ \text{ONH}_4 \end{Bmatrix}$ . Es ist eine durchscheinende, farblose Masse, welche nach Ammoniak riecht und sich leicht verflüchtigt. Der Luft ausgesetzt, verliert es Ammoniumcarbammat und verwandelt sich in ein weisses Pulver von saurem Ammoniumcarbonat. Löst man das käufliche Salz in erwärmter Ammoniakflüssigkeit, so scheidet sich beim Erkalten das normale  $\beta$  Carbonat,  $\text{CO}(\text{ONH}_4)_2$ , in flachen Prismen aus; es ist ein unbeständiger Körper, welcher bei  $58^\circ$  in Wasser, Kohlendioxid und Ammoniak zerfällt. Saures Ammoniumcarbonat,  $\text{CO} \begin{Bmatrix} \text{OH} \\ \text{ONH}_4 \end{Bmatrix}$ , ist isomorph mit dem entsprechenden Kaliumsalz und findet sich manchmal im Guano und in Reinigungs-apparaten von Gasfabriken in Krystallen.

Ammoniumnitrit,  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ , erhält man durch Dop- 4 pelersetzung von Ammoniumchlorid und Silbernitrit. Lässt man die Lösung bei gewöhnlicher Temperatur im luftverdünnten Raume verdunsten, so bleibt das Salz als undeutlich krystallinische Masse zurück. Beim Erhitzen für sich oder in wässriger Lösung zerfällt es in Stickstoff und Wasser.

Ammoniumnitrat,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , wird durch Neutralisation 5. von Ammoniak mit Salpetersäure erhalten, krystallisirt in langen, biegsamen Nadeln. Es ist in Wasser sehr leicht löslich.

β Beim Erhitzen schmilzt es erst und zersetzt sich über 230° in Wasser und Stickstoffmonoxid.

6. Ammoniumphosphate. Das normale Salz,  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ , entsteht, wenn man Phosphorsäure und Ammoniak in concentrirter Lösung zusammenbringt und scheidet sich krystallinisch ab. Beim Trocknen verliert es Ammoniak und geht in  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  über, das in langen, durchsichtigen, monoklinen Krystallen auftritt. Kocht man seine Lösung, so krystallisirt beim Erkalten  $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$  in quadratischen Säulen aus.

Alle drei Salze lassen beim Glühen einen Rückstand von Metaphosphorsäure.

7. Ammonium - Natriumphosphat,  $(\text{NH}_4)\text{NaHPO}_4$ , gewöhnlich Phosphorsalz genannt, wird bei Löthrohr-reactionen benutzt, da es beim Glühen in glasartiges Natriummetaphosphat übergeht, das viele Metallverbindungen mit charakteristischen Färbungen beim Zusammenschmelzen auflöst.

8. Ammoniumsulfat,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , wird im Grossen dargestellt aus Gaswasser und Schwefelsäure. Es ist isomorph mit Kaliumsulfat und wird zur Darstellung anderer Ammoniumsalze und als Dünger verwendet. Es kommt auch als Mineral vor unter dem Namen Mascagnin.

9. Ammoniumsulfid,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ . Bringt man trocknen Schwefelwasserstoff mit überschüssigem Ammoniakgas bei  $-18^\circ$  zusammen, so scheidet sich diese Verbindung in farblosen Krystallen ab. Bei gewöhnlicher Temperatur verliert es Ammoniak und verwandelt sich in Ammoniumhydrosulfid,  $(\text{NH}_4)\text{HS}$ , das farblose Krystalle bildet, sich schon bei gewöhnlicher Temperatur verflüchtigt und über 50° in Ammoniak und Schwefelwasserstoff zerfällt. Eine wässrige Lösung dieser Verbindung wird im Laboratorium häufig als Reagens und Trennungsmittel verwendet. Man stellt dieselbe dar, indem man Schwefelwasserstoff bis zur Sättigung in Ammoniakflüssigkeit leitet. Die farblose Lösung, welche unangenehm nach Schwefelwasserstoff und Ammoniak riecht, färbt sich bei Luftzutritt nach und nach gelb, indem sich Polysulfide des Ammoniums und Wasser bilden.

## II. Metalle der alkalischen Erden.

Calcium. Strontium. Baryum.

### Calcium.

Atomgewicht 39,9 = Ca.

Das Calcium ist ein wichtiger Bestandtheil der festen Erd-kruste und kommt als Silicat in den älteren krystallinischen Gesteinen, und als Carbonat oder Kalkstein, Kreide, Marmor und als Sulfat oder Gyps, mächtige Schichten bildend, in den geschichteten Formationen vor. Das Metall erhält man durch Elektrolyse des geschmolzenen Chlorides oder durch Erhitzen des Jodides mit Natrium als ein hellgelbes Metall von 1,58 specifischem Gewicht, welches sich nur in feuchter Luft rasch oxydirt und beim Erhitzen mit glänzendem Licht zu Kalk verbrennt.

Calciumoxid oder Kalk,  $\text{CaO}$ , erhält man durch Glühen des reinen Carbonats, z. B. des weissen Marmors; im Grossen stellt man dieses Oxid durch Erhitzen von gewöhnlichem Kalkstein in Kalköfen dar.

Der Kalk ist eine spröde, weisse, unschmelzbare Substanz, welche sich mit Wasser unter heftiger Erhitzung vereinigt und dabei zu einem weissen Pulver zerfällt, welches aus Calciumhydroxid,  $\text{Ca(OH)}_2$ , oder gelöschtem Kalk besteht; dasselbe löst sich in 730 Theilen kaltem, aber nur in 1300 Theilen kochendem Wasser; die Lösung, Kalkwasser genannt, reagirt alkalisch. Der gelöschte Kalk zerfällt beim Glühen wieder in Kalk und Wasser; er nimmt mit grosser Begierde Kohlendioxid aus der Luft auf, und auf dieser Eigenschaft beruht theilweise das Festwerden des Mörtels und der Cemente. Hydraulische Mörtel erhält man durch gelindes Brennen von thon- und kieselhaltigem Kalkstein; man benutzt dieselben zu Bauten unter Wasser, indem sie mit Wasser in Berührung erhärten durch Bildung von Calcium- und Aluminiumsilicaten. Der Kalk wird im Ackerbau zur Verbesserung des Bodens häufig verwendet;

seine Wirkung beruht darauf, dass er in schwerem Thonboden die Silicate zersetzt und Kaliumverbindungen in löslicher Form frei macht, welche dann leicht von den Pflanzen aufgenommen werden können; ausserdem wirkt derselbe zerstörend auf organische Stoffe und bewirkt daher schnellere Verwesung von Wurzeltheilen und anderen Pflanzenüberresten, wenn solche in zu grosser Menge im Boden enthalten sind.

3. Calciumcarbonat (kohlsaures Kalk),  $\text{CaCO}_3$ , tritt in mächtigen Massen, ganze Gebirgsketten bildend, als Kalkstein, Marmor, Kreide u. s. w. auf; mit Magnesiumcarbonat verbunden bildet er die Felsart Dolomit. Viele dieser mächtigen Ablagerungen, wie z. B. die Kreide, bestehen aus Ueberresten winziger Seethiere. Der unorganische Bestandtheil der Eierschalen und Muscheln sowie der Korallen, welche im Stillen Ocean ganze Inselgruppen aufgebaut haben, ist vorzugsweise Calciumcarbonat. In Rhomboëdern krystallisirt bildet es den Kalkspath, Fig. 62; es tritt aber auch als Arragonit in rhombischen Krystallen, Fig. 63, auf und ist also dimorph. In

Fig. 62.

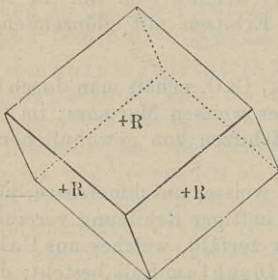
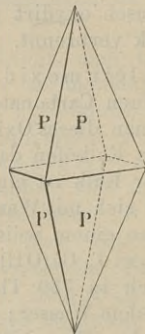


Fig. 63.



reinem Wasser ist das Calciumcarbonat fast unlöslich; kohlen-säurehaltiges löst es aber auf, und alles aus kalkhaltigem Boden kommende Wasser enthält das Carbonat in dieser Form; der Luft ausgesetzt, entweicht die Kohlensäure und Calciumcarbonat wird niedergeschlagen; hierauf beruht die Bildung von Tropfstein in vielen Höhlen; dasselbe findet beim Kochen statt, wobei sich das Carbonat als feste krystallinische Kruste an den Wänden des Gefässes ausscheidet und den sogenannten

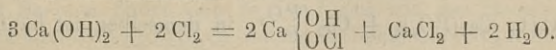
Kesselstein bildet, dessen Auftreten man verhindern oder doch verringern kann, wenn man dem Wasser Salmiak zusetzt, wodurch lösliches Calciumchlorid und flüchtiges Ammoniumcarbonat entstehen. Wasser, welches Kalksalze in Lösung enthält, wird hartes Wasser genannt; dasselbe eignet sich nicht zum Waschen, da es mit Seife keinen Schaum erzeugt, weil sich unlösliche Kalkseife bildet; enthält es nur Calciumcarbonat, so kann es durch Kochen weich gemacht werden, oder auch durch Zusatz von wenig Kalkmilch, so dass alle freie Kohlensäure gebunden wird.

Calciumsulfat,  $\text{CaSO}_4$ , kommt als Mineral vor, welches Anhydrit genannt wird; mit Wasser verbunden bildet es den Gyps,  $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ , welcher häufig in monoklinischen Krystallen als Marienglas und krystallinisch als Alabaster auftritt.

Gyps ist in 400 Theilen Wasser löslich und in den meisten Quellwassern enthalten; gypshaltiges Wasser kann durch Kochen nicht weich gemacht werden, da sich der Gyps nicht niederschlägt, man nennt es daher permanent hart zum Unterschied vom temporär harten, welches Calciumcarbonat gelöst enthält. Durch gelindes Erhitzen verliert der Gyps sein Wasser; der gebrannte Gyps verbindet sich mit Wasser befeuchtet wieder mit zwei Moleculen desselben, und die Masse erhärtet nach kurzer Zeit; hierauf beruht seine Anwendung zu Abdrücken, Formen, Figuren u. s. w.

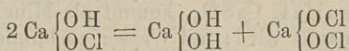
Calciumchlorid,  $\text{CaCl}_2$ , stellt man durch Auflösen von Kreide oder Marmor in Salzsäure dar; die Lösung zur Syrupsdicke verdampft, setzt beim Erkalten grosse, spießförmige Krystalle von der Formel  $\text{CaCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$  ab, welche an der Luft rasch Feuchtigkeit anziehen und zerfließen. Beim Erhitzen verwandeln sie sich unter Abgabe von Wasser in eine poröse Masse,  $\text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ , welche ebenfalls Feuchtigkeit mit grosser Begierde anzieht und als Trockenmittel für Gase und Flüssigkeiten häufig benutzt wird. Stärker erhitzt entweicht alles Wasser; die Masse schmilzt und erstarrt beim Erkalten krystallinisch.

Chlorkalk. Diese Verbindung wird im Grossen gewonnen, indem man Chlor langsam über dünne Schichten von feuchtem gelöschtem Kalk streichen lässt:



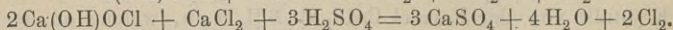
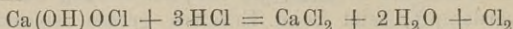


Das Chlor wird entweder durch Erhitzen von Salzsäure mit Braunstein gewonnen oder indem man ein Gemisch von Chlorwasserstoff und Luft über auf 400° erhitzte poröse Thonkugeln leitet, die mit Kupfervitriol getränkt sind. Bei dieser eigenthümlichen Reaction wird das Kupfersalz nicht verändert, aber die Salzsäure vollständig zerlegt unter Bildung von Wasser und Chlor. Chlorkalk bildet ein weisses, schwach nach Chlor riechendes Pulver, welches ein Gemisch von Calciumchlorid und basischem Hypochlorit ist. Durch Behandlung mit Wasser löst sich das erstere auf und das letztere zerfällt in Calciumhydroxid und in normales lösliches Calciumhypochlorit:



Versetzt man eine klare Auflösung desselben mit einer geringen Menge von Kobaltoxid und erhitzt, so tritt eine regelmässige Entwicklung von Sauerstoff ein, und es entsteht Calciumchlorid; dieselbe Wirkung wie Kobaltoxid haben andere Oxide, wie die des Eisens, Mangans, Kupfers u. s. w. Dieselbe beruht darauf, dass sich unter Sauerstoffaufnahme höhere Oxide bilden, welche aber in der Wärme sehr unbeständig sind und wieder in Sauerstoff und das niedere Oxid zerfallen, welches dem Hypochlorit wieder Sauerstoff entzieht u. s. w. Die Oxide dienen also gewissermaassen als Sauerstoffträger, und wahrscheinlich beruht ihre Wirkung bei der Sauerstoffdarstellung aus Kaliumchlorat auf derselben Ursache.

2 Von Salzsäure und Schwefelsäure wird Chlorkalk unter Freiwerden von Chlor zersetzt:



Man benutzt diese Reaction zum Bleichen von Linnen und Baumwolle, indem man das Gewebe in eine Chlorkalklösung taucht und dann mit der verdünnten Säure behandelt.

3 Fluor Calciumfluorid oder Flussspath,  $\text{CaF}_2$ , tritt als Mineral in grossen würfelförmigen, oft schön gefärbten Krystallen auf und findet sich in Sachsen, Böhmen, am Harz, Derbyshire in England u. s. w. Ausser zur Darstellung von Flusssäure dient er als Flussmittel bei Schmelzoperationen.

Die Phosphate des Calciums wurden schon unter Phosphor erwähnt. Ein bekanntes, schön krystallisiertes Mineral ist der Apatit,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{Ca}_2 \begin{Bmatrix} \text{P} \\ \text{F} \end{Bmatrix} \text{O}_4$ ; in demselben ist häufig das

Fluor theilweise oder ganz durch Chlor ersetzt; er kommt auch unter dem Namen Phosphorit als derbes Gestein in Estremadura in Spanien in beträchtlichen Massen vor und wird wie andere natürlich vorkommende Phosphate als Düngemittel verwendet, um dem Boden die für die Pflanzen nothwendige Phosphorsäure zuzuführen.

Die flüchtigen Calciumverbindungen färben die Flamme gelbroth; dieselbe giebt ein eigenthümliches Spectrum, das aus orange und grügefärbten Linien besteht, und vermittelt dessen man die Gegenwart von Calcium leicht nachweisen kann.

## Strontium.

Atomgewicht 87,2 = Sr.

Dieses Element ist nicht sehr verbreitet und tritt vorzugsweise in zwei Mineralien auf, als Carbonat im Strontianit und als Sulfat im Cölestin. Das Meerwasser und das gewisser Quellen enthalten ebenfalls kleine Mengen von Strontiumverbindungen. Das Metall kann durch Elektrolyse des geschmolzenen Chlorides erhalten werden; es ist gelb, hat das spezifische Gewicht 2,5 und die grösste Aehnlichkeit mit Calcium.

Strontiumoxid oder Strontian,  $\text{SrO}$ , stellt man durch Glühen von Strontiumnitrat dar; es verbindet sich mit Wasser unter heftiger Erhitzung zu Strontiumhydroxid,  $\text{Sr(OH)}_2$ , welches durch Glühen gleich dem gelöschten Kalk zerlegt wird; in heissem Wasser ist es ziemlich löslich und krystallisirt daraus beim Erkalten als Hydrat,  $\text{Sr(OH)}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ ; die Lösung desselben ist stark alkalisch und ätzend. Man verwendet es in der Raffination des Zuckers.

Zur Darstellung der Strontiumsalze benutzt man den Strontianit; durch Auflösen desselben in Salpetersäure erhält man das Strontiumnitrat, ein Salz, welches in der Feuerwerkerei vielfach benutzt wird; die flüchtigen Strontiumverbindungen haben nämlich die Eigenschaft, die Flamme schön carminroth zu färben; das Spectrum derselben ist sehr charakteristisch durch mehrere gelbrothe und eine blaue Linie.

## Baryum.

Atomgewicht 136,8 = Ba.

Das Baryum findet sich in der Natur wie das Strontium als Sulfat oder Schwerspath und als Carbonat oder Witherit;

das reine Metall ist noch wenig bekannt, es wird auf ähnliche Weise erhalten, wie die vorhergehenden Metalle, mit denen es grosse Ähnlichkeit in seinen Eigenschaften zeigt.

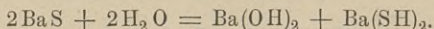
1. Baryummonoxid oder Baryt,  $BaO$ , wird wie der Strontian durch Glühen von Baryumnitrat erhalten und bildet eine  $\alpha$ poröse, grauweisse Masse, die sich mit Wasser unter starker Wärmeentwicklung verbindet und Baryumhydroxid,  $\beta Ba(OH)_2$ , bildet, ein weisses Pulver, das in der Glühhitze ohne Wasserverlust schmilzt. Dasselbe löst sich in kochendem Wasser leicht auf und krystallisirt beim Erkalten in grossen  $\gamma$ Prismen, welche Wasser enthalten,  $Ba(OH)_2 + 8H_2O$ ; die Lösung ist ätzend und stark alkalisch.

3. Baryumdioxid,  $BaO_2$ . Erhitzt man Baryt in einem Sauerstoffstrome auf 300 bis 400°, so nimmt er 1 Atom Sauerstoff auf und bildet Baryumdioxid; beim Glühen der Verbindung  $\alpha$ entweicht dieser Sauerstoff wieder, es wurde deshalb der Vorschlag gemacht, die Zersetzung zu benutzen, um reinen Sauerstoff aus der Luft im Grossen darzustellen, indem man, sobald das Dioxid durch Glühen zersetzt ist, die Temperatur schnell erniedrigt und Luft über den Baryt leitet, welcher sich wieder durch Sauerstoffaufnahme in Dioxid verwandelt, das man  $\beta$ wieder durch Glühen zersetzt. Baryumdioxid hat keine basischen Eigenschaften; mit Säuren entwickelt es Sauerstoff oder bildet Wasserstoffdioxid.

4. Baryumchlorid,  $BaCl_2 + 2H_2O$ , ist das wichtigste Baryumsalz und wird durch Auflösen von Witherit in Salzsäure und Krystallisiren der Lösung erhalten; es wird häufig im Laboratorium als Fällungsmittel für Sulfate gebraucht. Baryumsulfat,  $BaSO_4$ , das als Mineral den Namen Schwerspath führt, welcher das specifische Gewicht 4,5 hat ( $\beta\alpha\rho\upsilon\varsigma$ , schwer), ist eines der unlöslichsten Salze und fällt augenblicklich als weisses Pulver nieder, wenn man Schwefelsäure oder ein lösliches Sulfat zu der Lösung eines Baryumsalzes setzt. Dieser Niederschlag wird im Grossen dargestellt und unter dem Namen Permanentweiss als Anstrichfarbe benutzt, sowohl für sich, als auch mit Bleiweiss gemischt, um die geringeren Sorten des letzteren darzustellen.

5. Baryumnitrat,  $Ba(NO_3)_2$ , krystallisirt in regulären  $\alpha$ Octaëdern und wird wie das Chlorid verwendet. Baryumsulfid,  $\beta BaS$ , erhält man, wenn Schwerspath mit Kohle innig gemischt heftig geglüht wird; dasselbe ist in Wasser löslich,

zersetzt sich aber dabei in Baryumhydroxid und Baryumhydro-  
sulfid:



Säuren zersetzen es unter Entwicklung von Schwefel-  
wasserstoff und Bildung von Baryumsalzen, welche man häufig  
aus dieser Verbindung statt aus Witherit darstellt.

Die Baryumsalze haben die grösste Aehnlichkeit mit denen <sup>6.</sup>  
des Strontiums; sie unterscheiden sich durch ihr Verhalten  
gegen Kieselfluorwasserstoffsäure, welche mit Lösungen der  
ersteren einen unlöslichen Niederschlag von Kieselfluorbaryum  
gibt, während Strontiumsalze davon nicht gefällt werden.  
Die flüchtigen Verbindungen des Baryums färben die Flamme  
grün; das Spectrum besteht aus mehreren hellen Linien, von  
denen besonders die grünen charakteristisch sind.

### III. Metalle der Zinkgruppe.

Beryllium. <i>silberweiss; schwarz.</i>	Zink.
Magnesium.	Cadmium.

#### Beryllium.

Atomgewicht 9,2 = Be.

Dieses Metall findet sich in einigen Mineralien, namentlich dem Beryll,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{BeO} \cdot 6\text{SiO}_2$ ; eine Abart des Berylls ist der Smaragd, welcher seine schön grüne Farbe einer kleinen Menge Chromoxyd verdankt. Die Berylliumsalze zeichnen sich durch ihren süssen Geschmack aus.

#### Magnesium.

Atomgewicht 24,3 = Mg.

Das Magnesium ist ein Bestandtheil vieler Silicate und anderer Mineralien; der in mächtigen Schichten auftretende Dolomit besteht aus Calcium und Magnesiumcarbonat; das Seewasser und einige Quellen, die sogenannten Bitterwasser, enthalten das Sulfat und Chlorid in Lösung. Das Metall wird im Grossen dargestellt durch Erhitzen von Magnesiumchlorid mit Natrium; es ist silberweiss, zähe, hat das specifische Gewicht 1,75, schmilzt bei dunkler Rothglühhitze; bei heller Rothgluth kocht es und kann leicht destillirt werden. Es lässt sich in der Wärme zu Draht pressen und kann wie Messing in Formen gegossen werden. An der Luft erhitzt verbrennt es mit blendend weissem Lichte zu Magnesia,  $\text{MgO}$ ; das Magnesiumlicht wird in der Feuerwerkerei, als Signallicht und statt des Sonnenlichtes in der Photographie benutzt, indem dasselbe sehr reich an chemisch wirksamen Lichtstrahlen ist. Durch Anwendung desselben ist es gelungen, Photographien vom Inneren der Pyramiden, von Höhlen, Bergwerken u. s. w. zu erhalten.

Das Magnesium bleibt an trockener Luft unverändert; kaltes Wasser wirkt nur langsam darauf ein; mit warmem Wasser

entwickelt es langsam Wasserstoff; von Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure wird es rasch gelöst.

Magnesiumoxid oder Magnesia,  $MgO$ , ist weisses amorphes, unschmelzbares Pulver, welches man durch Erhitzen des Carbonats dargestellt, und welches unter dem Namen gebrannte Magnesia als Arzneimittel benutzt wird; dieselbe ist sehr schwer löslich in Wasser; die Lösung reagirt schwach alkalisch. Setzt man zu der Lösung eines Magnesiumsalzes Kalilauge, so bildet sich ein weisser Niederschlag von Magnesiumhydroxid,  $Mg(OH)_2$ , welches beim Erhitzen Wasser abgibt und sich in Magnesia verwandelt.

Magnesiumchlorid,  $MgCl_2$ , erhält man durch Auflösen des Oxides oder Carbonates in Salzsäure; verdampft man die Lösung an der Luft, so tritt Zersetzung ein, Salzsäure entweicht und Magnesia bleibt zurück; setzt man aber Salmiak zu der Lösung, so erhält man ein Doppelsalz, welches ohne Zersetzung zu erleiden eingetrocknet werden kann; erhitzt man den trocknen Rückstand zum Glühen, so entweichen Salmiakdämpfe und das Magnesiumchlorid bleibt als geschmolzene Masse zurück; dieselbe ist nach dem Erkalten weiss, krystallinisch, zieht aus der Luft Feuchtigkeit mit grosser Begierde an und zerfliesst. Magnesiumchlorid findet sich auch im See-wasser, Soolquellen und einigen Salzlagern, namentlich in dem von Stassfurt, wo es als Carnallit,  $MgCl_2, KCl + 6H_2O$ , vorkommt und den man zur Darstellung von Kaliumchlorid und Magnesiumchlorid benutzt; das letztere wird in grossen Mengen in der Appretur baumwollener Zeuge benutzt.

Magnesiumsulfat krystallisirt in wasserhaltigen rhombischen Krystallen,  $MgSO_4 + 7H_2O$ , welche unter dem Namen Bittersalz bekannt sind. Das Bittersalz kommt in verschiedenen Mineralwassern, d. s. Bitterwassern, vor und wird im Grossen durch Auflösen von Dolomit oder Magnesit in verdünnter Schwefelsäure dargestellt; es bildet mit den Sulfaten der Alkalimetalle Doppelsalze, in welchen die letzteren 1 Molecul des Krystallwassers ersetzen; so ist die Formel des Kaliumsalzes  $MgSO_4 + K_2SO_4 + 6H_2O$ . Kieserit,  $MgSO_4 + H_2O$ , findet sich in beträchtlicher Menge als Mineral in Stassfurt und zeichnet sich von dem Bittersalz durch seine Schwerlöslichkeit in kaltem Wasser aus. Man benutzt ihn zur Fabri-

kation des letzteren, indem er sich mit heissem Wasser allmählig verbindet und in Lösung geht.

4. Magnesiumcarbonat,  $MgCO_3$ , findet sich als Magnesit, welcher mit dem Kalkspath isomorph ist. Die als Arzneimittel angewandte kohlensaure Magnesia ist ein basisches Magnesiumcarbonat; man erhält dieselbe unter Entweichung von Kohlendioxid als weissen Niederschlag durch Vermischen warmer Lösungen von Bittersalz und Soda.

5. Die Magnesiumsalze haben in vielen Beziehungen grosse Aehnlichkeit mit denen der Erdalkalimetalle, unterscheiden sich aber von denselben durch das leicht lösliche Sulfat und dadurch, dass das Carbonat sich in einer Lösung von Salmiak

6. auflöst. Setzt man zu einem Magnesiumsalze Salmiak, Natriumphosphat und Ammoniak, so erhält man einen krystallinischen Niederschlag von  $MgNH_4PO_4 + 6H_2O$ . Diese Verbindung ist eine der schwer löslichsten Salze des Magnesiums, sie tritt zuweilen im thierischen Körper auf und giebt Veranlassung zur Bildung von Harnsteinen.

## Z i n k.

Atomgewicht 65,1 = Zn.

1. Dieses wichtige Metall findet sich als Sulfid (Zinkblende), als Carbonat (Galmei) und Oxid (Rothzinkerz) und lässt sich aus seinen Erzen leicht abscheiden; dieselben werden durch Rösten an der Luft in Zinkoxid verwandelt, welches durch Erhitzen mit Kohle zu Metall reducirt wird, wodurch es sich vom Magnesium unterscheidet, mit dem es sonst grosse Aehnlichkeit hat. Die Reduction des gerösteten Erzes wird in Retorten vorgenommen, Kohlenoxid entweicht, das reducirte Metall verflüchtigt sich und wird in Vorlagen aufgesammelt. Ein Theil des Metalls scheidet sich dabei mit Zinkoxid gemischt als feines Pulver ab. Dieser Zinkstaub wird als graue Anstrichfarbe benutzt; der Chemiker gebraucht ihn als kräftiges Reductionsmittel.

2. Das Zink hat eine bläulich weisse Farbe, einen krystallinischen Bruch, ist bei gewöhnlicher Temperatur spröde; aber gegen  $130^{\circ}$  erhitzt wird es geschmeidig und lässt sich hämmern und walzen, über  $200^{\circ}$  wird es wieder spröde und lässt sich in

einem Mörser zu Pulver zerstoßen. Das specifische Gewicht des Zinks ist 6,9; es schmilzt bei  $433^{\circ}$  und verflüchtigt sich bei starker Rothglühhitze; der Dampf entzündet sich an der Luft und verbrennt mit hell leuchtender, grünlicher Flamme zu Zinkoxid. Von feuchter wie trockner Luft wird Zink wenig angegriffen und nur oberflächlich oxydirt; es findet daher in Form von Blech vielfache Anwendung; man benützt es ferner, um Eisenblech mit einer schützenden Decke zu versehen; solch verzinktes Eisen wird galvanisirt genannt. Zink löst sich in verdünnten Säuren leicht unter Wasserstoffentwicklung auf; es bildet einen Bestandtheil mehrerer wichtigen Legirungen, wie Messing und Neusilber.

Zinkoxid,  $ZnO$ , ist das einzige Oxid dieses Metalles. Man erhält es durch Verbrennen des Metalls an der Luft als ein weisses amorphes Pulver, welches beim Erhitzen gelblich wird, beim Erkalten aber wieder die ursprüngliche Farbe annimmt. Aus der Lösung eines Zinksalzes fallen die ätzenden Alkalien Zinkhydroxid,  $Zn(OH)_2$ , als weisses Pulver, welches beim Erhitzen in Wasser und Zinkoxid zerfällt. Das Zinkoxid wird unter dem Namen Zinkweiss als Anstrichfarbe verwendet.

Das Zinksulfat,  $ZnSO_4 + 7H_2O$ , ist isomorph mit Bittersalz und unter dem Namen Zinkvitriol bekannt; es bildet eine Reihe von Doppelsalzen mit den Sulfaten der Alkalimetalle, ähnlich wie Magnesiumsulfat.

Zinkcarbonat,  $ZnCO_3$ , kommt als eines der wichtigsten Zinkerze unter dem Namen Galmei vor; fällt man eine Lösung eines Zinksalzes mit einer Lösung von Natriumcarbonat, so entweicht Kohlendioxid und man erhält einen weissen Niederschlag, welcher ein basisches Carbonat ist.

Zinkchlorid,  $ZnCl_2$ , bildet sich beim Verbrennen von Zink in Chlorgas als weisse Masse, welche bei Rothglühhitze flüchtig ist, sich in Wasser sehr leicht löst und an der Luft zerfließt; dieselbe Verbindung erhält man durch Auflösen von Zink in Salzsäure und Verdampfen der Lösung. Es verflüchtigt sich bei sehr hoher Temperatur, sein Dampf hat das Volumgewicht 67,8.

Zinksulfid findet sich krystallisirt als Mineral, welches Zinkblende genannt wird; dasselbe hat gewöhnlich eine dunkle Farbe, welche von Beimengungen wie Eisenoxid etc.



herrührt; das reine Zinksulfid ist weiss; man erhält dasselbe, wenn man zu der Lösung eines Zinksalzes Schwefelammonium setzt, als Niederschlag, welcher unlöslich in Essigsäure ist, sich aber in Mineralsäuren unter Entwicklung von  $\alpha$  Schwefelwasserstoff leicht löst. Diese Eigenschaften benutzt man, um die Gegenwart von Zinksalzen nachzuweisen; dieselben zeichnen sich ferner dadurch aus, dass das daraus mit  $\beta$  einem Alkali gefällte Hydroxid sich im Ueberschuss des Fällungsmittels wieder auflöst. Erhitzt man eine Zinkverbindung, mit einer Lösung von Kobaltnitrat befeuchtet, auf Holzkohle  $\gamma$  vor dem Löthrohr, so färbt sie sich schön grün. Diese Verbindung wird unter dem Namen Rieman'sches Grün als Malerfarbe benutzt und dargestellt durch Glühen eines innigen Gemisches von Kobaltnitrat und Zinknitrat.

### Cadmium.

Atomgewicht 111,9 = Cd. Volumgewicht des Dampfes = 55,8.

1. Das Cadmium ist in geringer Menge in den meisten Zinkerzen enthalten. Bei der Gewinnung von Zink destillirt es zuerst, da es flüchtiger ist. Es ist ein weisses, zähes Metall, welches das specifische Gewicht 8,6 hat, bei  $315^{\circ}$  schmilzt und  $\alpha$  bei  $860^{\circ}$  siedet; bei starkem Erhitzen unter Luftzutritt verbrennt es mit glänzender Flamme. Cadmiumamalgam wird  $\beta$  zum Plombiren von hohlen Zähnen benutzt; frisch bereitet ist es weich und knetbar, aber erhärtet nach einiger Zeit.

a. Cadmiumoxid,  $\text{CdO}$ , wird durch Verbrennung des Metalles oder Erhitzen des Carbonats als braunes Pulver erhalten; in blauschwarzen, mikroskopischen, regelmässigen Octoëdern erhält man es, wenn man das Nitrat zum Glühen erhitzt.

b. Cadmiumjodid,  $\text{CdJ}_2$ , krystallisirt in breiten, perlgänzenden Tafeln und wird in der Photographie benutzt.

c. Cadmiumsulfat,  $3\text{CdSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ , bildet grosse, durchsichtige, monoklinische Krystalle und vereinigt sich mit den Sulfaten der Alkalimetalle zu Doppelsalzen, deren Zusammensetzung denen des Magnesiums und Zinks entspricht.

d. Cadmiumsulfid, CdS, ist die charakteristischste Verbindung dieses Metalles; man erhält es als schön gelben

Niederschlag, wenn man Schwefelwasserstoff in die Lösung eines Cadmiumsalzes einleitet; es ist unlöslich in verdünnter Salzsäure und findet Verwendung als schöne und beständige Malerfarbe. Dieselbe Verbindung kommt als Mineral vor, welches Greenockit genannt wird.

#### IV. Metalle der Bleigruppe.

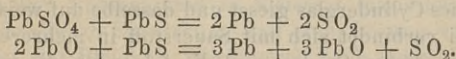
Blei.

Thallium.

#### Blei.

Atomgewicht 206,4 = Pb.

Das wichtigste Erz dieses Metalles, welches sehr selten im gediegenen Zustande gefunden wird, ist der Bleiglanz, PbS, aus welchem das Blei auf einfache Weise gewonnen wird. Das Mineral wird in einem Flammofen geröstet; sind Silicate vorhanden, so wird Kalk zugesetzt, um eine leicht schmelzbare Schlacke zu erhalten. Schwefel und Blei werden oxydirt unter Bildung von Schwefeldioxyd, Bleioxyd und Bleisulfat. Nach einiger Zeit wird das Feuer verstärkt und die Oeffnungen des Ofens werden verschlossen, um Luftzutritt auszuschliessen. Die Röstungsproducte wirken zersetzend auf das noch vorhandene Bleisulfid, und man erhält metallisches Blei zufolge der nachstehenden Reactionen:



Fast aller Bleiglanz enthält eine kleine Menge Silber, welches in das Blei übergeht und daraus durch die sogenannte Treibarbeit abgeschieden wird (s. S. 217).

Blei ist ein bläulichweisses Metall, welches das spezifische Gewicht 11,3 hat; es ist biegsam und so weich, dass es Ein-  
drücke mit dem Fingernagel annimmt, und lässt sich leicht zu Platten auswalzen und in Draht ziehen, besitzt aber wenig Festigkeit; ein Draht von 2 mm Dicke reisst schon bei einer Belastung von 2 kg. Der Schmelzpunkt des Bleies liegt bei

334°; bei hoher Temperatur ist es flüchtig; doch nicht in dem Grade, dass es destillirt werden kann.

β. In trockner Luft behält das Metall seinen Glanz; in feuchter Luft läuft es bald an und bedeckt sich mit einer dünnen Oxydschicht. In Gegenwart von schwachen Säuren geht diese Oxydation schneller vor sich. In reinem luftfreien Wasser bleibt es ebenfalls unverändert; hat aber die Luft Zutritt, so entsteht Bleihydroxid, welches in Wasser etwas löslich ist und dadurch einen weiteren Theil des Metalls der Oxydation zugänglich macht. Diese Einwirkung von Luft und Wasser auf Blei ist von grosser praktischer Bedeutung, weil Bleiröhren häufig zu Wasserleitungen gebraucht werden, und alle löslichen Bleiverbindungen starke Gifte sind und, während längerer Zeit, wenn auch in sehr geringer Menge, in den Körper gebracht, sehr schädliche Wirkungen äussern. Gewisse Salze, welche fast immer in Fluss- oder Quellwasser vorkommen, beeinflussen dessen Wirkung auf Blei auf verschiedene Weise; dasselbe wird leichter gelöst, wenn Ammoniumsalze vorhanden sind; + enthält das Wasser dagegen Sulfate oder Carbonate (hartes Wasser), so bildet sich in den Bleiröhren ein dünner Ueberzug von unlöslichem Bleicarbonat oder Sulfat, welcher das Metall vor weiterem Angriff schützt, und solches Wasser kann ohne Gefahr zum Trinken und Kochen benutzt werden. Es muss jedoch keine oder wenig freie Kohlensäure enthalten, weil Bleicarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser etwas löslich ist. y Um Blei im Trinkwasser nachzuweisen, leitet man Schwefelwasserstoff durch eine grössere Menge desselben, welches man mit einem Tropfen Salzsäure angesäuert hat. Ist Blei gegenwärtig, so nimmt die Flüssigkeit eine bräunliche Farbe an, welche man am besten wahrnimmt, wenn man das Wasser in ein hohes Cylinderglas giesst und dasselbe auf weisses Papier stellt. Blei verbindet sich mit Sauerstoff in mehreren Verhältnissen; von diesen Oxiden sind die folgenden die wichtigsten.

3. (Sprung) Bleioxid,  $PbO$ , ist ein gelbes Pulver, welches sich bildet, wenn sich das Metall bei erhöhter Temperatur an der Luft oxydirt. Bei Rothglühhitze schmilzt dasselbe und erstarrt beim Erkalten zu einer röthlich gelben, schuppig krystallinischen Masse, welche Bleiglätte genannt wird. In heisser Kalilauge löst sich das Bleioxid auf und krystallisirt daraus beim Erkalten in gelbrothen, rhombischen Prismen. Mit Kieselerde bildet das Bleioxid leicht schmelzbare Silicate; es wird daher zur Dar-

stellung von Glas und Glasuren benutzt und greift Thontiegel,  $\alpha$  in welchen es geschmolzen wird, rasch an.

In der Lösung eines Bleisalzes erzeugt Ammoniak einen weissen Niederschlag von Bleihydroxid,  $\text{Pb}_2\text{O}(\text{OH})_2$ , welches in Wasser etwas löslich ist und demselben eine alkalische Reaction ertheilt. Beim Erhitzen zerfällt dasselbe in Wasser und Bleioxid.  $\beta$

Wird das amorphe, gelbe Bleioxid längere Zeit bei Luftzutritt bis nahe zu seinem Schmelzpunkte erhitzt, so nimmt es Sauerstoff auf und verwandelt sich in ein rothes Pulver, die Mennige,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , welche als Anstrichfarbe und zur Darstellung von Bleiglas angewendet wird. Dieselbe ist eine Verbindung von Bleioxid mit Bleidioxid,  $2\text{PbO} + \text{PbO}_2$ ; mit verdünnter Salpetersäure behandelt, giebt dieselbe lösliches Bleinitrat und ein braunes Pulver von Bleidioxid,  $\text{PbO}_2$ , welches beim Erhitzen in Bleioxid und Sauerstoff zerfällt und mit Salzsäure erwärmt Chlor entwickelt.  $\gamma$

Bleinitrat,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , erhält man durch Auflösen von Bleiglätte in Salpetersäure; es krystallisirt in wasserfreien, regulären Octoëdern und löst sich in 8 Theilen kaltem Wasser. Beim Erhitzen zerfällt es in Bleioxid, Stickstofftetroxid und Sauerstoff. Das Bleiacetat oder der Blei Zucker ist ebenfalls leicht in Wasser löslich und wird später unter Essigsäure beschrieben werden. Fast alle anderen Bleisalze sind in Wasser schwer löslich oder unlöslich. Bleicarbonat,  $\text{PbCO}_3$ , findet sich als krystallisiertes Mineral, das den Namen Weissbleierz führt. Setzt man zu einer Lösung von Bleinitrat eine Lösung von Natriumcarbonat, so erhält man einen weissen Niederschlag, welcher aus basischem Bleicarbonat besteht. Eine ähnliche Verbindung ist das Bleiweiss, welches man entweder durch Einleiten von Kohlendioxid in Bleiessig (basisches Bleiacetat) erhält, oder durch Einwirkung von einer Lösung von Natriumbicarbonat auf Bleioxid, sowie auch nach einem alten eigenthümlichen Verfahren darstellt, welches unter dem Namen der holländischen Methode bekannt ist. Aufgerollte Bleiplatten werden in irdene Töpfe gesteckt, welche eine kleine Menge Essig enthalten und mehrere Hunderte so hergerichteter Gefässe stellt man auf eine Unterlage von Strohdünger oder Lohe, bedeckt sie mit Brettern, auf welche man Dünger breitet, darauf wieder eine Reihe von Töpfen stellt und damit fortfährt, bis das Gebäude angefüllt ist. Nach einigen Wochen sind die Platten ganz oder zum grössten Theil in Bleiweiss verwandelt.  $\delta$

Bei diesem Verfahren entsteht zuerst durch Einwirkung von Sauerstoff und Essigsäure auf das Blei ein basisches Bleiacetat, welches durch das bei der Verwesung auftretende Kohlendioxid in Bleiweiss verwandelt wird. Die dadurch freiwerdende Essigsäure wirkt wieder auf das noch vorhandene Blei ein und die Bildung des Bleiweisses geht voran, bis alles Metall angegriffen ist. Eine Abänderung dieser Methode besteht darin, dass man dünne Bleiplatten in Kammern aufhängt und Dämpfe von Essigsäure und Kohlendioxid einströmen lässt. Die Zusammensetzung des Bleiweisses wechselt, stimmt aber gewöhnlich nahezu mit der Formel  $2 \text{PbCO}_3 + \text{Pb(OH)}_2$  (s. S. 164).

5.) Bleisulfat,  $\text{PbSO}_4$ , führt als Mineral den Namen Bleivitriol und findet sich in kleinen glänzendweissen Krystallen; es ist in Wasser unlöslich und wird als weisser Niederschlag erhalten, wenn man zu der Lösung eines Bleisalzes Schwefelsäure fügt.

6.) Bleichlorid,  $\text{PbCl}_2$ , ist ein krystallinischer Niederschlag, welchen lösliche Chloride in einer Bleisalzlösung erzeugen; derselbe löst sich in 30 Theilen kochendem Wasser und scheidet sich beim Erkalten daraus in weissen Nadeln ab. Es schmilzt beim Erhitzen und erstarrt beim Erkalten zu einer hornartigen Masse; bei lebhafter Rothgluth verflüchtigt es sich und bildet einen Dampf, welcher das Volumgewicht 138,57 hat. Das Hornblei genannte Mineral ist eine Verbindung von Bleichlorid und Bleicarbonat,  $\text{PbCl}_2 + \text{PbCO}_3$ .

7.) Bleijodid,  $\text{PbJ}_2$ , scheidet sich in goldgelben Krystallblättchen aus, wenn man heisse Lösungen von Kaliumjodid und Bleinitrat mischt.

(58.) Bleisulfid,  $\text{PbS}$ , findet sich als Bleiglanz, der in Würfeln oder Octoëdern krystallisirt und einen blaugrauen Metallglanz hat. Schwefelwasserstoff erzeugt in einer Bleilösung einen schwarzen Niederschlag von Bleisulfid.

7.) Die meisten Bleisalze sind isomorph mit den entsprechenden Verbindungen der Metalle der zweiten Gruppe, namentlich denen des Baryums, mit denen das Blei auch durch die Unlöslichkeit des Sulfats Aehnlichkeit hat. Bleiverbindungen erkennt man daran, dass ihre Auflösung von Schwefelwasserstoff schwarz gefällt wird und das gefällte Sulfid in verdünnter Salpetersäure löslich ist; ferner an dem unlöslichen weissen Sulfat und dem gelben Chromat und Jodid. Vor dem Löthrohr auf

Kohle erhitzt, geben dieselben ein weiches, geschmeidiges Metallkorn.

### T h a l l i u m.

Atomgewicht 203,6 = Tl.

Dieses Metall wurde 1861 von Crookes durch die Spectralanalyse entdeckt; er fand es in dem Flugstaube, der sich beim Rösten von Schwefelkies in der Fabrikation von Schwefelsäure absetzt. Es findet sich in kleiner Menge in vielen Schwefelkiesen und Zinkblende, namentlich bei Rammelsberg am Harz, und kommt auch im Wasser der Nauheimer Saline vor. Thallium hat grosse Aehnlichkeit mit Blei; es ist bläulichgrau, sehr weich und geschmeidig und lässt sich leicht zu Draht ausziehen. Es schmilzt bei 290° und hat das specifische Gewicht 11,8. An der Luft oxydirt es sich sehr schnell und bedeckt sich mit einer Schicht von weissem Hydroxid; es wird am besten unter Wasser aufbewahrt. Bei starkem Erhitzen verbrennt es mit prächtig grüner Flamme, deren Spectrum aus einer glänzend grünen Linie besteht; von Salpetersäure und verdünnter Schwefelsäure wird es rasch aufgelöst, dagegen von Salzsäure nur langsam angegriffen, was in der Schwerlöslichkeit des Chlorides seinen Grund hat.

Thalliumoxid, Tl<sub>2</sub>O, ist ein braunes Pulver, welches sich bildet, wenn das Metall bei Luftzutritt verbrennt; es löst sich leicht in Wasser zu einer stark alkalischen und ätzenden Flüssigkeit, aus welcher sich beim Verdunsten krystallisirtes Thalliumhydroxid, TlOH, ausscheidet, welches so begierig wie Aetzkali Kohlensäure aus der Luft anzieht.

Die Thalliumsalze sind zum Theil isomorph mit denen des Kaliums, wie das Sulfat Tl<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, welches sich mit Aluminiumsulfat zu Thalliumalaun, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> + Tl<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 24 H<sub>2</sub>O, verbindet, der wie die anderen Alaune in regulären Octoëdern krystallisirt. Thalliumchlorid, TlCl, ist ein weisses, in Wasser sehr schwer lösliches Salz und hat grosse Aehnlichkeit mit Bleichlorid; es ist bei heller Rothgluth flüchtig; sein Dampf hat das Volumgewicht 119,5. Mit Platinchlorid bildet es ein in Wasser unlösliches Doppelsalz, 2 TlCl + PtCl<sub>4</sub>; Thalliumcarbonat, Tl<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, bildet lange, glänzende, monokline Prismen und löst sich in 25 Theilen kalten Wassers; die Lösung reagirt alkalisch.

3.  $\infty$  Die Thalliumsalze sind farblos und haben giftige Eigenschaften; in ihren Lösungen erzeugt Schwefelammonium einen schwarzen Niederschlag von Thalliumsulfid,  $Tl_2S$ , und metallisches Zink fällt aus denselben Thallium in Form eines krystallinischen Pulvers.

$\beta$  Wird Thallium in Königswasser gelöst, so bildet sich Thalliumtrichlorid,  $TlCl_3$ , aus dessen Lösung Kalilauge braunes, wasserhaltiges Thalliums sesquioxid,  $Tl_2O_3$ , fällt.

$\gamma$  Thallium ist ein Metall, welches sich durch sein leicht lösliches alkalisches Hydroxid, sein unlösliches Platindoppelsalz und den Isomorphismus seiner Verbindungen mit denen des Kaliums an die Alkalimetalle, durch seine physikalischen Eigenschaften aber, sowie durch das schwerlösliche Chlorid und Jodid und das unlösliche Sulfid an das Blei anschliesst.

## V. Metalle der Silbergruppe.

Kupfer. Quecksilber. Silber.

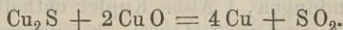
### Kupfer.

Atomgewicht 63,1 = Cu (*Cuprum*).

Dieses wichtige Metall ist schon seit den ältesten Zeiten bekannt, da es gediegen vorkommt und aus seinen Erzen leicht <sup>α</sup> ausgeschmolzen werden kann. Gediegenes Kupfer findet sich in grosser Menge im nördlichen Amerika und in Sibirien, häufig krystallisirt in Würfeln und anderen Formen des regulären Systems. Die wichtigsten Kupfererze sind Kupferkies,  $\text{Cu}_2\text{S} + \text{Fe}_2\text{S}_3$ , Kupferglanz,  $\text{Cu}_2\text{S}$ , Malachit,  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ , und Rothkupfererz,  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

Reines Kupfer erhält man, wenn man das Oxid in einem <sup>β</sup> Wasserstoffstrom erhitzt oder ein lösliches Kupfersalz durch den galvanischen Strom zersetzt (Galvanoplastik).

Aus dem Carbonat oder Oxid erhält man das Metall im <sup>γ</sup> Grossen einfach durch Reduction mit Holzkohle in Schachtöfen, wobei je nach der Gangart verschiedene Zuschläge gemacht werden, um leicht flüssige Schlacken zu bilden. Schwefelhaltige Erze, wie Kupferkies, welche am häufigsten vorkommen, erfordern ein viel umständlicheres Verfahren. Dieselben werden geröstet, um das Kupfersulfid zum Theil in Oxid zu verwandeln, und dann mit Zuschlag von Sand oder Schlacken im Ofen verschmolzen. Kupferoxid und Eisensulfid wirken auf einander ein unter Bildung von Kupfersulfid und Eisenoxid, welches letztere in die Schlacke übergeht, während das geschmolzene unreine Kupfersulfid (der Rohstein) sich auf dem Boden des Ofens ansammelt. Der Kupferstein wird aufs Neue geröstet, wobei ein Theil des Schwefels verbrennt, und bei Luftzutritt geschmolzen, wobei Kupferoxid und Kupfersulfid auf einander einwirken und Schwefeldioxid und Kupfer entstehen:



Das so erhaltene Metall enthält noch Oxid, welches man dadurch entfernt, dass man das flüssige Kupfer mit einer Stange



von frischem Holze umrührt, wodurch sich Kohlenwasserstoffe entwickeln, welche reducirend wirken.

2. Das Kupfer besitzt eine eigenthümlich rothe Farbe und ist sehr dehnbar und zähe; ein 2 mm dicker Draht trägt ein Gewicht von 140 kg. Sein specifisches Gewicht ist 8,93; es schmilzt bei heller Rothgluth und ist bei Weissglühitze etwas flüchtig; eine Flamme von Wasserstoff, welche man darüber leitet, brennt daher mit grünem Lichte.

3. Kupfer ist einer der besten Leiter für Wärme und Electricität. An feuchter Luft bedeckt es sich nach und nach mit einer grünen Schicht von basischem Kupfercarbonat (edler Grünspan); in trockner Luft bleibt es bei gewöhnlicher Temperatur unverändert; beim Glühen aber bildet sich eine Schicht von Oxid (Kupferhammerschlag); Wasserdampf wird von glühendem Kupfer nicht zersetzt; Salzsäure löst das feinvertheilte Metall beim Erwärmen unter Wasserstoffentwicklung auf; erhitzt man es mit concentrirter Schwefelsäure, so entstehen Kupfersulfat und Schwefeldioxid. Am leichtesten wird es von Salpetersäure gelöst, wobei Stickoxid entweicht.

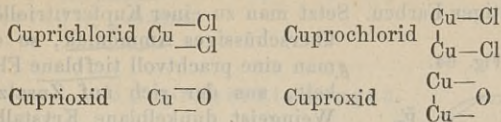
4. Kupfer bildet den Hauptbestandtheil mehrerer wichtigen Legirungen. Das gewöhnliche Messing besteht aus 2 Theilen Kupfer und 1 Theil Zink; es ist härter als Kupfer und lässt sich leichter bearbeiten; gewöhnlich werden 1 bis 2 Proc. Blei zugesetzt, welches zwar die Dehnbarkeit vermindert, aber die Legirung lässt sich dann leichter auf der Drehbank verarbeiten.

5. Für Messingblech verwendet man eine an Zink reichere Legirung; das sogenannte Muntzmetall, welches zu Schiffsbeschlägen dient, enthält 60 Proc. Kupfer. Die moderne Bronze besteht aus Kupfer, Zink und Zinn; die antike Bronze ist zinkfrei.

6. Das Kanonmetall, die Glockenspeise und das Spiegelmetall sind Legirungen von Kupfer und Zinn in wechselnden Mengen (s. S. 158). Dieselben haben die Eigenschaft, beim langsamen Abkühlen hart und spröde zu werden; taucht man sie aber im glühenden Zustande in kaltes Wasser und kühlt sie dadurch rasch ab, so werden sie weich und hämmerbar.

7. Das Kupfer ist ein zweiwerthiges Element und bildet zwei Reihen von Verbindungen, welche sich von denen der vorhergehenden Metalle dadurch unterscheiden, dass in den einen, den Cupriverbindungen, 1 Atom Kupfer enthalten ist, in den Cuproverbindungen aber 2 Atome als zweiwerthige Gruppe auftreten. In den letzteren müssen demnach zwei der vier Verbindungseinheiten sich gegenseitig gesättigt haben. Die

Constitution der zwei Reihen lässt sich daher wie folgt darstellen:



### A. Cupriverbindungen.

Cuprioxid oder Kupferoxid,  $\text{CuO}$ , wird durch Oxidation des Kupfers beim Glühen oder durch Erhitzen von Kupfernitrat als schwarzes Pulver erhalten, welches an oxydierbare Körper bei höherer Temperatur leicht Sauerstoff abgibt und deshalb zur Analyse kohlenstoffhaltiger Verbindungen (organische Analyse) im Laboratorium häufig benutzt wird. Kalilauge fällt aus der Lösung eines Cuprisalzes hellblaues Kupferhydroxid,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , welches beim Erwärmen leicht in Kupferoxid und Wasser zerfällt und daher sich schwärzt, wenn die Flüssigkeit gekocht wird.

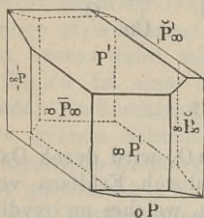
Kupfernitrat,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ , ist ein schön blaues Salz, das in grossen Prismen krystallisirt und in Wasser sehr löslich ist. Man erhält dasselbe durch Auflösen von Kupfer oder Kupferoxid in Salpetersäure.

Kupferchlorid,  $\text{CuCl}_2$ , bildet sich, wenn Kupfer in Chlorgas erhitzt wird, als eine gelbliche Masse, welche sich mit grüner Farbe in Wasser löst; dieselbe Lösung erhält man durch Auflösen des Oxids in Salzsäure; beim Verdampfen giebt dieselbe grüne nadelförmige Krystalle,  $\text{CuCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ . Das Salz ist leicht in Wasser und Weingeist löslich; die weingeistige Lösung brennt mit schön grüner Flamme.

Kupfersulfat bildet grosse blaue triklinische Krystalle,  $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ , Fig. 64 a. f. S., welche unter dem Namen Kupfervitriol bekannt sind und fabrikmässig durch Auflösen von Kupferhammerschlag oder geröstetem Kupferkies in Schwefelsäure dargestellt werden. Dasselbe verliert beim Erhitzen sein Krystallisationswasser und zerfällt zu einem weissen Pulver, welches beim heftigen Glühen sich zersetzt, wobei schwarzes Oxid zurückbleibt. Das Salz findet vielfache Ver-

wendung in der Galvanoplastik, in der Färberei und Kattundruckerei, zur Darstellung von Schweinfurter Grün und anderer kupferhaltiger Farben. Setzt man zu einer Kupfervitriollösung

Fig. 64.



überschüssiges Ammoniak, so erhält man eine prachtvoll tiefblaue Flüssigkeit, aus der sich auf Zusatz von Weingeist dunkelblaue Krystalle absetzen, welche die Zusammensetzung  $\text{CuSO}_4 + 4\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$  haben. Erhitzt man dieselben, so entweichen Wasser und Ammoniak und es bildet sich zuerst Cuprammoniumsulfat,  $\text{SO}_4\text{Cu}(\text{NH}_3)_2$ , ein apfelgrünes Pulver, welches beim stärkeren Erhitzen in Kupfersulfat und Ammoniak zerfällt.

Alle Cuprisalze bilden ähnliche Verbindungen mit Ammoniak.

So erhält man, wenn man Ammoniak über wasserfreies Kupferchlorid leitet, die Verbindung  $\text{CuCl}_2 + 6\text{NH}_3$ ; leitet man dagegen Ammoniak zu einer gesättigt heißen Lösung des Chlorids, so scheidet sich beim Erkalten die Verbindung  $\text{CuCl}_2 + 4\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$  in dunkelblauen Octoëdern ab. Beide Verbindungen verwandeln sich auf  $150^\circ$  erhitzt in ein grünes Cuprammoniumchlorid  $(\text{NH}_3)_2\text{CuCl}_2$ ; diese Verbindung kann, wie das entsprechende Sulfat, betrachtet werden als ein Ammoniumsalz, in welchem zwei Atome Wasserstoff durch ein Atom Kupfer ersetzt sind:  $\text{Cu} \begin{Bmatrix} \text{NH}_3\text{Cl} \\ \text{NH}_3\text{Cl} \end{Bmatrix}$ .

Kupfercarbonat. Das normale Salz ist unbekannt; versetzt man eine Kupferlösung mit Pottaschelösung, so fällt ein

grünes basisches Salz nieder,  $\text{CO} \begin{Bmatrix} \text{O Cu (OH)} \\ \text{O Cu (OH)} \end{Bmatrix}$ . Dieselbe Verbindung

kommt als schön grünes Mineral oder Malachit vor.

Kupferlasur,  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$ , ist ein anderes basisches Kupfercarbonat, das sich als schön blaues Mineral findet; seine Constitution entspricht dem des Bleiweisses (s. S. 205).

Kupferarsenit bildet die schöne grüne, unter dem Namen Scheele's Grün bekannte Malerfarbe, welche man durch Fällen einer Kupfervitriollösung mit einer Auflösung von Natriumarsenit darstellt.

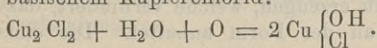
Kupfersulfid,  $\text{CuS}$ , erhält man als schwarzen Niederschlag, wenn Schwefelwasserstoff in die Lösung eines Cupri-

salzes geleitet wird. Dieselbe Verbindung findet sich in der Natur in dunkelblauen, hexagonalen Krystallen und wird Kupferindig genannt.

### β. Cuproverbindungen.

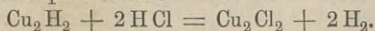
Cuproxid oder Kupferoxidul,  $\text{Cu}_2\text{O}$ , kommt als Rothkupfererz in rothen regulären Krystallen vor. Künstlich erhält man dasselbe durch Erhitzen von Kupferfeile mit Kupferoxid, oder wenn man eine Lösung von Kupfervitriol mit Traubenzucker versetzt, Kalilauge hinzufügt und kocht, wobei der Zucker reducirend wirkt, und das Oxid als hellrothes Pulver gefällt wird. Kupferoxidul färbt Glasflüsse prachtvoll rubinroth. Die davon sich ableitenden Salze sind farblos, färben sich aber an der Luft rasch grün oder blau durch Aufnahme von Sauerstoff.

Cuprochlorid oder Kupferchlorür,  $\text{Cu}_2\text{Cl}_2$ . Erwärmt man eine mit Salzsäure versetzte Lösung von Kupferchlorid mit Kupfer, so erhält man eine braune Flüssigkeit, aus der auf Zusatz von Wasser weisses Kupferchlorür gefällt wird. Dasselbe ist in Wasser unlöslich, löst sich aber in Salzsäure, und diese Lösung hat die merkwürdige Eigenschaft, Kohlenoxid zu absorbiren. Der Luft ausgesetzt färbt sich das Kupferchlorür besonders im feuchten Zustande rasch grün durch Bildung von basischem Kupferchlorid:



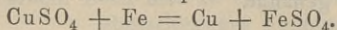
Cuprochlorid ist bei sehr hoher Temperatur flüchtig und bildet einen Dampf, welcher das Volumgewicht 68,47 hat.

Kupferhydrid oder Kupferwasserstoff,  $\text{Cu}_2\text{H}_2$ , erhält man als gelblichen Niederschlag, wenn man eine Lösung von unterphosphoriger Säure zu einer warmen Kupfervitriollösung setzt. Beim Erhitzen giebt diese Verbindung Wasserstoff aus und in Chlorgas entzündet sie sich. Salzsäure verwandelt sie in Cuprochlorid:



Die Kupfersalze sind starke Gifte. Man erkennt dieselben 1. an dem schwarzen, in Salzsäure unlöslichen, aber in verdünnter Salpetersäure löslichen Sulfide, 2. an dem blauen Hydroxide, welches beim Erwärmen sich schwärzt, 3. an der tief

blauen Färbung durch Ammoniak und 4. daran, dass blankes Eisen in eine Kupferlösung getaucht sich mit einem rothen Ueberzuge von metallischem Kupfer bedeckt:



- c. Galvanoplastik. Wenn man den galvanischen Strom durch eine Lösung von Kupfersulfat leitet, so scheidet sich am negativen Pol das Metall ab und am positiven freie Schwefelsäure neben Sauerstoff, wenn die Pole aus Platin bestehen.
- α. Wendet man aber Kupferplatten an, so löst sich die positive allmähig auf und an der negativen scheidet sich eine der in Lösung gegangenen gleiche Menge von Kupfer als fest zusammenhängende Masse aus. Man benutzt dieses Verhalten zur Verkupferung, Anfertigung von Metallformen, Abgüssen u. s. w. Die Formen stellt man aus Gyps, Wachs oder Gutta-percha her, macht sie durch einen Graphitüberzug leitend und verbindet sie mit dem negativen Pole der Batterie, bis sich eine Kupferschicht von genügender Dicke gebildet hat. Besonders wichtig ist die Galvanoplastik fürs Copiren von Holzschnitten u. s. w.

- β. Um Statuen auf diese Weise herzustellen, wird das aus Gyps hergestellte Original mit gekochtem Leinöl getränkt und mit Graphitstaub überzogen, worauf man eine etwa 1,5 mm dicke Kupferschicht darauf niederschlägt und an geeigneten Stellen durchsägt, um den Gyps zu entfernen. Man überzieht nun die Aussenseite mit Firniss und behandelt die Innenseite mit einer Lösung von Kaliumsulfid, um eine Schichte von Kupfersulfid zu erzeugen, welche verhindert, dass der weitere Niederschlag an der Form anhaftet. Die einzelnen Theile kommen jetzt wieder ins Kupferbad und innerhalb eines jeden hängt man eine positive Kupferplatte auf. Hat der Niederschlag die gewünschte Dicke erreicht, so nimmt man die Stücke heraus und setzt sie zusammen.

## Quecksilber.

Atomgewicht 199,8 = Hg (*Hydrargyrum*). — Volumgewicht 99,9.

- Das Quecksilber findet sich gediegen, häufiger jedoch mit Schwefel verbunden als Zinnober in Almaden in Spanien, Idria in Illyrien, in der Rheinpfalz, in Californien, Mexiko, Peru, China und Japan. Man erhält das Metall daraus entweder

durch Rösten, wobei der Schwefel verbrennt oder durch Erhitzen mit Kalk oder Eisenhammerschlag und fängt das sich verflüchtigende Metall in Thonröhren oder Kammern auf.

Quecksilber ist das einzige Metall, welches bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist; es ist silberweiss und hat bei 0° das spezifische Gewicht 13,596. Bei -40° erstarrt es und krystallisirt in regulären Octoëdern; das feste Quecksilber ist dehnbar und lässt sich aushämmern; sein spezifisches Gewicht ist 14,4. Das Quecksilber siedet bei 350°, verflüchtigt sich aber langsam schon bei der gewöhnlichen Temperatur; sein Dampf ist farblos und 6,976mal schwerer als Luft, und 99,9mal schwerer als Wasserstoff; sein Molecül besteht demnach, wie das des Cadmiums, aus einem Atom.

Reines Quecksilber bleibt in trockener und feuchter Luft 2. unverändert; aber über 300° erhitzt nimmt es Sauerstoff auf und verwandelt sich langsam in rothes Oxid. Mit Chlor, Brom, Jod und Schwefel verbindet es sich direct. Von Salzsäure wird es nicht angegriffen; mit concentrirter Schwefelsäure erhitzt, entstehen Schwefeldioxid und Quecksilbersulfat; von Salpetersäure wird es leicht gelöst.

Die ausgedehnteste Anwendung findet das Quecksilber zur 3. Ausziehung von Silber und Gold aus ihren Erzen; ausserdem wird es zu chemischen und physikalischen Zwecken, beim Vergolden, und mit Zinn amalgamirt zur Belegung der Glasspiegel gebraucht. Quecksilber und seine Verbindungen sind giftig und finden als wichtige Medicamente Verwendung. Das Quecksilber ist zweiwerthig und bildet analog dem Kupfer zwei Reihen von Verbindungen.

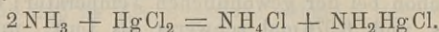
#### A. Mercuriverbindungen.

Quecksilberoxid,  $HgO$ , erhält man durch vorsichtiges 7 Erhitzen von Quecksilbernitrat oder längeres Erhitzen des Metalles auf 300° bei Luftzutritt als ein krystallinisches rothes Pulver. Kalilauge fällt aus der Lösung eines Mercurisalzes das Hydroxid  $Hg(OH)_2$  als ein gelbes amorphes Pulver.

Mercurinitrat,  $Hg(NO_3)_2$ , bildet sich, wenn Quecksilber 2. mit überschüssiger Salpetersäure erwärmt wird, oder wenn man das rothe Oxid in Salpetersäure löst.

Mercurichlorid oder Aetzsublimat,  $HgCl_2$ , stellt 3. man im Grossen dar durch Erhitzen eines innigen Gemisches

von Kochsalz und Quecksilbersulfat,  $\text{HgSO}_4$ ; das Chlorid sublimirt als eine krystallinische Masse. Dieselbe Verbindung entsteht, wenn man Quecksilber in Chlorgas erhitzt. Es ist in Wasser löslich und krystallisirt aus der heiss gesättigten Lösung in langen rhombischen Krystallen; es schmilzt bei  $265^\circ$  und siedet bei  $295^\circ$ ; sein Dampf hat das Volumgewicht 135,3. Das Sublimat ist eines der heftigsten Metallgifte. Ammoniak fällt aus seiner Lösung einen weissen Körper, den sogenannten  $\beta$ .weissen Präcipitat oder Mercurammoniumchlorid,  $\text{NH}_2\text{HgCl}$ :



4. Mercurisulfid,  $\text{HgS}$ , kommt natürlich als Zinnober vor und wird im Grossen dargestellt durch Sublimation eines innigen Gemisches von Schwefel und Quecksilber. Auch auf  $\alpha$ .nassem Wege erhält man diese Verbindung, wenn man Schwefel und Quecksilber mit Kalilauge längere Zeit zusammenreibt.  $\beta$ .Schwefelwasserstoff fällt aus der Lösung eines Mercurisalzes schwarzes, amorphes Sulfid, welches durch Sublimation roth und krystallinisch wird.

### Mercurverbindungen.

Die wichtigste derselben ist das Mercurchlorid oder  $\beta$ .Calomel,  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ; man erhält dasselbe, indem man 4 Theile Sublimat mit 3 Theilen Quecksilber innig zusammenreibt und das Gemisch in Glasgefässen sublimirt, als strahlig krystallinische Masse, welche fein zerrieben und mit Wasser wohl ausgewaschen wird, um Spuren von anhängendem Sublimat zu entfernen.

$\alpha$ . Der Calomeldampf hat das Volumgewicht 117,6 und besteht daher wahrscheinlich aus einem Gemische gleicher Raumentheile von Quecksilberdampf und Quecksilberchloriddampf, die sich beim Erkalten wieder vereinigen; diese Annahme findet  $\beta$ .eine Stütze in der Beobachtung, dass nichtflüchtige Mercurverbindungen beim Erhitzen leicht in Quecksilber und eine Mercuriverbindung zerfallen und dass, wenn reiner Calomel sublimirt wird, das Sublimat stets etwas freies Quecksilber und Aetzsublimat enthält.

1. Mercuronitrat,  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ , entsteht, wenn man überschüssiges Quecksilber in der Kälte mit verdünnter Salpetersäure

behandelt; aus seiner Auflösung fällt Salzsäure oder ein lösliches Chlorid Calomel als unlösliches weisses Pulver.

Mercuroxid oder Quecksilberoxidul,  $Hg_2O$ , ist ein schwarzes Pulver, das sich durch Einwirkung von Kalilauge auf Calomel oder Mercuronitrat bildet; dem Licht ausgesetzt oder auf  $100^0$  erhitzt, zerfällt es in Quecksilber und das rothe Oxid.

Die Quecksilberverbindungen erkennt man an den folgenden Reactionen. Mit Natriumcarbonat in einer Glasröhre erhitzt geben dieselben Quecksilber, welches in metallischen Kügelchen sublimirt; Schwefelwasserstoff fällt aus ihren Lösungen schwarzes Sulfid, welches von Salpetersäure nicht zersetzt wird; bringt man blankes Kupferblech in eine Quecksilberlösung, so schlägt sich darauf feinvertheiltes Quecksilber nieder als grauer Ueberzug, welcher beim Reiben metallglänzend wird.

Die löslichen Mercurverbindungen werden von Kalilauge schwarz und von Salzsäure weiss gefällt; in Mercurilösungen erzeugt Kalilauge einen gelben Niederschlag und Kaliumjodid fällt aus denselben Quecksilberjodid,  $HgJ_2$ , als schön scharlachrothes Pulver.

## Silber.

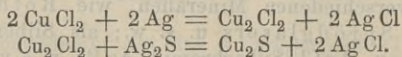
Atomgewicht 107,66 = Ag (*Argentum*).

Das Silber ist schon seit den ältesten Zeiten bekannt; es kommt gediegen vor, sowie verbunden mit Schwefel als Silberglanz,  $Ag_2S$ , und mit Schwefel, Arsen und Antimon-sulfid in verschiedenen Mineralien, wie Rothgültigerz, Fahlerz, Sprödglasserz u. s. w.; als Silberchlorid oder Hornsilber, AgCl, Silberbromid, AgBr, u. s. w. Ausserdem enthält fast aller Bleiglanz kleine Mengen von Silber, welches in das daraus dargestellte Blei übergeht und aus diesem mit Vortheil ausgezogen werden kann, selbst wenn dasselbe nur  $\frac{1}{100}$  Proc. enthält. Das Verfahren, welches man dabei anwendet, gründet sich darauf, dass eine Legirung von Blei und Silber leichter schmilzt, als reines Blei; lässt man daher das geschmolzene Metall erkalten, so scheidet sich zuerst reines Blei krystallinisch aus, welches man ausschöpft; die rückständige Legirung wird wiederholt auf dieselbe Weise behandelt, bis sie 1 Proc. Silber enthält, und das silberreiche Blei der Treib-



arbeit unterworfen, welche darin besteht, dass man in einem Flammofen auf einem vertieften Herde (der Capelle), der aus einer porösen Masse (Knochen- oder Holzasche) verfertigt ist, schmilzt und mittelst eines Gebläses Luft darauf leitet. Das Blei wird oxydirt, das Oxid (Bleiglätte) schmilzt und wird zum Theil von der Capelle eingesaugt, zum Theil läuft es ab; gegen das Ende der Operation, wenn nur noch eine geringe Menge von Blei vorhanden ist, ist das geschmolzene Metall mit einer dünnen Schicht von Bleioxid überzogen; zuletzt zerreisst dieser in den Farben des Regenbogens schillernde Schleier, und es erscheint dann die glänzende Oberfläche des Silbers; man nennt diese Erscheinung den Silberblick; derselbe zeigt an, dass die Operation zu Ende ist.

β. In Mexiko, Peru und Chili wendet man den Amalgamationsprocess an, bei dem alle Röstoperationen vermieden werden, welche die Holzarmuth dieser Länder nicht gestattet. Die feingemahlten Erze werden mit Wasser zu einem Brei angerührt, zu dem man Kochsalz setzt, das man mit der Erzmasse dadurch innig mischt, dass man dieselbe durch Maulthiere, welche man darin herumtreibt, zertreten lässt; dann setzt man gerösteten Kupferkies, den sogenannten Magistral, zu, dessen Wirkung auf einem Gehalt an Kupfervitriol beruht, lässt wieder durch Treten innig mischen und fügt nach und nach Quecksilber hinzu. Der Kupfervitriol setzt sich mit dem Kochsalz zu Kupferchlorid und Natriumsulfat um; das Kupferchlorid wirkt auf das vorhandene metallische Silber ein unter Bildung von Silberchlorid und Kupferchlorür, und das letztere zerlegt sich mit dem Silbersulfid und verwandelt dasselbe ebenfalls in Silberchlorid:



Das Quecksilber verbindet sich sodann mit dem Chlor; das Silber wird frei und löst sich in dem überschüssigen Quecksilber auf. Man schlämmt die Masse dann mit Wasser, sammelt das Silberamalgam auf und zerlegt es durch Destillation. Bei diesem Prozesse entstanden früher häufig grosse Verluste dadurch, dass das Quecksilber sich zum Theil mit Sauerstoff oder dem Schwefel der Erze verband, wodurch es eine pulverige oder „mehlige“ Beschaffenheit annahm und dann nicht mehr weiter einwirkte; man vermeidet dies jetzt durch Zusatz von 1 bis 2 Proc. Natrium, welches sich viel leichter mit Sauerstoff oder

Schwefel verbindet als Quecksilber und dadurch verhindert, dass das letztere mehlig wird.

Die amerikanische Amalgamation wurde früher in modificirter Form auch in Deutschland angewandt, und in Colorado wendet man für arme Erze das obige, für reiche aber das verbesserte deutsche an, welches darin besteht, dass man die Erze mit Kochsalz röstet, wodurch Silberchlorid entsteht; die geröstete Masse wird dann zusammen mit Wasser und Eisenabfällen in Fässer gebracht, die man um eine Axe rotiren lässt. Das Eisen wirkt auf das Silberchlorid zersetzend ein, es entstehen Eisenchlorid und metallisches Silber, das man durch Quecksilber auszieht.

Die in Europa, namentlich im Harz und Erzgebirge, vorkommenden Silbererze sind kupferhaltig; man erhält aus denselben jetzt das Silber, indem man durch Rösten und Schmelzen ähnlich wie bei der Gewinnung des Kupfers einen Kupferstein darstellt, welcher aus Silbersulfid, Kupfersulfid und Eisensulfid besteht, denselben durch starkes Erhitzen bei Luftzutritt im Flammofen oxydirt und die geröstete Masse, welche, neben Eisenoxid und Kupferoxid, Silbersulfat enthält, mit Wasser behandelt und aus der wässerigen Lösung das Silber durch Kupfer ausfällt.

Silber ist ein rein weisses, stark glänzendes Metall, welches weder von feuchter noch trockener Luft oxydirt wird; im geschmolzenen Zustande hat es die eigenthümliche Eigenschaft, Sauerstoff zu absorbiren, und nimmt in reinem Sauerstoff sein 22faches Volum auf. Beim Erstarren giebt es das Gas wieder ab, wobei das noch flüssige Metall umhergeschleudert wird; eine Erscheinung, die man das Spratzen des Silbers nennt.

Das Silber ist bei sehr hoher Temperatur flüchtig und kann mittelst des Knallgasblases destillirt werden, wobei es einen hellblauen Dampf giebt; es ist der beste Leiter für Wärme und Elektrizität und so dehnbar, dass 1 g zu einem Draht von 2600 Meter Länge ausgezogen werden kann. Mit Schwefel geht es sehr leicht Verbindung ein; silberne Gegenstände laufen deshalb in schwefelwasserstoffhaltiger Luft an. Von Chlor wird es in der Kälte angegriffen; concentrirte Schwefelsäure wirkt darauf beim Erhitzen wie auf Kupfer ein; von warmer verdünnter Salpetersäure wird es rasch gelöst unter Entweichen von Stickoxid und Bildung von Silbernitrat.

Silberlegirungen. Reines Silber ist zu weich, um zu Münzen und Schmucksachen verarbeitet zu werden; ein kleiner

Zusatz von Kupfer erhöht die Härte, ohne die schön weisse Farbe zu beeinflussen. Die deutschen Münzen enthalten 10 Proc. Kupfer; ebenso die grösseren österreichischen und französischen Silbermünzen, die englischen dagegen nur 7,5 Proc.

Silber geht mit Sauerstoff drei Verbindungen ein.

7.

$\alpha$  Das Silbertetrantoxid oder Silberoxidul,  $Ag_4O$ , ist ein schwarzes Pulver, welches sehr unbeständig ist und leicht in Silber und Silberoxid zerfällt; das Silberhydroxid,  $AgOH$ , ist eine starke Base; man erhält es als braunen Niederschlag, wenn man zu einer Lösung von Silbernitrat Kalilauge fügt; es ist etwas in Wasser mit alkalischer Reaction löslich und zerfällt beim Erhitzen in Wasser und Silberoxid,  $AgO$ . Von Ozon wird das Silber leicht oxydirt, wobei schwarzes, krystallinisches Silberdioxid,  $Ag_2O_2$ , entsteht. Dasselbe entwickelt mit Salzsäure Chlor und löst sich in wässerigem Ammoniak unter heftiger Entwickelung von Stickstoff und Bildung von Silberoxid.

2.

Silbernitrat,  $AgNO_3$ , erhält man durch Auflösen von Silber in mässig concentrirter Salpetersäure und Abdampfen der Lösung in durchsichtigen, tafelförmigen Krystallen des  $\alpha$  rhombischen Systems; es löst sich in seinem gleichen Gewichte kalten und dem halben Gewichte kochenden Wassers und in 4 Theilen kochendem Weingeist. Beim Erhitzen schmilzt das Salz; in Stängelchen gegossen ist es unter dem Namen Höllenstein bekannt.

Im Sonnenlichte, und namentlich wenn es mit organischen Körpern in Berührung ist, schwärzt es sich, indem sich etwas zersetzt; es färbt daher die Haut schwarz; man benutzt es wegen dieser Eigenschaft, um Leinwand zu zeichnen.

3.

Silberchlorid,  $AgCl$ , findet sich als Mineral unter dem Namen Hornsilber; man erhält es als weissen, käsigen Niederschlag, wenn man eine Silberlösung mit Salzsäure oder  $\alpha$  Kochsalz versetzt. In Berührung mit Zink und verdünnter Schwefelsäure wird es leicht zu Silber reducirt; dem Tageslichte  $\beta$  ausgesetzt nimmt es eine violette Farbe an, die bei weiterer Einwirkung des Lichtes immer dunkler wird; es erleidet dabei Zersetzung, indem etwas Chlor entweicht; diese Veränderung geht schneller vor sich, wenn organische Körper gegenwärtig sind, und hierauf beruht die Anwendung desselben in der Photographie.

Das Silberchlorid schmilzt bei  $260^0$  und erstarrt beim Erkalten zu einer zähen, hornartigen Masse; bei höherer Tempe-

ratur ist es flüchtig. In Wasser ist es unlöslich; es löst sich aber in concentrirter Salzsäure und in Kochsalzlösung bemerklich auf. Sehr leicht wird es von Ammoniak aufgelöst, so wie von einer Lösung von Natriumthiosulfat; man benutzt daher in der Photographie die letztere Flüssigkeit zum Fixiren der Bilder, indem sie das vom Licht nicht veränderte Chlor-silber auflöst und dadurch das Bild bleibend macht.

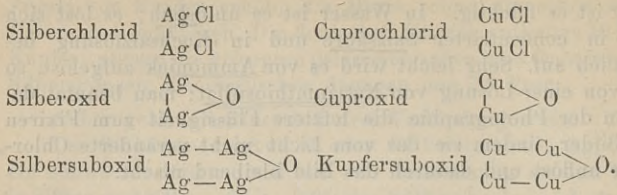
Silberbromid,  $\text{Ag Br}$ , kommt ebenfalls als Mineral in Amerika vor; als einen gelblichen, dem Silberchlorid in allen Eigenschaften ähnlichen Niederschlag erhält man es, wenn man ein lösliches Bromid zu einer Silberlösung fügt; in Ammoniak löst es sich schwieriger als Silberchlorid. (f.a.)

Silberjodid,  $\text{Ag J}$ . Von concentrirter Jodwasserstoffsäure wird Silber leicht unter Wasserstoffentwicklung aufgelöst und beim Erkalten der Lösung scheidet sich Silberjodid in gelblichen, regelmässigen Octoëdern aus; fällt man eine Silberlösung mit einem löslichen Jodid, so erhält man es als gelbliches Pulver, welches in Ammoniak fast unlöslich ist, aber leicht von einer Lösung von Natriumthiosulfat aufgenommen wird; es kommt in Amerika als Mineral vor. 4.

Silbersulfid,  $\text{Ag}_2\text{S}$ , bildet in Würfeln krystallisirt den Silberglanz; als schwarzes Pulver erhält man es durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in die Lösung eines Silber-salzes. 5.

Bertholett's Knallsilber, eine Verbindung, die Stickstoff und Silber enthält, deren Zusammensetzung aber nicht genau bekannt ist, erhält man als schwarzes Pulver, wenn man gefälltes Silberoxid mit concentrirter Ammoniakflüssigkeit behandelt. Dieser Körper explodirt mit der furchtbarsten Heftigkeit, selbst im feuchten Zustande, wenn man ihn mit einem harten Körper reibt, und in trockenem Zustande genügt oft die Berührung mit einer Feder. 6.

Das Silber wird gewöhnlich als einwerthiges Element betrachtet. Da aber viele seiner Verbindungen grosse Aehnlichkeit mit entsprechenden Cuproverbindungen haben und mit denselben isomorph sind, so ist es sehr wahrscheinlich, dass Silber ein zweiwerthiges Metall ist. Hierfür spricht auch die Existenz des Silbersuboxides, um so mehr, da man auch das entsprechende Kupfersuboxid kennt. Die Constitution dieser Verbindungen wäre demnach: 7/



Die Gegenwart von Silber in einer Lösung kann sehr leicht nachgewiesen werden; Salzsäure fällt daraus einen käsigen Niederschlag von Silberchlorid, welches in Salpetersäure unlöslich ist, sich aber leicht in Ammoniak löst. Bringt man in eine Silberlösung Zink, Eisen, Kupfer oder Quecksilber, so schlägt sich Silber nieder. Vor dem Löthrohr auf Kohle geben die Silberverbindungen weisse, geschmeidige Körner von reinem Silber.

### III. Metalle der Cergruppe.

Scandium	Samarium
Yttrium	Terbium
Lanthan	Erbium
Cer	Ytterbium
Didym	

Diese Elemente finden sich in verschiedenen Mineralien, welche vorzüglich in Skandinavien, Sibirien, den Vereinigten Staaten und Grönland vorkommen, wie Gadolinit, Cerit und Orthit, welche Silicate sind, während Euxenit und Samarakit hauptsächlich aus Salzen der Niobsäure bestehen, und Ytterspath ein Phosphat ist.

Cer, Lanthan und Didym sind im freien Zustande dargestellt worden; sie sind eisengrau und geschmeidig; Cer ist leicht entzündlich und verbrennt mit einem Licht, welches noch glänzender als das des Magnesiums ist. Alle diese Metalle bilden basische Sesquioxide und ihre Sulfate verbinden sich mit Kaliumsulfat zu Doppelsalzen, wie  $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , von welchen die der in der ersten Reihe aufgeführten Metalle in Wasser fast unlöslich und die der anderen löslich sind. Die Salze des Didyms und Erbiums sind rosenroth bis violett gefärbt. Cer bildet auch ein schwach basisches Dioxid,  $\text{CeO}_2$ , dessen Salze wie  $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$  eine gelbe oder röthliche Farbe haben.

### IV. Metalle der Aluminiumgruppe.

Aluminium. Indium. Gallium.

Aluminium.

Atomgewicht 27,0 = Al.

Aluminium ist ein Hauptbestandtheil der krystallinischen Silicate, sowie der Schiefergebirge, des Thons, Mergels u. s. w. Man erhält das Metall durch Erhitzen von Aluminiumchlorid z

mit Natrium; dasselbe ist glänzend silberweiss und geschmeidig. Man stellt es im Grossen dar und verwendet es wegen seiner Leichtigkeit (specifisches Gewicht 2,67) und seines hübschen Glanzes zu Schmucksachen, optischen Instrumenten u. s. w.

2. Aluminiumbronze ist eine Legirung von 10 Theilen Aluminium und 90 Theilen Kupfer. Sie ist schön goldglänzend, sehr zähe und fest, weshalb sie zur Anfertigung von Maschinenteilen, Balken für chemische Wagen und ähnliche Zwecke benutzt wird.

3. Aluminiumoxid oder Alaunerde,  $Al_2O_3$ , ist das einzige bekannte Oxid dieses Metalls und findet sich krystallisirt als Korund, ein sehr hartes Mineral, welches das specifische Gewicht 3,9 hat und dessen gefärbte Varietäten den  $\alpha$  Saphir und Rubin bilden, der unreine Korund ist unter dem Namen Smirgel bekannt. Setzt man Ammoniak zu der Lösung eines Aluminiumsalzes, so erhält man einen weissen gallertartigen Niederschlag von Aluminiumhydroxid,  $\beta Al_2(OH)_6$ , welches beim starken Erhitzen sich unter Verlust von Wasser in ein weisses amorphes Pulver von Alaunerde verwandelt. Die reine Alaunerde schmilzt nur im Knallgasgebläse und wird im geschmolzenen Zustande von Säuren gar nicht, als amorphes Pulver nur langsam angegriffen; das Hydroxid dagegen löst sich leicht, sowohl in verdünnten Säuren, als auch in Kali- und Natronlauge. Alaunerde ist eine schwache Basis; die Lösungen der Salze reagiren sauer und schmecken süsslich zusammenziehend. Einige derselben werden in der Färberei und Kattundruckerei vielfach als Beizmittel angewandt, indem die Alaunerde die Eigenschaft hat, mit vielen organischen Farbstoffen unlösliche Verbindungen (Lackfarben) zu bilden, welche in den Poren des Zeuges fixirt, sich nicht durch Waschen entfernen lassen.

4. Aluminiumchlorid,  $Al_2Cl_6$ , erhält man durch Erhitzen eines innigen Gemisches von Kohle und Alaunerde in einem Strome von Chlorgas als eine weisse krystallinische Masse, welche sich destilliren lässt und deren Dampf das Volumgewicht 133,4 hat; es ist sehr löslich in Wasser und zerfliesst in feuchter Luft.

Aehnlich verhalten sich die Verbindungen mit Brom, Jod und Fluor. Aluminiumnatriumfluorid,  $Al_2Fl_6 + 6NaF$ , kommt als Mineral unter dem Namen Kryolith in mächtigen Massen in Grönland vor und kann statt des Chlorides zur Darstellung des Metalles benutzt werden.

Aluminiumsulfat,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , wird im Grossen dargestellt durch Erhitzen von Thon mit concentrirter Schwefelsäure; es wird statt des Alauns in der Färberei verwendet; das im Handel vorkommende Salz enthält häufig Kieselsäure und andere aus dem Thon herstammende Beimischungen. Mit Kaliumsulfat und Ammoniumsulfat bildet es Doppelsalze, welche unter dem Namen Alaun bekannt sind; dieselben sind die einzigen Salze des Aluminiums, welche gut krystallisiren und daher leicht rein erhalten werden können. Der Kaliumalaun,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 24\text{H}_2\text{O}$ , krystallisirt in grossen regulären Octoëdern und wurde früher hauptsächlich aus Alaunschiefer dargestellt, einem schieferigen Thon, welcher Steinkohle oder Braunkohle und Eisenkies,  $\text{FeS}_2$ , enthält; durch Rösten wird die letztere Verbindung oxydirt, und verwandelt sich der Luft ausgesetzt in Gegenwart von Wasser in Schwefelsäure, welche das Aluminiumsilicat zersetzt; durch Auslaugen erhält man eine concentrirte Lösung von Aluminiumsulfat, zu der man eine Lösung eines Kaliumsalzes fügt, worauf man den Alaun auskrystallisiren lässt. Alaun wird auch im Grossen fabricirt, indem man gerösteten, kohlenhaltigen Schieferthon mit verdünnter Schwefelsäure erwärmt, und in diese Flüssigkeit den Dampf des Ammoniakwassers der Gasfabriken einbläst. Der so erhaltene Ammoniumalaun wurde bis vor Kurzem in grossen Mengen in England dargestellt; seitdem aber durch Bearbeitung des Stassfurter Abraumsalzes der Preis der Kaliumsalze sehr gefallen ist, so stellt man jetzt aus dem Schieferthon gewöhnlich Kaliumalaun dar. Man kennt eine Reihe von Salzen, welche dieselbe Krystallform und entsprechende Zusammensetzung wie Alaun haben, die aber anstatt Aluminium die isomorphen Metalle Eisen, Chrom und Mangan enthalten; dieselben werden mit dem allgemeinen Namen Alaune bezeichnet. Hat man mehrere derselben in einer Lösung zusammen, so krystallisiren dieselben daraus zusammen in denselben Krystallen aus und lassen sich auf diese Weise nicht trennen. Die verschiedenen Arten von Thon sind wasserhaltige Aluminiumsilicate, welche durch Verwitterung von Feldspath und ähnlicher Felsarten entstanden sind; die Formel des Feldspaths ist  $\text{AlKSi}_3\text{O}_8 = \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2$ ; beim Verwittern bilden sich lösliche Kaliumsalze, welche vom Wasser ausgewaschen werden, und Thon bleibt zurück; der reinste Thon ist der Porcellanthon oder Kaolin, welcher frei von Eisen und anderen Beimengungen ist. Dem Feldspathe ähnliche Doppel-



silicate von Aluminium und den Alkali- und Erdalkalimetallen treten sehr häufig als schön krystallisirte Mineralien auf, wie  $\beta$  Granat, Idokras, Glimmer u. s. w. Einige natürlich vorkommende Silicate, wie Stilbit und Analcim, enthalten Krystallwasser und werden Zeolite genannt.

$\gamma$  Die löslichen Aluminiumsalze lassen sich daran erkennen, dass sie mit Ammoniak einen Niederschlag geben, welcher sich in einem Ueberschuss des Fällungsmittels nicht löst, aber in Natronlauge löslich ist. Erhitzt man eine Aluminiumverbindung,  $\beta$  mit der Lösung eines Kobaltsalzes befeuchtet, auf Kohle vor dem Löthrohr, so färbt sie sich schön blau.

### Glas, Porcellan und Thonwaaren.

Die Silicate der Alkalimetalle sind in Wasser löslich; die der Erdalkalimetalle sind unlöslich und krystallinisch, werden aber durch Säuren zersetzt; eine Verbindung der beiden Arten dagegen wird weder von Wasser noch von Säuren angegriffen, sie ist amorph und wird Glas genannt. Die verschiedenen  $\alpha$  Arten von Glas, welche technisch verwendet werden, unterscheiden sich durch ihre chemische Zusammensetzung und zeigen entsprechend derselben verschiedene Eigenschaften. Man unterscheidet:

1. Natronglas, welches aus Natrium- und Calciumsilicat besteht und zu Fensterglas, Flaschen, chemischen Apparaten u. s. w. benutzt wird.

2. Kaliglas oder böhmisches Glas, welches Kalium anstatt Natrium enthält; dasselbe ist schwerer schmelzbar als das Natronglas und wird zu Luxusgegenständen sowohl als zu chemischen Geräthschaften, welche Glühhitze ertragen müssen, wie Verbrennungsröhren, verarbeitet.

3. Bleiglas oder Flintglas enthält Kalium- und Bleisilicate; dasselbe hat ein hohes specifisches Gewicht, ist leicht schmelzbar und stark lichtbrechend und wird zu optischen Zwecken und zu Luxusgegenständen benutzt; in England werden aus demselben allgemein die im Haushalte nöthigen Glasgefäße dargestellt.

4. Gemeines grünes Glas ist ein unreines Gemisch der Silicate von Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Eisen u. s. w. und wird für solche Zwecke verwendet, bei denen weder auf Feinheit noch Farbe des Glases etwas

ankommt. Zu seiner Darstellung verwendet man gewöhnlichen Sand und Kalkstein, Kochsalz, Feldspath führende Gesteine, wie Basalt, Trachyt u. s. w. oder auch Schlacken.

Die Darstellung der feineren Glassorten verlangt eine sorgfältige Auswahl reiner Materialien sowohl als Sorgfalt in der Darstellung; gewöhnlich setzt man zu dem Gemische ein Viertel oder die Hälfte seines Gewichtes Glasscherben von derselben Sorte. Die fertigen Glaswaaren müssen sehr langsam in besonderen Oefen abgekühlt werden; rasch gekühltes Glas ist ausserordentlich spröde und zerbrechlich; dies rührt davon her, dass die einzelnen Theile beim raschen Erkalten sich unregelmässig zusammenziehen und in einer gewissen Spannung verharren. Die folgende Tabelle giebt die Zusammensetzung verschiedener Glassorten:

	Französisches Bouteillenglas	Böhmisches Spiegelglas	Deutsches weisses Hohlglas	Englisches Krystallglas
Kieselerde . . . .	59,6	76,0	78,4	51,4
Kali . . . . .	} 3,2	15,0	—	9,4
Natron . . . . .		—	13,9	—
Bleioxid . . . . .	—	—	—	37,4
Kalk . . . . .	18,0	8,0	7,1	—
Magnesia . . . . .	7,0	—	—	—
Alaunerde . . . . .	6,8	} 1,0	0,6	2,0
Eisenoxid . . . . .	4,4			
Manganoxid . . . . .	0,4	—	—	—
	99,4	100,0	100,0	100,2

Gefärbte Gläser bilden sich, wenn gewisse Metalloxide in kleiner Menge im geschmolzenen Glase aufgelöst werden. So verdankt das grüne Flaschenglas seine Farbe dem Eisenoxidul, die Oxide des Mangans färben das Glas violett. Um reines weisses Glas zu erzeugen, setzt man etwas Braunstein hinzu; es ist nämlich sehr schwierig, ganz eisenfreie Materialien zu erhalten, und das Glas würde grünlich gefärbt sein, wenn nicht diese Farbe durch das complementäre Violett, welches der Braunstein erzeugt, aufgehoben würde. Zu demselben Zwecke setzt man Arsenoxid zu, welches das Eisenoxidul hoher oxidirt und dadurch die grüne Färbung verhindert. Unechte Edelsteine stellt man aus leichtflüssigem, stark glänzendem und lichtbrechendem Bleiglase dar; Kobaltoxid färbt dasselbe blau wie Saphir, Eisenoxid gelb wie Topas, Kupferoxidul rubinroth, Chromoxid smaragdgrün u. s. w.

5. Porcellan- und Thonwaaren bestehen aus gebranntem Thon, einem mehr oder weniger reinen Aluminiumsilicat; dieselben werden mit einer Glaser, d. i. einem bei hoher Temperatur schmelzbaren Glase überzogen, um das sonst poröse Material wasserdicht zu machen und ihm zugleich mehr Stärke zu verleihen. Zu den feineren Porcellansorten verwendet man den reinsten weissen Kaolin, mit dem man gepulverten Feldspath und häufig auch etwas Kreide und feinen Quarzsand mischt, welche beim Brennen schmelzen und die Masse durchscheinend machen; die gebrannten Gefässe werden mit einer Glaser von Feldspath überzogen, indem man dieselben in Wasser, in welchem feingepulverter Feldspath aufgerührt ist, taucht; die poröse Masse saugt Wasser auf und bedeckt sich mit einer Schichte des Pulvers, welches nach dem Trocknen durch ein zweites Brennen verglast wird. Porcellangefässe werden bei chemischen Arbeiten vielfach gebraucht, da deren Glaser von Säuren nicht angegriffen wird. Steinzeug und gewöhnliche Töpferwaaren

6. werden mit einer sogenannten Salzglasur überzogen, die man dadurch erhält, dass man in den Töpferofen Kochsalz wirft, welches verdampft und in Berührung mit dem Thon und Wasserdampf Chlorwasserstoff und schmelzbares Natrium-Aluminium-Silicat bildet, welches die Waare mit einer dünnen Schicht überzieht; statt dieser Glaser wendet man häufig auch ein leicht schmelzbares Bleiglas an.

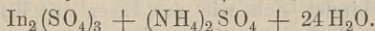
7. Die unter dem Namen Ultramarin bekannte blaue Farbe erhält man durch Erhitzen eines Gemisches von Porcellanthon, calcinirter Soda, Schwefel und Holzkohle; dieselbe enthält ein Natrium-Aluminium-Silicat, verbunden mit einem Sulfid des Natriums; verdünnte Säuren zersetzen dieselbe unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff und Abscheidung von Schwefel und Kieselsäure. Dieselbe Verbindung findet sich als seltenes Mineral, welches den Namen Lasurstein führt.

## I n d i u m.

Atomgewicht 113,4 = In.

Dieses seltene Metall wurde 1863 von Reich und Richter in der Zinkblende von Freiberg aufgefunden und ist seitdem auch in anderen Zinkerzen nachgewiesen worden. Es ist ein weiches, zähes, silberweisses Metall, welches bei 176° schmilzt und bei einer hohen Temperatur sich verflüchtigt und mit

schön blauer Flamme zu Indiums sesquioxid,  $\text{In}_2\text{O}_3$ , verbrennt. Das Sulfat bildet mit Ammoniumsulfat einen in regulären Octoëdern krystallisirenden Alaun:



Das Spectrum des Indiums ist ausgezeichnet durch eine sehr helle und eine schwächere blaue Linie.

### Gallium, Ga.

Atomgewicht = 69,8.

Dieses Element entdeckte Lecoq de Boisbaudran im Sommer 1875 in einer Zinkblende von den Pyrenäen und fand es dann auch in anderen Zinkerzen, aber bis jetzt nur immer in äusserst geringer Menge. Es ist ein bläulichweisses Metall, welches schon bei  $30,1^{\circ}$  schmilzt, sich bei Rothgluth nicht verflüchtigt und nur oberflächlich oxydirt. Wie Aluminium bildet es mit Ammoniumsulfat einen Alaun. Sein Chlorid giebt in der Flamme erhitzt ein Spectrum, das eine schwache violette Linie zeigt; verflüchtigt man es oder ein anderes Salz durch den elektrischen Funken, so erhält man ein aus zwei glänzenden violetten Linien bestehendes Spectrum.

## VIII. Metalle der Eisengruppe.

Mangan	Kobalt
Eisen	Nickel.

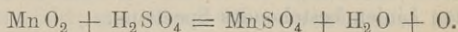
### Mangan.

Atomgewicht 55,0 = Mn.

Das Mangan kommt fast nur mit Sauerstoff verbunden vor. Erhitzt man ein Oxid desselben mit Kohle auf eine sehr hohe Temperatur, so erhält man das Metall, welches im reinen Zustande röthlichweiss, spröde und so hart ist, dass es Glas ritzt. Es oxydirt sich an der Luft rasch und zerfällt zu Pulver;

Wasser wird von demselben schon bei gewöhnlicher Temperatur zersetzt, weshalb man es wie die Alkalimetalle unter Steinöl aufbewahren muss. Das Mangan ist schwach magnetisch und verbindet sich wie das Eisen mit Kohlenstoff und Silicium; für sich findet es keine Verwendung; aber eine Legirung von Mangan und Eisen wird im Grossen gewonnen und bei der Darstellung von Stahl benutzt. Mit Sauerstoff geht Mangan verschiedene Verbindungen ein.

2/ Manganmonoxid oder Manganoxidul,  $MnO$ , ist ein grünliches Pulver, welches man durch Glühen des Carbonats unter Ausschluss von Luft oder durch Erhitzen der höheren Oxide im Wasserstoffstrome erhält, und welches an der Luft namentlich beim Erhitzen rasch Sauerstoff aufnimmt und sich in ein höheres Oxid verwandelt. Es ist eine starke Base und bildet mit den Säuren eine Reihe von Salzen, welche eine blasse Farbe haben; Alkalien fällen aus deren Lösungen weisses Manganhydroxid,  $Mn(OH)_2$ , welches sich an der Luft rasch braun färbt, indem es Sauerstoff aufnimmt. Mangansulfat bildet schön rosenrothe Krystalle,  $MnSO_4 + 5H_2O$ ; man stellt dasselbe gewöhnlich durch Erhitzen von Braunstein oder Mangandioxid mit Schwefelsäure dar, wobei Sauerstoff entweicht:



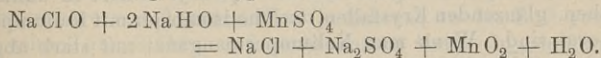
3. Das Manganchlorid,  $MnCl_2$ , erhält man durch Eindampfen des Rückstandes bei der Darstellung von Chlor aus Braunstein und Salzsäure als eine zerfliessliche Krystallmasse. Mangancarbonat,  $MnCO_3$ , findet sich als Mineral und führt den Namen Braunspath, welcher isomorph mit Kalkspath ist. Fällt man die Lösung eines Mangansalzes mit einem Carbonat der Alkalimetalle, so erhält man einen weissen Niederschlag von basischem Mangancarbonat; Schwefelammonium fällt aus Mangansalzlösungen fleischfarbenes Mangansulfid,  $rMnS$ .

4/ Manganesquioxid,  $Mn_2O_3$ , ist ein schwarzes Pulver, welches man durch Glühen irgend eines Manganoxides in Sauerstoff erhält; dasselbe kommt unter dem Namen Braunit als Mineral vor. Es ist eine schwache Base und bildet eine Reihe unbeständiger Salze, von welchen der Manganalaun,  $Mn_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 24H_2O$ , das bekannteste ist.

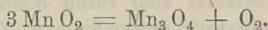
Wird ein Manganoxid statt in Sauerstoff an der Luft erhitzt, so bildet sich das Oxid,  $Mn_3O_4 = MnO, Mn_2O_3$ ; das-

selbe bildet ein braunrothes Pulver, welches krystallisirt das Mineral Hausmannit bildet.  $\beta$

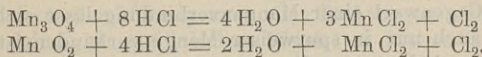
Mangandioxid,  $\text{MnO}_2$ , ist die wichtigste der natürlich vorkommenden Manganverbindungen und wird von den Mineralogen Pyrolusit oder ächter Braunstein genannt; man erhält diese Verbindung als schwarzen wasserhaltigen Niederschlag, wenn man zu der Lösung eines Mangansalzes eine alkalische Lösung von Hypochlorit setzt:  $\delta$



Beim Glühen zersetzt es sich unter Sauerstoffentwicklung und Bildung des braunen Oxides:  $\beta$



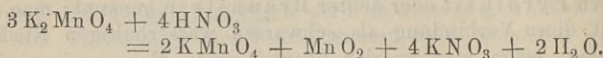
Der im Handel vorkommende Braunstein, welcher zur Bereitung von Chlor und in der Glasfabrikation verwendet wird, ist ein Gemenge der natürlich vorkommenden Manganoxide, welche alle, mit Salzsäure erhitzt, Chlor frei machen; je mehr Pyrolusit ein Braunstein enthält, desto besser ist er, indem er aus derselben Menge von Salzsäure eine grössere Chlormenge entwickelt, wie nachstehende Gleichungen zeigen:



Braunstein wird in sehr bedeutender Menge in der Chlor-kalkfabrikation gebraucht, wobei als Nebenproduct Mangan-chlorid erhalten wird; die Lösung dieses Salzes wurde früher weglaufen lassen, aber in neuerer Zeit gewinnt man wieder Mangandioxid daraus, indem man erst mit gepulvertem Kalk-stein neutralisirt und dann in die geklärte Lösung unter Zusatz von Kalkmilch einen Strom von Dampf und Luft einbläst. Es bildet sich erst Manganhydroxid, welches sich dann mit dem Sauerstoff zu Dioxid verbindet.

Mangansäure und Uebermangansäure. Glüht man ein Manganoxid mit Aetzkali bei Luftzutritt oder mit Salpeter, so erhält man eine blaugrüne Masse, welche mit wenig Wasser eine dunkelgrüne Lösung bildet, aus der sich beim Verdampfen Krystalle von Kaliummanganat,  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ , ausscheiden, welche mit Kaliumsulfat und Kaliumchromat isomorph sind. Die freie Mangansäure ist nicht bekannt; setzt man zu der Lösung von Kaliummanganat eine Säure, so wird die Flüssigkeit pur-  $\beta$

purroth und Mangandioxid scheidet sich ab; dasselbe findet statt, wenn man die grüne Lösung stark mit Wasser verdünnt; das Kaliummanganat wurde deshalb früher mineralisches *γ* Chamäleon genannt. Die rothe Lösung enthält Permangan-säure oder ein Permanganat:



7)  $\infty$  Kaliumpermanganat,  $\text{KMnO}_4$ , krystallisirt in dunkelrothen, glänzenden Krystallen, welche isomorph mit Kaliumperchlorat sind. Wenn man Kaliumpermanganat mit stark abgekühlter Schwefelsäure mischt, erhält man eine dunkelgrüne schwere Flüssigkeit, welche aus Manganheptoxid,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ , besteht. Dieselbe zersetzt sich rasch beim Erwärmen unter Freiwerden von Sauerstoff; dieser Sauerstoff ist reich an Ozon, und man kann ozonhaltige Luft sich schnell verschaffen, wenn man Schwefelsäure und Kaliumpermanganat in einer Flasche mischt.

5) Die Manganate und Permanganate geben einen Theil ihres Sauerstoffs rasch an leicht oxydirbare Körper ab und werden zur Zerstörung organischer Zersetzungsstoffe und als Oxydationsmittel im Laboratorium viel verwendet.

8) Die Gegenwart einer Manganverbindung lässt sich, wenn dieselbe auch nur in spurweiser Menge vorhanden ist, leicht nachweisen, indem man die zu untersuchende Verbindung mit Aetzkali und Salpeter schmilzt; bei der kleinsten Menge von Mangan nimmt die geschmolzene Masse eine grüne Farbe an.

## E i s e n .

Atomgewicht 55,9 = Fe (*Ferrum*).

Von allen Metallen ist das Eisen das wichtigste; es findet sich auf der Erdoberfläche nur selten im gediegenen Zustande und tritt hier hauptsächlich in den Meteorsteinen auf, welche von Zeit zu Zeit aus dem Weltraum auf unsere Erde niederfallen. Die Ausbringung des Eisens aus seinen Erzen ist mit gewissen Schwierigkeiten verbunden und erfordert Kenntnisse und Fertigkeiten, welche die früheren Menschenrassen nicht besaßen; dem Zeitalter der eisernen Werkzeuge gingen die der Stein- und Bronzegeräthschaften voraus. Das Eisen wird in

drei verschiedenen Formen technisch verwendet; dieselben unterscheiden sich durch ihre Eigenschaften sowohl als durch ihre chemische Zusammensetzung. Das Schmied- oder Stabeisen ist beinahe reines Eisen und enthält nur eine geringe Menge von Kohlenstoff; das Gusseisen ist eine Verbindung von Eisen mit wechselnden Mengen von Kohlenstoff und Silicium; der Stahl enthält weniger Kohlenstoff, als das Gusseisen. Reines Eisen in Pulverform erhält man, wenn man das Oxid in einem Strome von Wasserstoff erhitzt; dasselbe lässt sich in einer Atmosphäre von Wasserstoff aufbewahren; an der Luft geräth es schnell ins Glühen und verbrennt zu Oxid. In zusammenhängenden Massen erhält man es, wenn man Wasserstoff über erhitztes Stickstoffeisen,  $\text{Fe}_2\text{N}$  (s. S. 242), leitet, wobei Ammoniak entweicht, oder wenn man reinstes Schmiedeisen wie feinen Clavierdraht mit Eisenoxid in einem verschlossenen Tiegel einer sehr hohen Temperatur aussetzt; das Oxid nimmt die im Metall enthaltenen Verunreinigungen auf, und man erhält ein geschmolzenes Korn von reinem Eisen. Dasselbe hat das specifische Gewicht 7,8 und eine helle, fast silberweisse Farbe, es ist weich und dabei sehr zähe, so dass ein Draht von 2 mm Dicke erst bei einer Belastung von 250 kg reisst. Das reine Metall krystallisirt in Würfeln; hämmert man gutes Schmiedeisen gleichförmig nach allen Richtungen aus, so zeigt es einen körnig krystallinischen Bruch; zu Stäben ausgerollt, wird es faserig und erscheint dann auf der Bruchfläche zackig; je vollkommener das faserige Gefüge des Schmiedeisens ist, je zäher ist dasselbe und daher um so werthvoller für technische Zwecke. Durch lange anhaltende Erschütterungen verwandelt sich das zähe faserige Eisen in sprödes krystallinisches; das plötzliche Brechen der Achsen von Eisenbahnwagen, durch welches schon häufig Unglücksfälle herbeigeführt wurden, beruht auf dieser Umänderung. Reines Eisen und Schmiedeisen schmelzen erst bei einer Temperatur, welche über 1500° liegt, werden aber vor dem Schmelzen weich und lassen sich leicht mit dem Hammer bearbeiten und schweissen, d. h. zwei Eisenstücke, welche eine oxidfreie Oberfläche haben, lassen sich zu einem Stücke zusammenhämmern. Das Eisen wird stark vom Magnete angezogen; in der Glühhitze verliert es diese Eigenschaft, nimmt sie aber beim Erkalten wieder an. In Berührung mit einem Magnet wird das Eisen selbst magnetisch; das reine Metall verliert diese Eigenschaft, sobald man den Magnet entfernt; kohlehaltiges Eisen aber bleibt magnetisch und kann durch



Bestreichen in einen kräftigen Magnet verwandelt werden. Unter den Verbindungen des Eisens zeichnen sich der Magnet-eisenstein und der Magnetkies durch starken Magnetismus aus. In zusammenhängender Masse oxydirt es sich nicht in vollkommen trockner Luft bei gewöhnlicher Temperatur und behält seinen Metallglanz; ebenso bleibt es in reinem Wasser unverändert; enthält aber das Wasser Kohlensäure und tritt Luft hinzu, so findet rasche Oxydation statt, und es bedeckt sich an feuchter Luft rasch mit einer Schicht von Rost oder Eisenhydroxid. Wird Eisen bei Luftzutritt erhitzt, so bedeckt es sich mit einer Schicht von schwarzem Oxid (Hammerschlag); dieselbe Verbindung entsteht, wenn Eisen in Sauerstoff verbrannt wird, und wenn über dasselbe in der Glühhitze Wasserdampf geleitet wird; das Wasser wird dabei zersetzt unter Freiwerden von Wasserstoff.

Das Eisen ist vierwerthig und bildet zwei basische Oxide. In dem Ferroxid,  $\text{Fe}_2\text{O}_2$ , sind zwei Atome Eisen mit je zwei Verbindungseinheiten vereinigt; demselben entsprechen eine Reihe von Salzen, welche weiss oder grün gefärbt sind; im Eisensesquioxid oder Ferrioxid,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , und den demselben entsprechenden Salzen, welche eine braune oder gelbe Farbe haben, sind 2 Atome Eisen durch je eine Verbindungseinheit zusammengehalten, wodurch eine sechswerthige Gruppe entsteht; man benennt die Verbindungen des Eisens, welche sich vom Ferroxid ableiten, Ferroverbindungen, und diejenigen, in welchen 2 Eisenatome mit sechs Verbindungseinheiten enthalten sind, Ferriverbindungen\*):

---

\*) Dass diese Verbindungen wirklich zwei Atome Eisen im Molecül enthalten, ergibt sich aus der specifischen Wärme des Metalles und dem Volumgewichte des Ferrichloriddampfes. Die specifische Wärme des Eisens ist 0,114 und folglich sein Atomgewicht 55,9; denn  $55,9 \times 0,114 = 6,4$ ; der Dampf des Ferrichlorids hat aber das Volumgewicht 162,0; das Moleculargewicht dieser Verbindung ist daher 324,0 und die Molecularformel  $\text{Fe}_2\text{Cl}_6$ . Die Moleculargrösse einer Ferroverbindung konnte bis jetzt nicht bestimmt werden; dieselben müssen aber jedenfalls zum mindesten 2 Atome Eisen enthalten; denn enthielten sie nur 1 Atom, so würden sie flüchtiger als die Ferriverbindungen sein, was nicht der Fall ist. Der Einfachheit halber nimmt man jedoch gewöhnlich an, dass sie nur ein Atom Metall enthalten, wie auch bei den entsprechenden Verbindungen der anderen Metalle dieser Gruppe, die ebenfalls vierwerthig sind.

Ferrochlorid



Ferrichlorid



I. Ferroverbindungen.

Das Oxid,  $\text{FeO}$ , welches auch Eisenoxidul genannt wird, ist im reinen Zustande wenig bekannt, da es mit grosser Begierde Sauerstoff aufnimmt und sich höher oxydirt. Bringt man ein Alkali zu der Lösung eines Ferrosalzes, so erhält man einen weissen Niederschlag von Ferrohydroxid,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ; man kann dasselbe nur rein erhalten, wenn Sauerstoff vollständig abgeschlossen ist; an der Luft färbt es sich rasch erst grün, dann schwarz und geht zuletzt in braunes Ferridhydroxid über. Das Ferroxid färbt die Boraxperle und Glas grün und ist Ursache der grünen Färbung der gewöhnlichen Weinflaschen. 1

Ferrosulfat,  $\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ , bildet hellgrüne monoklinische Krystalle; es ist das wichtigste der Eisensalze und wird unter dem Namen Eisenvitriol zur Bereitung von Tinte und in der Färberei zur Erzeugung schwarzer und violetter Farben in bedeutender Menge verbraucht. Man erhält dasselbe durch Auflösen von Eisenabfällen in verdünnter Schwefelsäure oder durch langsame Oxidation von geröstetem Eisenkies,  $\text{FeS}_2$ , an der Luft; der Eisenkies verliert beim Rösten die Hälfte des Schwefels, das Ferrosulfid,  $\text{FeS}$ , nimmt in Gegenwart von Wasser Sauerstoff auf und verwandelt sich in Eisenvitriol, welchen man durch Auslaugen der Masse mit Wasser und Abdampfen der Lösung in Krystallen erhält. Beim Erhitzen verliert der Eisenvitriol 6 Atome Wasser und verwandelt sich in ein weissliches Pulver,  $\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ . Wie alle Ferrosalze nimmt diese Verbindung, namentlich in Lösung, an der Luft Sauerstoff auf und verwandelt sich in eine Ferriverbindung. 2

Mit den Sulfaten der Alkalimetalle verbindet es sich zu schön krystallisirten Doppelsalzen, wie  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{FeSO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$ , die isomorph mit den entsprechenden Verbindungen in der Magnesiumgruppe sind. 3

Ferrochlorid oder Eisenchlorür,  $\text{FeCl}_2$ , erhält man durch Ueberleiten von trockenem Chlorwasserstoff über erhitzte Eisenfeilspäne als eine weisse Masse; wird dieselbe in einem

Strome von Ammoniakgas schwach geglüht, so entweichen Salmiak, Wasserstoff und Stickstoff, und eine spröde metallglänzende Masse von Stickstoffeisen,  $\text{Fe}_2\text{N}$ , bleibt zurück.

Löst man Eisen in Salzsäure auf und verdampft die Lösung, so erhält man grüne Krystalle von wasserhaltigem Ferrochlorid,  
 $\beta \text{FeCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ .

4.) Ferrocarbonat,  $\text{FeCO}_3$ , bildet unter dem Namen Spath-eisenstein das bekannte wichtige Eisenerz, welches isomorph mit Kalkspath ist und gewöhnlich aus einem Gemisch der isomorphen Carbonate von Eisen, Mangan, Magnesium und Calcium besteht. Mit Thon gemengt tritt es in grossen Massen in der Steinkohlenformation, namentlich in England auf und wird da  $\alpha$  unter dem Namen Thoneisenstein in bedeutender Menge zur Gewinnung von Eisen benutzt. Das Ferrocarbonat ist in kohlen säurehaltigem Wasser löslich und findet sich in dieser  $\beta$  Form in einigen Mineralquellen, den sogenannten Stahlwassern.

5.) Ferrosulfid oder Einfach-Schwefeleisen,  $\text{FeS}$ , erhält man durch Erhitzen von Eisen mit Schwefel als einen schwarzen porösen Körper, welcher bei höherer Temperatur schmilzt und beim Erkalten zu einer krystallinischen, metallglänzenden Masse erstarrt. Diese Verbindung findet im Laboratorium häufige Anwendung zur Darstellung von Schwefelwasserstoff. Der als Mineral so häufig auftretende Eisenkies,  $\text{FeS}_2$ , findet sich in Krystallen des regulären Systems und hat eine messinggelbe Farbe. Man verbraucht denselben in grosser  $\beta$  Menge zur Fabrikation von Schwefelsäure.

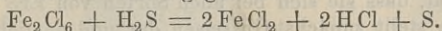
## II Ferriverbindungen.

1.) Das Ferrioxid oder Eisensesquioxid,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , findet sich als Mineral, welches Rotheisenstein genannt wird und eines der wichtigsten Eisenerze ist. Dasselbe findet sich häufig als Eisenglanz in metallglänzenden dunkelgrauen Krystallen. Zu Pulver zerrieben hat das Oxid eine rothe Farbe; das durch  $\alpha$  Glühen von Eisenvitriol künstlich dargestellte wird als rothe Anstrichfarbe und zum Poliren von Metallen und Glas benutzt. Setzt man der Lösung eines Ferrisalzes eine Lösung von Ammoniak oder Aetzkali zu, so entsteht ein voluminöser brauner  $\beta$  Niederschlag von Ferrihydroxid oder Eisenoxidhydrat,  $\text{Fe}_2(\text{OH})_6$ . Der Brauneisenstein, ein sehr werthvolles

Eisenerz, hat die Zusammensetzung  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2(\text{OH})_6$ ; eine ähnliche Verbindung ist der Eisenrost; alle diese Hydroxide geben beim Erhitzen Wasser ab und verwandeln sich in Ferrioxid.

Ferrichlorid oder Eisenchlorid,  $\text{Fe}_2\text{Cl}_6$ , bildet im wasserfreien Zustande glänzend braunrothe Krystallblättchen; man erhält dasselbe durch Erhitzen von Eisen in trockenem Chlorgas; es ist an der Luft zerfliesslich und bildet eine braune Lösung. In Lösung erhält man diese Verbindung am besten durch Einleiten von Chlorgas in eine Lösung von Ferrochlorid.

Ferroverbindungen werden durch oxydirende Körper leicht in Ferriverbindungen übergeführt; durch desoxydirende Substanzen werden die letzteren wieder zu Ferroverbindungen reducirt. Leitet man z. B. Schwefelwasserstoff in eine Lösung von Ferrichlorid, so wird dieselbe farblos und durch abgechiedenen Schwefel milchig getrübt:

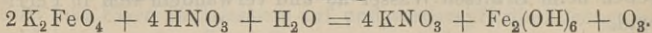


Die Ferrosalze haben im wasserhaltigen Zustande eine grüne Farbe und geben eine grünliche oder farblose Lösung; wasserfrei sind sie weiss. Ihre Lösungen geben mit den Alkalien einen weissen an der Luft rasch braun werdenden Niederschlag, Blutlaugensalz erzeugt darin eine weisse oder hellblaue Fällung; der Niederschlag färbt sich an der Luft durch Aufnahme von Sauerstoff dunkelblau. Die braunen oder gelben Ferrisalze werden durch Blutlaugensalz gleich dunkelblau gefällt (Berlinerblau), und die Alkalien fallen aus ihren Lösungen rothbraunes Ferrihydroxid.

Das schwarze oder magnetische Eisenoxid,  $\text{F}_3\text{O}_4 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ , kommt in der Natur in regelmässigen Octoëdern vor und wird in der Mineralogie Magneteisenstein genannt. In Schweden und Norwegen tritt es in mächtigen Massen auf und bildet die Hauptquelle des vorzüglichen schwedischen Eisens. Setzt man ein Alkali zu einem Gemische eines Ferro- und Ferridsalzes, so erhält man dieselbe Verbindung als einen schwarzen Niederschlag, der Wasser enthält. Das entsprechende Sulfid  $\text{Fe}_3\text{S}_4$  ist ebenfalls magnetisch und führt als Mineral den Namen Magnetkies.

Eisensäure. Das Kaliumsalz dieser Verbindung, das Kaliumferrat,  $\text{K}_2\text{FeO}_4$ , erhält man durch Erhitzen von Salpeter mit Eisenoxid als eine dunkelrothe Masse, welche sich in Wasser

mit rother Farbe löst; die Säure selbst lässt sich nicht isoliren; setzt man zu einer Kaliumferratlösung eine Säure, so scheidet sich Ferrihydroxid ab und Sauerstoff entweicht:



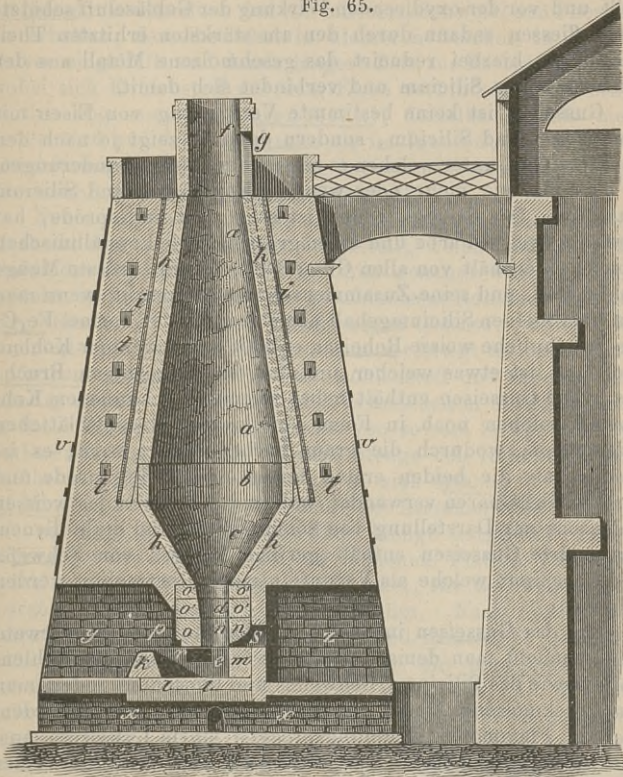
### III. Metallurgie des Eisens.

Die älteste Methode, das Eisen aus seinen Erzen auszubringen, bestand darin, dass man dieselben mit Holz- oder Steinkohle gemischt in einem Windofen erhitzte und die sich dabei bildende schwammige Masse von Schmiedeseisen aushämmerte. Dieses Verfahren lässt sich mit Vorthail nur in kleinem Maassstabe und mit reichen Eisenerzen ausführen und ist längst ersetzt durch eine weniger einfache Methode, welche aber den Vorthail hat, dass sie sich bei allen Sorten von Erz anwenden lässt. Man stellt zunächst Gusseisen dar und entzieht demselben dann Silicium und Kohlenstoff, um es in Schmiedeseisen zu <sup>2.</sup>verwandeln. Die Erze werden zuerst geröstet, um sie aufzulockern und mürbe zu machen; Spatheisenstein und Brauneisenstein verwandeln sich dabei in Eisensesquioxid; sodann werden sie mit Holzkohle, Steinkohle oder Coaks und dem sogenannten Zuschlage gemischt in den Hohofen gebracht. Der Zuschlag richtet sich nach Art der Erze; enthalten dieselben viel Silicate, wie Thon, so setzt man Kalkstein zu; sind sie silicatarm, so mischt man Sand oder Thon bei. Der Hohofen (Fig. 65 a. f. S.) hat einen Hohlraum (Schacht) von der Form eines doppelten Kegels und ist aus feuerfesten Ziegelsteinen und Sandstein aufgebaut; seine Höhe beträgt gewöhnlich ungefähr 10 bis 15 m, und der Durchmesser an der weitesten Stelle 4 bis 6 m. Der Ofen ist am Boden geschlossen, und die zur Verbrennung erforderliche Luft wird mittelst eines Gebläses (*d*) eingetrieben. Die Mischung von Erz, Kohle und Zuschlag wird durch die obere Oeffnung (die Gicht) eingeworfen und, sobald die brennende Masse niedersinkt, neue Beschickung eingeführt; das geschmolzene Eisen wird unten abgelassen, so dass ein Hohofen mehrere Jahre in ununterbrochenem Betriebe bleibt. Der unterste Theil des Ofens wird Herd genannt. Hier sammeln sich das geschmolzene Metall und die Schlacke an; das erstere wird von Zeit zu Zeit durch eine besondere Oeffnung abgelassen und in Sandformen gegossen; die oben-

auf schwimmende leichtere Schlacke läuft, sobald sich genug angesammelt, fortwährend durch die obere Oeffnung des Herdes aus.

Die erste chemische Veränderung, welche das geröstete Erz oder unreine Eisenoxid bei dem Durchgang durch den

Fig. 65.



Hohofen erleidet, ist die, dass es zu einer schwammigen Masse  $\alpha$  von metallischem Eisen reducirt wird durch das Kohlenoxid, welches in den untern brennenden Kohlschichten erzeugt wird; die Temperatur in diesem Theile des Ofens ist nicht hoch genug, um das Eisen zu schmelzen; dasselbe sinkt mit

dem Zuschlag in die heisseren Theile des Ofens herab, wo eine zweite chemische Veränderung vor sich geht. Das Eisen <sup>β</sup>verwandelt sich durch Aufnahme von Kohlenstoff in Gusseisen, welches viel leichter schmilzt, als das reine Eisen, und zugleich entsteht aus dem Zuschlag ein schmelzbares Calcium-Aluminiumsilicat, die Schlacke, welche das geschmolzene Metall einhüllt und vor der oxydirenden Wirkung der Gebläseluft schützt; beide fliessen sodann durch den am stärksten erhitzten Theil des Ofens; hierbei reducirt das geschmolzene Metall aus der Schlacke etwas Silicium und verbindet sich damit.

<sup>1</sup> Gusseisen ist keine bestimmte Verbindung von Eisen mit Kohlenstoff und Silicium, sondern dasselbe zeigt je nach den Verhältnissen, unter welchen es entstanden, viele Abänderungen, je nachdem sie mehr oder weniger Kohlenstoff und Silicium enthalten. Das Spiegeleisen ist sehr hart und spröde, hat <sup>3.)</sup> eine silberweisse Farbe und einen grossblättrig krystallinischen Bruch; es enthält von allen Gusseisensorten die grösste Menge Kohlenstoff, und seine Zusammensetzung entspricht, wenn man von dem kleinen Siliciumgehalt absieht, nahe der Formel  $Fe_4C$ ; das gewöhnliche weisse Roheisen enthält etwas weniger Kohlenstoff und ist etwas weicher und hat einen körnigen Bruch; das graue Gusseisen enthält neben chemisch gebundenem Kohlenstoff solchen noch in Form von kleinen Graphitblättchen beigemenget, wodurch die graue Farbe erzeugt wird; es ist weicher als die beiden ersten Sorten und nicht spröde und wird zu Gusswaren verwendet, während die Sorten des weissen Roheisens zur Darstellung von Schmiedeisen und Stahl dienen. Das meiste Gusseisen enthält geringe Mengen von Schwefel und Phosphor, welche als Verunreinigungen betrachtet werden müssen.

<sup>4.)</sup> Um das Gusseisen in Schmied- oder Stabeisen zu verwandeln, entzieht man demselben den grössten Theil des Kohlenstoffs sowie des Siliciums, Schwefels und Phosphors, indem man das geschmolzene Metall in offenen Herden (Frischherden) oder in Flammöfen (Puddlingsprocess) einem Luftstrom aussetzt; die geschmolzene Masse bedeckt sich bald mit einer Schicht von Oxid und wird öfters umgewendet und mit eisernen Stangen durchgearbeitet; dabei wird sie immer dickflüssiger und lässt sich zuletzt zu einem zusammenhängenden Klumpen, die Luppe genannt, vereinigen. Während dieses Processes entweicht der Kohlenstoff als Kohlenoxid. Das Silicium verbrennt zu Kieselerde, welches sich mit dem Eisenoxid zu einer

Schlacke vereinigt, und Schwefel und Phosphor werden ebenfalls oxydirt. Die Lupe wird mit Zangen aus dem Ofen genommen und unter dem Eisenhammer oder Walzwerk weiter zu Blech oder Stäben verarbeitet. Der Stahl steht hinsichtlich des Kohlenstoffgehaltes in der Mitte zwischen Schmiedeeisen und Gusseisen; zu seiner Darstellung verwendet man gutes Stabeisen, um denselben frei von Silicium, Schwefel und Phosphor zu erhalten; dasselbe wird in kleineren Stücken in Kohlenpulver eingehüllt und damit längere Zeit zur Rothgluth erhitzt, wobei sich Kohlenstoff mit dem Eisen verbindet. Man erhält so den sogenannten Cementstahl; derselbe enthält mehr Kohlenstoff auf der Aussenseite als im Inneren; um denselben gleichförmig zu machen, wird er entweder öfters umgeschweisst (Gerbstahl) oder geschmolzen (Gussstahl).

Neuerdings wird der Gussstahl mittelst einer anderen Methode direct aus Roheisen dargestellt, welche nach dem Erfinder das Bessemer'sche Verfahren genannt wird. Dasselbe besteht darin, dass durch das geschmolzene Roheisen in einem eigenthümlichen grossen birnförmigen Gefässe, welches aus feuerfestem Thon und Schmiedeeisen gefertigt ist, ein starker Luftstrom geblasen wird, wobei Kohlenstoff und Silicium vollständig oxydirt werden und sich Schmiedeeisen bildet, das man in Stahl verwandelt durch Zusatz von so viel Spiegeleisen, als nothwendig ist, um die richtige Menge von Kohlenstoff einzuführen. Auf diese Weise lassen sich 6000 kg Roheisen in 20 Minuten in Stahl verwandeln; der Bessemer-Stahl wird in der neuesten Zeit in bedeutender Menge dargestellt und zu Achsen für Eisenbahnwagen, für Schienen, Platten, für Dampfkessel und ähnliche Zwecke verwendet, für welche er grosse Vorzüge vor Schmiedeeisen voraus hat. Nach diesem Verfahren muss man möglichst reine, und namentlich phosphorfreie Erze verarbeiten, da sich sonst ein phosphorhaltiger, brüchiger Stahl bildet. Wie aber Gilchrist und Thomas gefunden haben, kann man dieses vermeiden und aus phosphorreichem Roheisen einen fast phosphorfreien Stahl erzeugen, wenn man das oben erwähnte Gefäss, welches Converter genannt wird, mit Kalkstein ausfüttert, dem man Wasserglas als Bindemittel zusetzt. Stahl enthält 1 bis 2 Proc. Kohlenstoff; derselbe hat kein faseriges Gefüge wie Stabeisen, sondern ist feinkörnig; er ist leichter schmelzbar, lässt sich besser unter dem Hammer bearbeiten und rostet schwerer als Stabeisen. Kühlt man glühenden Stahl durch Eintauchen in kaltes Wasser



rasch ab, so wird er sehr spröde und dabei so hart, dass er Glas ritzt; durch Erwärmen und langsames Erkalten wird er wieder weich und geschmeidig und zwar um so mehr, je stärker er erhitzt wird, und man kann durch passendes Verfahren denselben leicht von jeder beliebigen Härte oder Geschmeidigkeit darstellen. Diese Eigenschaften, verbunden mit seiner Schmelzbarkeit und Schweissbarkeit, erklären seine vielseitige Anwendung zu den verschiedensten Zwecken.

### K o b a l t.

Atomgewicht 58,6 = Co.

- Das Kobalt ist ein röthlichweisses, sehr zähes Metall, welches
1. so schwer schmelzbar wie Eisen ist und wie dieses stark vom Magnete angezogen wird. Es kommt nicht gediegen in der Natur vor; mit Arsen verbunden bildet es den Speiskobalt und mit Arsen und Schwefel den Glanzkobalt. Das Metall hat das specifische Gewicht 8,5; in Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure löst es sich langsam unter Entwicklung von Wasserstoff. Die Kobaltverbindungen zeichnen sich durch brillante Färbung aus und werden daher als Farben verwendet; Glas wird davon prachtvoll blau gefärbt; solches Glas wird im Grossen dargestellt und fein gemahlen unter dem Namen Smalte verwendet; durch die Entdeckung des künstlichen Ultramarins ist jedoch sein Gebrauch ziemlich eingeschränkt worden. Kobalt verbindet sich mit Sauerstoff in verschiedenen
  2. Verhältnissen; das Monoxid, CoO, ist eine starke Base und bildet eine Reihe von Salzen, welche im wasserhaltigen Zustande dunkelrosenroth, wasserfrei gewöhnlich aber blau gefärbt sind. Aus ihren Lösungen fällt heisses Aetzkali rosenrothes Kobalhydroxid,  $\text{Co}(\text{OH})_2$ , welches unter Ausschluss von Luft erhitzt in Wasser und braunes Monoxid zerfällt.

Kobaltchlorid, CoCl<sub>2</sub>, erhält man durch Auflösen des Metalles oder Oxides in Salzsäure; die Lösung giebt beim Verdampfen rothe Krystalle von wasserhaltigem Salz,  $\text{CoCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ; beim starken Erhitzen entsteht die wasserfreie Verbindung in blauen Krystallen.

Kobaltnitrat, Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, und Kobaltsulfat, CoSO<sub>4</sub>, sind ebenfalls leicht in Wasser löslich; das letztere krystallisirt mit 7 Molecülen Wasser und ist mit Bittersalz isomorph. Versetzt

man die Lösung eines Kobaltsalzes mit Schwefelammonium, so entsteht ein schwarzer Niederschlag von Kobaltsulfid,  $\text{CoS}$ , welches von kalter verdünnter Salzsäure nicht zersetzt wird. Wird das Monoxid an der Luft geglüht, so nimmt es Sauerstoff auf und verwandelt sich in  $\text{Co}_3\text{O}_4$ , eine dem magnetischen Eisenoxid analoge Verbindung.

Kobaltsesquioxid,  $\text{Co}_2\text{O}_3$ , erhält man als schwarzen, wasserhaltigen Niederschlag, wenn man die Lösung eines Kobaltsalzes mit einer Chlorkalklösung mischt; dasselbe ist nicht basisch; in Salzsäure löst es sich unter Chlorentwicklung zu Kobaltchlorid. Wird Kobaltoxid bei Luftzutritt mit Aetzkali erhitzt, so löst es sich darin mit dunkelblauer Farbe auf, indem sich die Kaliumverbindung einer Kobaltsäure bildet, deren Zusammensetzung noch zweifelhaft ist.

Kobaltverbindungen lassen sich leicht daran erkennen, dass sie in der kleinsten Menge mit Glas zusammengeschmolzen dasselbe tiefblau färben; dieselbe Färbung ertheilen sie einer Boraxperle, welche man durch Erhitzen von Boraxpulver auf Platindraht erhält. 3.

## N i c k e l.

Atomgewicht 58,6 = Ni.

Das Nickel findet sich mit Arsen verbunden als Kupfernickel und mit Arsen und Schwefel im Nickelglanz und einigen anderen Mineralien und ist neben Kobalt ein steter Begleiter des Meteoreisens. Man erhält das Metall durch Reduktion des Oxides mit Kohle und stellt es im Grossen dar zur Fabrikation von Neusilber, einer Legirung von Nickel, Zink und Kupfer. Das Nickel ist ein weisses, zähes, hämmerbares Metall; es hat das spezifische Gewicht 8,8, schmilzt bei einer etwas niedrigeren Temperatur als Eisen und ist stark magnetisch. Die Oxide entsprechen denen des Kobalts.

Nickelmonoxid,  $\text{NiO}$ , wird durch Erhitzen von Nickelnitrat oder Carbonat erhalten, oder wenn man Nickelhydroxid,  $\text{Ni(OH)}_2$ , ein apfelgrünes Pulver, welches durch Zusatz von Kalilauge zu der Lösung eines Nickelsalzes entsteht, unter Luftabschluss glüht. 2.

Nickelsulfat,  $\text{NiSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ , bildet grüne, mit Kobaltsulfat isomorphe Krystalle und verbindet sich wie dieses

und die Sulfate der Magnesiumgruppe mit den Sulfaten der Alkalimetalle zu schön krystallisirten Doppelsalzen, welche 6 Molecüle Krystallwasser enthalten.

3. Nickelsesquioxid,  $\text{Ni}_2\text{O}_3$ , und Nickelsulfid werden wie die entsprechenden Kobaltverbindungen erhalten, mit denen sie die grösste Aehnlichkeit haben, wie überhaupt die Verbindungen dieser zwei Metalle in ihrem chemischen Verhalten die grösste Uebereinstimmung zeigen. Die Nickelverbindungen unterscheiden sich von denen des Kobalts dadurch, dass sie die Boraxperle röthlich färben und dass die Nickelsalze im wasserfreien Zustande gelb und im wasserhaltigen grün gefärbt sind.

### IX. Metalle der Chromgruppe.

Chrom	Wolfram
Molybdän	Uran.

### C h r o m.

Atomgewicht 52,1 = Cr.

4. Die Verbindungen dieses Metalles sind weder sehr allgemein verbreitet, noch kommen sie in grosser Menge vor; das wichtigste Erz ist der Chrom Eisenstein,  $\text{Cr}_2\text{FeO}_4$ , eine mit Magneteisenstein isomorphe Verbindung, welche sich in Amerika, Norwegen und den Shetlandinseln findet; seltener kommt das Rothbleierz,  $\text{PbCrO}_4$ , vor. Die Verbindungen des Chroms zeichnen sich alle durch schöne Färbung aus, und viele derselben finden deshalb als Farbmaterialien Anwendung ( $\chi\rho\acute{o}\mu\alpha$ , Farbe). Das Metall erhält man durch Erhitzen von Chromchlorid mit Natrium als krystallinisches Pulver; es ist eine der schwer schmelzbarsten Substanzen und schmilzt selbst nicht bei einer Temperatur, bei welcher Platin schmilzt und  $\beta$  verdampft. Mit Sauerstoff verbindet es sich in mehreren Verhältnissen. Die zwei niedersten Oxide, das Monoxid,  $\text{CrO}$ , und das Sesquioxid,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , sind Basen, welche den Oxiden des

Eisens entsprechen, und wie dieselben sich mit einander zu einer dem magnetischen Eisenoxid analogen Verbindung,  $\text{Cr}_3\text{O}_4 = \text{CrO}, \text{Cr}_2\text{O}_3$ , vereinigen; das Chromtrioxid,  $\text{CrO}_3$ , löst sich in Wasser zu einer stark sauren Flüssigkeit auf.

### 1. Chromverbindungen.

Diese den Ferroverbindungen sich anschliessenden Verbindungen sind wenig bekannt, da sie mit grosser Begierde Sauerstoff aufnehmen und sich in Chromverbindungen verwandeln.

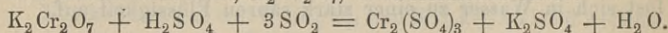
Chromochlorid,  $\text{CrCl}_2$ , erhält man durch Ueberleiten von Wasserstoff über erwärmtes Chromichlorid; es ist ein weisses Salz, das sich in Wasser mit blauer Farbe löst; aus dieser Auflösung fällt Kalilauge braunes Chromohydroxyd,  $\text{Cr}(\text{OH})_2$ ; das Oxid  $\text{CrO}$  selbst ist noch nicht dargestellt.

### 2. Chromverbindungen.

Aus der Lösung eines Chromisalzes fällt Ammoniak grünes  $\text{Cr}_2(\text{OH})_6$  Chromihydroxyd,  $\text{Cr}_2(\text{OH})_6$ , welches beim Erhitzen unter Abgabe von Wasser in Chromioxid,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , übergeht, ein grünes Pulver, welches zum Grünfärben von Glas und in der Porcellanmalerei Anwendung findet. Dasselbe ist im Smaragd enthalten und ertheilt diesem Edelsteine seine schön grüne Farbe. Von sehr schöner Farbe erhält man es, wenn man Kaliumdichromat mit Bortrioxid gemischt glüht und die Masse mit Wasser auszieht, wobei ein schön grünes Pulver,  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2(\text{OH})_6$ , zurückbleibt, welches unter dem Namen Guignetsgrün statt des giftigen Schweinfurtergrüns Verwendung findet.

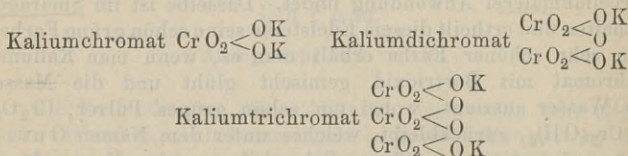
Die Chromisalze haben eine grüne Farbe, kommen aber auch in einer violetten Abänderung vor. Löst man Chromihydroxyd in Salzsäure, so erhält man eine dunkelgrüne Lösung, welche beim Verdampfen zu einer violetten, leicht in Wasser löslichen Masse von Chlorid,  $\text{Cr}_2\text{Cl}_6$ , eintrocknet. Leitet man Chlorgas über ein zum Glühen erhitztes Gemisch von Holzkohle und Chromsesquioxid, so erhält man ein Sublimat von Chromichlorid, welches prächtig glänzende, violette Krystallblätter bildet, die sich in Wasser nur sehr langsam bei längerem Kochen lösen; aber leicht, wenn die geringste Spur Chromochlorid gegenwärtig ist. Chromalaun,  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4$

+ 24H<sub>2</sub>O, bildet dunkelviolette Krystalle; man erhält dieses Salz, wenn man in eine mit Schwefelsäure versetzte Lösung von Kaliumdichromat, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, Schwefeldioxid leitet:



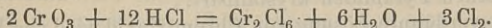
### 3. Chromsäure.

Schmilzt man eine Chromverbindung mit Salpeter und Kaliumcarbonat, so wird dieselbe oxydirt, und die gelbe Schmelze 7. enthält Kaliumchromat, K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>; auf diese Weise wird der Chromeisenstein verarbeitet, um andere Chromverbindungen daraus darzustellen. Das gelbe Kaliumchromat ist isomorph mit Kaliumsulfat und Manganat; setzt man zu einer Lösung derselben so viel Schwefelsäure, als nöthig ist, um die Hälfte des Kaliums aufzunehmen, so erhält man eine gelbrothe Lösung, aus der sich beim Verdampfen grosse gelbrothe Krystalle 8. von Kaliumdichromat, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, absetzen; diese Verbindung wird fabrikmässig dargestellt und kommt im Handel unter dem Namen rothes chromsaurer Kali vor; man benutzt dasselbe zur Darstellung der verschiedenen Chromfarben und anderer Chrompräparate; setzt man zu einer Auflösung dieses Salzes Chromtrioxid, so erhält man beim Verdampfen Krystalle 9. von Kaliumtrichromat, K<sub>2</sub>Cr<sub>3</sub>O<sub>10</sub>. Die Constitution dieser Verbindungen wird durch folgende Formeln deutlicher:

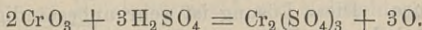


Versetzt man eine concentrirte Lösung von Kaliumchromat mit einem Ueberschuss von Schwefelsäure, so scheidet sich 2. Chromtrioxid, CrO<sub>3</sub>, in rubinrothen Nadeln aus; es ist sehr löslich in Wasser und zerfliesst an der Luft; die Lösung hat eine stark saure Reaction und enthält Chromsäure, H<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, die, wenn man die concentrirte Lösung auf 0° abkühlt, sich in kleinen, rothen Krystallen ausscheidet und beim Erhitzen wieder in Wasser und das Trioxid zerfällt, welches daher beim Verdampfen der Lösung zurückbleibt. Leicht oxydirbare 3. Körper reduciren diese Verbindung ausserordentlich leicht; tropft man Weingeist auf einige Krystalle von Chromtrioxid, so tritt Entzündung ein, und es entsteht schön grünes Sesquioxid. Kocht man eine Lösung von Chromtrioxid oder Kalium-

dichromat mit Salzsäure, so entsteht unter Chlorentwicklung Chromichlorid:

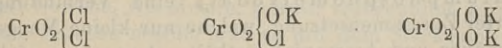


Wird Chromtrioxid mit Schwefelsäure erhitzt, so entweicht Sauerstoff:



Setzt man zu der Lösung eines Chromates eine Lösung eines Bleisalzes, so entsteht ein schön gelber Niederschlag von Bleichromat,  $\text{PbCrO}_4$ , welches unter dem Namen Chrom<sup>αβ</sup> gelb als Farbe bekannt ist. Behandelt man dasselbe mit der Lösung eines Alkalis, so entsteht ein orangerotheres basisches <sup>β</sup> Bleichromat,  $\text{CrO}_2 \begin{Bmatrix} \text{OPb} \\ \text{OPb} \end{Bmatrix} \text{O}$ . Dieselbe Verbindung wird erhalten durch Eintragen von Chromgelb in geschmolzenen Salpeter, als schön zinnoberrothes krystallinisches Pulver, das im Handel als Chromroth vorkommt. Silbersalze werden von den Chromaten dunkelroth gefällt, durch Bildung von unlöslichem Silberchromat,  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ; Baryumsalze erzeugen <sup>ε</sup> damit einen blassgelben Niederschlag, aus Baryumchromat,  $\text{BaCrO}_4$ , bestehend.

Chromoxychlorid oder Chromylchlorid,  $\text{CrO}_2\text{Cl}_2$  <sup>κ</sup>. Diese dem Sulfurylchlorid analoge Verbindung erhält man durch Destillation von Kaliumdichromat mit Kochsalz und Schwefelsäure als eine dunkelblutrothe, rauchende Flüssigkeit, welche das specifische Gewicht 1,92 hat und bei 118° siedet; sein Dampf hat das Volumgewicht 77,5. Von Wasser wird dieselbe in Chlorwasserstoff und Chromtrioxid zersetzt. Löst man Kaliumchromat in warmer Salzsäure auf, so scheiden sich beim Erkalten grosse blätterige, rothgelbe Krystalle von Kaliumchlorchromat,  $\text{KClCrO}_3$ , aus. Diese Verbindung steht in der Mitte zwischen Kaliumchromat und Chromoxychlorid:



Chromoxychlorid    Kaliumchlorchromat    Kaliumchromat

Chromhexfluorid,  $\text{CrF}_6$ , erhält man durch Erhitzen <sup>λ</sup> von Bleichromat mit Flussspath und Schwefelsäure. Es ist ein rothes Gas, welches die Schleimhäute heftig angreift und sich bei niedriger Temperatur zu einer blutrothen, rauchenden Flüssigkeit verdichtet, welche sich mit Wasser in Chromtrioxid und Flusssäure umsetzt. Erhitzt man Kaliumdichromat mit

Flusssäure, so entsteht Kaliumfluochromat,  $\text{KFCrO}_3$ , das in rothen Pyramiden krystallisirt.

6. Eine verdünnte Lösung von Chromtrioxid wird von Wasserstoffdioxid prachtvoll blau gefärbt; die Lösung enthält wahrscheinlich eine der Permangansäure analoge Verbindung, die Perchromsäure. Diese Lösung ist sehr unbeständig und zersetzt sich nach kurzer Zeit unter Sauerstoffentwicklung.

7. Die Chromverbindungen lassen sich sehr leicht daran erkennen, dass sie mit Salpeter und Pottasche geschmolzen eine gelbe Salzmasse geben, deren mit Salpetersäure neutralisirte Lösung durch Bleisalze gelb und durch Silbersalze roth gefällt wird; die gelbe Farbe der Flüssigkeit wird durch reducirende Verbindungen in eine grüne verwandelt. Chromverbindungen färben die Boraxperle smaragdgrün.

## M o l y b d ä n .

Atomgewicht 95,8 = Mo.

Molybdän findet sich hauptsächlich in zwei Mineralien, im Molybdänglanz oder Wasserblei,  $\text{MoS}_2$ , in krystallinisch blättrigen Massen oder tafelförmigen Krystallen von bleigrauer Farbe, die sich fettig wie Graphit anfühlen und wie dieser auf Papier abfärben, und im Gelbbleierz,  $\text{PbMoO}_4$ . Röstet man Molybdänglanz an der Luft, so wird er zu Molybdäntrioxid,  $\text{MoO}_3$ , oxydirt, ein weisses krystallinisches Pulver, welches mehrere Reihen von meist farblosen Salzen bildet, welche den Chromaten entsprechen. Ammoniummolybdat,  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ , wird als Reagens für Phosphorsäure benutzt; fügt man es im Ueberschuss zu einer mit Salpetersäure versetzten Lösung eines Phosphates, so bildet sich ein dichter gelber Niederschlag von Ammoniumphosphomolybdat, eine Verbindung von complicirter Zusammensetzung, welche nur kleine Mengen von Phosphorsäure und Ammoniak enthält. Arsensäure giebt eine ähnliche Reaction. Man kennt ausserdem noch die folgenden Oxide:

	Molybdänmonoxid	$\text{MoO}$
3.	Molybdänesquioxid	$\text{Mo}_2\text{O}_3$
	Molybdändioxid	$\text{MoO}_2$

Dieselben sind Basen; von ihren Salzen sind nur die Chloride und Bromide genauer untersucht; ein Hexchlorid ist nicht

bekannt, aber man kennt Molybdänpentachlorid,  $\text{MoCl}_5$ , welchem kein Oxid entspricht. Es entsteht, wenn man Molybdänglanz in trockenem Chlor erhitzt und bildet schwarze, metallglänzende Krystalle, siedet bei  $268^0$  und giebt einen dunkelrothen Dampf, welcher das Volumgewicht 136,4 hat.

Erhitzt man Molybdäntrioxid mit Holzkohle in der stärksten Hitze eines Gebläseofens, so erhält man das Metall; dasselbe ist silberweiss, spröde und äusserst schwierig schmelzbar. 4.

W o l f r a m .

Atomgewicht 184 = W.

Dieses Metall ist nicht selten und kommt als Wolfram-erz,  $\text{FeWO}_4$ , Scheelit,  $\text{CaWO}_4$ , und seltener als Wolfram-bleierz,  $\text{PbWO}_4$ , vor.

Um das Metall zu erhalten, erhitzt man Wolframtrioxid 1. in einem Wasserstoffstrome; man erhält so ein hellgraues körniges Pulver, welches nur bei einer ausserordentlich hohen Temperatur schmilzt. Das geschmolzene Metall ist weiss, spröde und hat das specifische Gewicht 19,1.

Wolfram bildet drei Oxide,  $\text{WO}_2$ ,  $\text{W}_2\text{O}_5$  und  $\text{WO}_3$ . Das 2. Trioxid erhält man, indem man Scheelit mit Salpetersäure zersetzt; es ist ein schweres gelbes in Wasser und Säuren unlösliches Pulver. In Alkalien löst, es sich leicht auf; neutralisirt man die heisse Lösung mit einer Säure, so entsteht ein gelber Niederschlag von Wolframsäure,  $\text{H}_2\text{WO}_4$ , die eine Reihe verschiedener und oft sehr complicirt zusammengesetzter Salze bildet. Das Natriumsalz,  $\text{Na}_2\text{WO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ , kommt im Handel unter dem Namen wolframsaures Natron vor; man verwendet dasselbe in der Kattundruckerei als Beizmittel, sowie um leichte Gewebe, wie Muslin, schwer verbrennlich zu machen. Zu diesem Zwecke mischt man es mit dem Stärkekleister, der zum Steifen gebraucht wird; so behandelte Zeugstoffe brennen nicht mit Flamme, sondern verglimmen nur.

Fügt man Wolframsäure zu einer Lösung dieses Salzes, so bildet sich Natriumtetrawolframat,  $\text{Na}_2\text{W}_4\text{O}_{13}$ , das in Octoedern mit 10 Mol. Krystallwasser krystallisirt. Aus dieser Lösung scheiden Säuren keine Wolframsäure ab. Zersetzt man das entsprechende Baryumsalz mit Schwefelsäure, so erhält man eine Lösung von Tetra- oder Metawolframsäure,



$H_2W_4O_{13}$ , welche beim Verdunsten über Schwefelsäure in quadratischen Pyramiden auskrystallisirt; sie ist löslich in Wasser und hat einen sauren und bitteren Geschmack.

- Erhitzt man Wolfram in Chlorgas, so verbrennt es zu
3. Wolframhexachlorid,  $WCl_6$ , ein schwarzvioletter krystallinischer Körper, dessen Dampf das Volumgewicht 198,1 hat und beim Erhitzen in Wasserstoff zu niederen Chloriden reducirt wird. Leitet man den Dampf desselben über erhitztes Trioxid, so sublimirt Wolframoxytetrachlorid,  $WOCl_4$ , in durchsichtigen prächtig rothen Nadeln; der Dampf dieser Verbindung hat das Volumgewicht 170,7.

4. Ein kleiner Zusatz von Wolfram zu Stahl erhöht dessen Härte beträchtlich und giebt ihm andere werthvolle Eigenschaften; dasselbe ist im ostindischen Stahl oder Wootz enthalten.

## U r a n.

Atomgewicht 240 = U.

Das Uran ist ein ziemlich seltenes Metall, das in der Natur vorzugsweise als Uranpfecherz,  $UO_2 + 2UO_3$ , und Uranit, einem Urancalciumphosphat, vorkommt. Das Metall wird durch

7. Einwirkung von Natrium auf das Chlorid erhalten; es ist stahlgrau und hat das specifische Gewicht 18,4. Es oxydirt sich nicht an trockener Luft, verbrennt aber beim Erhitzen mit grossem Glanz.

2. Uran bildet zwei Reihen von Verbindungen; in den Uranverbindungen,  $UO_2$ ,  $UCl_4$ ,  $U(SO_4)_2$ , tritt es vierwerthig auf und in den Uraniverbindungen ist es sechswerthig. — Die letzteren enthalten alle Sauerstoff und man betrachtet sie daher als Verbindungen des Radicals Uranyl,  $UO_2$ :

$(UO_2)O$	Uranyloxid.
$(UO_2)Cl_2$	Uranylchlorid.
$UO_2(NO_3)_2$	Uranylnitrat.
$(UO_2)SO_4$	Uranylsulphat.

3. Uranochlorid,  $UCl_4$ , bildet sich sowohl durch Verbrennen des Metalles in Chlorgas als auch durch Glühen des Oxides in einem Chlorwasserstoffstrome. Es krystallisirt in grünen regelmässigen Octoëdern, ist leicht in Wasser löslich und wirkt stark reducirend, wie die Ferrosalze. Sein Dampf

hat das Volumgewicht 190,8. Erhitzt man es im Wasserstoffstrome nicht ganz bis zum Kochen, so bildet sich Uransesquichlorid,  $U_2Cl_6$ , eine dunkelbraune, faserige Masse, deren purpurfarbene, wässrige Lösung bald unter Entwicklung von Wasserstoff und Abscheidung von Uranhydroxid grün wird.

Uranoxid,  $UO_2$ , erhält man, wenn die höheren Oxide im Wasserstoffstrome geglüht werden, als ein braunes Pulver, welches Glasflüsse schön schwarz färbt und deshalb in der Porcellanmalerei Verwendung findet. Leitet man trockenes Chlor über das erhitzte Oxid, so sublimirt Uranylchlorid,  $UO_2Cl_2$ , in gelben Krystallen.

Löst man Uranoxid in Salpetersäure, so bildet sich Uranyl nitrat,  $UO_2(NO_3)_2$ , das schön gelbe, grün schillernde Krystalle bildet. Erhitzt man dieses Salz, so bleibt Uranyl-oxid,  $UO_3$ , als hellgelbes Pulver zurück.

Fällt man ein Uranylsalz mit Natronlauge, so bildet sich ein gelber Niederschlag von Natriumuranat,  $Na_2U_2O_7$ , das sogenannte Urangelb, welches zur Darstellung des schön grüngelben Uranglases benutzt wird.

## X. Metalle der Zinngruppe.

Zinn.	Zirkonium.
Titan.	Thorium.

### Z i n n .

Atomgewicht 117,8 = Sn (*Stannum*).

Das Zinn ist schon seit den ältesten Zeiten bekannt, obgleich das Metall nicht im gediegenen Zustande vorkommt und seine Erze an wenigen Orten gefunden werden. Das Zinnerz oder der Zinnstein,  $\text{SnO}_2$ , kommt im Granitgebirge vor, namentlich in Cornwallis in England, dessen Minen schon von den Phöniziern und Römern ausgebeutet wurden, ausserdem in Malacca, in Borneo und Mexiko. Zur Gewinnung des Metalles wird der Zinnstein zerstampft, mit Wasser gewaschen, um das leichtere Muttergestein, die Gangart, wegzuschwemmen, und in Flammöfen mit Anthracit oder Holzkohle und etwas Kalk ausgeschmolzen; das reducirte Metall und die Schlacke, welche aus Calciumsilicat besteht, sammeln sich auf dem Boden des Ofens an. Das so erhaltene Metall ist gewöhnlich nicht rein, sondern enthält noch andere Metalle und muss dann raffinirt werden, indem man es langsam zum Schmelzen erhitzt; das leicht flüssige reine Zinn fliesst ab und lässt eine schwerer schmelzbare Legirung zurück; das englische Zinn enthält meistens Spuren von Arsen, Kupfer und anderen Metallen; das ostindische Bankazin dagegen ist fast chemisch rein. Das Zinn hat eine weisse, dem Silber ähnliche Farbe; es ist weich, dehnbar und lässt sich leicht zu dünnen Blättchen aushämmern, ist aber nicht sehr zähe; ein Draht von 2 mm Durchmesser bricht schon bei einer Belastung von 16 kg. Sein specifisches Gewicht ist 7,3; es schmilzt bei 235° und verflüchtigt sich auch bei sehr hoher Temperatur nicht bemerklich. Eine Stange von reinem Zinn giebt beim Biegen ein eigenthümlich knirschendes Geräusch von sich; es rührt dies von seinem krystallinischen Gefüge her.

Bei gewöhnlicher Temperatur wird es, weder von trockener noch feuchter Luft, bemerklich oxydirt; im geschmolzenen Zustande überzieht es sich mit einer Haut von Oxid, stärker er-

hitzt verbrennt es zu einem weissen Pulver von Zinndioxyd,  $\text{SnO}_2$ , oder Zinnasche. In Salzsäure löst es sich unter Entbindung von Wasserstoff zu Zinndichlorid; von Salpetersäure wird es heftig angegriffen und zu einem weissen Pulver von Zinnsäure oxydirt.

Zinnmonoxyd,  $\text{SnO}$ , oder Zinnoxydul. Die Carbonate der Alkalimetalle fallen aus einer Lösung von Zinndichlorid ein weisses Pulver von Zinnhydroxyd,  $\text{Sn}(\text{OH})_2$ , wobei Kohlendioxyd entweicht; erhitzt man dasselbe in einer Atmosphäre von Kohlendioxyd, so entweicht Wasser und schwarzes Zinnmonoxyd bleibt zurück, welches sich, der Luft ausgesetzt, leicht zu Zinndioxyd oxydirt.

Zinndichlorid,  $\text{SnCl}_2$ , wird im Grossen durch Auflösen von Zinn in Salzsäure dargestellt; es bildet nadelförmige Krystalle, welche wasserhaltig sind,  $\text{SnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ , und wird unter dem Namen Zinnsalz als Beizmittel in der Färberei verwendet. Das wasserfreie Chlorid lässt sich verflüchtigen; bei  $680^\circ$  hat sein Dampf das Volumgewicht 188,6, was der Formel  $\text{Sn}_2\text{Cl}_4$  entspricht; beim Erhöhen der Temperatur vermindert es sich und sinkt bei  $880^\circ$  auf die Hälfte, entsprechend der Formel  $\text{SnCl}_2$ .

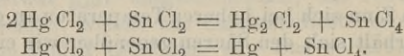
Zinndioxyd,  $\text{SnO}_2$ , findet sich als Zinnstein und wird gebildet, wenn Zinn sich bei höherer Temperatur an der Luft oxydirt. Es verhält sich den Säuren gegenüber wie eine schwache Base. Oxydirt man Zinn mit Salpetersäure, so erhält man ein weisses Pulver, welches die Formel  $\text{H}_2\text{SnO}_3$  hat und in Säuren unlöslich ist; ein Hydroxyd von derselben Zusammensetzung entsteht als weisser Niederschlag, wenn man Ammoniak zu einer Lösung von Zinntetrachlorid fügt; dasselbe ist aber leicht löslich in Säuren, und die Verbindung tritt also in zwei ganz verschiedenen Modificationen auf; beide verhalten sich wie Säuren und geben zwei Reihen von Salzen; man nennt die unlösliche Verbindung Metazinnsäure und die in Säuren lösliche Zinnsäure. Natriumstannat stellt man dar, indem man Zinnstein mit Natriumnitrat schmilzt, oder Zinn mit Aetznatron und Natriumnitrat erhitzt; dasselbe führt im Handel den Namen Präparirsalz und dient als Beize beim Kattundruck, durch Verdampfen der wässerigen Lösung kann es in grossen durchsichtigen Krystallen erhalten werden, welche die Formel  $\text{Na}_2\text{SnO}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$  haben.

Zinntetrachlorid,  $\text{SnCl}_4$ , bildet sich, wenn Zinn in Chlorgas erhitzt wird; es ist eine farblose Flüssigkeit, welche an

der Luft stark raucht und bei 120° siedet; sein Dampf hat das Volumgewicht 129,6. Mit wenig Wasser verbindet es sich zu einem krystallinischen Hydrate und mit mehr Wasser bildet es eine klare Lösung. Es findet ebenfalls in der Färberei Verwendung und wird zu diesem Zwecke durch Auflösen von Zinn in Königswasser dargestellt.

5. Zinn verbindet sich mit Schwefel und giebt zwei Sulfide, welche den Oxiden entsprechen; das Zinnmonosulfid,  $\text{SnS}$ , erhält man durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in eine Lösung von Zinnsalz; das Disulfid,  $\text{SnS}_2$ , ist ein gelber Niederschlag, der auf dieselbe Weise aus Zinntetrachlorid erhalten wird; auf trockenem Wege erhält man es durch Sublimation eines Gemisches von Zinnamalgam mit Schwefelblumen und Salmiak in goldgelben krystallinischen Schuppen, welche Mussivgold genannt werden und zum Bronziren dienen.

7. Zinnverbindungen können leicht an folgenden Reactionen erkannt werden. Auf Holzkohle mit der Reductionsflamme erhitzt, geben sie ein dehnbares Korn von metallischem Zinn, welches in Salzsäure löslich ist. Diese Lösung giebt mit wenig Sublimatlösung versetzt einen weissen Niederschlag, welcher  $\beta$ . sich beim Erwärmen unter Schwärzung in metallisches Quecksilber verwandelt:



Goldchlorid,  $\text{AuCl}_3$ , erzeugt in einer Lösung von Zinnchlorid, welche etwas Tetrachlorid enthält, eine purpurbraune Fällung, den sogenannten Goldpurpur des Cassius, welcher in der Porcellan- und Glasmalerei zur Erzeugung rother Farben dient.

Da das Zinn dem Einfluss des atmosphärischen Sauerstoffs gut widersteht, so wird es zum Verzinnen von Kupfer und Eisenblech benutzt; es bildet ferner einen Bestandtheil mehrerer wichtiger Legirungen, wie Bronze, Glocken- und Kanonennmetall, Britanniametall u. s. w.

## T i t a n.

Atomgewicht 48 = Ti.

Titan ist ein selten vorkommendes Element, welches in seinen chemischen Eigenschaften grosse Aehnlichkeit mit Zinn

zeigt und ähnlich wie dieses als Titandioxid,  $TiO_2$ , oder Rutir <sup>1</sup> im Granitgebirge vorkommt. Das Metall ist nur in Gestalt eines grauen Pulvers bekannt; es hat die Eigenthümlichkeit, sich bei hoher Temperatur direct mit Stickstoff zu verbinden. In Eisenhöfen bildet sich manchmal eine kupferrothe, in Würfeln krystallisirende Verbindung, welche man lange Zeit für metallisches Titan hielt; die Formel derselben ist  $Ti(CN)_2$  <sup>2</sup>  $+ 3Ti_3N_2$ .

Titan bildet zwei Reihen von Verbindungen, welche denen des Zinns entsprechen.

Titan tetrachlorid,  $TiCl_4$ , erhält man, indem man Chlor <sup>3</sup> über ein glühendes Gemenge von Titanoxid und Holzkohle leitet; es ist eine an der Luft rauchende Flüssigkeit, welche bei  $135^{\circ}$  siedet, und deren Dampf das Volumgewicht 94,7 hat.

### Germanium.

Atomgewicht 72,3 = Ge.

Dieses Metall ist bis jetzt nur im Argyrodit,  $GeS_2(Ag_2S)_3$ , von Freiberg und im Euxenit (S. 229) gefunden worden. Es ist grauweiss, stark metalleglänzend, sehr spröde und hat das spezifische Gewicht 5,5. Von Salpetersäure wird es zu Germaniumdioxid,  $GeO_2$ , oxydirt, das etwas in kochendem Wasser löslich ist und daraus sich in kleinen Krystallen abscheidet. Germaniumtetrachlorid,  $GeCl_4$ , bildet sich <sup>3</sup> unter Feuererscheinung, wenn man das Metall mit Chlor zusammenbringt und ist eine farblose Flüssigkeit, welche an der Luft raucht und bei  $86^{\circ}$  siedet.

### Zirkonium.

Atomgewicht 90 = Zr.

Dieses Element, welches im Zirkon,  $SiO, ZrO_2$ , und einigen anderen Mineralien vorkommt, bildet ein Zwischenglied zwischen Zinn und Silicium und tritt wie das letztere Element <sup>1</sup> in verschiedenen allotropischen Zuständen auf (s. S. 126). Das krystallisirte Zirkonium bildet harte, spröde, weisse, metall-

glänzende Blättchen und wird von Säuren kaum angegriffen; nur in Flusssäure löst es sich unter Entwicklung von Wasserstoff. Das Zirkoniumoxid,  $ZrO_2$ , hat die Eigenschaft, im Knallgasgebläse erhitzt, ein äusserst glänzend weisses Licht auszustrahlen.

### Thorium.

Atomgewicht 231,5 = Th.

Dieses sehr seltene Element findet sich im Thorit und einigen anderen Silicaten. Thorium ist nur in Gestalt eines grauen Pulvers bekannt, das nicht von Wasser oxydirt wird, sich aber leicht in Salpetersäure löst.

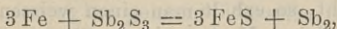
## XI. Metalle der Antimongruppe.

Antimon.	Niob.
Wismuth.	Tantal.
Vanadin.	

### A n t i m o n .

Atomgewicht 122 = Sb (*Stibium*).

Das Antimon wird im gediegenen Zustande in der Natur angetroffen; häufiger jedoch kommt es mit Schwefel verbunden in verschiedenen Mineralien, namentlich aber im Antimon-  
glanz oder Grauspiessglanz vor,  $Sb_2S_3$ ; man gewinnt es aus diesem Erze, indem man dasselbe mit der Hälfte seines Gewichtes Eisen erhitzt:



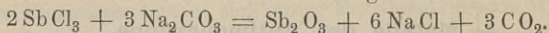
oder man röstet das Erz an der Luft und reducirt das so erhaltene Oxid durch Erhitzen mit Kohle. Antimon ist ein glänzendes, bläulich weisses Metall, welches in Rhomboëdern krystallisirt und mit Arsen isomorph ist; es ist sehr spröde und lässt sich im Mörser leicht zu Pulver zerreiben, schmilzt bei  $450^{\circ}$ , verflüchtigt sich bei Weissglühhitze und lässt sich in einer Atmosphäre von Wasserstoff destilliren. Bei gewöhnlicher Temperatur oxydirt es sich nicht an der Luft, aber im geschmolzenen Zustande nimmt es Sauerstoff auf und verbrennt bei stärkerem Erhitzen mit weisser Flamme und Verbreitung eines dichten, weissen Rauches von Antimontrioxid,  $Sb_2O_3$ . Verdünnte Salzsäure und Schwefelsäure haben keine Einwirkung auf das Metall; Salpetersäure oxydirt es zu einem weissen Pulver von Antimonsäure, und Königswasser löst es leicht auf. Von den Legirungen des Antimons ist das Letternmetall das wichtigste; dasselbe besteht aus 17 bis 20 Theilen Antimon und 77 bis 80 Theilen Blei.

Die Oxide des Antimons entsprechen denen des Arsens; ausserdem existirt noch ein drittes, dazwischenliegendes,  $Sb_2O_4$ , welches als eine Verbindung der zwei anderen betrachtet wird:

$$Sb_2O_3 + Sb_2O_5 = Sb_4O_8.$$



Antimontrioxid,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ , stellt man am besten dar, indem man das Trichlorid mit Sodalösung zersetzt:



Es ist ein weisses krystallinisches Pulver, welches sich leicht in einer Lösung von Weinstein aflöst, und diese Lösung giebt beim Eindampfen Krystalle von Brech Weinstein (Kaliumstibiotartrat), auch in Salzsäure löst es sich leicht zu Trichlorid. Das Antimontrioxid findet sich in der Natur als Weissspiessglanzerz in glänzenden weissen rhombischen Krystallen, welche isomorph mit der selteneren Form des Arsentrioxides sind, und als Sernamontit in regelmässigen Octoëdern, der gewöhnlichen Form des Arsentrioxides: beide Oxide sind demnach isodimorph. Es lässt sich durch Erhitzen verflüchtigen und giebt einen Dampf, welcher das Volumgewicht 291,8 hat.

Antimonpentoxid,  $\text{Sb}_2\text{O}_5$ , ist ein hellgelbes Pulver, welches beim Glühen Sauerstoff verliert und sich in das Oxid  $\text{Sb}_2\text{O}_4$  verwandelt. Dem Arsenpentoxid ähnlich bildet es eine Reihe von Salzen, aus welchen Salpetersäure die freie Säure  $\text{HSbO}_3$  abscheidet. Wird Antimonpentachlorid mit Wasser zusammengebracht, so erhält man einen weissen Niederschlag von  $\text{H}_4\text{Sb}_2\text{O}_7$ , welcher Metantimonsäure genannt wird; die sauren Salze derselben verwandeln sich leicht in die der gewöhnlichen Antimonsäure; das saure Natriummetantimonat,  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7 + 6\text{H}_2\text{O}$ , zeichnet sich durch seine Unlöslichkeit aus und wird als Niederschlag erhalten, wenn man saures Kaliummetantimonat zu der Lösung eines Natriumsalzes setzt.

Schüttet man Antimonpulver in eine Flasche mit Chlorgas, so verbinden sich die zwei Elemente unter Feuererscheinung.

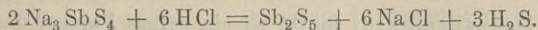
3) Antimontrichlorid,  $\text{SbCl}_3$ , erhält man als eine weiche butterähnliche Masse, wenn trockenes Chlorgas auf überschüssiges Antimon einwirkt, oder wenn man Antimontrisulfid in erwärmter Salzsäure löst, wobei Schwefelwasserstoff entweicht, und die Lösung der Destillation unterwirft; zuerst verflüchtigt sich der Ueberschuss von Säure und später destillirt das Antimontrichlorid und verdichtet sich zu einer weissen krystallinischen Masse. Antimontrichlorid schmilzt bei  $72^\circ$  und siedet bei  $180^\circ$ ; sein Dampf hat das Volumgewicht 114; es löst sich in concentrirter Salzsäure; giesst man diese Lösung in Wasser, so bildet sich ein voluminöser weisser Niederschlag, welcher nach kurzer Zeit sich in nadelförmige Krystalle verwandelt; es ist dies das sogenannte Algarothpulver, welches die Zu-

sammensetzung  $2\text{SbOCl} + \text{Sb}_2\text{O}_3$  hat. Wird Antimontrichlorid mit Weingeist auf  $160^\circ$  erhitzt, so bilden sich weisse Krystalle  $\beta$  von Antimonoxychlorid,  $\text{SbOCl}$ .

Das Antimonpentachlorid,  $\text{SbCl}_5$ , ist eine an der Luft rauchende Flüssigkeit, die sich bildet, wenn überschüssiges Chlor auf das Metall oder Trichlorid einwirkt. Beim Erhitzen zerfällt dasselbe in Chlorgas und Antimontrichlorid.

Antimontrisulfid,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ , findet sich in der Natur als Grauspiessglanz in bleigrauen, strahlig krystallinischen Massen. Leitet man Schwefelwasserstoff in eine verdünnte salzsaure Lösung des Trioxides, so erhält man dieselbe Verbindung als amorphen, orangefarbenen Niederschlag, welcher unter Luftabschluss geglüht bleigrau und krystallinisch wird. Das Antimontrisulfid löst sich leicht in den Sulfiden der Alkalimetalle und auch in wärmer Salzsäure und wird daher häufig zur Darstellung von reinem Schwefelwasserstoff benutzt; der aus Eisensulfid dargestellte enthält nämlich immer freien Wasserstoff. Röstet man Grauspiessglanz bei ungenügendem Luftzutritt, so erhält man eine braunrothe, glasartige Masse, Spiessglangzglas genannt; dasselbe ist ein Oxysulfid  $\beta$  und hat eine ähnliche Zusammensetzung wie das in strahligen Krystallen vorkommende Rothspiessglanzerz,  $\text{Sb}_2\text{O}_2\text{S}$ . Antimontrisulfid bildet mit basischen Sulfiden eine Reihe von Salzen, welche Sulfantimonite genannt werden und von welchen verschiedene als Mineralien vorkommen, wie Rothgültigerz,  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$ , Fahlerz,  $(\text{Cu}_2)_4\text{SbS}_7$ , Bournonit,  $\text{Pb}_2\text{Cu}_2\text{SbS}_6$ . In diesen Erzen ist das Antimon mehr oder weniger durch Arsen ersetzt, während Kupfer und Silber theilweise durch Eisen, Zink und Quecksilber vertreten sind.

Antimonpentasulfid,  $\text{Sb}_2\text{S}_5$ , ist ein schön orangerothes Pulver, welches unter dem Namen Goldschwefel als Arzneimittel gebraucht wird. Um dasselbe darzustellen, kocht man das Trisulfid mit Schwefel und Natronlauge; aus dieser Lösung setzen sich beim Erkalten grosse, gelbe Tetraëder von Natriumsulfantimoniat,  $\text{Na}_3\text{SbS}_4 + 9\text{H}_2\text{O}$ , ab, welche mit Salzsäure unter Schwefelwasserstoffentwicklung und Bildung von Goldschwefel und Kochsalz zersetzt werden:



Antimonwasserstoff,  $\text{SbH}_3$ , erhält man ähnlich wie den Arsenwasserstoff, wenn man eine Legirung von Zink und An-

timon mit Salzsäure zersetzt, als farbloses Gas, welches mit bläulicher Flamme brennt und dabei einen weissen Rauch von Antimontrioxid verbreitet. Bei Rothglühhitze zerfällt es in Wasserstoff und Antimon, welches sich wie das Arsen als dunkler Metallspiegel absetzt, wenn man das Gas durch eine glühende Glasröhre leitet. Bringt man eine Lösung von Antimon mit Zink und verdünnter Schwefelsäure zusammen, so entweicht das Antimon als Antimonwasserstoff und kann demnach auf dieselbe Weise wie Arsen nachgewiesen werden. Da diese beiden Körper starke Gifte sind und in ihren Reactionen in vielen Stücken die grösste Aehnlichkeit zeigen, so ist es für medicinisch-gerichtliche Fälle von der grössten Wichtigkeit, dieselben leicht nachweisen und unterscheiden zu können; für den geübten analytischen Chemiker hat eine solche Untersuchung keine Schwierigkeit und giebt, wenn mit der nöthigen Sorgfalt ausgeführt, sichere Resultate, auch wenn eines dieser Elemente oder beide nur spurweise in der Leiche oder den Speisen vorhanden sind.

### W i s m u t h.

Atomgewicht 208 = Bi (*Bismuthum*).

Wismuth findet sich im gediegenen Zustande, häufiger jedoch mit Schwefel verbunden als Wismuthglanz,  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ , aus dem das Metall, ähnlich wie Antimon, leicht erhalten werden kann. Es krystallisirt in grossen Rhomboëdern, deren Form dem Würfel sehr nahe kommt, hat das specifische Gewicht 9,8 und eine glänzend weisse, röthlich schimmernde Farbe. Wismuth schmilzt bei  $264^\circ$  und verflüchtigt sich bei Weissgluth; in trockener Luft wird es bei gewöhnlicher Temperatur nicht oxydirt; zum Glühen erhitzt verbrennt es mit blauer Flamme zu Wismuthtrioxid,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ; im Chlorgas entzündet sich das gepulverte Metall unter Bildung von Wismuthchlorid,  $\text{BiCl}_3$ , von Salpetersäure wird es leicht gelöst. Das Metall dient hauptsächlich zur Darstellung leicht schmelzbarer Legirungen.

Wismuthtrioxid,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , ist ein gelbes Pulver; das Hydroxid desselben,  $\text{Bi}(\text{OH})_3$ , löst sich sowohl in Alkalien als Säuren auf und spielt die Rolle einer Base und zugleich einer schwachen Säure. Leitet man in eine Auflösung von Wismuth-

trioxid in Kalilauge Chlorgas, so scheidet sich ein blutrother Niederschlag von Wismuthsäure aus, welcher getrocknet und  $\alpha$  gelinde erhitzt sich in braunes Wismuthpentoxid,  $\text{Bi}_2\text{O}_5$ ,  $\beta$  verwandelt.

Wismuthnitrat bildet durchsichtige Krystalle,  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$   $\beta$   
 $+ 5\text{H}_2\text{O}$ , welche durch Wasser zersetzt werden unter Freiwerden von Salpetersäure und Bildung basischer Salze, z. B.  $\text{Bi}(\text{OH})_2\text{NO}_3$ , welches ein unlösliches, weisses, krystallinisches  $\alpha$  Pulver bildet, das als Arzneimittel im Gebrauch ist. Eine ähnliche Zersetzung erleiden alle löslichen Wismuthsalze; das Chlorid zerfällt mit Wasser in freie Salzsäure und Wismuth- $\beta$  oxychlorid,  $\text{BiOCl}$ .

Man benutzt diese Reaction zur Nachweisung von Wismuth, indem man die salzsaure oder salpetersaure Lösung in Wasser  $\alpha$  giesst, welches dadurch milchig wird; Antimon, welches dasselbe Verhalten zeigt, lässt sich leicht von Wismuth trennen, indem Wismuthsulfid in Schwefelammonium unlöslich ist. Wird eine  $\beta$  Wismuthverbindung auf Kohle vor dem Löthrohr erhitzt, so wird Wismuth in Form eines spröden Metallkornes reducirt.  $\beta$

## Vanadin.

Atomgewicht 51,2 = V.

Das Vanadin findet sich in einigen seltenen Mineralien, wie Dechenit,  $\text{Pb}(\text{VO}_3)_2$ , Descloizit,  $\text{Pb}_2\text{VO}_7$  und Vanadin- $\beta$  nit,  $\text{Pb}_3(\text{VO}_4)_2 + \text{Pb}_2 \begin{matrix} \text{PO}_4 \\ \text{Cl} \end{matrix}$ , welcher letztere mit Apatit isomorph ist (s. S. 196) und es kommt auch in geringer Menge in einigen Eisenerzen vor. Zur Darstellung des Metalles wird ein Chlorid des Vanadins in einem Strom von reinem Wasserstoff zur Weissgluth erhitzt; man erhält es so als graues Pulver, welches bei starker Vergrösserung silberweiss und krystallinisch erscheint.  $\beta$

Vanadin bildet fünf Oxide, welche den Oxiden des Stickstoffs entsprechen; das wichtigste derselben ist Vanadinpentoxid,  $\text{V}_2\text{O}_5$ , dasselbe ist sehr wenig in Wasser löslich und hat eine braunrothe Farbe, bei Rothgluth schmilzt es und erstarrt beim Erkalten zu einer schön strahlig krystallinischen Masse. Mit basischen Oxiden bildet es eine Reihe von theils farblosen,  $\beta$

theils gefärbten Salzen, welche den verschiedenen Phosphaten entsprechen, wie die oben erwähnten Vanadinerze zeigen. Ammoniummetavanadat,  $\text{NH}_4\text{VO}_3$ , ist beinahe unlöslich in einer concentrirten Salmiaklösung und wird daher als farbloser krystallinischer Niederschlag erhalten, wenn man festes Ammoniumchlorid zu einer Lösung von Vanadinpentoxid in Ammoniak hinzufügt. Beim Glühen hinterlässt es reines Pentoxid. Man benutzt dieses Verhalten zur Trennung des Vanadins von anderen Metallen und zur quantitativen Bestimmung.

Kupfermetavanadat,  $\text{Cu}(\text{VO}_3)_2$ , ist ein hellgelber, krystallinischer Niederschlag, welcher durch schweflige Säure zersetzt wird unter Bildung von Metavanadinsäure,  $\text{HVO}_3$ , welche bronzefarbene, krystallinische Schuppen bildet.

3 Das Vanadin zeigt weiter grosse Analogie mit Phosphor, indem es ein flüchtiges Oxychlorid,  $\text{VOCl}_3$ , bildet; man erhält dasselbe, wenn man Chlor über erhitztes Trioxid oder ein Gemenge von Kohle und Pentoxid leitet. Es ist eine hellgelbe, bei  $127^\circ$  siedende Flüssigkeit, deren Dampf das Volumgewicht 86,9 hat und welche von Wasser in Salzsäure und Pentoxid zersetzt wird. Vanadin bildet ausserdem noch drei  $\alpha$  Chloride. Das Vanadintetrachlorid,  $\text{VCl}_4$ , entsteht, wenn das Metall in einem Chlorstrome erhitzt wird, als braune, bei  $154^\circ$  siedende Flüssigkeit. Dasselbe zerfällt langsam bei gewöhnlicher Temperatur, schneller beim Erhitzen in freies  $\beta$  Chlor und Vanadintrichlorid,  $\text{VCl}_3$ , welches pfirsichrothe krystallinische Schuppen bildet, die grosse Aehnlichkeit mit Chromichlorid besitzen (s. S. 245). Vanadindichlorid,  $\text{VCl}_2$ , wird erhalten, wenn man den Dampf des Tetrachlorids, mit  $\gamma$  Wasserstoff gemischt, durch eine rothglühende Röhre leitet; es bildet grüne, glimmerähnliche Blättchen.

## T a n t a l.

Atomgewicht 182 = Ta.

Dieses Element findet sich fast immer zusammen mit Niob in einigen seltenen Mineralien, wie Tantalit, Columbit, Yttrotantalit u. s. w. Dieselben sind tantalsäure Salze des Eisens, Mangans, Yttriums u. s. w. Das Tantal ist nur als ein schwarzes Pulver bekannt, das durch keine Säuren, selbst nicht Königswasser angegriffen wird; an der Luft verbrennt es und

oxydirt sich zu Tantalpentoxid,  $Ta_2O_5$ , ein weisses Pulver,  $\alpha$  das sich mit basischen Oxiden zu tantalsäuren Salzen vereinigt, wie Kaliumtantalat,  $KTaO_3$ ; fällt man eine Lösung dieses Salzes mit Salzsäure, so erhält man Tantalsäure als weissen  $\beta$  Niederschlag, der Lackmuspapier röthet. Erhitzt man ein Gemisch von Pentoxid und Kohle in einem Chlorströme, so erhält man ein gelbes Sublimat von Tantalpentachlorid,  $TaCl_5$ ; dessen Dampf das Volumgewicht 179,4 hat.

## Niob.

Atomgewicht 94 = Nb.

Niob hat in jeder Beziehung die grösste Aehnlichkeit mit Tantal und kommt in der Natur fast immer mit ihm zusammen vor. Man trennt dieselben, indem man die gemischten Oxide mit Aetzkali schmilzt und die Schmelze mit Flusssäure behandelt, wodurch das Niob in leicht lösliches, Kalium-Nioboxyfluorid,  $2KFl + NbOFl_3$ , und das Tantal in schwer lösliches Kalium-Tantalfluorid,  $2KFl + TaFl_5$ , verwandelt wird.

## Metalle der Goldgruppe.

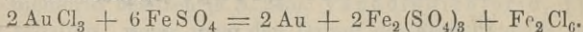
XII. Gold.	Ruthenium.
Platin.	Iridium.
Palladium.	Osmium.
Rhodium.	

## Gold.

Atomgewicht 196,8 = Au (*Aurum*).

Das Gold findet sich fast nur gediegen, hauptsächlich in Adern in den ältesten geschichteten und krystallinischen Felsarten und in dem durch ihre Verwitterung gebildeten angeschwemmten Sande; es ist in der Natur sehr verbreitet, kommt aber nur in einigen Gegenden in grösserer Menge vor. In

- Siebenbürgen findet es sich mit Tellur verbunden als seltenes Mineral; ausserdem enthält fast aller Eisenkies eine geringe Menge von Gold, und vor der Entdeckung der Goldfelder Californiens und Australiens hat man es daraus gewonnen. Aus goldführendem Sande gewinnt man das Gold durch Waschen, indem man denselben mit Wasser aufschlämmt und die leichteren Sandkörner wegwäscht, während das schwere Gold sich auf dem Boden des Gefässes sammelt. Goldhaltige Gesteine werden zu Pulver gestampft, dasselbe geschlämmt und der Rückstand mit Quecksilber behandelt, in welchem das Gold sich löst. Aus dem Goldamalgam wird das Quecksilber durch Destillation entfernt. Gold ist ein schön gelbes Metall, das einen grossen Glanz besitzt und beinahe so weich als Blei ist.
2. Sein spezifisches Gewicht ist 19,3, es schmilzt bei starker Weissglühhitze und ist bei sehr hoher Temperatur flüchtig. Es ist das dehnbareste aller Metalle und kann zu ausserordentlich feinem Draht ausgezogen und zu sehr dünnen Blättchen ausgehämert werden, welche grünes Licht durchlassen. An der Luft behält es seinen Metallglanz bei jeder Temperatur; von Schwefelwasserstoff wird es nicht, wie Silber, angegriffen, und alle einfachen Säuren, mit Ausnahme von Selensäure, haben keine Wirkung darauf; in Königswasser und anderen Flüssigkeiten, aus denen sich Chlor entwickelt, dagegen löst es sich leicht auf. Chemisch reines Gold erhält man dadurch, dass man das käufliche Metall in Königswasser löst und zu dieser Lösung Eisenvitriol fügt, wodurch das Gold als feines, braunes Pulver niederfällt:



Reines Gold ist zu weich, um für sich verarbeitet zu werden, man legirt es deshalb mit Silber oder Kupfer, wodurch es härter und leichter schmelzbar, aber weniger geschmeidig wird.

- Von den Goldverbindungen ist das Goldtrichlorid, *chlorid* 3.  $\alpha$   $\text{AuCl}_3$ , die wichtigste; man erhält dasselbe als braune, zerfliessliche Masse, wenn man die Lösung von Gold in Königswasser zur Trockne verdampft. Es verbindet sich mit vielen Chloriden zu krystallisirten Doppelsalzen, wie  $\text{AuCl}_3 + \text{HCl}$ ,  $\text{AuCl}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ . Erhitzt man Goldtrichlorid bis zum Schmelzpunkte des Zinns, so entweichen 2 Atome Chlor und eine weisse, *chlorid* 3.  $\beta$  in Wasser unlösliche Masse von Goldmonochlorid,  $\text{AuCl}$ , bleibt zurück; dasselbe verwandelt sich mit Kalilauge über-*chlorid* 4.  $\alpha$  gossen in ein violettes Pulver, das Goldmonoxid,  $\text{Au}_2\text{O}$ , welches keine Salze bildet. Wird eine Lösung von Goldtrichlorid mit

gebrannter Magnesia versetzt und dann gelinde erwärmt, so erhält man ein braunes Pulver, aus welchem Salpetersäure Magnesia auflöst und Goldtrioxid,  $Au_2O_3$ , zurücklässt.<sup>β</sup> Dasselbe zerfällt beim gelinden Erhitzen in Gold und Sauerstoff; dieselbe Zersetzung erleidet es, wenn es dem Lichte längere Zeit ausgesetzt wird. Das Goldtrioxid ist ein säurebildendes Oxid, dessen Salze Aurate genannt werden. Kaliumaurat,  $KAuO_2$ , kann leicht krystallisirt erhalten werden. Eine Goldtrichloridlösung giebt mit überschüssigem Ammoniak versetzt einen gelbbraunen Niederschlag, das Knallgold, welches beim gelinden Erhitzen oder Draufschlagen mit dem Hammer äusserst heftig explodirt.

Um Gold in einer Lösung nachzuweisen, setzt man Eisen-<sup>δ</sup>vitriollösung hinzu, wodurch das Gold als Metallpulver niedergeschlagen wird, welches vor dem Löthrohr leicht zu einem gelben Metallkorn schmilzt; man weist es ferner nach durch die Bildung von Goldpurpur, wenn man zu einer Goldlösung <sup>β</sup> ein Gemisch der zwei Zinnchloride fügt (s. S. 253).

## Platin.

Atomgewicht 194,5 = Pt.

Das Platin ist ein verhältnissmässig seltenes Metall, welches im gediegenen Zustande in Form kleiner Körner, gewöhnlich legirt mit Eisen und kleinen Mengen der sogenannten Platinmetalle sich im angeschwemmten Sande im Ural, in Brasilien, Neugranada und auf der Insel Borneo findet. Seine ursprünglichen Lagerstätte sind wahrscheinlich ältere geschichtete Gesteine, in welchen es aber bis jetzt noch nicht beobachtet worden ist. <sup>7</sup>

Die ältere Methode, das Platin aus diesem Erz abzuscheiden, besteht darin, dass man es mit Königswasser behandelt, <sup>α</sup> die saure Lösung mit Salmiak versetzt und den Niederschlag von Platinammoniumchlorid,  $2NH_4Cl + PtCl_4$ , trocknet und glüht, wobei Platin als poröse Masse (Platinschwamm) zurückbleibt. Die schwammige Masse wird dann stark zusammengespreßt und im glühenden Zustande ausgehämmert, wodurch sie dicht und geschmeidig wird, indem die einzelnen Theilchen sich gleich dem Eisen zusammenschweissen.



In neuerer Zeit schmilzt man das Platinerz in einem durch  $\beta$ . das Knallgasgebläse erhitzten Kalktiegel; hierbei bildet sich eine Legirung von Platin mit Iridium und Rhodium, und die anderen Beimischungen des Erzes werden entweder bei der hohen Temperatur verflüchtigt oder vom Tiegel aufgesaugt. Diese Legirung hat gewisse Vorzüge vor reinem Platin voraus; sie ist härter und wird selbst von Königswasser nur schwierig angegriffen.

2.) Das Platin hat eine zinnweisse Farbe, ist an der Luft ganz unveränderlich und schmilzt nur in der Hitze des Knallgasgebläses; sein specifisches Gewicht ist 21,5. Säuren haben keine Einwirkung darauf, nur in Königswasser löst es sich auf; man benutzt es deshalb und wegen seiner Schwerschmelzbarkeit zu chemischen Geräthschaften. Von den Alkalien wird es in der Glühhitze angegriffen. Platin hat die Eigenschaft, Gase auf seiner Oberfläche zu verdichten, besonders im feinvertheilten  $\alpha$  Zustande; bringt man Platinschwamm in Knallgas, so kommt er bald ins Glühen und entzündet das Gasgemisch. In noch erhöhtem Maasse besitzt diese Eigenschaft das Platinschwarz,  $\beta$  ein schwarzes Pulver aus Platin im äusserst fein vertheilten Zustande bestehend, das man erhält, indem man einen Ueberschuss von Natriumcarbonat und etwas Zucker zu einer Platinchloridlösung setzt und die Lösung zum Sieden erhitzt.

3.) Platintetrachlorid,  $PtCl_4$ , ist die wichtigste Verbindung dieses Metalles, aus der man alle übrigen erhält. Platin löst sich in Königswasser mit gelbrother Farbe. Wird diese Lösung verdampft, so erhält man Krystalle von der Formel  $PtCl_4 + 2HCl$ , welche beim Erhitzen Chlorwasserstoff abgeben und braunes, zerfliessliches Platintetrachlorid hinterlassen. Dasselbe bildet mit den Chloriden der Alkalimetalle Doppelsalze, von welchen die des Kaliums, Rubidiums, Cäsiums und Ammoniums in Wasser sehr schwer löslich sind und wasserfrei in Würfeln krystallisiren. Das Natriumsalz krystallisirt in leicht  $\beta$  löslichen, grossen, gelben Krystallen,  $PtCl_4 + 2NaCl + 9H_2O$ .

Wird Platintetrachlorid einer Temperatur von  $200^0$  ausgesetzt, so giebt es die Hälfte seines Chlors ab und verwandelt sich in Platindichlorid,  $PtCl_2$ , ein in Wasser nicht lösliches, grünes Pulver.

4.) Platin bildet zwei den Chloriden entsprechende Oxide, Platinmonoxid,  $PtO$ , und Platindioxid,  $PtO_2$ , welche sich nur schwierig rein erhalten lassen und leicht in Sauerstoff

und Platin zerfallen; beide sind Basen, deren Salze noch wenig untersucht sind.

Durch Einwirkung von Ammoniak auf Platindichlorid hat man eine Reihe merkwürdiger Verbindungen erhalten, welche Platin, Wasserstoff und Stickstoff enthalten und ähnlich dem Ammoniak sich mit Säuren zu gut krystallisirten Salzen verbinden. Diese Platinbasen können als Ammoniumverbindungen betrachtet werden, in welchen Wasserstoff theilweise durch zwei- oder vierwerthiges Platin ersetzt ist. 5/

### Palladium.

Atomgewicht 106,2 = Pd.

Das Palladium hat grosse Aehnlichkeit mit Platin, seine Farbe ist aber etwas lichter und es ist leichter schmelzbar; sein specifisches Gewicht ist 11,4. Um es darzustellen, neutralisirt man die Lösung, aus welcher das Platin durch Salmiak gefällt worden, mit Soda und setzt dann Quecksilbereyanid hinzu, wodurch weisses, unlösliches Palladiumcyanid gefällt wird, welches beim Glühen schwammiges Palladium hinterlässt. 7.

Palladiumtetrachlorid,  $PdCl_4$ , bildet sich, wenn man das Metall in Königswasser auflöst; man erhält so eine dunkelbraune Lösung, welche sich beim Eindampfen zersetzt und Palladiumdichlorid,  $PdCl_2$ , als braune Masse zurücklässt. Beide Chloride bilden krystallisirte Doppelsalze mit den Chloriden der Alkalimetalle. 2.

Palladiumdijodid,  $PdJ_2$ , wird als schwarzer Niederschlag erhalten, wenn man Palladiumdichlorid zu der Lösung eines Metalljodids fügt; man benutzt diese Reaction in der quantitativen Analyse, um Jod von Chlor und Brom zu trennen. 3.

### R h o d i u m.

Atomgewicht 104,1 = Rh.

Wenn man die Lösung, aus welcher Platin und Palladium gefällt sind, mit Salzsäure angesäuert zur Trockne verdampft

und den Rückstand mit Alkohol wäscht, so bleibt das Salz  $Rh_2Cl_6 + 6NaCl$  zurück, welches bei Weissglühhitze zersetzt wird.

Rhodium ist ein weisses, sehr sprödes Metall, welches das spezifische Gewicht 11 hat und viel schwieriger schmelzbar ist als Platin. Das reine Metall ist nicht in Königswasser löslich, aber wenn es mit Platin legirt ist, löst es sich auf. Es bildet nur ein Chlorid,  $Rh_2Cl_6$ , das sich mit den Chloriden der Alkalimetalle zu schön krystallisirten, rothgefärbten Doppelsalzen verbindet. Erhitzt man das pulverförmige Metall an der Luft oder schmilzt es mit Salpeter, so oxydirt es sich zu Rhodiumdioxid,  $RhO_2$ , ein braunes, in Säuren unlösliches Pulver. Ausserdem bildet es noch drei andere Oxide,  $RhO$ ,  $Rh_2O_3$  und  $RhO_3$ , von welchen das Sesquioxid basische Eigenschaften besitzt.

### R u t h e n i u m .

Atomgewicht 103,4 = Ru.

Dieses Metall kommt als Legirung mit Osmium und Iridium verbunden vor. Glüht man dieselbe in einem Luftstrome, so verflüchtigt sich Osmiumoxid und ein Gemisch von Rutheniumoxid und Iridium bleibt zurück. Das durch Reduction im Wasserstoffstrome erhaltene Metall ist dem Iridium sehr ähnlich und ist noch schwieriger schmelzbar als dieses, von Königswasser wird es kaum angegriffen, es verbindet sich aber mit Chlor beim Erhitzen zu Rutheniumdichlorid,  $RuCl_2$ , und Trichlorid,  $Ru_2Cl_6$ ; ausserdem existirt noch ein Tetrachlorid, das aber nur in Verbindung mit anderen Chloriden bekannt ist. Ruthenium bildet fünf Oxide,  $RuO$ ,  $Ru_2O_3$ ,  $RuO_2$ ,  $RuO_3$  und  $RuO_4$ . Das Sesquioxid ist ein schwarzblaues Pulver und entsteht, wenn das Metall bei Luftzutritt erhitzt wird. Das Tetroxid,  $RuO_4$ , wird erhalten, wenn man das Metall mit Salpeter und Aetzkali schmilzt, die Schmelze in Wasser löst und Chlor hindurch leitet. Es bildet glänzend gelbe Krystalle, ist leicht flüchtig und riecht wie Stickstofftetroxid; seine Dämpfe greifen die Athmungsorgane heftig an.

## Iridium.

Atomgewicht 192,7 = Ir.

Dieses Metall findet sich gewöhnlich mit Osmium verbunden, welche Legirung von Königswasser nicht angegriffen wird. Mischt man dieselbe mit Kochsalz und leitet Chlorgas über die rothglühende Mischung, so verflüchtigt sich Osmiumchlorid und ein Doppelsalz von Iridium- und Natriumchlorid bleibt zurück.

Iridium ist ein stahlgraues, sprödes, äusserst schwer schmelzbares Metall, welches drei Chloride bildet,  $\text{IrCl}_2$ ,  $\text{Ir}_2\text{Cl}_6$ ,  $\text{IrCl}_4$ , von denen das Erste nur in Verbindung mit anderen Chloriden bekannt ist.

Iridiumtetrachlorid,  $\text{IrCl}_4$ , erhält man durch Auflösen des sehr feinvertheilten Metalles oder eines seiner Oxide in Königswasser; es bildet eine amorphe, schwarze, zerfliessliche Masse und verbindet sich mit den Chloriden der Alkalimetalle zu krystallisirten Doppelsalzen. Kocht man seine Lösung mit Kalilauge, so erhält man Iridiumtetrahydroxid,  $\text{Ir}(\text{OH})_4$ , als indigoblauen Niederschlag.

## Osmium.

Atomgewicht 191,0 = Os.

Dieses Metall ist dadurch ausgezeichnet, dass es beim Glühen an der Luft leicht zu Osmiumtetroxid oxydirt wird, ein flüchtiger Körper, den man in Kalilauge auffängt. Setzt man Quecksilber zu dieser Lösung, so bildet sich ein Amalgam, das bei der Destillation reines Osmium zurücklässt. Osmium ist unschmelzbar; beim stärksten Erhitzen sintert es nur zusammen und bildet eine spröde, schwarzblaue Masse. Im feinvertheilten Zustande ist es leicht verbrennlich und löst sich in Salpetersäure und Königswasser, was das stark erhitzte Metall nicht thut.

Osmium bildet drei Chloride,  $\text{OsCl}_2$ ,  $\text{Os}_2\text{Cl}_6$  und  $\text{OsCl}_4$ , welche mit den Chloriden der Alkalimetalle Doppelsalze bilden,

und mit Sauerstoff verbindet es sich zu fünf Oxiden, die denen des Rutheniums entsprechen.

3. Osmiumtetroxid,  $\text{OsO}_4$ , bildet lange, farblose Krystalle, welche unter  $100^\circ$  schmelzen und bei wenig höherer Temperatur kochen; sein Dampf hat einen äusserst stechenden Geruch und greift die Augen furchtbar an.

### Das natürliche System der Elemente.

In der nebenstehenden Tabelle sind alle genauer bekannten Elemente nach steigendem Atomgewicht in Horizontalreihen geordnet. Ein Blick darauf zeigt, dass in dieser Weise die Verticalreihen die verschiedenen natürlichen Familien der Elemente enthalten wie die Alkalimetalle, Erdalkalimetalle, Stickstoffgruppe, Sauerstoffgruppe, Chlorgruppe u. s. w. In jeder derselben nimmt das Atomgewicht für jede Horizontalreihe nahe um dieselbe Zahl zu, wie z. B.:

Li	7,01						
Na	22,99			F	19,1	N	14,01
K	39,04	Ca	39,9	Cl	35,37	P	30,96
Rb	85,2	Sr	87,2	Br	79,75	As	74,9
Cs	133	Ba	136,8	I	126,53	Sb	122

- Hieraus ergibt sich, dass, wenn das Atomgewicht um eine gewisse Zahl, wie etwa 16 oder 45—50 zugenommen hat, in der Tabelle Elemente von sehr ähnlichen Eigenschaften sich wiederfinden, woraus folgt, dass die chemischen Eigenschaften der Elemente eine periodische Function des Atomgewichtes sind. Die Grösse desselben übt einen mehr oder weniger eigenthümlichen Einfluss auf den chemischen Charakter der Elemente gewisser Gruppen aus. So finden wir z. B., dass in der Borgruppe und Stickstoffgruppe die niederen Glieder vorzugsweise starke Säuren bilden, die höheren dagegen gegen mehr geneigt sind, basische Oxide zu geben, während die mittleren wie Aluminium Oxide bilden, welche sich zugleich wie schwache Basen und schwache Säuren verhalten. Die Elemente der Gruppe des Sauerstoffs und des Fluors sind vorzugsweise säurebildende, und geben um so stärkere Säuren, je kleiner ihr Atomgewicht ist. Zieht man von Bor bis Wolfram eine schiefe Linie, so sind die ober-

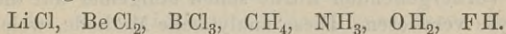
Wasserstoff 1	Lithium 7,01	—	Beryllium 9,2	—	Bor 11	—	—	—	Kohlenstoff 11,97	Stickstoff 14,01	—	Sauerstoff 15,96	—	Fluor 19,1	—	—	—	—
—	Natrium 22,99	—	Magnesium 24,3	—	Aluminium 27,0	—	—	—	Silicium 28	Phosphor 30,96	—	Schwefel 31,98	—	Chlor 35,37	—	—	—	—
—	Kalium 39,04	—	—	Calcium 39,90	—	Scandium 44	—	—	Titan 48	—	Vanadin 51,2	—	Chrom 52,4	—	Mangan 55	Eisen 55,9	Kobalt 58,6	Nickel 58,6
—	—	Kupfer 63,1	Zink 65,1	—	Gallium 69,8	—	—	—	—	Arsen 74,9	—	Selen 79	—	Brom 79,75	—	—	—	—
—	Rubidium 85,2	—	—	Strontium 87,2	—	Yttrium 89	—	—	Zirkonium 90	—	Niob 94	—	Molybdän 95,6	—	—	Ruthenium 103,4	Rhodium 104,1	Palladium 106,2
—	—	Silber 107,66	Cadmium 111,9	—	Indium 113,4	—	—	—	Zinn 117,8	Antimon 122	—	Tellur 125	—	Jod 126,53	—	—	—	—
—	Cäsium 133	—	—	Baryum 136,8	—	Lanthan 138	Cer 140	Didym 142	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	Samarium 150	—	Erbium 166	—	—	Tantal 182	—	Wolfram 184	—	Iridium 192,7	Platin 194,5	Gold 196,2	Osmium 198,6
—	—	Quecksilber 199,8	—	—	Thallium 203,6	—	—	—	Blei 206,4	Wismuth 208	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	Thorium 231,5	—	—	—	Uran 240	—	—	—	—	—



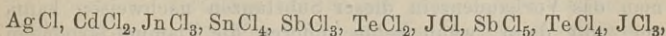
halb derselben liegenden Elemente vorzugsweise säurebildend und die unterhalb derselben sich befindlichen basenbildend.

Unter den vielen anderen Beziehungen, welche das natürliche System hervortreten lassen, finden wir weiter, dass die Elemente einer Verticallinie mit denen einer naheliegenden häufig durch Isomorphismus oder ähnliche chemische Eigenschaften verbunden sind. So schliesst sich das Vanadin durch sein flüchtiges Oxychlorid und den Isomorphismus der Vanadate mit Phosphaten und Arsenaten enge an die Stickstoffgruppe an; andererseits zeigt es grosse Aehnlichkeit mit Niob, Chrom und Molybdän, welche letztere durch den Isomorphismus der Chromate und Molybdate mit Sulfaten und Selenaten mit der Schwefelgruppe verknüpft sind, wie das Mangan mit der Chlorgruppe, indem die Perchlorate isomorph mit den Permanganaten sind. 2.

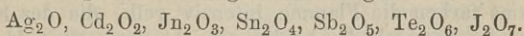
Eigenthümliche Beziehungen zeigen sich ferner, wenn man die Wasserstoff- und Chlorverbindungen der verschiedenen Gruppen vergleicht, wie:



Die Anzahl der Atome einwerthiger Elemente, welche sich mit einem Atom der Elemente der verschiedenen Gruppen verbinden, oder deren chemischer Werth ist demnach auch eine periodische Function des Atomgewichtes. Nehmen wir nun eine andere Reihe, welche Elemente enthält, die sich in zwei Verhältnissen mit Chlor vereinigen, so finden wir auch hier, dass die Anzahl der Chloratome mit steigendem Atomgewicht erst zu- und dann wieder abnimmt: 3.



bei der Oxydation dagegen nimmt die Anzahl der Sauerstoffatome mit steigendem Atomgewicht stetig zu:



Aehnlich verhalten sich die Hydroxide, bei denen die Anzahl der Hydroxyle erst zu- und dann abnimmt, aber die der Sauerstoffatome stetig wächst.

Es muss noch hier bemerkt werden, dass die Elemente der Eisengruppe, die der zwei Reihen der Platinmetalle sowie die der Cergruppe, welche unter sich nahe übereinstimmende Atomgewichte haben, nicht wie andere natürliche Familien Verticalreihen, sondern Horizontalreihen bilden, und dass ferner 4.



der Zusammenhang verschiedener Elemente besser sichtbar wird, wenn man die Tabelle in Spiralform auf einen Cylinder aufträgt. Dann kommen die durch Isomorphismus und andere Eigenschaften unter sich verwandte Elemente der Eisen-, Kupfer- und Magnesiumgruppe, sowie die verschiedenen edlen Metalle u. s. w. in nächster Nähe zusammen.

Eine Erklärung für die hier kurz dargelegten Regelmässigkeiten ist bis jetzt nicht gefunden worden; die weitere Entwicklung unserer Wissenschaft wird dieselbe aber wohl in nicht zu langer Zeit geben.

### Spectralanalyse.

Im Vorhergehenden wurde schon einigemal auf die Spectralanalyse verwiesen. Diese analytische Methode, welche erst in der neueren Zeit durch die Untersuchungen von Bunsen und Kirchhoff in die Wissenschaft eingeführt wurde, zeichnet sich vor allen bisher gebräuchlichen durch eine ausserordentliche Einfachheit und Sicherheit aus. Schon seit längerer Zeit weiss man, dass, wenn gewisse Körper, wie die Salze der Alkali- und Erdalkalimetalle, in der Löthrohrflamme oder einer anderen nicht leuchtenden Flamme erhitzt werden, sie derselben eine eigenthümliche Färbung ertheilen, mittelst der man das Vorhandensein dieser Substanzen nachweisen kann, aber nur dann, wenn keine anderen die Flamme färbenden Körper zugleich gegenwärtig sind, weil sonst die Farben sich vermischen oder einander verdecken. Die Verbindungen des Natriums färben die Flamme intensiv gelb, die des Kaliums violett; ein Gemisch der beiden erzeugt aber selbst dann eine gelbe Färbung, wenn Natrium nur in sehr geringer Menge vorhanden ist, weil die gelbe Natriumfarbe viel intensiver ist, als das schwache Violett des Kaliums. Diese Schwierigkeit wird aber vollständig vermieden, wenn man die Flamme statt mit dem blossen Auge durch ein Prisma beobachtet. Man gebraucht hierzu ein dreiseitiges Glasprisma; ein jeder durch das Prisma gehende Lichtstrahl wird gebrochen oder von seinem Wege abgelenkt, und diese Ablenkung ist bei jeder Farbe eine andere. Beobachtet man auf diese Weise rein weisses Licht,

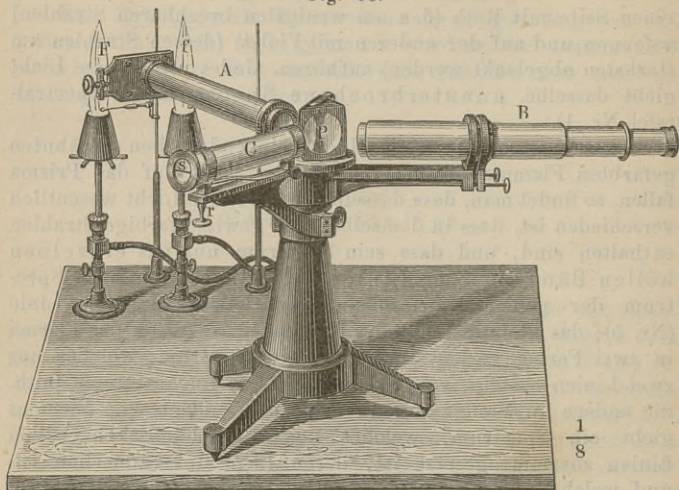
z. B. das einer Kerzenflamme, so sieht man einen ununterbrochen farbigen Streifen, indem weisses Licht aus verschiedenen gefärbten Strahlen zusammengesetzt ist, in welche es durch das Prisma zerlegt wird. Man nennt ein solches farbiges Band ein *Spectrum*; man unterscheidet in demselben sieben Hauptfarben, die sogenannten Regenbogenfarben, welche auf der einen Seite mit Roth (den am wenigsten brechbaren Strahlen) anfangen und auf der anderen mit Violett (dessen Strahlen am stärksten abgelenkt werden) aufhören. Jedes rein weisse Licht giebt dasselbe ununterbrochene *Spectrum* (s. Spectraltafel Nr. 1).

Lässt man dagegen das Licht einer der oben erwähnten gefärbten Flamme durch einen feinen Spalt auf das Prisma fallen, so findet man, dass dasselbe vom weissen Licht wesentlich verschieden ist, dass in demselben nur gewisse farbige Strahlen enthalten sind, und dass sein *Spectrum* nur aus einzelnen hellen Bändern oder Linien besteht. Das einfache *Spectrum* der gelben Natriumflamme enthält eine gelbe Linie (Nr. 5); das violette Licht des Kaliums wird durch das Prisma in zwei Farben zerlegt und giebt ein *Spectrum*, welches aus zwei Linien besteht, von welchen die eine im äussersten Roth, die andere im Violett liegt (Nr. 4). Jedes chemische Element giebt ein *Spectrum*, welches aus eigenthümlichen hellen Linien zusammengesetzt ist, deren Lage unveränderlich ist, und welche nur durch den besonderen einfachen Stoff und keinen anderen erzeugt werden. Sind in einer Flamme Natrium- und Kaliumverbindungen zugleich vorhanden, so sind im *Spectrum* derselben neben der gelben Natriumlinie die Kaliumlinien so deutlich sichtbar, als ob kein Natrium vorhanden wäre.

Das Instrument, welches zu diesen Beobachtungen gebraucht wird, nennt man *Spectroskop* (Fig. 66). Dasselbe besteht aus einem *Flintglasprisma* *P*, welches auf einem Gestell von Eisen befestigt ist; die Röhre *A* ist an dem Ende, welches der Lichtquelle zugekehrt ist, durch eine mit einem *Spalt* versehene Platte verschlossen, durch welchen die Lichtstrahlen eintreten und auf das Prisma fallen. Das durch die gebrochenen Strahlen erzeugte *Spectrum* beobachtet man durch ein *Fernrohr* *B*, um das Bild zu vergrössern. Vermittelst einer besonderen Vorrichtung kann man zwei verschiedene *Spectren* zu gleicher Zeit ins Gesichtsfeld bringen, um die Lage der verschiedenen Linien genau vergleichen zu können.

Die Vorzüge dieser neuen Methode der chemischen Analyse beruhen nicht nur auf ihrer Einfachheit und der Leichtigkeit, mit der die Gegenwart irgend eines Elementes mit Sicherheit nachgewiesen werden kann, sondern zugleich auch auf der ausserordentlichen Empfindlichkeit derselben, und ihre grosse Wich-

Fig. 66.



tigkeit für die Wissenschaft geht daraus hervor, dass sie, obgleich erst seit dem Jahre 1860 in Gebrauch, schon fünf neue Elemente zu der Zahl der früher bekannten hinzugefügt hat.

Die Spectraltafel am Ende dieses Buches stellt die Spectren der Alkali- und Erdalkalimetalle dar, wie sie im Spectroskop erscheinen. Nr. 1 stellt das Sonnenspectrum dar; Nr. 2 das des Cäsiums; Nr. 3 das des Rubidiums. Diese zwei Alkalimetalle wurden von Bunsen im Wasser der Dürkheimer Saline entdeckt, sind aber seitdem in vielen anderen Mineralquellen, in verschiedenen Mineralien, wie Glimmer und anderen Silicaten aufgefunden worden. In Pflanzenaschen, z. B. in der Asche der Runkelrüben, Kaffee, Taback, Reben, Eiche, ist Rubidium, aber kein Cäsium enthalten. Dieselben sind also in der Natur sehr verbreitet, kommen aber immer nur in kleiner Menge vor. Wie schon früher erwähnt, haben sie in ihren Eigenschaften eine so grosse Aehnlichkeit mit Kalium,

dessen Spectrum (Nr. 4) aus einer rothen und einer violetten Linie besteht, dass sie früher damit verwechselt wurden. Natriumverbindungen geben im Spectroskop eine scharf begrenzte, ausserordentlich glänzende gelbe Linie (Nr. 5). Diese Reaction ist die empfindlichste, welche die Chemie kennt, und es lässt sich mit derselben  $\frac{1}{3000000}$  eines Milligrammes eines Natriumsalzes auffinden und dieselben sind so allgemein verbreitet, dass sie sich in jedem Sonnenstäubchen nachweisen lassen und dass alle Körper, welche wenige Minuten der Luft ausgesetzt sind, die Natriumreaction zeigen; es ist dieses leicht erklärlich, wenn man bedenkt, dass zwei Drittel der Erdoberfläche von Salzwasser bedeckt sind, welches von den sich überstürzenden Meereswogen unaufhörlich in Wasserstaub verwandelt wird, durch dessen Verdunstung kleine Salztheilchen in der Luft vertheilt und durch die Winde überall hingeführt werden. Das Lithiumspectrum Nr. 6 zeichnet sich durch eine prachtvoll rothe Linie aus, vermittelt der man  $\frac{1}{9000000}$  eines Milligrammes mit Sicherheit nachweisen kann. Lithium war früher nur in vier ziemlich seltenen Mineralien aufgefunden worden. Die Spectralanalyse aber hat gezeigt, dass dieses Element sehr weit verbreitet ist und sowohl im Meerwasser, als fast allem Fluss- und Quellwasser, in vielen Mineralien, wie im Feldspath des Odenwaldes, in Meteorsteinen, im Taback und anderen Pflanzen, in der Milch und im menschlichen Blute enthalten ist. Die Spectren der Erdalkalimetalle sind nicht so einfach, wie die der Alkalimetalle; namentlich ist das des Baryums ziemlich verwickelt; dagegen zeichnen sich die der zwei neu entdeckten Metalle Thallium und Indium durch grosse Einfachheit aus; das des ersteren enthält eine scharf begrenzte glänzend grüne Linie, welche kein anderer bekannter Körper zeigt, und deren Beobachtung zur Entdeckung dieses Metalles führte; und auf dieselbe Weise wurde das Indium aufgefunden, als bei einer Untersuchung der Freiburger Zinkblende zwei bisher nicht bekannte blaue Linien im Spectroskop auftraten.

Ein Blick auf die Spectraltafel zeigt, dass keine der Linien eines Elementes von denen eines anderen bedeckt wird, und sind die verschiedenen Stoffe zusammen vorhanden, so tritt eine jede mit ihren eigenen Linien auf, aber nicht auf einmal, sondern nach dem Grade ihrer Feuchtigkeit erscheint eine nach der anderen und verblasst allmählig, gerade wie Nebelbilder.

Nicht bloss die Körper, welche die Eigenschaft haben, die Flamme zu färben, geben charakteristische Spectren, sondern

ein jedes Element, Metall oder Nichtmetall, es sei fest, flüssig oder gasförmig, giebt auf eine Temperatur erhitzt, bei der sein Dampf glühend wird, ein aus bestimmten Linien bestehendes Spectrum. Die meisten Metalle erfordern dazu eine viel höhere Temperatur, als die der gewöhnlichen Gasflamme; um dieselbe hervorzubringen, lässt man elektrische Funken zwischen zwei Spitzen, welche aus dem betreffenden Metalle bestehen, überschlagen, wodurch eine kleine Menge desselben verflüchtigt und dabei so stark erhitzt wird, dass es das ihm eigenthümliche Licht ausgiebt. Auf diese Weise können alle Metalle, unter anderen Eisen, Platin, Silber und Gold, durch die eigenthümlichen, hellen Linien, aus denen ihr Spectrum besteht, erkannt werden. Das Gallium wurde auf diese Weise entdeckt. Die Spectren der Gase erhält man ebenfalls dadurch, dass man sie durch Ueberspringen von elektrischen Funken stark erhitzt. Lässt man den Funken durch Wasserstoff schlagen, so nimmt er eine hellrothe Farbe an und erzeugt ein Spectrum, welches aus einer glänzend rothen, einer grünen und einer blauen Linie besteht; in Stickstoff erscheint der Funken violett und giebt ein Spectrum, das eine grosse Menge von Linien enthält, von denen die violetten besonders glänzend sind.

---

Lässt man das weisse Sonnenlicht auf den Spalt des Spectroskops fallen, und beobachtet das Spectrum desselben, so findet man, dass dasselbe verschieden ist, sowohl von denen der Elemente, als von dem ununterbrochenen der leuchtenden Kerzenflamme; dem letzteren ähnlich besteht es aus einem farbigen Streifen, welcher aber von einer grossen Anzahl feiner dunkler Linien unterbrochen ist. Diese Linien sind unregelmässig durch das Farbenbild zerstreut, mehr oder weniger scharf begrenzt und von verschiedener Schwärze, treten aber immer auf die gleiche Weise und genau an derselben Stelle im Sonnenspectrum auf. Diese Linien wurden zuerst von Fraunhofer, dem bekannten Optiker, genauer untersucht und mit Buchstaben bezeichnet; sie werden nach ihm Fraunhofer'sche Linien genannt. Die wichtigsten derselben zeigt Nr. 1 der Spectraltafel. Derselbe fand, dass die Spectren des Mondes und der Planeten (d. h. das reflectirte Sonnenlicht) genau dieselben Linien zeigen; dass dagegen in den Spectren der hellen

Fixsterne dunkle Linien auftreten, welche im Sonnenspectrum nicht vorkommen; und er zog daraus den Schluss, dass die im letzteren auftretenden dunklen Linien irgendwie in der Sonne selbst erzeugt werden müssen. Fraunhofer machte auch eine andere sehr wichtige Beobachtung; er fand nämlich, dass die Natriumlinie genau dieselbe Lage hat, wie die Linie *D* im Sonnenspectrum.

Durch die Untersuchungen Kirchhoff's ist die Ursache dieser Uebereinstimmung aufgefunden worden; derselbe hat entdeckt, aus welchem Grunde das Sonnenspectrum dunkle Linien enthält und dadurch den Weg gebahnt, die chemische Zusammensetzung der Sonne und der Fixsterne zu ermitteln. Die Erklärung ergibt sich aus folgenden Beobachtungen.

Ein glühender, fester oder flüssiger Körper, wie das Drummond'sche Kalklicht, eine leuchtende Kerzenflamme (welche feste Kohlentheilchen enthält) oder ein weissglühendes geschmolzenes Metall giebt ein ununterbrochenes gefärbtes Spectrum; ein zum Glühen erhitztes Gas dagegen erzeugt ein Spectrum, welches aus einzelnen hellen Linien besteht, und diese hellen Linien werden in dunkle verwandelt, wenn sich hinter dem glühenden Gase eine Lichtquelle befindet, welche eine intensive Leuchtkraft besitzt und für sich ein ununterbrochenes Spectrum giebt. Im Spectrum der Natriumflamme zeigt sich die charakteristische gelbe Linie; aber sobald man durch diese Flamme hindurch das Drummond'sche Kalklicht aufs Prisma fallen lässt, so erhält man ein farbiges Spectrum, in welchem an dem Ort der hellen gelben Linie jetzt eine dunkle erscheint. Die gelbe Flamme hält alle die Lichtstrahlen zurück, welche dieselbe Brechbarkeit besitzen, wie die, welche sie selbst ausgiebt; das helle Spectrum wird daher an dieser Stelle abgeschwächt; es zeigt sich ein Schatten. Auf dieselbe Weise lässt sich das Spectrum eines jeden glühenden Gases umkehren, d. h. dessen helle Linien lassen sich in dunkle verwandeln, indem jeder gasförmige Körper nur die Art von hellen Strahlen absorbiert, welche er selbst aussendet, mit anderen Worten, dass er undurchsichtig für solche Strahlen ist. Vergleicht man nun mit einem genauen Spectralapparate, welcher eine starke Vergrößerung zulässt, die hellen Linien gewisser Metalle mit den dunklen Sonnenlinien, so findet man, dass eine jede Metalllinie genau übereinstimmt in der Lage sowohl, als in Breite und Intensität mit einer der dunklen Sonnenlinien. Die gelbe Linie des Natriums wie die Linie *D* des Sonnenspectrums lösen

sich bei starker Vergrösserung in zwei feine, dicht neben einander liegende Linien auf. Wird der Apparat nun so hergerichtet, dass beide Spectren zugleich eines über dem anderen in das Gesichtsfeld des Spectroskops fallen, so findet man, dass die Doppellinie *D* genau die Fortsetzung der doppelten Natriumlinie bildet. Das Spectrum des Eisens besteht aus einer grossen Anzahl von Linien, von denen 450 genau untersucht sind, und für eine jede derselben hat sich das Nämliche ergeben wie für die des Natriums. An derselben Stelle, wo sich eine helle Eisenlinie befindet, hat das Sonnenspectrum eine dunkle Linie, je glänzender die erstere erscheint, um so schwärzer ist die letztere. Das Auftreten der Fraunhofer'schen Linien im Spectrum der Sonne ist nun sehr einfach zu deuten; dieselben werden dadurch hervorgerufen, dass die betreffenden Metalle im gasförmigen Zustande in der Sonnenatmosphäre enthalten sind; durch dieselben hindurch dringt weisses Licht, welches von dem festen oder flüssigen weissglühenden Sonnenkörper ausgeht. Die glühenden Gase der Sonnenatmosphäre halten alle die Lichtstrahlen zurück, welche sie selbst aussenden, und das farbige Sonnenspectrum zeigt daher dunkle Linien oder Schatten. Sobald ein chemisches Element in der Atmosphäre der Sonne aufgefunden war, ergab sich von selbst, die Spectren anderer Elemente mit dem Sonnenspectrum zu vergleichen, und man hat auf diese Weise bis jetzt die Gegenwart von Wasserstoff, Natrium, Baryum, Calcium, Magnesium, Aluminium, Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel, Chrom, Zink, Kupfer und Titan in der Sonnenatmosphäre nachgewiesen und zwar mit dem Grade von Gewissheit, den man überhaupt in irgend einem Probleme der Naturwissenschaft erreichen kann.

Durch die Spectralanalyse hat man weiter noch gefunden, dass die Metallatmosphäre der Sonne wiederum von einer Wasserstoffhülle umgeben ist und dass in beiden Schichten fortwährend die heftigsten Bewegungen stattfinden, und glühender Wasserstoff und Metaldämpfe Tausende von Meilen emporgeschleudert werden und so die unter dem Namen der Protuberanzen bekannten flammenähnlichen Auswüchse am Sonnenrand erzeugen.

Auf demselben Wege lässt sich die chemische Zusammensetzung der Fixsternatmosphären ermitteln, nur sind die experimentellen Schwierigkeiten hier viel grösser und die bis jetzt erlangten Ergebnisse noch unvollständig und zum Theil

nicht ganz sicher. Die dunklen Linien in den Fixsternspectren sind sowohl von denen der Sonne als auch unter sich verschieden, und folglich sind wir zum Schluss berechtigt, dass die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre der verschiedenen Fixsterne nicht dieselbe ist. Nur einige der hellsten Fixsterne sind genauer untersucht; unter diesen enthält der Aldebaran (im Sternbilde des Stieres) Wasserstoff, Natrium, Magnesium, Calcium, Eisen, Tellur, Antimon, Wismuth und Quecksilber; im glänzenden Sirius hat man dagegen bis jetzt nur Wasserstoff, Natrium und Magnesium mit Sicherheit aufgefunden.

Eine höchst merkwürdige Beobachtung wurde in der neuesten Zeit gemacht; am 15. Mai 1866 erschien plötzlich im Sternbilde der nördlichen Krone ein neuer Stern der dritten Grösse. Das Spectrum desselben wurde von Huggins und Miller in London, denen wir überhaupt unsere Kenntnisse über die chemische Natur der Fixsterne verdanken, genau untersucht; dieselben fanden, dass dasselbe aus zwei Spectren bestand; das Hauptspectrum war wie das der Sonne ein farbiger Streifen mit dunklen Linien, und das zweite bestand aus drei hellen Linien, welche mit denen des Wasserstoffs übereinstimmten. Dieser neue Stern hatte hiernach eine sehr eigenthümliche physikalische Beschaffenheit; wie die Sonne musste er aus einem festen oder flüssigen Kerne, der von einer Gasatmosphäre umgeben ist, bestehen, und ausserdem hatte ein plötzlicher Ausbruch eines brennenden Gases, höchst wahrscheinlich Wasserstoff, stattgefunden.

Das Licht dieses Sternes nahm sehr schnell ab, so dass er am 24. Mai nur noch mit dem Fernrohr sichtbar war; hierbei verschwanden die hellen Linien, aber das andere Spectrum blieb. Zur Erklärung dieser Erscheinung müssen wir annehmen, dass durch eine heftige Umwälzung in diesem Himmelskörper sich plötzlich eine bedeutende Menge Wasserstoff entwickelte, dass derselbe sich entzündete und die ganze Masse des Sternes aufs Heftigste erhitzte; aber sobald dieses Gas verbrannt war, trat Abkühlung ein, und der Stern erblich.

Eine ähnliche Erscheinung wurde im November 1876 gemacht, wo im Sternbilde des Schwans plötzlich ein heller Stern erschien, dessen Spectrum die hellen Linien des Wasserstoffs, Natriums und Magnesiums zeigte, und welcher ebenfalls wieder rasch verblich.

Ausser Planeten und Fixsternen beobachtet man am Himmel



die sogenannten Nebelflecke, welche die Astronomen in zwei Gruppen bringen; die einen lösen sich bei starker Vergrößerung gerade wie die Milchstrasse in einzelne Sternhaufen auf; die anderen, welche planetarische Nebel genannt werden, lassen nichts Ungleichartiges in sich erkennen, und ihre Spectren bestehen aus drei hellen Linien, worunter eine dem Wasserstoff und die zweite dem Stickstoff angehört; die Ursache der dritten, die in einigen fehlt, ist noch nicht ermittelt. Dieselben bestehen demnach aus glühender gasförmiger Materie und befinden sich in demselben Zustande, in dem nach der allgemein angenommenen Ansicht unser Sonnensystem sich einmal befunden haben muss. Auch einige Kometen sind durch das Spectroskop untersucht worden; die Kerne derselben zeigen ein aus hellen Linien gebildetes Spectrum und bestehen demnach aus glühenden Gasen.

Erst seit 1860 ist die Spectralanalyse in die Wissenschaft eingeführt; wir dürfen demnach, wenn wir auf die bis jetzt schon gewonnenen Resultate zurückblicken, erwarten, dass ihre weitere Ausbildung und Vervollkommnung uns noch grosse Entdeckungen bringen wird.

CHEMIE  
DER  
KOHLENSTOFFVERBINDUNGEN  
ODER  
ORGANISCHE CHEMIE.

---

Der Kohlenstoff ist der wichtigste und charakteristischste Bestandtheil des Thier- und Pflanzenkörpers. Wenn irgend ein organisirtes Gebilde bei Luftabschluss zum Glühen erhitzt wird, so bleibt Kohlenstoff in Form von amorpher, poröser Kohle zurück. Die Thier- und Pflanzenstoffe sind vorzugsweise das Material, um andere Kohlenstoffverbindungen darzustellen. Die Anzahl derselben ist ausserordentlich gross, grösser als die Verbindungen aller anderen Elemente zusammen genommen und dieselbe vermehrt sich noch täglich durch neue entdeckte. Die Substanzen, welche den Thier- und Pflanzenkörper zusammensetzen, sowohl als die meisten Verbindungen, welche man durch chemische Veränderungen daraus darstellen kann, besitzen gewisse Eigenthümlichkeiten; sie unterscheiden sich in verschiedener Beziehung von den Mineralkörpern. Man glaubte früher, dass dies davon herrühre, dass sie durch den Lebensprocess gebildet werden und nahm an, dass ein wesentlicher Unterschied bestehe zwischen organischen und unorganischen Körpern und theilte demnach die Chemie in organische und unorganische Chemie. So fand man, dass, während

unorganische Verbindungen sich eben so leicht in ihre Elemente zerlegen, als auch wieder daraus aufbauen liessen, die Synthese organischer Substanzen mit Schwierigkeiten verknüpft, welche zu einer Zeit so unüberwindlich schienen, dass man zur Annahme geführt wurde, die Elemente in der lebenden Natur folgten ganz anderen Gesetzen, als in der leblosen, und dass man zwar die im lebenden Körper erzeugten Verbindungen in andere organische Verbindungen umwandeln, solche aber nicht aus den Elementen darstellen könne.

Die weitere Entwicklung der Chemie zeigte aber bald, dass eine solche Ansicht falsch war; man erlangte eine nähere Einsicht in die Constitution der organischen Substanzen und fand Wege, auch im Organismus erzeugte Verbindungen synthetisch darzustellen.

Gewisse organische Körper unterscheiden sich allerdings wesentlich durch ihre Structur von allen anderen Substanzen; man nennt dieselben organisirt. Die einfache Zelle, der Keim des lebenden Organismus, zeigt diese organisirte Structur, welche ein Product des Lebensprocesses ist und nicht künstlich erzeugt werden kann; krystallisirte und flüssige organische Verbindungen sind dagegen schon in so grosser Menge durch einfache Synthesen erhalten worden, dass es keinem Zweifel mehr unterliegt, dass alle dieselben sich künstlich darstellen lassen.

Das besondere Verhalten, welches die im lebenden Organismus erzeugten Verbindungen auszeichnet, beruht nur darauf, dass sie Kohlenstoffverbindungen sind und die Ursache muss demnach in der chemischen Natur des Kohlenstoffs zu suchen sein. Die meisten, namentlich die natürlich vorkommenden enthalten nur wenige Elemente; die grösste Anzahl besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; in vielen kommt auch Stickstoff vor; manche enthalten nur Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff und ferner giebt es solche, welche nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt sind. Dabei ist die Zahl der Atome, welche ein Molecül bilden, häufig eine sehr grosse; so enthält Zucker 45 und Stearin 173 Atome.

Der Grund hiervon liegt darin, dass die Kohlenstoffatome die Eigenschaft, sich mit sich selbst mit einem Theil ihrer Verbindungseinheiten zu verbinden, in einem viel höheren Grade besitzen, als die Atome irgend eines anderen Elementes; eine sehr grosse Anzahl von Kohlenstoffatomen können sich zu einer Gruppe ver-

$\text{O, H, O}$   
 $\text{H, N, C.}$   
 $\text{CH}$

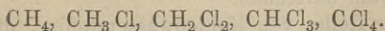
(Zucker)

einigen, welche in vielen Reactionen sich wie ein chemisches Ganzes verhält.

Der Kohlenstoff besitzt aber noch eine andere Eigenschaft, durch welche er sich von allen anderen Elementen unterscheidet: Alle freien Verbindungseinheiten einer solchen Atomgruppe können durch Wasserstoff gesättigt werden. Hieraus folgt, dass es eine sehr grosse Menge von Kohlenwasserstoffen giebt, während die anderen Elemente nur eine sehr beschränkte Anzahl von Wasserstoffverbindungen bilden. Die Kohlenwasserstoffe sind nicht nur die einfachsten Verbindungen des Kohlenstoffes, sondern auch für die Theorie die wichtigsten, da alle anderen Verbindungen dieses Elementes sich aus ihnen dadurch ableiten, dass Wasserstoff durch andere einfache oder zusammengesetzte Radicale vertreten ist. In der Mehrzahl der in der Natur vorkommenden ist ein Theil des Wasserstoffs durch Sauerstoff oder Hydroxyl, OH, ersetzt; in anderen ist Wasserstoff durch Stickstoff oder die einwerthige Gruppe NH<sub>2</sub> vertreten, aber nur bei den einfacheren Kohlenwasserstoffen kann aller Wasserstoff so ersetzt werden, und deshalb bildet Wasserstoff ebenfalls einen wesentlichen Bestandtheil der meisten Kohlenstoffverbindungen. Dieselben enthalten einen Rest des Kohlenwasserstoffs, von dem sie sich ableiten. Man kann daher den Theil der Chemie, den man bisher organische Chemie genannt hat, bezeichnen als: Die Chemie der Kohlenwasserstoffe und ihrer Derivate.

## Constitution der Kohlenstoffverbindungen.

Kohlenstoff ist ein vierwerthiges Element; die einfachste Verbindung desselben ist das Sumpfgas, CH<sub>4</sub>. Die vier darin enthaltenen Wasserstoffatome können durch andere Elemente ersetzt werden; durch Substitution des einwerthigen Chlors für Wasserstoff erhält man die folgenden Substitutionsproducte:

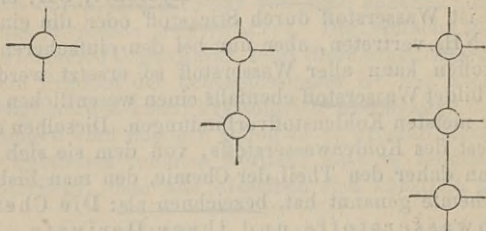


Die vier Verbindungseinheiten des Kohlenstoffatoms können aber auch durch zweiwerthige Elemente gesättigt werden, wie im Kohlendioxid, CO<sub>2</sub>, oder Schwefelkohlenstoff, CS<sub>2</sub>, oder durch ein dreiwerthiges und ein einwerthiges, wie in der Blausäure, CNH, u. s. w.

Verbinden sich zwei vierwerthige Kohlenstoffatome mit einander, so ist der einfachste Fall der, dass eine Verbindungseinheit des einen Atoms eine des zweiten sättigt und eine aus 2 Atomen bestehende Gruppe bildet, in welcher noch sechs Verbindungseinheiten frei sind, welche mit Wasserstoff gesättigt den Kohlenwasserstoff,  $C_2H_6$  bilden, von dem sich wie vom Sumpfgas eine Reihe von Verbindungen ableitet, welche alle die sechswerthige Gruppe  $C_2$  enthalten. Vereinigen sich auf dieselbe Weise drei Kohlenstoffatome, so sättigen sich von den darin enthaltenen Verbindungseinheiten vier gegenseitig, und die acht übrigen geben mit Wasserstoff gesättigt die Verbindung  $C_3H_8$ .

Die folgende graphische Darstellung dieser Atomgruppen wird die Weise ihrer Bildung noch deutlicher machen:

+ C vierwerthig       $C_2$  sechswerthig       $C_3$  achtwerthig

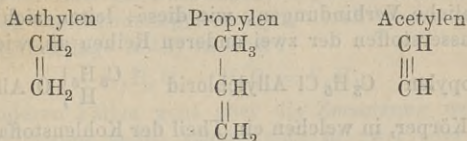


Treten vier Kohlenstoffatome in Verbindung, so bleiben 10 Verbindungseinheiten frei, welche mit Wasserstoff gesättigt den Kohlenwasserstoff,  $C_4H_{10}$ , geben u. s. w. Wie man sieht, unterscheidet sich ein jeder dieser Kohlenwasserstoffe vom vorhergehenden durch einen Mehrgehalt von  $CH_2$ , und in der That kann man, vom untersten Glied anfangend, durch Hinzufügung von  $CH_2$  diese homologe Reihe synthetisch aufbauen, und da sich das unterste Glied aus seinen Elementen zusammensetzen lässt, kann man kohlenstoffreiche organische Körper künstlich im Laboratorium darstellen.

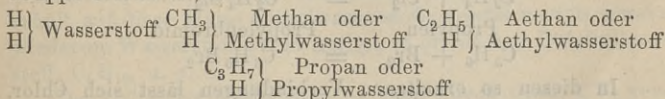
2) Mit dieser Reihe von Kohlenwasserstoffen, die die allgemeine Formel  $C_nH_{2n+2}$  haben, laufen andere Reihen parallel, welche weniger Wasserstoff enthalten; durch Austritt von zwei Atomen Wasserstoff entsteht die Reihe  $C_nH_{2n}$  und durch weiteren Austritt von zwei Atomen die Reihe  $C_nH_{2n-2}$ :

$C_n H_{2n+2}$	$C_n H_{2n}$	$C_n H_{2n-2}$
CH <sub>4</sub> Methan	—	—
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> Aethan	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Aethylen	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Acetylen
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> Propan	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Propylen	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> Allylen
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> Butan	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> Butylen	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> Crotonylen
u. s. w.	u. s. w.	u. s. w.

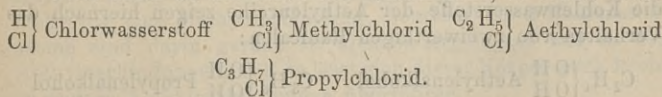
In den zwei letzteren Gruppen müssen die Kohlenstoffatome, von welchen Wasserstoff weggenommen wurde, sich mit den so frei gewordenen Verbindungseinheiten vereinigt haben:



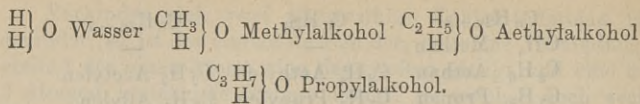
In einem jeden Kohlenwasserstoff lassen sich ein oder mehrere Atome Wasserstoff durch andere Elemente oder zusammengesetzte Radicale vertreten, und ein jeder derselben bildet den Ausgangspunkt für eine Reihe von Verbindungen, welche alle dieselbe Anzahl von Kohlenstoffatomen enthalten. Als einfachsten Fall haben wir hier, dass ein Atom Wasserstoff ersetzt wird; alle so erhaltenen Verbindungen enthalten eine gemeinschaftliche Atomgruppe oder ein Radical, welches ein Atom Wasserstoff weniger enthält als der ursprüngliche Kohlenwasserstoff, welchen man daher als die Wasserstoffverbindung des zusammengesetzten Radicals betrachten kann, oder als ein Molecül Wasserstoff, in welchem 1 Atom durch eine einwerthige Gruppe ersetzt ist, z. B.:



Tritt Chlor an die Stelle des Wasserstoffs, so erhält man:

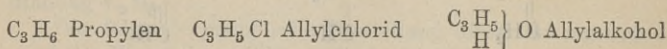


Statt Chlor kann man auch die Gruppe HO, das Hydroxyl, einführen und erhält so eine Reihe wichtiger Verbindungen, welche Alkohole genannt werden, und welche man als Wasser auffassen kann, in welchem Wasserstoff durch kohlenstoffhaltige Radicale ersetzt ist:

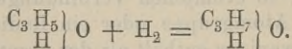


Dadurch, dass andere Elemente oder einwerthige Radicale Wasserstoff vertreten, erhält man eine grosse Reihe von Verbindungen, welche gewisse allgemeine Eigenschaften besitzen, die dadurch bedingt sind, dass sie dasselbe gemeinschaftliche Radical enthalten.

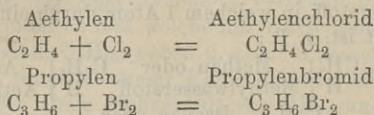
Aehnliche Verbindungen, wie diese, leiten sich von den Kohlenwasserstoffen der zwei anderen Reihen ab, wie:



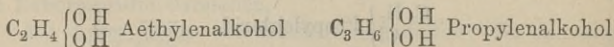
Alle Körper, in welchen ein Theil der Kohlenstoffatome mit einander durch mehr als eine Verbindungseinheit vereinigt ist, haben die Eigenschaft mit einander gemein, dass sie leicht in Verbindungen übergehen, in welchen die Kohlenstoffatome nur einfach gebunden sind. So vereinigt sich Acetylen mit Wasserstoff zu Aethylen, welches durch weitere Aufnahme von Wasserstoff in Aethan übergeht. Allylalkohol geht durch Addition von Wasserstoff in Propylalkohol über:



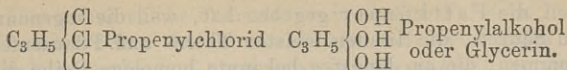
Noch leichter als mit Wasserstoff vereinigen sich diese Körper mit den Elementen der Chlorgruppe:



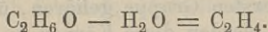
In diesen so erhaltenen Verbindungen lässt sich Chlor, Brom u. s. w. durch andere Elemente oder Radicale ersetzen; die Kohlenwasserstoffe der Aethylenreihe zeigen hiernach das Verhalten von zweiwerthigen Radicalen:



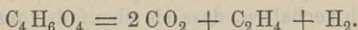
In anderen organischen Verbindungen hat man drei- und mehrwerthige Radicale aufzunehmen; das Propenyl,  $\text{C}_3\text{H}_5$ , enthält 3 Atome Wasserstoff weniger als der Propylwasserstoff und ist daher ein dreiwerthiges Radical, welches in den folgenden Verbindungen enthalten ist:



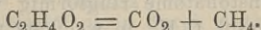
Die kohlenstoffhaltigen Radicale sind ebensowenig wie die unorganischen Radicale enger geschlossene, unveränderliche Atomgruppen, sondern dieselben können mannigfache Veränderungen erleiden. Bei vielen derselben bleibt die Kohlenstoffgruppe unangegriffen, aber aus einem einwerthigen Radicale wird ein zwei- oder mehrwerthiges; so geht Aethylalkohol, eine Verbindung des einwerthigen Aethyls, durch Wasserentziehung *(Säuerung)* in das zweiwerthige Aethylen über:



In anderen Fällen geht aber die Zersetzung weiter, die Kohlenstoffgruppe selbst spaltet sich in zwei oder mehrere Bruchstücke. So zerfällt z. B. die Bernsteinsäure durch Elektrolyse in Kohlendioxid, Aethylen und Wasserstoff:



Wird ein essigsäures Salz mit einem Alkali erhitzt, so bildet sich Kohlendioxid und Methylwasserstoff:



Während bei diesen Veränderungen kohlenstoffhaltige Radicale in mehrere gespalten werden, kann man umgekehrt durch Zusammenlagerung zweier kohlenstoffhaltiger Radicale Körper erhalten, welche sich wie Verbindungen eines einzigen Radicals verhalten. Man kann z. B. im Sumpfgas ein Atom Wasserstoff durch die einwerthige Gruppe Methyl ersetzen und erhält auf diese Weise Aethylwasserstoff; ersetzt man in diesem wiederum Wasserstoff durch Aethyl, so erhält man Butylwasserstoff,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , u. s. w.

Das Chlor des Methylchlorids kann durch Cyan, CN, vertreten werden; aber diese Verbindung,  $\text{CH}_3\text{CN}$ , verhält sich nicht mehr wie eine Methylverbindung, sondern die 2 Kohlenstoffatome sind darin gerade so aneinandergelagert wie in den Aethylverbindungen, und es lässt sich dieser Körper auch leicht in andere Aethylverbindungen überführen.

Durch solche Metamorphosen ist es möglich, aus Verbindungen, welche nur ein Atom Kohlenstoff im Molecül enthalten, kohlenstoffreichere Körper künstlich aufzubauen.

Alle Körper, welche die Kohlenstoffatome in einfacher Bindung enthalten, bilden eine grosse Gruppe, welcher man den



6. «Namen die Fettkörper gegeben hat, weil die sogenannten fetten Säuren, die in den meisten Thier- und Pflanzenfetten vorkommen, die am längsten bekannte homologe Reihe dieser Gruppe bilden. Charakteristisch für die hierhergehörigen Verbindungen ist, dass bei ihnen chemische Umsetzungen durch Substitution stattfinden, d. h. dass einzelne Atome oder Radicale austreten und andere ihre Stelle einnehmen.

Eine zweite Gruppe umfasst die sich davon ableitenden wasserstoffärmeren Verbindungen, die, wie schon erwähnt, die Eigenthümlichkeit haben, sich direct mit Wasserstoff, Chlor etc. zu verbinden und also durch Addition in Verbindungen, die zur ersten Gruppe gehören, übergehen. Wegen dieser Eigenschaft werden diese Körper auch ungesättigte A-Verbindungen genannt.

Es giebt aber ausserdem noch eine sehr grosse Zahl von Kohlenstoffverbindungen, welche verhältnissmässig viel reicher an Kohlenstoff sind, als die Fettkörper, sich aber den letzteren dadurch ähnlich verhalten, dass sie ebenfalls vorzugsweise Substitutionsproducte bilden. Man nennt dieselben kohlenstoffreichere Substanzen. In denselben sind, wie wir später sehen werden, die Kohlenstoffatome ringförmig vereinigt. Hierher gehört z. B. das Bencol,  $C_6H_6$ , in welchem von den 24 Verbindungseinheiten des Kohlenstoffs 18 mit einander und die übrigen 6 mit Wasserstoff verbunden sind.

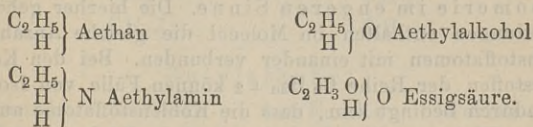
Alle Kohlenwasserstoffe enthalten eine gerade Anzahl von Wasserstoffatomen; es ist dies eine Folge der Vierwerthigkeit des Kohlenstoffs. Hieraus folgt weiter, dass die Summe der Atome von ein- und dreiwertigen Elementen, welche in dem Molecül einer Kohlenstoffverbindung enthalten sind, ebenfalls eine gerade Zahl sein muss.

### Empirische und rationelle Formeln.

Die Formel, durch welche man eine Verbindung darstellt, drückt die Moleculargrösse derselben aus. Auf einfachste Weise geschieht dies, dass man die Atomzeichen und deren Zahl neben einander schreibt, z. B.:

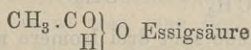
$C_2H_6$	Aethan
$C_2H_6O$	Aethylalkohol
$C_2H_7N$	Aethylamin
$C_2H_4O_2$	Essigsäure.

Man nennt solche Formeln empirische Formeln. Bei der ausserordentlichen Anzahl von Kohlenstoffverbindungen aber, bei welchen ausserdem noch so viele Fälle von Isomerie vorkommen, d. h. Verbindungen, welche bei gleicher Zusammensetzung ganz verschiedene physikalische und chemische Eigenschaften haben, ist es nothwendig, sich neben den empirischen Formeln noch anderer zu bedienen, welche man rationelle <sup>1</sup> Formeln nennt, und welche dazu dienen sollen, uns eine Vorstellung von der chemischen Natur des Körpers zu geben, und welche uns zeigen, in welcher Beziehung die Verbindung zu anderen Körpern steht. Man kann z. B. die oben angeführten Verbindungen durch folgende rationelle Formeln wiedergeben:



Dieselben zeigen, dass in den drei ersten Verbindungen <sup>775.</sup> die gemeinschaftliche Gruppe C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> <sup>α</sup> enthalten ist; dass dieselbe einwerthig ist, dass der Alkohol sich von Wasser auf die Weise ableitet, dass Wasserstoff darin durch Aethyl ersetzt ist, dass das Aethylamin eine dem Ammoniak ähnliche Constitution besitzt u. s. w. Die Formel für Essigsäure zeigt, dass dieselbe sich von Alkohol dadurch unterscheidet, dass zwei Wasserstoffatome des Aethyls durch ein Atom Sauerstoff ersetzt sind, dass dieselbe eine einbasische Säure ist u. s. w.

Diese Formeln drücken aber nicht alle Beziehungen der Körper aus, welche sie darstellen, und daher ist man öfters genöthigt, diese rationellen Formeln noch weiter aufzulösen, um zu zeigen, wie die verschiedenen Elemente und Atomgruppen an jedes Kohlenstoffatom gelagert sind. Die Formel <sup>β</sup> für Essigsäure wird in diesem Falle:



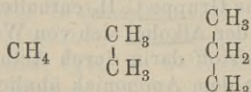
und dieselbe drückt aus, dass die Essigsäure zwei mit einander verbundene Atome Kohlenstoff enthält, dass das eine Atom mit drei Atomen Wasserstoff und das andere mit einem Atom des zweiwerthigen Sauerstoffs und dem einwerthigen Radical HO verbunden ist. Im Folgenden werden wir uns je nach Umständen empirischer Formeln sowohl als verschiedener ratio-

neller bedienen; dieselben sollen nicht ausdrücken, wie die Atome zu einem Molecül wirklich zusammengelagert sind, sondern sie sollen nur ein klares Bild von dem chemischen Verhalten des betreffenden Körpers geben.

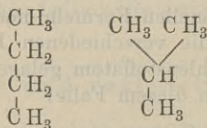
(Isomerie.)

Kohlenstoffverbindungen, welche bei gleicher procentiger Zusammensetzung verschiedene chemische und physikalische Eigenschaften besitzen, nennt man isomer; dieselben zerfallen in verschiedene Gruppen.

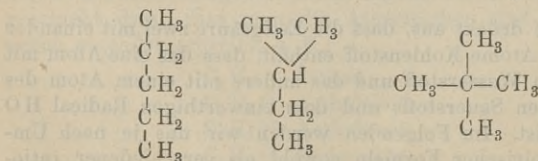
- 2 Isomerie im engeren Sinne. Die hierher gehörigen Verbindungen enthalten im Molecül die gleiche Anzahl von Kohlenstoffatomen mit einander verbunden. Bei den Kohlenwasserstoffen der Reihe  $C_n H_{2n+2}$  können Fälle von Isomerie nur dadurch bedingt sein, dass die Kohlenstoffatome auf verschiedene Weise an einander gelagert sind; die drei ersten Glieder haben keine Isomeren:



- Das vierte Glied,  $C_4 H_{10}$ , leitet sich vom dritten dadurch ab, dass in dem letzteren ein Atom Wasserstoff durch die Gruppe  $CH_3$  ersetzt wird; diese Ersetzung kann nun entweder an einem Kohlenstoffatome, welches am Ende der Kette liegt, stattfinden oder an dem mittleren Kohlenstoffatome und man erhält so die Isomeren:



- 7 Vom nächsten Gliede sind drei Isomere möglich:



Bei den höheren Gliedern der Reihe steigt die Zahl der möglichen Isomerien sehr rasch.

Von diesen Kohlenwasserstoffen leiten sich die Verbindungen aus der Fettkörpergruppe dadurch ab, dass ein oder mehrere Atome Wasserstoff durch andere Elemente oder durch Atomgruppen ersetzt sind; je nachdem nun diese Ersetzung an verschiedenen Kohlenstoffatomen stattfindet, ergeben sich eine grosse Anzahl von Isomerien, von welchen einige einfache Fälle durch nachstehende Formeln erläutert sind:

Propyljodid

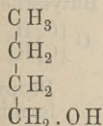


Isopropyljodid

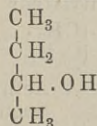


Butylalkohol.

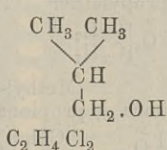
Normal



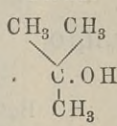
Secundär



Aus Fuselöl



Tertiär



Aethylenchlorid



Aethyldichlorid



Bei ungesättigten Verbindungen wird die Anzahl der möglichen Isomerien noch dadurch grösser, dass Wasserstoffatome an verschiedenen Stellen fehlen können.

Die Isomerien der aromatischen Substanzen beruhen auf denselben Ursachen wie die der Fettkörper.

**Polymerie.** Verbindungen, welche bei gleicher Zusammensetzung verschiedene Moleculargewichte besitzen, nennt man polymer; so kennt man eine Reihe homologer Kohlenwasserstoffe, welche auf je 1 Atom Kohlenstoff 2 Atome Wasserstoff enthalten:

- Aethylen . . .  $\text{C}_2 \text{H}_4$
- Propylen . . .  $\text{C}_3 \text{H}_6$
- Butylen . . .  $\text{C}_4 \text{H}_8$
- Pentylen . . .  $\text{C}_5 \text{H}_{10}$

u. s. w.

Ebenfalls polymer sind:

Aldehyd . . . . .  $C_2H_4O$

Metaldehyd . . . . .  $C_4H_8O_2$

Paraldehyd . . . . .  $C_6H_{12}O_3$ .

Metamerie. Körper von gleicher procentiger Zusammensetzung und demselben Moleculargewicht können auch dadurch entstehen, dass verschiedene kohlenstoffhaltige Radicale durch ein mehrwerthiges Element zusammengehalten werden; die hierher gehörigen Fälle sind ausserordentlich zahlreich. Als

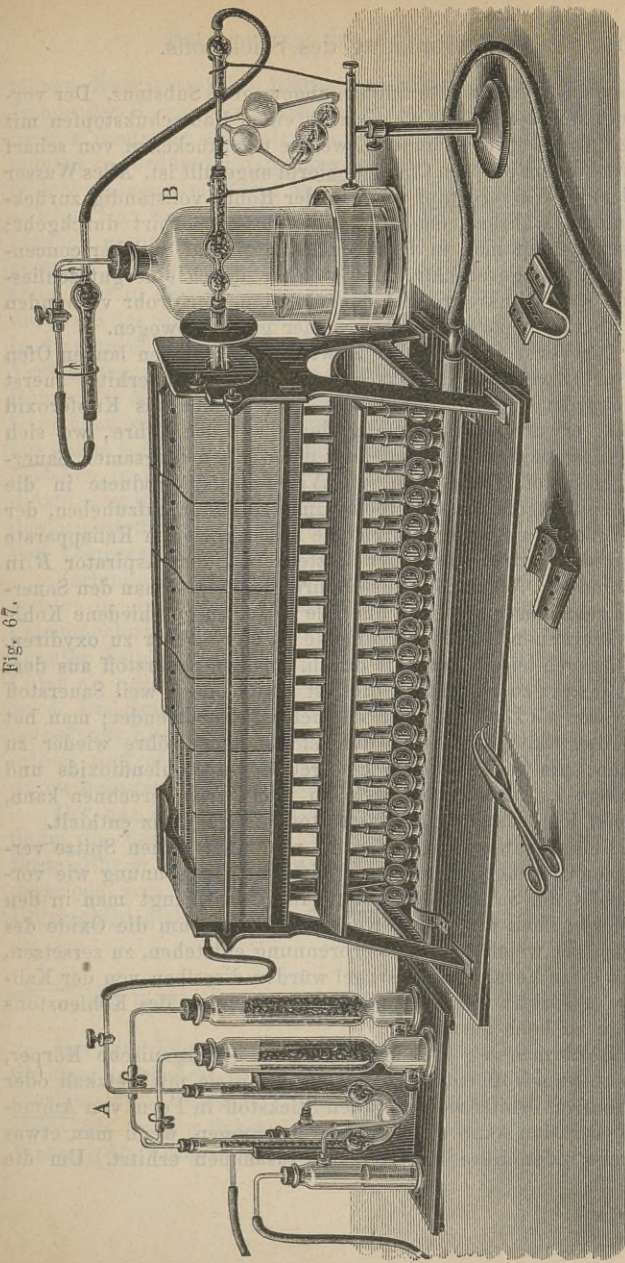
5. Erläuterung mögen folgende Beispiele dienen:

Allgemeine Formel	Propylamin	Aethylmethylamin	Trimethylamin	
$C_3H_9N$	$N \begin{cases} C_3H_7 \\ H \\ H \end{cases}$	$N \begin{cases} C_2H_5 \\ CH_3 \\ H \end{cases}$	$N \begin{cases} CH_3 \\ CH_3 \\ CH_3 \end{cases}$	
	Dipropyläther	Methylpentyläther	Aethylbutyläther	
$C_6H_{14}O$	$O \begin{cases} C_3H_7 \\ C_3H_7 \end{cases}$	$O \begin{cases} CH_3 \\ C_5H_{11} \end{cases}$	$O \begin{cases} C_2H_5 \\ C_4H_9 \end{cases}$	
	Buttersäure	Methylpropionat	Aethylacetat	Propylformiat
$C_4H_8O_2$	$C_4H_7O \left. \begin{array}{l} \\ H \end{array} \right\} O$	$C_3H_5O \left. \begin{array}{l} CH_3 \\ \end{array} \right\} O$	$C_2H_3O \left. \begin{array}{l} C_2H_5 \\ \end{array} \right\} O$	$C_3H_7 \left. \begin{array}{l} \\ CHO \end{array} \right\} O$

### Organische Elementaranalyse.

Alle organischen Verbindungen enthalten Kohlenstoff und sind brennbar; ist hinreichend Sauerstoff vorhanden, so verbrennt der Kohlenstoff zu Kohlendioxid und der Wasserstoff zu Wasser; dies ist immer der Fall, wenn ein kohlenstoffhaltiger Körper mit einem Ueberschuss von glühendem Kupferoxid zusammenkommt, und hierauf ist die Methode begründet, deren man sich bedient, um die Menge des Kohlenstoffs und Wasserstoffs in einer organischen Verbindung zu ermitteln. Man benutzt zu einer solchen Verbrennungsanalyse eine an beiden Enden offene und gegen 60 cm lange Röhre von schwer schmelzbarem Kaligläse, deren hinteres Ende mit einem Trockenapparate (A) in Verbindung steht, durch welchen man nach Belieben Luft oder reinen Sauerstoff leiten kann. Den vorderen Theil der Röhre füllt man über die Hälfte mit gekörntem Kupferoxid an und bringt in den hinteren Theil die in einem

Fig. 67.



Porcellan- oder Platinschiffchen abgewogene Substanz. Der vordere Theil der Röhre wird durch einen Kautschukstopfen mit einer Kugelhöhre verbunden, welche mit Stückchen von scharf getrocknetem porösen Calciumchlorid angefüllt ist. Alles Wasser und aller Wasserdampf wird in der Röhre vollständig zurückgehalten, während das Kohlendioxid unabsorbirt durchgeht; dasselbe fängt man in dem Kugelapparate auf, welcher concentrirte Kalilauge enthält, und welcher durch eine gut schliessende Kautschukröhre mit dem Calciumchloridrohr verbunden ist. Beide Apparate werden vorher genau gewogen.

Die Verbrennungsröhre *A* wird dann in einen langen Ofen gebracht, welcher mit Gas geheizt wird. Man erhitzt zuerst den vorderen Theil der Röhre, und sobald das Kupferoxid glüht, erwärmt man allmählig den Theil der Röhre, wo sich die Substanz befindet, und lässt dabei einen langsamen Sauerstoffstrom eintreten, um die Verbrennungsproducte in die Absorptionsgefässe zu treiben. Um den Druck aufzuheben, der im Verbrennungsrohr durch die Flüssigkeit im Kaliapparate verursacht wird, steht der letztere mit dem Aspirator *B* in Verbindung. Wenn die ganze Röhre glüht, lässt man den Sauerstoff schneller eintreten, um alle etwa ausgeschiedene Kohle zu verbrennen und das reducirte Kupfer wieder zu oxydiren. Schliesslich leitet man Luft durch, um den Sauerstoff aus dem Kaliapparat zu entfernen; dies ist nothwendig, weil Sauerstoff schwerer als Luft ist. Der Versuch ist nun beendet; man hat nur den Kaliapparat und die Calciumchloridröhre wieder zu wägen, um die Gewichte des gebildeten Kohlendioxids und Wassers zu finden, aus welchen man leicht berechnen kann, wieviel Kohlenstoff und Wasserstoff die Substanz enthielt.

Flüssigkeiten wägt man in mit einer feinen Spitze versehenen Glaskügelchen ab, und leitet die Verbrennung wie vorher. Ist die Substanz stickstoffhaltig, so bringt man in den vorderen Theil der Röhre Kupferdrehspäne, um die Oxide des Stickstoffs, welche bei der Verbrennung entstehen, zu zersetzen. Ohne diese Vorsichtsmaassregel würden dieselben von der Kalilauge absorbirt werden, und die Bestimmung des Kohlenstoffs würde zu hoch ausfallen.

Bestimmung des Stickstoffs. — Organische Körper, welche Stickstoff enthalten, geben, wenn sie mit Aetzkali oder Aetznatron erhitzt werden, allen Stickstoff in Form von Ammoniak ab. (Man kann sich hiervon überzeugen, wenn man etwas Eiweiss oder Käse mit Aetzkali zusammen erhitzt.) Um die

Menge des Stickstoffs zu bestimmen, glüht man eine gewogene Menge des Körpers in einer Glasröhre mit Natronkalk (einem innigen Gemische von Aetznatron und Aetzkalk), fängt das Ammoniak in verdünnter Salzsäure auf und verwandelt das so gebildete Ammoniumchlorid in das unlösliche Platindoppelsalz, welches man trocknet und wägt. 100 Gewichtstheile dieser Verbindung enthalten 6,27 Theile Stickstoff. Viele künstlich dargestellte organische Verbindungen enthalten den Stickstoff als Oxid, und in diesem Falle ist diese Methode unbrauchbar, weil die Oxide des Stickstoffs, mit Alkalien geglüht, nicht vollständig in Ammoniak verwandelt werden. Um den Stickstoff in solchen Verbindungen zu bestimmen, erhitzt man dieselben in einer Röhre mit Kupferoxid und etwas Quecksilberoxid, leitet die Gase über glühende Kupferspäne und fängt dieselben, welche aus einem Gemische von Kohlendioxid und reinem Stickstoffgas bestehen, in einer graduirten weiten Glasröhre auf; das Kohlendioxid lässt man durch Aetzkali absorbiren, bestimmt das Volum des Stickstoffs und berechnet daraus unter Berücksichtigung von Temperatur und Druck dessen Gewicht.

Verbindungen, welche Chlor (Brom und Jod) enthalten, werden in einer Glasröhre mit reinem Aetzkalk geglüht, wobei Calciumchlorid entsteht. Den Inhalt der Röhre löst man in verdünnter Salpetersäure auf, fällt daraus mit Silbernitrat das Chlor als Silberchlorid, welches nach dem Trocknen gewogen wird. Um Schwefel und Phosphor zu bestimmen, wird der betreffende Körper mit einem Gemische von Salpeter und Soda erhitzt und die gebildete Schwefelsäure oder Phosphorsäure durch bekannte Methoden bestimmt. 3.

Der Sauerstoff kann nicht direct bestimmt werden; man findet die Menge desselben dadurch, dass man alle sonstigen Bestandtheile der Verbindung genau ermittelt und das Gewicht derselben vom Gewicht der analysirten Substanz abzieht; der Unterschied giebt das Gewicht des Sauerstoffs.

### Ermittlung der Molecularformel.

Um die Ergebnisse verschiedener Analysen besser vergleichen zu können, berechnet man die gefundene Zahl auf 100 Gewichtstheile Substanz. So gab eine Verbrennung der Essigsäure für 0,395 g Substanz 0,580 g Kohlendioxid und 0,235 g Wasser; die Essigsäure enthält also in 100 Theilen: 7.



Kohlenstoff . . . .	40,0
Wasserstoff . . . .	6,6
Sauerstoff . . . .	53,4 (durch Differenz)
	<hr/> 100,0

α Theilt man diese Zahlen durch die Atomgewichte der betreffenden Elemente, so findet man, in welchem Verhältnisse die Anzahl der Atome der Elemente in der Essigsäure enthalten sind:

$$\frac{40}{11,97} = 3,3 \quad \frac{6,6}{1} = 6,6 \quad \frac{53,4}{15,96} = 3,3.$$

Die Essigsäure enthält demnach eine gleiche Anzahl von Kohlenstoff- und Sauerstoffatomen und doppelt so viel Atome Wasserstoff, und die einfachste Formel für diese Verbindung ist daher  $\text{CH}_2\text{O}$ .

β Ob aber dieselbe oder ein Vielfaches die Molecularformel der Essigsäure ist, darüber kann uns die Analyse keinen Aufschluss geben. Um dieses zu entscheiden, muss man andere Hilfsmittel zu Rathe ziehen, namentlich das chemische Verhalten des Körpers. Hat man es, wie in diesem Falle, mit einer Säure zu thun, so ist vor allem zu finden, ob dieselbe ein- oder mehrbasisch ist. Die Essigsäure ist einbasisch; dieselbe bildet nur eine Reihe von Salzen, und es ist deshalb nur erforderlich, die Menge vom Metall, welche in einem wasserfreien Salze der Essigsäure enthalten ist, zu bestimmen, um das Moleculargewicht zu finden. Die Silbersalze eignen sich am besten hierzu, da dieselben leicht rein zu erhalten sind und gewöhnlich ohne Wassergehalt krystallisiren.

100 Thle. Silberacetat hinterlassen beim Glühen 64,6 Thle. reines Silber; das Moleculargewicht dieses Salzes ist daher:

$$\frac{100 \times 107,66}{64,6} = 166,66,$$

und da dasselbe Essigsäure ist, in welchem 1 Atom Wasserstoff durch 1 Atom Silber ersetzt ist, so ist das Moleculargewicht der Säure:

$$(166,66 - 107,66) + 1 = 60,$$

und hieraus ergibt sich die Molecularformel  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ :

$$\begin{array}{r} \text{C}_2 = 23,94 \\ \text{H}_4 = 4,00 \\ \text{O}_2 = 31,92 \\ \hline 59,86 \end{array}$$

Viele organische Verbindungen sind Basen, welche analog dem Ammoniak sich direct mit Säuren verbinden und ebenso Platindoppelsalze bilden. Dadurch, dass man in diesen Salzen die Menge der Chlorwasserstoffsäure oder des Platins ermittelt, lässt sich ebenfalls leicht das Moleculargewicht der Verbindung feststellen.

Die Mehrzahl der organischen Verbindungen sind weder Säuren noch Basen, und in vielen Fällen ist es nicht leicht, die Grösse des Moleculargewichtes zu ermitteln, besonders wenn der betreffende Körper weder flüchtig ist, noch bestimmte Verbindungen eingeht, und nur ein genaues Studium der chemischen Metamorphosen kann hier zum Ziele führen. Die Moleculargrösse von Körpern, welche ohne Zersetzung flüchtig sind, kann dagegen auf sehr einfache Weise gefunden werden; man hat nur die Dampfdichte der Verbindung zu bestimmen, d. h. wieviel mal schwerer als Wasserstoff der Dampf des Körpers ist, da bei allen organischen Verbindungen der Satz gilt, dass das Moleculargewicht derselben im Gaszustande denselben Raum einnimmt, wie 2 Gewichtstheile Wasserstoff.

Die Dampfdichte der Essigsäure wurde durch den Versuch bestimmt und gleich 30,07 gefunden, das Molecül der Essigsäure wiegt daher  $30,07 \times 2 = 60,14$ , eine Zahl, welche mit der, welche wir aus chemischen Betrachtungen abgeleitet haben, vollkommen übereinstimmt. Die Verbrennungsanalyse gab als einfachste Formel für Acetal  $C_3H_7O$ ; dieselbe enthält eine ungerade Zahl von Wasserstoffatomen; die richtige Formel muss daher ein Vielfaches derselben mit einer geraden Zahl sein; nun wurde die Dampfdichte des Acetal zu 59,8 gefunden und folglich das Moleculargewicht  $= 2 \times 59,8 = 119,6$ . Die Formel  $C_6H_{14}O_2$  giebt das Moleculargewicht 117,7, eine Zahl, welche hinlänglich genau mit der Versuchszahl übereinstimmt, da bei solchen Bestimmungen kleine Fehler nicht zu vermeiden sind, welche indessen innerhalb gewisser Grenzen liegen und den Werth dieser Methode nicht beeinträchtigen.

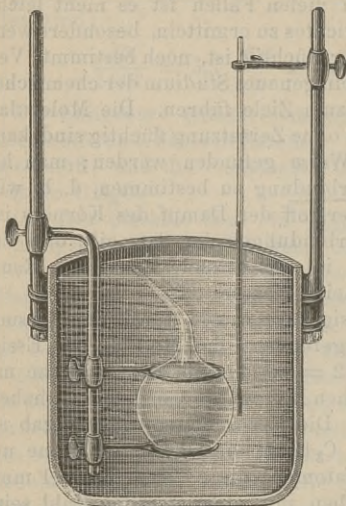
### Bestimmung der Dampfdichte.

Um die Dampfdichte eines Körpers zu bestimmen, kann man nach zwei verschiedenen Methoden verfahren. Man er-

mittelt entweder das Gewicht eines bestimmten Volums des Dampfes, oder man findet das Volum, welches ein gegebenes Gewicht des Dampfes einnimmt.

3. Für die erste Methode gebraucht man leichte Glasballons, deren Rauminhalt 200 bis 300 CC. beträgt und deren Hals zu

Fig. 68.



einer feinen Spitze ausgezogen ist. Der mit trockner Luft gefüllte Ballon wird gewogen und die Temperatur während des Wägens beobachtet; dann füllt man in denselben eine kleine Menge (5 bis 10 g) der Substanz, deren Dampfdichte ermittelt werden soll, taucht ihn in ein Oel- oder Paraffinbad, Fig. 68, und erhitzt dasselbe, bis die Temperatur auf wenigstens  $30^{\circ}$  über den Siedepunkt der Substanz gestiegen ist. Der Dampf der kochenden Flüssigkeit treibt die Luft vollständig aus, und sobald kein Dampf mehr ausströmt, schmilzt man

die Spitze mit der Löthrohrflamme zu, nimmt den Ballon heraus, reinigt ihn und wägt ihn nach dem Erkalten. Die Temperatur des Bades beim Zuschmelzen muss ebenfalls genau abgelesen werden. Um den Rauminhalt des Ballons zu finden, bringt man die Spitze desselben unter Quecksilber und bricht sie ab; das Quecksilber steigt in das luftleere Gefäß und füllt es vollständig an.<sup>1</sup> Darauf leert man es in ein graduirtes Gefäß und bestimmt sein Volum. Aus den Versuchszahlen wird die Dampfdichte auf folgende Weise berechnet. Die angewandte Substanz sei z. B. der Kohlenwasserstoff,  $C_6 H_{14}$ .

Gewicht des Ballons mit Luft bei  $15,5^{\circ}$  = 23,449 g

„ „ „ „ Dampf „  $110^{\circ}$  = 23,720 „

Rauminhalt des Ballons = 178 ccm

1 cbcm Luft von  $0^{\circ}$  wiegt 0,001293 g; 178 cbcm von  $15,5^{\circ}$  wiegen daher  $\frac{0,001293 \times 178 \times 273}{288,5} = 0,218$  g.

Fig. 68 a.

Folglich ist das Gewicht des luftleeren Ballons:

$$23,449 - 0,218 = 23,231$$

und das des Dampfes

$$23,720 - 23,231 = 0,489$$

1 cbcm Wasserstoff von  $0^{\circ}$  wiegt 0,00008936 g und 178 cbcm von  $110^{\circ}$  wiegen

$$\frac{178 \times 0,00008936 \times 273}{383} = 0,01134$$

Hieraus ergibt sich die Dampfdichte

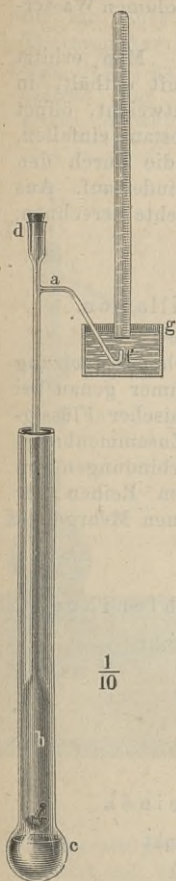
$$\frac{0,489}{0,01134} = 43,12, \text{ und das Moleculargewicht}$$

der Substanz ist daher  $43,12 \times 2 = 86,24$ , während es sich aus der Formel  $C_6 H_{14}$  zu 85,8 berechnet.

Bei genaueren Bestimmungen ist es nöthig, den Barometerstand zu beobachten; da derselbe während der Dauer des Versuchs sich gewöhnlich nicht oder nur unbedeutend verändert, so hat man bei gewöhnlichen Dampfdichtebestimmungen hierauf keine Rücksicht zu nehmen, da die Resultate genau genug werden, um das Moleculargewicht zu finden.

Bei der zweiten Methode benutzt man eine etwa einen Meter lange calibrirte Glasröhre, die an einem Ende zugeschmolzen ist, füllt dieselbe mit Quecksilber und stülpt sie in einer Quecksilberwanne um. Man erhält so eine Barometerleere, in welche man die in einem mit eingeschliflenen Stopfen versehenen Glasröhrchen enthaltene Substanz aufsteigen lässt. Um sie in Dampf zu verwandeln, ist der obere Theil der Röhre mit einer weiteren Röhre umgeben, durch welche man den Dampf einer constant siedenden Flüssigkeit streichen lässt. Für

Körper, die unter  $150^{\circ}$  sieden, benutzt man Wasserdampf, da dieselben unter dem geringen Druck in der Barometerleere vollständig bei  $100^{\circ}$  verdampfen; für höher siedende Körper



wendet man Amylalkohol an, der bei  $132^{\circ}$  siedet, oder das bei  $182^{\circ}$  siedende Anilin. Sowie das Volum des Dampfes constant bleibt, liest man dasselbe, sowie die Höhe der Quecksilbersäule und den Barometerstand ab und vergleicht dann das Gewicht des Dampfes mit dem eines gleichen Volumen Wasserstoff, unter denselben Umständen gemessen.

Noch einfacher ist folgendes Verfahren. Man erhitzt <sup>β</sup> das Glasgefäß *b*, Fig. 68 a, welches nur Luft enthält, in dem Siedekolben *c*, bis keine Luft mehr entweicht, öffnet dann den Stopfen bei *d*, lässt die gewogene Substanz einfallen, setzt den Stopfen wieder ein und sammelt die durch den Dampf verdrängte Luft in einem graduirten Cylinder auf. Aus ihrem Volum lässt sich dann leicht die Dampfdichte berechnen.

### Siedepunkt und fractionirte Destillation.

5. Eine jede chemische Verbindung, welche ohne Zersetzung flüchtig ist, siedet unter demselben Druck immer genau bei derselben Temperatur; die Siedepunkte organischer Flüssigkeiten stehen in vielen Fällen im gewissen Zusammenhange mit der Zusammensetzung, namentlich bei Verbindungen von analoger Constitution. So steigt in homologen Reihen der Siedepunkt mehr oder weniger rasch für je einen Mehrgehalt von  $\text{CH}_2$ , wie folgende Beispiele zeigen:

#### Kohlenwasserstoffe aus Steinkohlentheer.

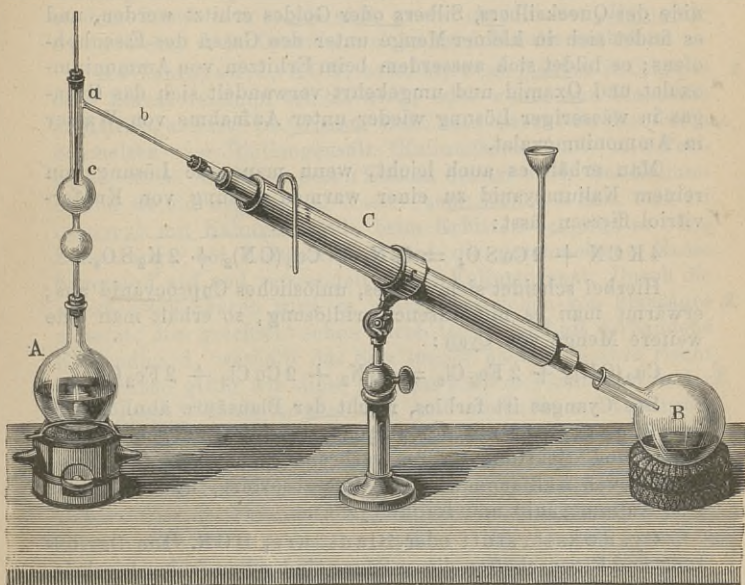
	Siedepunkt
Benzol . . . . $\text{C}_6 \text{H}_6$ . . . .	$81^{\circ}$
Toluol . . . . $\text{C}_7 \text{H}_8$ . . . .	$111^{\circ}$
Xylol . . . . $\text{C}_8 \text{H}_{10}$ . . . .	$139^{\circ}$
Pseudocumol. $\text{C}_9 \text{H}_{12}$ . . . .	$166^{\circ}$

#### Kohlenwasserstoffe aus Steinöl.

	Siedepunkt
Butan . . . . $\text{C}_4 \text{H}_{10}$ . . . .	$1^{\circ}$
Pentan . . . . $\text{C}_5 \text{H}_{12}$ . . . .	$38^{\circ}$
Hexan . . . . $\text{C}_6 \text{H}_{14}$ . . . .	$70^{\circ}$
Heptan . . . . $\text{C}_7 \text{H}_{16}$ . . . .	$99^{\circ}$
Octan . . . . $\text{C}_8 \text{H}_{18}$ . . . .	$124^{\circ}$

Hat man ein Gemisch solcher Verbindungen, ein Fall, welcher sehr häufig vorkommt, so kann man die einzelnen Verbindungen daraus durch fractionirte Destillation ab- 6.  
 scheiden. Man destillirt das Gemenge aus einer Kochflasche, die mit einer Kugelhöhre versehen ist, in welcher sich das Thermometer befindet; eine seitliche Ausflussröhre gestattet dem Dampf zu entweichen; derselbe wird durch Abkühlen verdichtet, Fig. 69. Während der Destillation steigt der Siedepunkt fortwährend; man fängt das, was innerhalb gewisser

Fig. 69



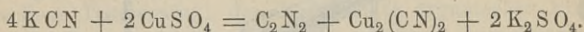
Temperaturgrenzen, z. B. von 5 zu 5°, übergeht, für sich gesondert auf, unterwirft die Destillate einer neuen fractionirten Destillation, indem man wieder die Antheile, welche innerhalb einer bestimmten Temperatur destilliren, wieder für sich auf- fängt und damit so lange fortfährt, bis man reine Substanzen mit constantem Siedepunkte erhalten hat.

## I. Cyanverbindungen.

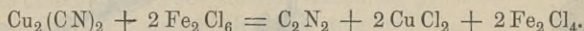
Das Cyan, CN, ist eines der einfachsten kohlenstoffhaltigen Radicale; es ist einwerthig, da die 3 Verbindungseinheiten des Stickstoffs mit 3 des vierwerthigen Kohlenstoffs gesättigt sind. Die Bildung der Cyanverbindungen wurde schon im unorganischen Theile erwähnt, wo auch mehrere der einfachen Verbindungen beschrieben sind.

1. Cyangas oder Dicyan,  $\begin{cases} \text{CN} \\ \text{CN} \end{cases}$ , erhält man, wenn die Cyanide des Quecksilbers, Silbers oder Goldes erhitzt werden, und es findet sich in kleiner Menge unter den Gasen des Eisenhohofens; es bildet sich ausserdem beim Erhitzen von Ammoniumoxalat und Oxamid und umgekehrt verwandelt sich das Cyangas in wässriger Lösung wieder unter Aufnahme von Wasser in Ammoniumoxalat.

Man erhält es auch leicht, wenn man eine Lösung von reinem Kaliumcyanid zu einer warmen Lösung von Kupfervitriol fließen lässt:



Hierbei scheidet sich weisses, unlösliches Cuprocyanid aus; erwärmt man es mit Eisenchloridlösung, so erhält man eine weitere Menge von Cyan:



2. Das Cyangas ist farblos, riecht der Blausäure ähnlich und ist giftig; es verbrennt mit purpurfarbener Flamme zu Kohlendioxid und Stickstoff. Kalium verbrennt in Cyangas zu Kaliumcyanid; von Kalilauge wird das Gas absorbirt, und es bilden sich Kaliumcyanid und Kaliumcyanat.

2. Cyanwasserstoff oder Blausäure, HCN. Die Darstellung und Eigenschaften dieser Säure sind schon früher beschrieben worden. Die concentrirte reine Blausäure ist ein sehr unbeständiger Körper und zersetzt sich leicht. In wässriger Lösung, namentlich in Gegenwart eines Alkalis, verwandelt sie sich unter Aufnahme von Wasser in Ameisensäure und Ammoniak. Von Chlor und Brom wird die Blausäure in Cyanchlorid oder Cyanbromid verwandelt. Die geringste Menge von Blausäure lässt sich leicht dadurch nachweisen, dass man dieselbe in Berlinerblau verwandelt. Man setzt zu der zu prüfenden Flüssigkeit einige Tropfen einer Lösung, welche ein Ferro- und

ein Ferrisalz enthält (an der Luft oxydirte Eisenvitriollösung), dann etwas Natronlauge und zuletzt einen Ueberschuss von Salzsäure. Ist Blausäure in der Flüssigkeit vorhanden, so nimmt dieselbe eine blaue Farbe an, und es setzt sich nach einiger Zeit ein tiefblauer Niederschlag daraus ab. Verdampft man verdünnte Blausäure, zu der man einige Tropfen gelbes Ammoniumsulfid gesetzt hat, vorsichtig zur Trockne und fügt sodann einen Tropfen Ferrichloridlösung hinzu, so nimmt die Flüssigkeit eine blutrothe Färbung an.

Die einfachen Metallcyanide erhält man durch Einwirkung wässriger Blausäure auf Oxide oder Hydroxide; ausserdem kennt man noch eine grosse Anzahl von Doppelcyaniden, d. h. Cyanide, welche zwei Metalle enthalten.

Kaliumcyanid, KCN, entsteht, wenn Kalium in Cyangas oder Blausäuredampf erhitzt wird, oder wenn man Blausäure zu Kalilauge setzt. Im Grossen stellt man dieses Salz dar durch Schmelzen von Blutlaugensalz (Kaliumferrocyanid) mit Pottasche, wobei das Eisen durch Kalium ersetzt wird. Das Kaliumcyanid ist ein weisses, in Wasser sehr lösliches Salz und ist isomorph mit Kaliumchlorid; beim Erhitzen schmilzt es ohne Zersetzung; bei Luftzutritt nimmt die geschmolzene Masse Sauerstoff auf und verwandelt sich in Kaliumcyanat. Durch die schwächsten Säuren wird es unter Entweichen von Blausäure zersetzt; dies geschieht schon durch das in der Luft vorhandene Kohlendioxid, weshalb das Salz immer nach Blausäure riecht und ebenso giftig wie diese ist. Das Kaliumcyanid wird in der Photographie häufig angewendet, um vom Licht nicht getroffenes und daher unverändertes Silberchlorid aufzulösen. In Silbersalzen erzeugt eine Kaliumcyanidlösung zuerst einen käsigen Niederschlag von Silbercyanid, welcher sich leicht in einem Ueberschuss des Fällungsmittels auflöst, indem lösliches Kaliumsilbercyanid,  $KCN + AgCN$ , entsteht. Man benutzt diese Lösung zur galvanischen Versilberung, und das lösliche Kaliumgoldeyanid,  $KCN + AuCN$ , dient zur Vergoldung. Natrium- und Ammoniumcyanid sind ebenfalls sehr lösliche und giftige Salze.

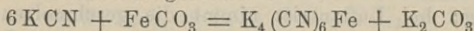
Quecksilbercyanid,  $Hg \begin{cases} CN \\ CN \end{cases}$ , ist ein in weissen Nadeln krystallisirendes Salz, das man durch Auflösen von rothem Quecksilberoxid in wässriger Blausäure erhält. Beim Erhitzen zerfällt es in Quecksilber und Cyngas; dabei bleibt eine braune Substanz zurück, welche Kohlenstoff und Stickstoff in dem



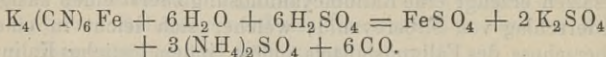
nämlichen Verhältnisse enthält, wie Cyan; man nennt diese Substanz Paracyan.

Alle anderen einfachen Cyanide der Schwermetalle sind in Wasser unlöslich; dieselben lösen sich aber in Lösungen der Cyanide der Alkalimetalle, und aus diesen Lösungen scheiden sich beim Verdampfen krystallisirte Doppelcyanide aus. Unter diesen Doppelcyaniden sind die des Kaliums und Eisens die wichtigsten; das Eisen ist darin auf eine andere Weise enthalten, als in den gewöhnlichen Eisensalzen; es wird nämlich daraus nicht durch solche Fällungsmittel, wie Ammoniak, Schwefelammonium u. s. w., niedergeschlagen. Aehnliche Verbindungen geben Kobalt und einige andere Metalle. Man nimmt in denselben metallhaltige Radicale an.

Kaliumferrocyanid,  $K_4(CN)_6Fe$ . Dieses Salz, welches gewöhnlich gelbes Blutlaugensalz genannt wird, stellt man fabrikmässig dar durch Erhitzen stickstoffhaltiger Thiersubstanzen, wie Haare, Klauen, Hufe, getrocknetes Blut u. s. w., mit Aetzkali. Die geschmolzene Masse wird mit Wasser ausgelaugt und zu der Lösung, die Kaliumcyanid enthält, frisch gefälltes Ferrocyanat gesetzt:



Das Salz bildet grosse, gelbe, quadratische Krystalle, welche 3 Molecüle Wasser enthalten; es ist nicht giftig und wirkt in grösserer Menge genommen schwach abführend. Zum Glühen erhitzt zersetzt es sich in Stickstoff, Kaliumcyanid und Kohlen-eisen. Erhitzt man es mit verdünnter Schwefelsäure, so entweicht Blausäure; heisse concentrirte Schwefelsäure entwickelt daraus reines Kohlenoxid:



Eine Blutlaugensalzlösung erzeugt in der Lösung eines Ferrosalzes einen weissen, an der Luft rasch blau werdenden Niederschlag; Ferrisalze werden tiefblau gefällt, indem Eisen-

kaliumferrocyanid,  $\left. \begin{matrix} \text{Fe}^{\text{VI}} \\ \text{K}_2 \end{matrix} \right\} [(CN)_6Fe]_2$ , entsteht, welches in Salzlösungen unlöslich ist, sich aber in reinem Wasser mit tiefblauer Farbe löst und lösliches Berlinerblau genannt wird; setzt man zu dieser Lösung ein Ferrosalz, so bildet sich das in

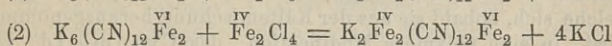
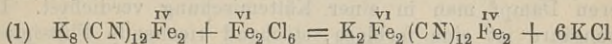
Wasser unlösliche Berlinerblau,  $\left. \begin{matrix} \text{Fe}^{\text{VI}} \\ \text{Fe}^{\text{II}} \end{matrix} \right\} [(CN)_6Fe]_2$ . In Kupfer-

*Handwritten notes:*  
 $2 K_4 Fe^{II} C_6 + 2 Fe^{II} C_6 = 12 KCl + (Fe_2) Fe_3 C_{12}$  reines Berlinerblau.  
 $2 K_4 Fe^{II} C_6 + Fe^{II} C_6 = 6 KCl + K_2 Fe^{II} Fe^{VI} C_{12}$  = lösl. Berl. blauer.  
 $K_2 Fe^{II} Fe^{VI} C_{12} + Fe^{II} C_6 = K_2 SO_4 + Fe^{II} Fe^{VI} C_{12}$  einl. Berlinerblau.  
 } mehr Lebens.

salzen erzeugt Blutlaugensalz einen rothbraunen Niederschlag von Kupferferrocyanid,  $\text{Cu}_2(\text{CN})_6\text{Fe}$ .

Ferrocyanwasserstoffsäure,  $\text{H}_4(\text{CN})_6\text{Fe}$ . Setzt man Salzsäure zu einer concentrirten Lösung von Blutlaugensalz, so scheidet sich diese Verbindung als weisser Niederschlag aus, welcher sich an der Luft rasch bläut. Aus weingeistiger Lösung kann diese Säure in grossen Krystallen erhalten werden. Sie ist eine starke Säure, welche kohlen-saure und essigsäure-Salze zersetzt.

Kaliumferricyanid,  $\text{K}_3(\text{CN})_6\text{Fe}$ . Leitet man Chlor durch eine Lösung des gelben Blutlaugensalzes, bis die Flüssigkeit Ferrisalze nicht mehr blau fällt, so erhält man eine Lösung der obigen Verbindung, welche man von dem zugleich entstandenen Kaliumchlorid durch Krystallisiren trennt. Das Kaliumferricyanid bildet grosse säulenförmige Krystalle, welche eine dunkelrothe Farbe besitzen, weshalb das Salz auch rothes Blutlaugensalz genannt wird. Bringt man Kaliumamalgam in die wässrige Lösung, so bildet sich wieder Kaliumferrocyanid. Das rothe Blutlaugensalz erzeugt in Lösungen der Ferrisalze keinen Niederschlag, sondern eine dunkelbraune Färbung. Mit Ferrosalzen giebt es einen Niederschlag von löslichem Berlinerblau, dessen Bildung leicht verständlich ist. Die Constitution der Ferrocyanide entspricht nämlich der der Ferrosalze, wie die der Ferricyanide denen der Ferrisalze, weshalb man ihre Formel eigentlich verdoppelt schreiben soll (s. S. 240). Das lösliche Berlinerblau entsteht dann nach den Gleichungen:



Ferrichlorid erzeugt in löslichem Berlinerblau einen Niederschlag von Williamson's Blau,  $\text{Fe}_7(\text{CN})_{18}$ ; dasselbe entsteht auch, wenn man unlösliches Berlinerblau mit oxydirenden Mitteln behandelt. Das käufliche Berlinerblau, welches man durch Fällen von Blutlaugensalz mit oxydirtem Eisenvitriol und Behandeln des Niederschlages mit Chlorwasser und Salzsäure erhält, ist ein Gemisch der beschriebenen drei Verbindungen in wechselnden Verhältnissen.

Die Ferricyanwasserstoffsäure,  $\text{H}_3(\text{CN})_6\text{Fe}$ , bildet bräunliche, zerfliessliche Krystalle.

Durch Einwirkung von Salpetersäure oder salpetriger Säure auf Ferro- oder Ferricyanide entsteht eine Reihe eigenthümlicher Verbindungen, welche man Nitroprussidverbindungen nennt.

γ Natriumnitroprussid,  $\text{Na}_2(\text{CN})_5(\text{NO})\text{Fe}$ , bildet rubinrothe, rhombische Krystalle. Dasselbe giebt, wie alle löslichen Nitroprusside, mit den Sulfiden der Alkali- und Erdalkalimetalle eine intensive, prachtvoll purpurfarbene Flüssigkeit, welche aber bald die Farbe wieder verliert; es lässt sich die kleinste Menge eines löslichen Sulfides auf diese Weise auffinden.

δ Cyanchloride. Leitet man Chlor in eine Lösung von Quecksilbercyanid oder in wässrige Blausäure, so erhält man das flüssige Cyanchlorid,  $\text{ClCN}$ , eine farblose, sehr flüchtige Flüssigkeit, welche im reinen Zustande sich nicht beim Aufbewahren verändert, im unreinen aber sehr bald sich in festes Cyanurchlorid,  $\text{Cl}_3(\text{CN})_3$ , verwandelt; die letztere Verbindung entsteht auch durch Einwirkung von Phosphorchlorid auf Cyanursäure.

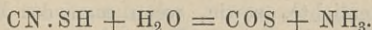
10.) Cyanensäure,  $\text{CN.OH}$ . Die Cyanate oder Salze der Cyanensäure entstehen sehr leicht durch directe Oxydation der Cyanide. Aus diesen Salzen lässt sich die Cyanensäure nicht durch stärkere Säuren abscheiden, indem sie im Augenblicke des Freiwerdens entweder durch Aufnahme von Wasser in Kohlendioxid und Ammoniak zerfällt oder in polymere Modificationen übergeht.

α Eine dieser Polymeren, die Cyanursäure,  $(\text{CN})_3(\text{OH})_3$ , welche man durch Einwirkung von Wasser auf Cyanurchlorid erhält, zerfällt beim Erhitzen in drei Molecüle Cyanensäure, deren Dampf man in einer Kältemischung verdichtet. Die Cyanensäure ist eine farblose, stechend riechende Flüssigkeit, welche sich, sobald sie aus der Kältemischung herausgenommen wird, in eine polymere Modification, das Cyanmelid, verwandelt, welches eine weisse porcellanartige Masse bildet.

β Unter den Cyanaten ist das Ammoniumcyanat,  $\text{CN.OH}_4$ , das wichtigste; dasselbe entsteht, wenn die Dämpfe der Cyanensäure mit trockenem Ammoniak zusammenkommen; es ist eine feste, weisse Substanz, welche sich beim Erhitzen in Carbamid oder Harnstoff,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , verwandelt; das in Wasser gelöste Salz erleidet diese Umwandlung langsam schon bei gewöhnlicher Temperatur, augenblicklich beim Kochen.

11.) Thiocyanensäure,  $\text{CN.SH}$ . Das Kaliumsalz dieser Säure, welche auch Sulfocyanensäure genannt wird, und zur Cyanensäure

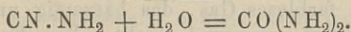
in der nämlichen Beziehung steht wie Schwefelwasserstoff zum Wasser, erhält man durch Zusammenschmelzen von Schwefel mit Kaliumferrocyanid und Pottasche und Ausziehen der erkalteten Masse mit Weingeist. Kaliumthiocyanat, CN.SK, <sup>α</sup>krystallisirt in wasserhellen Nadeln. Mit verdünnter Schwefelsäure entwickelt es Carbonylsulfid, COS:



Bringt man ein lösliches Thiocyanat mit der Lösung eines Ferrisalzes zusammen, so färbt sich die Flüssigkeit dunkelblutroth, indem Ferrithiocyanat entsteht. Das Mercurisalz,  $(\text{CN})_2\text{S}_2\text{Hg}$ , ist ein weisses unlösliches Pulver, welches beim Erhitzen unter starkem Aufblähen verbrennt und dabei einen äusserst voluminösen Rückstand hinterlässt. Dieses Salz dient zur Darstellung der sogenannten Pharaoschlangen.

Die reine Thiocyanssäure erhält man am besten, wenn man dieses Salz mit Schwefelwasserstoff zersetzt; es ist eine farblose Flüssigkeit, welche stechend wie Essigsäure riecht.

Cyanamid,  $\text{CN.NH}_2$ , erhält man durch Einwirkung von <sup>122)</sup>Ammoniak auf Cyanchlorid; es ist ein fester krystallinischer Körper, welcher beim Erhitzen sich in das polymere Cyanuramid,  $(\text{CN})_3(\text{NH}_2)_3$ , verwandelt. In wässriger Lösung <sup>13</sup>verwandelt es sich leicht in Harnstoff:



## II. Carbonyl- und Thiocarbonylverbindungen.

Das Radical Carbonyl, CO, ist zweiwerthig und als Kohlenoxid in freiem Zustande bekannt; von demselben leiten sich folgende Verbindungen ab:

Carbonylchlorid,  $\text{CO.Cl}_2$ ; Carbonyloxid oder Kohlendioxid  $\text{CO.O}$ , <sup>α</sup>(Acrolein)

Kaliumcarbonat  $\text{CO} \begin{cases} \text{OK} \\ \text{OK} \end{cases}$  Carbonylsulfid  $\text{CO.S}$

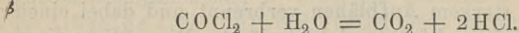
Carbamid  $\text{CO} \begin{cases} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{cases}$

In den Thiocarbonylverbindungen nehmen wir das im freien <sup>14</sup>Zustande nicht bekannte zweiwerthige Thiocarbonyl, CS, an.

Verschiedene der hierher gehörigen Verbindungen sind schon unter Kohlenstoff abgehandelt worden.

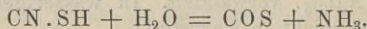
1. Carbonyl, CO. Das Kohlenoxid vereinigt sich direct mit Chlor zu Carbonylchlorid,  $\text{COCl}_2$ , mit Schwefeldampf zu Carbonylsulfid,  $\text{COS}$ , und mit Aetzkali zu Kaliumformiat,  $\left. \begin{array}{l} \text{COH} \\ \text{K} \end{array} \right\} \text{O}$ .

2. Carbonylchlorid oder Phosgen,  $\text{COCl}_2$ , entsteht beim Zusammentreffen von trockenem Chlor und trockenem Kohlenoxid im Sonnenlichte, sowie, wenn man das Gemisch über erhitzte Kohlenkohle leitet. Es ist bei gewöhnlicher Temperatur ein farbloses Gas, das sich beim Abkühlen zu einer bei  $+8^\circ$  siedenden Flüssigkeit verdichtet; es riecht unangenehm erstickend. Mit Wasser zerfällt es rasch in Kohlendioxid und Salzsäure:



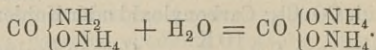
Man benutzt es zur Darstellung von Farbstoffen, welche später erwähnt werden.

3. Carbonylsulfid,  $\text{COS}$ , bildet sich, wenn man Schwefeldampf mit Kohlenoxid gemischt durch eine schwach glühende Porcellanröhre streichen lässt. Am besten aber erhält man es durch Einwirkung von kalter, mässig verdünnter Schwefelsäure auf Kaliumthiocyanat; die freiwerdende Thiocyanssäure zerfällt dabei unter Aufnahme von Wasser:



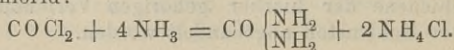
Es ist ein farbloses Gas, das harzartig und zugleich an Schwefelwasserstoff erinnernd riecht. Von Kalilauge wird es langsam gelöst unter Bildung von Kaliumsulfid und Kaliumcarbonat.

4. Carbaminsäure,  $\text{CO} \left\{ \begin{array}{l} \text{NH}_2 \\ \text{OH} \end{array} \right.$ , ist im freien Zustande nicht bekannt. Ihr Ammoniumsalz bildet sich, wenn trockenes Kohlendioxid mit trockenem Ammoniakgase zusammenkommt; dasselbe verwandelt sich mit Wasser zusammengebracht in Ammoniumcarbonat:



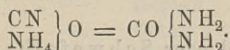
Man kennt verschiedene andere Salze, sowie Aether der Carbaminsäure.

5. Carbamid oder Harnstoff,  $\text{CO} \left\{ \begin{array}{l} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{array} \right.$ . Das Carbamid entsteht durch Einwirkung von trockenem Ammoniak auf Carbonylchlorid:



Ferner, wenn man Ammoniumcarbamat oder das gewöhnliche käufliche kohlensaure Ammoniak in verschlossenen Gefässen auf 140° erhitzt, wobei sich Wasser abspaltet.

Diese Verbindung ist schon lange unter dem Namen Harnstoff bekannt, da sie sich im Harn der Säugethiere und in kleinerer Menge in dem der Vögel und Reptilien findet. Um den Harnstoff aus Harn abzuscheiden, verdampft man denselben zur dünnen Syrupsconsistenz und setzt nach dem Erkalten reine starke Salpetersäure hinzu, wodurch sich salpetersaurer Harnstoff ausscheidet. Zweckmässiger aber ist die künstliche Darstellung aus Ammoniumcyanat, welches Salz, wie schon erwähnt, sich in wässriger Lösung namentlich beim Eindampfen leicht in Harnstoff umsetzt:

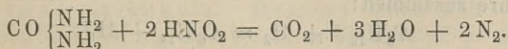


Man schmilzt getrocknetes Blutlaugensalz mit Pottasche zusammen und setzt zu der Schmelze nach und nach Mennige oder Braunstein, wobei sich Kaliumcyanat bildet, das man in Wasser löst, dann Ammoniumsulfat zusetzt und zur Trockne verdampft. Der Rückstand besteht aus Kaliumsulfat und Harnstoff, welchen letzteren man durch Weingeist auszieht.

Der Harnstoff bildet lange, nadelförmige, gestreifte Krystalle, ist leicht in Wasser löslich und schmeckt kühlend wie Salpeter. Seine Lösung reagirt neutral, aber trotzdem hat er einen scharf ausgeprägten basischen Charakter und verbindet sich wie das Ammoniak mit Säuren zu gut krystallisirten Salzen, unter denen das Nitrat,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{NO}_3\text{H}$ , sehr charakteristisch ist. Dasselbe löst sich leicht in Wasser, ist aber fast unlöslich in Salpetersäure. Das Oxalat,  $2[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2$ , ist in kaltem Wasser nur wenig löslich.

Der Harnstoff geht auch mit Metalloxiden und Metallsalzen Verbindungen ein; so fällt Mercurinitrat aus einer Harnstofflösung die unlösliche Verbindung  $\text{Hg}(\text{NO}_2)_2 + 2\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{HgO})_3$ . Man benutzt diese Verbindung, um die Menge des Harnstoffs im Urin zu bestimmen.

Erhitzt man Harnstoff mit Wasser auf 100°, so geht er unter Aufnahme von Wasser in Ammoniumcarbonat über. Für sich erhitzt, verwandelt er sich in Ammoniak und Cyanursäure, durch salpetrige Säure wird er nach folgender Gleichung zersetzt:



ε Der Harnstoff entsteht im Organismus durch Oxydation der stickstoffhaltigen Bestandtheile des Körpers und die im Urin ausgeschiedene Menge ist ein Maass für den in den stickstoffhaltigen Geweben des menschlichen Körpers vor sich gehenden Stoffwechsel.

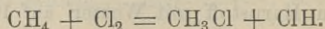
6. Thiocarbonsäure oder Sulfocarbonsäure,  $CS \begin{Bmatrix} SH \\ SH \end{Bmatrix}$ . Gerade so, wie sich Kohlendioxid mit Oxiden zu Carbonaten verbindet, so vereinigt sich Kohlendisulfid mit Metallsulfiden zu Thiocarbonaten. So entsteht Natriumthiocarbonat, wenn man Schwefelkohlenstoff in einer Lösung von Natriumsulfid auflöst. Setzt man dann Salzsäure hinzu, so scheidet sich die freie Thiocarbonsäure als schweres, braunes, sehr widerlich riechendes Oel aus.

7. Thiocarbamid oder Schwefelharnstoff,  $CS \begin{Bmatrix} NH_2 \\ NH_2 \end{Bmatrix}$ , bildet sich aus Ammoniumsulfocyanat, wenn man es auf  $170^{\circ}$  erhitzt. Es krystallisirt in dicken, farblosen Säulen oder Tafeln und verbindet sich wie der Harnstoff mit Säuren.

### Fettkörper und verwandte wasserstoffärmere Verbindungen.

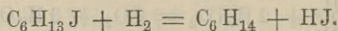
#### III. *Hydrocarbonogene* Kohlenwasserstoffe der Reihe $C_n H_{2n+2}$ .

1. Diese Kohlenwasserstoffe, deren erstes Glied das Sumpfgas ist, sind dadurch ausgezeichnet, dass sie in der Kälte von energisch oxydirenden Körpern, wie Salpetersäure oder Chromsäure, nicht angegriffen werden und man bezeichnet sie deshalb als Paraffine (von *parum affinis*). Chlor erzeugt mit ihnen Substitutionsproducte; bei gemässiger Einwirkung wird erst ein Atom Wasserstoff ersetzt und man erhält Chloride einatomiger Alkoholradicale. Sumpfgas liefert so Methylchlorid:  
β.  $C H_3 Cl$ :



Bei weiterer Einwirkung entstehen höher gechlorte Producte.

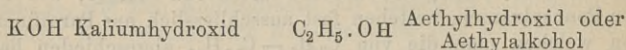
2. Paraffine können auf verschiedene Weisen erhalten werden: Man bringt das Jodid eines Alkoholradicales mit Zink und αSalzsäure zusammen:



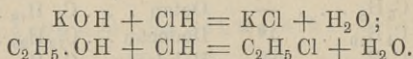




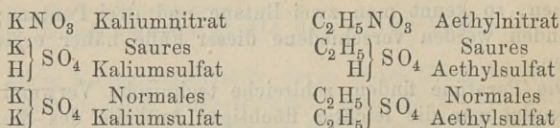
1. Gruppen  $\text{CH}_3$  durch Hydroxyl ersetzt ist und sie lassen sich daher mit den Verbindungen einwerthiger Elemente, wie Wasserstoff oder Kalium, vergleichen. So betrachtet man den Weingeist oder Aethylalkohol,  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ , als Wasser, in welchem ein Atom Wasserstoff durch das Radical Aethyl,  $\text{C}_2\text{H}_5$ , ersetzt ist, gerade wie Kaliumhydroxid oder Aetzkali aufgefasst wird als Wasser, in welchem ein Atom Kalium Wasserstoff vertritt:



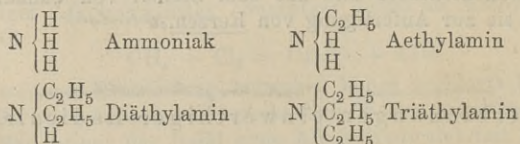
Durch Einwirkung von Salzsäure auf Aetzkali entstehen  $\beta$  Kaliumchlorid und Wasser, und auf dieselbe Weise werden, durch Einwirkung von Salzsäure auf Alkohol, Aethylchlorid,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ , und Wasser gebildet:



Diese Uebereinstimmung zeigt sich weiter darin, dass wir im Alkohol den Wasserstoff des Hydroxyls ebenso durch Aethyl ersetzen können und den Aethyläther,  $\left. \begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5 \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{matrix} \right\} \text{O}$ , erhalten, wie aus dem Kaliumhydroxid durch Wasserstoffersetzung Kaliumoxid,  $\left. \begin{matrix} \text{K} \\ \text{K} \end{matrix} \right\} \text{O}$ , gebildet wird. Ebenso haben wir Aethylverbindungen, welche den Kaliumsalzen entsprechen:

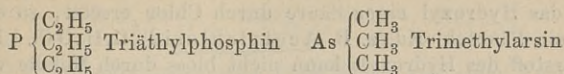


2. Genau dasselbe Verhalten zeigen alle einwerthigen Alkoholradicale; wenn dieselben ein oder mehrere Atome Wasserstoff im Ammoniak ersetzen, so erhält man zusammengesetzte Ammoniak- oder Amine:

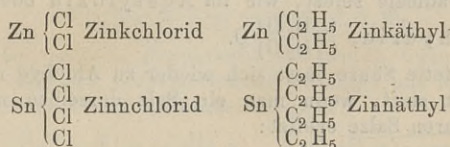


3. Wie in Ammoniak, so können auch in den analogen Verbindungen Phosphorwasserstoff und Arsenwasserstoff solche

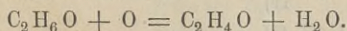
Vertretungen stattfinden, wodurch die folgenden Verbindungen entstehen:



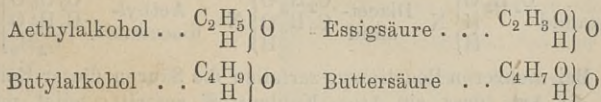
Auch mit Metallen gehen die Alkoholradicale Verbindungen ein; dieselben entsprechen den Metallchloriden, in welchen das Chlor durch das kohlenstoffhaltige Radical vertreten ist:



**β**Fette Säuren. In nächster Beziehung zu den Alkoholen steht eine Reihe von einbasischen Säuren, welche man, da viele Glieder derselben in Thier- und Pflanzenfetten fertig gebildet enthalten sind, mit dem Namen fette Säuren bezeichnet. Unter dem Einflusse oxydirender Körper verliert jeder primäre Alkohol zunächst 2 Atome Wasserstoff und geht in eine Verbindung über, welche man Aldehyd nennt, z. B.:



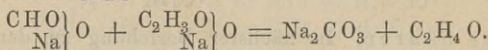
Aus Aethylalkohol entsteht Acetaldehyd. Die Aldehyde vereinigen sich mit zwei Atomen Wasserstoff und werden so in den ursprünglichen Alkohol zurückverwandelt; noch leichter als mit Wasserstoff verbinden sie sich mit einem Atom Sauerstoff, wodurch die dem Alkohol entsprechende fette Säure entsteht, z. B.:



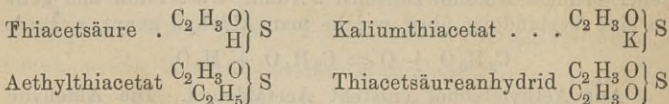
Die fetten Säuren leiten sich also von den Alkoholen dadurch ab, dass in den letzteren 2 Atome Wasserstoff durch 1 Atom Sauerstoff ersetzt sind, und jede bildet den Ausgangspunkt für eine grosse Gruppe von Verbindungen, die dasselbe sauerstoffhaltige Radical enthalten, welches sich von dem Alkoholradical mit der gleichen Zahl von Kohlenstoffatomen dadurch unterscheidet, dass es 1 Atom Sauerstoff an der Stelle

3. von 2 Atomen Wasserstoff enthält; so sind Essigsäure und ihre Abkömmlinge Verbindungen des Radicals Acetyl,  $C_2H_3O$ . Wird das Hydroxyl einer Säure durch Chlor ersetzt, so entsteht ein Säurechlorid, z. B. Acetylchlorid,  $C_2H_3OCl$ . Der Wasserstoff des Hydroxyls kann nicht bloss durch Metalle vertreten werden, sondern auch durch Alkoholradicale, wodurch man die Aether der fetten Säuren erhält, wie Essigsäure-Aethyläther oder Aethylacetat,  $C_2H_3O \left\{ \begin{array}{l} C_2H_3O \\ C_2H_5 \end{array} \right\} O$ ; ferner durch die Säureradicalc selbst, wie im Acetyloxid oder Essigsäureanhydrid,  $C_2H_3O \left\{ \begin{array}{l} C_2H_3O \\ C_2H_3O \end{array} \right\} O$ .

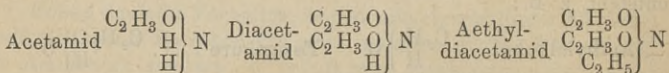
Jede fette Säure lässt sich wieder zu Aldehyd reduciren; dies findet statt, wenn man ein Salz derselben mit einem ameisensauren Salze erhitzt:



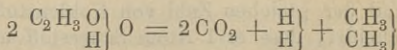
Auch der Sauerstoff des Hydroxyls kann durch Schwefel ersetzt werden; aus Essigsäure entsteht auf diese Weise die Thiacetsäure, von der sich ebenfalls wieder eine grosse Anzahl von schwefelhaltigen Verbindungen ableiten:



Die einwerthigen Säureradicalc bilden ferner, indem sie die Stelle von Wasserstoff im Ammoniak einnehmen, eine Reihe zusammengesetzter Ammoniake, welche man Amide nennt:

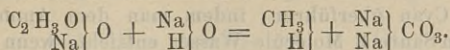


Bei mehreren Reactionen zerfallen die Säuren dieser Reihe auf die Art, dass ein Atom Kohlenstoff austritt; leitet man z. B. durch eine concentrirte Lösung des Kaliumsalzes der Essigsäure einen galvanischen Strom, so zerfällt dieselbe in Wasserstoff, Kohlendioxid und Methyl, welches letztere sich im Augenblicke des Freiwerdens mit einem zweiten Methyl zu  $\alpha$ -Aethan verbindet:



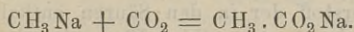
Reaktion 5.

Erhitzt man ein essigsäures Salz mit einem Alkali, so entstehen ein Carbonat und Methylwasserstoff:

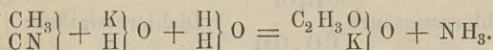


Umgekehrt kann jede fette Säure aus einer Verbindung eines Alkoholradicals gebildet werden, welches ein Atom Kohlenstoff weniger enthält.

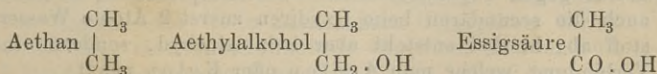
Natriummethyl und Kohlendioxid verbinden sich direct zu Natriumacetat:



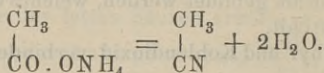
Ersetzt man im Methyljodid Jod durch Cyan, so erhält man Methylcyanid oder Acetonitril, welches mit Kalilauge erhitzt Ammoniak und Kaliumacetat giebt:



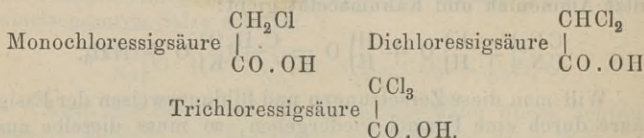
Will man diese Zersetzungen und Bildungsweisen der Essigsäure durch eine Formel wiedergeben, so muss dieselbe ausdrücken, dass diese Säure das Radical Methyl enthält. Die oben für die Essigsäure gebrauchte Formel  $\begin{array}{c} \text{C}_2\text{H}_3\text{O} \\ \text{H} \end{array} \text{O}$  drückt nur aus, dass in vielen Reactionen das Radical Acetyl die Rolle eines einwerthigen Radicals spielt und dass man die Essigsäure als Wasser betrachten kann, in welchem Wasserstoff durch Acetyl ersetzt ist; um aber weiteren Reactionen dieser Säure Rechnung zu tragen, muss obige Formel weiter zerlegt werden in  $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \cdot \text{CO} \\ \text{H} \end{array} \text{O}$ , und die allgemeine Formel für die fetten Säuren wird dann  $\begin{array}{c} \text{C}_n\text{H}_{2n+1} \text{CO} \\ \text{H} \end{array} \text{O}$ , d. h. man kann dieselben betrachten als Verbindungen der Alkoholradicale mit der einwerthigen Gruppe  $\begin{array}{c} \text{CO} \\ \text{H} \end{array} \text{O}$ , in welcher von den vier Verbindungseinheiten des Kohlenstoffs zwei mit Sauerstoff und eine mit Hydroxyl gesättigt sind, eine also noch frei ist. Man hat dieser Gruppe den Namen Carboxyl gegeben; dieselbe ist in sehr vielen organischen Säuren enthalten. Das Carboxyl entsteht durch Oxydation von Methyl,  $\text{CH}_3$ , wie folgende Zusammenstellung zeigt:



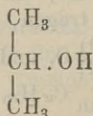
es bildet sich ferner aus der Gruppe CN, dem Cyan, wie wir oben gesehen haben. Umgekehrt lässt sich das Carboxyl wieder leicht in Cyan überführen, indem man dem Ammoniumsalz einer fetten Säure 2 Molecüle Wasser entzieht; wenn man z. B. Ammoniumacetat mit Phosphorpentoxid erhitzt, so erhält man  $\beta$ . Acetonitril:



Der Wasserstoff der in den Säuren enthaltenen Alkoholradicale kann durch einwerthige Elemente oder Radicale vertreten werden; so bilden sich, wenn Chlor auf Essigsäure einwirkt, drei chlorhaltige Säuren:

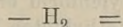
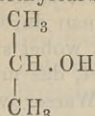


c. Secundäre Alkohole. In den secundären Alkoholen ist die Gruppe HO mit einem Kohlenstoffatome verbunden, welches mit zwei anderen Kohlenstoffatomen in Verbindung steht; es folgt hieraus, dass das Anfangsglied dieser Reihe 3 Atome Kohlenstoff enthalten muss, es ist dies der secundäre Propylalkohol oder das Dimethylcarbinol:

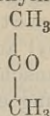


Wie bei den primären Alkoholen, so lässt sich auch bei den secundären die Hydroxylgruppe leicht durch die Elemente der Chlorgruppe ersetzen und man erhält auf diese Weise secundäre Chloride, Jodide u. s. w.; ebenso lässt sich der Wasserstoff dieser Gruppe durch andere Radicale vertreten; dieselben bilden ebenfalls zusammengesetzte Ammoniak u. s. w. So grosse Aehnlichkeit auch diese zwei Reihen der Alkohole zeigen, so scharf unterscheiden sie sich wieder durch ihr Verhalten gegen Oxydationsmittel. Wie die primären, so geben auch die secundären beim Oxydiren zuerst 2 Atome Wasserstoff ab; hierbei entsteht aber kein Aldehyd, sondern eine Verbindung, welche man Aceton oder Keton nennt:

Dimethylcarbinol



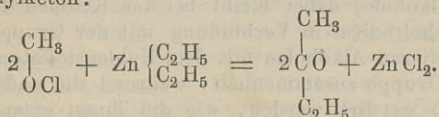
Dimethylketon



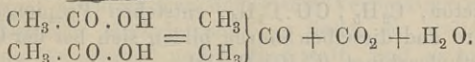
2. Ketone

Durch Wasserstoffaufnahme gehen die Ketone wieder in secundäre Alkohole über; bei weiterer Oxydation zerfallen sie in Säuren von niederem Kohlenstoffgehalt. Jedes Keton enthält 2 Alkoholradicale, welche durch die Gruppe CO vereinigt sind; Ketone entstehen auf verschiedene Weise.

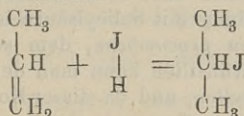
Wirkt man mit Zinkmethyl auf Acetylchlorid, so erhält man das Dimethylketon; Zinkäthyl und Acetylchlorid geben Methyläthylketon: 2.



Ketone entstehen ferner, wenn man Salze der fetten Säuren der trockenen Destillation unterwirft, oder die Dämpfe der Säure durch rothglühende Röhren leitet: 4.



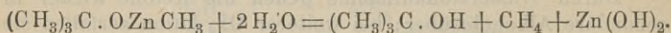
Ausser durch Wasserstoffaddition zu den Ketonen bilden sich die secundären Alkohole durch Reduction mehrwerthiger Alkohole, sowie durch Einwirkung von Wasserstoffsäuren auf Kohlenwasserstoffe der Aethylenreihe, wobei secundäre Chloride u. s. w. gebildet werden: 5/



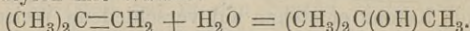
Propylen liefert secundäres Propyljodid, aus dem man leicht den Alkohol darstellen kann.

3. Tertiäre Alkohole. In diesen Verbindungen ist die Hydroxylgruppe mit einem Kohlenstoffatome verbunden, welches mit drei anderen vereinigt ist; dieselben bilden ebenfalls Chloride u. s. w. Man erhält diese Alkohole, wenn man auf das Chlorid einer fetten Säure einen Ueberschuss der Zinkverbindung eines Alkoholradicals einwirken lässt und die erhaltene krystallinische Masse mit Wasser behandelt. 7.

Das Anfangsglied der Reihe ist der tertiäre Butylalkohol  
 2. oder das Trimethylcarbinol, den man durch Einwirkung  
 von Zinkmethyl auf Acetylchlorid erhält, wobei sich, wie oben  
 α angegeben, zunächst Dimethylketon bildet, das mit Zinkmethyl  
 eine Verbindung eingeht, welche von Wasser wie folgt zer-  
 setzt wird:



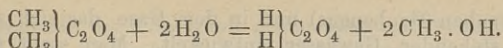
Trimethylcarbinol entsteht auch durch directe Vereinigung  
 β von Isobutylene mit Wasser:



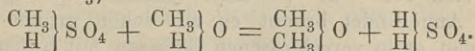
3. Bei weiterer Oxydation liefern die Ketone Säuren von  
 niederm Kohlenstoffgehalt und ähnlich verhalten sich die  
 tertiären Alkohole; dabei bleibt bei den Ketonen das bestän-  
 digste. Alkoholradical in Verbindung mit der Gruppe CO und  
 bei den tertiären Alkoholen mit dem Kohlenstoffatom, welches  
 die ganze Gruppe zusammenhält, während die anderen Radi-  
 cale ebenso oxydirt werden, wie die ihnen entsprechenden  
 Alkohole. Dimethylketon,  $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3$ , liefert daher bei  
 der Oxydation Essigsäure und Ameisensäure (welche letztere  
 durch weitere Oxydation in Kohlensäure übergeht) und aus  
 Diäthylketon,  $C_2H_5 \cdot CO \cdot C_2H_5$ , entstehen Propionsäure und  
Essigsäure und dieselben Säuren bilden sich bei der Oxydation  
 von Triäthylcarbinol,  $(C_2H_5)_3C \cdot OH$ .

### 1. Methylverbindungen.

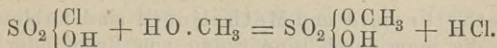
7. Methylalkohol,  $CH_3 \cdot OH$ , bildet sich bei der trockenen  
 Destillation des Holzes und wird deshalb auch Holzgeist  
 genannt; in Verbindung mit Salicylsäure ist er im ätherischen  
 Oele von *Gaultheria procumbens*, dem sogenannten Winter-  
 grünöl, enthalten. Künstlich kann man den Methylalkohol aus  
 dem Sumpfgas darstellen, und da dieser Kohlenwasserstoff sich  
 aus seinen Elementen aufbauen lässt, ist es möglich, den Holz-  
 geist synthetisch darzustellen. Um reinen Methylalkohol zu  
 erhalten, verwendet man die wässerigen Destillationsproducte  
 des Holzes, welche ungefähr 1 Proc. enthalten. Man destillirt  
 dieselben mehrmals über Kalk, um Essigsäure und andere Bei-  
 mischungen zu entfernen, und stellt aus dem noch verschiedene  
 andere Körper enthaltenden rohen Holzgeist das reine kry-  
 stallisirte Methyloxalat,  $\left. \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \right\} C_2O_4$ , dar, welches mit Wasser  
 destillirt in Oxalsäure und Methylalkohol zerfällt:



Aus dem Destillate entfernt man das Wasser durch Rectification über gebranntem Kalk. Im Grossen gewinnt man reinen Methylalkohol durch wiederholte Rectification des rohen <sup>fl. Holzgeistes</sup>. Er ist eine farblose Flüssigkeit, welche bei 66° siedet, bei 0° das specifische Gewicht 0,8142 hat und mit nicht-leuchtender Flamme brennt. Der Methylalkohol riecht dem Weingeist ähnlich; wie dieser mischt er sich in allen Verhältnissen mit Wasser, löst Harze und flüchtige Oele auf und wurde früher vielfach statt dessen als Heizmaterial und Lösungsmittel verwendet. Jetzt findet er seine Hauptanwendung in der Darstellung verschiedener Anilinfarben. Die Alkali-<sup>p. verhalten</sup>metalle lösen sich darin unter Entwicklung von Wasserstoff auf, wobei ein Methylat entsteht, wie z. B. Natriummethylat,  $\text{CH}_3 \cdot \text{ONa}$ ; durch oxydirende Körper wird er in Ameisensäure verwandelt. Von besonderem Interesse ist die Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure auf Methylalkohol. Beide Flüssigkeiten vermischen sich unter starkem Erwärmen und als erstes Product entstehen Methylschwefelsäure,  $\left. \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \text{H} \end{array} \right\} \text{SO}_4$ , und Wasser; erwärmt man die erstere Verbindung mit einem zweiten Molecüle Methylalkohol, so findet ein weiterer Austausch von Wasserstoff und Methyl statt, und es bildet sich Methyläther,  $\left. \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{array} \right\} \text{O}$ :



Methylschwefelsäure erhält man auch durch Einwirkung von Chlorsulfonsäure auf Methylalkohol:



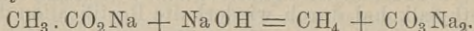
Sie ist eine ölige Flüssigkeit, deren wässrige Lösung sich leicht unter Bildung von Methylalkohol und Schwefelsäure zersetzt; sie ist einbasisch und bildet eine Reihe krystallisirter Salze.

Dimethyläther ist ein farbloses Gas, welches angenehm ätherisch riecht und sich bei  $-21^\circ$  zu einer farblosen Flüssigkeit verdichtet.

Methan oder Sumpfgas,  $\text{CH}_4$ , bildet sich, wie schon früher erwähnt, wenn organische Substanzen sich bei Luftabschluss langsam zersetzen, und findet sich daher in Stein-

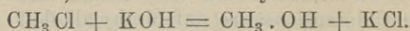


kohlengruben (Grubengas) und in dem Gase, das sich aus dem Boden stehender Gewässer entwickelt. Man stellt dasselbe dar durch Erhitzen von Natriumacetat mit Aetznatron, wobei sich Methylwasserstoff und Natriumcarbonat bilden:

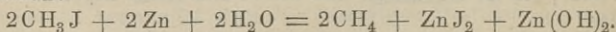


Methan tritt fast immer bei der trockenen Destillation organischer Körper auf und bildet einen Hauptbestandtheil des Leuchtgases; aus seinen Elementen erhält man es, wenn man ein Gemisch von Schwefelwasserstoff- und Schwefelkohlenstoffdampf über glühendes Kupfer leitet. Es ist ein farbloses und geruchloses Gas, welches mit schwach leuchtender Flamme brennt und mit Luft ein heftig explodirendes Gemenge bildet; Chlor wirkt im zerstreuten Tageslichte darauf ein, und es entstehen Substitutionsproducte, von welchen Methylchlorid,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ , Chloroform,  $\text{CHCl}_3$ , und Tetrachlormethan,  $\text{CCl}_4$ , die wichtigsten sind; im Sonnenlichte findet die Einwirkung des Chlors unter Explosion und Abscheidung von Kohle statt.

Methylchlorid,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ , ist das Hauptproduct der Einwirkung gleicher Raumtheile von Sumpfgas und Chlor. Am besten erhält man diese Verbindung, wenn man Chlorwasserstoff in eine kochende Lösung von Zinkchlorid in Methylalkohol leitet. Es wird im Grossen aus Trimethylamin (s. d.) gewonnen und zur Darstellung von Anilinfarben verwendet. Methylchlorid ist ein farbloses, angenehm riechendes Gas, welches sich bei  $-23^\circ$  zu einer farblosen Flüssigkeit verdichtet. Angezündet brennt es mit schön grüner Flamme. Erhitzt man es in verschlossenen Gefässen mit Kalilauge längere Zeit auf  $100^\circ$ , so entsteht Methylalkohol:



Methylbromid und Methyljodid sind farblose Flüssigkeiten, die man durch Einwirkung von Brom oder Jod und Phosphor auf Holzgeist erhält. Wird Jodmethyl mit Wasser und Zink in verschlossenen Gefässen stark erhitzt, so entsteht Methan:

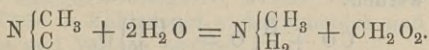


Chloroform oder Trichlormethan,  $\text{CHCl}_3$ , ist eines der Producte der Einwirkung von Chlor auf Sumpfgas; zu seiner Darstellung im Grossen destillirt man Aethylalkohol mit einer Lösung von Chlorkalk. Es ist eine farblose, bewegliche Flüssigkeit, welche bei  $0^\circ$  das specifische Gewicht 1,525 hat und bei  $61^\circ$  siedet. Sein Dampf eingeathmet erzeugt eine

vorübergehende Gefühllosigkeit gegen äussere Schmerzen, und es wird deshalb häufig bei chirurgischen Operationen gebraucht.

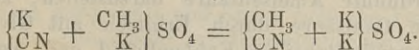
Kohlentetrachlorid oder Tetrachlormethan,  $\text{CCl}_4$ , erhält man, wenn man Chlor im Sonnenlichte auf Chloroform einwirken lässt; es ist eine schwere, farblose Flüssigkeit, die bei  $77^\circ$  siedet. Mit Wasser und Natriumamalgam in Berührung gebracht, wird dieser Verbindung das Chlor durch den freiwerdenden Wasserstoff entzogen und zwar ein Atom nach dem anderen und als Endproduct dieser umgekehrten Substitution wird Sumpfgas erhalten. 8.)

Methylecyanide. Erhitzt man Methyljodid und Silbercyanid, so erhält man zwei isomere Verbindungen, welche beide farblose Flüssigkeiten sind. Die eine, Methylcarbylamin, genannt, siedet bei  $55^\circ$  und ist ausgezeichnet durch ihre Giftigkeit und ihren äusserst durchdringenden und widerlichen Geruch, der ein Gefühl von Bitterkeit im Munde und bis tief hinab in den Schlund erzeugt. Säuren zersetzen diese Verbindung unter Bildung von Ameisensäure und Methylamin: 9.)

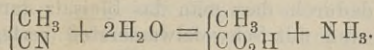


Aus dieser Zersetzungsweise geht hervor, dass in dieser Verbindung das Cyan durch das Stickstoffatom mit dem Methyl verbunden ist.

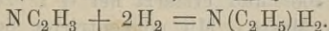
Die zweite Verbindung, das Acetonitril, entsteht in vorwiegender Menge durch Destillation eines Gemisches von Kaliumcyanid und Kaliummethylsulfat:



Es besitzt einen stark ätherischen Geruch, siedet bei  $77^\circ$ , und wird durch Säuren nicht angegriffen. Mit Kalilauge erhitzt verwandelt es sich unter Ammoniakentwicklung in Essigsäure: 4.)



Es vereinigt sich ferner mit Wasserstoff im Augenblick des Freiwerdens (*statu nascendi*) zu Aethylamin: 1.)



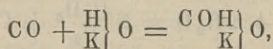
In dieser Verbindung sind demnach die Kohlenstoffatome direct mit einander verbunden und dieselbe gehört der Aethylreihe an.

## 2. Formylverbindungen.

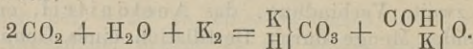
Formaldehyd,  $\text{CH}_2\text{O}$ , ist ein farbloses Gas, welches einen stechenden, die Augen und Nase stark reizenden Geruch besitzt. Diese Verbindung bildet sich, wenn die Dämpfe von Methylalkohol mit Luft gemischt über eine glühende Platinspirale geleitet werden. Durch Sauerstoffaufnahme geht dieser Aldehyd leicht in Ameisensäure über.

Wie die meisten Aldehyde hat auch diese Verbindung grosse Neigung, in einen polymeren Körper überzugehen, und sie verwandelt sich sehr rasch von selbst in Paraformaldehyd,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ , der ein weisser fester Körper ist.

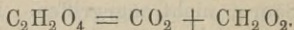
Die Ameisensäure,  $\text{CH}_2\text{O}_2$ , findet sich fertig gebildet in den Ameisen und in den Brennesseln; sie bildet sich bei der Oxydation von Methylalkohol sowohl, als auch vieler anderer Substanzen, wie Zucker, Stärkemehl u. s. w. Synthetisch erhält man sie, wenn Kohlenoxid und Kalilauge längere Zeit auf  $100^\circ$  erhitzt werden:



oder wenn Kohlendioxid und Wasserdampf mit Kalium zusammenkommen, wobei sich Kaliumbicarbonat und Kaliumformiat bilden:

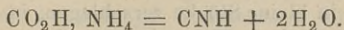


Um verdünnte Ameisensäure darzustellen, zerlegt man krystallisirte Oxalsäure durch Erhitzen mit Glycerin. Die Oxalsäure zerfällt dabei in Kohlendioxid und Ameisensäure, welche mit Wasser gemischt überdestillirt:



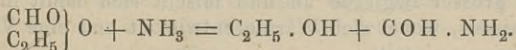
Aus der verdünnten Säure erhält man die reine, concentrirte Säure dadurch, dass man das Bleisalz darstellt, dasselbe gut trocknet und mit Schwefelwasserstoff zerlegt. Die reine Ameisensäure ist eine wasserhelle Flüssigkeit, welche stechend riecht, stark sauer schmeckt und auf der Haut Blasen erzeugt. Sie siedet bei  $100^\circ$  und erstarrt bei  $+1^\circ$  zu einer weissen, krystallinischen Masse. Mit concentrirter Schwefelsäure erwärmt zerfällt sie in Wasser und Kohlenoxid; durch oxydirende Körper wird sie in Kohlendioxid und Wasser verwandelt; wird Silbernitrat oder Quecksilbernitrat mit einer Lösung eines

ameisensauren Salzes erhitzt, so wird das Metall reducirt und fällt als graues Pulver nieder, während Kohlendioxid unter Aufbrausen entweicht. Die Salze der Ameisensäure werden Formiate genannt; sie sind alle in Wasser löslich und kry-<sup>4)</sup>stallisirbar. Wird Ammoniumformiat rasch erhitzt, so<sup>α</sup> zerfällt es in Blausäure und Wasser:



Umgekehrt verwandelt sich die Blausäure unter Aufnahme von Wasser leicht in Ameisensäure. Die Blausäure ist dem-<sup>β</sup>nach das Nitril der Ameisensäure, d. h. sie steht zu derselben genau in derselben Beziehung wie das Acetonitril zur Essig-<sup>γ</sup>säure.

Formamid,  $\text{COH} \cdot \text{NH}_2$ , entsteht durch Erhitzen von<sup>δ)</sup> Aethylformiat mit trockenem Ammoniakgas:



Es ist eine farblose Flüssigkeit, welche bei  $194^0$  siedet und dabei zum Theil in Kohlenoxid und Ammoniak und zum Theil in Blausäure und Wasser zerfällt.

### 3. Aethylverbindungen.

Aethylalkohol,  $\text{C}_2\text{H}_5 \cdot \text{OH}$  (Weingeist). Der Aethylalkohol<sup>ε)</sup> wird im Grossen dargestellt und findet vielfache Verwendung; er bildet den Ausgangspunkt zur Darstellung aller Aethylverbindungen, welche sehr ausführlich und genau untersucht sind.

Der Aethylalkohol bildet sich bei der geistigen Gärung des Zuckers, welcher in Gegenwart von Hefe grösstentheils in Aethylalkohol und Kohlendioxid zerfällt. Nebenbei bilden sich<sup>α</sup> noch andere Körper in kleiner Menge, welche später, wenn die Gärung näher beschrieben wird, erwähnt werden sollen. Weingeisthaltige Getränke bereitet man im Grossen durch Gärung von zuckerhaltigen Flüssigkeiten, wie Traubenmost, Malzauszug u. s. w. Durch Destillation erhält man daraus wasserhaltigen Weingeist, welchen man wiederholt rectificirt und dabei den Theil, welcher zuerst destillirt, für sich auffängt. Derselbe besteht aus stärkerem Weingeist, welcher bei einer niederen Temperatur siedet, als Wasser. Durch Destillation

allein kann der Alkohol nicht vollständig vom Wasser getrennt werden. Der stärkste Weingeist, welcher auf diese Weise erhalten werden kann, enthält noch 10 Proc. Wasser. Um wasserfreien oder absoluten Alkohol darzustellen, setzt man eine Verbindung zu, welche grosse Neigung hat, sich mit Wasser zu verbinden. Am geeignetsten hierzu ist frisch gebrannter Kalk, den man, in kleine Stücke zerschlagen, in einem Destillationsgefässe mit starkem Weingeist übergiesst; nach längerem Stehen destillirt man den wasserfreien Alkohol ab.

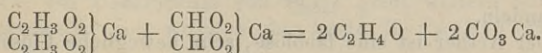
Der reine Aethylalkohol ist eine farblose, leicht bewegliche Flüssigkeit, welche fast geruchlos ist, und brennend schmeckt. Sein specifisches Gewicht ist bei  $0^{\circ} = 0,80625$ , bei  $15^{\circ} = 0,79367$ , er siedet unter dem Normaldruck bei  $78,4^{\circ}$ . Bei  $-100^{\circ}$  wird er nicht fest, sondern nur dickflüssig; er brennt mit bläulicher, nicht leuchtender Flamme, zieht Wasser mit grosser Begierde an und mischt sich damit in allen Verhältnissen, wobei sich Wärme entwickelt und eine Volumverminderung eintritt.

Der Alkohol löst Harze, Fette, flüchtige Oele und viele andere in Wasser unlösliche Körper; ebenso sind viele Salze und Gase darin löslich. Der Werth weingeisthaltiger Flüssigkeiten hängt von ihrem Gehalte an Alkohol ab, und es ist daher von grosser Wichtigkeit, die Menge desselben rasch und genau bestimmen zu können. Enthält der verdünnte Weingeist keinen Zucker oder andere Körper aufgelöst, so ermittelt man die Stärke desselben dadurch, dass man sein specifisches Gewicht mittelst des Aräometers bestimmt und dasselbe mit einer Tabelle vergleicht, welche den dem gefundenen specifischen Gewichte entsprechenden Gehalt an Alkohol angiebt. Da der Weingeist sich durch Wärme beträchtlich ausdehnt, so muss bei einer solchen Bestimmung die Temperatur genau beobachtet und eine Correctur angebracht werden, wenn die Temperatur verschieden von der ist, bei welcher das Instrument getheilt wurde.

Der Alkoholgehalt geistiger Getränke ist sehr verschieden. Die verschiedenen Arten von Branntwein enthalten 40 bis 50 Proc.; deutsche und französische Weine 8 bis 10 Proc.; Portwein, Sherry u. s. w. bis zu 16 und 20 Proc.; starke englische Biere enthalten 5 bis 7 Proc. und deutsche Biersorten 4 bis 5 Proc.

Der Aethylalkohol kann synthetisch aus seinen Elementen aufgebaut werden mittelst einer Reaction, die einer allge-

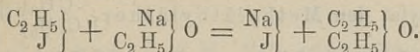
meinen Anwendung fähig ist und mit deren Hülfe man schon eine Reihe von Alkoholen künstlich dargestellt hat. Wie schon erwähnt kann Methylalkohol leicht aus Sumptgas und dieses selbst aus seinen Elementen erhalten werden. Aus dem Methylalkohol stellt man dann sein Cyanid, das Acetonitril, dar und verwandelt dasselbe in Essigsäure (s. S. 325). Aus Essigsäure erhält man Acetaldehyd, indem man ein Gemisch von Calciumacetat und Calciumformiat destillirt:



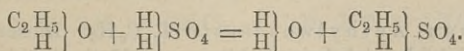
Der Aldehyd wird dann in Aethylalkohol übergeführt, indem man die schwach angesäuerte wässrige Lösung mit Natriumamalgam behandelt. Aus Aethylalkohol gewinnt man dann Aethylcyanid, welches das Nitril der Propionsäure ist. Dieselbe wird in Propylalkohol übergeführt, und durch Wiederholung dieser Reactionen kann die ganze Reihe der normalen, primären Alkohole aufgebaut werden.

Die Alkalimetalle lösen sich in Alkohol unter Entweichen  $\xi$  von Wasserstoff und Bildung eines Aethylats, wie Natriumäthylat,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$ . Mit vielen Säuren geht Alkohol namentlich beim Erwärmen doppelte Zersetzung ein, indem das Aethyl mit dem Wasserstoff der Säure seinen Platz wechselt.

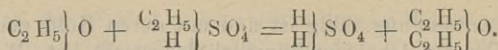
Diäthyläther,  $\left. \begin{array}{l} \text{C}_2\text{H}_5 \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{array} \right\} \text{O}$ . Diese Verbindung, welche gewöhnlich einfach Aether genannt wird, kann auf sehr verschiedene Art erhalten werden. Eine der einfachsten Reactionen ist die, dass man Aethyljodid auf Natriumäthylat einwirken lässt, wobei das Aethyl des Aethyljodids mit dem Natrium seinen Platz wechselt:



Im Grossen gewinnt man den Aether durch Erhitzen eines Gemisches von Alkohol mit Schwefelsäure auf  $140^\circ$ , wobei zwei Reactionen stattfinden. Zuerst bilden sich Aethylschwefelsäure und Wasser:



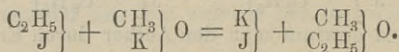
Die Aethylschwefelsäure wirkt dann bei  $140^\circ$  auf ein zweites Molecül Alkohol ein, wobei wieder Wasserstoff für Aethyl ausgetauscht wird und Aether und Wasser entstehen:



Das in den Reactionen gebildete Wasser und der Aether destilliren ab, und Schwefelsäure bleibt zurück; lässt man daher fortwährend soviel Alkohol nachfliessen, als Aether und Wasser sich verflüchtigen, so bleibt die Reaction ohne Unterbrechung im Gange, und es lässt sich mit einer geringen Menge Schwefelsäure eine grosse Menge Alkohol in Aether verwandeln.

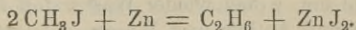
Der Aether ist eine farblose, sehr bewegliche Flüssigkeit, welche eigenthümlich durchdringend riecht und brennend schmeckt. Er siedet bei  $34,5^{\circ}$ , hat bei  $0^{\circ}$  das specif. Gew. 0,736 und brennt mit leuchtender Flamme; mit Wasser ist er nicht mischbar, löst sich aber etwas darin auf; dagegen mischt er sich in allen Verhältnissen mit Alkohol, und ein solches Gemisch ist als Arzneimittel unter dem Namen Hoffmannische Tropfen bekannt. Der Aetherdampf ist 2,6 mal schwerer als Luft und kann wie Kohlendioxid aus einem Gefässe in ein anderes gegossen werden; der Dampf ist sehr leicht entzündlich und bildet mit Luft ein heftig explodirendes Gemenge. Da der Aether wegen seines niederen Siedepunktes sich sehr leicht verflüchtigt, so muss man beim Handhaben grösserer Mengen die Vorsicht beobachten, brennende Körper fern zu halten. Oxydirende Körper greifen den Aether leicht an, und es entstehen dabei dieselben Producte wie aus Alkohol.

Gemischte Aether oder Aether, welche zwei verschiedene Radicale enthalten, entstehen, wenn man die Kalium- oder Natriumverbindung eines Alkohols mit dem Jodid eines anderen Radicals zusammenbringt; so erhält man aus Aethyljodid und Kaliummethylat den Methyläthyläther,  $\text{C}_2\text{H}_5\} \text{O}$ :

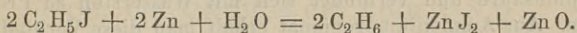


Dieselbe Verbindung wird gebildet, wenn Methylschwefelsäure mit Aethylalkohol erhitzt wird.

3.) Aethan, Aethylwasserstoff,  $\text{C}_2\text{H}_6$ . Dieser Kohlenwasserstoff bildet sich beim Erhitzen von Methyljodid mit Zink auf  $150^{\circ}$ :

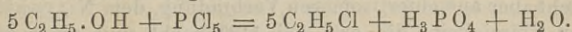


Aus Aethyljodid erhält man denselben dadurch, dass man es mit Zink und Wasser in zugeschmolzenen Glasröhren auf  $150^{\circ}$  erhitzt:



Das Aethan ist ein farbloses Gas, welches mit heller Flamme  $\beta$  brennt; mit einem gleichen Volum Chlor gemischt bildet sich im zerstreuten Tageslicht als Hauptproduct Aethylchlorid,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ ; ein Ueberschuss von Chlor giebt weitere Substitutionsproducte, von welchen das letzte Hexachloräthan,  $\text{C}_2\text{Cl}_6$ , ist.

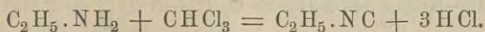
Aethylchlorid,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ , erhält man auch, wenn man Alkohol mit Salzsäuregas sättigt und erhitzt; ist dabei Zinkchlorid gegenwärtig, so findet die Reaction viel leichter statt; Aethylchlorid entsteht auch, wenn Alkohol in der Kälte auf die Chloride des Phosphors einwirkt, z. B.:



Es ist ein farbloses Gas, welches sich in einer Kältemischung zu einer beweglichen Flüssigkeit verdichtet, die bei  $12,5^{\circ}$  siedet und mit grün gesäumter Flamme verbrennt.

Aethylbromid,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ , und Aethyljodid,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{J}$ , stellt man dar, indem man Alkohol mit amorphem Phosphor und Brom oder Jod zusammenbringt. Das Aethyljodid ist eine farblose schwere Flüssigkeit, welche bei  $72^{\circ}$  siedet und bei  $0^{\circ}$  das specifische Gewicht 1,946 hat. Dem Licht ausgesetzt, färbt es sich durch Freiwerden von Jod braun. Es geht mit anderen Substanzen leicht doppelte Zersetzung ein und findet deshalb häufig Anwendung, um andere Aethylverbindungen darzustellen.

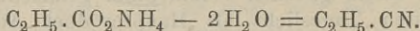
Aethylcarbamin,  $\text{C}_2\text{H}_5 \cdot \text{NC}$ , wird neben dem isomeren Propionitril aus Aethyljodid auf analoge Art erhalten wie Methylcarbamin aus Methyljodid; es bildet sich ferner, wenn eine Lösung von Aethylamin in Alkohol mit Aetzkali und Chloroform zusammengebracht wird:



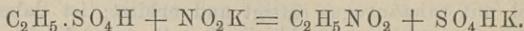
Das Aethylcarbamin siedet bei  $79^{\circ}$  und riecht durchdringend, äusserst widerlich; durch Säuren wird es in Aethylamin und Ameisensäure zerlegt.



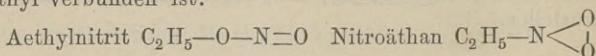
Das isomere Propionitril stellt man durch Destillation eines Gemisches von Kaliumäthylsulfat und Kaliumcyanid dar; es siedet bei 98°, liefert mit Kalilauge gekocht Ammoniak und Propionsäure und verbindet sich mit Wasserstoff zu Propylamin. Aus Ammoniumpropionat erhält man diese Verbindung, indem man demselben durch Erhitzen mit Phosphorpentoxid die Elemente des Wassers entzieht:



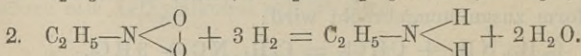
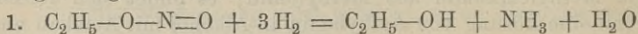
7) Aethylnitrit,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$  (Salpeteräther), ist eine bewegliche, bei 18° siedende Flüssigkeit, die wie Borsdorfer Aepfel riecht und welche man durch Destillation eines Gemisches von Alkohol und Schwefelsäure mit Kaliumnitrit erhält:



Lässt man Aethyljodid auf Silbernitrit einwirken, so bildet sich ebenfalls Aethylnitrit in geringer Menge; das Hauptproduct besteht aber aus einer isomeren Verbindung, dem Nitroäthan, einer Flüssigkeit, die erst bei 112° kocht und einen eigenthümlichen, aber von dem des Aethylnitrits ganz verschiedenen Geruch besitzt. Dasselbe hat saure Eigenschaften und löst sich in Alkalien auf; bringt man es in eine alkoholische Lösung von Aetznatron, so scheidet sich die Verbindung  $\text{C}_2\text{H}_4\text{NaNO}_2$  als weisse, krystallinische Masse aus. Von freier werdendem Wasserstoff wird es in Aethylamin verwandelt. In diesen Reactionen unterscheidet es sich scharf vom Aethylnitrit, welches von Aetznatron in Alkohol und Natriumnitrit und durch freier werdenden Wasserstoff in Alkohol, Ammoniak und Wasser zerlegt wird. Hieraus ergibt sich, dass im Nitroäthan der Stickstoff und im Aethylnitrit der Sauerstoff mit Aethyl verbunden ist:

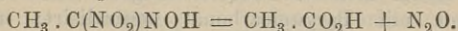


5) Freier werdender Wasserstoff wirkt daher auf diese Verbindungen folgendermaassen:



Durch Einwirkung von salpetriger Säure auf Nitroäthan entsteht Aethylnitrolsäure,  $\text{C}_2\text{H}_3(\text{NO}_2)\text{NOH}$ , welche aus Aether sich in prachtvollen, gelblichen, blauschimmernden

Krystallen abscheidet und rein süß wie Zucker schmeckt. Sie ist ein sehr unbeständiger Körper; concentrirte Schwefelsäure zerlegt sie in Essigsäure und Stickstoffmonoxid:



In Alkalien löst sie sich mit rother Farbe.

Aethylnitrat,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_3$ . Um diesen Körper aus Alkohol und Salpetersäure darzustellen, muss man beide Verbindungen in ganz reinem Zustande und unter starker Abkühlung mischen. Enthält die Salpetersäure salpetrige Säure, so entsteht nur Aethylnitrit; setzt man aber einen Körper zu, der die salpetrige Säure zerstört, wie Harnstoff, so erhält man Aethylnitrat. Dasselbe ist eine farblose, angenehm riechende Flüssigkeit, die bei  $86^\circ$  siedet. 8.)

Aethylhydrosulfid oder Mercaptan,  $\text{C}_2\text{H}_5 \cdot \text{SH}$ , erhält man durch Erhitzen von Aethylchlorid mit Kaliumhydrosulfid als farblose Flüssigkeit, welche bei  $36^\circ$  siedet und wie alle flüchtigen organischen Sulfide einen höchst unangenehmen zwiebelartigen Geruch besitzt. Das Mercaptan tauscht seinen Wasserstoff sehr leicht gegen Metalle aus und bildet salzartige Verbindungen, welche Mercaptide genannt werden; die Quecksilberverbindung bildet weisse, glänzende Krystalle, welche in Wasser unlöslich sind. 9.)

*unlöslich in Wasser  
ganz geruchlos  
nicht so mischbar.*

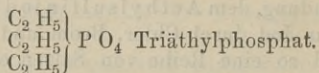
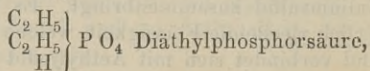
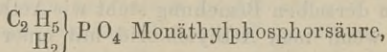
Aethylsulfid,  $\left. \begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5 \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{matrix} \right\} \text{S}$ . Diese Verbindung, welche zu 10.) Mercaptan in derselben Beziehung steht wie Aether zu Alkohol, bildet sich, wenn man Aethylchlorid mit einer alkoholischen Lösung von Kaliumsulfid zusammenbringt. Es ist eine farblose, sehr widerlich riechende Flüssigkeit, welche bei  $91^\circ$  siedet. Das Aethylsulfid verbindet sich mit Aethyljodid zu einer krystallinischen Verbindung, dem Aethylsulfinjodid,  $\text{S}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{J}_{\alpha, \beta}$  in welcher man das Jod durch Chlor, Brom und Säureradicale ersetzen kann und so eine Reihe von Salzen erhält. Bringt man Aethylsulfinjodid mit Wasser und Silberoxid zusammen, so bildet sich Jodsilber und eine stark alkalisch reagirende Flüssigkeit, welche Aethylsulfinhydroxid,  $\text{S}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{OH}$ , enthält, welches grosse Aehnlichkeit mit Aetzkali hat und die Base der Aethylsulfinsalze ist.

Aethylschwefelsäure,  $\left. \begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5 \\ \text{H} \end{matrix} \right\} \text{SO}_4$ . Wie schon früher 11.) erwähnt, erhält man diese Verbindung, wenn Alkohol mit

concentrirter Schwefelsäure gemischt wird. Von überschüssiger Schwefelsäure lässt sich die Aethylschwefelsäure leicht trennen, indem man die saure Flüssigkeit mit Wasser verdünnt und mit Baryumcarbonat neutralisirt; unlösliches Baryumsulfat scheidet sich ab, und die Lösung enthält Baryumäthylsulfat, aus dem man die freie Säure dadurch erhält, dass man das Baryum durch Zusatz der genau erforderlichen Menge von Schwefelsäure ausfällt und die Lösung im luftleeren Raume verdunstet. Man erhält so eine syropsdicke Flüssigkeit, welche noch Wasser enthält, das man nicht ohne Zersetzung der Säure entfernen kann. Die wasserfreie Säure erhält man als ölige, an Glas nicht haftende Flüssigkeit durch Einwirkung von Chlorsulfonsäure auf Alkohol (s. S. 316); ihre Salze krystallisiren leicht und sind alle in Wasser löslich; da sie leicht doppelte Zersetzungen eingehen, so benutzt man sie häufig zur Darstellung anderer Aethylverbindungen.

12.) Diäthylsulfat,  $(C_2H_5)_2SO_4$ , erhält man durch Einwirkung von Silbersulfat auf Aethyljodid; es ist eine pfefferminzartig riechende Flüssigkeit, welche unter geringer Zersetzung bei  $208^0$  siedet.

13.) Aethylphosphate. In der dreibasischen Phosphorsäure können die drei Atome Wasserstoff nach einander wie durch einwerthige Metalle auch durch Aethyl ersetzt werden, und man erhält so die folgenden Verbindungen:



Die erste Verbindung ist eine zweibasische, die zweite eine einbasische Säure; das Triäthylphosphat erhält man durch Zusammenbringen von Aethyljodid mit Silberphosphat als farblose Flüssigkeit, welche bei  $215^0$  siedet.

14.) Aethylcarbonate. Die zweibasische Kohlensäure bildet zwei Aethylverbindungen. Leitet man Kohlendioxid in eine weingeistige Lösung von Kaliumäthylat, so fällt ein weisses Salz

nieder, das Kaliumäthylcarbonat,  $(C_2H_5)KCO_3$ ; welches,  $\alpha$  mit Wasser zusammengebracht, in saures Kaliumcarbonat und Alkohol zerfällt. Das Diäthylcarbonat,  $(C_2H_5)_2CO_3$ , bildet,  $\beta$  sich bei der Einwirkung von Silbercarbonat auf Aethyljodid und ist eine bei  $126^\circ$  siedende, ätherisch riechende Flüssigkeit.

Aethylborat,  $(C_2H_5)_3BO_3$ , ist eine farblose Flüssigkeit, die mit schön grüner Flamme brennt; man erhält dieselbe, wenn man Borchlorid mit wasserfreiem Alkohol zusammenbringt. [15.]

Aethylsilicate. Die Kieselsäure bildet verschiedene Aethylverbindungen, welche durch Einwirkung von Siliciumchlorid auf Alkohol entstehen. Die der normalen Kieselsäure,  $Si(OH)_4$ , entsprechende Verbindung  $Si(OC_2H_5)_4$  ist eine farblose, flüchtige Flüssigkeit, welche angezündet unter Verbreitung eines dichten weissen Rauches von Kieselerde verbrennt. 16.)

Aethylformiat oder Ameisensäureäther,  $\left. \begin{array}{l} COH \\ C_2H_5 \end{array} \right\} O$ , 17.) entsteht, wenn man Natriumformiat mit Weingeist und Schwefelsäure destillirt. Am besten stellt man den Aether dar durch Erhitzen von Alkohol, Oxalsäure und Glycerin; dabei bildet sich, wie schon erwähnt, Ameisensäure, die im Augenblicke des Freiwerdens sich mit dem Alkohol zu Aethylformiat und Wasser umsetzt. Es ist eine farblose Flüssigkeit, die bei  $55^\circ$  siedet, angenehm nach Pfirsichen riecht und zur Darstellung von künstlichem Rum und Arrac benutzt wird.

#### 4. Acetylverbindungen.

Acetaldehyd,  $C_2H_4O$ . Um Aethylalkohol durch Oxydation in Aldehyd zu verwandeln, erhitzt man denselben mit Kaliumdichromat und verdünnter Schwefelsäure. Aldehyd bildet sich auch, wenn man ein Gemisch von Calciumacetat und Calciumformiat erhitzt (siehe Seite 331). 17.)

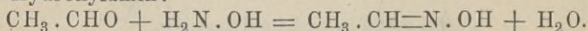
Der Acetaldehyd ist eine farblose Flüssigkeit, welche erstickend riecht, bei  $21^\circ$  siedet, und sich in allen Verhältnissen mit Wasser, Alkohol und Aether mischt. Aus der Lösung eines Silbersalzes reducirt Aldehyd metallisches Silber, welches sich als glänzender Spiegel an der Gefässwand ausscheidet. Mit verdünnter Salzsäure und Natriumamalgam in Berührung

geht er unter Aufnahme von Wasserstoff wieder in Alkohol über; in Berührung mit der Luft absorbiert er Sauerstoff und verwandelt sich in Essigsäure; schnell geschieht dies unter Einfluss oxydirender Körper.

2) Der Aldehyd hat die Eigenschaft, sich leicht durch Zusammentreten mehrerer Molecüle in polymere Modificationen zu verwandeln. Sehr viele Substanzen, wie Salzsäure, Schwefelsäure, schweflige Säure, Carbonylchlorid u. s. w., selbst wenn nur in kleiner Menge vorhanden, führen den Aldehyd unter Erwärmung in Paraldehyd,  $C_6H_{12}O_3$ , über. Es ist eine farblose Flüssigkeit, die bei  $124^{\circ}$  siedet und beim Abkühlen zu Krystallen erstarrt. Destillirt man ihn mit den obigen Substanzen, so zerfällt er wieder in drei Molecüle Aldehyd. Der Metaldehyd, dessen Molecularformel nicht sicher bekannt ist, entsteht durch Einwirkung derselben Körper bei einer Temperatur unter  $0^{\circ}$ . Er krystallisirt in farblosen Nadeln oder Prismen, beim Erhitzen sublimirt er; erhitzt man ihn in verschlossenen Gefässen auf  $115^{\circ}$ , so entsteht wieder gewöhnlicher Aldehyd.

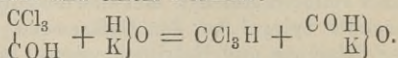
Mit Ammoniak verbindet sich der Aldehyd zu einer weissen krystallinischen Verbindung,  $CH_3 \cdot CH \begin{matrix} \text{OH} \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$ , welche Aldehydammoniak genannt wird; er geht ferner krystallisirbare Verbindungen mit den sauren Sulfiten der Alkalimetalle ein, wie z. B.  $CH_3 \cdot CH \begin{matrix} \text{OH} \\ \text{SO}_3 \text{Na} \end{matrix}$ ; ganz dasselbe Verhalten zeigen alle anderen Aldehyde.

Charakteristisch für dieselben ist auch die Einwirkung von Hydroxylamin:



+Acetaldehyd bildet Acetaldoxim, eine Flüssigkeit, welche bei  $115^{\circ}$  siedet.

4) Chloral,  $C_2Cl_3OH$ , ist der Aldehyd der Trichloressigsäure und entsteht durch Einleiten von Chlor in absoluten Alkohol. Es ist eine farblose Flüssigkeit, die bei  $99^{\circ}$  siedet und stark reizend riecht. Wie der Aldehyd reducirt es ammoniakalische Silberlösungen und bildet mit den sauren Alkalisulfiten krystallisirte Verbindungen. Salpetersäure oxydirt es zu Trichloroessigsäure. Wässrige Alkalien zersetzen es unter Bildung von Chloroform und einem Formiat:



Beim Aufbewahren geht es in festes Metachloral über.

Mit Wasser verbindet es sich zu Chloralhydrat,  $\text{CCl}_3 \cdot \text{CH}(\text{OH})_2$ , das farblose Krystalle bildet und sich beim Aufbewahren nicht ändert; durch Schwefelsäure wird es wieder in Chloral und Wasser zerlegt.

Das Chloralhydrat ist ein wichtiges Arzneimittel; es wirkt schmerzstillend und erzeugt ruhigen Schlaf. Seine Wirkung beruht wahrscheinlich darauf, dass es, wie das Chloral selbst, durch das alkalisch reagirende Blut allmählig in Chloroform verwandelt wird.

### 5. Essigsäure, $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ .

Verdünnte Essigsäure oder Essig ist schon seit sehr langer Zeit bekannt; die verschiedenen Bildungsweisen der Essigsäure sind schon oben ausführlich besprochen worden. Im Grossen stellt man die Essigsäure dar entweder durch Oxydation von Alkohol oder durch trockene Destillation von Holz $\alpha$  (Holzessig). Reiner Alkohol wird für sich an der Luft, auch wenn er mit Wasser verdünnt ist, nicht oxydirt; aber in Berührung mit Platinschwarz verwandelt er sich zuerst in Aldehyd und dann in Essigsäure; derselbe Process findet statt, wenn gewisse stickstoffhaltige Substanzen gegenwärtig sind; Wein und Bier, welche solche Körper enthalten, werden daher, der Luft ausgesetzt, bald sauer.

Um Essig im Grossen darzustellen, benutzt man Wein, $\beta$  Bierwürze oder verdünnten Weingeist, welche man mit etwas Essig und Hefe versetzt in Fässern, die nur lose verschlossen sind, längere Zeit einer Temperatur von 24 bis 27 $^{\circ}$  aussetzt. Schneller kommt man zum Ziel, wenn man die weingeisthaltige Flüssigkeit langsam über mit Essig getränkte Holzspäne, mit welchen aufrechtstehende Fässer gefüllt sind, fliessen lässt. Die Flüssigkeit bietet hier der Luft eine grosse Oberfläche dar, und die Oxydation geht sehr rasch von statten (Schnellesigfabrikation). Reine Essigsäure erhält man durch Destillation von wasserfreiem Natriumacetat mit concentrirter Schwefelsäure. $\gamma$  Sie ist eine farblose Flüssigkeit, welche bei 119 $^{\circ}$  siedet und bei + 17 $^{\circ}$  zu weissen Krystallblättern erstarrt, weshalb man die concentrirte Essigsäure auch Eisessig nennt; sie riecht stechend sauer, ist sehr ätzend und zerstört die Haut; mit Wasser ist sie in allen Verhältnissen mischbar.

Unterwirft man verdünnte Essigsäure der Destillation, so destillirt schwächere Säure über, und der Rückstand wird mehr und mehr concentrirt, bis zuletzt reiner Eisessig zurückbleibt. Die essigsauen Salze oder Acetate sind fast alle in Wasser löslich und krystallisirbar.

1) Ammoniumacetat,  $C_2H_3(NH_4)O_2$ , zerfällt beim Erhitzen in Wasser und Acetamid; die wässerige Lösung desselben führt als Arzneimittel den Namen *Spiritus Mindereri*.

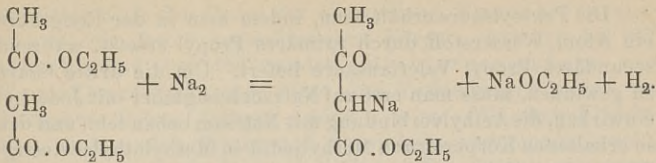
2) Kaliumacetat,  $C_2H_3KO_2$ , ist ein sehr zerfliessliches Salz, welches auf  $300^0$  erhitzt zu einer klaren Flüssigkeit schmilzt, die beim Erkalten zu einer blätterig krystallinischen Masse erstarrt. Natriumacetat krystallisirt in grossen wasserhaltigen Prismen,  $C_2H_3NaO_2 + 3H_2O$ ; Aluminiumacetat und Eisenacetat finden als Beizmittel in der Färberei und Kattundruckerei Verwendung.

3) Bleiacetat oder Bleizucker,  $(C_2H_3O_2)_2Pb + 3H_2O$ , ist eines der wichtigsten Bleisalze. Basische Bleisalze entstehen durch Auflösen von Bleioxid in einer wässerigen Bleizuckerlösung; die so erhaltene Flüssigkeit führt den Namen Bleiessig. Der Grünspan ist ein Gemenge verschiedener basischer Kupferacetate. Das normale Salz wird durch Auflösen von Grünspan in Essigsäure in dunkelgrünen Krystallen erhalten,  $(C_2H_3O_2)_2Cu + H_2O$ ; dasselbe bildet mit Kupferarsenit ein prachtvoll grünes, in Wasser unlösliches Doppelsalz, welches als Malerfarbe unter dem Namen Schweinfurter Grün angewandt wird.

Die Salze der Essigsäure lassen sich leicht daran erkennen, dass sie mit Schwefelsäure erhitzt den eigenthümlichen Geruch der Essigsäure entwickeln; setzt man zu diesem Gemische Alkohol, so entsteht Essigäther, der ebenfalls am Geruch kennbar ist. Die trockenen Acetate der Alkalimetalle geben mit Arsentrioxid erhitzt das widerlich riechende Kakodyl.

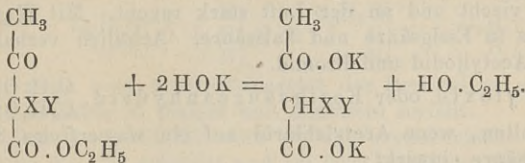
4) Aethylacetat, Essigäther,  $\left. \begin{matrix} C_2H_3O \\ C_2H_5 \end{matrix} \right\} O$ . Man stellt diese Verbindung dar durch Destillation eines Acetates mit einem Gemische von Schwefelsäure und Weingeist. Der Essigäther ist eine farblose Flüssigkeit, welche bei  $74^0$  siedet und einen sehr angenehmen, erfrischenden Geruch besitzt.

a Natrium löst sich in Essigäther auf unter Bildung von Natracetessigäther und Natriumäthylat:

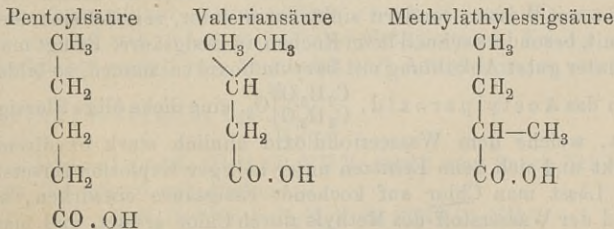


Hierbei wird jedoch wenig oder selbst kein Wasserstoff frei, da derselbe im Entstehungszustande einen Theil des Acetyls zu Aethyl reducirt und sich daher mehr Natriumäthylat bildet, als die obige Gleichung verlangt.

Fügt man zu dem festen Producte Essigsäure, so scheidet sich Acetessigsäureester,  $\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{OC}_2\text{H}_5$ , ab, welcher schwach saure Eigenschaften besitzt, was durch die Gegenwart der zwei Carbonylgruppen bedingt wird. Wirkt man mit Natrium darauf ein, so erhält man die ursprüngliche Verbindung in reinem Zustande. In derselben lässt sich leicht durch Behandlung mit einem Jodid das Natrium durch ein Alkoholradical ersetzen, und in dieser Verbindung kann dann wieder das zweite Wasserstoffatom durch Natrium und letzteres dann wie oben durch ein Radical vertreten werden. Alle diese Verbindungen werden, wie der Acetessigäther selbst, durch concentrirte Kalilauge in folgender Weise zersetzt:



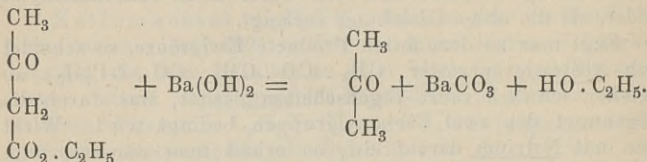
In dieser Formel bedeuten X und Y entweder Wasserstoff, oder irgend welche Alkoholradicale. Wie man sieht, lassen sich durch diese Reaction nicht bloss homologe, sondern auch viele isomere Säuren aufbauen, wie z. B. die folgenden:





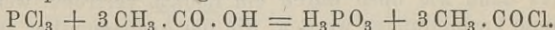
Die Pentoylsäure erhält man, indem man in der Essigsäure ein Atom Wasserstoff durch primäres Propyl ersetzt, während secundäres Propyl Valeriansäure liefert. Um die dritte Säure zu gewinnen, muss man erst auf Natracetessigäther mit Jodäthyl einwirken, die Aethylverbindung mit Natrium behandeln, und den so erhaltenen Körper durch Methyljodid in Methyläthylacetessigäther verwandeln, welchen man dann durch Kalilauge zersetzt.

Erhitzt man einen Acetessigester mit Barytwasser, so erhält man Baryumcarbonat und ein Keton:



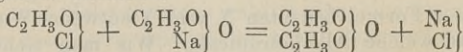
Die, welche an der Stelle des Wasserstoffs Alkoholradicale enthalten, liefern in derselben Weise die höheren Homologen.

5) Acetylchlorid,  $\text{C}_2\text{H}_3\text{OCl}$ , entsteht, wenn die Chloride des Phosphors auf Essigsäure einwirken:



Es ist eine farblose Flüssigkeit, welche bei  $55^\circ$  siedet, stechend riecht und an der Luft stark raucht. Mit Wasser zerfällt es in Essigsäure und Salzsäure. Aehnlich verhalten sich das Acetyljodid und Bromid.

6) Acetyloxid oder Essigsäureanhydrid,  $\left. \begin{array}{l} \text{C}_2\text{H}_3\text{O} \\ \text{C}_2\text{H}_3\text{O} \end{array} \right\} \text{O}$ , wird erhalten, wenn Acetylchlorid auf ein wasserfreies Salz der Essigsäure einwirkt:

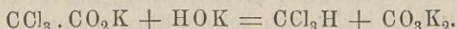


Das Anhydrid der Essigsäure ist eine farblose Flüssigkeit, welche stechend riecht und bei  $138^\circ$  siedet; es mischt sich nicht mit Wasser, sondern sinkt darin unter, zersetzt sich aber damit, besonders schnell beim Kochen, in Essigsäure. Bringt man es unter guter Abkühlung mit Baryumdioxid zusammen, so bildet

a. sich das Acetylperoxid,  $\left. \begin{array}{l} \text{C}_2\text{H}_3\text{O} \\ \text{C}_2\text{H}_3\text{O} \end{array} \right\} \text{O}_2$ , eine dicke ölige Flüssigkeit, welche dem Wasserstoffdioxid ähnlich stark oxydirend wirkt und sich beim Erhitzen unter heftiger Explosion zersetzt.

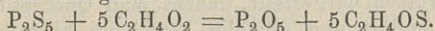
4. Lässt man Chlor auf kochende Essigsäure einwirken, so wird der Wasserstoff des Methyls durch Chlor ersetzt, und man

erhält je nach der Dauer der Einwirkung Monochloressigsäure, ein fester krystallinischer Körper, welcher bei 62° schmilzt und bei 186° siedet, Dichloressigsäure und Trichloressigsäure; diese drei Verbindungen bilden wie Essigsäure Salze, Aether, Amide u. s. w. Mit einer Flüssigkeit, in der sich Wasserstoff entwickelt, zusammengebracht, gehen sie wieder in Essigsäure über. Die Trichloressigsäure zerfällt, mit Kalilauge erwärmt, in Chloroform und Kaliumcarbonat:



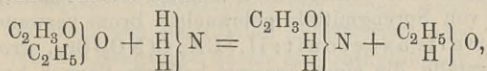
Brom und Jodessigsäuren sind ebenfalls bekannt.

Thiacetsäure,  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O} \left\{ \begin{array}{l} \text{O} \\ \text{H} \end{array} \right\} \text{S}$ . Diese Verbindung steht in der nämlichen Beziehung zu Essigsäure wie Mercaptan zu Alkohol; man stellt sie dar durch Einwirkung von Phosphorpentasulfid auf Essigsäure:



Sie ist eine farblose Flüssigkeit, welche sich an der Luft gelb färbt, widerlich nach Schwefelwasserstoff und Essigsäure riecht und bei 93° siedet.

Acetamid,  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O} \cdot \text{NH}_2\text{N}$ , entsteht, wenn Aethylacetat mit Ammoniak erhitzt wird:

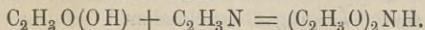


oder wenn man Ammoniumacetat der Destillation unterwirft, welches dabei in Wasser und Acetamid zerfällt.

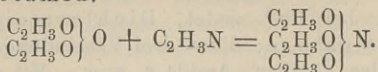
Das Acetamid ist eine weisse, krystallinische Substanz, welche bei 78° schmilzt und bei 222° siedet; es riecht eigenthümlich nach Mäusen. Mit Säuren verbindet es sich dem Ammoniak ähnlich zu salzartigen Verbindungen; es lässt sich aber auch in ihm ein Atom Wasserstoff durch Metalle ersetzen, und es verhält sich daher auch wie eine schwache Säure. Mit Phosphorpentoxid erhitzt verliert es ein Molecül Wasser und verwandelt sich in Acetonitril oder Methylecyanid. Erhitzt man Essigäther anstatt mit Ammoniak mit Aethylamin, so entsteht

Aethylacetamid,  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O} \left\{ \begin{array}{l} \text{C}_2\text{H}_5 \\ \text{O} \\ \text{H} \end{array} \right\} \text{N}$ .

Diacetamid,  $(\text{C}_2\text{H}_3\text{O})_2\text{NHN}$ , erhält man durch Erhitzen von Essigsäure mit Acetonitril:

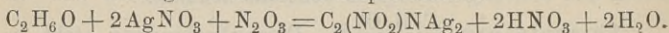


Erhitzt man Acetonitril mit Essigsäureanhydrid, so entsteht Triacetamid:



Beide Amide sind farblose, krystallisirte Körper.

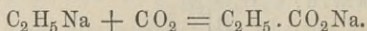
11) Knallsaure Salze oder Fulminate. Die Verbindungen sind Salze der noch unbekanntenen Knallsäure oder des Nitroacetonitrils,  $\text{CN} \cdot \text{C}(\text{NO}_2)\text{H}_2$ . Das Knallsilber,  $\alpha \text{CN} \cdot \text{C}(\text{NO}_2)\text{Ag}_2$ , bildet sich bei der Einwirkung von Weingeist auf eine Lösung von Silber in Salpetersäure:



Es krystallisirt in kleinen, weissen Nadeln, die schon im feuchten Zustande beim Erhitzen oder durch Stoss mit der furchtbarsten Heftigkeit explodiren. Knallquecksilber,  $\text{CN} \cdot \text{C}(\text{NO}_2)\text{Hg}$ , wird im Grossen dargestellt, indem man Quecksilber in Salpetersäure auflöst und allmählig Weingeist hinzufügt, wobei eine heftige Reaction eintritt, die man durch weiteren Zusatz von Weingeist mässigt; beim Erkalten scheidet sich die Verbindung in weissen Krystallen aus. Es explodirt nicht so heftig wie die Silberverbindung und wird zum Füllen der Zünddetonatoren oder Schlagröhren benutzt, welche man zum Entzünden von Sprengmitteln gebraucht. Brom verwandelt es in  $\alpha$  Dibromnitroacetonitril,  $\text{CN} \cdot \text{C}(\text{NO}_2)\text{Br}_2$ , grosse farblose Krystalle, die einen äusserst heftigen Geruch besitzen.

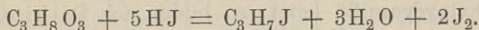
## 6. Propylgruppe.

7) Der primäre Propylalkohol,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ , ist in kleiner Menge im Fuselöl der Weintrebern, der Melasse und des Fruchtbranntweins enthalten; er siedet bei  $96^\circ$ ; die primären Propylverbindungen zeigen die grösste Aehnlichkeit mit den entsprechenden Aethylverbindungen. Bei der Oxydation liefert  $\alpha$  der Propylalkohol Propionsäure,  $\text{C}_2\text{H}_5 \cdot \text{CO} \cdot \text{OH}$ . Gewöhnlich stellt man diese Säure aus Propionitril dar (s. Seite 334), sie entsteht ferner durch Einwirkung von Kohlendioxid auf Natriumäthyl:



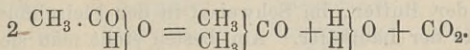
$\beta$  Die Propionsäure ist der Essigsäure sehr ähnlich; sie löst sich in Wasser in jedem Verhältnisse und wird durch Calciumchlorid aus dieser Lösung abgeschieden.

Der secundäre Propylalkohol oder das Dimethylcarbinol,  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}.\text{OH}$ , siedet bei  $84^\circ$ ; erhitzt man denselben mit Jodwasserstoffsäure, so erhält man das Isopropyljodid, eine farblose, schwere Flüssigkeit, welche bei  $90^\circ$  siedet. Am besten stellt man diese Verbindung aus Glycerin,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ , dar, welches ein dreierwerthiger Alkohol ist; erhitzt man dasselbe mit einem Ueberschuss von concentrirter Jodwasserstoffsäure, so tritt folgende Reaction ein:

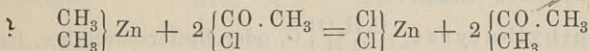


Das primäre, wie das secundäre Jodid geben mit Silbernitrit die entsprechenden Nitropropane; das primäre  $\text{CH}_3.\text{CH}_2.\text{CH}_2.\text{NO}_2$  giebt mit salpetriger Säure, wie die entsprechende Aethylverbindung, eine Nitrolsäure,  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_2)\text{NOH}$ , welche sich in Alkalien mit rother Farbe löst. Das secundäre Nitropropan,  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}.\text{NO}_2$ , giebt eine isomere Verbindung, welche keine Säure ist und Isopropylnitrol,  $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{NO}_2)\text{NO}$ , genannt wird. Dieselbe bildet farblose, kampherähnliche Krystalle, welche zu einer blauen Flüssigkeit schmelzen und sich in Chloroform mit tiefblauer Farbe lösen.

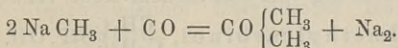
Aceton,  $\text{CO} \left\{ \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{array} \right.$ . Das Aceton bildet sich durch Oxydation des secundären Propylalkohols und ferner, wenn essigsaure Salze der trockenen Destillation unterworfen, oder wenn die Dämpfe von der Essigsäure durch eine rothglühende Röhre geleitet werden:



Es ist im rohen Holzgeiste enthalten und kann synthetisch dargestellt werden durch Einwirkung von Zinkmethyl auf Acetylchlorid:



und durch Zusammenbringen von Natriummethyl und Kohlenoxid:



Das Aceton ist eine farblose Flüssigkeit, welche ätherisch riecht und bei  $56^\circ$  siedet. Mit den sauren Sulfiten der Alkalimetalle vereinigt es sich ähnlich wie die Aldehyd zu krystalisirten Verbindungen. In wässriger Lösung mit Natriumamal-

!!! (siehe Ranfäure!)  
 $\text{CO} < \text{CH}$   
 $\text{CO} <$

gam zusammengebracht, nimmt es zwei Atome Wasserstoff auf und verwandelt sich wieder in secundären Propylalkohol.

5.) Aehnlich dem Aldehyd, bildet es mit Hydroxylamin eine Verbindung, welche Dimethylketonoxim,  $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{N}.\text{OH}$ , genannt wird und in Prismen krystallisirt, die schwach, aber angenehm riechen; der Wasserstoff des Hydroxyls kann durch Metalle oder Alkoholradicale ersetzt werden.

6.) Wenn man Chlorwasserstoff in ein Gemisch von Aceton und Aethylhydrosulfid leitet, so bildet sich Dithioäthyldimethylmethan,  $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{S}\text{C}_2\text{H}_5)_2$ , welches eine stark lichtbrechende Flüssigkeit ist, die bei  $190^\circ$  siedet und von Kaliumpermanganat zu Diäthylsulfondimethylmethan,  $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{SO}_2\text{C}_2\text{H}_5)_2$ , oxydirt wird. Dasselbe krystallisirt aus heissem Wasser in dicken Prismen und findet unter dem Namen Sulfonal als Schlafmittel Verwendung.

### 7. Butylgruppe.

1.) Normaler Butylalkohol,  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ , wird leicht erhalten durch Reduction von Buttersäure, die zuerst in den Aldehyd und letzterer dann durch freiwerdenden Wasserstoff in den Alkohol verwandelt wird. Es ist eine bewegliche, geistig riechende Flüssigkeit, die bei  $116^\circ$  siedet.

2.) Buttersäure,  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ , findet sich neben anderen fetten Säuren in der Butter, im Schweiss, in der Fleischflüssigkeit und im Saft der Laufkäfer. Am besten stellt man sie durch Gährung dar, indem man eine Auflösung von Zucker, mit faulem Käse und Kreide gemischt, längere Zeit einer Temperatur von  $30^\circ$  aussetzt. Es ist eine farblose, sauer riechende Flüssigkeit, welche bei  $162^\circ$  siedet.

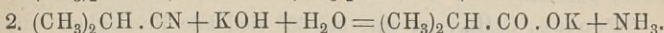
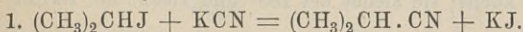
3.) Aethylbutyrat,  $\left. \begin{matrix} \text{C}_4\text{H}_7\text{O} \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{matrix} \right\} \text{O}$ , oder Buttersäureäther, hat einen angenehmen Obstgeruch und findet in der Conditorei und zur Darstellung von künstlichem Rum Verwendung.

4.) Aethylmethylcarbinol,  $\left. \begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{matrix} \right\} \text{CH}.\text{OH}$ . Der secundäre Butylalkohol wird durch Reduction von Erythrit, einem vierwerthigen Alkohol, erhalten. (S. daselbst.)

5.) Isobutylalkohol,  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}.\text{CH}_2.\text{OH}$ , kommt im Fuselöl aus Melasse und Fruchtbranntwein vor. Er riecht nach Fuselöl

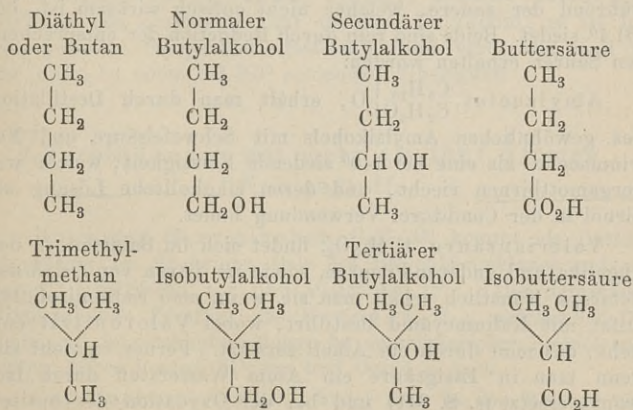
und siedet bei 109°. In seinem chemischen Verhalten zeigt er grosse Aehnlichkeit mit Aethylalkohol.

Isobuttersäure,  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}.\text{CO}.\text{OH}$ , siedet bei 153° <sup>6)</sup> und hat einen sauren Geruch; sie findet sich im Johannisbrod und bildet sich nicht nur bei der Oxydation des Isobutylalkohols, sondern auch, wenn man in der Essigsäure zwei Atome Wasserstoff durch Methyl ersetzt (s. S. 341). Ferner erhält man sie, wenn man Isopropyljodid mit Kaliumcyanid erhitzt, wobei Isobutyronitril entsteht, das, mit Kalilauge gekocht, Kaliumisobutytrat liefert:



Trimethylcarbinol,  $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$ . Die Bildung dieses tertiären Alkohols wurde schon früher erwähnt (S. 324); er bildet im wasserfreien Zustande farblose Krystalle und riecht geistig und zugleich nach Campher. Erhitzt man das Jodid desselben mit Zink und Wasser, so erhält man Trimethylmethan,  $(\text{CH}_3)_3\text{CH}$ , ein Gas, das sich bei  $-15^\circ$  zu einer Flüssigkeit verdichtet, während das isomere normale Butan,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , das man durch Erhitzen von Zink mit Aethyljodid erhält, schon bei  $+1^\circ$  flüssig wird.

Die Constitution der Verbindungen mit vier Atomen Kohlenstoff wird durch nachstehende aufgelöste Formeln noch deutlicher: <sup>8.)</sup>

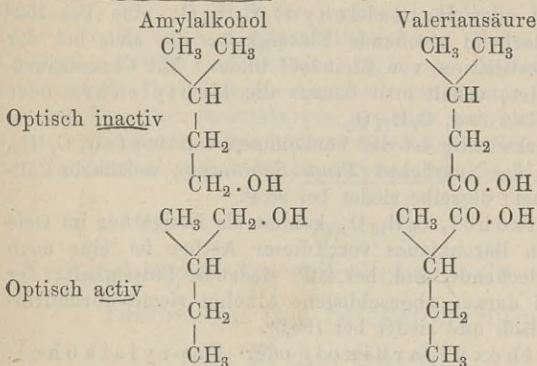


## 8. P e n t y l g r u p p e.

1. Pentylalkohol,  $C_5H_{12}O$ , wird aus Pentylsäure auf dieselbe Weise erhalten, wie Butylalkohol aus Buttersäure; er riecht nach Fuselöl und siedet bei  $173^{\circ}$ .
2. Pentoylsäure,  $C_5H_{10}O_2$ , kommt nicht in der Natur vor und wird erhalten, wenn man das durch Einwirkung von Kaliumcyanid auf Butyljodid gewonnene Pentonitril,  $C_4H_9CN$ , mit Kalilauge kocht; sie siedet bei  $185^{\circ}$  und riecht der Buttersäure ähnlich.
3. Pentan,  $C_5H_{12}$ , ist eine bei  $38^{\circ}$  siedende Flüssigkeit, die im Steinöl vorkommt; lässt man Chlor auf den Dampf dieses Kohlenwasserstoffs wirken, so entsteht ein Gemenge von primärem und secundärem Pentylchlorid. Erhitzt man dieselben mit Kaliumacetat auf  $200^{\circ}$ , so erhält man die zwei Pentylacetate, welche, mit Kali gekocht, die Alkohole liefern.
4. Amylalkohol,  $C_5H_{12}O$ . Mit diesem Namen bezeichnet man den Hauptbestandtheil des Fuselöls aus Frucht- und Kartoffelbranntwein, welcher gegen  $130^{\circ}$  siedet; derselbe ist ein Gemisch zweier isomerer Alkohole, welche nur schwierig zu trennen sind. Von diesen hat der eine, welcher immer in kleiner Menge darin enthalten ist, die Eigenschaft, die Ebene des polarisirten Lichtes zu drehen; derselbe siedet bei  $128^{\circ}$ , während der andere, welcher nicht optisch wirksam ist, bei  $131,4^{\circ}$  siedet. Beide sind rein durch Reduction der entsprechenden Säuren erhalten worden.
5. Amylacetat,  $\left. \begin{matrix} C_5H_{10} \\ C_2H_3O \end{matrix} \right\} O$ , erhält man durch Destillation des gewöhnlichen Amylalkohols mit Schwefelsäure und Natriumacetat als eine bei  $140^{\circ}$  siedende Flüssigkeit, welche wie Bergamottbirnen riecht, und deren alkoholische Lösung als Birnöl in der Conditorei Verwendung findet.
6. Valeriansäure,  $C_6H_{10}O_2$ , findet sich im Baldrian, in der Angelika und anderen Pflanzen, sowie im Thran von *Delphinus globiceps*. Künstlich erhält man sie, wenn man Kaliumisobutylsulfat mit Kaliumcyanid destillirt, wobei Valeronitril entsteht, das man durch ein Alkali zersetzt. Ferner entsteht sie, wenn man in Essigsäure ein Atom Wasserstoff durch Isopropyl ersetzt (s. S. 341) und bei der Oxydation des optisch unwirksamen Amylalkohols. Sie siedet bei  $175^{\circ}$  und riecht

nach faulem Käse. Oxydirt man den optisch activen Alkohol, so erhält man eine ähnliche, aber schon bei 172° siedende Säure, welche auch entsteht, wenn man in Essigsäure ein Atom Wasserstoff durch Aethyl und ein anderes durch Methyl ersetzt (s. S. 341); dieselbe ist ebenfalls optisch wirksam.

Aus diesen verschiedenen Bildungsweisen ergeben sich für die Alkohole und Säuren die folgenden Constitutionsformeln: 7



Isopentan oder Amylwasserstoff,  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ , bildet sich beim Erhitzen von Amyljodid mit Zink und Wasser unter Druck; es ist eine bewegliche, bei 30° siedende Flüssigkeit. 8

Tetramethylmethan,  $\text{C}(\text{CH}_3)_4$ , entsteht durch Einwirkung von Zinkmethyl auf tertiäres Butyljodid; es ist bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig und verdichtet sich in der Kälte zu einer bei 9,5° siedenden Flüssigkeit. 9

### V. Verbindungen mit mehr als fünf Atomen Kohlenstoff.

Normaler Hexylalkohol,  $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$ , kommt als Buttersäureäther im flüchtigen Oele des Riesenbärenklaues und anderer Umbelliferen vor und siedet bei 157°. Das demselben entsprechende Paraffin, das Hexan,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ , welches bei 68° + siedet, ist in reichlicher Menge im amerikanischen Steinöl enthalten, neben Pentan, Heptan und Octan u. s. w. 7

Capronsäure,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ , findet sich in den Blüten von *Satyrium hircinum* und im Fruchtfleische von *Gingko biloba* 2.



und kommt zusammen mit anderen fetten Säuren in der Butter und im Cocosnussöl vor. Es ist eine ölige, sauer und schweissartig riechende Flüssigkeit, die bei 205<sup>0</sup> siedet. Derselben sehr ähnlich ist die Isocapronsäure,  $(\text{CH}_3)_2\text{C}_3\text{H}_5 \cdot \text{CO}_2\text{H}$ , die man künstlich aus Amylalkohol dargestellt hat; dieselbe siedet bei 199<sup>0</sup>.

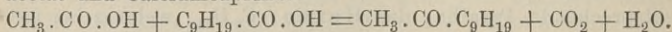
3. Heptylalkohol,  $\text{C}_7\text{H}_{16}\text{O}$ , siedet bei 175,7<sup>0</sup> und entsteht durch Einwirkung von Natriumamalgam und Essigsäure auf  $\alpha$ Oenanthol oder Heptaldehyd,  $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}$ , eine bei 152<sup>0</sup> siedende, stechend riechende Flüssigkeit, die sich bei der trockenen Destillation von Ricinusöl bildet. Mit Chromsäurelösung oxydirt, erhält man daraus die Heptylsäure oder  $\beta$ Oenanthylsäure,  $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$ .

Sehr merkwürdig ist das Vorkommen von Heptan,  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ , im Harzsaft der Nussfichte (*Pinus Sabiniana*), welche in Californien wächst; dasselbe siedet bei 98,4<sup>0</sup>.

4. Octylalkohol,  $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$ , kommt als Essigäther im Oele des gemeinen Bärenklaues vor; dieser Aether ist eine nach Apfelsinen riechende und bei 207<sup>0</sup> siedende Flüssigkeit; der mit Aetzkali daraus abgeschiedene Alkohol riecht durchdringend aromatisch und siedet bei 196,5<sup>0</sup>.

5. Methylhexylcarbinol oder Caprylalkohol,  $\left. \begin{array}{l} \text{C}_6\text{H}_{13} \\ \text{C}_6\text{H}_{13} \end{array} \right\} \text{CH.OH}$ , entsteht beim Erhitzen von Ricinusöl mit Aetzkali.

6. Von anderen Verbindungen, die hierher gehören, sind zu erwähnen Octyl- oder Caprylsäure,  $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$ , und Caprinsäure,  $\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$ , welche neben Buttersäure und Capronsäure in der Butter vorkommen, und die Nonyl- oder Pelargonssäure,  $\text{C}_9\text{H}_{18}\text{O}_2$ , die im flüchtigen Oele von *Pelargonium roseum* enthalten ist. Der sogenannte Oenanthäther, der den allen Weinen gemeinschaftlichen eigenthümlichen Geruch verursacht, besteht der Hauptsache nach aus dem Aethyläther der Octylsäure und Caprinsäure. Methylnonylketon,  $\text{C}_9\text{H}_{18}\text{O}$ , ist der Hauptbestandtheil des Rautenöls; es riecht angenehm aromatisch und siedet bei 225<sup>0</sup>. Künstlich erhält man es durch Destillation eines Gemenges von Calciumacetat und Calciumcaprinat:



7. Cetylalkohol,  $\text{C}_{16}\text{H}_{34}\text{O}$ , kommt als Cetylpalmitat im Wallrath vor; Cerylalkohol,  $\text{C}_{27}\text{H}_{56}\text{O}$ , findet sich im chinesischen Wachs, das vorzugsweise aus Cerylcerotat besteht, während das Bienenwachs Myricylalkohol,  $\text{C}_{30}\text{H}_{62}\text{O}$ , mit

Palmitinsäure verbunden enthält. Aus diesen Aetherarten werden die Alkohole durch Kochen mit Kalilauge erhalten. Alle drei sind feste krystallinische Körper, welche sich in ihren Reactionen dem gewöhnlichen Alkohol ähnlich verhalten.

Die fetten Säuren mit mehr als 10 Atomen Kohlenstoff  $\delta$  sind bei gewöhnlicher Temperatur starre Körper, welche sich bei der Destillation zum Theil zersetzen. Die Laurinsäure,  $a$   $C_{12}H_{24}O_2$ , kommt im fetten Lorbeeröl und die Myristinsäure,  $b$   $C_{14}H_{28}O_2$ , in der Muskatbutter vor. Palmitinsäure,  $c$   $C_{16}H_{32}O_2$ , und Stearinsäure,  $C_{18}H_{36}O_2$ , sind in der Natur  $d$  sehr verbreitet und Hauptbestandtheile der meisten festen Fette. Die gewöhnlichen Stearinkerzen bestehen aus einem Gemisch dieser zwei Säuren. Das höchste Glied dieser Reihe ist die in der Cacaobutter enthaltene Theobrominsäure,  $C_{64}H_{128}O_2$ .  $e$

## VI.

### Verbindungen der Alkoholradicale mit den Elementen der Stickstoffgruppe N, P, As, Sb, Bi.

#### 1. Stickstoffbasen.

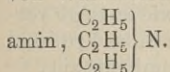
Wird der Wasserstoff des Ammoniaks durch Alkoholradicale ersetzt, so erhält man, wie schon erwähnt, die Stickstoffbasen oder Amine. Man theilt dieselben ein in:

Primäre Amine, in welchen ein Atom Wasserstoff des Ammoniaks durch ein Radical ersetzt ist, wie Aethylamin,



Secundäre Amine, wie Diäthylamin,  $\left. \begin{array}{l} C_2H_5 \\ C_2H_5 \\ H \end{array} \right\} N$ , in welchem zwei Alkoholradicale enthalten sind.

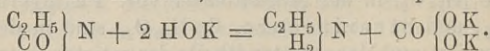
Tertiäre Amine sind Ammoniak, welche an der Stelle von Wasserstoff drei Alkoholradicale enthalten, z. B. Triäthyl-



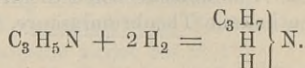
Diese Verbindungen sind alle ohne Zersetzung flüchtig, riechen dem Ammoniak ähnlich, verbinden sich direct wie

dieses mit Säuren zu Salzen und besitzen alkalische Reaction. Die Bildung derselben kann auf verschiedene Weise stattfinden.

Durch Destillation eines Gemisches von Kaliumcyanat mit  $\alpha$ -Kaliumäthylsulfat erhält man Aethylcarbimid,  $\left. \begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5 \\ \text{CO} \end{matrix} \right\} \text{N}$ , eine Verbindung, die in ähnlicher Beziehung zu Aethylcyanat,  $\left. \begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5 \\ \text{CN} \end{matrix} \right\} \text{O}$ , steht, wie Aethylcarbamin zu Propionitril; erhitzt man ein Carbimid mit Aetzkali, so erhält man ein primäres Amin:

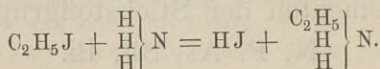


Die Nitrile der fetten Säuren verbinden sich mit Wasserstoff im Augenblick des Freiwerdens:

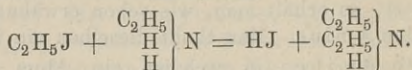


Aus Propionitril entsteht Propylamin.

Die Chloride, Bromide oder Jodide der Alkoholradicale  $\epsilon$ .geben, mit Ammoniak erhitzt, ein Amin:

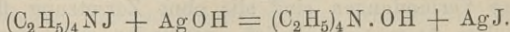


Wird das so erhaltene Aethylamin wieder mit Aethyljodid erhitzt, so wird ein zweites Atom Wasserstoff durch Aethyl  $\delta$ ersetzt, und man erhält Diäthylamin:



Das Diäthylamin, derselben Reaction unterworfen, giebt Triäthylamin. Wie Ammoniak sich direct mit Jodwasserstoff vereinigt zu Ammoniumjodid, so verbindet sich Triäthylamin mit Aethyljodid zu Tetraäthylammoniumjodid,  $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NJ}$ .

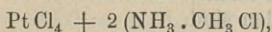
Diese Reactionen verlaufen indess nicht so einfach, wie hier angenommen ist, sondern, wenn man ein Alkoholjodid mit Ammoniak erhitzt, bilden sich neben dem primären Amin auch die anderen Verbindungen. Die jodwasserstoffsauren Salze der Amine werden durch Aetzkali zersetzt, und die Basen werden frei; auf Tetraäthylammoniumjodid, sowie analoge Verbindungen hat Kalilauge keine Einwirkung; aber Silberhydroxid zersetzt diese Jodide und erzeugt ein Ammoniumhydroxid:



Diese Hydroxide sind nicht ohne Zersetzung flüchtig und lösen sich leicht in Wasser zu stark alkalischen und ätzenden Flüssigkeiten, welche mit Metallsalzen ähnliche Reactionen wie Aetzkali geben, und wie dieses schön krystallisirte Salze bilden.

Gemischte Amine erhält man, wenn man mit den Jodiden verschiedener Radicale auf ein primäres Amin einwirkt. Alle Stickstoffbasen geben mit Platinchlorid krystallisirte Doppelsalze, und ihre schwefelsauren Salze verbinden sich mit Aluminiumsulfat zu Alaunen, welche isomorph mit dem gewöhnlichen Alaun sind.

Methylamin,  $\text{CH}_3 \cdot \text{NH}_2$ , findet sich in der Häringslake, im stinkenden Thieröl und im rohen Holzgeist und bildet sich auch durch Einwirkung von freiwerdendem Wasserstoff auf Blausäure oder Formonitril. Es ist ein farbloses Gas, das bei starker Kälte sich zu einer Flüssigkeit verdichtet; sein Geruch ist stark ammoniakalisch; Wasser von gewöhnlicher Temperatur nimmt gegen 1000 Raumtheile davon auf; es ist also leichter löslich als Ammoniak, mit dem es die grösste Aehnlichkeit hat, sich aber leicht davon unterscheidet, indem es entzündlich ist und mit gelblicher Flamme brennt. Die wässrige Lösung fällt Metallsalze; Kupfersalze lösen sich im Ueberschuss mit schön blauer Farbe; Silberoxid löst sich ebenfalls darin auf, aber die Hydroxide des Cadmiums, Kobalts und Nickels sind darin unlöslich. Das Platinsalz,

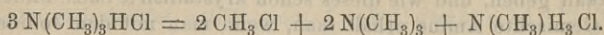


ist leicht löslich in kochendem Wasser und krystallisirt in goldgelben Blättchen.

Dimethylamin,  $(\text{CH}_3)_2 \text{NH}$ , ist ein farbloses, brennbares Gas, das nach Ammoniak riecht und sich bei  $+7^\circ$  zu einer Flüssigkeit verdichtet.

Trimethylamin,  $(\text{CH}_3)_3 \text{N}$ , siedet bei  $3,5^\circ$  und riecht durchdringend ammoniakalisch und fischartig. Es kommt fertig gebildet in Pflanzen vor, wie im stinkenden Gänsefuss, in den Blüthen des Weissdorns und Birnbaums u. s. w., sowie auch in verschiedenen thierischen Säften; die Häringslake ist so reich daran, dass man es vortheilhaft daraus durch Destillation mit Natronlauge gewinnen kann. Man gewinnt es jetzt im Grossen durch trockene Destillation der Schlempe, welche bei der Gewinnung von Weingeist aus Rübenmelasse gewonnen wird, und benutzt es zur Darstellung von Methylchlorid

(s. S. 326), indem man das salzsaure Salz erhitzt, wobei sich das Chlorid und freies Trimethylamin verflüchtigen, während chlorwasserstoffsäures Methylamin zurückbleibt:

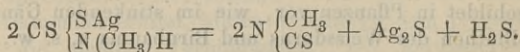


Man absorbiert das Trimethylamin mit Salzsäure und verdichtet das Methylchlorid in schmiedeeisernen Cylindern. Trimethylamin benutzt man auch, um aus Kaliumchlorid reines Kaliumcarbonat darzustellen, wobei man ebenso verfährt, wie beim Ammoniaksoodaprocess (S. 191). Ammoniak lässt sich nicht benutzen, da Salmiak und saures Kaliumcarbonat fast gleich löslich in Wasser sind, während salzsaures Trimethylamin äusserst löslich ist. Mit Methyljodid verbindet sich die Base unter Erhitzung zu Tetramethylammoniumjodid,  $(\text{CH}_3)_4 \text{NJ}$ ; setzt man frisch gefälltes Silberoxid zu dessen wässriger Lösung, so bildet sich eine stark alkalische und ätzende Lösung von Tetramethylammoniumhydroxid,  $(\text{CH}_3)_4 \text{N.OH}$ , die im luftleeren Raume zu einer krystallinischen Masse eintrocknet.

Das Trimethylamin ist metamer mit Methyläthylamin und Propylamin und wurde früher mit der letzteren Base verwechselt. Solche metamere Amine lassen sich aber leicht unterscheiden dadurch, dass man sie so lange mit Aethyljodid behandelt, bis eine Ammoniumverbindung entstanden ist und dann durch Analyse findet, wie viele Atome Wasserstoff durch Aethyl ersetzt worden sind.

Die Amine des Aethyls haben grosse Aehnlichkeit mit den entsprechenden Methylverbindungen. Aethylamin,  $\text{C}_2 \text{H}_5 \cdot \text{NH}_2$ , siedet bei  $18,7^\circ$ , Diäthylamin,  $(\text{C}_2 \text{H}_5)_2 \text{NH}$ , bei  $56^\circ$  und Triäthylamin,  $(\text{C}_2 \text{H}_5)_3 \text{N}$ , bei  $89^\circ$ .

Thiocarbimide. Bringt man ein primäres Amin mit Schwefelkohlenstoff zusammen, so entsteht eine Thiocarbaminsäure, deren Silbersalz mit Wasser erhitzt ein Thiocarbimid liefert:



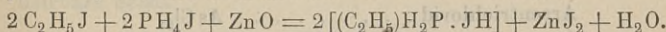
Das so erhaltene Methylthiocarbimid ist eine weisse Krystallmasse; es schmilzt bei  $34^\circ$  und siedet bei  $119^\circ$ , während Aethylthiocarbimid eine bei  $134^\circ$  siedende Flüssigkeit ist, welche zu Thränen reizend riecht und auf der Haut einen brennenden Schmerz erregt. Zu den Thiocarbimiden gehört auch das ätherische Löffelkrautöl, das secundäres Butyl ent-

hält und künstlich durch obige Reaction erhalten werden kann; es ist eine scharf riechende Flüssigkeit, welche bei 159,5° siedet.

Die Thiocarbimide werden auch Senföle genannt, da das eigentliche Senföl, welches unter Allylverbindungen beschrieben wird, zu dieser Classe gehört, und sie alle, wie letzteres, sehr stechend riechen.

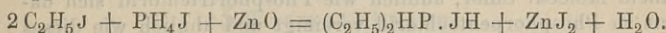
### 2) Phosphorbasen.

Aethylphosphin,  $C_2H_5 \cdot PH_2$ . Das jodwasserstoffsaurer Salz dieser Base bildet sich, wenn man Aethyljodid mit Phosphoniumjodid und Zinkoxid auf 140 bis 150° erhitzt: 1)



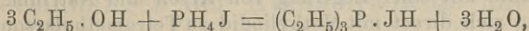
Das so erhaltene Jodid zerfällt, analog dem Phosphoniumjodid, mit Wasser in Jodwasserstoff und Aethylphosphin, eine farblose, bei 25° siedende Flüssigkeit mit wahrhaft bewältigendem Geruch, der lebhaft an den der Carbamine erinnert. Es entzündet sich in Berührung mit rauchender Salpetersäure und seine Dämpfe bleichen Kork wie Chlor.

Diäthylphosphin,  $(C_2H_5)_2PH$ , entsteht ebenfalls durch obige Reaction und bleibt auf Zusatz von Wasser als Zinkdoppelsalz zurück: 2)



Durch Einwirkung von Alkalien erhält man die freie Base als bewegliche, stark lichtbrechende Flüssigkeit, die bei 85° siedet und an der Luft Sauerstoff mit so grosser Begierde absorbiert, dass Entzündung eintreten kann. Ihr Geruch ist durchdringend und haftend, aber ganz verschieden von dem des Aethylphosphins.

Triäthylphosphin,  $(C_2H_5)_3P$ , wird gebildet, wenn man absoluten Alkohol mit Phosphoniumjodid auf 160° erhitzt: 3)

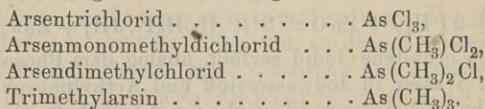


und entsteht auch durch Einwirkung von Phosphortrichlorid auf Zinkäthyl; es ist eine farblose Flüssigkeit, welche bei 127,5° siedet und einen durchdringenden Geruch hat, der in verdünntem Zustande angenehm hyacinthenartig ist. Es verbindet sich direct mit Sauerstoff, häufig unter Entzündung, und mit Schwefel und Chlor, wodurch es sich von den Stickstoffbasen unterscheidet. Mit Säuren verbindet es sich, wie

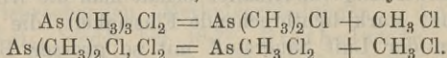
Ammoniak, direct zu Salzen, welche nur schwer krystallisiren.  
 4. Mit Aethyljodid vereinigt es sich zu Tetraäthylphosphoniumjodid,  $(C_2H_5)_4PJ$ , einem weissen, krystallinischen Salze, aus welchem durch feuchtes Silberoxyd das stark ätzende und alkalische Teträthylphosphoniumhydroxid entsteht.

### 3. Arsenbasen.

1/ Die Verbindungen des Arsens mit den Alkoholradicalen verhalten sich etwas verschieden von den vorhergehenden; man kann dieselben vom Arsenchlorid ableiten, in welchem das Chlor zum Theil oder ganz durch Alkoholradicale ersetzt ist. So kennt man folgende Verbindungen:



Wie im Arsenchlorid das Chlor durch andere Elemente ersetzt werden kann, so kann dies auch in den zwei anderen Chloriden statthaben, und dieselben verhalten sich in ihren Reactionen wie die Chloride arsenhaltiger Radicale; das Arsendimethyl ist einwerthig und das Arsenmonomethyl zweiwerthig. Die oben angeführten Verbindungen verbinden sich direct mit einem Molecül Chlor, ähnlich wie Phosphortrichlorid sich damit zu Phosphorpentachlorid vereinigt und ähnlich wie dieses zerfallen sie beim Erhitzen, wobei aber Methylchlorid austritt:



Man kann so vom Trimethylarsin leicht zu Arsendimethyl und Arsenmonomethyl übergehen.

2/ Trimethylarsin,  $\text{As}(\text{CH}_3)_3$ , ist eine farblose Flüssigkeit, welche bei  $120^\circ$  siedet; man erhält es durch Erhitzen von Methyljodid mit einer Legirung von Arsen und Natrium. Es verbindet sich direct mit Methyljodid zu Tetramethylarsoniumjodid, aus dem man das stark alkalische Hydroxid leicht erhalten kann. Dem Triäthylphosphin ähnlich verbindet sich das Trimethylarsin direct mit Chlor und Sauerstoff.

3/ Arsendimethyl oder Kakodyl,  $\left. \begin{array}{l} \text{As}(\text{CH}_3)_2 \\ \text{As}(\text{CH}_3)_2 \end{array} \right\}$ , entsteht durch Erhitzen von Arsendimethylchlorid mit Zinn; es ist eine bei  $170^\circ$  siedende Flüssigkeit, die sich an der Luft von

selbst entzündet. Destillirt man Kaliumacetat mit arseniger Säure, so erhält man eine Flüssigkeit, Alkarsin genannt, welche hauptsächlich aus Kakodyloxid,  $\left. \begin{matrix} \text{As}(\text{CH}_3)_2 \\ \text{As}(\text{CH}_3)_2 \end{matrix} \right\} \text{O}$ , besteht und etwas freies Kokodyl enthält, weshalb sie auch selbstentzündlich ist.

Dieselbe besitzt, wie alle hierher gehörigen flüchtigen Verbindungen, einen durchdringenden, furchtbar widerlichen Geruch und ist äusserst giftig. Bei langsamer Oxydation verwandelt sich das Alkarsin in Kakodylsäure,  $\text{As}(\text{CH}_3)_2 \text{O} \left| \begin{matrix} \text{O} \\ \text{H} \end{matrix} \right.$ , welche grosse Krystalle bildet, geruchlos und nur wenig giftig ist. Die Kakodylsäure ist in Wasser löslich und bildet krystallisirbare Salze.

#### 4. Antimonbasen.

Dieselben haben grosse Aehnlichkeit mit den Arsenbasen. Destillirt man Aethyljodid mit einer Legirung von Antimon und Kalium, so erhält man Triäthylstibin,  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Sb}$ , eine farblose Flüssigkeit, welche bei  $158,5^0$  siedet und sich an der Luft von selbst entzündet. Es verbindet sich direct mit Sauerstoff, Schwefel und Chlor.

#### 5. Wismuthbasen.

Triäthylbismuthin,  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Bi}$ , entsteht, wenn Jodäthyl auf Wismuthkalium einwirkt. Es ist eine gelbliche Flüssigkeit, welche sich beim Erhitzen unter Explosion zersetzt und sich an der Luft entzündet.

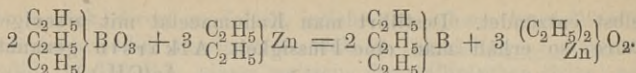
---

### VII.

## Verbindungen der Alkoholradicale mit Bor und Silicium.

Boräthyl,  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{B}$ , ist eine farblose Flüssigkeit, welche bei  $95^0$  siedet, einen stechenden, zu Thränen reizenden Geruch besitzt, sich an der Luft entzündet und mit schön grüner Flamme brennt. Zur Darstellung dieses Körpers mischt man Aethylborat mit Zinkäthyl, wobei Boräthyl und Zinkäthylat entstehen:





2.) Siliciumäthyl,  $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{Si}$ , wird erhalten durch Einwirkung von Zinkäthyl auf Siliciumchlorid. Es ist eine farblose Flüssigkeit, welche von Salpetersäure nicht angegriffen wird und bei  $150^\circ$  siedet.

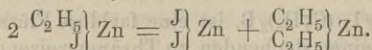
Von Chlor wird es unter Salzsäureentwicklung angegriffen und als erstes Chlorsubstitutionsproduct erhält man das einfachgechlorte Siliciumäthyl,  $\text{Si C}_8\text{H}_{19}\text{Cl}$ , eine bei  $185^\circ$  siedende Flüssigkeit, welche sich wie das Chlorid eines einatomigen Radicals verhält, indem es, mit Kaliumacetat erhitzt, einen Aether der Essigsäure giebt, welcher, mit weingeistiger Aetzkalilösung gekocht, sich in einen alkoholartigen Körper verwandelt. Hiernach muss man das Siliciumäthyl als Nonylwasserstoff oder Nonan betrachten, in welchem 1 Atom Kohlenstoff durch Silicium ersetzt ist, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

		Siedepunkt
Nonan . . .	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	Siliciumäthyl . . . $\text{Si C}_8\text{H}_{20}$ . . . $150^\circ$
Nonylchlorid	$\text{C}_9\text{H}_{19}\text{Cl}$	Silicononylchlorid $\text{Si C}_8\text{H}_{19}\text{Cl}$ $185^\circ$
Nonylacetat	$\begin{matrix} \text{C}_9\text{H}_{19} \\ \text{C}_2\text{H}_3\text{O} \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} \text{C}_9\text{H}_{19} \\ \text{C}_2\text{H}_3\text{O} \end{matrix}} \right\} \text{O}$	Silicononylacetat $\begin{matrix} \text{Si C}_8\text{H}_{19} \\ \text{C}_2\text{H}_3\text{O} \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} \text{Si C}_8\text{H}_{19} \\ \text{C}_2\text{H}_3\text{O} \end{matrix}} \right\} \text{O}$ $211^\circ$
Nonylalkohol	$\begin{matrix} \text{C}_9\text{H}_{19} \\ \text{H} \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} \text{C}_9\text{H}_{19} \\ \text{H} \end{matrix}} \right\} \text{O}$	Silicononylalkohol $\begin{matrix} \text{Si C}_8\text{H}_{19} \\ \text{H} \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} \text{Si C}_8\text{H}_{19} \\ \text{H} \end{matrix}} \right\} \text{O}$ $190^\circ$

4.) Der Silicononylalkohol ist eine farblose, nach Campher riechende Flüssigkeit.

### VIII. Metallverbindungen der Alkoholradicale.

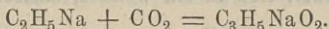
1) Zinkäthyl,  $\begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5 \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5 \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{matrix}} \right\} \text{Zn}$ . Dieser wichtige Körper bildet sich, wenn Zink mit Jodäthyl erhitzt wird, wobei zuerst eine nicht flüchtige, krystallisirte Verbindung entsteht, welche bei stärkerem Erhitzen in Zinkjodid und Zinkäthyl zerfällt:



Das Zinkäthyl ist eine farblose Flüssigkeit, welche bei  $118^\circ$  siedet, sich an der Luft entzündet und mit helleuchtender Flamme, unter Abscheidung weisser Wolken von Zinkoxyd, ver-

brennt. Tritt Sauerstoff nur allmähig hinzu, so verwandelt es sich in weisses festes Zinkäthylat,  $Zn(OC_2H_5)_2$ . Wasser zersetzt es rasch, wobei sich Zinkhydroxyd ausscheidet und Aethan entweicht. Wegen seiner leichten Zersetzbarkeit wird das Zinkäthyl vielfach zur Darstellung anderer Aethylverbindungen benutzt; Beispiele hiervon sind im Vorhergehenden schon öfter erwähnt worden.

Natriumäthyl,  $C_2H_5Na$ . Natrium wirkt leicht auf Zinkäthyl ein; es scheidet sich Zink ab, und man erhält eine krystallisirte Verbindung von Natriumäthyl und Zinkäthyl; es ist bis jetzt nicht gelungen, das reine Natriumäthyl hieraus abzuscheiden. Mit Kohlendioxyd verbindet sich dasselbe direct zu Natriumpropionat:



Kaliumäthyl entsteht auf ganz ähnliche Weise und ist ebenfalls nur in Verbindung mit Zinkäthyl bekannt; ganz dasselbe Verhalten zeigen die Methylverbindungen der Alkalimetalle.

Quecksilbermethyl,  $\left. \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \right\} Hg$ , und Quecksilberäthyl,  $\left. \begin{matrix} C_2H_5 \\ C_2H_5 \end{matrix} \right\} Hg$ , sind farblose, schwere, flüchtige Flüssigkeiten, welche giftig sind und sich an der Luft nicht entzünden.

Zinnteträthyl,  $(C_2H_5)_4Sn$ , entsteht durch Einwirkung von Zinntetrachlorid auf Zinkäthyl. Es ist eine farblose Flüssigkeit, die schwach ätherisch riecht und bei  $181^0$  siedet; der Luft ausgesetzt nimmt es keinen Sauerstoff auf; aber es ist leicht entzündlich und brennt mit stark leuchtender Flamme.

Zinndiäthyl,  $\left( \begin{matrix} (C_2H_5)_2Sn \\ (C_2H_5)_2Sn \end{matrix} \right)$ , und Zinntriäthyl,  $\left( \begin{matrix} (C_2H_5)_3Sn \\ (C_2H_5)_3Sn \end{matrix} \right)$ , bilden sich, wenn man eine Legirung von Natrium und Zinn mit Aethyljodid erwärmt. Die erstere Verbindung ist ein dickes Oel, das beim Erhitzen in Zinn und Zinnteträthyl zerfällt. Mit Sauerstoff verbindet es sich zu dem Oxid  $(C_2H_5)_2SnO$ , einem weissen Pulver, das mit Säuren krystallisirte Salze bildet. Zinntriäthyl ist eine dünne Flüssigkeit, die mit Sauerstoff ein flüchtiges Oxid  $[(C_2H_5)_3Sn]_2O$  bildet, das durchdringend riecht, und durch Salzsäure in Zinntriäthylchlorid,  $(C_2H_5)_3SnCl$ , verwandelt wird, eine stechend riechende und bei  $210^0$  siedende

Flüssigkeit, die neben Aethan auch entsteht, wenn man Zinnteträthyl mit rauchender Salzsäure erhitzt.

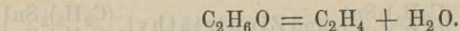
6.) Bleiteträthyl,  $(C_2H_5)_4Pb$ , entsteht durch Einwirkung von Zinkäthyl auf Bleichlorid und bildet eine schwere Flüssigkeit, die bei  $200^0$  siedet, nicht an der Luft raucht, aber leicht entzündlich ist. Salzsäure zersetzt es, wobei Aethan entweicht und Bleitriäthylchlorid,  $(C_2H_5)_3PbCl$ , zurückbleibt, das in langen Nadeln krystallisirt und heftig, senfartig riecht.

7.) Bleitriäthyl,  $\left. \begin{matrix} (C_2H_5)_3Pb \\ (C_2H_5)_3Pb \end{matrix} \right\}$ , ist eine dünne Flüssigkeit, die sich durch Einwirkung von Aethyljodid auf eine Legirung von Blei und Natrium bildet. An der Luft nimmt es Sauerstoff auf und verwandelt sich in ein weisses, basisches Oxid.

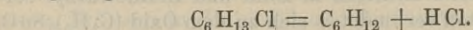
## IX. Verbindungen zweiwerthiger Radicale.

### Zweiwerthige Alkoholradicale.

1.) Mit den Paraffinen parallel läuft eine Reihe von Kohlenwasserstoffen, welche zwei Atome Wasserstoff weniger enthalten und Olefine genannt werden. In denselben sind zwei Atome Kohlenstoff mit je zwei Verbindungseinheiten aneinander <sup>a.</sup> gekettet. Man erhält dieselben aus den Alkoholen der einwerthigen Radicale, indem man diesen durch Erwärmen mit concentrirter Schwefelsäure oder Zinkchlorid die Elemente des Wassers entzieht:



Ferner bilden sich Olefine, wenn man die Verbindungen der Alkoholradicale mit den Elementen der Chlorgruppe mit weingeistiger Kalilauge behandelt:

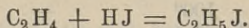


Olefine entstehen auch neben Paraffinen bei der trocknen Destillation vieler organischer Substanzen und sind daher im Holz- und Steinkohlengas und Theer enthalten.

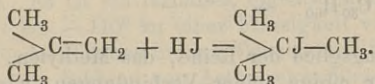
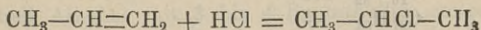
Die Namen der Olefine werden aus denen der einwerthigen Alkoholradicale durch Anhängung der Silbe „en“

gebildet, wie Aethyl,  $C_2H_5$ , Aethylen,  $C_2H_4$ , oder indem man die Endsilbe „an“ der Paraffine in „en“ verwandelt, wie Aethan,  $C_2H_6$ , Aethen,  $C_2H_4$ .

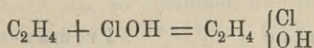
Die Olefine unterscheiden sich von den Paraffinen dadurch, dass sie durch directe Addition wieder in Verbindungen übergehen, welche die Kohlenstoffatome in einfacher Bindung enthalten; Aethylen verbindet sich mit Jodwasserstoff zu Aethyljodid:



Die, welche mehr als zwei Atome Kohlenstoff enthalten, liefern bei dieser Reaction entweder secundäre oder tertiäre Verbindungen:

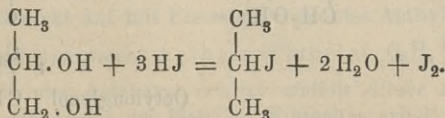


Noch leichter verbinden sie sich mit den Elementen der Chlorgruppe, wodurch Verbindungen zweiwerthiger Radicale entstehen; die Olefine sind daher zweiwerthige Radicale im freien Zustande. Auch mit unterchloriger Säure gehen sie Verbindungen ein, wodurch Verbindungen entstehen, welche halb Chlorid und halb Alkohol sind, und Chlorhydrine genannt werden:



Ersetzt man in den Haloidverbindungen das Chlor oder Brom durch Hydroxyl, so erhält man die Alkohole der zweiwerthigen Radicale oder Glycole, wie Aethylenglycol,

$C_2H_4 \begin{cases} OH \\ OH \end{cases}$ , welche, wie alle mehrwerthigen Alkohole, durch Erhitzen mit Jodwasserstoff in Jodide der einwerthigen Alkoholradicale übergeführt werden; Propylenglycol liefert secundäres Propyljodid:



Die besser untersuchten Olefine und Glycole sind in folgender Tabelle enthalten:

		Siedepunkt			Siedepunkt
Aethylen	$C_2 H_4$	—	Aethylen glycol	$C_2 H_6 O_2$	197,5 <sup>0</sup>
Propylen	$C_3 H_6$	—	Propylen glycol	$C_3 H_8 O_2$	188 <sup>0</sup>
Butylen	$C_4 H_8$	+ 3 <sup>0</sup>	Trimethen glycol	—	216 <sup>0</sup>
Isobutylen		— 7 <sup>0</sup>	Isobutylen glycol	$C_4 H_{10} O_2$	183 <sup>0</sup>
Pentylen	$C_5 H_{10}$	39 <sup>0</sup>	—	—	—
Amylen		30 <sup>0</sup>	Amylen glycol	$C_5 H_{12} O_2$	177 <sup>0</sup>
Hexylen	$C_6 H_{12}$	70 <sup>0</sup>	Hexylen glycol	$C_6 H_{14} O_2$	207 <sup>0</sup>
Heptylen	$C_7 H_{14}$	100 <sup>0</sup>	—	—	—
Isoheptylen		91 <sup>0</sup>	—	—	—
Octylen	$C_8 H_{16}$	125 <sup>0</sup>	Octylen glycol	$C_8 H_{18} O_2$	237 <sup>0</sup>
Diamylen	$C_{10} H_{20}$	160 <sup>0</sup>			
Ceten	$C_{16} H_{32}$	275 <sup>0</sup>			
Ceroten	$C_{27} H_{54}$	—			
Melen	$C_{30} H_{60}$	—			

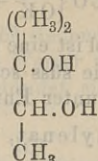
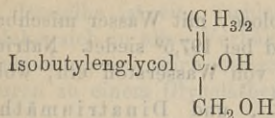
Das Anfangsglied der Reihe, das Methylen,  $CH_2$ , ist unbekannt, aber einige seiner Verbindungen, wie Methylenchlorid,  $CH_2Cl_2$ , hat man durch Substitution aus Sumpfgas erhalten.

Wenn man die Siedepunkte der Glycole mit einander vergleicht, so fällt auf, dass dieselben nicht, wie in anderen homologen Reihen, mit dem Moleculargewicht regelmässig zunehmen. Der Grund davon ist, dass sie nicht alle wahre Homologe sind, wie die folgende Zusammenstellung zeigt:

Primäre	Primär-secundäre
Aethylen glycol	Propylen glycol
$CH_2.OH$	$CH_3$
$CH_2.OH$	$CH.OH$
	$CH_2.OH$
Trimethen glycol	Hexylen glycol
$CH_2.OH$	$C_4H_9$
$CH_2$	$CH.OH$
$CH_2.OH$	$CH_2.OH$
	$C_6H_{13}$
	Octylen glycol
	$CH.OH$
	$CH_2.OH$

Primär-tertiär

Secundär-tertiär



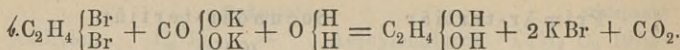
Aethylen,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , bildet sich bei der trocknen Destillation der Steinkohlen, des Holzes u. s. w. und ist daher im Leuchtgas neben Propylen und Butylen enthalten. Reines Aethylen erhält man durch gelindes Erhitzen eines Gemisches von 1 Raumtheil Alkohol mit 3 bis 4 Raumtheilen concentrirter Schwefelsäure. Es ist ein farbloses, eigenthümlich riechendes Gas, das sich bei  $-110^\circ$  zu einer Flüssigkeit verdichtet und mit hellleuchtender Flamme brennt. Concentrirte Schwefelsäure absorhirt es unter Bildung von Aethylschwefelsäure.

Aethylendichlorid,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ , entsteht beim Vermischen gleicher Raumtheile von Aethylen und Chlor; es ist eine farblose, dem Chloroform ähnlich riechende Flüssigkeit, die bei  $83,5$  siedet. Erwärmt man es mit einer weingeistigen Aetzkalklösung, so tritt Salzsäure aus und es bildet sich Chloräthylen oder Vinylchlorid,  $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ . Wirkt ein Ueberschuss von Chlor auf Aethylendichlorid ein, so entstehen Substitutionsproducte, deren letztes Glied Hexachloräthan,  $\text{C}_2\text{Cl}_6$ , ist (s. S. 333).

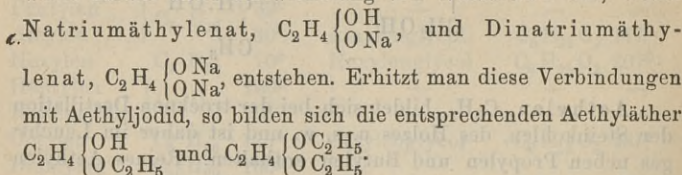
Aethylendibromid,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$ , ist eine dem Chlorid ähnliche Flüssigkeit, welche bei  $131,5^\circ$  siedet.

Aethylendijodid,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{J}_2$ . Aethylen und Jod verbinden sich nur im Sonnenlichte oder beim Erwärmen zu Aethylendijodid, welches in weissen Nadeln krystallisirt.

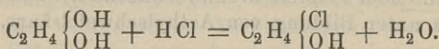
Aethylenalkohol oder Aethylenglycol,  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ . Silberacetat wirkt auf mit Eisessig gemischtes Aethylendijodid heftig ein und es entsteht Aethylendiacetat,  $\text{C}_2\text{H}_4 \begin{cases} \text{OC}_2\text{H}_3\text{O} \\ \text{OC}_2\text{H}_3\text{O} \end{cases}$ . Mit Aetzkali oder Aetzbaryt erhitzt zerfällt dieser Aether in Glycol und ein Acetat des Metalls. Einfacher erhält man ihn, wenn man das Dibromid mit einer Lösung von Kaliumcarbonat erhitzt:



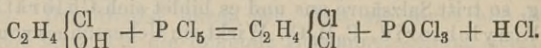
Aethylenglycol ist eine dicke, farblose, mit Wasser mischbare Flüssigkeit, die süß schmeckt und bei 197,5<sup>0</sup> siedet. Natrium wirkt darauf unter Entwicklung von Wasserstoff ein, wobei



5.) Aethylenchlorhydrat,  $\text{C}_2\text{H}_4 \left\{ \begin{array}{c} \text{Cl} \\ \text{OH} \end{array} \right.$ , entsteht nicht nur durch directe Vereinigung von Aethylen mit unterchloriger Säure, sondern auch, wenn man Glycol mit Salzsäure erhitzt:



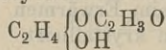
Es ist eine farblose Flüssigkeit, die bei 128<sup>0</sup> siedet und in wässriger Lösung von Natriumamalgam zu Aethylalkohol reducirt wird. Erhitzt man Glycol oder sein Chlorhydrin mit <sup>a</sup>Phosphorpentachlorid, so bildet sich Aethylendichlorid:



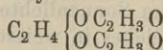
Wie man sieht, verhält sich das Glycol dem Aethylalkohol völlig analog, unterscheidet sich aber dadurch von demselben, dass es als Verbindung eines zweiwerthigen Radicals, zwei Chloride, zwei Aether derselben Säure u. s. w. bildet.

So kennen wir zwei Acetate:

Glycolmonacetat

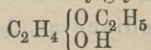


Glycoldiacetat

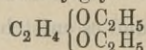


und zwei Aethyläther:

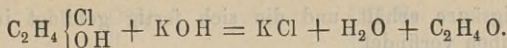
Monäthylglycol



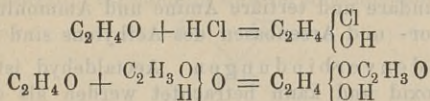
Diäthylglycol



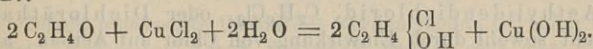
6.) Aethylenoxid,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ . Aetzkali wirkt heftig auf Aethylenchlorhydrin ein, es entzieht demselben die Elemente der Salzsäure und bildet Aethylenoxid:



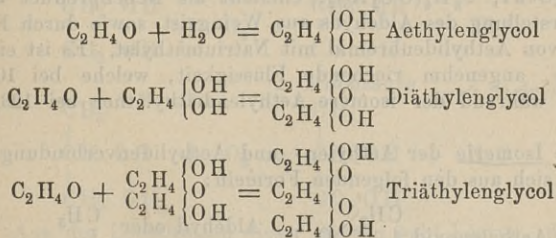
Dasselbe ist eine farblose, bei 13,5° siedende Flüssigkeit, welche sich in allen Verhältnissen mit Wasser mischt. Diese Verbindung ist stark basisch und verbindet sich direct mit Säuren zu einem Glycoläther, z. B.:



Aus den Lösungen vieler Metallsalze fällt es Hydroxide, z. B.:



Ferner verbindet es sich leicht mit Wasser zu Aethylen-glycol und mit Glycol selbst zu Polyäthylenglycolen:



Mit freiwerdendem Wasserstoff vereinigt es sich zu Aethylalkohol und mit Ammoniak und Aminen bildet es eine Reihe von Verbindungen, die kräftige Basen sind.

Cholin,  $\text{C}_2\text{H}_4 \left\{ \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH} \end{array} \right.$  Diese Base, welche in der Galle, im Gehirn und Eidotter und auch im Pflanzenreiche vorkommt, ist ein Zersetzungsproduct sehr complicirter Verbindungen. Künstlich erhält man Cholin, wenn man eine concentrirte wässrige Lösung von Trimethylamin mit Aethylenoxid erhitzt. Es bildet zerfließliche Krystalle, ist stark alkalisch und bildet gut krystallisirende Salze. Durch Oxydation geht es in Oxycholin,  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O} \left\{ \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH} \end{array} \right.$  über, eine Base, welche man auch durch Einwirkung von Trimethylamin auf



Chloressigsäure erhält und die sich fertig gebildet in den Runkelrüben vorfindet.

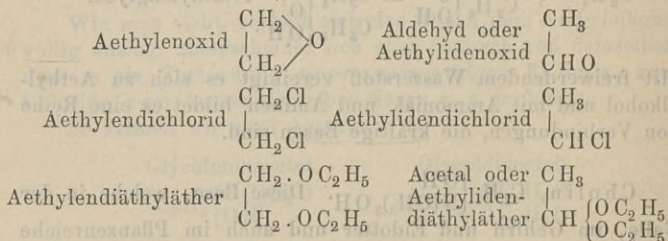
Die Verbindungen des Aethylens mit den Elementen der Stickstoffgruppe sind sehr zahlreich; indem es zwei Atome Wasserstoff in zwei Moleculen Ammoniak oder eines Amins ersetzt, erhält man den Aethylverbindungen entsprechende primäre, secundäre und tertiäre Amine und Ammoniumbasen. Auch Phosphor- und Arsenbasen des Aethylens sind bekannt.

8) Aethylidenverbindungen. Acetaldehyd ist isomer mit Aethylenoxid und kann betrachtet werden als das Oxid des Radicals Aethyliden, welches im freien Zustande nicht bekannt ist.

Aethylidendichlorid,  $C_2H_4Cl_2$ , oder Dichloräthan entsteht sowohl durch Einwirkung von Chlor auf Aethan, als auch durch Destillation von Aldehyd mit Phosphorpentachlorid. Es siedet bei  $58^{\circ}$ .

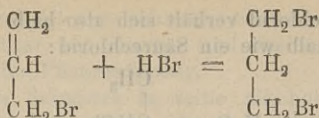
9) Acetal,  $C_2H_4(O C_2H_5)_2$ , entsteht als Nebenproduct bei der Darstellung des Aldehyds aus Weingeist, sowie durch Erhitzen von Aethylidenbromid mit Natriumäthylat. Es ist eine farblose, angenehm riechende Flüssigkeit, welche bei  $104^{\circ}$  siedet, während der isomere Aethylendiäthyläther bei  $123,5^{\circ}$  kocht.

Die Isomerie der Aethylen- und Aethylidenverbindungen erklärt sich aus den folgenden Formeln:

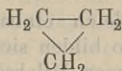


10) Propylen,  $CH_3 \cdot CH=CH_2$ , erhält man leicht durch Erhitzen von secundärem Propyljodid mit Aetzkali und Weingeist. Es ist ein dem Aethylen ähnliches Gas; sein Dibromid siedet bei  $141,6^{\circ}$  und das Glycol bei  $188^{\circ}$ .

Trimethylen,  $C_3H_6$ , ist isomer mit Propylen; sein Dibromid entsteht durch Vereinigung von Bromwasserstoff mit Allylbromid:

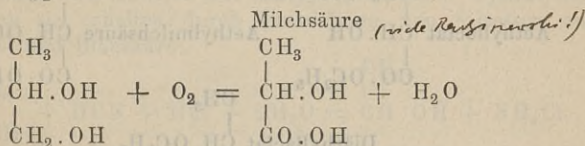
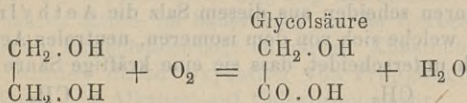


Dasselbe siedet bei 164° und wird von Natrium in den Kohlenwasserstoff verwandelt, welcher folgende Constitution hat:



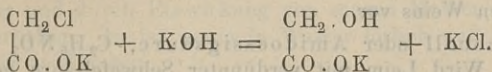
Σ Milchsäurereihe,  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_3$ .

Durch gemässigte Oxydation werden in den Glycolen zwei Atome Wasserstoff durch Sauerstoff ersetzt und man erhält eine Reihe einbasischer Säuren: 1/



Aus der Constitution dieser Säuren geht hervor, dass sie sich einerseits wie Alkohole und andererseits wie fette Säuren verhalten. Sie stehen in naher Beziehung zu den letzteren und die entsprechenden Glieder der beiden Reihen lassen sich leicht in einander überführen.

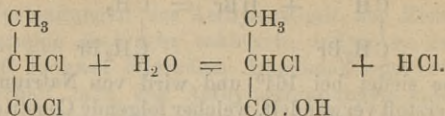
Kocht man Kaliummonochloracetat mit Kalilauge, so entsteht Kaliumglycolat:



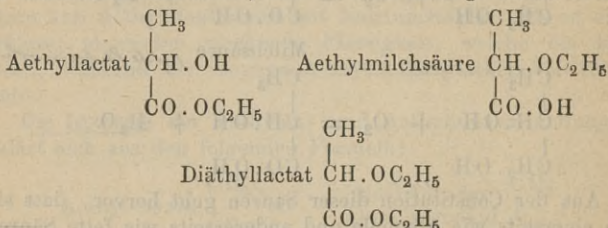
Erhitzt man Glycolsäure mit Bromwasserstoff, so entsteht wieder Monobromessigsäure, gerade wie Aethylalkohol durch Bromwasserstoff in Aethylbromid verwandelt wird.

Wenn Phosphorchlorid auf Milchsäure einwirkt, so werden die beiden Hydroxyle durch Chlor ersetzt, und das so erhaltene Lactylchlorid zerfällt mit Wasser in Salzsäure und Chlorpropion-

säure; das Lactylchlorid verhält sich also halb wie das Chlorid eines Alkohols, halb wie ein Säurechlorid:

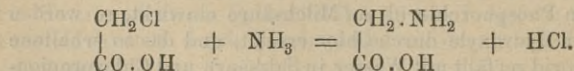


Da diese Säuren zugleich einbasische Säuren und einwerthige Alkohole sind, so bilden sie verschiedene Arten von Aethern u. s. w. Erhitzt man Milchsäure mit Alkohol, so erhält man das neutrale Aethylactat, indem Aethyl den Wasserstoff im Carboxyl ersetzt; Natrium wirkt darauf genau wie auf Alkohol ein und ersetzt den Wasserstoff des Alkoholhydroxyls. Behandelt man diese Natriumverbindung mit Aethyljodid, so entsteht Diäthyllactat, eine neutrale Flüssigkeit, die mit Kalilauge behandelt, das Kaliumsalz der Aethylmilchsäure liefert. Säuren scheiden aus diesem Salz die Aethylmilchsäure ab, welche sich von dem isomeren, neutralen Aethylactat dadurch unterscheidet, dass sie eine kräftige Säure ist:



2) Glycolsäure oder Oxyessigsäure,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$ , bildet farblose, in Wasser leicht lösliche Krystalle und wird nicht nur durch die schon erwähnten Reactionen erhalten, sondern auch, wenn man Alkohol mit Salpetersäure oxydirt. Fertig gebildet kommt sie in den unreifen Weintrauben und in den Blättern des wilden Weins vor.

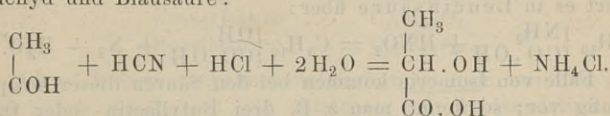
3) Glycocoll oder Amidoessigsäure,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$  (Leimzucker). Wird Leim mit verdünnter Schwefelsäure gekocht, so erhält man daraus eine süß schmeckende Substanz, den sogenannten Leimzucker; dieselbe Verbindung entsteht, wenn Monochloressigsäure mit Ammoniak erhitzt wird:



Das Glycocoll ist eine schwache Säure, verbindet sich aber auch als Aminbase mit Säuren, und findet sich in der Galle und im Harn der Pflanzenfresser.

Leitet man Salzsäure in seine alkoholische Lösung, so bildet sich salzsaures Aethylamidoacetat,  $C_2H_5 \cdot CO_2 \cdot CH_2 \cdot NH_3Cl$ , welches durch Einwirkung von Natriumnitrit unter Abspaltung von Wasser in Aethyldiazoacetat,  $C_2H_5 \cdot CO_2 \cdot CHN_2$ , übergeht:  $C_2H_5 \cdot CO_2 \cdot CH_2 \cdot NH_3Cl + NaNO_2 = C_2H_5 \cdot CO_2 \cdot CHN_2 + 2H_2O + NaCl$ . Dasselbe ist eine Flüssigkeit, die von Natronlauge in das Natriumsalz der Triazoessigsäure,  $(C_3H_3N_6)_3(CO_2H)_3$ , verwandelt wird. Dieselbe krystallisirt in glänzenden, tief orangefarbigen Täfelchen und zerfällt beim Erhitzen mit Wasser in Oxalsäure und Diamid (S. 69).

Milchsäure oder Oxypropionsäure,  $C_3H_6O_3$ , kommt im Magensaft und Opium vor und bildet sich leicht durch eine eigenthümliche Art von Gärung aus Zucker; sie ist daher in der sauren Milch, im Sauerkraut, in der Gerberlohe und in gegohrenem Runkelrübensafte enthalten. Künstlich ist sie dargestellt worden durch Oxydation von Propylenglycol, sowie Einwirkung von Alkalien auf Chlorpropionsäure. Synthetisch hat man sie erhalten durch Einwirkung von Salzsäure auf Aldehyd und Blausäure:

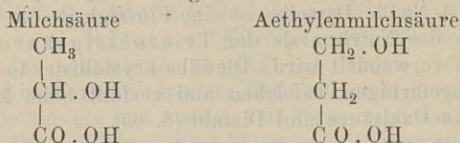


Die Milchsäure ist eine farblose dicke Flüssigkeit, die stark, aber angenehm sauer schmeckt und nicht ohne Zersetzung flüchtig ist.

Zinklactat,  $(C_3H_5O_3)_2Zn + 3H_2O$ , ist ein sehr charakteristisches Salz der Milchsäure; es ist in kaltem Wasser ziemlich schwierig löslich und bildet vierseitige, glänzende Prismen. Ferrolactat,  $(C_3H_5O_3)_2Fe + 3H_2O$ , wird als Arzneimittel benutzt und durch Einwirkung von sauren Molken auf Eisenfeile erhalten. Es ist wenig in Wasser löslich und bildet krystallinische Krusten.

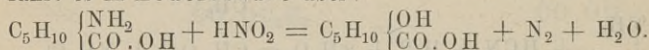
Paramilchsäure kommt in verschiedenen thierischen Flüssigkeiten, namentlich aber in der des Fleisches vor; sie hat die grösste Aehnlichkeit mit der gewöhnlichen Milchsäure, von der sie sich hauptsächlich dadurch unterscheidet, dass sie optisch activ ist. Neben dieser Säure enthält die Fleischflüssigkeit noch in kleinerer Menge eine andere isomere Säure,

welche Aethylenmilchsäure genannt wird, weil man sie synthetisch erhalten hat durch Erhitzen von Aethylenchlorhydrin mit Kaliumcyanid, wobei das Nitril der Säure entsteht, das mit Kalilauge gekocht die Säure liefert. Die Aethylenmilchsäure ist daher eine einbasische Säure und ein primärer Alkohol, während die gewöhnliche Milchsäure, die man synthetisch aus Aldehyd oder Aethylidenoxid erhält, als Aethylidenmilchsäure zugleich ein secundärer Alkohol ist:

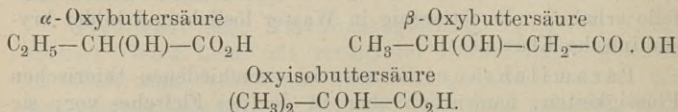


7) Leucin,  $C_5H_{10}.NH_2$   
 $\left. \begin{array}{l} | \\ CO.OH \end{array} \right\}$ , oder Amidocaprinsäure findet sich

im Hirn, der Lunge, Leber u. s. w. und tritt bei gewissen Krankheiten in grösserer Menge im Organismus auf; es bildet sich auch bei dem Faulen von Eiweissstoffen und ist daher in altem Käse enthalten (Käseoxid). Es krystallisirt in kleinen fettigen Schuppen und ist in Wasser löslich. Salpetrige Säure führt es in Leucinsäure über:

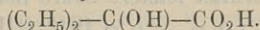


8) Fälle von *Isomerie* kommen bei den Säuren dieser Gruppe häufig vor; so kennt man z. B. drei Butyllactin- oder Oxybuttersäuren;  $\alpha$ -Oxybuttersäure bildet sich, wenn man Brombuttersäure mit Wasser und Silberoxid kocht, und  $\beta$ -Oxybuttersäure erhält man durch Einwirkung von Natriumamalgam und Wasser auf Acetessigäther,  $CH_3.CO.CH_2.CO.OH$  (s. S. 341), und Oxyisobuttersäure bildet sich durch Oxydation des Isobutylglycols. Diese Säuren haben daher die folgende Constitution:



Oxyisobuttersäure entsteht auch durch Einwirkung von Blausäure und Salzsäure auf Aceton, eine Reaction, die der Bildung der Milchsäure aus Aldehyd entspricht. Säuren dieser Reihe werden auch synthetisch erhalten, indem man einen Aether

der Oxalsäure,  $\begin{array}{c} \text{CO} \cdot \text{OH} \\ | \\ \text{CO} \cdot \text{OH} \end{array}$ , mit Zink und einem Alkoholjodid behandelt, wodurch ein Sauerstoffatom der einen Carboxylgruppe durch zwei Alkoholradicale ersetzt wird; Methyljodid giebt bei dieser Reaction Oxyisobuttersäure, und Aethyljodid die der Leucinsäure isomere Diäthylloxalsäure:

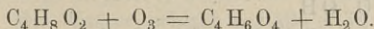


### XI. Oxalsäurereihe.

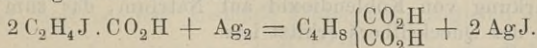
1.

Oxalsäure . . . . .	$\text{C}_2 \text{H}_2 \text{O}_4$
Malonsäure . . . . .	$\text{C}_3 \text{H}_4 \text{O}_4$
Bernsteinsäure . . . . .	$\text{C}_4 \text{H}_6 \text{O}_4$
Brenzweinsäure . . . . .	$\text{C}_5 \text{H}_8 \text{O}_4$
- Adipinsäure . . . . .	$\text{C}_6 \text{H}_{10} \text{O}_4^+$
Pimelinsäure . . . . .	$\text{C}_7 \text{H}_{12} \text{O}_4$
Suberinsäure . . . . .	$\text{C}_8 \text{H}_{14} \text{O}_4$
Azelainsäure . . . . .	$\text{C}_9 \text{H}_{16} \text{O}_4$
Sebacinsäure . . . . .	$\text{C}_{10} \text{H}_{18} \text{O}_4$
Brassylsäure . . . . .	$\text{C}_{11} \text{H}_{20} \text{O}_4$
- Rocellsäure . . . . .	$\text{C}_{17} \text{H}_{32} \text{O}_4^+$

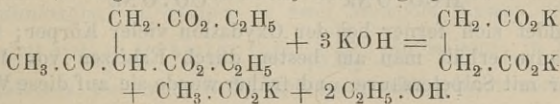
Diese Säuren enthalten die Carboxylgruppe zweimal und sind daher zweibasisch; sie entstehen bei der Oxydation der fetten Säuren. Kocht man z. B. Buttersäure mit Salpetersäure, <sup>1)</sup> so erhält man Bernsteinsäure:



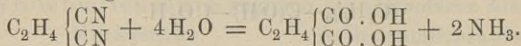
Synthetisch erhält man diese Säuren, wenn man das <sup>2)</sup> Monobrom- oder Jodsubstitutionsproduct einer fetten Säure mit pulverförmigem Silber erhitzt:



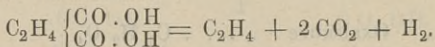
Man erhält sie auch leicht aus Acetessigäther. Behandelt man dessen Natriumverbindung mit Aethylchloracetat, so bildet sich Acetbernsteinsäureäther, welcher von Kalilauge und Bernsteinsäure, Essigsäure und Aethylalkohol gespalten wird:



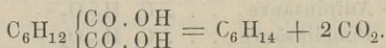
Mit Ausnahme der Oxalsäure lassen sich alle anderen Glieder der Reihe auffassen als Verbindungen der Kohlenwasserstoffe der Aethylenreihe mit 2 Carboxylen, und hiermit stehen die Bildungsweisen und Zersetzungen dieser Körper in vollständigem Einklang. Erhitzt man Aethylendibromid mit Kaliumcyanid, so erhält man das Nitril der Bernsteinsäure, das mit Kalilauge erhitzt letztere Säure liefert:



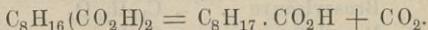
Zersetzt man das Kaliumsalz der Bernsteinsäure durch den galvanischen Strom, so zerfällt die Säure in Aethylen, Kohlendioxid und Wasserstoff:



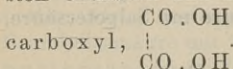
Mit Aetzbaryt erhitzt zerfallen diese Säuren in Kohlendioxid und einen Kohlenwasserstoff der Reihe  $C_nH_{2n+2}$ . So giebt Suberinsäure unter diesen Umständen Hexan:



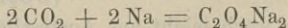
Dieselbe Spaltung bewirkt Natriummethylat. Nimmt man aber nur ein Molecül desselben auf ein Molecül Säure, so erhält man eine fette Säure. Sebacinsäure liefert so Nonylsäure:



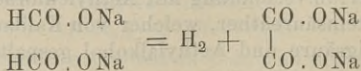
Da in diesen Säuren die Gruppe Carboxyl zweimal vorkommt, so kann keine derselben weniger als 2 Atome Kohlenstoff enthalten und das unterste Glied, die Oxalsäure, ist Di-



2.) Oxalsäure,  $C_2H_2O_4$ . Die Oxalsäure findet sich im Pflanzenreiche sehr verbreitet und kommt gewöhnlich als Kalium oder Calciumsalz vor. Synthetisch erhält man sie bei Einwirkung von Kohlendioxid auf Natrium, das zum Siedepunkt des Quecksilbers erhitzt ist:

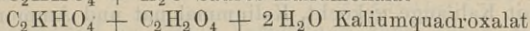
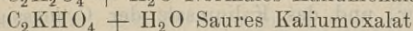
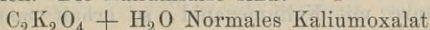


sowie auch beim Erhitzen von Natriumformiat:



Sie bildet sich ferner bei der Oxydation vieler Körper; reine Oxalsäure erhält man am besten durch Erhitzen von Rohrzucker mit Salpetersäure, und früher wurde sie auf diese Weise

im Grossen dargestellt; gegenwärtig aber erhält man sie fabrikmässig durch Erhitzen von Sägespänen mit einem Gemische von Aetzkali und Aetznatron. Das rohe Natriumoxalat wird sodann in das unlösliche Calciumoxalat verwandelt und dasselbe mit Schwefelsäure zersetzt, wodurch man Gyps und eine wässrige Oxalsäurelösung erhält, aus welcher man durch Eindampfen die Säure in wasserhaltigen Krystallen,  $C_2H_2O_4 + 2H_2O$ , die dem monoklinischen Systeme angehören, erhält. Bei  $100^\circ$  oder im luftleeren Raume über Schwefelsäure getrocknet, verliert sie das Krystallwasser, und zerfällt in ein weisses Pulver. Erhitzt man Oxalsäure auf  $160^\circ$ , so sublimirt ein kleiner Theil; die grössere Menge aber zerfällt in Kohlenoxid, Kohlendioxid, Wasser und Ameisensäure. Mit Schwefelsäure erhitzt zersetzt sie sich in Wasser und gleiche Raumtheile Kohlenoxid und Kohlendioxid. Die sauren und normalen Salze der Alkalimetalle sind in Wasser löslich und krystallisiren gut; die Oxalate der anderen Metalle sind meist in Wasser unlöslich. Die Kaliumsalze sind:



(vierfachsäures oxalsäures Kali).

Das Calciumoxalat zeichnet sich durch seine grosse Unlöslichkeit aus, und man benutzt es daher für die quantitative Bestimmung von Calcium.

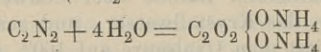
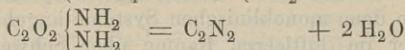
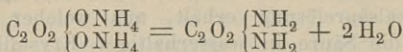
Methyloxalat,  $(CH_3)_2C_2O_4$ , erhält man, wenn man Holzgeist mit wasserfreier Oxalsäure erhitzt. Dieser Aether bildet grosse tafelförmige Krystalle, welche bei  $51^\circ$  schmelzen und bei  $162^\circ$  sieden. Mit Wasser erhitzt zerfällt er in Oxalsäure und Methylalkohol. Man benutzt ihn, um reinen Methylalkohol aus rohem Holzgeist darzustellen. 3.)

Auf dieselbe Weise erhält man aus Weingeist das Aethyloxalat, eine bei  $186^\circ$  siedende Flüssigkeit; zugleich entsteht dabei Aethyloxalsäure,  $C_2O_2 \begin{cases} OH \\ | \\ OC_2H_5 \end{cases}$ , eine ziemlich unbeständige, einbasische Säure, welche eine Reihe von ebenfalls unbeständigen Salzen bildet.

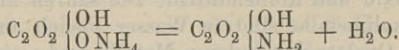
Amide der Oxalsäure. Erhitzt man das normale Ammoniumoxalat, so verliert es zwei Molecüle Wasser und verwandelt sich in Oxamid,  $C_2O_2 \begin{cases} NH_2 \\ | \\ NH_2 \end{cases}$ , ein weisses, in Wasser unlösliches Pulver; mit Phosphorpentoxid erhitzt verliert es 4.)



wieder 2 Molecüle Wasser, und es entsteht Cyangas oder Oxalonitril, welches durch Aufnahme von 2 Molecülen Wasser wieder leicht in Oxalsäure übergeht, indem die Cyangruppe nach der schon erwähnten allgemeinen Reaction in die Carboxylgruppe sich verwandelt:



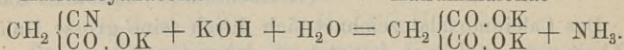
5) Saures Ammoniumoxalat,  $C_2O_2 \begin{Bmatrix} OH \\ ONH_4 \end{Bmatrix}$ , giebt beim Erhitzen ein Molecül Wasser ab und verwandelt sich in die einbasische Oxaminsäure:



6) Malonsäure,  $C_3H_4O_4$ . Erhitzt man den Aethyläther der Monochloressigsäure mit Kaliumcyanid, so erhält man den Cyanessigsäureäther, und das Kaliumsalz der Cyanessigsäure giebt mit Kalilauge gekocht, Kaliummalonat und Ammoniak:

Kaliumcyanacetat

Kaliummalonat



Malonsäure krystallisirt in Tafeln, schmilzt bei  $132^\circ$  und zerfällt beim stärkeren Erhitzen in Essigsäure und Kohlendioxid. Löst man sie in absolutem Alkohol und leitet Chlorwasserstoff ein, so entsteht Aethylmalonat,  $CH_2(CO_2.C_2H_5)_2$ , eine schwach aromatisch riechende Flüssigkeit, welche bei  $195^\circ$  siedet und von einer Lösung von Natrium in Alkohol in Natriumäthylmalonat,  $CHNa(CO_2.C_2H_5)_2$ , verwandelt wird, das in Nadeln krystallisirt und von Aethyljodid in den Aethyläther der Aethylmalonsäure,  $CH(C_2H_5)(CO_2.C_2H_5)_2$ , übergeführt wird. In demselben lässt sich ein Wasserstoffatom wieder durch Natrium und dieses durch Alkoholradicale ersetzen, und man erhält so eine Reihe von Säuren, die mit der Malonsäure gemein haben, beim Erhitzen in Kohlendioxid und eine fette Säure zu zerfallen. Man kann daher auch diese einbasischen Säuren auf diesem einfachen Wege synthetisch darstellen; Aethylmalonsäure liefert so Buttersäure.

7) Bernsteinsäure,  $C_4H_6O_4$ . Die Bernsteinsäure findet sich im Bernstein, in einigen Harzen, im Wermuth und in kleiner

Menge im thierischen Organismus; sie bildet sich ferner bei der geistigen Gährung des Zuckers und der Oxydation verschiedener Fette mit Salpetersäure.

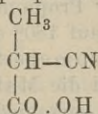
Ihre Bildung aus Aethylencyanid wurde schon oben erwähnt. Die Bernsteinsäure krystallisirt in wasserhellen Säulen; sie schmilzt bei 180° und kommt bei 235° ins Kochen, wobei der Dampf in Bernsteinsäureanhydrid,  $C_4H_4O_3$ , und Wasser  $\alpha$  zerfällt. Mit Phosphorpentachlorid erhitzt giebt sie Succinylchlorid,  $C_4H_4O_2Cl_2$ , eine an der Luft rauchende Flüssigkeit, welche sich mit Wasser zu Bernsteinsäure und Salzsäure umsetzt. Die neutralen Aether der Bernsteinsäure sind denen der Oxalsäure ähnlich. Mit Brom erhitzt giebt die Bernsteinsäure Monobrombernsteinsäure,  $C_4H_5BrO_4$ , und Dibrombernsteinsäure,  $C_4H_4Br_2O_4$ .

Succinamid,  $C_2H_4 \begin{cases} CO \cdot NH_2 \\ CO \cdot NH_2 \end{cases}$ , entsteht, wenn Ammoniak  $\beta$  auf Bernsteinsäure-Aethyläther einwirkt; es ist eine feste, in weissen Nadeln krystallisirende Substanz, welche beim Erhitzen in Ammoniak und Succinimid,  $C_2H_4 \begin{cases} CO \\ CO \end{cases} > NH$ , zerfällt; der Wasserstoff in dieser Verbindung kann durch Silber ersetzt werden; kocht man diese Silberverbindung mit verdünntem Ammoniak, so verwandelt sie sich unter Aufnahme von Wasser in das Silbersalz der einbasischen Succinaminsäure,  $C_2H_4 \begin{cases} CO \cdot OH \\ CO \cdot NH_2 \end{cases}$ .

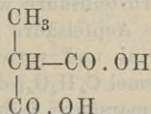
Isobernsteinsäure. Behandelt man die gewöhnliche  $\beta$  Milchsäure mit Phosphorpentachlorid, so entsteht Lactylchlorid,  $C_3H_4OCl_2$ , das mit Wasser in Salzsäure und Chlorpropionsäure zerfällt, welche letztere, mit Kaliumcyanid erhitzt, Cyanpropionsäure oder ein Nitril der Isobernsteinsäure liefert. Man hat sie auch durch Einwirkung von Methyljodid auf Natriumäthylmalonat erhalten. Sie schmilzt schon bei 130° und unterscheidet sich in ihren Reactionen scharf von der Bernsteinsäure.

Sie leitet sich vom Aethyliden auf dieselbe Weise ab, wie die Bernsteinsäure vom Aethylen:

Cyanpropionsäure



Isobernsteinsäure



10/ Die kohlenstoffreicheren Säuren dieser Reihe sind alle feste schön krystallisirende Körper, welche bei der Oxydation verschiedener Fette mit Salpetersäure entstehen. Die Suberin- oder Korksäure bildet sich ausserdem, wenn Kork oder Papier mit Salpetersäure gekocht wird, und die Sebacin-säure wird neben dem secundären Octylalkohol erhalten, wenn man Ricinusöl mit Aetzkali erhitzt. Die Rocellsäure ist in der *Rocella tinctoria* enthalten, einer Flechte, welche zur Bereitung des Lackmus dient. In ihren chemischen Eigenschaften verhalten sich diese Säuren der Bernsteinsäure sehr ähnlich.

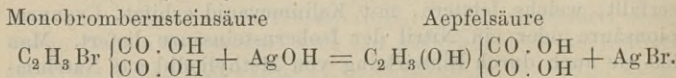
Zu der Bernsteinsäure in inniger Beziehung stehen zwei in dem Pflanzenreich sehr verbreitete Säuren, die Aepfelsäure und die Weinsäure.

## 2. Aepfelsäure: $C_4H_6O_5$ .

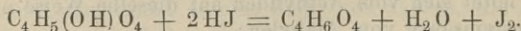
1/ Diese Säure findet sich im Saft der meisten sauren Früchte, und man erhält sie leicht aus unreifen Aepfeln oder Vogelbeeren, wenn man den Saft derselben mit Bleizucker fällt und das Bleisalz durch Einleiten von Schwefelwasserstoff zersetzt.

Die Aepfelsäure bildet kleine weisse, nadelförmige Krystalle; sie ist sehr löslich in Wasser und besitzt einen angenehmen sauren Geschmack.

a Kocht man eine wässrige Lösung der Monobrombernsteinsäure mit Silberoxid, so entsteht Aepfelsäure, indem das Brom durch Hydroxyl ersetzt wird:



b Erhitzt man Aepfelsäure mit Jodwasserstoff, so verwandelt sie sich wieder in Bernsteinsäure:



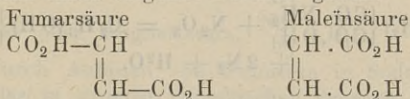
Die Aepfelsäure steht also in einer ähnlichen Beziehung zur Bernsteinsäure wie die Milchsäure zur Propionsäure.

2/ Die Aepfelsäure giebt beim Erhitzen auf  $180^\circ$  ein Molecül Wasser ab und verwandelt sich in zwei isomere Säuren von der Formel  $C_4H_4O_4$ , die Fumarsäure und die Maleinsäure. Die Fumarsäure findet sich auch im Saft verschiedener Pflan-

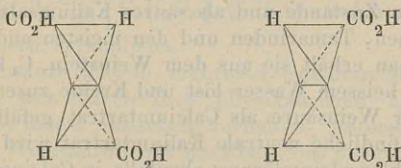
zen. Beide isomere Säuren verbinden sich, wenn sie in wässriger Lösung mit Natriumamalgam zusammengebracht werden, mit Wasserstoff und gehen in Bernsteinsäure über.

Auch mit Brom gehen sie directe Verbindung ein; aus der Fumarsäure entsteht dabei Dibrombernsteinsäure, während die Maleinsäure die isomere Isodibrombernsteinsäure giebt.

Um die Isomerie dieser zwei Säuren zu erklären, muss man annehmen, dass ihre Atome im Raum verschieden gelagert sind und ihnen folgende Formeln geben:

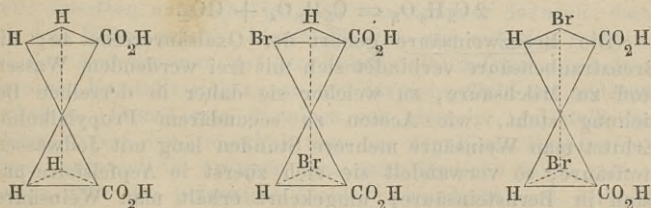


Noch deutlicher wird dieses, wenn wir uns die zwei Kohlenstoffatome, welche das Molecül zusammenhalten, in den Mittelpunkten zweier Tetraëder denken, wobei wir folgende Bilder erhalten:



Indem sie sich mit Wasserstoff verbinden, entsteht Bernsteinsäure, aber mit Brom bilden sie zwei isomere Verbindungen. In denselben sind die zwei Kohlenstoffatome nur mit je einer Verbindungseinheit an einander gekettet und daher die Tetraëder um ihre gemeinschaftliche Axe drehbar. Stellen wir demnach obige Verbindung so, dass die Carboxyle alle auf derselben Seite liegen, so erhalten wir folgende Bilder:

Bernsteinsäure    Dibrombernsteinsäure    Isodibrombernsteinsäure

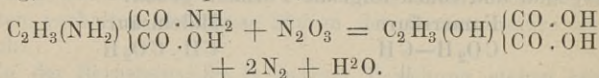


Bei den zwei Dibrombernsteinsäuren sind die Wasserstoffatome und Bromatome ebenfalls verschieden im Raum gelagert,

und wir mögen die Tetraëder drehen wie wir wollen, die zwei Bilder werden nie zur Deckung gelangen.

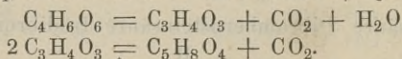
- 3.) Asparagin,  $C_2H_3(NH_2) \begin{cases} CO \cdot NH_2 \\ CO \cdot OH \end{cases} + H_2O$ . Diese Amido-  
verbindung findet sich in den Spargeln, der Eibischwurzel,  
dem Süssholz und in den Keimen vieler Pflanzen; sie bildet  
wasserhelle Krystalle und hat einen kühlenden Geschmack.

Leitet man Stickstofftrioxid in eine wässrige Asparagin-  
lösung, so entsteht Aepfelsäure, und Stickstoff entweicht:

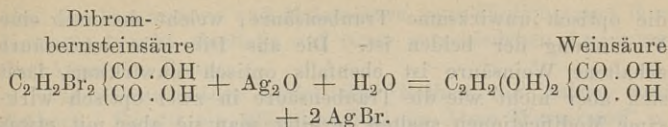


### 3. Weinsäure, $C_4H_6O_6$ .

- 1.) Die Weinsäure ist in der Natur sehr verbreitet und findet  
sich im freien Zustande und als saures Kaliumsalz (Weinstein)  
in den Trauben, Tamarinden und den meisten anderen sauren  
Früchten. Man erhält sie aus dem Weinstein,  $C_4H_5KO_6$ , wel-  
chen man in heissem Wasser löst und Kreide zusetzt, wodurch  
die Hälfte der Weinsäure als Calciumtartrat gefällt wird; das  
in Lösung befindliche neutrale Kaliumtartrat wird dann durch  
Zusatz von Chlorcalciumlösung ebenfalls in Calciumtartrat ver-  
wandelt und dieses unlösliche Salz mit Schwefelsäure zersetzt.  
Die Weinsäure bildet grosse monoklinische Krystalle und ist  
leicht in Wasser löslich; sie schmilzt bei  $180^\circ$ ; stärker erhitzt  
verliert sie Wasser und zersetzt sich, wobei sie den Geruch  
von verbranntem Zucker verbreitet. Unter den Zersetzungs-  
producten finden sich neben anderen Körpern Brenzweinsä-  
ure,  $C_5H_8O_4$ , und Brenztraubensäure,  $C_3H_4O_3$ :



- 2.) Die Brenzweinsäure gehört der Oxalsäurereihe an; die  
Brenztraubensäure verbindet sich mit frei werdendem Wasser-  
stoff zu Milchsäure, zu welcher sie daher in derselben Be-  
ziehung steht, wie Aceton zu secundärem Propylalkohol.  
Erhitzt man Weinsäure mehrere Stunden lang mit Jodwasser-  
stoffsäure, so verwandelt sie sich zuerst in Aepfelsäure und  
dann in Bernsteinsäure; umgekehrt erhält man Weinsäure,  
wenn man eine Lösung von Dibrombernsteinsäure mit Silber-  
oxid kocht, wobei das Brom durch Hydroxyl ersetzt wird:



Die wichtigsten Salze der Weinsäure sind: das normale 3)  
Kaliumtartrat,  $\begin{Bmatrix} \text{K} \\ \text{K} \end{Bmatrix} \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ; das in Wasser schwer lösliche saure  
Kaliumtartrat oder der Weinstein,  $\begin{Bmatrix} \text{H} \\ \text{K} \end{Bmatrix} \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ; das Kalium-  
natriumtartrat oder Seignettesalz,  $\begin{Bmatrix} \text{Na} \\ \text{K} \end{Bmatrix} \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 + 4 \text{H}_2\text{O}$ , wel-  
ches man durch Auflösen von Weinstein in Sodalösung dar-  
stellt, und das in grossen rhombischen Prismen krystallisirt.  
Kocht man eine Weinsteinlösung mit Antimontrioxid, so wird  
ein Atom Wasserstoff durch die einwerthige Gruppe  $\text{SbO}$  er-  
setzt, und man erhält das unter dem Namen Brechweinstein  
bekannte Salz,  $2 \left( \begin{Bmatrix} \text{SbO} \\ \text{K} \end{Bmatrix} \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \right) + \text{H}_2\text{O}$ , welches in rhombi-  
schen Octoëdern krystallisirt.

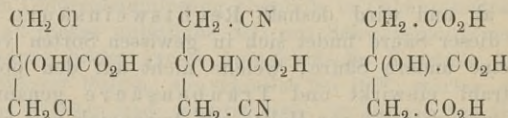
Die Weinsäure tritt in mehreren isomeren Modificationen 4)  
auf, welche sich durch ihre physikalischen Eigenschaften,  
namentlich in ihrem optischen Verhalten, unterscheiden. Die  
gewöhnliche Weinsäure lenkt die Ebene des polarisirten Lichtes  
rechts ab und wird deshalb Rechtsweinsäure genannt; neben dieser Säure findet sich in gewissen Sorten von Wein-  
stein eine andere Säure, welche nicht auf den polarisirten  
Lichtstrahl einwirkt und Traubensäure genannt wird; sättigt man dieselbe zur Hälfte mit Ammoniak und zur Hälfte  
mit Natronlauge, mischt diese zwei Lösungen und lässt kry-  
stallisiren, so erhält man zweierlei Krystalle, welche dieselbe  
Formel  $\begin{Bmatrix} \text{Na} \\ \text{NH}_4 \end{Bmatrix} \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$  haben und isomorph mit Seignettesalz  
sind; dieselben unterscheiden sich von einander dadurch, dass  
bei den Einen gewisse kleine Flächen nur auf der rechten,  
bei den Anderen nur auf der linken Seite auftreten, so dass  
die einen Krystalle sich genau wie das Spiegelbild der anderen  
verhalten. Trennt man dieselben von einander und stellt die  
Säuren daraus dar, so erhält man aus den Einen Rechtswein-  
säure, während die Anderen eine ganz ähnliche Säure geben,  
welche aber das polarisirte Licht links dreht und deshalb  
Linksweinsäure genannt wird. Aus der gemischten Lösung  
von Rechts- und Linksweinsäure krystallisirt wieder

die optisch unwirksame Traubensäure, welche demnach eine Verbindung der beiden ist. Die aus Dibrombernsteinsäure erhaltene Weinsäure ist ebenfalls optisch unwirksam, lässt sich aber nicht wie die Traubensäure in zwei optisch wirksame Modificationen spalten; erhitzt man sie aber mit etwas Wasser auf 175<sup>o</sup>, so verwandelt sie sich in Traubensäure.

Die Isomerie dieser Säuren erklärt sich ähnlich, wie die der Dibrombernsteinsäuren.

#### 4. Citronensäure: $C_6H_8O_7$ .

1. Diese dreibasische Säure, welche im Citronensaft und vielen anderen sauren Früchten vorkommt, hat man auch synthetisch dargestellt. Durch Erhitzen von Glycerin,  $C_3H_5(OH)_3$ , mit Salzsäure erhält man Dichlorhydrin,  $C_3H_5(OH)Cl_2$ , welches durch Oxydation in Dichloraceton,  $CH_2Cl.CO.CH_2Cl$ , übergeht. Dasselbe verbindet sich mit Blausäure zu dem Nitril,  $CH_2Cl.C(OH)(CN)CH_2Cl$ , welches durch Salzsäure in Dichloroxyisobuttersäure übergeht. Ersetzt man in derselben das Chlor mit Cyan und erhitzt wieder mit Salzsäure, so entsteht Citronensäure. Ihre Constitution ergibt sich aus folgenden Formeln:
- 2.



- Citronensäure krystallisirt in grossen wasserhellen, rhombischen Prismen. Beim Erhitzen schmilzt sie und verwandelt sich unter Abgabe von Wasser in die dreibasische Aconitsäure,  $C_6H_6O_6$ , welche auch in verschiedenen Pflanzen, namentlich Aconitum- und Equisetumarten, vorkommt. Die Aconitsäure geht durch Verlust von Kohlendioxid leicht in die zweibasische Säure  $C_5H_6O_4$  über, von der man drei isomere Modificationen kennt, die Itaconsäure, Citraconsäure und die Mesaconsäure; diese drei Säuren sind ungesättigte Verbindungen, welche sich leicht mit Wasserstoff im Entstehungszustande verbinden und dabei in eine und dieselbe Säure, nämlich Brenzweinsäure, übergehen.
- 3.
- 4.
5. Auch mit Brom vereinigen sich diese drei Säuren direct und geben drei isomere gebromte Säuren; sie verhalten sich

also der Fumarsäure und Maleinsäure ganz ähnlich, und ihre Isomerie beruht ebenfalls auf einer verschiedenen Lagerung der Atome im Raum.

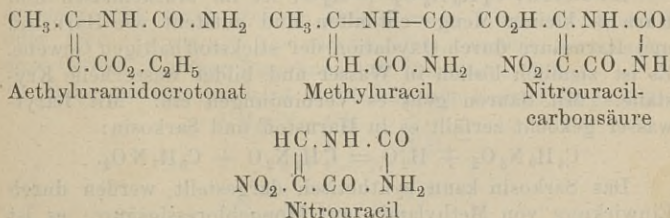
Die Citronensäure bildet drei Reihen von Salzen und Aethern. Ersetzt ein Alkoholradical ein Atom Wasserstoff, so entsteht eine zweibasische und, wenn zwei Atome ersetzt werden, eine einbasische Säure.

Die Citrate der Alkalimetalle sind in Wasser löslich; <sup>6</sup> Calciumcitrat ist in kaltem Wasser etwas löslich, in kochendem fast unlöslich; übersättigt man daher eine Lösung von Citronensäure mit Kalkwasser, so bleibt die Flüssigkeit in der Kälte klar, beim Kochen aber trübt sie sich und der entstandene Niederschlag löst sich beim Erkalten wieder zum grössten Theil auf.

### 5. Harnsäure und verwandte Körper.

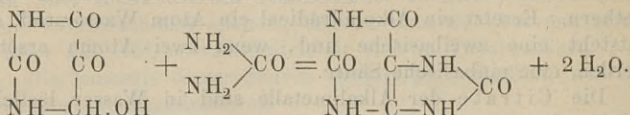
Harnsäure,  $C_5H_4N_4O_3$ . Diese Säure findet sich in kleiner Menge im Harn der Säugethiere; in grösserer Menge ist sie in manchen Harnsteinen und den Excrementen der Vögel und Schlangen enthalten. Das beste Material zur Darstellung ist der Guano, den man mit Natronlauge auskocht; aus dieser Lösung fällt man die Harnsäure durch Salzsäure aus. <sup>7)</sup>

Man hat sie auch synthetisch aus Acetessigäther und Harnstoff erhalten, welche, wenn man sie in Alkohol löst, sich unter Austritt von Wasser zu dem Aethyläther der Uramidocrotonsäure verbinden. Dieselbe existirt nicht im freien Zustande, sondern geht unter Wasserabspaltung in Methyluracil über, welches von Salpetersäure zu Nitrouracilcarbonsäure oxydirt wird, und diese spaltet sich beim Erhitzen in Kohlendioxid und Nitrouracil. Diese Verbindungen haben folgende Constitution: <sup>8)</sup>

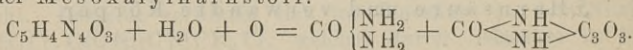




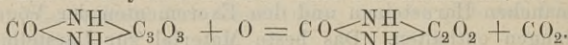
Durch Einwirkung von Zinn und Salzsäure wird Nitro-uracil in Oxyuracil verwandelt, und dieses verbindet sich unter Wasserabspaltung mit Harnstoff zu Harnsäure, wenn man sie mit Schwefelsäure erwärmt:



3. Die Harnsäure ist ein weisses krystallinisches Pulver, das nur wenig in Wasser löslich ist. Die Harnsäure ist zweibasisch; ihre Salze sind alle sehr schwer löslich; am löslichsten ist die Lithiumverbindung. Mit oxydirenden Substanzen behandelt giebt die Harnsäure eine grosse Reihe interessanter Zersetzungsproducte, welche zum grössten Theil aus zusammengesetzten Harnstoffen bestehen. Mit kalter Salpetersäure zusammengebracht, zerfällt die Harnsäure in Harnstoff und Alloxan oder Mesoxalylharnstoff:

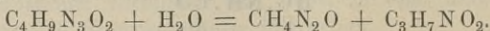


4. Bei weiterer Oxydation zerfällt das Alloxan in Kohlendioxid und Oxalylharnstoff oder Parabansäure:



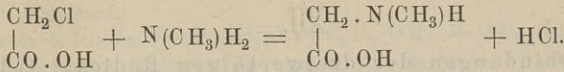
5. Verdampft man Harnsäure mit Salpetersäure vorsichtig zur Trockne, so bleibt ein röthlicher Rückstand, der, mit Ammoniak befeuchtet, schön purpurroth wird. Diese Verbindung ist das Ammoniaksalz der Purpursäure und wurde früher als Farbe unter dem Namen Murexid im Grossen dargestellt. Das Murexid bildet metallglänzende grüne Krystalle, welche die Zusammensetzung  $\text{C}_8\text{H}_4(\text{NH}_4)\text{N}_5\text{O}_6$  haben und mit Wasser eine prachtvoll purpurfarbene Lösung geben, welche auf Zusatz von Kalilauge schön blau wird.

6. Kreatin,  $\text{C}_4\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ , ist im Muskelfleisch und Harn in kleiner Menge enthalten und entsteht wie Harnstoff und Harnsäure durch Oxydation der stickstoffhaltigen Gewebe. Es ist ziemlich löslich in Wasser und bildet wasserhelle Krystalle. Mit Säuren geht es Verbindungen ein. Mit Barytwasser gekocht zerfällt es in Harnstoff und Sarkosin:

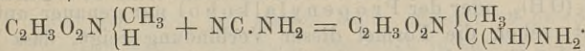


7. Das Sarkosin kann synthetisch dargestellt werden durch Einwirkung von Methylamin auf Monochloressigsäure; es ist

daher Glycocoll, in welchem 1 Atom Wasserstoff durch Methyl ersetzt ist:



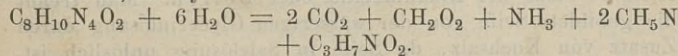
Erhitzt man Sarkosin mit einer weingeistigen Lösung von Cyanamid, so bildet sich wieder Kreatin:



Kreatinin,  $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_3\text{O}$ . Diese starke Base entsteht durch Austritt von Wasser aus Kreatin und ist im Harn enthalten. Das Kreatinin krystallisirt in farblosen Säulen, ist ziemlich leicht in Wasser löslich; die Lösung reagirt stark alkalisch. Mit Säuren verbindet es sich zu wohlkrystallisirten Salzen.

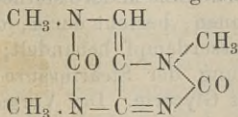
Theobromin,  $\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_4\text{N}_2$ . Diese schwache Base ist in den Cacaobohnen enthalten und ist ein weisses, krystallinisches Pulver, das bitterlich schmeckt. Löst man es in Ammoniak und setzt Silbernitrat hinzu, so entsteht ein Niederschlag von Theobrominsilber,  $\text{C}_7\text{H}_7\text{AgN}_4\text{O}_2$ , das, mit Methyljodid erhitzt, sich in Methyltheobromin oder Caffein verwandelt.

Caffein oder Thein,  $\text{C}_7\text{H}_7(\text{CH}_3)\text{N}_4\text{O}_2$ , findet sich in den Samen und Blättern des Kaffeestrauches, im Thee, im Paraguaythee, in der Guarana (einer cacaoähnlichen Masse, die aus den Früchten von *Paullinia sorbilis* bereitet wird) und den Kolanüssen. Es krystallisirt in seideglänzenden Nadeln, ist in Wasser schwer löslich und bildet krystallisirte Salze, die von Wasser unter Abspaltung der Säure theilweise zersetzt werden. Kocht man es längere Zeit mit Barytwasser, so zerfällt es unter Aufnahme von Wasser in Kohlendioxid, Ameisensäure, Ammoniak, Methylamin und Sarkosin:



Behandelt man seine wässrige Lösung mit Chlor, so wird es zu Dimethylalloxan und Monomethylharnstoff oxydirt und ersteres geht durch weitere Oxidation in Cholestrophan oder Dimethylparabansäure über, woraus hervorgeht, dass Caffein in naher Beziehung zur Harnsäure steht.

Seine Constitution wird durch folgende Formel dargestellt:



## XII.

Verbindungen der dreiwertigen Radicale  $C_nH_{2n-1}$ .

1) Von den hierher gehörigen Alkoholen ist das Glycerin,  $C_3H_5(OH)_3$ , oder der Propenylalkohol nur genauer untersucht; schon die Formel dieser Verbindung zeigt, dass die Zahl der Verbindungen, welche sich aus einem dreiwertigen Alkohol ableiten, viel grösser ist, als die, welche von den Alkoholen der vorhergehenden Classen abstammen.

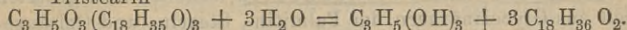
Die Beziehung zwischen ein-, zwei- und dreiwertigen Alkoholen ist eine sehr einfache, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Propan	Propylalkohol	Propylenalkohol	Propenylalkohol
$C_3H_8$	$C_3H_7.OH$	$C_3H_6(OH)_2$	$C_3H_5(OH)_3$

2.) Glycerin oder Propenylalkohol,  $C_3H_5(OH)_3$ . Die meisten Fette und Oele sind Gemische verschiedener Aether dieses Alkohols; so ist das Stearin, das den Hauptbestandtheil des Hammeltalges bildet, Glyceryltristearat oder Tristearin, d. h. Glycerin, in welchem die 3 Atome Wasserstoff des Hydroxyls durch das Radical der Stearinsäure ersetzt sind. In kleiner Menge bildet sich das Glycerin bei der geistigen Gährung und findet sich daher im Wein. Das Glycerin wird als Nebenproduct bei der Verseifung der Fette erhalten. Die Fette werden mit Kalilauge oder Natronlauge gekocht, und wie das Aethylacetat bei Einwirkung von Alkalien Alkohol und ein Acetat giebt, so entstehen aus den Fetten Glycerin und fettsaure Salze der Alkalimetalle oder Seifen. Man trennt die gebildete Seife von der wässerigen Glycerinlösung durch Zusatz von Kochsalz, da Seife in Salzlösung unlöslich ist. Reiner erhält man das Glycerin durch Kochen von Olivenöl und anderen Fetten mit Bleioxid und Wasser; es bildet sich unlösliche Bleiseife (Bleipflaster) und eine Lösung von Glycerin, durch welche man Schwefelwasserstoff leitet, um alles Blei niederzuschlagen. Die wässerige Glycerinlösung wird durch Eindampfen concentrirt. Eine andere Methode, um fette Säuren und Glycerin zu trennen, besteht darin, dass man die Fette mit überhitztem Wasserdampf behandelt; dieses Verfahren, welches zur Darstellung der Stearinsäure angewendet wird, liefert ein sehr reines Glycerin. Der Vorgang bei dieser Zer-

setzung ist, dass das Fett durch Wasseraufnahme in den Alkohol und die Säure zerfällt:

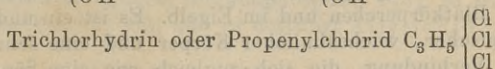
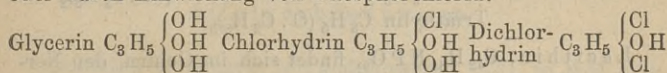
## Tristearin



Das reine Glycerin ist eine dicke, farblose Flüssigkeit, welche das specifische Gewicht 1,28 hat; es schmeckt angenehm süß (Oelzucker) und löst sich leicht in Wasser und Alkohol. Es kocht bei 290°; bei starker Kälte erstarrt es gewöhnlich als amorphe Masse, manchmal aber auch in harten glänzenden Krystallen. Mit überschüssiger Jodwasserstoffsäure erhitzt verwandelt sich das Glycerin in Isopropyljodid.

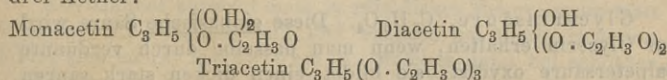
Propenylnitrat oder Nitroglycerin,  $C_3H_5(NO_3)_3$ . Diesen Aether erhält man durch Einwirkung eines kalten Gemisches von concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure auf Glycerin. Das Trinitrin ist ein blassgelbes Oel, welches sich beim Erhitzen oder durch den Schlag unter heftiger Explosion zersetzt und im Grossen dargestellt wird; mit feinvertheilter Kieselerde (Infusorienerde) gemischt, bildet es das als Dynamit bekannte Sprengmittel.

Chlorhydrine. Das Glycerin bildet drei Chloride; man erhält dieselben durch Erhitzen von Glycerin mit Salzsäure oder durch Einwirkung von Phosphorchlorid:



Glycerinphosphorsäure,  $C_3H_5 \begin{Bmatrix} (OH)_2 \\ OP(O)(OH) \end{Bmatrix}$ . Diese zweibasische Aethersäure entsteht durch Vermischen von Glycerin mit Phosphorpentoxid; die freie Säure ist nur in wässriger Lösung bekannt; die Salze sind beständig und krystallisiren gut.

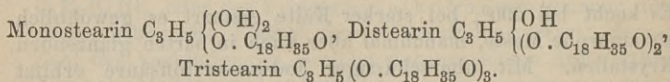
Glycerinäther der fetten Säuren. Durch Einwirkung von concentrirter Essigsäure auf Glycerin erhält man drei Aether:



Diese Acetine sind dicke ölige Flüssigkeiten, welche bei hoher Temperatur sich ohne Zersetzung verflüchtigen. Das Oel aus

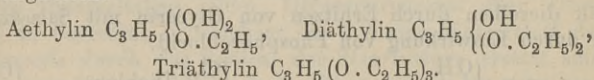
dem Samen des Spindelbaums (*Evonymus europaeus*) enthält Triacetin.

- 7) Die Thier- und Pflanzenfette bestehen zum grössten Theil aus Glycerinäthern der Palmitin-, Stearin- und Oelsäure; in denselben sind drei Wasserstoffatome durch Säureradicale ersetzt. Durch Erhitzen dieser Säuren mit Glycerin erhält man die den Acetinen entsprechenden Aether, z. B.:

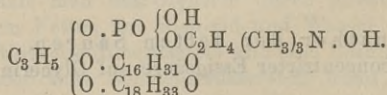


*Reaction für Fette.* Das Tristearin bildet den Hauptbestandtheil des Ochsen- und Hammeltalges; man erhält es daraus, indem man ihn mehrmals mit Aether behandelt und die rückständige Masse aus Aether umkrystallisirt. Das Stearin krystallisirt in weissen glänzenden Blättchen, ist nicht in Wasser, wenig in kaltem Alkohol und Aether, aber leicht in heissem Aether löslich.

- 8) Glycerinäther der Alkoholradicale. Die Aethyläther erhält man durch Einwirkung von Kaliumäthylat auf die drei Chlorhydrine als farblose, schwach ätherisch riechende Flüssigkeiten:



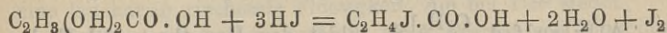
- 9) Lecithin,  $C_{42} H_{84} N P O_9$ , findet sich im Gehirn, den Nerven, den Blutkörperchen und im Eigelb. Es ist ein undeutlich krystallinischer, wachsähnlicher Körper und eine sehr unbeständige Verbindung, die sich zugleich wie eine Säure und Base verhält; Kocht man es mit einer Säure, so zerfällt es in Cholin (s. S. 365), Glycerinphosphorsäure und fette Säuren (Palmitinsäure und Oelsäure). Das Lecithin ist daher ein Abkömmling der Glycerinphosphorsäure und hat folgende Constitution:



- 10) Glycerinsäure,  $C_3 H_6 O_4$ . Diese einbasische Säure wird aus Glycerin erhalten, wenn man dasselbe durch verdünnte Salpetersäure oxydirt; sie bildet einen dicken stark sauren Syrup; sie entsteht aus dem Glycerin, indem in demselben 2 Atome Wasserstoff durch 1 Atom Sauerstoff ersetzt werden.

Beim Erhitzen verwandelt sie sich unter Abgabe von Wasser in Brenztraubensäure,  $C_3H_4O_4$  (s. S. 376).

Aehnlich wie das Glycerin durch Jodwasserstoff in Isopropyljodid verwandelt wird, bildet sich durch dieselbe Behandlung aus der Glycerinsäure Jodpropionsäure:



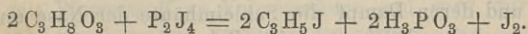
### XIII.

Verbindungen der einwerthigen Radicale  $C_nH_{2n-1}$ .

Die dreiwerthigen Radicale können auch als einwerthige in Verbindungen auftreten und bilden dann ungesättigte Verbindungen, welche sich direct mit Wasserstoff oder Brom vereinigen. Die am besten untersuchten sind die, welche dasselbe Radical,  $C_3H_5$ , wie die Glycerinverbindungen enthalten; man bezeichnet das einwerthige Radical  $C_3H_5$  mit dem Namen Allyl. Die Allylverbindungen haben sehr grosse Aehnlichkeit mit den Aethylverbindungen.

#### Allylverbindungen.

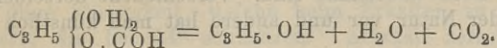
Erhitzt man Glycerin mit Jodphosphor,  $P_2J_4$ , so tritt eine stürmische Reaction ein, und es destillirt Allyljodid,  $C_3H_5J$ , über: 1.)



Das Allyljodid ist eine farblose, schwere, senfartig riechende Flüssigkeit, aus der man durch Einwirkung von Silbersalzen die verschiedenen Säureäther leicht erhalten kann, aus welchen sich dann der Allylalkohol abscheiden lässt.

Allylalkohol,  $C_3H_5.OH$ , erhält man durch Einwirkung von trockenem Ammoniak auf Allyloxalat, wobei Oxamid entsteht: 2.)

Allylalkohol entsteht auch in reichlicher Menge, wenn man Glycerin mit Oxalsäure auf  $190^\circ$  erhitzt; bei dieser Reaction bildet sich zuerst Monoformin, welches dann bei erhöhter Temperatur in Allylalkohol, Wasser und Kohlendioxid zerfällt:

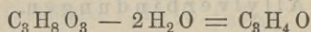


Dieser Alkohol ist eine farblose Flüssigkeit, die einen scharfen Geruch besitzt. Natrium löst sich darin unter Wasserstoffentwicklung zu Natriumallylat,  $C_3H_5.ONa$ , welches mit *l.* Aethyljodid den Allyläthyläther giebt,  $C_3H_5\left\{ \begin{array}{l} C_2H_5 \\ C_2H_5 \end{array} \right\} O$ .

3.) Allylsulfid,  $C_3H_5\left\{ \begin{array}{l} C_3H_5 \\ C_3H_5 \end{array} \right\} S$ , bildet den Hauptbestandtheil des Knoblauchöls, welches durch Destillation aus Knoblauch erhalten wird; man kann diese Verbindung leicht künstlich darstellen, indem man Allyljodid auf eine Lösung von Kaliumsulfid in Weingeist einwirken lässt. Das Allylsulfid siedet bei  $140^\circ$ .

4.) Allylthiocarbimid,  $C_3H_5\left\{ \begin{array}{l} C_3H_5 \\ CS \end{array} \right\} N$ , bildet den Hauptbestandtheil des ätherischen Senföls und wird künstlich dargestellt, indem man Allyljodid mit Silberthiocyanat zusammenbringt. Es siedet bei  $148^\circ$ , riecht scharf, die Augen zu Thränen reizend und zieht auf der Haut Blasen.

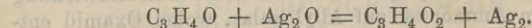
5.) Acrolein,  $C_3H_4O$ , ist das Aldehyd des Allylalkohols und entsteht daraus, wenn demselben durch oxydirende Körper 2 Atome Wasserstoff entzogen werden; dieselbe Verbindung entsteht durch Austritt von Wasser aus Glycerin:



und ist die Ursache des heftigen zu Thränen reizenden Geruchs, der beim Erhitzen von Fetten und Oelen auftritt.

Das Acrolein ist eine farblose Flüssigkeit, welche bei  $52,4^\circ$  siedet, und deren Dampf die Schleimhäute der Nase und der Augen furchtbar heftig angreift. Bringt man es in wässriger Lösung mit Natriumamalgam zusammen, so nimmt es Wasserstoff auf und verwandelt sich in Allylalkohol.

6.) Acrylsäure,  $C_3H_4O_2$ , entsteht, wenn man Silberoxid zu einer wässrigen Acroleinlösung setzt:

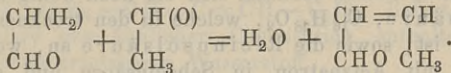


Sie ist der Propionsäure ähnlich und wird durch Wasserstoff im Entstehungszustande in diese Säure übergeführt.

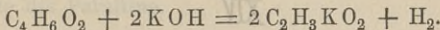
Die Acrylsäure ist das Anfangsglied einer Reihe von Säuren, deren entsprechende Alkohole mit Ausnahme des Allylalkohols noch unbekannt sind. Verschiedene derselben kommen in der Natur vor und andere hat man künstlich dargestellt.

Crotonsäure,  $C_4H_6O_2$ , krystallisirt in grossen farblosen Tafeln, welche bei  $72^0$  schmelzen. Man erhält sie durch Destillation von  $\beta$ -Oxybuttersäure, sowie aus ihrem Nitril,  $C_3H_5CN$ , welches in kleiner Menge im Senföl enthalten ist und sich beim Erhitzen von Allyljodid mit Kaliumcyanid bildet; es ist eine lauchartig riechende Flüssigkeit, die bei  $118^0$  siedet.

Erhitzt man Acetaldehyd mit einer Lösung von Zinkchlorid, so erhält man Crotonaldehyd,  $C_4H_6O$ :



Es ist eine bei  $104^0$  siedende Flüssigkeit, welche sehr stechend riecht und sich leicht zu Crotonsäure oxydirt. Freier werdender Wasserstoff verbindet sich mit Crotonsäure zu Buttersäure und beim Schmelzen mit Aetzkali wird sie in zwei Molecüle Essigsäure zerlegt:



Alle andere Säuren dieser Reihen verhalten sich ähnlich, indem die Kohlenstoffkette da gesprengt wird, wo zwei Atome mit je zwei Verbindungseinheiten an einander gekettet sind.

Angelicensäure,  $C_5H_8O_2$ , kommt zusammen mit Valeriansäure in der Angelicawurzel und anderen Umbelliferen vor; das Römisch-Kamillenöl enthält die Isobutyl- und Amylätber dieser Säuren. Angelicensäure bildet grosse Krystalle, schmilzt bei  $45^0$ , siedet bei  $191^0$  und riecht aromatisch. Sie verbindet sich mit Wasserstoff zu Valeriansäure und wird durch Aetzkali in Essigsäure und Propionsäure zerlegt. 8/

Die isomere Tiglinsäure ist im Crotonöl enthalten, schmilzt bei  $64^0$  und siedet bei  $201^0$ ; sie steht zu Angelicensäure in derselben Beziehung, wie die active Valeriansäure zur inactiven.

Die höheren Glieder dieser Säuren sind als Glycerinätber in verschiedenen Oelen und Fetten enthalten.

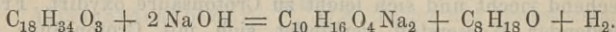
Oelsäure oder Elaänsäure,  $C_{18}H_{34}O_2$ , ist die wichtigste derselben und findet sich im Olivenöl, Mandelöl, Schweinefett, Gänseschmalz u. s. w. und wird als Nebenproduct bei der Fabrikation von Stearinkerzen erhalten. Sie ist eine ölige Flüssigkeit, welche beim Erkalten zu Krystallen erstarrt, die bei  $14^0$  schmelzen. Aetzkali zersetzt sie in 9/



Essigsäure und Palmitinsäure. Durch Stickstofftrioxid wird sie in die isomere **Elaïdinsäure** umgewandelt, welche erst bei  $45^{\circ}$  schmilzt und sich von der Oelsäure weiter dadurch unterscheidet, dass sie unzersetzt flüchtig und viel weniger leicht oxydirbar als die letztere ist. Ihr Glycerinäther oder Trioleïn verhält sich gegen Stickstofftrioxid ebenso, weshalb Olivenöl erstarrt, wenn man dieses Gas einleitet.

10/

An diese Säuren schliesst sich die noch wenig untersuchte **Leinölsäure**,  $C_{16} H_{28} O_2$ , welche in den trocknenden Oelen enthalten ist, sowie die **Ricinusölsäure** an, welche beim Erhitzen mit Aetznatron in Sebacinsäure und secundären Octylalkohol zerfällt:

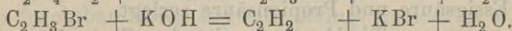
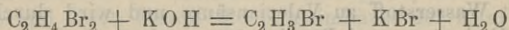


#### XIV.

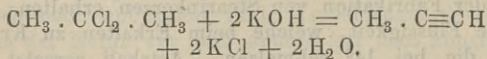
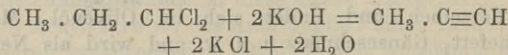
#### Kohlenwasserstoffe der Reihe $C_n H_{2n-2}$ .

1/

Dieselben, welche zu den soeben betrachteten, einwerthigen Verbindungen in derselben Beziehung stehen, wie die Olefine zu den Fettkörpern, lassen sich aus den letzteren Kohlenwasserstoffen leicht erhalten, indem man ihre Chloride oder Bromide mit weingeistigem Aetzkali erhitzt, wobei die folgenden Reactionen stattfinden:



Aus Aethylen,  $CH_2=CH_2$ , erhält man so Aethin oder Acetylen,  $CH\equiv CH$ , und Propylen,  $CH_3-CH=CH_2$ , liefert **a. Methyläthin** oder Propin,  $CH_3-C\equiv CH$ . Dieselben Kohlenwasserstoffe lassen sich auch aus den Aldehyden und Acetonen, welche die Gruppe  $CH_3-CO$  enthalten, darstellen, indem man durch Einwirkung von Phosphorchlorid den Sauerstoff durch Chlor ersetzt und das Product wie oben behandelt:



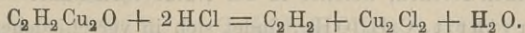
Diese Kohlenwasserstoffe sowie ihre Homologen sind daher als Acetylen aufzufassen, in welchem ein Atom Wasserstoff durch Alkoholradicale ersetzt ist. Dieselben haben die eigenthümliche Eigenschaft, dass sich der mit der Gruppe  $C \equiv C$  verbundene Wasserstoff leicht durch gewisse Metalle ersetzen lässt.

Eine zweite Reihe von Kohlenwasserstoffen hat man aus Acetonen dargestellt, welche nicht die Gruppe  $CH_3 - CO$  enthalten, wie Dipropylketon,  $CO(C_3H_5)_2$ , welches den Kohlenwasserstoff,  $C_2H_5 - CH = C = CH - C_2H_5$ , liefert; derselbe sowie andere von ähnlicher Constitution enthalten keinen durch Metalle ersetzbaren Wasserstoff.

Alle Kohlenwasserstoffe dieser Gruppe sind vierwerthige Radicale; mit Chlor oder Brom bilden sie zunächst Dichloride oder Dibromide, welche dann noch einmal ein Molecül aufnehmen können und gesättigte Verbindungen bilden oder solche, welche die Kohlenstoffatome in derselben Bildungsweise enthalten, wie die Paraffine.

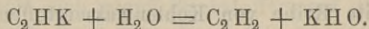
Acetylen oder Aethin,  $C_2H_2$ , ist der einzige Kohlenwasserstoff, welcher durch die directe Vereinigung seiner Elemente sich bildet; man erhält ihn, wenn man den elektrischen Flammenbogen zwischen zwei Kohlenspitzen erzeugt in einem Gefässe, durch welches reiner Wasserstoff strömt. Acetylen tritt auch immer auf, wenn kohlen- und wasserstoffhaltige Körper unvollständig verbrennen; man erhält es ausserdem, wenn man Alkohol oder Aetherdampf durch eine glühende Röhre leitet; im Leuchtgas ist es in kleiner Menge enthalten; seine Bildung aus Aethylen wurde oben erwähnt.

Das Acetylen ist ein farbloses Gas, welches eigenthümlich durchdringend riecht und mit stark leuchtender und russender Flamme verbrennt. Leitet man Acetylen durch eine Lösung von Cuprochlorid in Ammoniak, so bildet sich ein rother Niederschlag von  $C_2H_2Cu_2O$ , und in der ammoniakalischen Lösung eines Silbersalzes entsteht ein weisser Niederschlag von  $C_2H_2Ag_2O$ . Diese Körper explodiren beim Erhitzen oder durch Schlag und Säuren entwickeln daraus reines Acetylen:



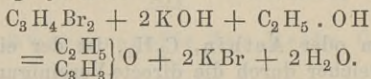
Bringt man die Kupferverbindung mit Zink und wässrigem Ammoniak zusammen, so verbindet sich der durch die Einwirkung von Zink auf Ammoniak freiwerdende Wasserstoff mit dem Acetylen, und es entweicht Aethylen.

2. Leitet man Acetylen über geschmolzenes Kalium, so entweicht Wasserstoff, an dessen Stelle das Metall tritt, und es entstehen die Verbindungen  $C_2HK$  und  $C_2K_2$ . Beide Körper sind schwarze Pulver, welche sich mit Wasser heftig zu Acetylen und Aetzkali umsetzen:



3. Eine ähnliche Calciumverbindung,  $C_2Ca$ , erhält man, wenn man eine Legirung von Zink und Calcium mit Kohle heftig erhitzt; dieselbe zersetzt sich ebenfalls mit Wasser unter Bildung von Calciumhydroxid und Acetylen.

4.) Allylen oder Propin,  $C_3H_4$ , ist ein Gas, welches in einer ammoniakalischen Silberlösung einen weissen Niederschlag von  $C_3H_3Ag$  erzeugt. Derselbe ist wie die entsprechende grünlich gelbe Kupferverbindung sehr explosiv. Erhitzt man sein Dibromid mit einer alkoholischen Kalilösung, so erhält man Aethylpropinyläther:



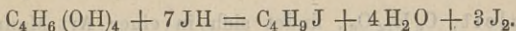
Es ist eine bei  $80^\circ$  siedende, bewegliche Flüssigkeit. Der entsprechende Propinylalkohol,  $C_3H_3.OH$ , bildet sich bei der Einwirkung von Aetzkali auf Monobromallylalkohol,  $C_3H_4Br.OH$ , als angenehm riechende, bei  $115^\circ$  siedende Flüssigkeit. Beide Verbindungen geben mit ammoniakalischen Silber- oder Cuprolösungen den obigen ähnliche explosive Niederschläge.

5.) Isopropin hat man aus Dichlorhydrin,  $CH_2Cl - CH.OH - CH_2Cl$ , erhalten, indem man demselben Chlor und Wasser entzog. Es ist ein Gas, welches keine Niederschläge in den obigen Lösungen erzeugt.

Die höheren Glieder dieser Reihe sind durchdringend riechende Flüssigkeiten, deren Siedepunkt mit dem Moleculargewicht steigt. Dieselben sind noch nicht in die entsprechenden vierwerthigen Alkohole übergeführt worden; man kennt aber einen solchen, welcher in der Natur vorkommt:

6.) Erythrit,  $C_4H_6(OH)_4$ , findet sich in verschiedenen Tangen und Flechten und krystallisirt in quadratischen Prismen. Er ist leicht in Wasser löslich und schmeckt süß; durch Einwirkung von kalter, concentrirter Salpetersäure erhält man den Salpetersäureäther dieses Alkohols,  $C_4H_6(NO_3)_4$ , der

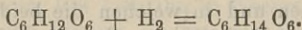
grosse, weisse Krystalle bildet, die beim Daraufschlagen mit dem Hammer heftig explodiren. Mit concentrirter Jodwasserstoffsäure wird der Erythrit in secundäres Butyljodid verwandelt (s. S. 345):



### XV

#### Verbindungen sechswerthiger Radicale.

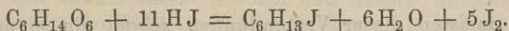
Mannit,  $C_6H_8(OH)_6$ , findet sich in verschiedenen Pflanzen, namentlich verschiedenen Fraxinusarten, deren ausgeschwitzter Saft unter dem Namen Manna im Handel vorkommt; man erhält daraus die reine Verbindung durch Ausziehen mit Weingeist und Umkrystallisiren als weisse Nadeln, die süß schmecken und sich in Wasser und Weingeist lösen. Künstlich erhält man Mannit, wenn man Traubenzucker in wässriger Lösung mit Natriumamalgam zusammenbringt:



Durch gemässigte Oxydation kann man umgekehrt dem Mannit wieder 2 Atome Wasserstoff entziehen und ihn in gährungsfähigen Zucker verwandeln; dieselbe Veränderung erleidet er unter dem Einfluss gewisser Fermente. Durch Platinschwarz wird Mannit in wässriger Lösung zu Mannitsäure,  $C_6H_{12}O_7$ , oxydirt.

Mannitnitrat (Nitromannit),  $C_6H_8(NO_3)_6$ , entsteht, wenn man Mannit mit einem Gemische von concentrirter Schwefelsäure und Salpetersäure zusammenbringt. Derselbe bildet kleine glänzende Nadeln, ist unlöslich in Wasser, löst sich aber in Weingeist und Aether; beim Erhitzen zersetzt er sich unter schwacher Verpuffung, beim Daraufschlagen mit dem Hammer explodirt er heftig.

Concentrirte Jodwasserstoffsäure wirkt auf Mannit in ähnlicher Weise ein, wie auf Glycerin und Erythrit, und es entsteht secundäres Hexyljodid:



Mit Wasser und Silberoxid behandelt entsteht daraus der secundäre Hexylalkohol oder Methylbutylcarbinol,

$\left. \begin{array}{l} CH_3 \\ CH_3 \end{array} \right\} CH.OH$ , eine bei  $137^\circ$  siedende Flüssigkeit, welche bei  $C_4H_9$

der Oxydation zuerst Methylbutylketon,  $\left. \begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{C}_4\text{H}_9 \end{matrix} \right\} \text{CO}$ , liefert, welches bei weiterer Oxydation in Buttersäure und Essigsäure zerfällt.

- 4) Dulcitol,  $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$ , findet sich in einer Art Manna von Madagascar und verschiedenen bei uns wachsenden Pflanzen, wie *Melampyrum nemorosum* u. s. w. Er ist schwerer löslich in Wasser als Mannit und daher weniger süß. Jodwasserstoff wirkt darauf wie auf Mannit ein, von dem er sich aber durch seine Oxydationsproducte unterscheidet (s. S. 394).

---

## XVI.

### Kohlenhydrate.

(System) 7.

Unter diesem Namen fasst man eine Gruppe von Verbindungen zusammen, welche aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen und in welchen die beiden letzteren Elemente in demselben Verhältniss enthalten sind, wie im Wasser. Die Körper, welche in diese Gruppe gehören, sind sehr allgemein im Pflanzenreiche verbreitet und bilden sehr wichtige Bestandtheile der Nahrungsmittel für Menschen und Thiere.

Ihre chemischen Beziehungen sind noch wenig erforscht; doch zeigen die meisten derselben das Verhalten mehrwerthiger Alkohole. Man theilt dieselben in drei Gruppen:

Erste Gruppe	Zweite Gruppe	Dritte Gruppe
$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$
+ Rohrzucker	+ Traubenzucker	+ Stärkemehl
oder Saccharose	oder Dextrose	+ Glycogen
+ Milchzucker	— Fruchtzucker	+ Dextrin
oder Lactose	oder Lävulose	— Inulin
+ {	+ Galactose	Gummiarten
	— Sorbin	Cellulose
	Inosit	Tunicin
	Maltose	

Die meisten dieser Verbindungen zeigen ein eigenthümliches Verhalten gegen das polarisirte Licht, welche Eigenschaft als wichtiges Unterscheidungszeichen der einzelnen Körper dient. Wie Weinsäure und einige andere Substanzen besitzen sie die Eigenschaft, die Ebene des polarisirten Licht-

strahls entweder rechts oder links zu drehen; so ist der Traubenzucker rechtsdrehend, der Fruchtzucker linksdrehend. Man bezeichnet die rechtsdrehenden Körper mit dem Zeichen + und die linksdrehenden mit —.

Rohrzucker,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Der Rohrzucker findet sich 2) sehr verbreitet im Pflanzenreiche, namentlich im Zuckerrohr, in der Runkelrübe und im Zuckerahorn, in kleineren Mengen im Honig und in vielen Früchten.

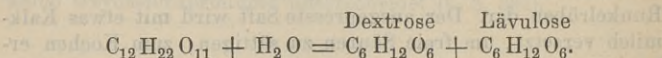
Man stellt ihn fast ausschliesslich aus Zuckerrohr und Runkelrüben dar. Der ausgepresste Saft wird mit etwas Kalkmilch versetzt, um freie Säuren zu sättigen, zum Kochen erhitzt und dann rasch, am besten im luftverdünnten Raume, verdunstet. Aus dem so erhaltenen Syrup scheidet sich beim Erkalten der Rohrzucker in bräunlichen Krystallen ab. Aus der Mutterlauge erhält man durch Concentriren eine weitere Krystallisation und zuletzt bleibt die Melasse als dicker, <sup>a+</sup> brauner, nicht krystallisirbarer Syrup zurück. Um den Rohrzucker zu raffiniren, löst man ihn in Wasser, setzt etwas Kalk zu und entfärbt die Lösung, indem man sie durch eine hohe Schichte von Knochenkohle laufen lässt. Das Filtrat wird in Vacuumpfannen so weit eingedampft, bis sich Krystalle ausscheiden, und dann in Thonformen erkalten lassen, wodurch man den Hutzucker erhält. Um Kandiszucker darzustellen, lässt man eine nicht zu concentrirte Lösung langsam verdunsten.

Die Melasse, welche als Nebenproduct gewonnen wird, enthält noch beträchtliche Mengen Rohrzucker, den man jetzt daraus gewinnt, indem man zur kochenden, wässerigen Lösung Strontiumhydroxid setzt, wodurch ein unlöslicher, sandiger Niederschlag von  $C_{12}H_{20}(SrOH)_2O_{11}$  entsteht, den man durch Kohlendioxid zersetzt.

Der Rohrzucker krystallisirt in monoklinischen Prismen, welche beim Zerschlagen im Dunkeln leuchten. Er löst sich in  $\frac{1}{3}$  seines Gewichtes kalten und in jedem Verhältnisse in siedendem Wasser; in verdünntem Weingeist ist er schwer löslich und in absolutem Alkohol und Aether unlöslich. Bei  $160^{\circ}$  schmilzt der Zucker zu einer farblosen Flüssigkeit, welche beim Erkalten zu einer glasartigen, amorphen Masse (Gerstenzucker) erstarrt, die nach einiger Zeit krystallinisch und undurchsichtig wird. Beim stärkeren Erhitzen entweicht Wasser, und eine braungefärbte Masse, Caramel genannt, bleibt /

zurück. Concentrirte Schwefelsäure verkohlt den Zucker rasch unter Entweichen von Schwefeldioxid. Behandelt man Zucker mit einem Gemische der beiden Säuren in der Kälte, so erhält man Nitrosaccharose,  $C_{12}H_{18}O_7(NO_3)_4$ , welche wie Nitromannit durch Stoss explodirt.

Der Rohrzucker ist nicht direct gährungsfähig, bringt man aber Hefe in die Lösung desselben, so zersetzt er sich unter Aufnahme von Wasser in gleiche Theile Trauben- und Fruchtzucker, welche beide gährungsfähig sind:



Dieselbe Veränderung erleidet der Zucker, wenn man ihn mit verdünnter Schwefelsäure kocht. Eine wässrige Lösung von Rohrzucker löst Kalk, Bleioxid und andere Oxide reichlich auf; die Lösungen haben einen bitteren Geschmack und stark alkalische Reaction.

d. Maltose entsteht durch Einwirkung von Malzaufguss auf Stärkemehl und krystallisirt aus Weingeist in feinen, sehr hygroskopischen Nadeln.

3) Milchzucker,  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$ . Der Milchzucker kommt in der Milch der Säugethiere vor; man erhält ihn durch Eindampfen von süssen Molken in harten rhombischen Krystallen, welche das Krystallisationswasser bei  $140^\circ$  verlieren. Er löst sich in 6 Theilen kalten und 2 Theilen kochenden Wassers, schmeckt nur wenig süss und fühlt sich im Munde sandig an. Durch Hefe wird er nicht direct in Gährung versetzt; bringt man eine Milchzuckerlösung mit einer grösseren Menge von Hefe zusammen, so tritt erst nach längerer Zeit Gährung ein.

Erhitzt man Milchzucker mit verdünnten Säuren, so verwandelt er sich unter Aufnahme von Wasser in Dextrose g. und Galactose, einen dem Traubenzucker ähnlichen Körper, welcher direct gährungsfähig ist. Eine alkalische Lösung eines Kupfersalzes wird von Milchzucker schon in der Kälte unter Abscheidung von Caproxid reducirt.

h. Die Melitose findet sich in einer Art von Manna, welche in Van Diemensland aus Eucalyptusarten ausschwitzt. Die

Melezitose oder der Lärchenzucker kommt in einer mannaartigen Substanz vor, welche von *Pinus Larix* abstammt, und die Mycose ist im Mutterkorn enthalten.

Dextrose,  $C_6H_{12}O_6$ , Traubenzucker oder Stärkezucker. Diese Zuckerart ist in den meisten süßen Früchten und im Honig enthalten, begleitet von Lävulose und etwas Rohrzucker; er findet sich ferner in geringer Menge als normaler Bestandtheil fast aller thierischer Flüssigkeiten, wie Blut, Eiweiss, Eigelb und Urin. In grösserer Menge, bis 10 Proc., findet er sich im Urin bei der Harnruhr. Der Traubenzucker bildet eine körnig krystallinische Masse oder kleine nadelförmige Krystalle, welche die Formel  $C_6H_{12}O_6 + H_2O$  haben; beim Erhitzen entweicht das eine Molecül Wasser; er löst sich in seinem gleichen Gewichte Wasser und schmeckt weniger süß als Rohrzucker. Aus alkalischen Kupferlösungen fällt er beim Erhitzen augenblicklich rothes Cuproxid; man benutzt diese Eigenschaft, um die Menge von Dextrose in einer Flüssigkeit nachzuweisen, indem man eine Kupferlösung von bestimmtem Gehalte so lange zusetzt, als noch rothes Oxid ausfällt. Aus Silbersalzen fällt die Dextrose metallisches Silber; ist die Lösung durch Zusatz von Ammoniak alkalisch gemacht, so setzt sich das Silber an den Gefässwänden als spiegelnde Fläche ab. Die Dextrose kann künstlich aus anderen Kohlenhydraten erhalten werden; Rohrzucker wird durch verdünnte Säuren in ein Gemisch gleicher Theile von Dextrose und Lävulose verwandelt; kocht man Stärkemehl mit verdünnter Schwefelsäure, so entsteht erst Maltose, welche dann in Dextrose übergeht.

Kommt die Dextrose zusammen mit Lävulose vor, wie im Honig, so kann man sie daraus erhalten, indem man die körnige Masse auspresst und den Rückstand aus Alkohol umkrystallisirt.

Mit freiwerdendem Wasserstoff verbindet sich die Dextrose zu Mannit, und Salpetersäure oxydirt sie zu Zuckersäure,  $C_6H_{10}O_8$ , welche ebenfalls durch Oxydation des Mannits erhalten werden kann. Dextrose ist folglich das Aldehyd des Mannits und die zweibasische Zuckersäure steht zu diesem Alkohol in derselben Beziehung, wie Oxalsäure zu Aethylalkohol.



5.) Lävulose. Der linksdrehende Fruchtzucker bildet gewöhnlich einen Syrup; setzt man absoluten Alkohol hinzu, so scheidet er Krystalle ab; bringt man einige derselben in concentrirte Lösung von Lävulose, so tritt ebenfalls Krystallisation ein. Sie ist leichter löslich in Wasser und Weingeist als Traubenzucker und reducirt alkalische Kupferlösungen wie der letztere. Man stellt sie am besten aus mit Säuren behandeltem Rohrzucker dar, dessen Lösung man mit gelöschtem Kalk zusammenreibt und den Brei stark auspresst, um die flüssige Kalkverbindung der Dextrose zu entfernen; den festen trocknen Rückstand, der aus der Kalkverbindung der Lävulose besteht, zersetzt man mit Oxalsäure, filtrirt das Calciumoxalat ab und concentrirt die Lösung durch Verdampfen.

Lävulose verhält sich gegen freiwerdenden Wasserstoff und Salpetersäure wie Dextrose.

6.) Die Zuckersäure,  $C_4H_8O_4(CO_2H)_2$ , welche bei der Oxydation der Dextrose und Lävulose, sowie des Rohrzuckers und Mannits entsteht, ist eine amorphe, sehr sauer schmeckende Masse, welche durch weitere Einwirkung von Salpetersäure zu Weinsäure und Oxalsäure oxydirt ist.

7.) Galactose hat grosse Aehnlichkeit mit Dextrose, von welcher sie sich nicht nur dadurch unterscheidet, dass sie stärker rechtsdrehend ist, sondern auch dass sie sich mit freiwerdendem Wasserstoff zu Dulcit vereinigt und von Salpetersäure zu Schleimsäure oxydirt wird. Dieselbe ist isomer mit Zuckersäure, aber nur wenig in Wasser löslich, aus dem sie sich in kleinen Krystallen abscheidet.

8.) Dextrin,  $C_6H_{10}O_5$  (Stärkegummi). Wenn Stärkemehl auf  $150^\circ$  erhitzt wird, verwandelt es sich in Dextrin. Feuchtet man die Stärke mit verdünnter Salpetersäure oder Salzsäure an, so findet diese Umwandlung schon bei  $110^\circ$  statt. Setzt man zu warmem Stärkekleister einen wässerigen Malzaufguss und erwärmt längere Zeit auf 60 bis  $70^\circ$ , so wird die Masse dünnflüssig, indem die Stärke sich in ein Gemisch von Dextrin

und Dextrose verwandelt. Das Dextrin bildet eine farblose oder gelbliche, gummiartige Masse, welche sich leicht in Wasser löst, aber in Weingeist unlöslich ist. Mit verdünnter Schwefelsäure gekocht, nimmt es Wasser auf und verwandelt sich in Dextrose. Es wird im Grossen dargestellt und statt des arabischen Gummi verwendet.

Gummi,  $C_6H_{10}O_5$ . Unter dem Namen Gummi fasst man <sup>9)</sup> eine Anzahl Körper zusammen, welche im Pflanzenreiche sehr verbreitet sind; dieselben sind amorph, in Wasser mehr oder weniger löslich, unlöslich in Weingeist und werden durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure in gährungsfähigen Zucker verwandelt.

Das arabische Gummi kommt von verschiedenen Arten von Acacia und besteht aus Calcium- und Kaliumverbindungen des Arabins. Man erhält letzteres als weisse amorphe Masse, wenn man zu einer Lösung des arabischen Gummi Salzsäure setzt und dann mit Alkohol fällt. Das Kirschgummi hat ähnliche Eigenschaften, ist aber nur zum Theil in Wasser löslich. Gummi-Traganth ist in kaltem Wasser unlöslich, in heissem Wasser quillt es zu einem Schleim auf.

Inulin ist in den Wurzeln vieler Pflanzen enthalten; es <sup>10)</sup> bildet den Uebergang von Gummi zu Stärke, in kaltem Wasser ist es wenig löslich und quillt nur auf; in kochendem Wasser löst es sich leicht; mit verdünnten Säuren gekocht, wird es in Lävulose verwandelt.

Glycogen oder thierisches Stärkemehl ist ein weisses <sup>11)</sup> amorphes Pulver, welches in der Leber enthalten ist; es ist in kaltem Wasser löslich und wird von verdünnten Säuren in Dextrose übergeführt.

Stärkemehl,  $C_6H_{10}O_5$ . Diese im Pflanzenreiche ganz <sup>12)</sup> allgemein verbreitete Substanz bildet ein weisses Pulver, welches unter dem Mikroskop aus kleinen, runden oder länglichen Körnchen bestehend erscheint (Figuren 70 und 71), die eine organisirte Structur haben. Die Grösse und Gestalt dieser Körner ist bei den verschiedenen Stärkemehlarten sehr verschieden.

Die Stärkekörner sind in kaltem Wasser, in Alkohol und Aether unlöslich; erhitzt man aber Stärkemehl mit Wasser

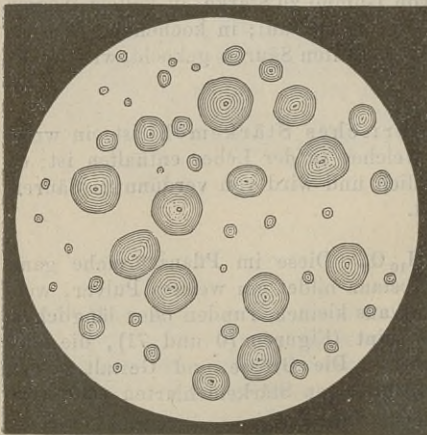
auf 70 bis 72°, so schwillt es auf, indem und es bildet sich eine dicke schleimige

Fig. 70.



Kartoffelstärke.

Fig. 71.



Weizenstärke.

die Körper platzen, Masse von Stärkekleister. Kocht man den Kleister längere Zeit mit einer größeren Menge Wasser, so werden die einzelnen Theilchen der Stärke so fein zertheilt, dass sie durch das Filter gehen; durch fortgesetztes Kochen werden sie vollkommen löslich, und die Flüssigkeit wird klar. Aus dieser Lösung fällt Alkohol ein weisses, amorphes, in Wasser lösliches Pulver (lösliches Stärkemehl). Wird Stärke auf 160° erhitzt, so wird sie in Dextrin verwandelt. Das unlösliche wie das lösliche Stärkemehl bilden mit Jod eine tief blau gefärbte Verbindung; kocht man diese Jodstärke mit Wasser, so verschwindet die blaue Farbe, erscheint aber beim Erkalten wieder. Diese Reaction ist charakteristisch für Stärkemehl; Dextrin und die anderen mit Stärke isomeren

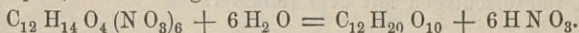
Körper werden durch Jod nicht gebläut. Erwärmt man Stärkekleister auf  $70^{\circ}$  und setzt einen Malzaufguss hinzu, so wird derselbe dünnflüssig; das Malz enthält eine eigenthümliche stickstoffhaltige Substanz, Diastase genannt, unter deren Einfluss das Stärkemehl sich unter Aufnahme von Wasser in Dextrin verwandelt; durch längere Einwirkung der Diastase geht das Dextrin nach und nach in Dextrose über.

Verdünnte Schwefelsäure hat eine ganz ähnliche Wirkung wie die Diastase. Concentrirte kalte Schwefelsäure löst Stärkemehl in der Kälte auf und bildet Stärkemehlschwefelsäure. Von höchst concentrirter Salpetersäure wird es ebenfalls ohne Gasentwicklung gelöst; setzt man Wasser zu dieser Lösung, so fällt ein weisses Pulver, Xyloïdin,  $C_{12}H_{19}O_9(N O_3)$ , genannt, aus; dasselbe verpufft beim Erhitzen und explodirt beim Daraufschlagen mit dem Hammer.

Cellulose,  $C_6H_{10}O_5$ . Die Cellulose bildet das feste Gerüste des Pflanzenkörpers; man erhält dieselbe am besten rein aus Baumwolle oder Leinenfaser, aus welchen man die Beimischungen durch Behandeln mit verschiedenen Lösungsmitteln, wie Kalilauge, verdünnten Säuren, Aether u. s. w., entfernt. Die Cellulose ist ein weisser Körper, welcher unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether ist und immer die Structur des Pflanzengewebes zeigt, aus dem sie dargestellt wurde. Das einzige Lösungsmittel für Cellulose ist eine Auflösung von Kupferoxid in Ammoniak; Säuren fällen sie daraus wieder als weisse, amorphe Masse. Concentrirte Schwefelsäure verwandelt die Cellulose zuerst in eine in Wasser unlösliche Substanz, welche von Jod blau gefärbt wird; bei längerer Einwirkung entsteht ein dem Dextrin sehr ähnlicher Körper. Kocht man die saure Lösung mit Wasser längere Zeit, so entsteht ein gährungsfähiger Zucker. Taucht man Papier (das hauptsächlich aus Cellulose besteht) in Schwefelsäure, welche mit dem halben Raumtheil Wasser verdünnt ist, und wäscht dann gut aus, so erhält man das Pergamentpapier, welches grosse Aehnlichkeit mit Pergament oder thierischer Blase hat und zur Dialyse (s. S. 125) verwendet wird.

Schiessbaumwolle. Taucht man Baumwolle oder Papier in concentrirte Salpetersäure oder ein Gemisch von Salpetersäure und Schwefelsäure, so bleiben dieselben anscheinend unverändert; nach dem Auswaschen und Trocknen zeigt es sich

jedoch, dass sich eine leicht entzündliche, explodirende Verbindung gebildet hat, indem durch die einwerthige Atomgruppe  $\text{N O}_3$  verschiedene Hydroxyle der Cellulose ersetzt wurden. Je nach der Darstellung sind die Eigenschaften des erhaltenen Productes verschieden. Die lösliche Schiesswolle oder Colloidiumwolle ist nicht sehr explosiv und löst sich in einem Gemische von Alkohol und Aether zu einer klaren Flüssigkeit, Colloidium genannt, auf. Beim Verdunsten dieser Lösung bleibt das Pyroxylin als durchsichtige Haut zurück. Das Colloidium wird in der Photographie gebraucht, um Glasplatten mit einer durchsichtigen Schicht, welche Silbersalze enthält, zu überziehen. Die in Aether unlösliche Schiesswolle explodirt sehr heftig und hat die Zusammensetzung  $\text{C}_{12} \text{H}_{14} \text{O}_4 (\text{N O}_3)_6$ . Mit Eisenchlorürlösung behandelt wird sie, sowie das lösliche Pyroxylin, wieder in gewöhnliche Cellulose verwandelt:



Die freiwerdende Salpetersäure verwandelt das Ferrosalz in eine Ferriverbindung und Stickoxid entweicht.

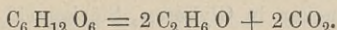
l+ Tunicin ist eine der Cellulose sehr ähnliche Substanz, welche in den Säcken der Seescheiden (Ascidien) enthalten ist.

## G ä h r u n g.

15) Verschiedene Arten von Zucker und damit verwandte Körper erleiden unter gewissen Bedingungen eigenthümliche Zersetzungen, welche man unter dem Namen Gähring zusammenfasst. Um eine Gähring hervorzurufen, müssen Gähringserzeuger oder Fermente vorhanden sein; dieselben zerfallen in zwei Gruppen: organisirte oder geformte Fermente, welche aus mikroskopischen Pilzen bestehen, und nicht organisirte oder ungeformte Fermente, welche Körper von sehr complicirter Zusammensetzung sind und leicht in Zersetzung übergehen.

Eine jede Art von Gähring findet nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen statt und wird durch ein bestimmtes Ferment hervorgerufen. Die geformten Fermente verlangen zu ihrer Entwickelung und Ausbildung, wie die höheren Pflanzen, Ammoniak, Sulfate, Phosphate, Alkalien u. s. w.

Alkoholgährung. Eine verdünnte Zuckerlösung geht <sup>a.</sup> in geistige Gährung über, wenn man Hefe zusetzt. Dieselbe besteht aus kleinen Zellen von *Torula cerevisiae*, welche einen Durchmesser von etwa 0,001 mm haben und sich durch Knospung fortpflanzen. Süsse Fruchtsäfte, wie Most, gehen von selbst in Gährung über, indem in der Luft schwebende Keimsporen in die Flüssigkeit gelangen, welche stickstoffhaltige und andere zur Entwicklung der Hefe erforderliche Bestandtheile enthält. Zucker zerfällt bei der Gährung der Hauptsache nach in Alkohol und Kohlendioxid:

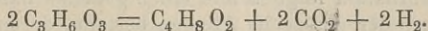


Nebenbei entstehen kleine Mengen von Glycerin, Bernsteinsäure und andere Körper.

Gewöhnliche Hefe enthält ausser Torulazellen noch die viel kleineren von *Penicillium glaucum*, welche einen Theil des Zuckers in Milchsäure verwandeln und deshalb die Ausbeute an Alkohol verringern. Für den Spiritusfabrikanten ist es deshalb von grosser Wichtigkeit, eine reine Hefe anzuwenden. Dieselbe lässt sich leicht erhalten, da sie sich in Nährflüssigkeiten, welche einige Procente Alkohol enthalten, weiter entwickelt, während die anderen Pilze darin absterben. Erst wenn der Alkoholgehalt bedeutend zugenommen hat, hört auch die Hefe auf zu wirken. Die geistige Gährung findet nur über 0° statt und geht bei 25 bis 40° am raschesten voran.

Milchsäuregährung tritt ein, wenn verschiedene <sup>4</sup> Zuckerarten, Gummi u. s. w. mit faulem Käse einer Temperatur von 30 bis 35° ausgesetzt werden. Hierbei zerfällt ein Molecül Zucker in zwei Molecüle Milchsäure,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ . Die Gährung hört auf, sowie sich eine gewisse Menge freier Säure gebildet hat; um sie im Gange zu halten, setzt man daher Kreide oder Zinkoxid zu.

Buttersäuregährung. Lässt man das bei der Milch- <sup>4</sup> säuregährung erhaltene Calciumlactat mit der Flüssigkeit bei über 36° stehen, so tritt Entwicklung von Wasserstoff und Kohlendioxid ein und es bildet sich Buttersäure:



Der frei werdende Wasserstoff reducirt dabei einen Theil der Buttersäure zu Butylalkohol, der sich in grösserer Menge bildet, wenn die Gährung sehr rasch vorangeht.

d. Schleimige Gährung. Gewisse zuckerhaltige Säfte, wie Runkelrübensaft, gehen oft in diese Art von Gährung über, wobei sie erst schleimig, dann aber unter Entwicklung von Kohlendioxid und Wasserstoff dünnflüssig werden, wobei sich eine Gummiart, Mannit, Milchsäure u. s. w. bilden.

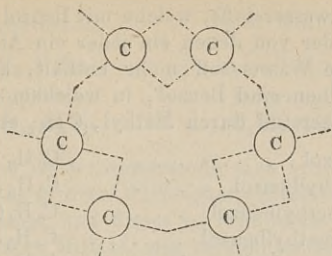
Ungeformte Fermente kommen in vielen Pflanzen vor und einige derselben werden später erwähnt werden (s. Glykoside). Auch im Thierreiche finden sich solche, wie im Speichel, Magensaft, in dem Saft der Bauchspeicheldrüse, im Darmsaft u. s. w. Dieselben wirken ähnlich wie Diastase und verwandeln Rohrzucker in Glykosen, Stärkemehl in Dextrin und Dextrose u. s. w.

---

XVII.

### Gruppe der aromatischen Verbindungen.

Unter dem Namen aromatische Verbindungen fasst man eine Gruppe von Körpern zusammen, welche sich von den bisher betrachteten dadurch unterscheiden, dass sie verhältnissmässig reicher an Kohlenstoff sind, und zum mindesten 6 Atome dieses Elementes enthalten. Die Kohlenstoffatome müssen also in den aromatischen Körpern dichter an einander gelagert sein, oder sich gegenseitig mit mehr als einer Verbindungseinheit gebunden haben. Die einfachste Verbindung in dieser Gruppe ist das Benzol,  $C_6H_6$ , ein gesättigter Kohlenwasserstoff, in welchem von den 24 Verbindungseinheiten des Kohlenstoffs 18 sich gegenseitig gesättigt haben und die sechs übrigen mit Wasserstoff verbunden sind. Vom Benzol leiten sich nun alle Verbindungen der aromatischen Gruppe auf einfache Weise dadurch ab, dass der Wasserstoff theilweise oder ganz durch einwerthige Elemente oder Radicale ersetzt wird; dieselben enthalten folglich alle einen gemeinschaftlichen Kohlenstoffkern, der aus sechs Atomen besteht, deren jedes noch eine nicht mit dem Kohlenstoffe des Kernes gesättigte Verbindungseinheit besitzt; die Constitution dieses Kohlenstoffkernes wird durch folgende graphische Formel dargestellt:



Die Kohlenstoffatome sind also abwechselnd durch je eine und durch je zwei Verbindungseinheiten vereinigt; werden die übrigen sechs durch Wasserstoff gesättigt, so hat man Benzol. Wird für 1 Atom Wasserstoff 1 Atom Chlor substituirt, so erhält man Chlorbenzol, eine Verbindung, welche sich durch grosse Beständigkeit auszeichnet, und in welcher das Chlor nicht gegen einwerthige Radicale ausgetauscht werden kann, wie bei den Chloriden der Alkoholradicale.

Ein ganz gleiches Verhalten zeigen die Brom- und Jodsubstitutionsproducte. Tritt an die Stelle von Wasserstoff Hydroxyl, so erhält man eine alkoholartige Verbindung, Phenol 2.) genannt, welche sich von den eigentlichen Alkoholen gerade so unterscheidet, wie das Monochlorbenzol von den Chloriden, d. h. die Gruppe OH ist im Phenol fester gebunden, als in den Alkoholen. Der Wasserstoff des Benzols wird sehr leicht durch  $\text{NO}_2$ , das Radical der Salpetersäure, ersetzt; hierdurch entstehen 3.) Nitroverbindungen des Benzols, und dieselben lassen sich leicht durch Reduction in Stickstoffbasen oder Amidoderivate überführen, welche die einwerthige Gruppe  $\text{NH}_2$  enthalten. Die wichtigsten einfachen Verbindungen, welche sich vom Benzol ableiten, sind also die folgenden:

Monochlorbenzol . . . . .	$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$
Phenol . . . . .	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$
Nitrobenzol . . . . .	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$
Amidobenzol oder Anilin . . .	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$

Man kann aber auch mehrere Wasserstoffatome durch solche Radicale ersetzen, und hierdurch wird die Anzahl der aromatischen Verbindungen mit 6 Atomen Kohlenstoff sehr bedeutend. Treten an die Stelle des Wasserstoffs im Benzol oder dessen Derivaten kohlenstoffhaltige Radicale, so erhält man die kohlenstoffreicheren Körper dieser Gruppe. Wir ken- 4



nen z. B. Kohlenwasserstoffe, welche mit Benzol eine homologe Reihe bilden, oder von denen ein jeder ein Atom Kohlenstoff und zwei Atome Wasserstoff mehr enthält, als der vorhergehende. Dieselben sind Benzol, in welchem ein, zwei oder drei Atome Wasserstoff durch Methyl,  $\text{C}_6\text{H}_3$ , ersetzt sind:

Benzol . . . . .	$\text{C}_6\text{H}_6$
Methylbenzol . . . . .	$\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CH}_3$
Dimethylbenzol . . . . .	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$
Trimethylbenzol . . . . .	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_3$
Tetramethylbenzol . . . . .	$\text{C}_6\text{H}_2(\text{CH}_3)_4$

5. In diesen Verbindungen kann der Wasserstoff des Benzolrestes gerade wie im Benzol selbst durch Elemente oder Radicale ersetzt werden, und es entstehen hierdurch Substitutionsderivate, welche sich denen des Benzols ganz analog verhalten; aber auch im Methyl kann eine solche Substitution stattfinden und hierdurch werden Verbindungen erzeugt, welche genau das Verhalten der Verbindungen des Methyls und der anderen Alkoholradicale zeigen. Vom Methylbenzol oder Toluol leiten sich z. B. folgende zwei isomere Reihen ab:

Monochlortoluol $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl} \cdot \text{CH}_3$	Benzylchlorid $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CH}_2\text{Cl}$
Cresol . . . . . $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{CH}_3$	Benzylalkohol $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{OH}$
Nitrotoluol . . . $\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)\text{CH}_3$	— — — —
Amidotoluol . . . $\text{C}_6\text{H}_4(\text{NH}_2)\text{CH}_3$	Benzylamin . $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{NH}_2$

Durch Oxydation erhält man aus dem Benzylalkohol den Benzaldehyd:  $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{COH}$ , und die Benzoësäure,  $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CO}_2\text{H}$ .

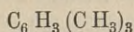
6. Di- und Trimethylbenzol geben ähnliche isomere Doppelreihen. Statt Methyl können aber auch alle anderen bekannten einwerthigen Alkoholradicale für Wasserstoff substituirt werden, und da in denselben ebenfalls solche Substitutionen möglich sind, so sieht man leicht ein, dass die Anzahl der aromatischen Verbindungen nicht nur eine ausserordentlich grosse ist, sondern dass in denselben auch eine fast unbegrenzte Menge isomerer Körper vorkommt.

So sind z. B. isomer:

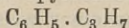
Dimethylbenzol	Aethylbenzol
$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	$\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{C}_2\text{H}_5$

7. Ebenso haben die folgenden Kohlenwasserstoffe die gemeinsame Formel  $\text{C}_9\text{H}_{12}$ :

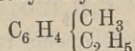
Trimethylbenzol



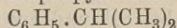
Propylbenzol



Methyläthylbenzol



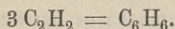
Isopropylbenzol



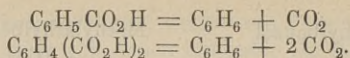
Da alle diese Kohlenwasserstoffe sich sehr ähnlich verhalten, so ist es von grosser Wichtigkeit, dieselben sicher unterscheiden zu können, und dieses ist sehr leicht, da, wenn man sie mit oxydirenden Mitteln, wie verdünnter Salpetersäure oder Chromsäure, behandelt, jedes der angelagerten Alkoholradicale in Carboxyl übergeführt wird. So geben Toluol oder Methylbenzol,  $C_6 H_5 \cdot C H_3$ , Aethylbenzol,  $C_6 H_5 \cdot C_2 H_5$ , Amylbenzol,  $C_6 H_5 \cdot C_5 H_{11}$ , bei der Oxydation eine und dieselbe Säure, nämlich Benzoëssäure,  $C_6 H_5 \cdot CO_2 H$ . Das mit dem Aethylbenzol isomere Dimethylbenzol giebt als erstes Product die einbasische Toluylsäure,  $C_6 H_4 \begin{cases} C O_2 H \\ C H_3 \end{cases}$ , welche durch weitere Oxydation in eine zweibasische Säure,  $C_6 H_4 \begin{cases} C O_2 H \\ C O_2 H \end{cases}$ , übergeführt wird, und dieselbe Säure entsteht aus Aethyltoluol,  $C_6 H_4 \begin{cases} C_2 H_5 \\ C H_3 \end{cases}$ , und Diäthylbenzol,  $C_6 H_4 \begin{cases} C_2 H_5 \\ C_2 H_5 \end{cases}$ .

### 1. Benzol und seine Derivate.

Benzol,  $C_6 H_6$ . Das Benzol kann synthetisch aus den Elementen aufgebaut werden. Erhitzt man nämlich Acetylen, welches bekanntlich durch directe Vereinigung von Kohlenstoff und Wasserstoff entsteht, auf eine etwas unter Rothglühhitze liegende Temperatur, so verwandelt es sich in polymere Modificationen und zwar bildet sich als Hauptproduct Triacetylen oder Benzol:

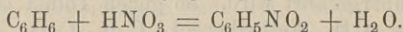


Benzol entsteht ferner bei der trocknen Destillation vieler organischer Substanzen und findet sich namentlich in grösserer Menge im leichten Steinkohlentheeröl, aus dem man es fast ausschliesslich darstellt; auch in einigen Steinölen ist etwas Benzol enthalten. Reines Benzol lässt sich leicht durch Destillation von Benzoëssäure oder Phtalsäure mit Kalk darstellen;



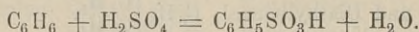
b. Das Benzol ist eine farblose, leicht bewegliche, stark lichtbrechende Flüssigkeit, welche eigenthümlich ätherisch riecht; es siedet bei  $81^\circ$  und erstarrt bei  $0^\circ$  zu einer weissen krystallinischen Masse. Chlor und Brom greifen das Benzol leicht an und bilden Substitutionsproducte, indem ein Atom Wasserstoff nach dem anderen durch diese Elemente ersetzt wird.

c. Das Benzol löst sich leicht unter Wärmeentwicklung in concentrirter Salpetersäure; fügt man Wasser zu dieser Lösung, so wird Nitrobenzol,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ , gefällt:



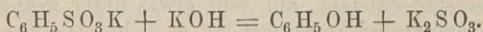
d. Das Nitrobenzol ist eine gelbliche Flüssigkeit, welche nach bitteren Mandeln riecht und deshalb in der Parfümerie Verwendung findet. Erwärmt man Benzol mit einem Gemische von Salpetersäure und Schwefelsäure, so bildet sich Dinitrobenzol,  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2$ , eine weisse, feste, in Nadeln krystallisirende Substanz.

e. Durch Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure auf Benzol bildet sich die Benzolsulfonsäure,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{H}$ :

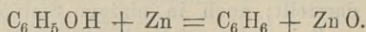


Dieselbe bildet kleine weisse Krystalle, ist sehr beständig, und kann mit Wasser, sowie Alkalien, ohne Zersetzung zu erleiden, gekocht werden.

2) Phenol oder Carbolsäure,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ , ist ein weisser in langen Nadeln krystallisirender Körper, welcher im schweren Steinkohlenöl vorkommt. Aus Benzol erhält man diese Verbindung, wenn man das Kaliumsalz der Benzolsulfosäure mit Aetzkali schmilzt:



Das Phenol schmilzt bei  $42^\circ$  und siedet bei  $182^\circ$ . Es hat einen eigenthümlichen durchdringenden Geruch und einen brennenden und ätzenden Geschmack; es besitzt keine saure Reaction, geht aber mit Metalloxiden salzartige Verbindungen ein und wird deshalb auch Carbolsäure genannt. Leitet man seinen Dampf über erhitzten Zinkstaub, so entsteht Benzol:



Das Phenol wird für sich oder mit Kalk verbunden als Desinfectivmittel gebraucht, da es in hohem Grade die Eigenschaft besitzt, die Zersetzung und Fäulniss organischer Stoffe zu verhindern.

Trinitrophenol oder Pikrinsäure,  $C_6H_2(NO_2)_3OH$ . Concentrirte Salpetersäure greift Phenol heftig an und ersetzt je nach der Dauer der Einwirkung ein oder mehrere Atome Wasserstoff durch  $NO_2$ . Die Trinitroverbindung ist unter dem Namen Pikrinsäure bekannt; dieselbe bildet gelbe Krystalle, ist löslich in Wasser und hat einen stark bitteren Geschmack. Ausser Phenol geben noch viele andere der aromatischen Gruppe angehörige oder damit verwandte Körper Pikrinsäure als Endproduct der Einwirkung von Salpetersäure. Die Pikrinsäure färbt Seide und Wolle gelb und findet daher in der Färberei Verwendung.

Pyrocatechin,  $C_6H_4 \begin{cases} OH \\ OH \end{cases}$ . Dieser Körper, welcher weisse glänzende Krystalle bildet, steht zu Phenol in einer ähnlichen Beziehung, wie Aethylenalkohol zu Aethylalkohol. Das Brenzcatechin findet sich in den Producten der trocknen Destillation des Catechu (der eingetrocknete Auszug von *Acacia Catechu*), mehrerer Gummiharze und des Holzes. Im Holztheer ist ausserdem noch das echte Kreosot enthalten, eine farblose Flüssigkeit, aus der man zwei Verbindungen abgeschieden hat, das Guajacol,  $C_7H_8O_2$ , und das Kreosol,  $C_8H_{10}O_2$ ; beide Körper treten auch bei der trocknen Destillation des Guajacharzes auf. Das Guajacol giebt, mit Jodwasserstoffsäure erhitzt, Methyljodid und Brenzcatechin und ist daher Methyl-Brenzcatechin,  $C_6H_4 \begin{cases} OCH_3 \\ OH \end{cases}$ .

Kreosol liefert unter denselben Umständen Methyljodid und Homobrenzcatechin,  $C_6H_3(CH_3)(OH)_2$ .

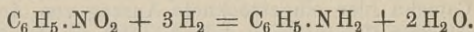
Resorcin ist isomer mit Brenzcatechin und bildet sich, wenn man verschiedene Gummiharze, sowie Benzoldisulfonsäure,  $C_6H_4(SO_3H)_2$ , welche beim Erhitzen von Benzol mit concentrirter Schwefelsäure entsteht, mit Aetzkali schmilzt. Es krystallisirt aus Wasser in grossen Prismen und hat einen kratzend süssen Geschmack.

6.) Hydrochinon ist ebenfalls, wie Brenzcatechin und Resorcin, ein Dihydroxybenzol,  $C_6H_4(OH)_2$ , und wurde zuerst durch Destillation von Chinasäure erhalten; es bildet farblose Prismen und geht durch Oxydation leicht in Chinon,  $C_6H_4 \begin{matrix} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{matrix}$ , über, welches goldgelbe Nadeln bildet und eigenthümlich, dem Jod ähnlich riecht.

Die drei isomeren Hydroxybenzole erhält man auch, wenn man die drei entsprechenden Jodphenole,  $C_6H_4J.OH$ , mit Aetzkali schmilzt. Die Ursache des Isomerismus derselben wird später erklärt werden (s. S. 414).

7.) Tetrachlorchinon oder Chloranil,  $C_6Cl_4O_2$ , entsteht durch Einwirkung von Salzsäure und Kaliumchlorat auf Chinon, Phenol und viele andere aromatische Verbindungen; es bildet kleine goldgelbe Schuppen und ist eine sehr beständige Verbindung, welche von concentrirter Schwefelsäure, Salpetersäure und Königswasser nicht angegriffen wird.

8.) Amidobenzol oder Anilin,  $C_6H_5.NH_2$ . Nitrobenzol wird durch Wasserstoff im Entstehungszustande leicht in Anilin verwandelt:

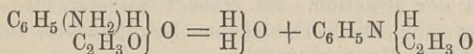


a. Um diese Reduction im Kleinen auszuführen, bringt man das Nitrobenzol mit Zinn und Salzsäure zusammen und erwärmt gelinde; man erhält eine klare Lösung, aus der sich bei Zusatz eines Alkalis das Anilin in öligen Tropfen ausscheidet. Fabrikmässig stellt man Anilin dar, indem man Nitrobenzol mit Eisenfeilspänen und Salzsäure destillirt. Das Anilin findet sich auch in den Destillationsproducten der Steinkohle. Es ist eine farblose Flüssigkeit, welche eigenthümlich riecht, bei  $0^\circ$  das specifische Gewicht 1,036 hat und bei  $182^\circ$  siedet; in Wasser ist es nur wenig löslich, löst sich aber leicht in Alkohol und Aether. Das Anilin reagirt nicht alkalisch, verbindet sich aber mit Säuren und bildet eine Reihe von Salzen, welche sich durch ihr grosses Krystallisationsvermögen auszeichnen. Der in der Gruppe  $NH_2$  enthaltene Wasserstoff kann durch Alkoholradicale ersetzt werden; das Anilin vereinigt sich nämlich wie das Ammoniak nicht nur direct mit Säuren, sondern auch mit den Jodiden der Alkoholradicale, z. B. Aethyljodid; diese Verbindung wird durch Aetzkali zersetzt,

und es entsteht eine dem Anilin ähnliche Base, das Aethylanilin,  $C_6H_5N \left\{ \begin{array}{l} H \\ C_2H_5 \end{array} \right.$ ; auf dieselbe Weise kann das zweite Wasserstoffatom durch ein Alkoholradical ersetzt werden, und die so erhaltene Verbindung vereinigt sich wieder mit dem Jodid eines Alkoholradicals und erzeugt ein Ammoniumjodid, welches durch feuchtes Silberoxid zersetzt wird, wodurch dem Teträthylammoniumhydroxid ähnliches, stark ätzendes und nicht flüchtiges Triäthylphenylammoniumhydroxid,  $C_6H_5(C_2H_5)_3N.OH$ , entsteht.

Das Anilin verhält sich hiernach den Aminbasen sehr ähnlich und wird deshalb auch Phenylamin genannt, oder als Ammoniak betrachtet, in welchem 1 Atom Wasserstoff durch das einwerthige Radical Phenyl,  $C_6H_5$ , ersetzt ist. Tritt ein Säureradical an die Stelle von Wasserstoff in  $NH_2$ , so erhält man ein Anilid. Gerade wie Ammoniumacetat beim Erhitzen in Wasser und Acetamid zerfällt, so zersetzt sich das Anilinacetat unter diesen Umständen in Wasser und Acetanilid:

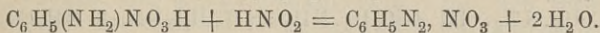
## Acetanilid



Das Anilin wird fabrikmässig in grosser Menge dargestellt und zur Bereitung der Anilinfarben verwendet, welche in der Kattundruckerei und Seiden- und Wollenfärberei eine ausgebreitete Anwendung finden.

Fügt man zu einer wässrigen Anilinlösung eine verdünnte Lösung von Chlorkalk, so nimmt die Flüssigkeit eine prachtvolle Purpurfarbe an, welche nach einiger Zeit in ein schmutziges Roth übergeht. Vermittelst dieser Reaction kann die kleinste Spur von Anilin nachgewiesen werden. Bringt man Anilin mit concentrirter Schwefelsäure und Kaliumdichromat zusammen, so entsteht eine schöne tiefblaue Färbung, welche indess bald wieder verschwindet. Der blauviolette Farbstoff, welcher bei diesen Reactionen sich bildet, wird im Grossen dargestellt und führt im Handel den Namen Anilinpurpur oder Mauve. *d*

Leitet man in eine wässrige Lösung von Anilinnitrat unter guter Abkühlung Stickstofftrioxid ein, so bildet sich Diazobenzolnitrat,  $C_6H_5N_2, NO_3$ : *e*



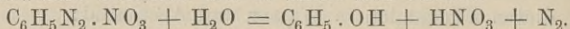
Diese Verbindung, welche in farblosen Nadeln krystallisirt, hat die Eigenschaft, beim Stoss sowie beim Erhitzen mit aus-

nehmender Heftigkeit zu explodiren. Mit Schwefelsäure behandelt, entsteht daraus Diazobenzolsulfat,  $C_6H_5N_2, SO_4H$ , welches ebenfalls höchst explosiv ist. Vermischt man die Lösung eines Diazobenzolsalzes mit Anilin, so bildet sich Diazoamidobenzol,  $C_6H_5N_2.NH(C_6H_5)$ , welches in goldgelben Krystallen auftritt und sich beim Erhitzen unter Explosion zersetzt. Diese Verbindung hat die Eigenschaft, sich in Lösung bei Gegenwart von Anilinsalzen in das isomere Amidoazobenzol,  $C_6H_5N_2.C_6H_4(NH_2)$ , umzusetzen, welches nicht explosiv ist und Wolle oder Seide gelb färbt.

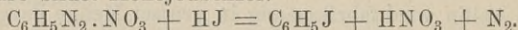
In den Diazoverbindungen tritt  $N_2$  zweiwerthig auf, indem zwei Verbindungseinheiten eines jeden Stickstoffatoms sich gegenseitig gesättigt haben:  $C_6H_5-N=N-$

Die Gruppe Diazobenzol verhält sich als ein einwerthiges Radical, welches den Wasserstoff von Säuren, Hydroxiden und der Gruppe  $NH_2$  u. s. w. ersetzen kann.

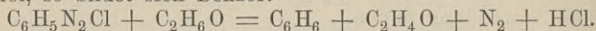
Wird die wässrige Lösung eines Diazobenzolsalzes gekocht, so entweicht Stickstoff und es bildet sich Phenol:



Sind dabei starke Säuren gegenwärtig, so nehmen dieselben Antheil an der Reaction. So erzeugt Salpetersäure, je nach der Concentration, die verschiedenen Nitrophenole; Jodwasserstoffsäure bildet Monojodbenzol:



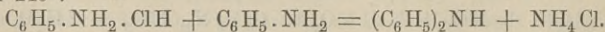
Erhitzt man Diazobenzolverbindungen mit absolutem Alkohol, so bildet sich Benzol:



9.) Phenylhydrazin,  $C_6H_5.NH-NH_2$ , entsteht, wenn man Zinndichlorid und Salzsäure zu einer Lösung von Diazobenzolchlorid setzt. Es bildet Tafeln, schmilzt bei  $23^0$  und siedet bei  $234^0$ . Sein Hydrochlorat,  $C_6H_5.N_2H_3.ClH$ , krystallisirt in feinen, glänzenden Blättchen.

10.) Methylanilin,  $C_6H_5.N(CH_3)H$ , wird im Grossen durch Erhitzen von Anilin mit Methylchlorid gewonnen; es ist eine dem Anilin ähnliche Flüssigkeit, welche bei  $190^0$  siedet und durch Erhitzen von Methylchlorid leicht in das bei  $192^0$  siedende Dimethylanilin,  $C_6H_5N(CH_3)_2$ , übergeht. Beide dienen zur Darstellung von Farbstoffen.

11.) Diphenylamin oder Phenylanilin,  $(C_6H_5)_2NH$ , entsteht durch Erhitzen von chlorwasserstoffsäurem Anilin mit Anilin auf  $240^0$ :



Es ist ein angenehm riechender krystallinischer Körper, welcher bei  $54^0$  schmilzt und bei  $210^0$  siedet. In Salpetersäure

löst es sich mit schön blauer Farbe, und man verwendet es zur Darstellung blauer Farbstoffe.

Azofarbstoffe. Das oben erwähnte Amidoazobenzol, <sup>12)</sup> welches auch Anilingelb genannt wird, ist das Anfangsglied einer Reihe von Farbstoffen, welche jetzt im Grossen dargestellt und zum Färben von Wolle und Seide benutzt werden. Von diesen sind folgende zu erwähnen.

Echtgelb,  $C_6H_4(NH_2)N_2 \cdot C_6H_4 \cdot SO_3H$ , erhält man durch <sup>13)</sup> Einwirkung von rauchender Schwefelsäure auf Anilingelb; es bildet eine gelbe, krystallinische Masse, welche zum Färben von Seide und Wolle, sowie zur Darstellung des Biebricher Scharlachs benutzt wird (S. 436). Es unterscheidet sich vom Anilingelb dadurch, dass es nicht flüchtig ist und daher das Dämpfen aushält.

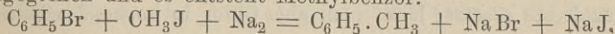
Chrysoïdin oder Diamidoazobenzol,  $C_6H_5 \cdot N_2$  <sup>14)</sup>  $\cdot C_6H_3(NH_2)_2$ . Das salzsaure Salz dieser Base entsteht durch Einwirkung von Diamidobenzol, welches durch Reduction von Dinitrobenzol erhalten wird, auf Diazobenzolchlorid. Es krystallisirt in glänzenden braunen Octoëdern und färbt ein lebhaftes Orange.

Phenylenbraun oder Manchesterbraun ist das <sup>15)</sup> chlorwasserstoffsäure Salz des Triamidoazobenzols,  $H_2N \cdot C_6H_4 \cdot N_2 \cdot C_6H_3(NH_2)$ , und entsteht durch Einwirkung von Natriumnitrit auf überschüssiges chlorwasserstoffsäures Diamidobenzol. Es ist ein braunes krystallinisches Pulver, welches Wolle lebhaft braun färbt.

Eine andere Reihe von Azofarben werden Tropäoline <sup>16)</sup> genannt, da die Farben, welche sie auf Wolle und Seide erzeugen, den verschiedenen Nüancen der Blumen der Kapuzinerkresse gleichen. Zur Darstellung derselben wird Anilin mit rauchender Schwefelsäure behandelt, wodurch Anilinsulfonsäure oder Sulfanilsäure,  $C_6H_4(NH_2)SO_3H$ , entsteht, welche ein krystallinischer Körper ist und leicht in eine Diazoverbindung übergeführt werden kann. Durch Einwirkung von Amidverbindungen, sowie auch von Phenolen entstehen dann die Farbstoffe, welche Azosulfonsäuren sind und im Handel als Natriumsalze vorkommen.

## 2. Toluol und seine Derivate.

Toluol oder Methylbenzol,  $C_6H_5 \cdot CH_3$ . Ein Gemisch <sup>1)</sup> von Monobrombenzol und Methyljodid wird von Natrium heftig angegriffen und es entsteht Methylbenzol:





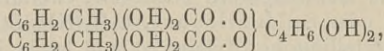
Das Methylbenzol oder Toluol kommt zusammen mit Benzol und höheren Homologen im Steinkohlentheer vor und findet sich ausserdem in den Destillationsproducten von Holz, Harzen und anderen Substanzen; es ist eine dem Benzol ähnliche Flüssigkeit, welche bei  $111^{\circ}$  siedet und bei  $-20^{\circ}$  noch nicht erstarrt.

<sup>a</sup> Von concentrirter Salpetersäure wird es in der Kälte in Nitrotoluol,  $C_6H_4(NO_2)CH_3$ , übergeführt, welches ein Gemisch von zwei isomeren Modificationen ist, die sich durch fractionirte Destillation trennen lassen; das eine bildet farblose Prismen; das andere ist eine dem Nitrobenzol ähnliche Flüssigkeit. Das feste Nitrotoluol giebt, mit Reductionsmitteln behandelt, Amidotoluol oder Toluidin,  $C_6H_4(NH_2)CH_3$ , eine krystallinische Substanz, deren Salze schön krystallisiren. Das Toluidin schmilzt bei  $40,5^{\circ}$  und siedet bei  $202^{\circ}$ . Das flüssige Nitrotoluol giebt Pseudotoluidin, eine bei  $198^{\circ}$  <sup>c</sup>siedende Flüssigkeit.

2.) Cresol oder Oxytoluol,  $C_6H_4(CH_3)OH$ , ist eine dem Phenol sehr ähnliche Verbindung, welche in verschiedenen isomeren Modificationen existirt und im Kohlentbeer enthalten ist.

3.) Orcin oder Dioxytoluol,  $C_6H_3(CH_3)(OH)_2$ , findet sich in verschiedenen Flechtenarten, welche zur Darstellung von Orseille und Lackmus dienen. Es bildet farblose Krystalle und seine ammoniakalische Lösung nimmt an der Luft Sauerstoff auf, wobei stickstoffhaltige rothe oder violette Verbindungen <sup>a</sup>entstehen, deren Gemisch als Orseille im Handel vorkommt.

Die Farbeflechten enthalten gewöhnlich nur geringe Mengen von freiem Orcin, welches durch Zersetzung des darin reichlich vorkommenden Erythrins,



entsteht. Dasselbe zerfällt beim Kochen mit Barytwasser in Erythrit (s. S. 392) und Orsellinsäure,  $C_6H_2(CH_3)(OH)_2CO_2H$ , <sup>c</sup>die beim längeren Kochen mit Barytwasser in Kohlendioxid und Orcin zerfällt.

### 3. Benzylgruppe.

(Klaff)

Wenn Chlor in der Kälte auf Toluol einwirkt, so bildet sich Chlortoluol, indem das Chlor ein Atom Wasserstoff in dem Benzolreste ersetzt; leitet man aber Chlor in kochendes Toluol,

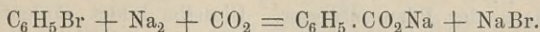
so tritt dasselbe an die Stelle des Wasserstoffs im Methyl, und es entsteht Benzylchlorid,  $C_6H_5 \cdot CH_2Cl$ , eine bei  $176^{\circ}$  siedende Flüssigkeit, aus welcher man leicht durch doppelten Austausch andere Benzylverbindungen darstellen kann. Erhitzt man es z. B. mit Ammoniak, so erhält man das Benzylamin,  $C_6H_5 \cdot CH_2 \cdot NH_2$ , welches eine starke Aminbase ist; mit Essigsäure und Kaliumacetat erhitzt, bildet sich Benzylacetat,  $C_6H_5 \cdot CH_2 \left. \begin{array}{l} \\ C_2H_3O \end{array} \right\} O$ .

Benzylalkohol,  $C_6H_5 \cdot CH_2 \left. \begin{array}{l} \\ H \end{array} \right\} O$ , ist eine ölige, farblose 1.) Flüssigkeit, welche bei  $207^{\circ}$  siedet; man stellt denselben durch Erhitzen von Benzylacetat mit Aetzkali dar oder durch Einwirkung von Wasser und Natriumamalgam auf Benzaldehyd.

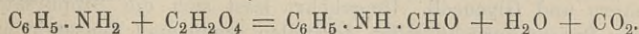
Benzaldehyd,  $C_6H_5 \cdot COH$ , bildet den Hauptbestandtheil 2.) des Bittermandelöls und wird künstlich erhalten durch Oxydation des Benzylalkohols, sowie wenn man das durch Einwirkung von Chlor auf siedendes Benzylchlorid gewonnene Benzylenchlorid,  $C_6H_5 \cdot CHCl_2$ , mit Natronlauge erhitzt. + Ferner bildet es sich, anderen Aldehyden analog, bei der Destillation eines Gemenges von Calciumformiat und Benzoat. Es ist eine farblose, stark riechende Flüssigkeit, die bei  $180^{\circ}$  siedet; der aus bitteren Mandeln gewonnene Benzaldehyd enthält Blausäure und ist deshalb giftig. Mit Phosphorpentachlorid erwärmt geht der Aldehyd wieder in Benzylenchlorid über.

Benzoësäure,  $C_6H_5 \cdot CO_2H$ . Diese Säure findet sich fertig 3.) gebildet in verschiedenen Harzen, namentlich im Benzoëharz, und im Harn der Grasfresser. Sie entsteht bei der Oxydation von Benzylalkohol, Bittermandelöl und aller der vom Benzol sich ableitenden Kohlenwasserstoffe, welche an der Stelle eines Wasserstoffatoms ein Alkoholradical enthalten.

Synthetisch erhält man die Benzoësäure aus Benzol, wenn man zu Monobrombenzol Natrium fügt und Kohlendioxid einleitet:



Aus Anilin erhält man dieselbe, indem man es mit Oxalsäure rasch auf eine hohe Temperatur erhitzt, wobei Formanilid überdestillirt:



Wird diese Verbindung mit starker Salzsäure destillirt, so verwandelt sie sich unter Abgabe von Wasser in das Benzo-

nitril,  $C_6H_5.CN$ , welches, mit Kalilauge gekocht, Benzoësäure giebt.

Man erhält sie auch, wenn man Benzylchlorid durch weitere Einwirkung von Chlor in Benzenylchlorid,  $C_6H_5.CCl_3$ , verwandelt und dieses mit Natronlauge erhitzt. Aus Benzoë gewinnt man Benzoësäure durch Sublimation. Sie krystallisirt aus heissem Wasser in grossen, glänzenden Blättern, schmilzt bei  $121^{\circ}$  und siedet bei  $250^{\circ}$ ; mit Wasserdämpfen ist sie flüchtig. Die Salze der Benzoësäure sind meist in Wasser leicht löslich und krystallisiren gut; Eisenchlorid erzeugt in ihren Lösungen einen isabellfarbenen Niederschlag von Ferribenzoat.

Von starker Salpetersäure wird die Benzoësäure in Nitrobenzoësäure,  $C_6H_4(NO_2)CO_2H$ , verwandelt, welche durch Reductionsmittel in Amidobenzoësäure,  $C_6H_4(NH_2)CO_2H$ , übergeführt wird, ein Körper, in welchem, wie in der Benzoësäure, Wasserstoff durch Metalle vertreten werden kann, der aber auch wie Amidotoluol sich mit Säuren verbindet.

4) Benzoylchlorid,  $C_6H_5.COCl$ , ist eine farblose, an der Luft rauchende Flüssigkeit, welche man durch Einwirkung von Phosphortrichlorid auf Benzoësäure erhält.

Mit Wasser zerfällt dieselbe, ähnlich wie alle Säurechloride, in Salzsäure und Benzoësäure.

5) Benzoyloxid oder Benzoësäureanhydrid,  $\left. \begin{array}{l} C_6H_5CO \\ C_6H_5CO \end{array} \right\} O$ . Diese Verbindung bildet sich, wenn Benzoylchlorid auf Kaliumbenzoat einwirkt.

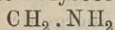
Es ist ein fester Körper, der bei  $24^{\circ}$  schmilzt und bei  $310^{\circ}$  siedet.

6) Benzoylperoxid,  $\left. \begin{array}{l} C_6H_5CO \\ C_6H_5CO \end{array} \right\} O_2$ , ist eine feste, krystallinische Substanz, welche man durch Einwirkung von Benzoylchlorid auf Baryumdioxid erhält; beim Erhitzen verpufft dieselbe heftig wie Acetylperoxid.

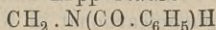
7) Hippursäure,  $C_8H_9NO_3$ . Die Hippursäure findet sich im Harn der Pflanzenfresser. Dieselbe bildet säulenförmige Krystalle, die sich in kochendem Wasser und Weingeist lösen, aber in kaltem Wasser schwer löslich sind; erhitzt man die Hippursäure mit Säuren oder Alkalien, so zerfällt sie in Benzoësäure und Glycocoll. Umgekehrt lässt sich die Hippursäure aus Benzoësäure künstlich darstellen, wenn man Benzamid mit Chloressigsäure erhitzt. Die Hippursäure ist demnach Benzoylamidoessigsäure;

Amidoessigsäure

oder Glycoll



Hippursäure



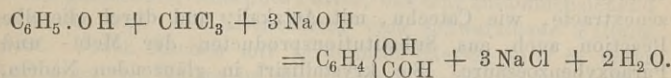
Benzoësäure wird beim Durchgang durch den menschlichen oder thierischen Körper vollständig in Hippursäure verwandelt und als solche im Urin ausgeschieden.

#### 4. Oxybenzylgruppe.

Die Verbindungen dieser Gruppe schliessen sich enge an die Benzyl- und Benzoylverbindungen an, von denen sie sich dadurch unterscheiden, dass sie an der Stelle von Wasserstoff im Benzolreste die Gruppe OH enthalten, und daher zugleich Phenole sind.

Saligenin,  $\text{C}_6\text{H}_4 \left\{ \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{CH}_2 \cdot \text{OH} \end{array} \right.$ . Dieser Oxybenzylalkohol ist <sup>1)</sup> ein Spaltungsproduct des in den Weidenrinden enthaltenen Salicins, das durch gewisse Fermente in Traubenzucker und Saligenin gespalten wird. Es bildet glänzende Blättchen und seine wässrige Lösung wird durch Eisenchlorid tief blau gefärbt.

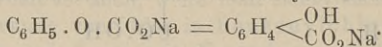
Salicylaldehyd,  $\text{C}_6\text{H}_4 \left\{ \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{COH} \end{array} \right.$ . Das flüchtige Oel der Blü- <sup>2)</sup> then von *Spiraea ulmaria* und anderer Spiraeaarten besteht hauptsächlich aus diesem Aldehyd, der sich auch bei der Oxydation des Salicins bildet. Man erhält ihn auch leicht durch Einwirkung von Chloroform auf eine alkalische Lösung von Phenol:



Durch weitere Oxydation geht der Salicylaldehyd in Salicylsäure über und mit Wasserstoff verbindet er sich zu Saligenin.

Salicylsäure,  $\text{C}_6\text{H}_4 \left\{ \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{CO}_2\text{H} \end{array} \right.$ , findet sich neben ihrem Al- <sup>3)</sup>dehyd in verschiedenen Spiraeaarten und synthetisch erhält

man sie, wenn man Natriumphenat mit flüssigem Kohlendioxid in einem Druckkessel zusammenbringt und dann erhitzt, wobei Natriumphenolcarbonat in Natriumsalicylat übergeht:



Die Salicylsäure enthält nur eine Carboxylgruppe, bildet aber, da sie zugleich ein Phenol ist, zwei Reihen von Salzen. Sie krystallisirt in Nadeln oder monoklinen Säulen, schmeckt zusammenziehend säuerlich, und ihre wässerige Lösung giebt mit Eisenchlorid eine tiefviolette Färbung. Ihr Methyläther,  $C_6H_4(OH)CO_2 \cdot CH_3$ , bildet den Hauptbestandtheil des Oels von *Gaultheria procumbens*.

Die Salicylsäure wird im Grossen dargestellt und als geschätztes Arzneimittel, sowie wegen ihrer Eigenschaft, Gäh- rung und Fäulniss zu verhindern, vielfach verwendet.

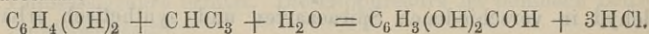
Mit Salicylsäure, welche auch Orthooxybenzoësäure genannt wird, sind die beiden folgenden Verbindungen isomer.

4.) Metaoxybenzoësäure bildet sich, wenn man Sulfo- benzoësäure mit Aetzkali schmilzt; sie krystallisirt in Nadeln, hat einen süssen Geschmack und wird von Eisenchlorid nicht gefärbt.

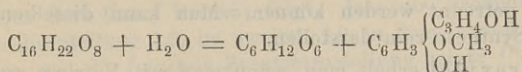
5.) Paraoxybenzoësäure entsteht beim Schmelzen gewisser Substitutionsproducte der Benzoësäure, sowie verschiedener Gummiharze mit Kali. Sie ist ziemlich leicht in Wasser lös- lich und giebt mit Eisenchlorid einen gelben Niederschlag.

Alle drei Oxybenzoësäuren zerfallen beim Erhitzen mit Kalk in Phenol und Kohlendioxid. Diese Zersetzung findet bei der Salicylsäure auch schon statt, wenn man sie über den Schmelzpunkt erhitzt, bei der Parasäure aber nur theilweise, und die Metasäure kann unzersetzt sublimirt werden.

6.) Protocatechusäure oder Dioxybenzoësäure,  $C_6H_3 \begin{matrix} (OH)_2 \\ CO_2H \end{matrix}$ , entsteht beim Schmelzen verschiedener Gummiharze und Pflan- zenextracte, wie Catechu, mit Aetzkali, und durch dieselbe Reaction auch aus Substitutionsproducten der Meta- und Paraoxybenzoësäure. Sie krystallisirt in glänzenden Nadeln, und ihre wässerige Lösung wird durch Eisenchlorid grün ge- färbt. Ihr Aldehyd,  $C_6H_3 \begin{matrix} (OH)_2 \\ COH \end{matrix}$ , bildet sich bei der Ein- wirkung von Chloroform auf eine alkalische Lösung von Pyro- catechin:



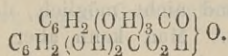
Behandelt man auf dieselbe Weise Methylpyrocatechin (s. S. 403), so erhält man Methylprotocatechualdehyd oder Vanillin,  $C_6H_3 \begin{cases} OCH_3 \\ OH \\ COH \end{cases}$ , welches in weissen Nadeln krystallisirt und in der Vanille fertig gebildet enthalten ist. Man gewinnt dasselbe jetzt auch künstlich aus dem Cambialsaft der Kiefern und anderer Nadelhölzer, welche Coniferin,  $C_{16}H_{22}O_8$ , enthalten; dasselbe zerfällt in wässriger Lösung durch das Ferment der Mandeln in Zucker und Coniferylalkohol:



Der letztere wird durch verdünnte Chromsäurelösung zu Vanillin oxydirt, das durch weitere Oxydation in Methylprotocatechusäure übergeht.

Gallussäure oder Trioxybenzoësäure,  $C_6H_2(OH)_3CO_2H$ , ist in den Galläpfeln enthalten und entsteht, wenn man Dijodsalicylsäure oder Bromprotocatechusäure mit Aetzkali schmilzt. Sie bildet weisse Nadeln und giebt mit Eisenchlorid einen schwarzblauen Niederschlag. Beim Erhitzen zerfällt sie in Pyrogallol oder Trioxybenzol,  $C_6H_3(OH)_3$ , welches gewöhnlich Pyrogallussäure genannt wird und in weissen Nadeln krystallisirt; seine Lösung in Alkalien zieht an der Luft rasch Sauerstoff an und färbt sich dunkel; es wird daher manchmal in der Gasanalyse benutzt. Seine Anwendung in der Photographie beruht darauf, dass es die Salze der edelen Metalle leicht reducirt. Mit Eisenchlorid giebt es eine rothe und mit Eisenvitriol eine blaue Färbung.

Neben Gallussäure enthalten die Galläpfel, wie auch viele andere Pflanzentheile, Tannin oder Gerbsäure,  $C_{14}H_{10}O_9$ . Es ist ein glänzendes, amorphes Pulver, das sehr zusammenziehend schmeckt und mit Eisenchlorid eine schwarzblaue Fällung giebt. Durch Kochen mit verdünnten Säuren wird es unter Aufnahme von Wasser in zwei Molecüle Gallussäure gespalten, und umgekehrt kann Gallussäure durch Wasser entziehende Mittel in Tannin verwandelt werden, welches daher Digallussäure genannt wird und wahrscheinlich folgende Constitution hat:



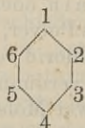
## XVIII.

## Verbindungen mit 8 Atomen Kohlenstoff.

- 1/) Dimethylbenzol oder Xylol,  $C_6H_4(CH_3)_2$ . Aus Steinkohlentheer erhält man durch fractionirte Destillation eine gegen  $140^\circ$  siedende Flüssigkeit, welche Xylol genannt wird und ein Gemisch von drei isomeren Dimethylbenzolen ist, welche, da sie bei beinahe derselben Temperatur sieden, nur auf Umwegen getrennt werden können. Man kann dieselben auch durch Synthese rein darstellen.
- 2/) ParaxyloL erhält man, wenn man mit Natrium auf eine Mischung von krystallisirtem Dibrombenzol und Methyljodid einwirkt; es ist eine bei  $136^\circ$  siedende Flüssigkeit.
- 3/) MetaxyloL siedet bei  $138^\circ$  und OrthoxyloL bei  $140^\circ$ ; dieselben bilden sich, wenn die isomeren Säuren  $C_6H_3(CH_3)_2CO_2H$  (s. S. 416) mit Kalk destillirt werden.

Im Vorhergehenden haben wir schon gesehen, dass die Substitutionsproducte des Benzols, welche an der Stelle von zwei Wasserstoffatomen zwei andere Elemente oder Radicale enthalten, in drei verschiedenen Modificationen existiren, wie die drei Dioxybenzole: Pyrocatechin, Resorcin und Hydrochinon, die drei Oxybenzoësäuren, die drei Dimethylbenzole u. s. w.

- 4/) Die Isomerie dieser Disubstitutionsproducte lässt sich durch die Annahme erklären, dass die zwei Wasserstoff vertretenden Gruppen eine verschiedene Stellung im Benzolkern einnehmen. Stellt man den letzteren als ein Sechseck dar, dessen Ecken die Kohlenstoffatome einnehmen, so sieht man, dass z. B. drei verschiedene Dibrombenzole,  $C_6H_4Br_2$ , existiren können:



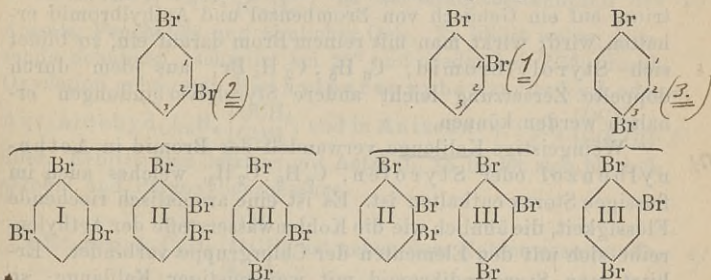
Die Bromatome nehmen in denselben die folgenden Stellungen ein:

(a) 1,2      (b) 1,3      (c) 1,4.

Weitere Fälle sind nicht möglich, da 1,6 mit a und 1,5 mit b zusammenfällt. Man kann aber nicht nur erklären,

warum drei isomere Disubstitutionsproducte existiren, sondern auch die Stellung der Wasserstoff ersetzenden Atome bestimmen.

Von den drei Dibrombenzolen ist das eine flüssig und siedet bei 219,5°; das zweite bildet Krystalle, welche schon bei 1° schmelzen und bei 224° sieden, während das dritte erst bei 89° schmilzt und bei 218,5° siedet. Ersetzt man in diesen noch einmal Wasserstoff durch Brom, so erhält man drei Tribrombenzole, C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>Br<sub>3</sub>, und zwar entstehen alle drei aus dem ersten; das zweite dagegen bildet nur zwei und das letzte nur eins derselben. Hieraus folgt, dass die Bromatome im ersten die Stellung 1,3, im zweiten 1,2, in dem letzten 1,4 einnehmen, wie die folgende Zusammenstellung zeigt: *(als wie die vorherigen!)*



In ähnlicher Weise ist nun auch die Constitution anderer Disubstitutionsproducte ermittelt worden; man unterscheidet dieselben als Para- (1,4), Meta- (1,3) und Ortho- (1,2) Verbindungen. Die im Vorhergehenden beschriebenen, sowie andere noch zu beschreibende gehören folgenden Reihen an:

	Para-	Meta-	Ortho-
Dioxybenzole	Hydrochinon	Resorcin	Pyrocatechin
Oxybenzoë- säuren	Paraoxybenzoë- säure	Metaoxybenzoë- säure	Salicylsäure
Phtalsäuren	Terephtalsäure	Isophtalsäure	Phtalsäure.

Phtalsäuren, C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(CO<sub>2</sub>H)<sub>2</sub>. Diese zweibasischen Säuren entstehen bei der Oxydation der entsprechenden drei Xylole sowie aller anderen aromatischen Verbindungen, welche an der Stelle von zwei Atomen Wasserstoff des Benzols kohlenstoffhaltige Radicale enthalten. Diese Reactionen werden deshalb häufig benutzt, um die Constitution solcher Verbindungen festzustellen.



422 Verbindungen mit 9 Atomen Kohlenstoff.

- 8.) Die gewöhnliche Phtalsäure, welche im Grossen durch Oxydation von Naphtalin dargestellt wird, krystallisirt aus kochendem Wasser in grossen Prismen. Sie schmilzt bei  $185^{\circ}$  und zerfällt bei der Destillation in Wasser und das Anhydrid  $C_8H_4O_3$ .
- 9.) Terephtalsäure ist ein weisses, in Wasser fast unlösliches Pulver, das beim Erhitzen, ohne zu schmelzen, sublimirt.
- 10.) Isophtalsäure krystallisirt aus heissem Wasser in dünnen, langen Nadeln, welche über  $300^{\circ}$  schmelzen und ohne Zersetzung sublimiren.
- 11.) Aethylbenzol,  $C_6H_5 \cdot C_2H_5$ , ist eine bei  $134^{\circ}$  siedende, dem Benzol ähnliche Flüssigkeit, die durch Einwirkung von Natrium auf ein Gemisch von Brombenzol und Aethylbromid erhalten wird; wirkt man mit reinem Brom darauf ein, so bildet sich Styrolylbromid,  $C_6H_5 \cdot C_2H_4Br$ , aus dem durch doppelte Zersetzung leicht andere Styrolylverbindungen erhalten werden können.
- 12.) Weingeistige Kalilauge verwandelt das Bromid in Aethenylbenzol oder Styrolen,  $C_6H_5 \cdot C_2H_3$ , welches auch im flüssigen Storax enthalten ist. Es ist eine aromatisch riechende Flüssigkeit, die ähnlich wie die Kohlenwasserstoffe der Aethylenreihe sich mit den Elementen der Chlorgruppe verbindet. Erhitzt man Styrolendibromid mit weingeistiger Kalilauge, so bildet sich Acetenylbenzol oder Phenylacetylen,  $C_6H_5 \cdot C_2H$ , eine bei  $140^{\circ}$  siedende Flüssigkeit, die dem Acetylen analog Metallverbindungen, wie  $C_6H_5 \cdot C_2Na$ , u. s. w. bildet.

XIX.

Verbindungen mit 9 Atomen Kohlenstoff.

- 1.) Trimethylbenzole,  $C_6H_3(CH_3)_3$ . Im Steinkohlentheer sind zwei isomere Kohlenwasserstoffe von dieser Constitution enthalten. Das eine, Mesitylen genannt, wird leicht rein erhalten, wenn man Aceton,  $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3$ , mit Schwefelsäure erhitzt, wobei Wasser gebildet wird, und die drei Reste  $CH_3 \cdot C \cdot CH$  sich vereinigen, gerade wie drei Moleküle Acetylen sich zu Benzol condensiren. Hieraus folgt, dass die drei Methylgruppen im Mesitylen die symmetrische Stellung 1.3.5 haben. Das Mesitylen riecht eigenthümlich

aromatisch und siedet bei 163°. Mit verdünnter Salpetersäure gekocht geht es in Mesitylensäure über,  $C_6H_3(CO_2H)(CH_3)_2$ . Der zweite Kohlenwasserstoff, das Pseudocumol, entsteht auch durch Einwirkung von Natrium auf ein Gemisch von Brommethyltoluol und Methyljodid; es siedet bei 166°. Bei der Oxydation liefert es zwei isomere Xylylsäuren,  $C_6H_3(CO_2H)(CH_3)_2$ , von denen die eine, mit Kalk destillirt, Isoxylyl und die andere Orthoxylyl liefert.

Cumol oder Isopropylbenzol,  $C_6H_5 \cdot C_3H_7$ , ist eine bei 151° siedende Flüssigkeit, welche im römischen Kümmelöl enthalten ist.

Anethol,  $C_6H_4 \begin{cases} OCH_3 \\ C_3H_5 \end{cases}$ , ist der Hauptbestandtheil des Anisöls, Fenchelöls und ähnlicher Oele. Es bildet weisse glänzende Schuppen, schmilzt bei 20° und siedet bei 225°; durch Oxydation geht es in Methylparaoxybenzaldehyd oder Anisaldehyd,  $C_6H_4 \begin{cases} OCH_3 \\ COH \end{cases}$ , und in Anissäure,  $C_6H_4 \begin{cases} OCH_3 \\ CO \cdot OH \end{cases}$  über. Erhitzt man letztere mit Aetzkali, so bildet sich Methylalkohol und Paraoxybenzoësäure.

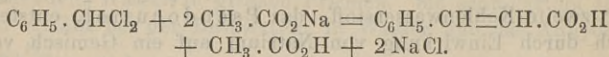
Eugenol,  $C_6H_3 \begin{cases} OH \\ OCH_3 \\ C_3H_5 \end{cases}$ , ist neben dem Kohlenwasserstoffe, im Nelkenöl enthalten; es ist eine bei 253° siedende Flüssigkeit, die aromatisch riecht, brennend scharf schmeckt und sich wie das Phenol in Alkalien auflöst.

Cinnamylalkohol oder Phenylallylalkohol,  $C_6H_5 \cdot C_3H_4 \cdot OH$ , findet sich als Zimmtsäureäther im flüssigen Storax und wird daraus durch Erhitzen mit Kalilauge erhalten. Er bildet farblose glänzende Nadeln, schmilzt bei 33°, siedet bei 250° und riecht nach Hyacinthen; durch Oxydation geht er in Zimmtaldehyd über. Der Storax enthält ausserdem noch den Zimmtsäureäther des Phenylpropylalkohols. Der letztere ist eine bei 235° siedende Flüssigkeit.

Cinnamaldehyd,  $C_6H_5 \cdot C_2H_2 \cdot COH$ , bildet den Hauptbestandtheil des Zimmt- und Cassiaöles; es ist ein farbloses, stark nach Zimmt riechendes Oel, welches an der Luft sich zu Zimmtsäure oxydirt.

Zimmtsäure oder Phenylacrylsäure,  $C_6H_5 \cdot C_2H_2 \cdot CO_2H$ , findet sich im Storax, im Peru- und Tolubalsam und in gewissen

Sorten von Benzoë. Synthetisch erhält man diese Säure, wenn man Benzylchlorid mit Natriumacetat erhitzt:



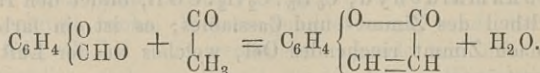
Die Zimmtsäure ist der Benzoësäure sehr ähnlich und schmilzt bei 133°; oxydirende Körper führen sie in Bittermandelöl oder Benzoësäure über und freiwerdender Wasserstoff verwandelt sie in Phenylpropionsäure,  $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{C}_2\text{H}_4 \cdot \text{CO}_2\text{H}$ , welche aus Wasser in langen, feinen Nadeln krystallisirt.

8. Cinnamein oder Benzylcinnamat,  $\left. \begin{array}{l} \text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{C}_3\text{H}_2\text{O} \\ \text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{C}_2\text{H}_2 \end{array} \right\} \text{O}$ , findet sich im Peru- und Tolubalsam und krystallisirt in kleinen Prismen, die sehr angenehm riechen.

9. Styracin oder Cinnamylcinnamat,  $\left. \begin{array}{l} \text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{C}_3\text{H}_2\text{O} \\ \text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{C}_3\text{H}_4 \end{array} \right\} \text{O}$ , ist ein Bestandtheil des Storax und bildet farblose Nadeln.

10. Melilotsäure,  $\text{C}_6\text{H}_4 \left\{ \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{C}_2\text{H}_4 \cdot \text{CO}_2\text{H} \end{array} \right.$  kommt im Steinklee vor und steht in derselben Beziehung zur Phenylpropionsäure, wie Salicylsäure zur Benzoësäure (Phenylameisensäure). Neben dieser Säure enthält der Steinklee die wasserstoffärmere Cumarsäure oder Oxyzimmtsäure,  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{C}_2\text{H}_2 \cdot \text{CO}_2\text{H}$ , die durch Natriumamalgam und Wasser in Melilotsäure übergeführt wird.

11. Cumarin,  $\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_2$ , ist ein Bestandtheil des Waldmeisters, der Tonkabohnen, des Ruchgrases, Steinklees und anderer Pflanzen. Es krystallisirt aus heissem Wasser in grossen, glänzenden Prismen und hat einen sehr angenehmen, aromatischen Geruch. Mit concentrirter Kalilauge erhitzt geht es unter Wasseraufnahme in Cumarsäure über und ist folglich das Anhydrid dieser Säure. Synthetisch ist es erhalten worden durch Erhitzen der Natriumverbindung des Salicylaldehyds mit Essigsäureanhydrid, wobei Natriumacetat entsteht, während die andere Acetylgruppe sich mit dem Aldehydreste unter Austritt von Wasser zu Cumarin verbindet:



12. Tyrosin,  $\text{C}_6\text{H}_4 \left\{ \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{C}_2\text{H}_3(\text{NH}_2)\text{CO}_2\text{H} \end{array} \right.$  ist ein Zersetzungsproduct der Eiweisskörper, Federn, Haare, Horn u. s. w. und

auch in altem Käse und der Cochenille enthalten; es krystallisirt aus kochendem Wasser in feinen Nadeln. Beim vorsichtigen Erhitzen verwandelt es sich unter Austritt von Kohlendioxid in Oxyphenyläthylamin,  $C_6H_4 \begin{cases} OH \\ C_2H_4.NH_2 \end{cases}$ , eine + starke Base, die zugleich ein Phenol ist.

### XX.

#### Verbindungen mit 10 bis 12 Atomen Kohlenstoff.

Tetramethylbenzol oder Durol,  $C_6H_2(CH_3)_4$ , ist nicht <sup>1/</sup> im Steinkohlentheer enthalten; man erhält es durch Einwirkung von Natrium auf ein Gemenge von Brompseudocumol und Methyljodid. Das Durol krystallisirt aus Alkohol in compacten, monoklinischen Krystallen; es schmilzt bei  $80^{\circ}$  und siedet bei  $190^{\circ}$ . Aus Bromesitylen und Methyljodid hat man ein flüssiges Tetramethylbenzol erhalten.

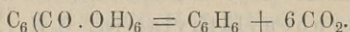
Methylpropylbenzol oder Cymol,  $C_6H_4 \begin{cases} CH_3 \\ C_3H_7 \end{cases}$ , findet <sup>2/</sup> sich im römischen Kümmelöl, im Thymianöl und in anderen ähnlichen Oelen zusammen mit dem entsprechenden Phenol (Thymol) und Aldehyd (Cuminol). Das Cymol riecht aromatisch, siedet bei  $175^{\circ}$  und wird von Chromsäure zu Terephtalsäure oxydirt. Es ist isomer mit Aethylisoxylol und Diäthylbenzol, welche synthetisch dargestellt worden sind.

Thymol,  $C_6H_3(OH) \begin{cases} CH_3 \\ C_3H_7 \end{cases}$ , bildet tafelförmige Krystalle, <sup>3/</sup> welche bei  $44^{\circ}$  schmelzen; es siedet bei  $230^{\circ}$  und riecht angenehm nach Thymian.

Carvacrol oder Cymophenol ist isomer mit Thymol <sup>4/</sup> und entsteht, wenn man Cymolsulfonsäure mit Kali schmilzt; es bildet sich auch beim Erhitzen von Campher mit Jod, so wie durch Einwirkung von Phosphorsäure auf das isomere Carvol (S. 442) und findet sich im Oel von *Saturya horbensis* und von *Origanum hirtum et creticum*. Es ist eine dicke, eigenthümlich riechende Flüssigkeit, welche bei  $237^{\circ}$  siedet.

Mellithsäure oder Honigsteinsäure,  $C_6(CO.OH)_6$ . <sup>5/</sup> Das Aluminiumsalz dieser Säure,  $C_6(CO.O)_6Al_2 + 18H_2O$ , findet sich als Honigstein in grossen, gelben Quadratoctoë-

den in einigen Braunkohlenlagern. Die Mellithsäure krystallisirt in weissen Nadeln und schmeckt stark sauer, mit Kalk destillirt zerfällt sie in Benzol und Kohlendioxid:

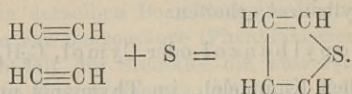


Mellithsäure bildet sich auch neben Oxalsäure und anderen Körpern, wenn man reine Holzkohle mit einer alkalischen Lösung von Kaliumpermanganat oxydirt.

### Thiophenverbindungen.

Dieselben werden hier erwähnt, weil sie mit den vorhergehenden eine auffallende Aehnlichkeit haben.

6/ Thiophen,  $C_4H_4S$ , findet sich in kleiner Menge im rohen Benzol und wird künstlich erhalten, wenn man Acetylen durch siedenden Schwefel leitet:



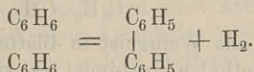
Es ist eine dem Benzol ähnlich riechende Flüssigkeit, welche bei  $84^{\circ}$  siedet und wie dasselbe Substitutionsproducte liefert. In Schwefelsäure löst es sich unter Bildung von  
 a. Thiophensulfonsäure,  $C_4H_3S(SO_3H)$ , deren Kaliumsalz mit Kaliumcyanid erhitzt, das dem Benzonitril höchst ähnliche  
 b. Thiophenitril,  $C_4H_3SCN$ , liefert, welches durch Alkalien  
 c. in Thiophensäure,  $C_4H_3S.CO_2H$ , übergeführt wird, welche wie Benzoësäure riecht und in glänzenden Blättern oder Nadeln krystallisirt, die bei  $118^{\circ}$  schmelzen.

7/ Thiotolen oder Methylthiophen,  $C_4H_3SCH_3$ , ist ebenfalls im Steinkohlentheer enthalten und siedet bei  $113^{\circ}$ . Man erhält es synthetisch durch Einwirkung von Natrium auf ein Gemisch von Jodthiophen und Methyljodid. In ähnlicher Weise hat man die höheren Homologen gewonnen, welche alle die grösste Aehnlichkeit mit den entsprechenden Benzolkohlenwasserstoffen haben.

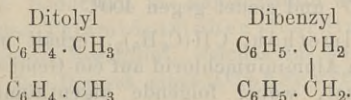
## XXI.

Verbindungen, welche den Benzolkern  
zwei- oder dreimal enthalten.

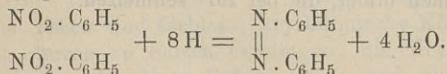
Diphenyl,  $C_{12}H_{10}$ , entsteht, wenn man Benzoldampf durch eine glühende Röhre leitet:



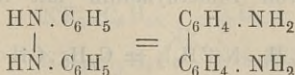
Es krystallisirt in farblosen, eigenthümlich riechenden Blättern, schmilzt bei  $79,5^{\circ}$ , siedet bei  $240^{\circ}$  und bildet sich auch durch Einwirkung von Natrium auf Brombenzol. Parabromtoluol liefert bei derselben Reaction Ditolyl,  $C_{14}H_{14}$ ,<sup>a</sup> das bei  $121^{\circ}$  schmilzt und isomer ist mit Dibenzyl oder Diphenyläthan, welches durch Behandlung von Benzylchlorid mit Natrium entsteht und bei  $52^{\circ}$  schmilzt. Die Isomerie dieser zwei Körper ergibt sich aus folgenden Formeln:



Benzidin oder Diamidodiphenyl,  $C_{12}H_8(NH_2)_2$ , Salpetersäure verwandelt Diphenyl in Dinitrodiphenyl,  $C_{12}H_8(NO_2)_2$ , welches durch Reduction in die Diamidoverbindung übergeht. Dieselbe lässt sich auch leicht aus Nitrobenzol erhalten, welches durch Reduction in alkalischer Lösung mit Zinkstaub in Azo-benzol übergeht:



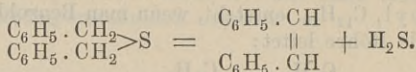
Dasselbe krystallisirt in orangeröthen Blättern, und geht durch weitere Reduction in das farblose Hydrazobenzol über, welches von Mineralsäuren in das isomere Benzidin verwandelt wird:



Dasselbe krystallisirt in grossen glänzenden Blättchen und wird im Grossen gewonnen, wie auch das homologe Diamido-

editolyl oder Tolidin,  $C_{12}H_6(CH_3)_2(NH_2)_2$ , das man aus Nitrotoluol darstellt. Man benutzt sie zur Darstellung von Azofarbstoffen, wie Congoroth, das später bei Naphtalin beschrieben wird.

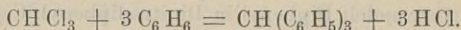
3) Stilben oder Diphenyläthylen,  $C_{14}H_{12}$ , entsteht leicht durch trockene Destillation von Benzylsulfid:



Es krystallisirt aus Weingeist in Blättern, welche bei  $120^{\circ}$  schmelzen. Wie Aethylen verbindet es sich direct mit den Elementen der Chlorgruppe; das Dibromid,  $C_{14}H_{12}Br_2$ , welches bei  $237^{\circ}$  schmilzt geht durch Erhitzen mit weingeistiger Kalilauge in Tolan oder Diphenylacetylen,  $C_6H_5 \cdot C \equiv C \cdot C_6H_5$ , über, das lange Prismen bildet, welche bei  $60^{\circ}$  schmelzen.

4) Diphenylbenzol,  $C_6H_4(C_6H_5)_2$ , entsteht neben Diphenyl, wenn Benzol durch Hitze zersetzt wird, und bildet sich auch, wenn man Natrium auf ein Gemisch von Monobrombenzol und Paradibrombenzol einwirken lässt. Es bildet farblose Krystalle, schmilzt bei  $205^{\circ}$  und siedet gegen  $400^{\circ}$ .

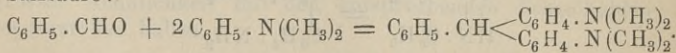
5) Triphenylmethan,  $CH(C_6H_5)_3$ , erhält man durch die Einwirkung von Aluminiumchlorid auf ein Gemisch von Chloroform und Benzol, wobei folgende eigenthümliche Reaction eintritt:



Es krystallisirt aus heissem Weingeist in glänzenden Blättchen, welche bei  $92^{\circ}$  schmelzen. Durch Oxydation geht es in Triphenylcarbinol,  $(C_6H_5)_3COH$ , über, das harte, sechsseitige Prismen bildet, die bei  $157^{\circ}$  schmelzen.

### 1. Triphenylmethanfarbstoffe.

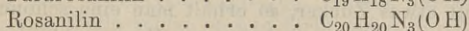
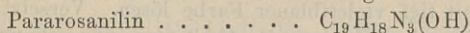
7) Malachitgrün oder Bittermandelölgrün gewinnt man durch Erhitzen von Dimethylanilin mit Benzaldehyd und Salzsäure:



Man erhält so Tetramethyldiamidotriphenylmethan, welches man in verdünnter Salzsäure löst und Bleidioxid zusetzt,

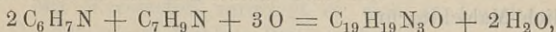
wodurch es zu dem entsprechenden Carbinol oxydirt wird, der sich mit Säuren unter Abspaltung von Wasser zu Malachitgrün verbindet. Im Handel findet sich das Zinkdoppelsalz oder das Sulfat,  $C_{23}H_{26}N_2SO_4$ , das in grünen Prismen krystallisirt. Man benutzt diese Salze zum Grünfärben von Wolle, Seide und Baumwolle (s. unten).

Anilinroth oder Fuchsin wurde früher durch Erhitzen von Arsensäure mit einem Gemisch von Anilin und den zwei Toluidinen dargestellt und wird auch noch jetzt so gewonnen. Dem Product haftet aber hartnäkig Arsen an, und man hat sich daher bemüht, eine andere Methode für seine Darstellung zu finden, was auch gelungen ist. Die drei Basen werden zusammen mit den entsprechenden Nitroverbindungen, Eisen und Salzsäure erhitzt. Das käufliche Product ist ein Gemisch der chlorwasserstoffsäuren Salze zweier homologen Basen:

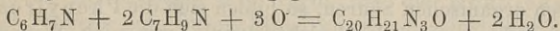


Die erstere ist auch aus Triphenylcarbinol erhalten worden; Salpetersäure führt es in die Trinitroverbindung über, welche durch Reduction in Pararosanilin verwandelt wird, dasselbe ist also Triamidotriphenylcarbinol,  $HO.C(C_6H_4.NH_2)_3$ , während Rosanilin, welches im käuflichen Product vorherrscht, das Derivat eines Diphenyltolylmethans,  $CH(C_6H_5)_2C_6H_4.CH_3$ , ist.

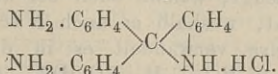
Pararosanilin bildet sich auch durch Oxydation eines Gemisches von Anilin und festem Toluidin:



das flüssige Pseudotoluidin dagegen liefert Rosanilin:



Die freien Basen sind farblose, krystallinische Körper, welche sich mit Säuren zu Salzen vereinigen, die Krystalle bilden, welche einen goldgrünen Reflex zeigen und sich in Wasser oder Weingeist mit prachtvoll rother Farbe lösen. Bei der Bildung der Salze tritt ein Molecül Wasser aus und das salzsaure Pararosanilin hat daher folgende Constitution:



Erhitzt man es mit Natronlauge, so wird es farblos, indem sich wieder die freie Base bildet.

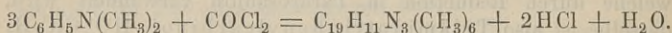


f. Reducirende Körper führen die Rosaniline in farblose Leucaniline über, deren Salze ebenfalls nicht gefärbt sind. Paraleucanilin,  $\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_4.\text{NH}_2)_3$ , entsteht auch, wenn man Triphenylmethan mit Salpetersäure behandelt und das Product der Reduction unterwirft; es ist demnach Triamidotriphenylmethan.

g. Durch Erhitzen von Rosanilin mit Methylalkohol und Methylchlorid wird der Wasserstoff der Amidogruppen durch Methyl ersetzt und man erhält Hofmann's Violette, welche um so tiefer blau sind, je mehr Wasserstoff ersetzt ist.

3.) Die Pariser Violette werden durch Oxydation von Methylanilin und Dimethylanilin erhalten. Sie sind Derivate des Pararosanilins. Reines Dimethylanilin liefert Pentamethylpararosanilin, dessen Hydrochlorat,  $\text{C}_{19}\text{H}_{12}(\text{CH}_3)_5\text{N}_3.\text{ClH}$ , kupferrothglänzende Krystalle bildet, welche sich in Wasser mit tief violettblauer Farbe lösen. Versetzt man die Lösung mit etwas Zucker, so erhält man eine schöne Tinte.

4.) Das sehr ähnliche, salzsaure Hexmethylpararosanilin gewinnt man durch Einwirkung von Carbonylchlorid auf Dimethylanilin:



5.) Anilingrün oder Methylgrün,  $\text{C}_{19}\text{H}_{11}(\text{CH}_3)_7\text{N}_3\text{Cl}_2$ , erhält man durch Erhitzen der letzteren Verbindung mit Methylchlorid und Holzgeist. Es bildet kupferglänzende Prismen und färbt blaugrün; das schwerlösliche Picrat erzeugt ein schönes, reines Grün auf Seide. Statt dessen benutzt man jetzt gewöhnlich Malachitgrün.

6.) — Erhitzt man Rosanilin mit Anilin und Benzoësäure oder anderen organischen Säuren, so bilden sich die Phenylrosaniline, indem unter Entweichen von Ammoniak Wasserstoff durch Phenyl ersetzt wird, wodurch violette bis blaue Farbstoffe erzeugt werden. Das Hydrochlorat des Triphenylrosanilins,  $\text{C}_{20}\text{H}_{16}(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{N}_3.\text{HCl}$ , ist ein bräunliches Krystallpulver, welches wenig in Wasser, leichter in Weingeist mit rein blauer Farbe löslich ist und auf Seide oder Wolle eine blaue Färbung erzeugt, welche auch bei künstlichem Lichte rein blau erscheint, weshalb es auch Nachtblau genannt wird. Schwefelsäure verwandelt es in die leicht lösliche Sulfonsäure,  $\text{C}_{20}\text{H}_{16}(\text{C}_6\text{H}_5)_2(\text{C}_6\text{H}_4.\text{SO}_3\text{H})\text{N}_3$ , deren Natriumsalz im Handel als lösliches Anilinblau oder Alkaliblau vorkommt.

Auch die anderen Rosanilinfarben bilden Sulfonsäuren, welche ebenfalls zum Färben benutzt werden.

Die Rosanilinfarben färben Seide und Wolle direct, wenn man diese in eine Lösung des Farbstoffs eintaucht. Um sie auf Baumwolle zu fixiren, muss dieselbe erst gebeizt werden. Man bringt sie zuerst in eine Lösung von Gerbsäure und dann in eine von Brechweinstein, wodurch Antimontannat in der Faser niedergeschlagen wird, welches sich mit den Farbstoffen zu unlöslichen Verbindungen vereinigt.

## 2. Phenolfarbstoffe.

Dieselben entstehen durch Erhitzen verschiedener Phenole mit zweibasischen Säuren.

Aurin oder Corallin,  $C_{19}H_{14}O_3$ . Dieser Farbstoff, welcher Seide und Wolle schön orange färbt, wird durch Erhitzen von Oxalsäure mit Schwefelsäure und Phenol erhalten. Das Handelsproduct ist eine rothe Masse mit grünem Metallglanz; der reine Farbstoff bildet rothe, lebhaft glänzende Krystalle mit blauem Flächenschimmer. In Wasser ist es schwer löslich, leicht aber in Essigsäure und Weingeist, welche es mit gelbrother Farbe und in Alkalien, die es mit fuchsinrother Farbe lösen. Erhitzt man es mit Ammoniak unter Druck, so geht es in Pararosanilin über, und verwandelt man letzteres in eine Diazoverbindung und erhitzt mit Wasser, so entsteht wieder Aurin. Mit Wasserstoff vereinigt es sich zu Leukaurin,  $C_{19}H_{16}O_3$ , das grosse farblose Prismen bildet.

Grosse Aehnlichkeit mit Aurin hat die Rosolsäure,  $C_{20}H_{16}O_3$ , welche man durch Einwirkung von salpetriger Säure auf Rosanilin und Kochen des Productes mit Wasser erhält.

Fluoresceïn,  $C_{20}H_{12}O_5$ , entsteht beim Erhitzen von Phtalsäureanhydrid mit Resorcin; es bildet braune Krystalle, die sich in Alkalien in braunrother Farbe lösen; selbst die äusserst verdünnte Lösung zeigt eine prachtvolle, grüne Fluorescenz. Mit frei werdendem Wasserstoff verbindet es sich zu farblosen Fluoresceïn,  $C_{20}H_{14}O_5$ . Durch Einwirkung von Brom erhält man Tetrabromfluoresceïn,  $C_{20}H_8Br_4O_5$ , dessen Kaliumverbindung ein schön rother Farbstoff ist und im Handel als Eosin vorkommt; seine Lösung fluorescirt bräunlich grün. Die entsprechende Jodverbindung hat ähnliche Eigenschaften.

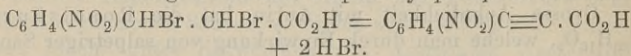
c. Einige in der Natur vorkommende Farbstoffe gehören ihrem Verhalten nach ebenfalls zu dieser Classe.

3) Brasilin,  $C_{16}H_{14}O_5$ , ist ein farbloser Körper, welcher schön krystallisirt, einen süßen Geschmack hat und im Brasilienholz und anderen rothen Farbhölzern vorkommt; durch Oxydation, namentlich in Gegenwart von Alkalien, geht er leicht in Brasileïn,  $C_{16}H_{12}O_5$ , über, dessen alkalische Lösung schön roth gefärbt ist. Beim Erhitzen zersetzt es sich, wobei sich eine reichliche Menge von Resorcin bildet.

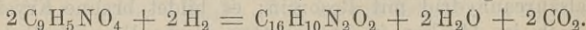
4) Hämatoxylin,  $C_{16}H_{14}O_6$ , kommt im Blauholz vor und ist dem Brasilin sehr ähnlich; durch Oxydation geht es in Hämateïn,  $C_{16}H_{12}O_6$ , über, das sich in Alkalien mit blauvioletter Farbe löst; schmilzt man es mit Aetzkali, so entsteht Pyrogallol.

### 3. Indigogruppe.

7) Indigotin oder Indigoblau,  $C_{16}H_{10}N_2O_2$ , ist der Hauptbestandtheil des Indigos, der aus verschiedenen Pflanzen, namentlich Indigoferaarten, gewonnen wird. Dieselben werden mit Wasser übergossen einige Zeit stehen gelassen, wobei Gährung eintritt und eine gelbe Lösung entsteht, aus der sich bei Luftzutritt Indigo niederschlägt. Indigoblau erhält man auch synthetisch aus Zimmtsäure (s. S. 424), indem man sie in Orthonitrozimmtsäure verwandelt und diese mit Brom verbindet. Durch Einwirkung von Aetznatron erhält man aus dieser Verbindung Orthonitrophenylpropionsäure:

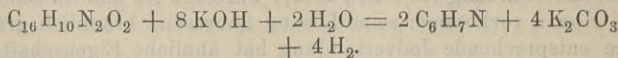


Behandelt man deren alkalische Lösung mit Traubenzucker oder anderen Reductionsmitteln, so entsteht Indigotin:



Man benutzt diese Reaction im Kattendruck.

6) Das Indigotin verflüchtigt sich beim Erhitzen als purpurrother Dampf, der sich zu purpurfarbenen Prismen verdichtet; auch aus kochendem Anilin kann es in Krystallen erhalten werden. Wird es mit Aetzkali destillirt, so entsteht Anilin:

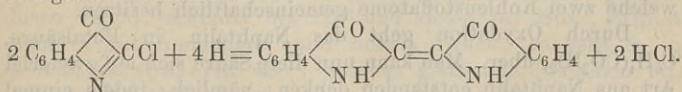


Löst man Indigo in concentrirter Schwefelsäure, so erhält man eine blaue Lösung, aus der sich beim Verdünnen mit Wasser Flocken abscheiden, welche aus Indigotinmonosulfonsäure oder Indigopurpursäure,  $C_{16}H_9N_2O_2SO_3H$ , bestehen. Dieselbe ist in reinem Wasser, aber nicht in verdünnten Säuren löslich und bildet purpurrothe Salze.

Die Flüssigkeit, aus der diese Säure gefällt worden ist, enthält Indigodisulfonsäure oder Indigodischwefelsäure  $C_{16}H_8N_2O_2(SO_3H)_2$ , welche blaue Salze bildet. Der sogenannte Indigocarmin ist das Natriumsalz derselben. Die Indigosulfonsäuren finden in der Wollfärberei Verwendung, sind aber jetzt ziemlich durch die violetten und blauen Rosanilinfarben verdrängt.

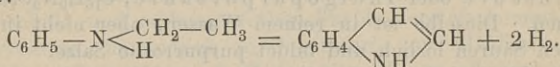
Indigoweiss oder Hydroindigotin,  $C_{16}H_{12}N_2O_2$ . In Gegenwart von reducirenden Körpern nimmt Indigoblau Wasserstoff auf und verwandelt sich in Indigoweiss, das in Alkalien sich mit gelblicher Farbe löst. Man benutzt diese Eigenschaft in der Färberei zur Bereitung der Indigoküpe. In einem verschlossenen Gefässe mischt man 1 Theil Indigo, 2 Theile Eisenvitriol, 3 Theile gelöschten Kalk und 200 Theile Wasser und lässt einige Zeit stehen. Die zu färbende Baumwolle wird dann in diese Lösung eingetaucht und hierauf an die Luft gehängt, wodurch sie sich echt blau färbt, indem das Indigoweiss zu Indigoblau oxydirt wird, welches sich in den Gewebefasern niederschlägt. Um Wolle zu färben, benutzt man eine andere Küpe; statt Kalk wendet man Potasche oder Soda an und als Reductionsmittel benutzt man Kleie, Melasse oder andere Körper, welche leicht Buttergährung erzeugen, bei der Wasserstoff frei wird, welcher Indigoweiss bildet.

Isatin,  $C_8H_5NO_2$ , bildet sich beim Erhitzen von Indigo mit Salpetersäure; es krystallisirt aus Wasser in glänzenden gelbrothen Prismen und wird durch salpetrige Säure in Nitrosalicylsäure verwandelt. Phosphorchlorid dagegen führt es in Isatinchlorid über, welches von Ammoniumsulfid wieder zu Indigoblau reducirt wird:



Isatin selbst geht durch Reduction in Oxindol,  $C_8H_7NO$ , über, welches beim Erhitzen mit Zinkstaub zu Indol,  $C_8H_7N$ , reducirt wird, ein krystallinischer Körper, der eigenthümlich

unangenehm riecht und eine schwache Base ist. Indol entsteht auch, wenn man Nitrozimmtsäure mit Aetzkali und Eisenfeile erhitzt, oder Aethylanilin durch eine rothglühende Röhre leitet:

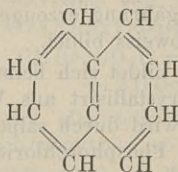


Indol ist auch ein Product der pankreatischen Verdauung und daher im Darmsafte und in den Excrementen enthalten. Setzt man Indol der Einwirkung von ozonhaltigem Sauerstoff aus, so entsteht wieder Indigoblau.

#### 4. Naphtalingrouppe.

Naphtalin,  $\text{C}_{10}\text{H}_8$ , ist ein Hauptbestandtheil des Steinkohlentheers und bildet sich bei der trockenen Destillation vieler Kohlenstoffverbindungen namentlich dann, wenn die Destillationsproducte zum Glühen erhitzt werden; selbst Alkohol und Essigsäure liefern etwas Naphtalin, wenn man ihre Dämpfe durch glühende Röhren leitet. Naphtalin krystallisirt in grossen glänzenden Blättern; es schmilzt bei  $80^\circ$  und siedet bei  $217^\circ$ , sublimirt aber schon bei niedriger Temperatur; es riecht eigenthümlich und hat einen brennenden Geschmack.

In seinem chemischen Verhalten zeigt das Naphtalin die grösste Aehnlichkeit mit Benzol und seine Constitution lässt sich wie folgt graphisch darstellen:



Das Naphtalin besteht hiernach aus zwei Benzolkernen, welche zwei Kohlenstoffatome gemeinschaftlich besitzen.

Durch Oxydation geht das Naphtalin in Phtalsäure,  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CO}_2\text{H})_2$ , über. Man kann nun diese Säure sich auf zweierlei Art aus Naphtalin entstanden denken; nämlich, indem einmal der eine und dann der andere Benzolkern oxydirt wird. Einen solchen Versuch kann man natürlich mit Naphtalin selbst nicht anstellen, weil man kein Mittel hat, die zwei Benzolkerne von

einander zu unterscheiden; man muss daher zuerst in der einen Gruppe Wasserstoff substituiren und dann durch geeignete Versuche ermitteln, welcher Kern zerstört wird. Durch Einwirkung von Kaliumchlorat und Salzsäure auf Binitronaphtol,  $C_{20}H_5(NO_2)_2OH$ , bildet sich Dichlornaphtochinon,  $C_{10}H_4Cl_2O_2$ ,<sup>b</sup> welches durch Oxydation ebenfalls Phtalsäure liefert, woraus hervorgeht, dass Chlor und Sauerstoff mit den vier Kohlenstoffatomen verbunden sind, welche oxydirt werden und dem Chinon daher die Formel  $C_6H_4 \cdot C_4Cl_2O_2$  zukommt. Wirkt man darauf mit Phosphorpentachlorid ein, so wird der Sauerstoff sowohl als ein Atom Wasserstoff durch Chlor ersetzt und es entsteht Pentachlornaphtalin,  $C_6H_3Cl \cdot C_4Cl_4$ , welches bei der Oxydation nicht Monochlorphtalsäure, sondern Tetrachlorphtalsäure,  $C_6Cl_4(CO_2H)_2$ , giebt, und folglich ist in diesem Falle der andere Benzolkern zerstört worden.

$\alpha$ -Nitronaphtalin,  $C_{10}H_7 \cdot NO_2$ , bildet sich beim Erwärmen von Naphtalin mit concentrirter Salpetersäure; es krystallisirt aus Weingeist in hellgelben Säulen, die bei  $43^{\circ}$  schmelzen. <sup>2)</sup>

$\alpha$ -Amidonaphtalin oder Naphtylamin,  $C_{10}H_7 \cdot NH_2$ ,<sup>3)</sup> bildet sich aus Nitronaphtalin durch dieselben Reactionen wie Anilin aus Nitrobenzol. Es krystallisirt in farblosen Nadeln, siedet bei  $300^{\circ}$  und riecht eigenthümlich unangenehm. Salpetrige Säure führt es in Amidoazonaphtalin,  $C_{10}H_7 \cdot N_2 \cdot C_{10}H_6NH_2$ ,<sup>a</sup> über, welches, mit Amidonaphtalin erhitzt, sich unter Abgabe von Ammoniak in die Base  $C_{30}H_{21}N_3$  verwandelt, deren Salze als rother Farbstoff unter dem Namen Naphtalinroth oder Magdalaroth im Handel vorkommen. <sup>b</sup>

Naphtol,  $C_{10}H_7 \cdot OH$ . Erhitzt man Naphtalin mit Schwefelsäure, so entstehen zwei isomere Naphtalinsulfonsäuren,  $C_{10}H_7 \cdot SO_3H$ , die, mit Kali geschmolzen, die entsprechenden Naphtole liefern.  $\alpha$ -Naphtol bildet seidenglänzende Nadeln,<sup>a</sup> welche phenolartig riechen, es schmilzt bei  $94^{\circ}$  und siedet bei  $580^{\circ}$ ;  $\beta$ -Naphtol krystallisirt in kleinen, rhombischen, geruchlosen Tafeln, schmilzt bei  $122^{\circ}$  und siedet bei  $290^{\circ}$ . Erhitzt man es mit Ammoniak unter hohem Druck, so geht es in  $\beta$ -Amidonaphtalin über, welches glänzende Blättchen bildet, die bei  $112^{\circ}$  schmelzen. <sup>4)</sup>

$\alpha$ -Dinitronaphtol,  $C_{10}H_5(NO_2)_2OH$ , wird im Grossen dargestellt, indem man eine verdünnte salzsaure Lösung von Amidonaphtalin mit Kaliumnitrit versetzt, wodurch Diazoamido- <sup>5)</sup>

naphthalin entsteht, dann Salpetersäure zusetzt und zum Sieden erhitzt. Man erhält es auch durch Einwirkung von Salpetersäure auf  $\alpha$ -Naphthol. Dinitronaphthol krystallisirt aus Weingeist in gelben Nadeln; es ist eine kräftige Säure; das Natrium- und Calciumsalz finden sich im Handel unter dem Namen  $\alpha$ -Naphthalin gelb.

Die Naphtole, Naphtylamine und deren Sulfonsäuren benutzt man zur Darstellung von rothen, rothblauen und braunen Azofarbstoffen, welche jetzt viel in der Färberei von Wolle und Seide verwendet werden und unter verschiedenen Namen, wie Echthroth, Rocellin, Coccinin, Ponceau, Bordeaux etc. im Handel vorkommen.

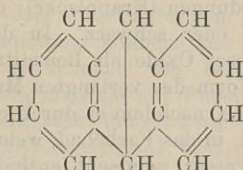
6) So erhält man Echthroth,  $C_{10}H_6(OH)N_2 \cdot C_{10}H_6 \cdot SO_3Na$ , indem man  $\alpha$ -Amidonaphthalinsulfonsäure in die Diazoverbindung verwandelt und diese mit einer alkalischen Lösung von  $\beta$ -Naphthol  $\alpha$  zusammenbringt, während Biebricher Scharlach erhalten wird, indem man Echthgelb (S. 413) diazotirt und dann ebenfalls  $\beta$ -Naphthol zusetzt; derselbe hat daher folgende Constitution  $C_{10}H_6(OH)N_2 \cdot C_6H_4 \cdot N_2 \cdot C_6H_4 \cdot SO_3Na$ . Wirkt man mit der Diazoverbindung des Benzidins auf  $\alpha$ -Amidonaphthalin- $\beta$ sulfonsäure ein, so bildet sich Congoroth,

$C_{10}H_5(NH_2)SO_3Na \cdot N_2 \cdot C_6H_4 \cdot C_6H_4 \cdot N_2 \cdot C_{10}H_5(NH_2)SO_3Na$ , das auf Baumwolle ein zartes Rosa bis zu feurigem Scharlach erzeugt.

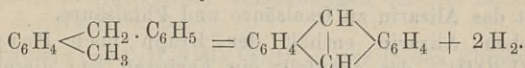
7) Naphtoësäure,  $C_{10}H_7 \cdot CO \cdot OH$ . Erhitzt man die Kaliumsalze der zwei isomeren Naphthalinsulfonsäuren mit Kaliumcyanid, so entstehen die entsprechenden Cyannaphthaline,  $\alpha C_{10}H_7 \cdot CN$ , welche, mit Kalilauge gekocht, die isomeren Naphtoësäuren liefern, die in weissen Nadeln krystallisiren und der Benzoësäure analog, mit Aetzbaryt erhitzt, in Naphthalin und Kohlendioxid zerfallen. Bringt man die Natriumverbindung des  $\alpha$ -Naphthols mit flüssigem Kohlendioxid zusammen und erhitzt dann, so entsteht  $\alpha$ -Oxynaphthoësäure,  $C_{10}H_6(OH)CO_2H$ , welche in Nadeln krystallisirt und statt Salicylsäure Verwendung findet, wie auch die  $\beta$ -Oxynaphthoësäure, die man aus  $\beta$ -Naphthol erhält (S. 418).

## 5. Anthracengruppe.

Anthracen,  $C_{14}H_{10}$ . Die Constitution dieses Kohlenwasserstoffs wird durch nachstehende Formel ausgedrückt: 1.)



Das Anthracen ist in dem am höchsten siedenden Theile des Steinkohlentheers enthalten. Künstlich erhält man es, wenn man in Toluol ein Wasserstoffatom durch Benzyl ersetzt und das so erhaltene Benzyltoluol über erhitztes Bleioxid leitet:



Das Anthracen krystallisirt in kleinen, weissen, seideglänzenden Schuppen; es schmilzt bei  $213^{\circ}$  und siedet über  $360^{\circ}$ . Gleich vielen anderen Kohlenwasserstoffen verbindet es sich mit Pikrinsäure zu der Verbindung  $C_6H_3(NO_2)_3O + C_{14}H_{10}$ , welche in schönen scharlachrothen Krystallen auftritt, und leicht entsteht, wenn man Anthracen und Pikrinsäure in heissem Benzol auflöst und erkalten lässt.

Chlor und Brom geben mit Anthracen verschiedene Substitutionsproducte und beim Erhitzen mit Schwefelsäure entstehen Sulfosäuren.

Anthrachinon oder Oxyanthracen,  $C_{14}H_8O_2$ , entsteht durch Oxydation von Anthracen mit Chromsäure oder Salpetersäure. Es bildet gelbe Nadeln und sublimirt beim Erhitzen. 2.)

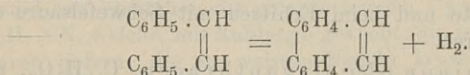
Alizarin,  $C_{14}H_6O_2(OH)_2$ . Das Alizarin findet sich in der Krappwurzel als Glykosid, welches Rubierythrinsäure genannt wird; durch Kochen mit Säuren oder Alkalien, oder durch Gährung wird dasselbe zersetzt und es bildet sich Alizarin. Künstlich erhält man es, indem man Anthrachinon mit rauchender Schwefelsäure erhitzt und das Product mit Aetznatron schmilzt. Man erhält so ein Gemisch verschiedener Körper, welches ausser Alizarin noch andere Hydroxylderivate des Anthrachinons enthält. Es ist dieses das erste Beispiel der synthetischen Darstellung eines im Pflanzenreiche vorkommenden Farbstoffes. 3.)



4.) Alizarin krystallisirt in langen, rothgelben Nadeln; es ist schwer in Wasser löslich; in Alkohol und Aether löst es sich mit gelber Farbe. Das Alizarin geht mit Metalloxiden Verbindungen ein; die der Alkalien sind in Wasser mit Purpurfarbe löslich. Mit Alaunerde und Zinnoxid bildet es unlösliche, schön roth gefärbte Verbindungen (Krapplacke); die Verbindung mit Eisenoxid ist violett oder schwarz. In der Kattundruckerei werden Lösungen dieser Oxide als Beizmittel gebraucht; man druckt dieselben in Form des verlangten Musters auf das Zeug auf und bringt dasselbe, nachdem es durch einige vorbereitende Prozesse gegangen ist, in das Farbebad, welches die gemahlene Krappwurzeln mit Wasser gemischt enthält, und kocht. Das Alizarin geht nach und nach in Lösung über und schlägt sich auf den gebeizten Stellen in Verbindung mit dem Oxide nieder. Auf mit Oel und Alaun gebeizter Baumwolle erzeugt Alizarin das Türkisch-Roth. Heisse verdünnte Salpetersäure oxydirt das Alizarin zu Oxalsäure und Phtalsäure.

5.) Neben Alizarin enthält der Krapp noch Purpurin,  $C_{14}H_5O_2(OH)_3$ , das ebenfalls ein Farbstoff ist; dieselbe Zusammensetzung hat das Anthrapurpurin, welches im künstlichen Rohalizarin enthalten ist und sich gegen Beizen dem Alizarin sehr ähnlich verhält, aber ein viel lebhafteres Roth erzeugt.

6.) Phenanthren,  $C_{14}H_{10}$ . Dieser dem Anthracen isomere Kohlenwasserstoff ist ebenfalls im Kohlentbeer enthalten und entsteht, wenn man Stilben (s. S. 428) durch eine rothglühende Röhre leitet:



Es krystallisirt in Blättchen, schmilzt bei  $100^{\circ}$  und siedet bei  $340^{\circ}$ .

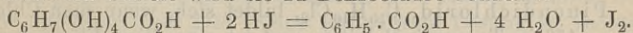
### XXII.

#### Additionsproducte der aromatischen Gruppe.

1.) Die Verbindungen der aromatischen Gruppe verhalten sich in ihren meisten Reactionen wie gesättigte Verbindungen; unter gewissen Umständen jedoch können sie, ähnlich wie die wasserstoffärmeren Verbindungen, Additionsproducte bilden. Bei der Bildung derselben bleibt die ringförmige Bindung der Kohlenstoffatome erhalten, dieselbe wird nur gelockert, indem die doppelte Bindung zum Theil oder ganz in die einfache übergeht.

So verbindet sich Benzol im Sonnenlichte mit 3 Molecülen Chlor zu Benzolhexachlorid,  $C_6H_6Cl_6$ , das, mit weingeistiger Kalilösung behandelt, in Salzsäure und Trichlorbenzol zerfällt, gerade wie unter diesen Umständen Aethylendichlorid in Monochloräthylen übergeht. Auch mit Wasserstoff gehen verschiedene aromatische Körper Verbindungen ein. Solche wasserstoffreichere Verbindungen können auf verschiedene Weise erhalten werden; so nehmen die Benzolkohlenwasserstoffe Wasserstoff auf, wenn man sie mit Phosphoniumjodid erhitzt, wobei Jodphosphor entsteht. Benzol wird dabei nicht verändert; aber Toluol giebt Dihydratoluol,  $C_6H_7 \cdot CH_3$ , Dimethylbenzol verwandelt sich in Tetrahydrodimethylbenzol,  $C_6H_8(CH_3)_2$ , und Mesitylen in Hexahydromesitylen,  $C_6H_9(CH_3)_3$ . Auch Naphtalin und Anthracen bilden ähnliche Verbindungen, und ebenso verbinden sich verschiedene aromatische Säuren mit frei werdendem Wasserstoff. Verbindungen der Art finden sich auch in der Natur, z. B.:

Chinasäure,  $C_6H_7(OH)_4CO_2H$ , welche in den Chinarinden, im Heidelbeerkraut, im Kaffee u. s. w. vorkommt. Sie krystallisirt aus Wasser in rhombischen Prismen; beim Erhitzen mit Braunstein und Schwefelsäure liefert sie Chinon und mit Jodwasserstoff erhitzt wird sie zu Benzoësäure reducirt:



Calciumchinat,  $(C_7H_{11}O_6)_2Ca + 10H_2O$ , ist in den Chinarinden enthalten und bildet grosse rhombische Krystalle.

## 1. Terpene und Campher.

Die Nadelhölzer sind reich an Harzen und flüchtigen Kohlenwasserstoffen; ein Gemisch derselben ist der aus diesen Bäumen ausfliessende Terpentin, welcher bei Destillation mit Wasser das Terpentinöl liefert, das der Hauptsache nach aus Pinen,  $C_{10}H_{16}$ , besteht und in zwei optisch isomeren Modificationen vorkommt. Andere ätherische Oele enthalten isomere Kohlenwasserstoffe, welche Terpene genannt werden und mit Cymol nahe verwandt sind (S. 425).

Das käufliche Terpentinöl enthält Oxydationsproducte und riecht eigenthümlich unangenehm; es löst leicht Harze auf und dient daher zur Bereitung von Lacken, Firnissen und zum Verdünnen von Oelfarben. Chlor wirkt so heftig auf es ein, dass Entzündung eintreten kann, bei vorsichtiger Einwirkung dagegen entstehen Additions- und Substitutionsproducte.

Brom verhält sich ähnlich, während auf Zusatz von Jod eine Verpuffung eintritt; fügt man es aber in kleinen Antheilen zu und erhitzt, so bildet sich Cymol. Es absorbirt leicht Sauerstoff und verharzt unter Bildung von Kohlendioxid, Ameisensäure, Essigsäure u. s. w. Von verdünnter Salpetersäure wird es zu Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Terebinsäure,  $C_7H_{10}O_4$ , Terephtalsäure u. s. w. oxydirt; von rauchender Salpetersäure wird es entzündet.

Neutralisirt man es mit Soda und destillirt unter vermindertem Druck, so erhält man reines Pinen, welches angenehm citronenähnlich riecht und bei  $156^{\circ}$  siedet.

- 2.) Linkspinen oder Terebenten findet sich im französischen Terpentinöl (*Pinus maritima*), im Strassburger Terpentin (*P. Picea*), im venetianischen Terpentin (*P. Larix*), im Canadabalsam (*P. balsamea*) und im Weihrauch.
- 3.) Rechtspinen oder Australien kommt im englischen Terpentinöl vor, das in den Vereinigten Staaten aus dem Terpentin von *Pinus australis* gewonnen wird und sich vom Linkspinen nur dadurch unterscheidet, dass es ebenso stark nach rechts dreht, wie jenes nach links.

Pinene finden sich auch neben anderen Verbindungen im Wachholderbeeröl, Rosmarinöl, Eucalyptusöl u. s. w. vor.

- 4.) Pinendichlorid,  $C_{10}H_{16}Cl_2$ , bildet sich, wenn man Chlor bei  $-15^{\circ}$  in Terpentinöl leitet, und ist eine ölige Flüssigkeit, welche beim Erhitzen in Salzsäure und Cymol zerfällt. Brom bildet eine ähnliche Verbindung.

- 5.) Pinenoxid oder Pinol,  $C_{10}H_{16}O$ , ist isomer mit Campher und bildet sich durch Einwirkung von Salzsäure auf ein Gemisch von Terpentinöl, Eisessig und Aethylnitrit. Es ist eine angenehm, an Campher erinnernd riechende Flüssigkeit, die bei  $183$  bis  $184^{\circ}$  siedet und sich mit Brom zu dem Dibromid,  $C_{10}H_{16}Br_2O$ , vereinigt, das prachtvolle Krystalle bildet.

- 6.) Pinylchlorid,  $C_{10}H_{17}Cl$ , welches auch salzsaures Terpentinöl oder künstlicher Campher genannt wird, bildet sich beim Einleiten von Chlorwasserstoff in abgekühltes Terpentinöl und ist eine krystallinische, wie Campher riechende Masse.

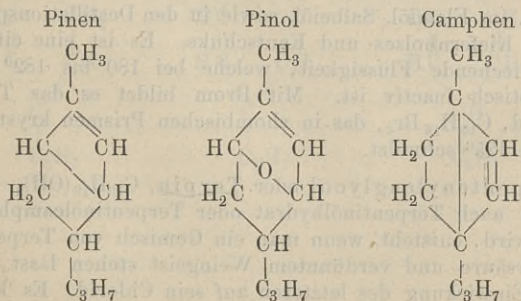
- 7.) Camphen oder Bornylen,  $C_{10}H_{16}O$ , entsteht, wenn man Pinylchlorid mit weingeistigem Kali erhitzt, und existirt daher ebenfalls in zwei optisch isomeren Modificationen. Es ist eine krystallinische Masse oder bildet federförmige Krystalle, welche an Terpentinöl und Campher erinnernd riechen, schmilzt bei  $52^{\circ}$ , siedet bei  $160^{\circ}$  und verbindet sich mit Salzsäure zu Bornylchlorid.

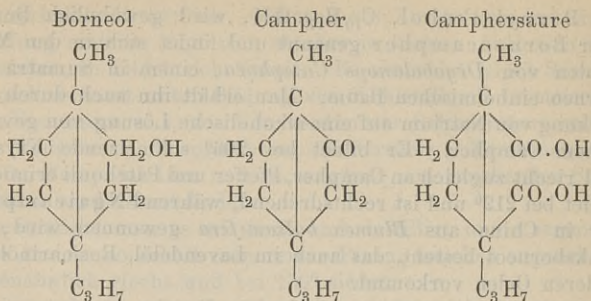
Bornylalkohol,  $C_{10}H_{17}.OH$ , wird gewöhnlich *Borneol* oder *Borneocampher* genannt und findet sich in den Markhöhlen von *Dryobalanops Camphora*, einem in Sumatra und Borneo einheimischen Baum. Man erhält ihn auch durch Einwirkung von Natrium auf eine alkoholische Lösung von gewöhnlichem Campher. Er bildet bei  $206^{\circ}$  schmelzende Krystalle und riecht zugleich an Campher, Pfeffer und Patchouli erinnernd, siedet bei  $212^{\circ}$  und ist rechtsdrehend, während *Ngaicampher*, der in China aus *Blumea balsamifera* gewonnen wird, aus *Linksborneol* besteht, das auch im Lavendelöl, Rosmarinöl und anderen Oelen vorkommt.

Bornylchlorid,  $C_{10}H_{17}Cl$ , bildet sich beim Erhitzen von Borneol mit rauchender Salzsäure und ist eine krystallinische, wie Campher riechende Masse, die bei  $157^{\circ}$  schmilzt und beim Erhitzen mit Anilin in Camphen übergeht, das man so am besten gewinnt.

Campher,  $C_{10}H_{16}O$ , findet sich in dem in China und Japan einheimischen Campherbaum (*Laurus Camphora*) neben Linkspinen und dem unten erwähnten Dipenten; er kommt auch im Salbeilöl, Lavendelöl und Rosmarinöl vor und entsteht durch Oxydation von Borneol, Campher und Cymol. Er bildet eine krystallinische, durchscheinende, zähe Masse, schmilzt bei  $175^{\circ}$  und siedet bei  $204^{\circ}$ . Seine alkoholische Lösung ist rechtsdrehend, während durch Oxydation von *Linksborneol* man *Linkscampher* erhält. Salpetersäure oxydirt Campher zu der zweibasischen *Camphersäure*,  $C_{10}H_{16}O_4$ , die in Blättchen oder Prismen krystallisirt und nach ihrer Abstammung rechtsdrehend oder linksdrehend ist. Beide Modificationen vereinigen sich zu *inactiver Camphersäure*, die der Traubensäure entspricht.

Die Constitution der vorhergehenden Verbindungen lässt sich durch folgende Formeln darstellen:





11.) Limonen,  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ , findet sich im Citronenöl, Orangenschalenöl und Bergamottöl; es ist identisch mit Carven, das im Kümmelöl und Dillöl enthalten ist. Es riecht angenehm nach Citronen, siedet bei  $176^\circ$  und ist rechtsdrehend, während Fichtennadelöl, neben Pinen, Linkslimonen enthält. Mit Brom verbindet es sich zu dem Tetrabromid,  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{Br}_4$ , das schöne, rhombische Krystalle bildet und bei  $105^\circ$  schmilzt.

12.) Carvol,  $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}$ , kommt im Kümmelöl, Fenchelöl und Dillöl vor und bildet eine wie Kümmel riechende Flüssigkeit, die bei  $225^\circ$  siedet und rechtsdrehend ist, während das Oel der Krauseminze linksdrehendes Carvol enthält. Durch Einwirkung von Natriumamalgam auf seine alkoholische Lösung geht es in Carveol oder Carvylalkohol,  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$ , über, welcher eigenthümlich riecht und bei  $219^\circ$  siedet.

13.) Dipenten,  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ , kann aus Pinen oder Limonen erhalten werden, indem man sie in Dipentenylglycol überführt und dieses mit Phosphorpentoxid erhitzt, oder sie auf  $250^\circ$  erhitzt, wobei zugleich polymere Kohlenwasserstoffe entstehen. Dipenten findet sich auch im ätherischen Oel des Campherbaumes, im Elemiöl, Salbeiöl, sowie in den Destillationsproducten des Kiefernholzes und Kautschuks. Es ist eine citronenartig riechende Flüssigkeit, welche bei 180 bis  $182^\circ$  siedet und optisch inactiv ist. Mit Brom bildet es das Tetrabromid,  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{Br}_4$ , das in rhombischen Prismen krystallisirt und bei  $125^\circ$  schmilzt.

14.) Dipentenylglycol oder Terpin,  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}$ , welches auch Terpentinglycolhydrat oder Terpentinglycolcampher genannt wird, entsteht, wenn man ein Gemisch von Terpentinglycol, Salpetersäure und verdünntem Weingeist stehen lässt, sowie durch Einwirkung des letzteren auf sein Chlorid. Es krystal-

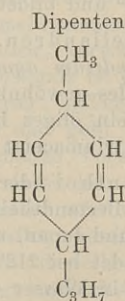
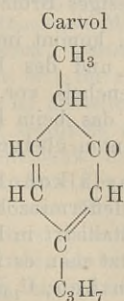
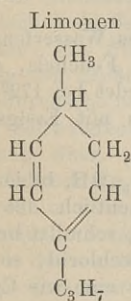
lisirt in grossen, durchsichtigen Prismen, welche leicht in Weingeist löslich sind, beim Erhitzen wasserfrei werden und dann bei 102° schmelzen. Nach dem Erkalten bildet es eine harte Masse, die sich wieder leicht mit Wasser verbindet. Es siedet ohne Zersetzung bei 258°.

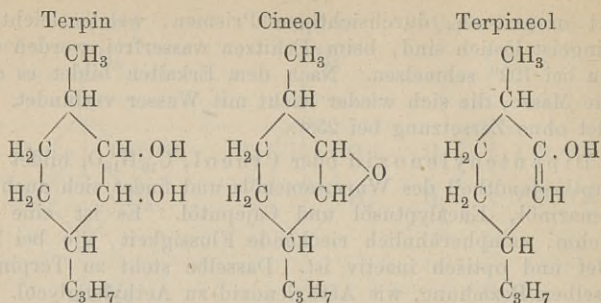
Dipentenylenoxid oder Cineol,  $C_{10}H_{18}O$ , bildet den Hauptbestandtheil des Wurmsamenöls und findet sich auch im Rosmarinöl, Eucalyptusöl und Cajeputöl. Es ist eine angenehm, campherähnlich riechende Flüssigkeit, die bei 176° siedet und optisch inactiv ist. Dasselbe steht zu Terpin in derselben Beziehung, wie Aethylenoxid zu Aethylenglycol. 15/

Dipentenylenchlorid,  $C_{10}H_{18}Cl_2$ , bildet sich langsam, wenn man Terpentinöl mit rauchender Salzsäure zusammenbringt und rascher, wenn man Eisessig mit Chlorwasserstoff sättigt und Limonen oder Dipenten zusetzt. Es krystallisirt in rhombischen, bei 50° schmelzenden Tafeln. Aehnlich erhält man das Dibromid und das Dijodid, das auch durch Einwirkung von Wasser auf Cineol entsteht. 16/

Terpineol,  $C_{10}H_{17}.OH$ , bildet sich beim Kochen des Glycols mit verdünnter Phosphorsäure und ist eine angenehm riechende Flüssigkeit, welche auch in Ceylon-Cardamomöl (*Elettaria major*) enthalten ist. 17/

Limonen und Dipenten verbinden sich mit vier Atomen Brom und enthalten daher zwei Doppelbindungen. Ihre Constitution und die ihrer Derivate lassen sich wie folgt darstellen:





- 18.) Sylvestren,  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ , kommt neben Australen und Dipenten im schwedischen und russischen Terpentinöl vor, welches man aus dem durch trockene Destillation des Kiefernholzes (*Pinus sylvestris*) erhaltenen Theer darstellt. Es riecht wie Bergamottöl, siedet bei  $175^\circ$  und bildet ein Tetrabromid, welches in monoklinen Tafeln krystallisirt und bei  $136^\circ$  schmilzt.
- 19.) Terpinolen,  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ , entsteht neben Terpinen und Terpeneol beim Kochen von Terpin mit verdünnter Phosphorsäure; es siedet bei  $190^\circ$  und bildet ein Tetrabromid, das in sehr glänzenden, monoklinen Tafeln krystallisirt und bei  $116^\circ$  schmilzt.
- 20.) Terpinen,  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ , erhält man durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Pinen, Dipenten und Phellandren; es ist auch in Cardamomöl enthalten, riecht citronenähnlich, siedet bei  $180^\circ$  und bildet ein flüssiges Bromid.
- 21.) Phellandren,  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ , kommt im Oel des Wasserfenchels (*Phellandrium aquaticum*) und des bitteren Fenchels, einer Abart des gewöhnlichen Fenchels, vor. Es siedet bei  $172^\circ$  und bildet ein öliges Bromid, das beim Erhitzen mit Essigsäure und Natriumacetat in Dipenten übergeht.
- 22.) Menthol oder Menthylalkohol,  $\text{C}_{10}\text{H}_{19}\cdot\text{OH}$ , bildet den festen Bestandtheil des Pfefferminzöls, namentlich des aus China und Japan, und krystallisirt in Prismen, schmilzt bei  $42^\circ$  und siedet bei  $212^\circ$ . Erhitzt man es mit Zinkchlorid, so zerfällt es in Wasser und Menthen,  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}$ , das eine wie Cymol riechende Flüssigkeit ist und bei  $167^\circ$  siedet. Von Salzsäure wird es in Menthylchlorid,  $\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{Cl}$ , verwandelt, das wie Muskatblüthe riecht und bei  $204^\circ$  siedet. Von Chromsäure wird Menthol zu Menthon,  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$ , oxydirt, welches eine bei  $206^\circ$  siedende Flüssigkeit ist, die wie Pfefferminze riecht.

und sich mit Wasserstoff wieder zu Menthol verbindet und demnach zu ihm in derselben Beziehung steht, wie Campher zu Borneol.

## 2. Harze und Balsame.

Die meisten flüchtigen Oele verwandeln sich durch Aufnahme von Sauerstoff in mehr oder weniger feste Verbindungen; man nennt dieselben Harze oder, wenn sie noch mit flüchtigem Oele gemischt sind, Balsame. Das Colophonium, <sup>1</sup> welches neben Terpentinöl bei der Destillation des Terpentins von *Pinus australis* gewonnen wird, enthält Sylvinsäure, <sup>2</sup>  $C_{20}H_{30}O_2$ , die aus Weingeist in Prismen krystallisirt und bei  $147^{\circ}$  schmilzt, während Galipot oder das Harz von *Pinus maritima* die isomere Dextropimarsäure, die rechteckige, <sup>4</sup> bei  $210^{\circ}$  schmelzende Blätter bildet, neben Laevopimarsäure, <sup>5</sup> enthält, welche in rhombischen Pyramiden krystallisirt und zwischen  $140^{\circ}$  und  $150^{\circ}$  schmilzt.

## 3. Kautschuk und Guttapercha.

Diese zwei Substanzen sind Kohlenwasserstoffe, welche dieselbe Zusammensetzung wie das Terpentinöl haben; dieselben sind in chemischer Beziehung noch sehr wenig erforscht. Das Kautschuk ist der eingetrocknete Milchsaft mehrerer tropischer Bäume, wie *Ficus elastica*, *Castilloa elastica*, verschiedener Arten von *Siphonia* u. s. w.; im reinen Zustande ist es weiss und durchscheinend. Es ist unlöslich in Wasser; in Terpentinöl und Schwefelkohlenstoff quillt es erst auf und geht dann in Lösung über. Das Kautschuk findet vielfache Verwendung zur Darstellung wasserdichter Zeuge und elastischer Röhren, Gewebe u. s. w. und ist eine für den Chemiker sehr wichtige Substanz. Seine werthvollen Eigenschaften werden noch durch das sogenannte Vulcanisiren erhöht; dasselbe besteht darin, dass man es innig mit Schwefel mengt und erhitzt. Das vulcanisirte Kautschuk enthält 2 bis 3 Proc. Schwefel; es ist viel elastischer als das gewöhnliche. Verbindet man es mit mehr Schwefel, so entsteht eine harte, hornartige Masse, welche Ebonit oder Vulcanit genannt wird; dieselbe wird statt Horn zu Kämmen und ähnlichen Gegenständen verarbeitet.

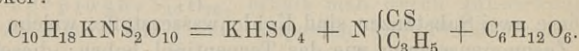


Guttapercha ist der eingetrocknete Milchsaft eines auf der Halbinsel Malacca und den malayischen Inseln häufigen Baumes (*Isonandra Gutta*). Bei gewöhnlicher Temperatur ist dieselbe hart und hornartig, wird aber beim Erwärmen weich und knetbar und lässt sich in jede beliebige Form pressen. Die reine Substanz ist weiss; sie löst sich leicht in Chloroform und Schwefelkohlenstoff.

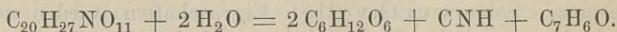
#### 4. Glykoside.

(+) In den meisten Pflanzen kommen Verbindungen vor, die das gemeinsam haben, dass sie beim Kochen mit verdünnten Säuren oder Fermenten in Zucker und andere Körper zerfallen, sie sind daher als zusammengesetzte Aether von Zuckerarten oder Verbindungen, die leicht in Zucker übergehen, wie Gummi, Stärke u. s. w., zu betrachten. Auch im Thierreich kommen einige Glykoside vor.

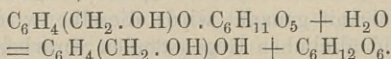
1.) Myronsäure,  $C_{10}H_{19}NS_2O_{10}$ , ist im Samen des schwarzen Senfes als Kaliumsalz enthalten. Wird der gepulverte Samen mit Wasser übergossen, so zerfällt dieses Salz unter dem Einflusse eines Fermentes in saures Kaliumsulfat, Senföl und Zucker:



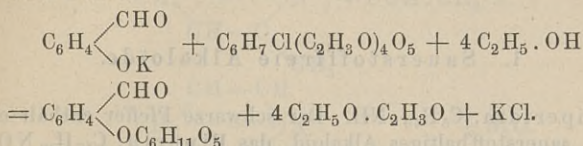
2.) Amygdalin,  $C_{20}H_{27}NO_{11}$ , findet sich in den bitteren Mandeln, in den Kernen der Pflaumen u. s. w. und den Blättern des Kirschchlorbeers. Aus dem Presskuchen der bitteren Mandeln erhält man es durch Auskochen mit Weingeist und Fällen mit Aether. Es bildet weisse Krystalle und ist in Wasser löslich. Mit verdünnten Säuren gekocht oder mit Emulsin, einem in obigen Pflanzen enthaltenen Fermente, in wässriger Lösung zusammengebracht, zerfällt es in Zucker, Blausäure und Benzaldehyd:



3.) Salicin,  $C_{13}H_{18}O_7$ , kommt in den Weiden- und Pappelnrinden und im Bibergeil vor; es bildet kleine, weisse Prismen, schmeckt stark bitter und zerfällt mit Emulsin in Zucker und Saligenin (s. S. 416):



Durch Oxydation geht Salicin in Helicin,  $C_6H_4(COH)OC_6H_{11}O_5$ ,<sup>+</sup> (4) über, welches in kleinen Nadeln krystallisirt und welches man künstlich dargestellt hat. Behandelt man nämlich Traubenzucker mit Acetylchlorid, so entsteht eine Verbindung, welche Acetochlordextrose genannt wird und die, mit der Kaliumverbindung des Salicylaldehyds in alkoholischer Lösung behandelt, Helicin bildet:

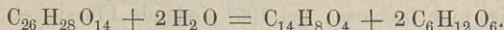


Da nun Helicin durch Einwirkung von Natriumamalgam und Wasser wieder in Salicin übergeht, so kann man auch dieses künstlich darstellen.

Populin oder Benzoylsalicin,  $C_{13}H_{17}(C_7H_5O)_7 + 2H_2O$ ,<sup>5)</sup> ist in der Zitterpappel enthalten und krystallisirt in kleinen Prismen, die süßlich schmecken. Mit Barytwasser gekocht, zerfällt es in Benzoësäure und Salicin und künstlich erhält man es, wenn man Salicin mit Benzoylchlorid erhitzt.

Indican,  $C_{26}H_{31}NO_{17}$ , ist das Glykosid des Indigos; es ist ein bitter schmeckender Syrup, der mit Säuren gekocht Indigoblau neben anderen Producten liefert.<sup>6)</sup>

Ruberythrinaure,  $C_{26}H_{28}O_{14}$ , findet sich im Krapp und bildet gelbe, seideglänzende Nadeln. Wässerige Alkalien und Säuren zerlegen sie in Alizarin und Zucker:<sup>7)</sup>



### XXIII.

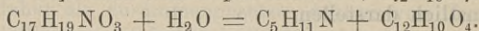
## Alkaloide.

Mit diesem Namen bezeichnet man eine Anzahl basischer, stickstoffhaltiger Verbindungen, welche in vielen Pflanzen vorkommen. Einige derselben enthalten neben Stickstoff nur Kohlenstoff und Wasserstoff und sind flüchtig. Die sauerstoffhaltigen haben gewöhnlich ein hohes Moleculargewicht; sie

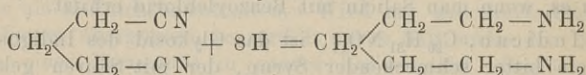
verbinden sich wie die sauerstofffreien direct mit Säuren, und ihre Chlorwasserstoffverbindungen bilden krystallisirte Doppelsalze mit Platinchlorid, gerade wie Ammoniak und die Aminbasen. Viele derselben, wie Strychnin und Nicotin, gehören zu den heftigsten Giften, andere, wie Morphin und Chinin, sind werthvolle Arzneimittel.

### 1. Sauerstofffreie Alkaloïde.

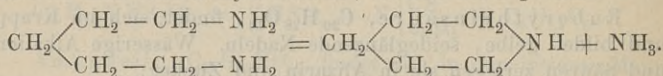
7.) Piperidin,  $C_5H_{10}.NH$ . Der schwarze Pfeffer enthält ein festes, sauerstoffhaltiges Alkaloïd, das Piperin,  $C_{17}H_{19}NO_3$ ; dasselbe zerfällt, mit einer weingeistigen Lösung von Aetzkali gekocht, in Piperidin und Piperinsäure,  $C_{12}H_{10}O_4$ :



Piperidin ist auch synthetisch dargestellt worden. Durch Einwirkung von freiwerdendem Wasserstoff auf Trimethylencyanid, welches man durch Erhitzen des Bromids mit Kaliumcyanid erhält, entsteht Pentylendiamin:

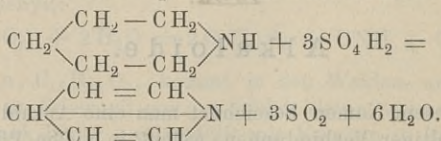


Erhitzt man dessen Hydrochlorat, so entsteht Piperidin:



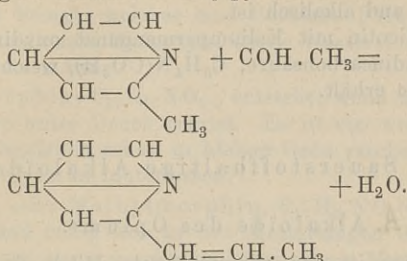
Es ist eine farblose, bei  $106^\circ$  siedende Flüssigkeit, welche nach Pfeffer und Ammoniak riecht; es enthält ein Atom Wasserstoff, welches durch Alkoholradicale ersetzt werden kann, und die so erhaltenen Amine verbinden sich mit den Alkoholjodiden zu Ammoniumverbindungen.

2.) Pyridin,  $C_5H_5N$ , ist im Knochentheer enthalten und entsteht auch, wenn man Piperidin mit Schwefelsäure erhitzt:



Dasselbe ist eine eigenthümlich riechende Flüssigkeit, die bei  $116^\circ$  siedet und sich mit Wasserstoff im Entstehungszustande wieder zu Piperidin verbindet.

Coniin,  $C_8H_{16}NH$ , findet sich im Schierling (*Conium maculatum*), namentlich im Samen, und ist künstlich erhalten worden, indem man Pyridin mit Methyljodid erhitzte, wobei Methylpyridin oder Picolin entsteht. Durch Erhitzen mit Paraldehyd geht dasselbe in Allylpyridin über:

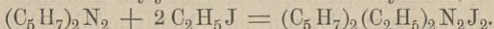


Setzt man Natrium zu dessen kochender alkoholischer Lösung, so wird es in Propylpiperidin,  $C_5H_9(C_3H_7)NH$ , verwandelt, welches alle Eigenschaften des Coniins besitzt, ausgenommen, dass es optisch inactiv ist, während Coniin die Ebene des polarisirten Lichts nach rechts dreht. Verwandelt man aber die synthetische Base in das weinsaure Salz, so erhält man ein schwer und ein leicht lösliches. Das aus dem ersteren wieder abgeschiedene Coniin ist vollständig identisch mit dem natürlichen, während das leicht lösliche Salz ein linksdrehendes Coniin enthält.

Coniin ist eine farblose, ölige Flüssigkeit, welche bei  $212^\circ$  siedet und durchdringend widerlich riecht. Der Schierlingsamen enthält gewöhnlich neben Coniin auch Methylconiin,  $C_8H_{14} \cdot NCH_3$ . Ausserdem kommt noch ein anderes Alkaloid, das Conydrin,  $C_8H_{16}O \cdot NH$ , vor, welches, mit Phosphorpentoxid erhitzt, in Coniin und Wasser zerfällt. Das Coniin ist ein sehr heftiges Gift.

Nicotin,  $C_{10}H_{14}N_2$ . Das Nicotin kommt in allen Tabaksorten vor, welche verschiedene Mengen (zwischen 2 bis 8 Proc.) enthalten. Havannatabak enthält gewöhnlich weniger als 2 Proc., aber der aus der Pfalz oft bis zu 8 Proc. Es ist ein farbloses Oel, welches durchdringend nach Tabak riecht und bei  $240^\circ$  unter theilweiser Zersetzung kocht; in einem Wasserstoffstrome lässt es sich ohne Zersetzung destilliren. Nicotin löst sich leicht in Wasser, Weingeist und Aether; es ist eines der stärksten Gifte, schon in geringer Menge wirkt es heftig auf die Bewegungsnerven und erzeugt Convulsionen und später Lähmung.

4. Das Nicotin enthält keinen ersetzbaren Wasserstoff und verbindet sich mit Aethyljodid zu Nicotindiäthylammoniumjodid:



c. Durch feuchtes Silberoxid wird dieses Jodid zersetzt, und man erhält Nicotindiäthylammoniumhydroxid, dessen Lösung stark ätzend und alkalisch ist.

d. Wenn Nicotin mit Kaliumpermanganat oxydirt wird, so entsteht Pyridincarbonsäure,  $C_5H_4N(CO_2H)$ , welche man auch so aus Picolin erhält.

## 2. Sauerstoffhaltige Alkaloide.

### A. Alkaloide des Opiums.

1.) Das Opium ist der eingetrocknete Milchsaft der Samenkapseln des Mohns (*Papaver somniferum*). Dasselbe wird in grosser Menge in Kleinasien, der Türkei, Aegypten und Indien bereitet. Das beste ist das Opium von Smyrna, welches 10 bis 15 Proc. Morphin enthält. Opium enthält verschiedene Alkaloide, von welchen Morphin und Narcotin in der grössten Menge vorkommen; die wichtigsten sind:

Morphin,  $C_{17}H_{19}NO_3$ ,

Papaverin,  $C_{20}H_{21}NO_4$ ,

Codein,  $C_{18}H_{21}NO_3$ ,

Narcotin,  $C_{22}H_{23}NO_7$ ,

Thebain,  $C_{19}H_{21}NO_3$ ,

Narcein,  $C_{23}H_{29}NO_9$ .

Ausserdem enthält das Opium eine neutrale Verbindung, das Meconin,  $C_{16}H_{10}O_4$ , Meconsäure,  $C_7H_4O_7$ , mit welcher die Alkaloide verbunden sind, und verschiedene andere Substanzen. Das Opium ist ein sehr geschätztes Arzneimittel; in kleinen Gaben wirkt es beruhigend und krampfstillend, obgleich es den Puls- und Herzschlag beschleunigt. In grösserer Menge wirkt es als narcotisches Gift und erzeugt Betäubung und vollständige Erschlaffung aller willkürlichen Bewegung, auf welche Bewusstlosigkeit und endlich der Tod erfolgt. Am stärksten unter den Alkaloiden scheint das Thebain zu wirken, nach demselben Papaverin, Narcotin, Codein und Morphin.

2.) Morphin,  $C_{17}H_{19}NO_3 + H_2O$ . Um Morphin darzustellen, wird das fein zerschnittene Opium wiederholt mit Wasser ausgezogen und die Meconsäure mit Calciumchlorid gefällt; beim Eindampfen scheiden sich aus der filtrirten Flüssigkeit Krystalle von Morphinhydrochlorat aus, die man mit Ammoniak zersetzt. Das Morphin krystallisirt in kleinen rhombischen Prismen

und schmeckt stark bitter; in Alkohol ist es leicht löslich, nicht in Aether, es löst sich in 1000 Theilen kalten und 400 Theilen kochenden Wassers. Die Morphinsalze sind fast alle in Wasser löslich und krystallisirbar. Kleine Mengen von Morphin lassen sich leicht nachweisen, wenn man zu der Lösung etwas Eisenchlorid bringt, welches eine tiefblaue Färbung erzeugt. Morphin enthält zwei Hydroxyle, deren Wasserstoff man durch Radicale ersetzen kann.

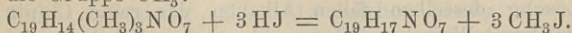
Apomorphin,  $C_{17}H_{17}NO_2$ , entsteht, wenn man Morphin mit Salzsäure unter Druck erhitzt. Es ist ein weisses Pulver; seine Salze bewirken schon in kleiner Gabe rasches Erbrechen, ohne üble Folgen zu hinterlassen. 3.)

Codeïn oder Methylnorphin,  $C_{17}H_{18}NO_3(CH_3) + H_2O$ . Dieses Alkaloid findet sich in den Mutterlaugen des Morphins und bildet sich auch, wenn man letzteres mit Methyljodid und Natriumäthylat erhitzt. Es ist leichter in Wasser löslich als Morphin und bildet grosse wasserhaltige Krystalle; die Lösung reagirt stark alkalisch. Erhitzt man es mit Salzsäure unter Druck, so bilden sich Methylchlorid und Apomorphin. 4.)

Thebain,  $C_{19}H_{21}NO_3$ , findet sich im Opium nur in sehr kleiner Menge; es ist ein heftiges Gift, das schon in kleiner Gabe Starrkrampf erzeugt. 5.)

Papaverin,  $C_{20}H_{21}NO_4$ , reagirt nur schwach alkalisch; dasselbe unterscheidet sich von den übrigen Opiumbasen dadurch, dass es mit concentrirter Schwefelsäure eine blaue Färbung erzeugt. 6.)

Narcotin,  $C_{22}H_{23}NO_7$ . Das Narcotin bleibt beim Behandeln des Opiums mit Wasser in den Rückständen zurück, man erhält es daraus durch Ausziehen mit Salzsäure. Es ist unlöslich in Wasser und schwer löslich in Alkohol, löst sich aber leicht in Aether. Kocht man es mit Jodwasserstoffsäure, so bilden sich 3 Molecüle Methyljodid und eine neue Base, das Nornarcotin,  $C_{19}H_{17}NO_7$ . Das Narcotin enthält demnach dreimal die Gruppe  $CH_3$ : 7.)



### B. Alkaloïde der Strychnosarten.

Die Krähenaugen oder Samen von *Strychnos Nux vomica* 1.) und die Ignatiusböhen, die Samen von *Strychnos Ignatius*, enthalten zwei äusserst giftige Alkaloïde, Strychnin und Brucin.

Strychnin,  $C_{21}H_{22}N_2O_2$ . Dasselbe bildet kleine rhombische Krystalle, schmeckt ausserordentlich bitter und ist wenig in Wasser löslich. Es ist ein furchtbares Gift, welches hauptsächlich auf das Rückenmark wirkt und heftige Zuckungen und Starrkrampf erzeugt; in sehr geringer Menge wird es als Arzneimittel innerlich gegeben. Die Salze sind krystallinisch und in Wasser löslich; sie schmecken ebenfalls ekelhaft bitter.

Die kleinste Spur Strychnin kann sehr leicht entdeckt werden; es giebt nämlich, mit concentrirter Schwefelsäure und Kaliumdichromat zusammengebracht, eine intensiv purpurfarbene Lösung, welche nach einiger Zeit roth und dann gelb wird. Mit den Jodiden der Alkoholradicale verbindet sich das Strychnin zu Ammoniumjodiden.

2) Brucin,  $C_{23}H_{26}N_2O_4 + 4H_2O$ . Dieses Alkaloid kommt neben Strychnin in den Krähenaugen vor und ist in der falschen Angusturarinde (der Rinde des Krähenaugenbaumes) allein enthalten. Das Brucin löst sich leichter in Alkohol und Wasser als Strychnin und ist weniger giftig als dasselbe.

3) Im Curare oder indianischen Pfeilgifte, welches aus dem Milchsafte von Strychnosarten bereitet wird, ist ein eigenthümliches Alkaloid, das Curarin,  $C_{19}H_{35}N$ , enthalten; dasselbe bildet weisse Krystalle und schmeckt sehr bitter; 1 Milligramm in wässriger Lösung unter die Haut eines Kaninchens gebracht, bewirkte sehr rasch den Tod.

### C.B. Alkaloide der Cinchonaarten.

Die Rinde der Chinabäume (*Cinchona*), welche in Südamerika am Abhänge der Anden einheimisch sind, aber jetzt auch in Ostindien und Java cultivirt werden, enthält hauptsächlich zwei Alkaloide, das Chinin und das Cinchonin.

7) Chinin,  $C_{20}H_{24}N_2O_2$ . Das schwefelsaure Salz des Chinins wird im Grossen dargestellt und findet als höchst werthvolles Arzneimittel, besonders beim Wechselfieber, Verwendung. Aus der Lösung desselben fallen Alkalien das reine Chinin als weissen krystallinischen Niederschlag; dasselbe löst sich in 900 Theilen kalten Wassers und in 2 Theilen Alkohol. Die Lösung schmeckt stark bitter und lenkt die Polarisationssebene links ab; setzt man zu derselben Chlorwasser und dann einen Ueberschuss von Ammoniak, so nimmt sie eine grüne Farbe an; fügt man, nach Zusatz von Chlorwasser, gelbes Blutlaugensalz hinzu und dann Ammoniak, so entsteht eine tiefrothe

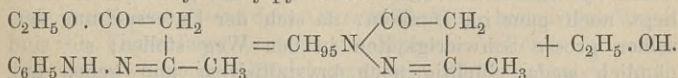
Färbung. Das Chinin enthält keinen durch Alkoholradicale ersetzbaren Wasserstoff und verbindet sich mit den Alkoholjodiden zu Ammoniumverbindungen. Das Chininsulfat ist wenig löslich in Wasser, löst sich aber leicht auf Zusatz einiger Tropfen verdünnter Schwefelsäure; die Lösung zeigt die Erscheinung der Fluorescenz in hohem Grade.

Chinidin und Chinicin. Die erstere dieser zwei mit Chinin isomeren Modificationen bleibt in der Mutterlauge bei der Darstellung von Chininsulfat zurück; es hat grosse Aehnlichkeit mit Chinin und wirkt, wie dieses, fiebertreibend, lenkt aber die Polarisationssebene nach rechts ab. Das Chinicin bildet sich aus dem Chinin- oder Chinidinsulfat durch Erhitzen; es ist eine harzartige Substanz, welche schwach rechtsdrehend ist. 2)

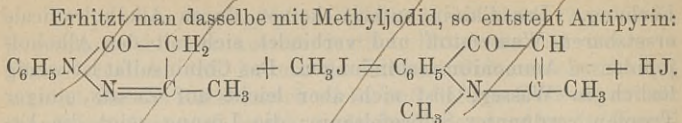
Cinchonin,  $C_{20}H_{24}N_2O$ . Dieses mit Chinin immer zusammen vorkommende Alkaloid kann leicht von letzterem getrennt werden, da es sich nur wenig in Weingeist löst (1 Theil erfordert 30 Theile heissen Alkohols) und in Aether fast unlöslich ist. Es krystallisirt in farblosen Nadeln; seine Lösung lenkt die Polarisationssebene nach rechts ab. Das Cinchonin wirkt nur schwach fieberwidrig und wird deshalb wenig als Arzneimittel angewendet. Mit Brom in der Kälte zusammengebracht, bildet sich Bromcinchonin,  $C_{20}H_{23}BrN_2O$ , welches mit Aetzkali behandelt, sich in Oxycinchonin,  $C_{20}H_{24}N_2O_2$ , verwandelt; diese Verbindung ist isomer mit Chinin, weicht aber in ihren Eigenschaften bedeutend davon ab. Das Cinchonin giebt mit Chlorwasser und Ammoniak keine Färbung, wie das Chinin. Die Cinchoninsalze gleichen denen des Chinins, sind aber leichter in Wasser und Alkohol löslich, als die des letzteren. 3)

Cinchonidin und Cinchonicin sind zwei dem Cinchonin isomere Basen. Die erstere findet sich ebenfalls in der Mutterlauge des Chininsulfats und bewirkt eine Linksdrehung des polarisirten Lichtstrahls, während das Cinchonicin, welches man durch Erhitzen von Cinchoninsulfat oder Cinchonidinsulfat auf 120 bis 130° erhält, schwach rechtsdrehend ist. 4)

Antipyrin,  $C_{11}H_{12}N_2O$ , welches häufig statt Chinin angewandt wird, erhält man aus Acetessigäther und Phenylhydrazin, welche sich unter Abspaltung von Wasser zu Phenylhydrazinacetessigäther vereinigen. Derselbe geht beim Erwärmen in Phenylmethylpyrazolon über: 5)



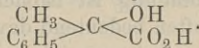




Dasselbe scheidet sich aus heissem Wasser in schönen Prismen ab, die schwach bitter und nicht unangenehm schmecken.

6.) Alkaloide der Solanumarten. In denselben kommen drei isomere, sehr heftige Gifte vor, welche die Formel  $\text{C}_{17}\text{H}_{23}\text{NO}_3$  haben und die Eigenschaft besitzen, schon in kleinster Menge eine starke Erweiterung der Pupille zu bewirken. Atropin findet sich in der Tollkirsche (*Atropa Belladonna*), sowie im Stechapfel (*Datura Stramonium*) und krystallisirt in Prismen, welche bei  $114^\circ$  schmelzen. Beide Pflanzen, sowie das Bilsenkraut enthalten auch Hyoscyamin, welches in seideglänzenden Nadeln krystallisirt, die bei  $108,5^\circ$  schmelzen. Im Bilsenkraut kommt auch noch Hyoscin vor, welches bis jetzt nur als Syrup erhalten wurde, aber mit Säuren krystalinische Salze bildet.

Erhitzt man diese drei Körper mit Salzsäure, so entstehen isomere Basen von der Formel  $\text{C}_8\text{H}_{15}\text{NO}$ , neben Tropasäure,  $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_3$ , welche auch durch Einwirkung von Blausäure und Salzsäure auf Methylphenylketon,  $\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{C}_6\text{H}_5$ , erhalten wurde und daher  $\alpha$ -Phenylmilchsäure ist:



7.) Cocaïn,  $\text{C}_{17}\text{H}_{21}\text{NO}_4$ , findet sich in den Cocablättern, es krystallisirt in kleinen Prismen und zerfällt, mit Salzsäure erhitzt, unter Aufnahme von Wasser in Methylalkohol, Benzoesäure und eine neue Base, Ecgonin,  $\text{C}_9\text{H}_{15}\text{NO}_3$ .

### XXIV. Eiweisskörper.

1.) Eiweisskörper oder Proteïnsubstanzen nennt man eine Anzahl eigenthümlicher Verbindungen, welche einen wichtigen und wesentlichen Bestandtheil des Thierkörpers bilden und auch im Pflanzenreiche sehr verbreitet und namentlich in den Samen enthalten sind. Die Constitution dieser Verbindungen, welche jedenfalls ein sehr hohes Moleculargewicht besitzen, liegt noch ganz im Dunkeln, da sich der Untersuchung derselben grosse Schwierigkeiten in den Weg stellen; sie sind nämlich weder flüchtig noch krystallisirbar und gehen nur

schwierig Verbindungen in bestimmten Verhältnissen ein. Sie enthalten alle Kohlenstoff (52 bis 54 Proc.), Wasserstoff (gegen 7 Proc.), Stickstoff (13 bis 16 Proc.), Sauerstoff (21 bis 26 Proc.) und Schwefel (1 bis 1,6 Proc.). Beim Erhitzen verbrennen sie unter Verbreitung des bekannten Geruchs brennender Haare oder Federn und hinterlassen Asche, die hauptsächlich aus Calciumphosphat besteht. Nicht nur in der Zusammensetzung, sondern auch in ihren sonstigen Eigenschaften zeigen sie grosse Uebereinstimmung, und die meisten treten in einer in Wasser löslichen und einer unlöslichen Modification auf.

Im feuchten Zustande der Luft ausgesetzt, gehen sie rasch in Fäulniss über unter Bildung von Ammoniak, Ammoniumsulfid, Aminen, Kohlendioxid, flüchtigen fetten Säuren, Milchsäure, Leucin und Tyrosin. Erhitzt man sie mit Salzsäure und Zinnchlorid, so zerfallen sie in Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure und Glutaminsäure,  $C_5H_7(NH_2)O_4$ , welche durch salpetrige Säure in die der Aepfelsäure homologe Glutarsäure,  $C_5H_8O_5$ , verwandelt wird. 2/

Albumin findet sich am reinsten im Eiweiss und ist in den meisten Flüssigkeiten des Thierkörpers enthalten, namentlich im Blutserum. Man erhält es rein, wenn man zu Eiweiss Essigsäure fügt und mit Wasser verdünnt, wodurch das Albumin flockig gefällt wird. Getrocknet bildet es eine gelbliche, durchscheinende, gummiähnliche Masse, welche, mit Wasser übergossen, sich nicht löst, sondern zu einem weissen Pulver zerfällt; setzt man zu dem Wasser eine Spur eines Alkalis, so tritt Lösung ein. Erhitzt man diese Lösung auf  $72^0$ , so gerinnt das Albumin und verwandelt sich in eine feste, weisse, undurchsichtige Masse, welche unlöslich in Wasser ist, aber von verdünnten Alkalien gelöst wird. Sind Säuren oder Salze gegenwärtig, so gerinnt es erst bei einer höheren Temperatur, aber in Gegenwart von Alkalien bei einer niedrigeren Temperatur. 3/

Fibrin ist im Blute in Auflösung enthalten, gerinnt aber, sobald das Blut den Organismus verlässt; man erhält es rein, wenn man geronnenes Blut so lange wäscht, bis die rothe Farbe verschwunden ist, oder wenn man frisches Blut während des Erkaltens quirlt oder schlägt und die fadenartige Masse, welche sich an den Quirl anhängt, mit Wasser wäscht; es ist farblos, geschmacklos und unlöslich in Wasser; nach dem Trocknen bildet es eine dem Albumin ähnliche, hornartige Masse. 4/

Die Fleischfaser besteht aus Myosin, welches in seinen Eigenschaften einige Abweichungen von Blutfibrin zeigt. Auch 5/

das Fibrin des arteriellen Blutes scheint von dem des venösen verschieden zu sein.

6) Casein ist in der Milch enthalten und wird durch Säuren daraus als Coagulum niedergeschlagen. In reinem Wasser ist es unlöslich, in schwach alkalischem löst es sich leicht auf. Vom Eiweiss unterscheidet es sich dadurch, dass es beim Erhitzen nicht gerinnt. Fügt man zu Milch einige Tropfen Salzsäure oder setzt etwas Lab (Schleimhaut des Kälbermagens) hinzu, so scheidet sich das Casein als flockige Masse aus, welche die Butter mit niederreisst, und man erhält eine klare Lösung, die sogenannten Molken, welche Milchzucker und die Salze der Milch enthält.

7) Die Eiweisskörper des Pflanzenreiches sind denen des Thierreiches sehr ähnlich. Kleber erhält man am besten aus Weizenmehl, welches man in einem Tuche unter Wasser so lange ausknetet, als noch Stärkemehl durchgeht. Der Kleber bildet eine graue, zähe Masse; er besteht aus zwei verschiedenen Stoffen, welche Pflanzenleim und Pflanzenfibrin genannt werden. Das Pflanzenalbumin ist in den meisten Pflanzensäften in Lösung enthalten, aus denen es sich beim Kochen ausscheidet. Pflanzencasein oder Legumin kommt hauptsächlich in den Samen der Hülsenfrüchte vor. Es ist in Wasser löslich; die Lösung gerinnt nicht beim Kochen, wird aber durch Säuren zum Coaguliren gebracht.

8) Leim oder Chondrin. Diese zwei Substanzen sind im Thierkörper nicht fertig gebildet enthalten; man erhält sie durch Kochen verschiedener Gewebe, den Leim hauptsächlich aus Knochen, Sehnen, Hausenblase u. s. w., und das Chondrin, einen dem Leim sehr ähnlichen Körper, aus den Knorpeln. Beide sind in kochendem Wasser löslich; beim Erkalten geseht diese Lösung zu einer Gallerte. Ihre Zusammensetzung, welche der der Eiweisskörper sehr nahe kommt, ist dieselbe, wie die der Gewebe, aus welchen sie entstanden sind.

9) Das Horngewebe, aus dem die Epidermis, Nägel, Klauen, Hörner, Haare u. s. w. bestehen, hat ebenfalls eine den Eiweisskörpern ähnliche Zusammensetzung, enthält aber mehr (bis zu 5 Proc.) Schwefel.

10) Seide. Wird rohe Seide unter Druck gekocht, so zerfällt sie in Fibroin,  $C_{15}H_{23}N_5O_6$ , eine hellglänzende, seidenartige Masse, und in Sericin oder Seidenleim,  $C_{15}H_{25}N_5O_8$ , der in Wasser wie Leim aufquillt. Wird Fibroin mit verdünnter

Schwefelsäure gekocht, so entstehen Glycocoll, Leucin und Tyrosin und das Sericin liefert dabei, anstatt Glycocoll, Serin<sub>+</sub> oder Amidoglycerinsäure,  $C_2H_3(OH)(NH_2)CO_2H$ .

### A. Physiologie.

Anhang  
A. Physiologie.  
B. Chemie.  
C. Synthese.

Einer der wichtigsten Zweige der Chemie ist die physiologische Chemie, deren Gebiet die Erforschung der im lebenden Organismus vor sich gehenden chemischen Veränderungen ist. Leider sind unsere Kenntnisse auf diesem Gebiete noch sehr beschränkt; von vielen im Thierkörper vorkommenden Substanzen kennen wir kaum die Zusammensetzung, und die chemische Constitution derselben liegt noch ganz im Dunkeln. In vielen Fällen wissen wir so gut wie nichts über die chemischen Vorgänge, welche in den verschiedenen Organen des thierischen Körpers stattfinden.

Die Knochen der Thiere bestehen hauptsächlich aus normalem Calciumphosphat und leimgebendem Gewebe. 1) Behandelt man Knochen mit Salzsäure, so wird das Phosphat gelöst und die organische Substanz bleibt in Form des Knochens als durchscheinende elastische Masse zurück. Verbrennt man Knochen, so erhält man die unorganischen Bestandtheile (Knochenasche).

Das Blut erscheint, durch das Mikroskop betrachtet, als farblose Flüssigkeit, in welcher eine grosse Anzahl kleiner, runder oder länglicher, rothgefärbter Körperchen, die Blutkörperchen, schwimmen. 2) Die Grösse und Form derselben wechselt bei verschiedenen Thieren; die des Menschen haben einen Durchmesser von 0,0075 mm, die des Froschblutes sind viermal so gross. Wenn das Fibrin coagulirt, so reisst es diese Blutkörperchen mit nieder.

Die rothe Farbe der Blutkörperchen rührt von einer eigenthümlichen Verbindung her, welche Hämoglobin genannt wird. Dieselbe enthält neben Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff auch 0,4 Proc. Eisen. Erwärmt man Hämoglobin mit Eisessig und Kochsalz, so entsteht Hämin, das in braunrothen, blauschimmernden rhombischen Plättchen krystallisirt; man benutzt die Bildung dieser Blutkrystalle zur Nachweisung von Blutflecken. Das Blut der Wirbelthiere ist immer wärmer als die mittlere Temperatur des Mediums, in welchem das Thier lebt; diese Körperwärme tritt besonders deutlich bei Säuge-

thieren und Vögeln hervor; sie ist verschieden bei den verschiedenen Geschöpfen, aber bei derselben Gattung ganz constant und vom Klima durchaus unabhängig. Die Blutwärme des Menschen ist  $36,9^{\circ}$  und die der Vögel  $42,8^{\circ}$ .

Die Blutbahn ist die Verkehrsstrasse, auf welcher dem Körper nicht nur alle die zu seinem Wachsthum und zur Wiederherstellung der abgenutzten Gewebe erforderlichen Stoffe zugeführt, sondern auch die Erzeugnisse der Rückbildung aus dem Organismus ausgeschieden werden. Das Blut enthält Gase in Lösung, namentlich Stickstoff, Kohlendioxid und Sauerstoff.

Die Luft des arteriellen Blutes, welches sich in den Lungen mit Sauerstoff gesättigt hat, enthält in 100 Raumtheilen 14,5 Raumtheile Stickstoff, 62,3 Kohlendioxid und 23,2 Sauerstoff. In der Luft des venösen Blutes, welches die Verbrennungsproducte der Gewebe wegführt, sind 13,1 Raumtheile Stickstoff, 71,6 Kohlendioxid und 15,3 Sauerstoff enthalten.

3.) Das Gehirn, Rückenmark und die Nervensubstanz enthalten in kochendem Wasser lösliche Bestandtheile, wie flüchtige Fettsäuren, Milchsäure, Harnsäure, Kreatin und Inosit,  $C_6H_{12}O_6$ , eine Zuckerart, die auch in der Leber und verschiedenen Pflanzen vorkommt. Aus dem in Wasser unlöslichen Theile zieht kochender Aether Lecithin (s. S. 377), Cholesterin (s. u.) und Cerebrin,  $C_{17}H_{33}NO_3$ , aus. Der letztere Körper ist ein Glykosid und bildet ein lockeres, weisses, in Wasser aufquellendes Pulver.

4.) Die Galle ist ein flüssiges Secret, das sich in der Gallenblase ansammelt und von da in den obersten Theil des Darms entleert wird; sie enthält hauptsächlich die Natriumsalze zweier stickstoffhaltigen Säuren, welche Glycocholsäure,  $C_{26}H_{43}NO_6$ , und Taurocholsäure,  $C_{26}H_{45}NSO_7$ , genannt werden.

Kocht man diese Säuren mit verdünnter Salzsäure, so zerfällt die erstere in Glycocoll und Cholsäure, und die zweite liefert neben Cholsäure Taurin oder Amidoäthylensulfosäure,  $C_2H_4(NH_2)SO_3H$ .

Ausserdem enthält die Galle Farbstoffe, welche derselben die grüne Farbe ertheilen; mit Salpetersäure erwärmt, färben sich dieselben blau und dann violett, eine Reaction, welche man zur Nachweisung von Galle benutzt. Das Cholesterin,  $C_{26}H_{43}.OH$ , ist ein nie fehlender Bestandtheil der Galle, des Eidotters, des Gehirns und anderer Theile des thierischen

Körpers; es kommt auch im Pflanzenreiche vor, z. B. in den Erbsen. Es ist ein einwerthiger Alkohol, welcher seiner Formel nach mit Zimmtalkohol in eine Reihe gehört.

Die Magenschleimhaut sondert fortwährend eine klare Flüssigkeit, den Magensaft, ab. Derselbe riecht eigenthümlich, schmeckt salzig säuerlich und reagirt sauer; er enthält verschiedene Salze, Milchsäure, Salzsäure und eine eigenthümliche Substanz, das Pepsin, welches die Auflösung und Verdauung der Eiweisssubstanzen bewirkt. Das reine Pepsin ist ein gelbliches, in Wasser sehr lösliches Pulver. Säuert man diese Lösung an, so erhält sie die Eigenschaft Fleisch, Eiweiss u. s. w. in bedeutender Menge zu lösen. 5/

Milch. Die Zusammensetzung dieses wichtigen Secretes wechselt beträchtlich bei verschiedenen Thieren, aber die einer jeden Species enthält alle die Stoffe, welche zur Bildung des Körpers des jungen Thieres nöthig sind. Jede Milch enthält Casein, das fast dieselbe Zusammensetzung wie Fleisch hat, Fette (Butter), Milchzucker und Salze, namentlich Chloride der Alkalien und Calciumphosphat, welche zur Bildung verschiedener Gewebe, namentlich der Knochen, erforderlich sind. 6/

Das specifische Gewicht der Milch schwankt zwischen 1,030 bis 1,036.

Harn. Diese von den Nieren abgesonderte Flüssigkeit entfernt aus dem Organismus allen Stickstoff der abgenutzten Gewebe in Form von Harnstoff, Harnsäure und Kreatinin. Der Harn des gesunden, erwachsenen Menschen enthält im Durchschnitt in 100 Theilen: 7/

Harnstoff . . . . .	1,4
Harnsäure . . . . .	0,1
Farbstoff, Schleim u. s. w. . . . .	1,5
Salze . . . . .	1,3
Wasser . . . . .	95,7
	100,0

### 13. Thiere und Pflanzen.

1.) Der Unterschied zwischen dem Leben der Thiere und Pflanzen besteht, allgemein ausgedrückt, darin, dass das Thier sich von organisirten Verbindungen ernährt, Sauerstoff aufnimmt und Kohlendioxid und andere Oxydationsproducte ausgiebt; die Pflanze dagegen lebt von unorganisirten Stoffen (hauptsächlich Kohlendioxid, Wasser und Ammoniak), organisirt dieselben und giebt Sauerstoff ab. Die chemischen Functionen des Thieres beruhen auf Oxydation und die der Pflanze auf Reduction. Die Nahrung der Pflanze dient hauptsächlich dazu, ihre Masse zu vergrössern, während die des Thieres, nachdem es ausgewachsen ist, dazu verwendet wird, die durch die Lebensthätigkeit abgenutzten Gewebe zu ersetzen. Die im thierischen Körper thätigen Kraftäusserungen werden durch langsame Verbrennung der Gewebe hervorgerufen, während die Pflanze die zur Organisirung ihrer Nahrung nothwendige Kraft direct von der Sonne empfängt.

2.) Athmung und thierische Wärme. Die Thiere nehmen den Sauerstoff der Luft mittelst Lungen oder Kiemen auf, durch dieselben strömt fortwährend Blut, welches den Sauerstoff absorbiert. Das Blut kommt nicht in unmittelbare Berührung mit der Luft, sondern ist von derselben durch eine dünne Haut, welche eine grosse Oberfläche darbietet, getrennt. Die Gase durchdringen diese Haut entweder durch Diffusion oder dadurch, dass sie in Lösung übergehen. Auf dieselbe Weise, wie das Blut den Sauerstoff aus den Lungen aufnimmt, giebt es auch die Oxydationsproducte an dieselben ab und wird dadurch fähig, neuen Sauerstoff aufzunehmen und das ausgenutzte Material wegzuführen.

Bei einem jeden Athemzuge geben die Lungen ein Gasvolum von 350 bis 700 CC. aus; die Lungen werden dabei nicht geleert, da ihr Rauminhalt viel grösser ist. Die Anzahl der Athemzüge in der Minute beträgt ungefähr fünfzehn; die ausgeathmete Luft enthält 3 bis 6 Proc. Kohlendioxid; dieselbe ist unfähig, das Brennen einer Kerze zu unterhalten. Im wachenden Zustande wird mehr Kohlendioxid ausgeschieden

als im Schlafe, und bei starker Arbeit und Bewegung mehr als in der Ruhe.

Ein erwachsener Mensch scheidet im Durchschnitte in der Stunde 20 Liter Kohlendioxid (auf 0° und 760 mm reducirt) aus, oder beinahe 39 g, welche 10,6 g Kohlenstoff entsprechen. Durch diese langsame Verbrennung wird die Körperwärme unterhalten; ob bei der Wärmebildung noch andere chemische Vorgänge mitwirken, ist schwer zu entscheiden, da die im Körper vor sich gehenden chemischen Veränderungen sehr verwickelter Natur und noch wenig erforscht sind. Jedenfalls wird der bei weitem grösste Theil der thierischen Wärme durch Oxydation von Kohlenstoff erzeugt; denn Vögel, deren Körpertemperatur viel höher als die der Säugethiere ist, scheiden im Verhältniss  $1\frac{1}{2}$  mal soviel Kohlendioxid aus, als die letzteren. Die Bewohner der Polarzone geniessen bekanntlich ausserordentlich grosse Massen von Fett; dasselbe dient dazu, durch seine Verbrennung die bei der grossen Kälte schnell ausgegebene Körperwärme zu erhalten. (cf. Landris)

Beim Hungern nehmen die Mengen von Kohlendioxid und Harnstoff rasch ab; ein Mann, welcher längere Zeit fastete, schied nur den dritten Theil der Menge von Kohlendioxid ab, welche er bei regelmässiger Nahrung abgab, und bei einem Hunde, welchem 10 Tage keine Nahrung gegeben wurde, verminderte sich die Menge des ausgeschiedenen Kohlendioxids ebenfalls auf ein Drittel, und derselbe sonderte nur  $\frac{1}{22}$  der Gewichtsmenge von Harnstoff ab, welche er bei genügender Fütterung erzeugte.

Kohlendioxid und Wasserdampf sind nicht die einzigen gasförmigen Endproducte des Stoffwechsels, unter gewissen Umständen werden auch kleine Mengen von Wasserstoff und Sumpfgas ausgeschieden.

Die Kenntniss der hier berührten Vorgänge ist noch ganz in der Kindheit; weitere genaue Untersuchungen sind nothwendig, um uns in den Stand zu setzen, den im Organismus vor sich gehenden Stoffwechsel zu verfolgen und eine klare Vorstellung von den Einnahmen und Ausgaben des Körpers zu erhalten.

Nahrung der Pflanzen. Die Pflanzen haben das Vermögen, unorganisirte Materie in sich aufzunehmen, dieselbe in organisirte Stoffe, in Stärkemehl, Cellulose und Eiweisskörper zu verwandeln und ihre verschiedenen Organe daraus aufzubauen. Die Pflanze kann nur im Lichte gedeihen, ohne Son-



nenstrahlen können die Blätter nicht das Kohlendioxid der Atmosphäre zersetzen. Um die Atome des Kohlenstoffs und Sauerstoffs zu trennen, ist ein Aufwand von Kraft erforderlich, und diese Kraft liefern die schnell schwingenden Strahlen der Sonne; dieselben sind es, welche die Atome im Kohlendioxid aus einander reissen und dadurch die Blätter befähigen, den Kohlenstoff zurückzuhalten und den Sauerstoff wieder an die Luft abzugeben zur Benutzung für die Thiere. Erhitzt man eine Pflanze bei Luftzutritt, so verbrennt sie zu Kohlendioxid und hierbei wird genau dieselbe Menge von Kraft als Wärme frei, welche früher verbraucht wurde, um in Gestalt von Lichtschwingungen dieses Kohlendioxid zu zersetzen und die Pflanze aufzubauen. Das Licht und die Wärme, welche die brennende Steinkohle ausgiebt, ist daher nur das Licht und die Wärme der Sonne, welche Jahrtausende im Boden aufgespeichert lagen, und da die Existenz des Thierreiches von der des Pflanzenreiches abhängt, so kann man mit Recht Menschen und Thiere Kinder der Sonne nennen.

Neben organischen Verbindungen enthält der Pflanzenkörper immer bestimmte Mineralbestandtheile, welche beim Verbrennen als Asche zurückbleiben.

Den Kohlenstoff, welcher in den organischen Theilen enthalten ist, nimmt die Pflanze hauptsächlich aus der Luft auf; Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff werden theils von der Atmosphäre, theils vom Boden geliefert; die Salze werden der Pflanze aus dem Boden durch die Wurzeln zugeführt; man kann dieselben als den Mund der Pflanzen betrachten und die Blätter mit den Lungen der Thiere vergleichen. Die Pflanze findet in der Atmosphäre einen unerschöpflichen Vorrath von Kohlendioxid und Wasser. Ein Samenkorn kann sich aber nur in dem Boden entwickeln, welcher die Mineralbestandtheile enthält, welche die Pflanze zu ihrer Ausbildung bedarf, und sie sucht sich durch ihre Wurzeln gerade die auf, welche sie gebrauchen kann, und lässt andere daneben vorkommende zurück. Welche chemischen Veränderungen in der Pflanze vor sich gehen, wie dieselbe Kohlendioxid, Wasser und Ammoniak in Zucker, Cellulose und Eiweiss umwandelt, wissen wir bis jetzt ebensowenig, als warum der Schierling das giftige Coniin und der auf demselben Boden wachsende Weizen nahrhaftes Stärkemehl und Kleber hervorbringt.

Einige wild wachsende Pflanzen sind sehr allgemein verbreitet und gedeihen auf jedem Boden, andere sind auf ge-

wisse Localitäten beschränkt. Der Grund hiervon ist der, dass die ersteren zu ihrer Entwicklung nur solche Mineralbestandtheile nöthig haben, welche überall in dem Erdboden enthalten sind, während die letzteren gewisse Verbindungen in grösserer Menge zu ihrer Ausbildung erfordern. Die Flora der Kalkformation hat daher einen anderen Charakter als die des Sandsteins.

Cultivirten Pflanzen müssen mineralische Nährstoffe künstlich durch Düngung zugeführt werden, namentlich die zur Bildung von Samen nothwendigen Kaliumsalze und Phosphate (Holzasche, Knochenmehl). Der Dünger befördert ferner die üppige Entwicklung der Culturpflanzen durch die darin enthaltenen Stickstoffverbindungen, welche bei der Zersetzung Ammoniak liefern. Der Landwirth hat daher den Chemiker nöthig, um zu erfahren, welche Bestandtheile sein Boden enthält, welche Salze in den Pflanzen, die er bauen will, vorkommen, um zu wissen, welche Düngemittel er anwenden muss, um eine reichliche Ernte zu erzielen.

Der Theil der angewandten Chemie, welcher diesen Gegenstand behandelt, wird Agriculturchemie genannt. Forschungen auf diesem Gebiete, welches aufs Eifrigste bearbeitet wird, haben uns mit einer Reihe der wichtigsten Thatsachen bekannt gemacht, auf die wir hier nicht weiter eingehen können, sondern den Leser auf Werke über Agriculturchemie verweisen müssen.

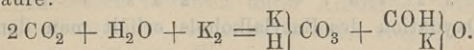
[4]

## c. Die künstliche Darstellung organischer Verbindungen.

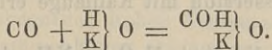
- 7.) Die Hauptbestandtheile des Thier- und Pflanzenkörpers bestehen aus Kohlenstoffverbindungen; die meisten enthalten, neben diesen Elementen, Sauerstoff und Wasserstoff und einige ausserdem auch Stickstoff. Dieselben entstehen alle aus Kohlendioxid, Wasser und Ammoniak; wie aber aus diesen einfachen Verbindungen, welche man leicht aus ihren Elementen darstellen kann, sich die complicirten des Pflanzenkörpers bilden, darüber wissen wir bis jetzt nichts. Man glaubte lange Zeit annehmen zu müssen, dass in der lebenden Natur die Elemente ganz anderen Gesetzen gehorchten, als in der todten, da alle Versuche, organische Verbindungen aus den Elementen künstlich darzustellen, misslangen. Es war im Jahre 1828, als Wöhler die Beobachtung machte, dass Ammoniumcyanat in wässriger Lösung eingedampft sich in Harnstoff verwandelt. Da nun Ammoniumcyanat sich leicht aus den Elementen aufbauen lässt, so war damit zum erstenmale eine im thierischen Organismus sich bildende Verbindung künstlich dargestellt worden und die Schranke, welche man bis dahin zwischen organischen und unorganischen Verbindungen gezogen hatte, gefallen. Seit dieser Zeit hat man, besonders nachdem man die eigenthümliche Natur des Kohlenstoffs und seiner Verbindungen näher erkannt hatte, viele im Organismus entstehende Verbindungen künstlich dargestellt und täglich werden neue Synthesen ausgeführt, so dass, durch weitere Forschungen auf diesem Gebiete, man einmal dazu kommen wird näher zu verfolgen, wie der Pflanzenkörper sich aus Kohlendioxid, Wasser und Ammoniak aufbaut. Solche Synthesen organischer Verbindungen sind im Vorhergehenden schon viele erwähnt
- 2.)

oder angedeutet worden. Im Folgenden sind die wichtigsten derselben und die von allgemeiner Anwendung nochmals im Zusammenhange dargestellt.

Die Ameisensäure, welche sich in den Ameisen, in verschiedenen Raupenarten, in den Brennesseln und anderen Pflanzen findet, lässt sich synthetisch auf verschiedene Weise darstellen. Bringt man feuchtes Kohlendioxid mit Kalium zusammen, so erhält man neben saurem Kaliumcarbonat das Kaliumsalz der Ameisensäure: I

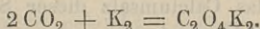


Dasselbe Salz entsteht, wenn Kohlenoxid längere Zeit mit starker Kalilauge erhitzt wird: II

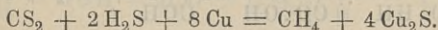


Aus dem Kaliumsalze lässt sich durch Mineralsäuren leicht die Ameisensäure abscheiden.

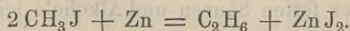
Leitet man Kohlendioxid über erhitztes Kalium, so erhält man das Kaliumsalz der Oxalsäure, einer im Thier- und Pflanzenreiche sehr verbreiteten Verbindung: III



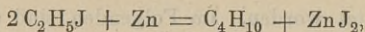
Wird ein Gemisch von Kohlendisulfiddampf und Schwefelwasserstoff über glühendes Kupfer geleitet, so bildet sich Sumpfgas: IV



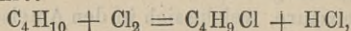
Durch Einwirkung von Chlor auf Sumpfgas entsteht Methylchlorid, das man leicht in andere Methylverbindungen überführen kann. Wird Methylalkohol mit oxydirenden Körpern zusammengebracht, so verwandelt er sich in Ameisensäure. Durch Erhitzen von Methyljodid mit Zink erhält man Aethan: V



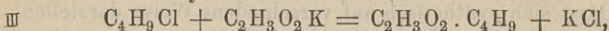
Indem man auf analoge Weise ein Atom Wasserstoff in dieser Verbindung wieder durch Methyl ersetzt, kommt man zu Propan, wird es durch Aethyl ersetzt, so erhält man Butan. Vermittelst dieser allgemeinen Reaction lässt sich also die ganze Reihe der Paraffine durch Synthese aus den Elementen darstellen; jeder dieser Kohlenwasserstoffe bildet aber den Ausgangspunkt für eine grosse Anzahl ein- und mehrwerthiger Verbindungen, von denen viele, wie z. B. die fetten Säuren, im Thier- und Pflanzenkörper enthalten sind. So kann man z. B. Buttersäure erhalten, wenn man Aethyljodid mit Zink erhitzt: VI



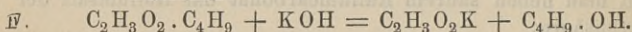
das so erhaltene Butan durch Einwirkung von Chlor in Butylchlorid überführt:



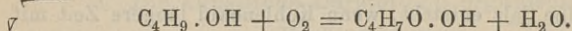
so dann das Butylchlorid mit Kaliumacetat erhitzt:



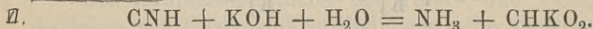
und das Butylacetat mit Aetzkali behandelt:



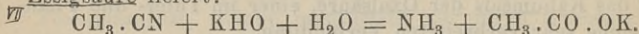
Durch Oxydation des Butylalkohols erhält man dann Buttersäure:



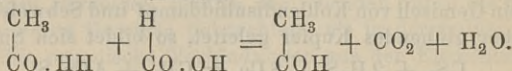
Wird Cyanwasserstoff mit Kalilauge erhitzt, so erhält man Ameisensäure:



Ersetzt man im Methylalkohol die Gruppe HO durch Cyan, so erhält man das Acetonitril, welches, mit Kalilauge gekocht, Essigsäure liefert:



Erhitzt man das Calciumsalz dieser Säure mit Calciumformiat, so entsteht Aldehyd:



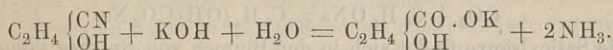
$\text{IX}$  Mit Wasserstoff im Entstehungszustande zusammengebracht, geht der Aldehyd in Alkohol über, den man leicht in Propionitril überführen kann. Aus letzterer Verbindung erhält man durch Wiederholung obiger Reactionen Propionsäure, Propionaldehyd, Propionalkohol, Butyronitril u. s. w. und kann so die zwei Reihen der fetten Säuren und Alkohole leicht synthetisch aufbauen.

4.) Von der Essigsäure ausgehend lässt sich die ganze Reihe der fetten Säuren künstlich darstellen, vermittelt der Reaction, welche auf Seite 334 beschrieben worden ist, und welche darin besteht, dass man im Methyl der Essigsäure Wasserstoff durch Alkoholradicale ersetzt.

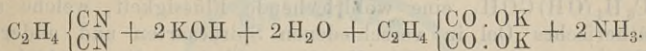
5.) Durch Einwirkung von Chlor auf Propylchlorid entsteht Propenylchlorid,  $\text{C}_3\text{H}_5\text{Cl}_3$ , das, mit Wasser unter Druck erhitzt, sich in Glycerin verwandelt. Erhitzt man letzteres mit fetten Säuren, so bilden sich die Bestandtheile der in den Pflanzen und Thieren vorkommenden Fette (s. S. 386).

Durch Oxydation geht Glycerin zunächst in Glycerinaldehyd,  $C_3H_6O_3$ , über, von welchem in schwach alkalischer Lösung zwei Molecüle sich zu Acrose,  $C_6H_{12}O_6$ , verbinden. Dieselbe entsteht auch durch Einwirkung von Kalkwasser auf Formaldehyd,  $CH_2O_2$ , und ist ein wahrer Zucker, indem sie nicht nur bei der Gährung in Alkohol und Kohlendioxid zerfällt, sondern auch durch eine Reihe von Reactionen in Traubenzucker und in Fruchtzucker, die mit ihr isomer sind, verwandelt werden kann. Da die beiden letzteren unter Aufnahme von Wasser aus Rohrzucker entstehen, so muss es auch möglich sein, dieselben unter Austritt von Wasser wieder zu Rohrzucker zu verbinden. Die künstliche Darstellung des letzteren ist daher nur eine Frage der Zeit.

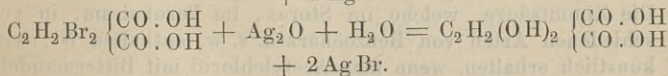
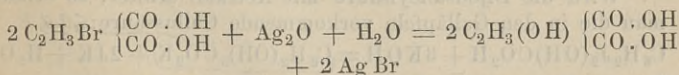
Bei der ausserordentlich hohen Temperatur, welche durch den elektrischen Flammenbogen erzeugt wird, verbinden sich Kohlenstoff und Wasserstoff zu Acetylen,  $C_2H_2$ , welches sich weiter mit Wasserstoff zu Aethylen,  $C_2H_4$ , vereinigt. Wird aus diesem das Chlorhydrin,  $C_2H_4 \begin{Bmatrix} Cl \\ OH \end{Bmatrix}$ , dargestellt und dasselbe mit Kaliumcyanid erhitzt, so erhält man das Cyanhydrin,  $C_2H_4 \begin{Bmatrix} CN \\ OH \end{Bmatrix}$ , welches, mit Kalilauge gekocht, Aethylenmilchsäure liefert, dieselbe Säure, welche im Muskelfleisch enthalten ist:



Im Aethylenchlorid lässt sich das Chlor durch Cyan ersetzen; das so dargestellte Cyanid giebt, mit Kalilauge gekocht, Bernsteinsäure:

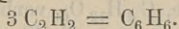


Durch Einwirkung von Brom auf Bernsteinsäure bilden sich Mono- und Dibrombernsteinsäure. Mit Wasser und Silberoxid erhitzt liefert die erstere dieser Säuren Aepfelsäure und die zweite Weinsäure:

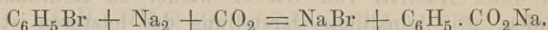


Wenn man Acetylgas längere Zeit auf eine der dunklen

- 10.) Rothgluth nahe Temperatur erhitzt, so verwandelt es sich zum grossen Theil in Benzol:

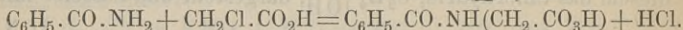


Da nun alle aromatischen Substanzen die Benzolgruppe enthalten und sich aus diesem Kohlenwasserstoff dadurch ableiten, dass Wasserstoff in demselben durch andere Elemente oder Radicale ersetzt wird, so lassen sich auch viele der natürlich vorkommenden aromatischen Verbindungen künstlich im Laboratorium darstellen. So giebt Brombenzol, mit Natrium und Kohlendioxid behandelt, Benzoësäure:

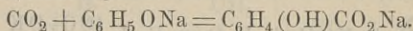


Diese Säure entsteht auch, wenn man Toluol oder Methylbenzol oxydirt, und ihr Aldehyd, das Bittermandelöl, wird künstlich dargestellt durch Erhitzen von Benzylchlorid mit Quecksilberoxid.

- 11.) Erhitzt man Benzamid mit Chloressigsäure, so entsteht die im Harne der Pflanzenfresser enthaltene Hippursäure:

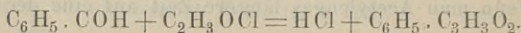


Wie beim Benzol erwähnt, lässt sich dasselbe leicht in Phenol überführen, dessen Natriumverbindung, mit Kohlendioxid behandelt, Salicylsäure giebt:

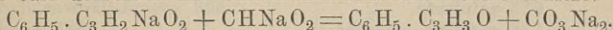


- 12.) Die Salicylsäure findet sich in den Blumen von *Spiraea ulmaria*, und der Methyläther derselben ist das wohlriechende Oel von *Gaultheria procumbens*. Durch Einwirkung von Chloroform auf eine alkalische Phenollösung entsteht Salicylaldehyd,  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COH}$ , eine wohlriechende Flüssigkeit, welche als ätherisches Oel in verschiedenen Spiraeaarten und anderen Pflanzen vorkommt. Die Natriumverbindung dieses Aldehyds giebt, mit Essigsäureanhydrid erhitzt, Cumarin, den wohlriechenden Stoff des Waldmeisters und der Tonkabohnen (siehe Seite 424).

- Wird die Dijodsalicylsäure mit Aetzkali erhitzt, so erhält man die in den Galläpfeln vorkommende Gallussäure:  $\text{C}_7\text{O}_5\text{H}_5$
- $$\text{C}_6\text{H}_2\text{J}_2(\text{OH})\text{CO}_2\text{H} + 3\text{KOH} = \text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_3\text{CO}_2\text{K} + 2\text{JK} + \text{H}_2\text{O}.$$
- Die Zimmtsäure, welche im Storax, im Perubalsam, in verschiedenen Arten von Benzoëharz u. s. w. enthalten ist, wird künstlich erhalten, wenn man Acetylchlorid mit Bittermandelöl erhitzt:



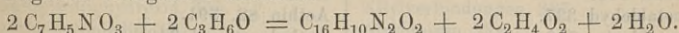
Der Aldehyd dieser Säure ist das wohlriechende Zimmtöl; dasselbe kann leicht aus Zimmtsäure erhalten werden, wenn man ein Salz derselben mit einem Ameisensäuren Salze erhitzt:



Behandelt man ein Gemenge von Brombenzol und Methyljodid mit Natrium, so entsteht Toluol,  $C_6H_5 \cdot CH_3$ . Ersetzt man in diesem ein Atom Wasserstoff durch Benzol und erhitzt das Benzyltoluol mit Bleioxid, so entsteht Anthracen,  $C_{14}H_{10}$  (s. S. 437). Durch Oxydation geht das Anthracen in Anthrachinon,  $C_{14}H_8O_2$ , über; wird dasselbe durch Schwefelsäure erhitzt, und das Product mit Aetznatron geschmolzen, so entsteht der prächtige Farbstoff der Krappwurzel, das Alizarin; dasselbe wird jetzt in so grosser Menge künstlich dargestellt, dass es den Krapp vollständig verdrängt hat.

Die Synthese des Indigos aus Zimmtsäure ist auf Seite 432 beschrieben worden.

Noch einfacher erhält man ihn, wenn man Nitrobenzaldehyd,  $C_7H_5(NO_2)O$ , in alkalischer Lösung mit Aceton erwärmt, wobei zugleich Essigsäure entsteht:



Auch die Synthesen der Harnsäure und des Coniins wurden im Vorhergehenden erwähnt; die des Chinins, Morphins und anderer als Arzneimittel wichtiger Alkaloide stehen nahe bevor.

Wir sind daher so weit gekommen, dass eine jede organische Verbindung, die keine organisirte Structur besitzt, sich künstlich darstellen lässt, sobald ihre chemische Constitution richtig erkannt ist. „*Quo vadis?*“





## ALPHABETISCHES SACHREGISTER.

### A.

- Abraumsalz, Stassfurter 182, 231.  
Acetal 366.  
Acetaldehyd 337.  
Acetaldoxim 338.  
Acetamid 343.  
Acetate 340.  
    „ Erkennung 340.  
Acetbernsteinsäureäther 371.  
Acetenylbenzol 422.  
Acetessigsäureester 341.  
Acetine 385.  
Aceton 345.  
Acetone 322.  
Acetonitril 327.  
Acetylchlorid 342.  
Acetylen 82. 391.  
Acetyloxid 342.  
Acetylperoxid 342.  
Acetylverbindungen 337.  
Aconitsäure 380.  
Acrolein 388.  
Acrose 467.  
Acrylsäure 388.  
Addition 294.  
Additionsproducte der aromatischen  
    Gruppe 438.  
Aepfelsäure 376.  
    „ Synthese 467.  
Aequivalente Elemente 152.  
Aethan 332.  
Aethen 83.  
Aethenylbenzol 422.  
Aether 331.  
    „ gemischte 332.  
Aetherische Oele 423. 439. 440. 445.  
Aethin 82. 391.  
Aethylacetamid 343.  
Aethylacetat 340.  
Aethyläther 318. 331.  
Aethylalkohol 329.  
Aethylamin 351.  
Aethylbenzol 422.  
Aethylborat 337.  
Aethylbromid 333.  
Aethylbutyrat 346.  
Aethylcarbamin 333.  
Aethylcarbimid 352.  
Aethylcarbonate 336.  
Aethylchlorid 318. 333.  
Aethyldiazoacetat 369.  
Aethylen 83. 363.  
Aethylenalkohol 363.  
Aethylenchlorhydrat 364.  
Aethylen-diacetat 363.  
Aethylen-dibromid 363.  
Aethylen-dichlorid 363.  
Aethylen-dijodid 363.  
Aethylen-glycol 362.  
Aethylenmilchsäure 370.  
    „ Synthese 467.  
Aethylenoxid 364.  
Aethylformiat 337.  
Aethylhydro-sulfid 335.

- Aethyliden 366.  
 Aethylidendichlorid 366.  
 Aethylidenmilchsäure 370.  
 Aethylidenverbindungen 366.  
 Aethylin 386.  
 Aethyljodid 333.  
 Aethylactat 368.  
 Aethylmalonat 374.  
 Aethylmalonsäure 374.  
 Aethylmethylcarbinol 346.  
 Aethylmilchsäure 368.  
 Aethylnitrat 335.  
 Aethylnitrit 334.  
 Aethylnitrolsäure 334.  
 Aethyloxalat 373.  
 Aethyloxalsäure 373.  
 Aethylphosphate 336.  
 Aethylphosphin 355.  
 Aethylpropinyläther 392.  
 Aethylschwefelsäure 331. 335.  
 Aethylsilicate 337.  
 Aethylsulfid 335.  
 Aethylsulfidhydroxid 335.  
 Aethylsulfinjodid 335.  
 Aethyluramidocrotonat 381.  
 Aethylverbindungen 329.  
 Aethylwasserstoff 332.  
 Aetzammoniak 68.  
 Aetzkali 183.  
 Aetznatron 188.  
 Aetzsublimat 221.  
 Agriculturchemie 463.  
 Alaun 231.  
 Alaune 231.  
 Alaunerde 230.  
 Alaunschiefer 231.  
 Albumin 455.  
 Aldehyde 319.  
 Aldehydammoniak 338.  
 Algarothpulver 264.  
 Alizarin 437.  
 „ künstliches 437. 469.  
 Alkali, flüchtiges 68.  
 Alkaliblauf 430.  
 Alkalien 58. 172.  
 Alkalimetalle 172. 180.  
 Alkalisch 58.  
 Alkalische Erden 172.  
 Alkaloide 447.  
 „ sauerstofffreie 448.  
 Alkaloide, sauerstoffhaltige 450.  
 Alkarsin 357.  
 Alkohol 329.  
 „ absoluter 330.  
 Alkohole, primäre 317.  
 „ secundäre 322.  
 „ tertiäre 323.  
 Alkoholgährung 402.  
 Alkoholgehalt der Getränke 330.  
 Alkoholradicale, einwerthige 317.  
 „ zweiwerthige 360.  
 Allotropie 71.  
 Alloxan 382.  
 Allyl 387.  
 Allyläthyläther 388.  
 Allylalkohol 387.  
 Allylen 392.  
 Allylensilber 392.  
 Allyljodid 387.  
 Allylpyridin 449.  
 Allylsulfid 388.  
 Allylthiocarbimid 388.  
 Allylverbindungen 387.  
 Aluminium 229.  
 Aluminiumacetat 340.  
 Aluminiumbronze 230.  
 Aluminiumchlorid 230.  
 Aluminiumhydroxid 230.  
 Aluminiumnatriumfluorid 230.  
 Aluminiumoxid 230.  
 Aluminiumsulfat 231.  
 Amalgame 165.  
 Amalgamation des Silbers 224.  
 Ameisensäure 328.  
 „ Synthese 328. 465.  
 Ameisensäureäther 337.  
 Amide 320.  
 „ der Oxalsäure 373.  
 Amidoazobenzol 412.  
 Amidoazonaphtalin 435.  
 Amidobenzoëssäure 416.  
 Amidobenzol 410.  
 Amidocaprinsäure 370.  
 Amidoessigsäure 368.  
 Amidoglycerinsäure 457.  
 Amidonaphtalin 435.  
 Amidotoluol 414.  
 Amine 318. 351.  
 Ammoniak 65.  
 „ flüssiges 66.

- Ammoniak, kohlen-saures 195.  
 Ammoniak, zusammengesetzte 351.  
 Ammoniakwasser der Gasfabriken 82.  
 Ammonium 194.  
 Ammoniumacetat 340.  
 Ammoniumalaun 231.  
 Ammoniumcarbamat 195.  
 Ammoniumcarbonat 195.  
     " normales 195.  
     " saures 195.  
 Ammoniumchlorid 195.  
 Ammoniumcyanat 312. 464.  
 Ammoniumformiat 329.  
 Ammoniumhydrosulfid 196.  
 Ammoniummetavanadat 268.  
 Ammoniummolybdat 254.  
 Ammoniumnatriumphosphat 196.  
 Ammoniumnitrat 195.  
 Ammoniumnitrit 195.  
 Ammoniumphosphate 196.  
 Ammoniumphosphomolybdat 136,  
     254.  
 Ammoniumsälze 68. 194.  
 Ammoniumsulfat 196.  
 Ammoniumsulfid 196.  
 Ammoniumverbindungen 194.  
 Amorph 72. 174.  
 Amygdalin 446.  
 Amylacetat 348.  
 Amylalkohol 348.  
 Amylwasserstoff 349.  
 Analcim 232.  
 Analyse, chemische 15.  
     " organischer Verbindungen  
     298.  
 Analyse, quantitative 15.  
 Anethol 423.  
 Angelicasäure 389.  
 Anhydride 60. 167.  
 Anhydrit 199.  
 Anilin 410.  
 Anilinblau, lösliches 430.  
 Anilingelb 413.  
 Anilingrün 430.  
 Anilinpurpur 411.  
 Anilinroth 429.  
 Anilinsulfonsäure 413.  
 Anilinviolette 430.  
 Anisaldehyd 423.  
 Anisöl 423.  
 Anissäure 423.  
 Anthracen 437.  
     " künstliches 437. 469.  
 Anthracengruppe 437.  
 Anthrachinon 437. 469.  
 Anthrapurpurin 438.  
 Antimon 263.  
 Antimonbasen 357.  
 Antimonglanz 263.  
 Antimonoxychlorid 265.  
 Antimonpentachlorid 265.  
 Antimonpentasulfid 265.  
 Antimonpentoxid 264.  
 Antimonsäure 264.  
 Antimontannat 431.  
 Antimontrichlorid 264.  
 Antimontrioxid 264.  
 Antimontrisulfid 265.  
 Antimonwasserstoff 265.  
 Antipyrin 453.  
 Apatit 200.  
 Apomorphin 451.  
 Arabin 399.  
 Arabisches Gummi 399.  
 Argyrodit 261.  
 Aromatische Verbindungen 404.  
     " " Synthese  
     468.  
 Arragonit 198.  
 Arsen 142.  
     " Nachweis 146.  
 Arsenbasen 356.  
 Arsendimethyl 356.  
 Arsendisulfid 145.  
 Arsenige Säure 143.  
 Arsenik 143.  
 Arsenpentasulfid 146.  
 Arsenpentoxid 144.  
 Arsenreactionen 146.  
 Arsensäure 144.  
 Arsentribromid 145.  
 Arsen-trichlorid 145.  
 Arsen-trifluorid 145.  
 Arsen-trijodid 145.  
 Arsen-trioxid 143.  
 Arsen-trisulfid 145.  
 Arsenwasserstoff 145.  
 Arsin 145.  
 Asparagin 378.  
 Aspirator 48.

Athmung 460.  
 Atmosphäre 43.  
 Atom 52. 147.  
 Atomgewichte 8. 16. 51.  
 Atomgewichtsfuction, periodische 276.  
 Atomgewichtstabelle 8.  
 Atomtheorie 51.  
 Atomwärme 160.  
 Atropin 454.  
 Aurate 271.  
 Aurin 431.  
 Auringment 145.  
 Ausdehnungscoefficient der Gase 23.  
 Australen 440.  
 Avogadro's Gesetz 153.  
 Azobenzol 427.  
 Azofarbstoffe 413.  
 Azosulfonsäuren 413.  
 Azote 43.

## B.

Bänderspectrum 279.  
 Balsame 445.  
 Bankazinn 258.  
 Baryt 202.  
 Baryum 201.  
 Baryumchlorid 202.  
 Baryumchromat 253.  
 Baryumdioxid 202.  
 Baryumhydroxid 202.  
 Baryummonoxid 202.  
 Baryumnitrat 202.  
 Baryumsulfat 202.  
 Baryumsulfid 202.  
 Baryumverbindungen, Erkennung 203.  
 Basen 58. 166.  
 Basische Hydroxide 166.  
 „ Oxide 58. 166.  
 „ Salze 167.  
 Benzaldehyd 415. 468.  
 Benzylchlorid 416.  
 Benzidin 427.  
 Benzoate 416.  
 Benzoë 416.  
 Benzoësäure 415. 468.

Benzoësäureanhydrid 416.  
 Benzol 404. 407.  
 Benzolderivate 407.  
 Benzolhexachlorid 439.  
 Benzolkern 404.  
 Benzolsulfonsäure 408.  
 Benzonitril 415.  
 Benzoylamidoessigsäure 416.  
 Benzoylchlorid 416.  
 Benzoyloxid 416.  
 Benzoylperoxid 416.  
 Benzylalkohol 415.  
 Benzylamin 415.  
 Benzylchlorid 415.  
 Benzylcinnamat 424.  
 Benzylchlorid 415.  
 Benzylgruppe 414.  
 Bergkrystall 126.  
 Berlinerblau, lösliches 310.  
 „ unlösliches 310.  
 Bernsteinsäure 374.  
 Bernsteinsäureanhydrid 375.  
 Bertholett's Knallsilber 227.  
 Beryll 204.  
 Beryllium 204.  
 Bessemer Stahl 247.  
 Biebricher Scharlach 436.  
 Bienenwachs 350.  
 Bier, Alkoholgehalt 330.  
 Birnöl 348.  
 Bittermandelöl 415.  
 „ künstliches 468.  
 Bittermandelölgrün 428.  
 Bittersalz 205.  
 Bitterwasser 205.  
 Blattgold 270.  
 Blausäure 89. 307.  
 Blei 209.  
 „ Nachweis im Trinkwasser 210.  
 Bleiacetat 340.  
 „ basisches 212. 340.  
 Bleicarbonat 211.  
 Bleichen mit Chlorkalk 96.  
 Bleichlorid 212.  
 Bleichromat 253.  
 „ basisches 253.  
 Bleidioxid 211.  
 Bleiessig 340.  
 Bleiglanz 209. 212.  
 Bleiglas 232.

- Bleiglasur 211.  
 Bleiglätte 210.  
 Bleihydroxid 211.  
 Bleijodid 212.  
 Bleikammer 115.  
 Bleikammerkrystalle 117.  
 Bleinitrat 211.  
 Bleioxid 210.  
 Bleipflaster 384.  
 Bleiseife 384.  
 Bleiselenid 124.  
 Bleisulfat 212.  
 Bleisulfid 212.  
 Bleiteträthyl 360.  
 Bleitriäthyl 360.  
 Bleitriäthylchlorid 360.  
 Bleiverbindungen, Erkennung 212.  
 Bleivitriol 212.  
 Bleiweiss 211.  
 Bleiweissfabrikation 211.  
 Bleizucker 211. 340.  
 Blut 457.  
 Blutkörperchen 457.  
 Blutlaugensalz, gelbes 310.  
     "    rothes 311.  
 Blutwärme 457.  
 Bor 130.  
 Boräthyl 357.  
 Borax 131. 192.  
 Bordeaux 436.  
 Borfluorwasserstoff 132.  
 Borneocampher 441.  
 Borneol 441.  
 Bornylalkohol 441.  
 Bornylchlorid 441.  
 Bornylen 440.  
 Borsäure 131.  
 Bortrichlorid 132.  
 Bortrifluorid 132.  
 Bortrioxid 131.  
 Borwassertoff 132.  
 Bournonit 265.  
 Boutellenglas, französisches 233.  
 Branntwein 330.  
 Brasileïn 432.  
 Brasilin 432.  
 Brauneisenstein 242.  
 Braunit 236.  
 Braunkohle 73.  
 Braunspath 236.  
 Braunstein 237.  
 Brechweinstein 379.  
 Brennmaterialien, fossile 74.  
 Brenzcatechin 409.  
 Brenztraubensäure 378.  
 Brenzweinsäure 378.  
 Brom 101.  
 Bromsäure 102.  
 Bromwasserstoff 101.  
 Bronze 216.  
 Brucin 452.  
 Bunsen's Brenner 86.  
 Butan 347.  
 Butter 459.  
 Buttersäure 346.  
     "    Synthese 465.  
 Buttersäureäther 346.  
 Buttersäuregährung 403.  
 Butylalkohol, normaler 346.  
     "    secundärer 347.  
     "    tertiärer 347.  
 Butylgruppe 347.
- C.
- Cacaobutter 351.  
 Cadmium 208.  
 Cadmiumjodid 208.  
 Cadmiumoxid 208.  
 Cadmiumsulfat 208.  
 Cadmiumsulfid 208.  
 Cäsium 193.  
 Caffeïn 383.  
 Calcium 197.  
 Calciumcarbonat 198.  
 Calciumchinat 439.  
 Calciumchlorid 199.  
 Calciumfluorid 105. 200.  
 Calciumhydroxid 197.  
 Calciumhypochlorit 96. 200.  
 Calciumoxalat 373.  
 Calciumoxid 197.  
 Calciumphosphate 132. 200.  
 Calciumsulfat 199.  
 Calomel 222.  
 Camphen 440.  
 Campher 441.  
     "    künstlicher 440.  
 Camphersäure 441.  
 Canadabalsam 440.

- Capelle zum Abtreiben 224.  
Caprinsäure 350.  
Capronsäure 349.  
Caprylalkohol 350.  
Caprylsäure 350.  
Caramel 395.  
Carbamid 314.  
Carbaminsäure 314.  
Carbolsäure 408.  
Carbon 70.  
Carbonate 71.  
Carbonyl 157. 314.  
Carbonylchlorid 157. 314.  
Carbonylsulfid 157. 314.  
Carbonylverbindungen 313.  
Carboxyl 321.  
Carnallit 205.  
Carré's Eismaschine 37. 67.  
Carvacrol 425.  
Carven 442.  
Carventetrabromid 442.  
Carveol 442.  
Carvol 425. 442.  
Carvylalkohol 442.  
Casein 456.  
Cassius' Goldpurpur 260.  
Catechu 409.  
Cellulose 401.  
Cementstahl 247.  
Cer 229.  
Cerebrin 458.  
Cerit 229.  
Cerylalkohol 350.  
Cerylcerotat 350.  
Cetylalkohol 350.  
Cetylpalmitat 350.  
Chamäleon, mineralisches 238.  
Chilisalpeter 192.  
Chinasäure 439.  
Chinicin 453.  
Chinidin 453.  
Chinin 452.  
Chininsulfat 453.  
Chinon 410.  
Chlor 90.  
Chloral 338.  
Chloralhydrat 339.  
Chloranil 410.  
Chlorbenzol 405.  
Chlorhydrat 90.  
Chlorhydrine 385.  
Chlorige Säure 98.  
Chlorite 98.  
Chlorkalk 199.  
Chlorkalkbleiche 96.  
Chlormonoxid 96.  
Chloroform 326.  
Chlorperoxid 97.  
Chlorsäure 97.  
Chlorschwefel 123.  
Chlorstickstoff 100.  
Chlorsulfonsäure 119.  
Chlor und Kohlenstoff 100.  
Chlorwasserstoff 92.  
Chlorwasserstoffhydrat 93.  
Chlorwasserstoffsäure 93.  
Cholesterin 458.  
Cholestrophan 383.  
Cholin 365.  
Cholsäure 458.  
Chondrin 456.  
Chrom 250.  
Chromalaun 251.  
Chromeisenstein 250.  
Chromgelb 253.  
Chromhexfluorid 253.  
Chromichlorid 251.  
Chromihydroxid 251.  
Chromioxid 251.  
Chromoehlorid 251.  
Chromohydroxid 251.  
Chromoxychlorid 253.  
Chromroth 253.  
Chromsäure 252.  
Chromtrioxid 252.  
Chromverbindungen, Kennzeichen 254.  
Chromylchlorid 253.  
Chrysoïdin 413.  
Cinchonicin 453.  
Cinchonidin 453.  
Cinchonin 453.  
Cineol 443.  
Cinnamaldehyd 423.  
Cinnamëin 424.  
Cinnamylalkohol 423.  
Cinnamylcinnamat 424.  
Citraconsäure 380.  
Citrate 381.  
Citronensäure 380.

- Cocaïn 454.  
 Coccinin 436.  
 Coccosnussöl 350.  
 Codeïn 451.  
 Cölestin 201.  
 Coke 74.  
 Collodium 402.  
 Collodiumwolle 402.  
 Colloïde 127.  
 Colophonium 445.  
 Congoroth 428. 436.  
 Coniferin 419.  
 Coniferylalkohol 419.  
 Coniin 449.  
 Conydrin 449.  
 Corallin 431.  
 Cresol 414.  
 Crotonaldehyd 389.  
 Crotonitril 389.  
 Crotonsäure 389.  
 Cumarin 424.  
 „ künstliches 468.  
 Cumarsäure 424.  
 Cumolin 425.  
 Cumol 423.  
 Cuprammoniumchlorid 218.  
 Cuprammoniumsulfat 218.  
 Cuprioxid 217.  
 Cuprochlorid 219.  
 Cuproxid 219.  
 Curare 452.  
 Curarin 452.  
 Cyan 89. 308.  
 Cyanamid 313.  
 Cyanchloride 312.  
 Cyangas 89. 308.  
 Cyanide 309.  
 Cyanmelid 312.  
 Cyannaphtaline 436.  
 Cyansäure 312.  
 Cyanuramid 313.  
 Cyanurchlorid, festes 312.  
 Cyanursäure 312.  
 Cyanverbindungen 88. 308.  
 Cyanwasserstoff 307.  
 Cymol 425.  
 Cymphenol 425.
- D.
- Dalton's Atomtheorie 51.  
 Dampfdichte 303.  
 Davy's Sicherheitslampe 87.  
 Dehnbarkeit der Metalle 160.  
 Destillation 40.  
 „ fractionirte 307.  
 „ trockene 65.  
 Dextrin 398.  
 Dextropimarsäure 445.  
 Dextrose 396.  
 Diacetamid 343.  
 Diacetin 385.  
 Diäthyl 347.  
 Diäthyläther 331.  
 Diäthylamin 354.  
 Diäthylcarbonat 337.  
 Diäthylin 386.  
 Diäthyllactat 368.  
 Diäthyloxalsäure 371.  
 Diäthylphosphin 355.  
 Diäthylsulfat 336.  
 Diäthylsulfondimethylmethan 346.  
 Dialyse 127.  
 Diamant 71.  
 Diamidoazobenzol 413.  
 Diamidobenzol 413.  
 Diamidodiphenyl 427.  
 Diamidoditoly 427.  
 Diastase 401.  
 Diazoamidobenzol 412.  
 Diazobenzolnitrat 411.  
 Diazobenzolsulfat 412.  
 Diazobenzolverbindungen 412.  
 Dibenzyl 427.  
 Dibromenzole 421.  
 Dibrombernsteinsäure 377.  
 Dibromnitracetonitril 344.  
 Dicarboxyl 372.  
 Dichloräthan 366.  
 Dichloressigsäure 343.  
 Dicyan 89. 308.  
 Didym 229.  
 Diffusion der Gase 27. 460.  
 Digallussäure 419.  
 Dimethylamin 353.  
 Dimethyläther 325.  
 Dimethylanilin 412.

Dimethylbenzol 420.  
 Dimethylcarbinol 345.  
 Dimethylketonoxim 346.  
 Dimethylparabansäure 383.  
 Dimorph 71. 180.  
 Dinitrobenzol 408.  
 Dinitronaphtol 435.  
 Dioxybenzoësäure 418.  
 Dioxytoluol 414.  
 Dipenten 442.  
 Dipententetrabromid 442.  
 Dipentenylchlorid 443.  
 Dipentenylenglycol 442.  
 Dipentenylenoxid 443.  
 Diphenyl 427.  
 Diphenylacetylen 428.  
 Diphenyläthan 427.  
 Diphenyläthylen 428.  
 Diphenylamin 412.  
 Diphenylbenzol 428.  
 Diphenyltolylmethan 429.  
 Dischwefelsäure 114.  
 Distearin 386.  
 Disubstitutionsproducte 420.  
 Dithioäthyl dimethylmethan 346.  
 Ditolyl 427.  
 Dolomit 198. 204.  
 Doppelte Zersetzung 55.  
 Drummond's Kalklicht 33. 283.  
 Düngemittel 463.  
     " phosphorsäurehaltige  
     201.  
 Düngung der Pflanzen 463.  
 Dulcit 394.  
 Durol 425.  
 Dynamit 385.

**E.**

Ebonit 445.  
 Egonin 454.  
 Echtgelb 413. 436.  
 Echthroth 436.  
 Einfache Körper 7.  
 Einfach-Schwefeleisen 242.  
 Eis 33.  
 Eisen 238.  
 Eisen, Metallurgie dess. 244.  
     " galvanisirtes 207.  
     " specifische Wärme 240.

Eisenacetat 340.  
 Eisenchlorid 243.  
 Eisenchlorür 241.  
 Eisenglanz 242.  
 Eisenhydroxid 241.  
 Eisenkaliumferrocyanid 310.  
 Eisenkies 242.  
 Eisenmonoxid 241.  
 Eisenoxid, schwarzes 243.  
 Eisenoxidhydrat 242.  
 Eisenoxydul 241.  
 Eisensäure 243.  
 Eisensesquioxid 240. 242.  
 Eisensulfid 242.  
 Eisenvitriol 242.  
 Eisessig 339.  
 Eismaschine, Carré's 37. 67.  
 Eispunkt 33. 39.  
 Eiweisskörper 454.  
 Elaïdinsäure 390.  
 Elaïnsäure 389.  
 Elektrolyse des Wassers 30.  
 Elementaranalyse, organische 298.  
 Elemente 7.  
     " chemischer Werth der-  
     selben 151.  
 Elemente, natürliches System der-  
     selben 276.  
 Elemente, Taf. derselben 8. 276.  
 Empirische Formeln 294.  
 Emulsin 446.  
 Eosin 431.  
 Erbium 229.  
 Erdalkalimetalle 172. 197.  
 Erden 172. 197.  
 Erythrin 414.  
 Erythrit 392.  
 Essig 339.  
 Essigäther 340.  
 Essigsäure 339.  
 Essigsäureanhydrid 342.  
 Essigsäuresalze 340.  
     " Erkennung 340.  
 Eudiometer 25. 45.  
 Eudiometrische Analyse der Luft 45.  
 Eugenol 423.  
 Euxenit 229. 261.  
 Evonymus Europaeus, Samen 386.



## F.

- Fahlerz 265.  
 Farbeflechten 376. 414.  
 Farbhölzer 432.  
 Feldspath 231.  
 Fensterglas 232.  
 Ferribenzoat 416.  
 Ferrichlorid 243.  
 Ferricyanwasserstoffsäure 311.  
 Ferrihydroxid 242.  
 Ferrioxid 240. 242.  
 Ferriverbindungen 240. 242.  
     "    Erkennung 243.  
 Fermente 402.  
 Ferrocarbonat 242.  
 Ferrochlorid 241.  
 Ferrocyanwasserstoffsäure 311.  
 Ferrohydroxid 241.  
 Ferrolactat 369.  
 Ferrosulfat 241.  
 Ferrosulfid 241. 242.  
 Ferroverbindungen 240. 241.  
     "    Erkennung 243.  
 Ferroxid 240.  
 Fette 386. 466.  
 Fette Oele 384. 389. 466.  
 Fette Säuren 319. 351. 384. 390.  
     465.  
 Fette Säuren, Glycerinäther der-  
     selben 385.  
 Fette Säuren, künstliche Darstellung  
     466.  
 Fettkörper 294. 316.  
 Fettsaure Salze 384.  
 Feuchtigkeit der Luft 49.  
 Feuerstein 126. 127.  
 Fibrin 455.  
 Fibrin 456.  
 Fixsterne, Zusammensetzung der-  
     selben 285.  
 Flamme 85.  
     "    Leuchtkraft 85.  
 Flammofen 246.  
 Flaschenglas 233.  
 Flechten, farbgebende 376. 414.  
 Fleischfaser 455.  
 Fleischflüssigkeit 369.  
 Fleischnilchsäure 369.  
 Flintglas 232.  
 Flüchtige Oele 423. 439. 440. 445.  
 Fluor 105.  
 Fluorescein 431.  
 Fluorescin 431.  
 Fluorwasserstoff 106.  
 Flusssäure 107.  
 Flussspath 106. 200.  
 Formaldehyd 327.  
 Formamid 329.  
 Formiate 329.  
 Formeln, empirische 294.  
     "    rationelle 294.  
 Formylverbindungen 327.  
 Fractionirte Destillation 307.  
 Fraunhofer's Linien 282.  
 Frischherd 246.  
 Fruchtzucker 394. 398.  
 Fuchsin 429.  
 Fulminate 344.  
 Fumarsäure 376.  
 Fuselöl 348.

## G.

- Gadolinit 229.  
 Gärung 402.  
     "    schleimige 404.  
 Gährerzeuger 402.  
 Galactose 394. 396.  
 Galle 458.  
 Gallium 235.  
 Gallussäure 419.  
     "    Synthese 468.  
 Galmei 206. 207.  
 Galvanisirtes Eisen 207.  
 Galvanoplastik 220.  
 Gas, Leucht- 83.  
     "    ölbildendes 83. 363.  
 Gasbrenner, Bunsen'scher 86.  
 Gase, Ausdehnung 23.  
     "    Diffusion 27. 460.  
     "    Messen 25.  
     "    physikal. Eigenschaften 23.  
     "    Verbindungsgesetze ders. 52.  
     "    Verhalten zum Druck 24.  
     "    Volumgewichte derselben 53.  
 Gastheer 83.  
*Gaultheria procumbens* 324. 418. 468.

Gaultheriaöl 324. 418. 468.  
 Gefrierpunkt 33. 39.  
 Gehirn 458.  
 Geistige Getränke 329.  
 Gelbbleierz 254.  
 Gemenge, mechanisches 1.  
 Gerbsäure 419.  
 Gerbstahl 247.  
 Germanium 261.  
 Germaniumdioxid 261.  
 Germaniumtetrachlorid 261.  
 Gerstenzucker 395.  
 Gesetz der multiplen Proportionen 51.  
 Gewicht, spezifisches 17.  
 Gewichtseinheit 5.  
 Gewichtssynthese des Kohlendioxides  
 77.  
 Gewichtssynthese des Wassers 32.  
 Gewichtssystem, französisches 5.  
 Gicht des Hohofens 244.  
 Gilchrist- und Thomas-Stahl 247.  
 Glanzkobalt 248.  
 Glas 232.  
 „ böhmisches 232.  
 „ gefärbtes 233.  
 „ grünes 232.  
 Glassorten, Analyse derselben 233.  
 Glasur 234.  
 Glaubersalz 192.  
 Gleichwerthige Elemente 152.  
 Glockenspeise 164. 216.  
 Glutaminsäure 455.  
 Glutarsäure 455.  
 Glycerin 384.  
 Glycerinäther 385. 386.  
 „ d. Alkoholradicale 386.  
 „ der fetten Säuren 385.  
 Glycerinphosphorsäure 385. 386.  
 Glycerinsäure 386.  
 Glyceryltristearat 386.  
 Glycocoll 368. 458.  
 Glycocholsäure 458.  
 Glycogen 394. 399.  
 Glycolacetate 364.  
 Glycole 361.  
 Glycolsäure 368.  
 Glykoside 446.  
 Gold 269.  
 Goldmonochlorid 270.  
 Goldmonoxid 270.

Goldpurpur 260.  
 Goldschwefel 265.  
 Goldtrichlorid 270.  
 Goldtrioxid 271.  
 Grammgewicht 5.  
 Granat 232.  
 Graphit 72.  
 „ im Eisen 246.  
 Grauspiessglanz 263. 265.  
 Greenockit 209.  
 Grubengas 81. 326.  
 Grünspan 340.  
 „ edler 216.  
 Guajacol 409.  
 Guano 381.  
 Guarana 383.  
 Guignet's Grün 251.  
 Gummi 399.  
 „ arabisches 399.  
 Gummi-Traganth 399.  
 Gusseisen 246.  
 Gussstahl 247.  
 Guttapercha 446.  
 Gyps 199.

## H.

Haare 456.  
 Hämoglobin 457.  
 Hämatein 432.  
 Hämateoxilin 432.  
 Hämin 457.  
 Häringslake 353.  
 Hagel 49.  
 Hammeltalg 384. 386.  
 Hammerschlag, Eisen- 240.  
 „ Kupfer- 216.  
 Harn 459.  
 Harnsäure 381.  
 Harnsteine 206. 381.  
 Harnstoff 314.  
 „ Synthese 464.  
 Harze 445.  
 Hausmannit 237.  
 Hefe 403.  
 Helicin 447.  
 Heptaldehyd 350.  
 Heptan 350.  
 Heptylalkohol 350.  
 Heptylsäure 350.

Herd des Hohofens 244.  
 Hexachloräthan 333.  
 Hexagonales Krystallsystem 177.  
 Hexan 349.  
 Hexmethylpararosanilin, salzsaures 430.  
 Hexylalkohol, normaler 349.  
 „ secundärer 393.  
 Hippursäure 416.  
 „ künstliche 468.  
 Höllenstein 226.  
 Hofmann's Violette 430.  
 Hoffmannstropfen 332.  
 Hohofen 244.  
 Holzdestillation 324. 339.  
 Holzessig 339.  
 Holzfaser 73. 401.  
 Holzgeist 324.  
 Holzkohle 73.  
 Holztheer 409.  
 Homobrenzcatechin 409.  
 Homologe Reihen 290.  
 Honigstein 425.  
 Honigsteinsäure 425.  
 Hornblei 212.  
 Horngewebe 456.  
 Hornsilber 226.  
 Hydraulischer Mörtel 197.  
 Hydrazobenzol 427.  
 Hydrochinon 410.  
 Hydrogen 18.  
 Hydrogenium 165.  
 Hydroindigotin 433.  
 Hydroxide 166.  
 Hydroxyl 156.  
 Hydroxylamin 69.  
 Hygrometer 50.  
 Hyoscin 454.  
 Hyoscyamin 454.  
 Hypochlorite 96.  
 Hyponitrite 62.

## I. J.

Ignatiusbohnen (*Strychnos Ignatius*) 451.  
 Indican 447.  
 Indigo 432.  
 „ Synthese 432.

Indigoblau 432.  
 Indigocarmin 433.  
 Indigodischwefelsäure 433.  
 Indigodisulfonsäure 433.  
 Indigogruppe 432.  
 Indigoküpe 433.  
 Indigopurpursäure 433.  
 Indigotin 432.  
 Indigotinmonosulfonsäure 433.  
 Indigoweiss 433.  
 Indium 233.  
 Indol 433.  
 Inosit 458.  
 Inulin 399.  
 Jod 103.  
 Jodpentoxyd 105.  
 Jodsäure 105.  
 Jodstickstoff 105.  
 Jodwasserstoff 104.  
 Iridium 275.  
 Iridiumtetrachlorid 275.  
 Iridiumtetrahydroxyd 275.  
 Isatin 433.  
 Isobornsteinsäure 375.  
 Isobuttersäure 347.  
 Isobutylalkohol 346.  
 Isobutyronitril 347.  
 Isocaprinsäure 350.  
 Isomerie 296.  
 Isomorph 180.  
 Isopentan 349.  
 Isophthalsäure 422.  
 Isopropin 392.  
 Isopropylbenzol 423.  
 Isopropyljodid 345.  
 Isopropylnitrol 345.  
 Itaconsäure 380.

## K.

Kälberlab 456.  
 Käseoxyd 370.  
 Kakodyl 356.  
 Kakodyloxyd 357.  
 Kakodylsäure 357.  
 Kali, doppelkohlensaures 186.  
 Kaliglas 232.  
 Kalilauge 183.  
 Kalium 180.

Kaliumacetat 340.  
 Kaliumäthyl 359.  
 Kaliumäthylcarbonat 337.  
 Kaliumalaun 231.  
 Kaliumaurat 271.  
 Kaliumcarbonat 185.  
     " saures 186.  
 Kaliumchlorat 186.  
 Kaliumchlorid 186.  
 Kaliumchlorchromat 253.  
 Kaliumchromat 252.  
 Kaliumcyanid 309.  
 Kaliumdichromat 252.  
 Kaliumferrat 243.  
 Kaliumferrieyanid 311.  
 Kaliumferrocyanid 310.  
 Kaliumfluochromat 254.  
 Kalium-Goldcyanid 309.  
 Kaliumhydroxid 183.  
 Kaliumhydrosulfat 187.  
 Kaliumhydrosulfid 186.  
 Kaliumjodid 186.  
 Kaliummanganat 237.  
 Kaliummonoxid 182.  
 Kaliummonosulfid 186.  
 Kalium-Natriumtartrat 379.  
 Kaliumnitrat 183.  
 Kaliumoxalate 373.  
 Kaliumperchlorat 99.  
 Kaliumpermanganat 236.  
 Kalium-Platinchlorid 187.  
 Kalium-Silbercyanid 309.  
 Kaliumsulfat 187.  
 Kaliumsulfide 186.  
 Kaliumsulfocyanat 313.  
 Kaliumtartrat, normales 379.  
     " saures 379.  
 Kaliumtetroxid 182.  
 Kaliumthiocyanat 313.  
 Kaliumtrichromat 252.  
 Kaliumverbindungen, Kennzeichen 188.  
 Kalk 197.  
     " gelöschter 197.  
 Kalkspath 198.  
 Kalkstein 197.  
 Kalkwasser 197.  
 Kammersäure 117.  
 Kandiszucker 395.  
 Kaolin 231.

Kanonenmetall 164. 216.  
 Kartoffelstärke 400.  
 Kautschuk 445.  
 Keimsporen 403.  
 Kelp 103.  
 Kerzenflamme 85. 279.  
     — Leuchten ders. 85.  
 Kesselstein 199.  
 Ketone 322.  
 Kiefern-Cambialsaft 419.  
 Kienruss 73.  
 Kiesel 126.  
 Kieselerde 127.  
 Kieselfluorbaryum 203.  
 Kieselfluorwasserstoffsäure 130.  
 Kieselsäure 127.  
 Kieserit 205.  
 Kirchhoff's spectralanalytische Untersuchungen 283.  
 Kirschgummi 399.  
 Klauen 456.  
 Kleber 456.  
 Knallgas 30.  
 Knallgasgebläse 33.  
 Knallgold 271.  
 Knallquecksilber 344.  
 Knallsaure Salze 344.  
 Knallsäure 344.  
 Knallsilber 227. 344.  
 Knoblauchöl 388.  
 Knochen 457.  
 Knochenasche 457.  
 Knochenkohle 73.  
 Knochentheer 448.  
 Kobalt 248.  
 Kobaltchlorid 248.  
 Kobaltdioxid 248.  
 Kobaltmonoxid 248.  
 Kobaltnitrat 248.  
 Kobaltsäure 249.  
 Kobaltsesquioxid 249.  
 Kobaltsulfat 248.  
 Kobaltsulfid 249.  
 Kochen 36.  
 Kochsalz 90. 189.  
 Königswasser 95.  
 Körperwärme 457. 461.  
 Kohle 73.  
 Kohlendioxid 74.  
 Kohlendioxid, Gewichtssynthese 77.

- Kohlendioxid als Pflanzennahrung 462.  
 Kohlendioxid als Product des Stoffwechsels 460.  
 Kohlendisulfid 123.  
 Kohlenhydrate 394.  
 Kohlenoxid 79.  
 Kohlensäure 77.  
 Kohlensäureanhydrid 77.  
 Kohlenstoff 70.  
   " des Thier- und Pflanzenkörpers 287.  
 Kohlenstoffatome, Verbindungsfähigkeit derselben 288.  
 Kohlenstoffkern der aromatischen Verbindungen 404.  
 Kohlenstoffreichere Substanzen 294.  
 Kohlenstoffverbindungen, Chemie 287.  
 Kohlenstoffverbindungen, Constitution 289.  
 Kohlentetrachlorid 327.  
 Kohlenwasserstoffe 81. 289.  
 Kohlenwasserstoffe der  
   Aethylenreihe 360.  
   Benzolreihe 406.  
   Reihe  $C_n H_{2n+2}$  316.  
   Reihe  $C_n H_{2n-2}$  390.  
 Korksäure 376.  
 Korund 230.  
 Krähenaugen (*Strychnos Nux vomica*) 451.  
 Krapp 437.  
 Krapplacke 438.  
 Krappwurzel 437.  
 Kreatin 382.  
 Kreatinin 383. 459.  
 Kreide 197.  
 Kreosol 409.  
 Kreosot 409.  
 Kryolith 106. 230.  
 Kryophor 36.  
 Krystalle 174.  
   " Ecken 175.  
   " Flächen 175.  
   " Kanten 175.  
   " Spaltbarkeit 174.  
 Krystallographie 174.  
 Krystalloide 127.  
 Krystallsysteme 175.  
 Krystallwasser 41.
- Kupfer 215.  
 Kupferarsenit 218.  
 Kupfercarbonat 218.  
   " basisches 216.  
 Kupferchlorid 217.  
 Kupferchlorür 219.  
 Kupferglanz 215.  
 Kupferhammerschlag 216.  
 Kupferhydrid 219.  
 Kupferhydroxid 217.  
 Kupferindig 219.  
 Kupferkies 215.  
 Kupferlasur 218.  
 Kupferlegirungen 216.  
 Kupfermetavanadat 268.  
 Kupfernickel 249.  
 Kupfernitrat 217.  
 Kupferoxid 217.  
 Kupferoxidul 219.  
 Kupferstein 215.  
   " aus Silbererzen 225.  
 Kupfersuboxid 227.  
 Kupfersulfat 217.  
 Kupfersulfid 218.  
 Kupferverbindungen, Erkennung 219.  
 Kupfervitriol 217.  
 Kupferwasserstoff 219.
- L.
- Lab 456.  
 Lackfarben 230.  
 Lackmus 376. 414.  
 Lackmusflechte 376.  
 Lactate 369.  
 Lärchenzucker 397.  
 Lävopimarsäure 445.  
 Lävulose 398.  
 Lampenruss 73.  
 Lanthan 229.  
 Lasurstein 234.  
 Latente Wärme 34. 36.  
 Laurinsäure 351.  
 Lecithin 386.  
 Legirungen 164.  
 Legumin 456.  
 Leichtmetalle 159.  
 Leim 456.

Leinölsäure 390.  
 Lepidolith 193. 194.  
 Letternmetall 263.  
 Leucaniline 430.  
 Leuchtgas 83.  
 Leuchtgasflamme 86.  
 Leuchtkraft des Gases 84.  
 Leucin 370.  
 Leucinsäure 370.  
 Leukaurin 431.  
 Limonen 442.  
 Linien, Fraunhofer'sche 284.  
 Linienspectrum 279.  
 Linksborneol 441.  
 Linkspinen 440.  
 Linksweinsäure 379.  
 Lithium 194.  
 Löffelkrautöl, ätherisches 354.  
 Löthrohr 87.  
 Luft 43.  
 „ Analyse 45.  
 Luppe 246.  
 Lustgas 61.

## M.

Maasssystem, französisches 5.  
 Magdalaroth 435.  
 Magensaft 459.  
 Magenschleimhaut des Kalbes 456.  
 Magistral 224.  
 Magnesia 205.  
 „ kohlensaure 206.  
 Magnesit 206.  
 Magnesium 204.  
 Magnesiumcarbonat 206.  
 Magnesiumchlorid 205.  
 Magnesiumhydroxid 205.  
 Magnesiumoxid 205.  
 Magnesiumsulfat 205.  
 Magnesiumverbindungen, Erkennung 206.  
 Magneteisenstein 243.  
 Magnetkies 243.  
 Malachit 215. 218.  
 Malachitgrün 428.  
 Maleinsäure 376.  
 Malonsäure 374.  
 Maltose 394. 396.

Manchesterbraun 413.  
 Mangan 235.  
 Manganalaun 236.  
 Mangancarbonat 236.  
 Manganchlorid 236.  
 Mangandioxid 237.  
 Manganheptoxid 238.  
 Manganmonoxid 236.  
 Manganoxidul 236.  
 Mangansäure 237.  
 Mangansesquioxid 236.  
 Mangansulfat 236.  
 Mangansulfid 236.  
 Manganverbindungen, Erkennung 238.  
 Manna 393.  
 Mannit 393.  
 Mannynitrat 393.  
 Marmor 198.  
 Mascagnin 196.  
 Mauve 411.  
 Mauvein 411.  
 Melasse 395.  
 Melezitose 379.  
 Melisotsäure 424.  
 Melitose 396.  
 Mellithsäure 425.  
 Mennige 211.  
 Menthen 444.  
 Menthol 444.  
 Menthylalkohol 444.  
 Menthylchlorid 444.  
 Menthon 444.  
 Mercaptan 335.  
 Mercaptide 335.  
 Mercurammoniumchlorid 222.  
 Mercurchlorid 221.  
 Mercurinitrat 221.  
 Mercurioxid 221.  
 Mercurisulfid 222.  
 Mercurisulfocyanat 313.  
 Mercurithiocyanat 313.  
 Mercurochlorid 222.  
 Mercuronitrat 222.  
 Mercuroxid 223.  
 Mesaconsäure 380.  
 Mesitylen 422.  
 Mesitylensäure 423.  
 Mesoxalylharnstoff 382.  
 Messing 216.

- Metaldehyd 338.  
 Metalle 7. 158.  
   " Atomwärme 161.  
   " chemische Eigenschaften 164.  
   " Dehnbarkeit 160.  
   " der Alkalien 172. 180.  
   " der alkalischen Erden 172.  
     197.  
   " der Aluminiumgruppe 173.  
     229.  
   " der Antimongruppe 173. 263.  
   " " Bleigruppe 172. 209.  
   " " Cergruppe 173. 229.  
   " " Chromgruppe 173. 250.  
   " " Eisengruppe 173. 235.  
   " " Goldgruppe 173. 269.  
   " " Kupfergruppe 173. 215.  
   " " Zinkgruppe 172. 204.  
   " " Zinngruppe 173. 258.  
   " edle 173.  
   " Eintheilung 172.  
   " leichte 159.  
   " physikalische Eigenschaften  
     158.  
   " Schmelzbarkeit 159.  
   " schwere 159.  
   " spezifisches Gewicht 159.  
   " spezifische Wärme 160.  
   " Vorkommen 136.  
 Metallglanz 158.  
 Metalloide 7. 12.  
 Metalloxyde 166.  
 Metallsäuren 167.  
 Metamerie 298.  
 Metantimonsäure 264.  
 Metaoxybenzoësäure 418. 421.  
 Metaphosphorsäure 137.  
 Metawolframsäure 255.  
 Metaxylo 420.  
 Metazinnsäure 259.  
 Meteoreisen 166.  
 Metermaass 5.  
 Methan 81. 325.  
 Methylate 325.  
 Methyläther 325.  
 Methyläthin 390.  
 Methyläthyläther 332.  
 Methylalkohol 324.  
 Methylamin 353.  
 Methylanilin 412.  
 Methylbenzol 413.  
 Methylbrenzcatechin 409.  
 Methylbromid 326.  
 Methylbutylcarbinol 393.  
 Methylbutylketon 394.  
 Methylcarbylamin 327.  
 Methylchlorid 326.  
   " Darstellung aus Rüben-  
     melasse 353.  
 Methylconiin 449.  
 Methylcyanide 327.  
 Methylchlorid 362.  
 Methylgrün 430.  
 Methylhexylcarbinol 350.  
 Methyljodid 326.  
 Methylnonylketon 350.  
 Methylonalat 324. 373.  
 Methylphenylketon 454.  
 Methylpropylbenzol 425.  
 Methylprotocatechualdehyd 419.  
 Methylpyridin 449.  
 Methylschwefelsäure 325.  
 Methyltheobromin 383.  
 Methylthiocarbimid 354.  
 Methylthiophen 426.  
 Methyluracil 381.  
 Methylverbindungen 324.  
 Methylwasserstoff 325.  
 Milch 459.  
 Milchsäure 369.  
 Milchsäuregärung 403.  
 Milchsäurereihe 367.  
 Milchzucker 396.  
 Mörtel 197.  
   " hydraulischer 197.  
 Molecül 52. 92. 147.  
 Molecularformel 149.  
   " Ermittlung 301.  
 Moleculargewicht 53. 148.  
 Molecularverbindungen 153.  
 Molecularwärme 162.  
 Molken 456.  
 Molybdän 254.  
 Molybdändioxyd 254.  
 Molybdänglanz 254.  
 Molybdänmonoxyd 254.  
 Molybdänpentachlorid 255.  
 Molybdänsesquioxyd 254.  
 Molybdäntrioxyd 254.  
 Monacetin 385.

Monochloressigsäure 343.  
 Monoformin 387.  
 Monoklinisches Krystallsystem 178.  
 Monostearin 386.  
 Morphin 450.  
 Multiple Proportionen 51.  
 Muntzmetall 216.  
 Murexid 382.  
 Mussivgold 260.  
 Mycose 397.  
 Myosin 455.  
 Myricylalkohol 350.  
 Myristinsäure 351.  
 Myronsäure 446.

## N.

Nachtblau 430.  
 Nahrung der Pflanzen 461.  
 Naphtalin 434.  
 Naphtalingelb 436.  
 Naphtalingruppe 434.  
 Naphtalinroth 435.  
 Naphtalinsulfonsäuren 435.  
 Naphtoësäure 436.  
 Naphtol 435.  
 Naphtylamin 435.  
 Narcotin 451.  
 Natriacetessigäther 340.  
 Natrium 187.  
 Natriumacetat 340.  
 Natriumäthyl 359.  
 Natriumäthylat 331. 340.  
 Natriumäthylmalonat 374.  
 Natriumantimoniat, saures 264.  
 Natriumborat 192.  
 Natriumcarbonat 189.  
     "    saures 192.  
 Natriumchlorid 189.  
 Natriumdioxid 188.  
 Natriumhydroxid 188.  
 Natriumhypochlorit 96.  
 Natrium-Kaliumcarbonat 192.  
 Natriummetantimonat 264.  
 Natriummethylat 325.  
 Natriummonoxid 188.  
 Natriumnitrat 192.  
 Natriumnitroprussid 312.  
 Natriumphosphate 136.

Natriumpyrophosphat 137.  
 Natriumsilicat 193.  
 Natriumstannat 259.  
 Natriumsulfantimoniat 265.  
 Natriumsulfat 192.  
 Natriumtetrawolframat 255.  
 Natriumthiosulfat 119.  
 Natriumverbindungen, Kennzeichen 193.  
 Natriumverbindungen, Spectrum 279. 281.  
 Natron, doppeltkohlensaures 192.  
     "    phosphorsaures 136.  
     "    unterchlorigsäures 96.  
     "    unterschweflgsäures 119.  
     "    wolframsaures 255.  
 Natronglas 232.  
 Natürliches System der Elemente 276.  
 Nebelflecke, Spectrum 286.  
 Nervensubstanz 458.  
 Neusilber 249.  
 Neutral 58.  
 Ngaicampher 441.  
 Nichtmetalle 7. 12.  
 Nickel 249.  
 Nickelglanz 249.  
 Nickelhydroxid 249.  
 Nickelmonoxid 249.  
 Nickelsesquioxid 250.  
 Nickelsulfat 249.  
 Nickelsulfid 250.  
 Nicotin 449.  
 Niob 269.  
 Nitrate 54.  
 Nitrite 64.  
 Nitroacetoneitril 344.  
 Nitroäthan 334.  
 Nitrobenzoësäure 416.  
 Nitrobenzol 408.  
 Nitrogen 42.  
 Nitroglycerin 385.  
 Nitromannit 393.  
 Nitronaphtalin 435.  
 Nitroprusside 312.  
 Nitrosaccharose 396.  
 Nitrosulfonsäure 157.  
 Nitrotoluol 414.  
 Nitrouracilcarbonsäure 381.  
 Nitroxyl 156.



Nitroxylchlorid 65. 157.  
 Nitroverbindungen des Benzols 405.  
 Nonan 358.  
 Nonylwasserstoff 358.

## O.

Octylalkohol 350.  
 Octylsäure 350.  
 Oelbildendes Gas 83.  
 Oele, ätherische 423. 439. 440. 445.  
 „ fette 384. 389. 466.  
 Oelsäure 389.  
 Oelzucker 385.  
 Oenanthäther 350.  
 Oenanthol 350.  
 Oenanthylsäure 350.  
 Olefine 360.  
 Opium 450.  
 Opiumalkaloide 450.  
 Orcin 414.  
 Organische Chemie 287.  
 „ Elementaranalyse 298.  
 „ Verbindungen 287.  
 „ Verbindungen, künstliche  
 Darstellung 464.  
 Organisirte Fermente 402.  
 „ Structur 174.  
 Orseille 414.  
 Orsellinsäure 414.  
 Orsith 229.  
 Orthonitrophenylpropioisäure 432.  
 Orthoxylol 420.  
 Osmium 275.  
 Osmiumtetroxid 276.  
 Oxalate 373.  
 Oxalonitril 374.  
 Oxalsäure 372.  
 Oxalsäurereihe 371.  
 Oxalylharnstoff 382.  
 Oxamid 373.  
 Oxaminsäure 374.  
 Oxide 13.  
 „ basische 58. 166.  
 „ säurebildende 167.  
 Oxindol 433.  
 Oxyammoniak 70.  
 Oxybenzoësäuren 418.  
 Oxybenzylalkohol 417.

Oxybenzylgruppe 417.  
 Oxybuttersäuren 370.  
 Oxycholin 365.  
 Oxydation 13.  
 „ im thierischen Organis-  
 mus 460.  
 Oxydationsflamme 87.  
 Oxyessigsäure 368.  
 Oxygen 12.  
 Oxyisobuttersäure 370.  
 Oxynaphtoësäure 436.  
 Oxyphenyläthylamin 425.  
 Oxypropionsäure 369.  
 Oxyssäuren 57. 168.  
 Oxytoluol 414.  
 Oxyzimmtsäure 424.  
 Ozon 17.

## P.

Palladium 273.  
 Palmitinsäure 351.  
 Papaverin 451.  
 Papier 401.  
 Parabansäure 382.  
 Paracyan 310.  
 Paraffine 316.  
 „ Gewinnung 317.  
 „ normale 317.  
 „ Synthese 465.  
 Paraldehyd 338.  
 Paraformaldehyd 328.  
 Paraleucanilin 430.  
 Paramilchsäure 369.  
 Paraoxybenzoësäure 418.  
 Pararosanilin 429.  
 Paraxylol 420.  
 Pariser Violette 430.  
 Pelargonsäure 350.  
*Penicillium glaucum* 403.  
 Pentamethylpararosanilin 430.  
 Pentan 348.  
 Pentonitril 348.  
 Pentoilsäure 348.  
 Pentylalkohol 348.  
 Pentylgruppe 348.  
 Pepsin 459.  
 Perchlorsäure 99.  
 Perchromsäure 254.  
 Pergamentpapier 401.

- Perjodsäure 105.  
 Permanentweiss 202.  
 Permangansäure 238.  
 Peroxide 167.  
 Perubalsam 424.  
 Petroleum 317.  
 Pfannensäure 117.  
 Pflanzen 460.  
   „ Nahrung derselben 461.  
 Pflanzenalbumin 456.  
 Pflanzencasein 456.  
 Pflanzenfette 384.  
 Pflanzenfibrin 456.  
 Pflanzenleim 456.  
 Phellandren 444.  
 Phenanthren 438.  
 Phenol 408.  
 Phenolfarbstoffe 431.  
 Phenylacetylen 422.  
 Phenylacrylsäure 423.  
 Phenylallylalkohol 423.  
 Phenylamin 411.  
 Phenylanilin 412.  
 Phenylenbraun 413.  
 Phenylhydrazin 412.  
 Phenylmethylpyrazolon 453.  
 Phenylmilchsäure 454.  
 Phenylpropionsäure 424.  
 Phenylrosaniline 430.  
 Phosgen 314.  
 Phosphate 136.  
   „ als Düngemittel 201.  
 Phosphin 139.  
 Phosphoniumjodid 139.  
 Phosphor 132.  
 Phosphorbasen 355.  
 Phosphordijodid 141.  
 Phosphorige Säure 138.  
 Phosphorit 201.  
 Phosphoroxchlorid 141.  
 Phosphoroxid 134.  
 Phosphorpentabromid 141.  
 Phosphorpentachlorid 140.  
 Phosphorpentafluorid 141.  
 Phosphorpentajodid 141.  
 Phosphorpentasulfid 142.  
 Phosphorpentoxid 135.  
 Phosphorsäure 135.  
 Phosphorsäureanhydrid 135.  
 Phosphorsalz 136, 196.  
 Phosphortetroxid 134.  
 Phosphortribromid 141.  
 Phosphortrichlorid 140.  
 Phosphortrifluorid 141.  
 Phosphortrijodid 141.  
 Phosphortrioxid 134.  
 Phosphorwasserstoff 139.  
 Phosphoryl 157.  
 Phosphorylchlorid 141, 157.  
 Phtalsäure, gewöhnliche 422.  
 Phtalsäuren 421.  
 Physiologische Chemie 457.  
 Picolin 449.  
 Pikrinsäure 409.  
 Pinen 439.  
 Pinendichlorid 440.  
 Pinenoxid 440.  
 Pinol 440.  
 Pinylchlorid 440.  
 Piperidin 448.  
 Piperin 448.  
 Piperinsäure 448.  
 Platin 271.  
 Platinammoniumchlorid 271.  
 Platinbasen 273.  
 Platindichlorid 272.  
 Platinlegirung 272.  
 Platinmetalle 174, 269.  
 Platinmonoxid 272.  
 Platinschwamm 271.  
 Platinschwarz 272.  
 Platintetrachlorid 272.  
 Polyäthylenglycole 365.  
 Polymerie 297.  
 Polythionsäuren 110.  
 Ponceau 436.  
 Populin 447.  
 Porellan 232.  
 Porcellanthon 231.  
 Potasche 185.  
 Präcipitat, weisser 222.  
 Präparirsalz 259.  
 Primäre Alkohole 317.  
 Propenylalkohol 384.  
 Propenylnitrat 385.  
 Propin 392.  
 Propinylalkohol 392.  
 Propionitril 334.  
 Propionsäure 344.  
 Proportionen, constante 15.

Proportionen, multiple 51.  
 Propylalkohol, primärer 344.  
 „ secundärer 345.  
 Propylpiperidin 449.  
 Propylen 366.  
 Propylgruppe 344.  
 Proteinsubstanzen 454.  
 Protocatechusäure 418.  
 Protuberanzen der Sonne 284.  
 Pseudocumöl 423.  
 Pseudotoluidin 414.  
 Puddlingsprocess 246.  
 Purpurin 438.  
 Purpursäure 382.  
 Pyridin 448.  
 Pyridincarbonsäure 450.  
 Pyrocatechin 409.  
 Pyrogallol 419.  
 Pyrogallussäure 419.  
 Pyrolusit 237.  
 Pyrophosphorsäure 136.  
 Pyroxylin 402.

## Q.

Quadratisches Krystallsystem 176.  
 Quarz 127.  
 Quecksilber 220.  
 Quecksilberäthyl 359.  
 Quecksilbercyanid 309.  
 Quecksilberjodid 223.  
 Quecksilbermethyl 359.  
 Quecksilberoxid 221.  
 Quecksilberoxidul 223.

## R.

Radicale, zusammengesetzte 89. 156.  
 291.  
 Rationelle Formeln 294.  
 Reaction, alkalische 58.  
 „ saure 57.  
 Realgar 145.  
 Rechtspinen 440.  
 Rechtswinsäure 379.  
 Reduction 32.  
 Reductionsflamme 87.  
 Reductionsthätigkeit der Pflanzen  
 460. 462.

Regen 49.  
 Reguläres Krystallsystem 175.  
 Reissblei 72.  
 Resorcin 409.  
 Rhodium 273.  
 Rhombisches Krystallsystem 178.  
 Ricinusölsäure 390.  
 Riemann's Grün 208.  
 Rocellin 436.  
 Rocellsäure 376.  
 Römisch-Kamillenöl 389.  
 Roheisen 246.  
 Rohrzucker 395.  
 Rohstein, Kupfer- 215.  
 Rosanilin 429.  
 Rosolsäure 431.  
 Rost 240.  
 Rothbleierz 250.  
 Rotheisenstein 242.  
 Rothgültigerz 265.  
 Rothkupfererz 219.  
 Rothspiessglanzerz 265.  
 Rothzinkerz 206.  
 Ruberythrin säure 447.  
 Rubidium 193.  
 Rückenmark 458.  
 Ruthenium 274.  
 Rutil 261.

## S.

Saccharose (Rohrzucker) 394. 395.  
 Säurebildende Oxide 167.  
 „ Radicale 168.  
 Säuren 57.  
 „ fette 319. 351. 465.  
 „ mehrbasische 168.  
 „ zweibasische 168.  
 Säureradical 168.  
 Salicin 446.  
 Salicylaldehyd 417. 468.  
 Salicylsäure 417.  
 Salicylsäuremethyläther 418. 468.  
 Saligenin 417.  
 Salmiak 65. 195.  
 Salmiakgeist 66.  
 Salpeter 183.  
 Salpeteräther 334.  
 Salpeterplantage 183.  
 Salpetersalzsäure 95.

- Salpetersäure 54.  
 Salpetersäureanhydrid 58.  
 Salpetrige Säure 64.  
 Salpetrigsäureanhydrid 63.  
 Salze 57. 167.  
   "  basische 170.  
   "  normale 169.  
   "  saure 169.  
 Salzglasur 234.  
 Salzsäure 93.  
 Samarium 229.  
 Samarskit 229.  
 Sarkosin 382.  
 Sauerstoff 12.  
   "  activer 17.  
   "  physiologische Function 460.  
 Scandium 229.  
 Scheele's Grün 143. 218.  
 Scheelit 255.  
 Schiessbaumwolle 401.  
 Schiesspulver 184.  
 Schlacke, Hohofen- 246.  
 Schlagende Wetter 81. 88.  
 Schleimige Gährung 404.  
 Schleimsäure 398.  
 Schlempe aus Rübenmelassé 353.  
 Schmelzbarkeit der Metalle 159.  
 Schmelzen 34.  
 Schmelzpunkt der Legirungen 165.  
   "  der Metalle 159.  
 Schmiedeeisen 246.  
 Schnellessigfabrikation 339.  
 Schwefel 108.  
   "  präcipitirter 187.  
 Schwefelblumen 109.  
 Schwefeldichlorid 123.  
 Schwefeldioxid 111.  
 Schwefeleisen 242.  
 Schwefelharnstoff 316.  
 Schwefelkohlenstoff 123.  
 Schwefelmilch 187.  
 Schwefelmonochlorid 123.  
 Schwefelperoxid 114.  
 Schwefelsäure 114.  
   "  englische 117.  
   "  rauchende 114. 118.  
   "  reine 117.  
 Schwefelsäureanhydrid 113.  
 Schwefelsäurefabrikation 115.  
 Schwefelsalze 171.  
 Schwefelsäuresalze 108. 118.  
 Schwefelsesquioxid 113.  
 Schwefeltrioxid 113.  
 Schwefelwasserstoff 120.  
 Schweflige Säure 112.  
 Schwefligsäuresalze 113.  
 Schweinfurter Grün 143. 340.  
 Schwermetalle 159.  
 Schwerspath 201.  
 Sebacinssäure 376.  
 Secundäre Alkohole 322.  
 Seide 456.  
 Seidenleim 456.  
 Seifen 384.  
 Seignette-Salz 379.  
 Selen 124.  
 Selenate 125.  
 Selendioxid 124.  
 Selenige Säure 124.  
 Selenite 124.  
 Selensäure 124.  
 Selenwasserstoff 125.  
 Senföl 388.  
 Senföle (Thiocarbimide) 355.  
 Sericin 456.  
 Serin 457.  
 Sernamontit 264.  
 Sesquioxide 166.  
 Sicherheitslampe, Davy's 87.  
 Siedepunkt 36. 306.  
   "  homologer Reihen 306.  
 Silber 223.  
 Silberblick 224.  
 Silberbromid 227.  
 Silberchlorid 226.  
 Silberdioxid 226.  
 Silberglanz 227.  
 Silberhydroxid 226.  
 Silberjodid 227.  
 Silberlegirungen 225.  
 Silbermünzen 225.  
 Silbernitrat 226.  
 Silberoxid 226.  
 Silberoxidul 226.  
 Silbersulfid 227.  
 Silbertetrantoxid 226.  
 Silberverbindungen, Erkennung 228.  
 Silicate 126. 232.  
   "  künstliche 232.

- Silicium 126.  
 Siliciumameisensäureanhydrid 129.  
 Siliciumäthyl 358.  
 Siliciumchlorid 128.  
 Siliciumchloroform 129.  
 Siliciumdioxid 127.  
 Siliciumfluorid 130.  
 Siliciumoxychlorid 129.  
 Siliciumwasserstoff 128.  
 Silicononylalkohol 358.  
 Smalte 248.  
 Smaragd 204.  
 Soda 189.  
   " calcinirte 191.  
   " krystallisirte 191.  
   " rohe 190.  
 Sodafabrikation 189.  
 Sodaofen 190.  
 Sonne, chemische Zusammensetzung 283.  
 Sonnenatmosphäre 283.  
 Sonnenspectrum 282.  
 Spannkraft 37.  
 Spatheisenstein 242.  
 Specifiche Wärme 160.  
 Specifics Gewicht 17.  
 Specifics Gewicht der Metalle 159.  
 Spectralanalyse 278.  
 Spectralbänder 279.  
 Spectrallinien 279.  
 Spectraltafel 279.  
 Spectren der Fixsterne 283.  
   " der Gase 282. 283.  
   " der Kometen 286.  
   " der Metalle 282.  
   " des Mondes und der Planeten 282.  
   " der Nebelflecken 286.  
   " der planetarischen Nebel 286.  
 Spectroskop 279.  
 Spectrum 279.  
   " der Elemente 279. 282.  
   " fester und flüssiger Körper 282. 283.  
   " der Sonne 282.  
 Speisskobalt 248.  
 Spiegeleisen 246.  
 Spiegelglas 233.  
 Spiegelmetall 165. 216.  
 Spiessglanz 265.  
 Spiessglanglas 265.  
 Spindelbaum (*Evonymus europaeus*), Samen 386.  
*Spiraea ulmaria* 417. 468.  
 Spiraeaöl 417.  
*Spiritus Mindereri* 340.  
 Spratzen des Silbers 225.  
 Stabeisen 246.  
 Stärkegummi 398.  
 Stärkemehl 399.  
   " thierisches 399.  
 Stärkezucker 394. 397.  
 Stahl 247.  
   " ostindischer 256.  
 Stassfurter Salze 182. 205.  
*Status nascendi* 91. 148.  
 Stearin 384. 386.  
 Stearinkerzen 351.  
 Stearinsäure 351.  
 Steinkohle 73.  
 Steinkohlentheeröl, leichtes 407.  
   " schweres 408.  
 Steinöl 317.  
 Steinsalz 189.  
 Stickoxid 62.  
 Stickoxidul 60.  
 Stickstoff 42.  
   " Bestimmung desselben 300.  
 Stickstoffbasen 351.  
 Stickstoffdioxid 62.  
 Stickstoffeisen 242.  
 Stickstoffhexoxid 65.  
 Stickstoffmonoxid 60.  
 Stickstoffpentoxid 58.  
 Stickstoffperoxid 64.  
 Stickstofftetroxid 64.  
 Stickstofftrioxid 63.  
 Stilbit 232.  
 Stoffwechsel 460.  
 Storax, flüssiger 422. 423. 424.  
 Strontian 201.  
 Strontianit 201.  
 Strontium 201.  
 Strontiumhydroxid 201.  
 Strontiumoxid 201.  
 Strychnin 451.  
 Styracin 424.  
 Styrolen 422.  
 Styrolylbromid 422.

Suberinsäure 376.  
 Substitution, umgekehrte 327.  
 Succinamid 375.  
 Succinaminsäure 375.  
 Succinimid 375.  
 Succinylchlorid 375.  
 Suffioni 131.  
 Sulfanilsäure 413.  
 Sulfantimonite 265.  
 Sulfarsenate 146.  
 Sulfarsenite 145.  
 Sulfat (von der Sodabereitung) 190.  
 Sulfate 108. 118.  
 Sulfide 171.  
 Sulfite 113.  
 Sulfocarbonate 316.  
 Sulfocarbonsäure 316.  
 Sulfocycansäure 312.  
 Sulfonal 346.  
 Sulfuryl 157.  
 Sulfurylchlorid 119. 157.  
 Sulfurylhydroxychlorid 119.  
 Sumpfgas 81. 325.  
 Sylvestren 444.  
 Sylvinsäure 445.  
 Synthese 15.  
 „ organischer Verbindungen  
 464.  
 Synthese des Wassers 32.

## T.

Tabak 449.  
 Talg 384. 386.  
 Tannin 419.  
 Tantal 268.  
 Tantalit 268.  
 Tantalsäure 269.  
 Taurin 458.  
 Taurocholsäure 458.  
 Tellur 125.  
 Tellurdioxid 125.  
 Tellurige Säure 125.  
 Tellurite 125.  
 Tellursäure 125.  
 Tellurwasserstoff 126.  
 Tension 37.  
 Terbium 229.

Terebenten 440.  
 Terebinsäure 440.  
 Terephtalsäure 422. 440.  
 Terpene 439.  
 Terpentin 439.  
 „ Strassburger 440.  
 Terpentinöl 439.  
 „ englisches 440.  
 „ salzsaures 440.  
 Terpentinölcampfer 442.  
 Terpentinölhydrat 442.  
 Terpin 442.  
 Terpinen 444.  
 Terpeneol 443.  
 Terpinolen 444.  
 Tertiäre Alkohole 323.  
 Tetraäthylphosphoniumjodid 356.  
 Tetrabromfluorescein 431.  
 Tetrachlorchinon 410.  
 Tetrachlormethan 327.  
 Tetragonales Krystallsystem 176.  
 Tetramethylbenzol 425.  
 Tetramethyldiamidotriphenylmethan  
 428.  
 Tetramethylmethan 349.  
 Tetrawolframsäure 255.  
 Thallium 213.  
 Thalliumalaun 213.  
 Thalliumcarbonat 213.  
 Thalliumchlorid 213.  
 Thalliumoxid 213.  
 Thalliumsesequioxid 214.  
 Thalliumsulfid 214.  
 Thalliumtrichlorid 214.  
 Thau 50.  
 Thebain 451.  
 Theer 83.  
 Thein 383.  
 Theobromin 383.  
 Theobrominsäure 351.  
 Thermometer 39.  
 Thiacefsäure 343.  
 Thiere, Lebensthätigkeit derselben  
 460.  
 Thierische Wärme 457. 461.  
 Thierfette 386.  
 Thioarsenate 146.  
 Thioarsenite 145.  
 Thiocarbamid 316.  
 Thiocarbitide 354.

- Thiocarbonate 316.  
 Thiocarbonsäure 316.  
 Thiocarbonylverbindungen 313.  
 Thiocyan säure 312.  
 Thiophen 426.  
 Thiophennitril 426.  
 Thiophensäure 426.  
 Thiophensulfonsäure 426.  
 Thioschwefelsäure 119.  
 Thiotolen 426.  
 Thomas' Stahl 247.  
 Thon 231.  
 Thoneisenstein 242.  
 Thonwaren 232.  
 Thorit 262.  
 Thorium 262.  
 Thymol 425.  
 Tiglinsäure 389.  
 Tinkal 131. 192.  
 Titan 260.  
 Titandioxid 261.  
 Titantetrachlorid 261.  
 Tolan 428.  
 Tolidin 428.  
 Tolubalsam 424.  
 Toluidin 414.  
 Toluol 413.  
 Toluolderivate 413.  
 Toluylsäure 407.  
 Torf 73.  
 Torulazellen 403.  
 Traganthgummi 399.  
 Traubensäure 379.  
 Traubenzucker 397.  
 Treibarbeit 209. 224.  
 Triacetamid 344.  
 Triacetin 385.  
 Triacetylen 407.  
 Triäthylamin 354.  
 Triäthylbismuthin 357.  
 Triäthylphenylammoniumhydroxid 411.  
 Triäthylphosphin 355.  
 Triäthylstibin 357.  
 Triamidoazobenzol 413.  
 Triamidotriphenylcarbinol 429.  
 Triamidotriphenylmethan 430.  
 Triazoessigsäure 469.  
 Trichloressigsäure 343.  
 Trichlormethan 326.  
 Tridymit 127.  
 Triklinisches Krystallsystem 179.  
 Trimethylamin 353.  
 Trimethylarsin 356.  
 Trimethylbenzole 422.  
 Trimethylcarbinol 324. 347. 428.  
 Trimethylen 366.  
 Trimethylmethan 347.  
 Trinitrin (Nitroglycerin) 385.  
 Trinitrophenol 409.  
 Trioxybenzoësäure 419.  
 Trioxybenzol 419.  
 Triphenylcarbinol 428.  
 Triphenylmethan 428.  
 Triphenylmethanfarbstoffe 428.  
 Triphenylrosanilin 430.  
 Triphylin 193.  
 Tristearin 386.  
 Tropäoline 413.  
 Tropasäure 454.  
 Tropfstein 198.  
 Tunicin 402.  
 Türkisch-Roth 438.  
 Tyrosin 424.

## U.

- Ueberchlorsäure 99.  
 Uebermangansäure 237.  
 Ultramarin 234.  
 Ungeformte Fermente 402.  
 Ungesättigte Verbindungen 294.  
 Unterbromige Säure 102.  
 Unterchlorige Säure 96.  
 Unterphosphorige Säure 139.  
 Unterphosphorsäure 138.  
 Untersalpetersäure 65.  
 Untersalpetrige Säure 62.  
 Unterschweifige Säure 119.  
 Unterschweifligsaures Natron 119.  
 Uramidocrotonsäure 381.  
 Uran 256.  
 Uran gelb 257.  
 Uranit 256.  
 Uranochlorid 256.  
 Uranoxid 257.  
 Uranpecherz 256.  
 Uransesquichlorid 257.

Uranyl 256.  
 Uranylchlorid 257.  
 Uranylnitrat 257.  
 Uranyloxid 257.

## V.

Valeriansäure 348.  
 Valeronitril 348.  
 Vanadin 267.  
 Vanadinit 267.  
 Vanadinoxychlorid 268.  
 Vanadinpentoxid 267.  
 Vanadintetrachlorid 268.  
 Vanillin 419.  
 Varec 103.  
 Verbindungen, aromatische 404.  
 „ chemische 1. 6.  
 „ kohlenstoffreichere 294.  
 „ ungesättigte 294.  
 „ wasserstoffärmere 294.  
 Verbindungseinheit 152.  
 Verbindungsgewichte 8. 16. 51.  
 Verbrennungsanalyse 296.  
 Verbrennungsröhre zur organischen Elementaranalyse 298.  
 Verdunstung 37.  
 Vorgänge, chemische 1.  
 Volumgewicht 17. 53. 153.  
 Vulcanisirtes Kautschuk 445.  
 Vulcanit 445.

## W.

Wachs 350.  
 „ chinesisches 350.  
 Wage 4.  
 Wallrath 350.  
 Wärme des Blutes 458.  
 „ spezifische 160.  
 „ thierische 460.  
 Wärmecapazität 160.  
 Wasser 28.  
 „ Ausdehnung 33. 35.  
 „ hartes 199.

Wasserblei 254.  
 Wasserdampf 37.  
 „ Spannkraft 37.  
 Wasserglas 127. 193.  
 Wasserstoff 18.  
 „ flüssiger 18. 165.  
 Wasserstoffärmere Verbindungen 294.  
 Wasserstoffbromid 101.  
 Wasserstoffchlorid 92.  
 Wasserstoffdioxid 41.  
 Wasserstoffjodid 104.  
 Wasserstofflegirungen 165.  
 Wasserstoffoxid 28.  
 Wasserstoffpalladium 165.  
 Wasserstoffpersulfid 122.  
 Wasserstoffsäuren 168.  
 Wasserstoffsulfid 120.  
 Wasserstoffsulfoxid 41.  
 Wein, Alkoholgehalt desselben 330.  
 Weingeist 329.  
 Weingeisthaltige Getränke 329.  
 Weinsäure 378.  
 „ Synthese 467.  
 Weinstein 378.  
 Weissbleierz 211.  
 Weissspiessglanzerz 264.  
 Weizenstärke 400.  
 Werth, chemischer, der Elemente 151.  
 Williamson's Blau 311.  
 Wintergrünöl 324. 418. 468.  
 Wismuth 266.  
 Wismuthbasen 357.  
 Wismuthchlorid 266.  
 Wismuthglanz 266.  
 Wismuthnitrat 267.  
 Wismuthoxychlorid 267.  
 Wismuthpentoxid 267.  
 Wismuthsäure 267.  
 Wismuthtrioxid 266.  
 Witherit 201.  
 Wolfram 255.  
 Wolframerz 255.  
 Wolframhexachlorid 256.  
 Wolframsäure 255.  
 Wolframsaures Natron 255.  
 Wolframtrioxid 255.  
 Wootz 256.



- X.
- Xyloidin 401.
- Xylol 420.
- Xylylsäuren 423.
- Y.
- Ytterbium 229.
- Ytterspath 229.
- Yttrium 229.
- Yttrotantalit 268.
- Z.
- Zeichen, chemische 16.
- Zelle 288.
- Zellen der Hefe 403.
- Zellenbau 174.
- Zeolithe 232.
- Zersetzung, doppelte 55.
- Zimmtaldehyd 423.
- Zimmtalkohol 423.
- Zimmtöl 423.
- „ künstliches 469.
- Zimmtsäure 423.
- „ künstliche 468.
- Zimmtsäureäther 423.
- Zink 206.
- Zinkäthyl 358.
- Zinkblende 206. 207.
- Zinkcarbonat 207.
- Zinkchlorid 207.
- Zinkdampf 207.
- Zinkhydroxid 207.
- Zinklactat 369.
- Zinkoxid 207.
- Zinksalze, Nachweis 208.
- Zinkstaub 206.
- Zinksulfat 207.
- Zinksulfid 207.
- Zinkvitriol 207.
- Zinkweiss 207.
- Zinn 258.
- Zinnasche 259.
- Zinnäthyl 359.
- Zinnchlorid 259.
- Zinndioxid 259.
- Zinndisulfid 260.
- Zinnerz 258.
- Zinnmonosulfid 260.
- Zinnmonoxid 259.
- Zinnoxidul 259.
- Zinnober 222.
- Zinnsalz 259.
- Zinnsäure 259.
- Zinnstein 258.
- Zinnteträthyl 359.
- Zinntetrachlorid 259.
- Zinntriäthyl 359.
- Zinntriäthylchlorid 359.
- Zinnverbindungen, Erkennung 260.
- Zirkon 261.
- Zirkonium 261.
- Zirkoniumoxid 262.
- Zucker 394.
- Zuckersäure 398.
- Zusammengesetzte Ammoniak 318.  
351.
- Zusammengesetzte Körper 6.  
„ Radicale 89. 156.  
291.
- Zuschläge bei der Eisengewinnung  
244.
- Zweibasische Säuren 118. 168.

### Druckfehler.

Seite 425 statt *Saturya horbensis* lies *Satureja hortensis*.

Seite 450 statt Pitolin lies Picolin.

G. H. Guy

11



S-98



Fig. 2.

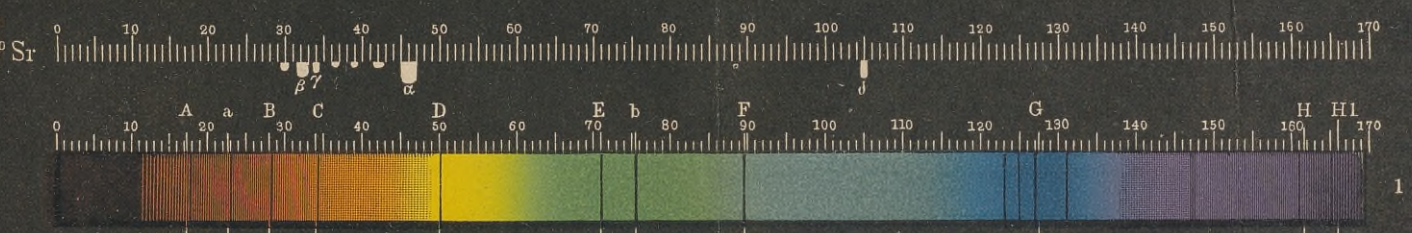


Fig. 1.



Ka  $\alpha$  Li  $\alpha$  Na Tl Sr  $\delta$  Rb  $\beta$  Ka  $\beta$







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297139