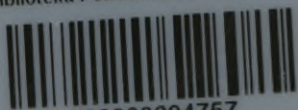




Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294757

1,103^x

HANDBUCH
DER ELEKTRISCHEN
ACCUMULATOREN.

AUF GRUNDLAGE DER ERFAHRUNG

UND MIT

BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER TECHNISCHEN HERSTELLUNG

VON

PAUL SCHOOP,

Doktor der Naturwissenschaften, Elektrochemiker, em. Direktor, technischer Leiter
von Accumulatorenfabriken, Experte.

MIT 193 ABBILDUNGEN.

H. Nr. 22067



STUTT GART.

VERLAG VON FERDINAND ENKE.

1898.

10

15371



Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

Akc. Nr. 5084 / 50

Inhaltsübersicht.

Kapitel I. Die Rohmaterialien.

	Seite
Blei. — Analysen. Eigenschaften. Untersuchung. Technische Prüfung desselben	6
Antimon. — Eigenschaften. Analysen. Untersuchung desselben. Prüfung von Hartblei	12
Bleiglätte. — Unreinheit derselben. Eigenschaften. Qualitative Prüfung. Quantitative Chlorbestimmung	13
Bleistaub. — Herstellung. Vorteile desselben	16
Elektrolytisches Reinigungsverfahren für Bleiglätte	20
Bleiweiss. — Prüfung desselben auf Beimischungen. Eigenschaften	22
Schwefelsäure. — Chlorprüfung. Salpetersäure und Stickstoff-Sauerstoffverbindungen (Brucinprobe, Diphenylaminprobe). Nachweis von Arsen. Elektrolytische Reinigung	22
Wasser. — Prüfung. Gewinnung destillierten Wassers	25
Bittersalz	25
Verhalten von Unreinheiten im Bleiaccumulator. — Lokalströme mit Platin; Silber; Kupfer. Selbstentladung durch Mangan- und Eisensalze. Chlorverbindungen	26

Kapitel II. Die Fabrikation der Elektrodengerippe.

Allgemeine Anforderungen, welche die Träger zu erfüllen haben, Erfahrungen mit Weichblei und Hartblei als Material für Träger	32
Die verschiedenen Verfahren zur Herstellung der Träger. Unterschied zwischen Gittern und Seelenplatten	34
Das Giessen der Gitter. — Verfahren von A. Reckenzaun. Pastillenguss der Société anonyme pour le travail électrique des métaux. Sandguss von G. Hagen	35
Gussform für Volkmar-Gitter. Regeln beim Giessen damit. Gussbock	36
Gussform von E. Correns. Patent. Beschreibung. Gussbock	41
Patentansprüche einiger hieher gehörender Patente	47
Giessofen für Blei. Giessofen für höhere Temperaturen	50
Hydraulisches Pressen von Seelenträgern. — Presse von Friedrich Krupp (Grusonwerke)	53
Presseinsatz von Berks-Renger mit Typenmatrize. Gepresste Träger von Cheswright, de Khotinsky, Berks-Renger. Pressen von Streifen	55
Pressverfahren von Klüppel, Tiefenthal in Velbert	56
Walzen von Blei nach Pollak. Walzerei. Bleilot von Pollak. Patent	59
Stanzen von Kompositrägern nach Schoop. Stanze und Exzenterpresse. Schema der Matrizen dazu. Ansicht einer Platte	61
Hobeln von Bleiplatten	65

Kapitel III. Träger für Accumulatorelektroden.

Kohle, Graphit, Aluminium, Kupfer, Bronze, Gold, Platin sind untaugliche Stoffe für die Träger. Anforderungen, welche an Träger gestellt werden müssen	67
Träger für Bleischwamm. — Verhalten des Bleischwamms mit der Zeit. Unzulässigkeit des Quecksilbers als Hilfsmittel gegen das Schwinden; E. Volkmar als Erfinder	69
Patent von E. Volkmar	71
E.-P.-S.-Gitter für negative Platten. E.-P.-S.-Gitter für positive Platten (1887)	75
Kapazität von zwei verschiedenen E.-P.-S.-Accumulatoren	79
E.-P.-S.-Gitter für transportable Accumulatoren (1897)	82
Dreieckgitter. — Verhältnisse bei 5 mm dicken und 2½ mm dicken Platten	83
Verhältnisse bei 5 mm und 8 mm dicken Platten	87
Verhalten von Bleischwammplatten verschiedener Dicke	88
Sechseckgitter (Swan)	89
Gitter der A.-F.-A.-G. Berlin 1894 und 1897	90
Spanisches Gitter (Universalgitter)	92
Doppelgitter von Gadot, Schoop, Jacquet	94
Das Corrensgitter. — Kapazitäten desselben	95
Modifikation von G. Hagen in Kalk bei Köln	97
Modifikation der Watt-Accumulatorenwerke. Watt-Accumulator	99
Modifikation von Hartung	103
Gitter von Morian & Co.	105
Böse-Platte	106
Marschner-Rahmen	107
Rahmen der Berliner Accumulatorenwerke	108
Prüfung der Kapazität von Accumulatoren der Berliner Accumulatorenwerke	109
Gitter der Chloride-Accumulator-Co., Philadelphia	110
Kapazität eines Chloride-Accumulators	111
Gitter von Hladik-Grünwaldt, Berlin. Kapazität eines Accumulators	111
Gitter der Austria-Accumulatorenfabrik Baden bei Wien (1897)	113
O. Schulzes Träger (1889). Kapazität der Schulze-Platten	115
Modifikation der A.-F.-A.-G. Berlin vom Jahre 1895	116
Zusammenstellung einiger Gittergewichte	117
Patentzusammenstellung über Gitter	118
Bemerkungen dazu	118
Die Träger für Superoxydplatten. — Weichblei ist das beste Material. Gitter sind nicht sehr haltbar	122
Vorzüge der „Oberflächenelektroden“ gegenüber Masseplatten	125
Konstruktion von G. Planté. Fabrikat von Bréguet & Co., Paris	126
Kabaths Accumulator	128
Main-Platte. Rillenplatte der Electrochemical-Storage-Battery-Co.	131
Verhältnisse eines Tudor-Elements (1888). Verhalten desselben	134
A.-F.-A.-G.-Platte (1891). Wellenplatte. A.-F.-A.-G.-Element (1893)	138
Geprägte Platte (1894)	144
A.-F.-A.-G.-Platte (1896 und 1897). Kapazität derselben	145
Pollak-Platte. Pollak-Element und dessen Kapazität	149
Zackenplatte. Nähere Dimensionierung und Kapazität	152
Platten der Electrochemical-Storage-Battery-Co. Willard-Elektrode	155

	Seite
Bleischaum von Watt. BleiwoUplatte von Simmen	156
Gepresste Träger von Berks-Renger, von A. de Khotinsky	158
Erste Form des de Khotinsky-Accumulators	160
Aufbau und Kapazität eines Gelnhäusen-Accumulators. Superoxyd- elektrode	162
Winkler-Platte	166
Konstruktion von O. Schulze, Strassburg, 1897	167
Gewichte einiger Plattentypen	169
Patente über Träger in Deutschland. Crompton-Howell- Verfahren	170
Vorbereitung der Träger zur Pastung	173

Kapitel IV. Die Füllmassen.

Bleiglätte und verdünnte Schwefelsäure. Walzen der gefüllten Gitter	176
Mennige und verdünnte Schwefelsäure	178
Mischungen von Glätte, Mennige und verdünnter Schwefelsäure	178
Bleiglätte und Glycerinschwefelsäure	179
Mennige und Glycerinschwefelsäure	180
Bleistaub und Wasser. Bimssteinzusatz. Siebmaschine	180
Bleiglätte und Bittersalzlösung	182
Vorschläge zur mechanischen Einbringung der Füllmasse in die Träger	184
Pastmaschine. — Kniehebelpresse von K. Krause	187
Längsquerschnitt der Pastmaschine. Oberansicht des Fülltrichters Querschnitt und Oberansicht der Auflageplatte. Querschnitt des Apparates nach der Breite	188
Untersicht und Seitenansicht des Stempels	191
Bleiglätte, Mennige und Zinkvitriollösung. Pyridin als Bindemittel Nachteile der mechanischen Pastung	193
Ueber die Porosität des Füllmaterials und der daraus formierten Massen.	194
Die „Leitungsfähigkeit“ von Bleischwamm und Bleisuperoxyd	195
Eigentümliches Verhalten der Masseplatten. Aufladung innerhalb der Masse	196
Annahme eines flüssigen Depolarisators in der Superoxydelektrode Unkenntnis der wirklichen Vorgänge beim Laden und Entladen der Platten	196
Porositätsverhältnisse bei Bleischwammplatten	200
Porositätsverhältnisse bei Superoxydplatten	201
Regel für die maschinelle Pastung der Schwammplatten	203
Vorschrift zum Pastverfahren mit Maschine	204
Regel für die Pastung von Superoxydplatten	205
Mennige, Glätte und Magnesia	206
Ueber das Perforieren der Füllmasse.	207
Rolle der Durchtränkungsflüssigkeit, der Diffusionsgeschwindigkeit Vorteil der Perforationen	208
Prüfungsbescheinigung eines Austria-Accumulators	209
Verfahren von J. L. Huber, Hamburg. Platten der Chloride-Accumu- lator-Co.	210
Porosität des aus Chlorblei reduzierten Schwamms	211
Perforiermaschine von Karig, Wien	213

	Seite
Uebersicht der vorgeschlagenen Bindemittel für Bleioxydpasten	216
Patente über Füllmassen, welche bis zum 1. Januar 1898 in Deutschland aufrecht bestehen	218
Bemerkungen und Erläuterungen zu vorstehenden Patenten	226
Diffusion im Gülcher-Accumulator	237
Höchst erreichte nutzbare Kapazität der Füllmasse	239

Kapitel V. Das Formieren der Rohplatten.

Formation mit verdünnter Schwefelsäure als Elektrolyt	241
Von negativen Platten. L-Type der E.-P.-S.-Co. Einbau der zu formierenden Elektroden. Beispiel (1500 L-Gitter, negativ)	241
Theoretisch erforderliche und praktisch notwendige Strommenge	245
Entladung, Ausbau und Putzen der Bleischwammplatten	246
Formierung positiver Platten. L-Type der E.-P.-S.-Co.	247
Beispiel. Berechnete und wirklich aufgewendete Ampèrestunden Einrichtungen zur Formation. Erwägungen bei der Anlage. Kraft- quellen	248
Maschinenraum und Formierraum der Kölner Accumulatorenwerke	250
Schaltungsschema für die Formieranlage. Apparate der Elektrizitäts- gesellschaft vorm. Schuckert & Co.	251
Automatischer Unterbrecher. Hebelschalter. Ausschalter. Regi- strierender Ampère- und Voltmeter	256
Schalttafel. Stützscheiben. Mit Nuten versehene Glasgefäße zum Einbau der Platten	259
Wasserstofflötung. — Vorsichtsmassregeln beim Gebrauch des Wasserstoffes. Entwickler. Neutralisierapparat	261
Luftgasometer. Einstellen der Stichflamme. Anschluss der Platten an Bleileisten	263
Formierung mit konstanter Spannung.	267
Nachteile der Elektrolyse mit konstanter Stromstärke. Zeitdauer bei konstanter Spannung. Formierzeit und Plattendicke. Kontrolle der Elektrolyse	270
Gemeinsame Formation positiver und negativer Platten	275
Formation in Bittersalzlösung als Elektrolyt. — Schal- tung für Wechselstrom. Gleichrichter und Aluminiumtrans- formatoren	275
Widerstand von Bittersalzlösungen	278
Bereitung von Bleischwammplatten.	
Formiergefäß. Einbau mittels Kompositstützscheiben. Beispiel der Stromverhältnisse	279
Formation von Superoxydplatten. Reinigungsmethode	281
Stromverteilung in den Füllmassen. Fortschreiten der elektro- lytischen Prozesse in Bittersalz- und Zinksulfatlösung, bei Bleiweissfüllungen, bei perforierten Füllungen, bei grob- körnigem Füllmaterial, bei anderer Gestalt des Trägers. Spitzenwirkung. Die Stromlinien gehen den Flüssigkeits- fäden nach	282
Verschiedene Struktur des Bleischwamms resp. Bleisuperoxyds nach Wahl des Elektrolyts. Abhängigkeit der Struktur von Zu- sätzen zum Elektrolyt, von Stromdichte, Temperatur, Binde- mittel	285
Verschiedene Elektrolyte und Leitfähigkeiten derselben	286

Autogene Formation. — Nach Swan, Epstein, Reckenzaun, Sellon	287
Nach Dujardin, Hering, Swineburne, Pflüger, Schoop. Andere Vorschläge. Beispiel: Kalichlorat mit Natriumbisulfat als Elektrolyt	289
Patentübersicht	290
Nachprüfung des Patentes Nr. 84423	298
Dr. Höpfners Patente beanspruchen besonderes Interesse	303

Kapitel VI. Elektroden mit porösen Scheidewänden.

Einfluss der Säurediffusion auf die Kapazität der Elektroden	304
Röhrenaccumulator von Woodward. Pergamentpapier. Konzentrischer Accumulator. Accumulator mit Thonzellen. Accumulator von A. Oblasser, von Dr. Wershoven	306
Zwischenwände aus Glaswolle, Glasperlen	309
Gelatinöse Kieselsäure	310
Verschiedene Mischungsverhältnisse. Regeln bei der Bereitung der Gelatine	311
Patentübersicht	312
Accumulator der Elektrizitätswerke in Triberg	317

Kapitel VII. Versand und Aufstellung der Batterien.

Vorteile der Montage der Elemente am Orte des Gebrauchs	319
Beispiel. Es soll eine Pufferbatterie für eine Tramzentrale aufgestellt werden. Schaltungsschema. Arbeitsweise. Accumulatorenapparate. Materialliste. Element mit symmetrischer Stromführung. Wasserstoffapparat, transportabler	320
Erste Ladung, a) mit abgeschalteten Zusatzelementen, b) durch Teilladungen	328
Niedrige Temperatur und neue oder sulfatierte Platten erschweren die Ladung. Gasentwicklung. Kapazitäts- und Nutzeffektprobe. Kostenlose Garantie und Garantie auf Prämie. Einige Rücksichten, die bei der Bedienung eines Accumulators zu nehmen sind	330
Verschiedene Arten des Aufbaus der Elektrodenplatten zu Elementen	332
Wichtigkeit der Schaltung des Accumulators. Ueberanspruchungsgefahr beim Accumulator	333
Accumulator von C. W. Kayser & Co., Berlin. Kompositstützscheiben nach D. R.-P. Nr. 92967. Bedienungsvorschriften	335
Accumulator der Frankfurter Accumulatorenwerke. Bedienungsvorschriften	340
Accumulator der Kölner Accumulatorenwerke. Bedienungsvorschriften. Batterie der Mannheimer Hafenzentrale	342
Anforderungen an den Aufstellungsort für Accumulatoren	347
A.-F.-A.-G.-Montage (1895); Bedienungsvorschriften. Tudors Vorschriften	348
Accumulator der Chloride-Accumulator-Co.	350
E.-P.-S.-Accumulator. Betriebsanweisung aus dem Jahre 1887	351
Schaltschema der E.-P.-S.-Co. (1887); Ladung und Entladung nach demselben	354

Entladungsparallelbetrieb. E.-P.-S.-Accumulator in Blei- gefäß	356
---	-----

Kapitel VIII. Transportable Accumulatoren.

Anforderungen an solche. Ebonitgefäße. Gefäße aus Celluloid	358
Traktions-Accumulator der American-Battery-Co.	359
„Gemischter Betrieb“ bei elektrischen Strassenbahnen und „reiner Accumulatorenbetrieb“	363
Batterie für Eisenbahnwagenbeleuchtung. Beleuchtung der Post- wagen der deutschen Reichspost	365
Ladungsmodus. Kosten der Lampenbrennstunde	367
Batterien für Messzwecke der Frankfurter Accumulatorenwerke	367
E.-P.-S.-Element mit symmetrischer Stromführung	369
Transportabler Accumulator (Maschinenfabrik Oerlikon, Schweiz) mit symmetrischer Stromführung	371
Untersuchungen Ayrtons über die Füllmasse in E.-P.-S.-Superoxyd- platten	371
Elektrisches Schiff für 12 Personen	373
Einfache Zirkulationsvorrichtung bei Tram-Accumulatoren. Wasch- vorrichtung	378
Tragbare Beleuchtungsbatterie	379
Elektrische Grubenlampen	380
Allgemeine Bemerkungen über transportable Accumulatoren	382
Gebrauchsanweisung für Gülcher-Accumulatoren	383

Kapitel IX. Accessorien bei Accumulatorbatterien.

Holzgestelle für Batterien. Maschinen zur Anfertigung der- selben, sowie von Holzkästen	386
Bandsäge. Hobel- und Abrichtmaschine. Bohrmaschine mit elek- trischem Antrieb	388
Holzkasten. Batterie mit getäfelten Holzkästen der Chloride- Accumulator-Co.	389
Accumulatorenapparate. — Anwendung dieser an einem Beispiel. Der Accumulator als Regulator und Ausgleichs- apparat	394
Automat nach Dietrich-Hospitalier. Starkstrom-Unter- brecher der Elektrizitätswerke vorm. Schuckert	396
Zellenschalter. — Einfachzellenschalter (Schuckert) mit Hand- einstellung. Doppelzellenschalter mit automatischer Einstellung des Entladehebels der Elektrizitätswerke vorm. Schuckert	399
Einrichtung des Funkenlöschers	402
Schema für Dreifachzellenschalter in Zweileitersystemen	408

Kapitel X. Kapazität, Nutzeffekt und Widerstand von Bleiaccumulatoren.

Kapazitätsbegriff	410
Elektrochemischer Wirkungsgrad. Nutzeffekt	412
Abfall der El. Kraft beim geladenen Accumulator nach Earle	414

Widerstand, Verteilung desselben	415
Resultate von Ayrton, Lamb und Smith	416
Notwendigkeit zahlreicher Versuche zur Charakterisirung eines Accumulators	418

**Kapitel XI. Vergleichende Untersuchung elektrischer
Accumulatoren.**

Ueberblick über frühere Ermittlungen der physikalischen Kon- stanten des Bleiaccumulators	419
Bedeutung der Dauerproben. Arbeiten von Streitz. Messungen Streitz' an Tudorplatten	421
Zinkstab in Zinksulfat als Hilfelektrode. Kadmium als Hilfs- elektrode für technische Zwecke	423
Das Weston-Instrument. Versuchsanordnung für praktische Messungen	426
Abhängigkeit der Potentialdifferenz Kadmium-Schwefelsäure von der Säurekonzentration und Temperatur	428
Klemmenspannung und elektromotorische Kraft	429
Säurekoeffizienten. Verteilung auf die einzelnen Elektroden. Temperaturkoeffizient	430
Der Widerstand von Accumulatoren nach Streitz, Nernst- Hagen und Greef	432
Elektromotorische Kraft der Elektroden bei geschlossenem Strom- kreis	436
Verteilung der elektrischen Kräfte auf die einzelnen Elektroden. Absolute Potentiale nach F. Exner	436
Untersuchung an einem Marschner-Accumulator. Allgemeine Angaben über das Versuchsobjekt. Entladung mit vier ver- schiedenen Intensitäten. Ladung mit einer Intensität	437
Erholung der einzelnen Elektroden. Graphische Darstellung der Messungen	442
Untersuchung an einem Austria-Accumulator. Allgemeine An- gaben über das Versuchsobjekt. Quecksilber-Quecksilber- oxydulsulfat als Hilfelektrode. Versuchsreihe	443
Graphische Darstellung von Flächen über elektromotorische Kräfte und Klemmenspannungen	447
Graphische Darstellung des Austria-Accumulators	448
Reduktion der Werte auf den „Einkilogramm-Accumulator“	449
Vergleich der einzelnen Elektroden für sich bei verschiedenen Systemen. Einkilogramm-Superoxydelektrode als Reduktions- basis	450
Messungen von H. Benndorf, Wien	451
Accumulator der A.-F.-A.-G. in Baumgarten (Wien). Charakteri- sierung des Versuchsobjektes	452
Graphische Darstellung des A.-F.-A.-G.-Accumulators. Graphische Darstellung der einzelnen Elektroden	454
Accumulator von Gülcher, Berlin, Beschreibung des Elementes. Nähere Angaben von Gülcher	455
Graphische Darstellung des Gülcher-Elementes. Graphische Dar- stellung der einzelnen Elektroden	457
Accumulator von Oblasser, Triest. Verhältnisse beim Prüfungs- objekt	459

	Seite
Graphische Darstellung des Elementes. Graphische Darstellung der einzelnen Elektroden	461
Ladungskurven der drei Accumulatoren. Ladungskurven bei den einzelnen Elektroden	464
Versuchsordnung für Ladungs- und Entladungsmessungen mit der Voraussetzung, dass die nötige Einrichtung selbst anzufertigen sei. Schema	466
Kapillar-Elektromotor von F. Exner (Wien). Herstellung und Gebrauchsweise desselben	468
Ein-Volt-Normal-Element von Helmholtz-Carhart. Darstellung desselben	470
Kupfervoltmeter. — Herstellung, Eigenschaften und Behandlung desselben	472
Anfertigung der Widerstände. Messband, Messdraht und Regulierwiderstand	474
Kalibrierung des Messbandes (für Stromstärkemessung). Schema	476
Schema für die Spannungsmessungen	479

Kapitel XII. Theoretische Anschauungen über die elektrochemischen Vorgänge im Bleiaccumulator.

Ansichten von G. Planté	482
Theorie von Gladstone und Trybe	484
Wärmetönungen und elektromotorische Kraft nach Streintz	486
Experimentelle Widerlegung der Sulfattheorie durch Darrieus	487
Lokalaktion im Bleiaccumulator nach Darrieus	490
Ueber die Konstitution der verdünnten Schwefelsäure.	
Hydrate von L. Pfandler. Leitfähigkeit nach Kohlrausch	491
Die unfruchtbare Ionentheorie. Elektrolyse nach Clausius und Helmholtz	492
Annahme von Umlagerungen innerhalb der ineinandergreifenden Molekularsphären	493
Schematische Darstellung durch Formeln	496
Superoxydschichten aus Kalkwasser und Schwefelsäure	497
Kapazität und Plattendicke nach Earle	498

Kapitel XIII. Andere reversible galvanische Kombinationen.

Der Zink-Kupfer-Accumulator	500
Der Zink-Blei-Accumulator	501
Antimon-Accumulator von Darrieus	502
Wismut-Accumulator	503
Rolle der Superoxyde nach Sinstedden	504
Superoxyde, welche als Anodenmasse vorgeschlagen worden sind	504
Salze und Oxyde	504
Elektrolyte	505
Eisenaccumulator von Roberts	505
Chromsäure-Kombination	505
Tabelle über spezifisches Gewicht und Prozentgehalt verdünnter Schwefelsäure	507
Atomgewichte nach Lothar Meyer und K. Seubert	508

Einleitung.

In einem zur Orientierung in der Accumulatorentechnik bestimmten Werk können die Patente, welche Maschinen zur Herstellung von Accumulatoren oder Teilen derselben und einschlägige Verfahren, Konstruktionen etc. zum Gegenstand haben, nicht beiseite gelassen werden. Eine vollständige Aufzählung oder gar Besprechung aller, schon auf Accumulatoren erteilten Patente müsste sehr wünschenswert und verdienstvoll sein, aber den Rahmen der vorliegenden Arbeit weitaus überschreiten. Neben dem Uebelstand, dass solche Zusammenstellung bei den nach Tausenden zählenden Patenten ebenso voluminös als ermüdend ausfiele, hätte dieselbe den grossen Nutzen, dem Erfinder als Kontrolle zu dienen und vielleicht zu verhindern, dass immer wieder dieselben Ideen als neu behandelt werden. Und doch genügte selbst die Aufzählung aller bisher patentierten Erfindungen über Accumulatoren nicht, Irrtümer in der Beurteilung der Neuheit einer Sache zu vermeiden, indem viele Versuche und Vorschläge unpatentiert sich auch in der Litteratur vorfinden, worüber ebenfalls keine Zusammenstellung existiert. Daher kommt hier, wie in manchen anderen Gebieten, die Untersuchung über die wirkliche Neuheit eines Gegenstandes oder Verfahrens höher zu stehen als die Patentierungsspesen, weshalb die Tragung dieser das kleinere Risiko vorzustellen scheint. —

Daher ist zu erklären, weshalb sich dieselben Erfindungen regelmässig wiederholen. Das Patentamt übernimmt bekannt-

lich in keinem Staate Garantie für die Unanfechtbarkeit des erteilten Patentcs.

Die Vertreter der reinen Wissenschaft haben bis jetzt wenig Interesse für die Patentlitteratur gezeigt — und doch möchte Verfasser glauben, dass das Studium von Patenten demselben mehr Beistand in seinen Arbeiten über Accumulatoren geleistet hat, als dasjenige mancher theoretischer Abhandlungen. — Um Anfängern in der Technik gewissermassen eine Anleitung zur Behandlung der einschlagenden Patentlitteratur zu geben, sind die bestehenden Patente in Deutschland über Accumulatoren von Klasse 21 vollständig angeführt und in passende Gruppen eingeteilt, einer kurzen Betrachtung unterzogen worden.

Der Praktiker wird auf ähnliche Weise mit den Patenten aller derjenigen Länder verfahren, welche ihm Interesse bieten. Die vollständigste Sammlung von Erfindungen über Accumulatoren bietet zweifellos das amerikanische Patentarchiv; nach diesem die englische Patent-Office. Das Suchen an solchen Stellen kann etwa mit der Arbeit eines Goldwäschers verglichen werden; viel Mühe und wertloser Sand, bis die Goldkörner herausgesondert sind.

Nur ein winziger Bruchteil der entnommenen Patente besteht auf die Dauer. Eine, den Patenten über Accumulatoren speziell anhaftende Eigentümlichkeit scheint, dass der vorsichtigste Beurteiler oft nicht im stande ist, vom blossen Eindruck der Beschreibung der Erfindung sich ein Urteil über die Zweckmässigkeit letzterer zu bilden. Die Theorie des Accumulators ist noch nicht so weit gediehen, dass sie als zuverlässige Stütze oder Leuchte hiebei dienen könnte. In der Regel kann aber das direkte Experiment Aufschluss bringen, wenn hier auch nur zu oft gilt: *Si duo faciunt idem, non est idem.* — Nebenumstände, welche nicht erwähnt werden, können auf das Resultat ausschlaggebend sein. — Es geht hervor, dass es eine ungemein schwierige Aufgabe für ein Patentamt sein muss, jede Einreichung auf deren Neuheit und (wie das deutsche Patentgesetz vorschreibt) praktischen Wert

zu behandeln. In Anbetracht der vielen, unvermeidlichen Irrtümer erscheinen die nach den formellen Prinzipien geleiteten Patentierungsverfahren dem mit „Vorprüfung“ ausgestatteten Geschäftsgang eher überlegen (immer mit Hinsicht auf den Gegenstand dieser Arbeit).

Von den überreichen Vorschlägen und Patenten, welche Konstruktion und Herstellungsart von Accumulatoren betreffen, sind hier nicht einmal diejenigen vollzählig angeführt, welche thatsächlich aus dem Stadium des Projekts herausgekommen, das heisst, wirklich ausgeführt worden sind. — Die Einteilung aller hieher gehörigen Bekanntmachungen in zwei Gruppen, nämlich: in solche, die überhaupt keine technische Anwendung gefunden haben und solche, die zeitweilig als Handelsprodukte verwirklicht auf dem Markt aufgetreten sind, würde allerdings den Vorteil bieten, die überwiegende Anzahl der wertlosen Patente und Verfahren auf die eine Seite auszuscheiden, so dass in der zweiten Abteilung die beachtenswerteren zu finden wären. Doch dürfte solche Trennung trotzdem nicht die wirkliche Scheidung der Spreu vom Weizen beanspruchen, da viele praktisch ausgeführte Accumulatoren sich als recht wertlos erwiesen haben, zum Teil wegen des demselben zu Grunde liegenden unhaltbaren Prinzips, und nach kurzer Zeit der Vergessenheit anheim gefallen sind. Andererseits ist nicht zu verkennen, dass gewisse Methoden und Konstruktionen, trotzdem dieselben keine nennenswerte praktische Anwendung gefunden haben, einen guten Kern in sich bergen und Aussicht auf spätere Anerkennung haben.

Vorliegende Arbeit kann nicht einmal Anspruch darauf machen, die zu diesem Zeitpunkte wirklich fabrizierten Accumulatorenssysteme vollzählig zu behandeln; trotzdem sich Verfasser bemüht hat, durch direkte Anfragen und Besuche bei fast allen Firmen, möglichst sachgemässe Auskunft zu erhalten. Dem Leser kann es nicht entgehen, dass die in Deutschland und Oesterreich fabrizierten Fabrikate beinahe komplett angeführt sind, besonders deshalb, weil die deutschen Firmen, mit seltenen Ausnahmen, mit grosser Zuverlässigkeit alle

gewünschten Auskünfte erteilen. Spärlicher fielen die von französischen, englischen und amerikanischen Accumulatorenfabriken erhältlichen Informationen aus. Nachdem aber kein Zweifel besteht, dass die Accumulatorenindustrie Deutschlands an der Spitze sämtlicher Länder steht, hofft Verfasser, dass dieser Ueberblick zugleich einen, dem Gesamtbild der Weltindustrie ziemlich ähnlichen Eindruck liefere.

Mehr als Einführung in das mannigfaltige Gebiet der Accumulatoren kann vorliegende Arbeit nicht gelten.

Mit besonderer Ausführlichkeit ist die Prüfung der Rohmaterialien behandelt worden, weil in diesem Punkte allseitig zu viel Unterlassungssünden begangen worden sind und wohl noch begangen werden. Die einwurfsfreie Beschaffenheit der Ausgangsmaterialien wird erst dann zu erreichen sein, wenn die Accumulatorenfabriken überall mit bestimmt formulierten Garantien und Ansprüchen an die Lieferanten herantreten.

Ebenso ist der vergleichenden Untersuchung der fertigen Accumulatoren etwas ausführlichere Behandlung zu Teil geworden, weil die bisher zu Tage geförderten Resultate recht wenig boten. Es ist ja vollkommen richtig, dass ebenso sehr als die Kapazität des Fabrikats, auch die Abnützung desselben im Gebrauche, den Wert bestimmt. Daher ist leicht ersichtlich, dass die Beurteilung eines Accumulators eine ungleich schwierigere Aufgabe sein muss, als diejenige, z. B. einer Dynamomaschine. Bei letzterer ist erfahrungsgemäss keine, im Vergleich mit anderen Maschinen, ausserordentlich zu nennende Abnützung vorhanden. Anders bei den Accumulatoren. Jeder Accumulator kann in dieser Beziehung einem Reservoir verglichen werden, welches eine, das Material des Reservoirs langsam angreifende Flüssigkeit enthält. Ein solches Reservoir wird sich allerdings sehr oft füllen und entleeren lassen, aber im Laufe der Zeit Defekte erhalten, wahrscheinlich an der schwächsten oder der am meisten exponierten Stelle. — Um ein Fabrikat genau zu definieren, müsste in den Preislisten der Fabriken nicht nur angegeben sein, wie gross die Kapazität und der Nutzeffekt desselben bei der vorgesehenen

Belastung sei, sondern auch, wie oft sich die Wiederfüllung des Accumulators bis zur ersten Reparatur bewerkstelligen lasse. Die Garantie, welche jede Accumulatorenfabrik für ihr Fabrikat übernimmt, bietet allerdings einen gewissen Ersatz für den Mangel vorerwähnter Angabe. Doch ist hiebei nicht zu verkennen, dass solche Garantie nur unter der Voraussetzung Wert hat, dass dieselbe bona fide auch eingehalten werde oder werden könne. Die Grösse der Firma, resp. des Aktienkapitals, mit dem diese operiert, hat selbstredend gar keinen Einfluss auf die Güte der Garantie, so dass der informierte Käufer sich da bedienen wird, wo ihm das Fabrikat an und für sich die meiste Garantie für Tauglichkeit zu bieten scheint. — Bis jetzt fehlten Methoden, welche die genaue Vergleichung verschiedener Fabrikate ermöglichten; durch die hier aufgeführten Beispiele hofft Verfasser einen entsprechenden Weg zu zeigen.

Die ausführlichere Behandlung der Apparate zur Prüfung von Accumulatoren sollte dazu beitragen, den Laboranten etwas unabhängiger von den teuern Messinstrumenten zu machen. Die selbst gemachten Einrichtungen erlauben nicht nur ebenso grosse Genauigkeit zu erreichen, wie durch die besten praktisch gebräuchlichen Präzisionsinstrumente, sondern sind, weil einfacher und leichter zu kontrollieren, sogar zuverlässiger als diese.

Bei der kurzen theoretischen Betrachtung über die chemischen Vorgänge im Bleiaccumulator sind die vielen, in den letzten Jahren geäusserten Spekulationen, welche sämtlich die Annahme hypotetisch freier Ionen machen, nicht berücksichtigt worden, weil dieselben nach keiner Richtung die Sache zu fördern geeignet erscheinen.

Besonderes Augenmerk ist auf die getreue Wiedergabe der besprochenen Konstruktionen von Elektroden und Elementen gerichtet worden.

Kapitel I.

Die Rohmaterialien.

Von allen galvanischen Kombinationen, welche bis jetzt als „reversible“ oder umkehrbare bekannt geworden sind, hat sich nur der Blei-Accumulator technisch verwenden lassen. Die bei demselben hauptsächlich in Betracht kommenden Ausgangsmaterialien sind: Weichblei, Antimon, Bleistaub, Bleioxyd (Bleiglätte), Mennige, Bleisulfat, Bleiweiss, Schwefelsäure.

Blei. Das zur Herstellung der Elektroenträger (Gitter, Platten, Leiter) zu verwendende Blei sollte möglichst rein sein. Auch in dem Falle, dass nicht Weichblei, sondern eine Legierung von Blei mit Antimon (Hartblei) für die Träger gewählt wird, empfiehlt es sich, von den reinen Metallen Blei und Antimon auszugehen und nicht etwa die im Handel vorkommende Legierung mit 20% Antimon anzunehmen. Ist doch öfters das Weichblei schon nicht einwurfsfrei und die Gefahr von Unreinheiten bei fertigen Legierungen ungleich näher liegend. Trotzdem Abschlüsse auf Weichblei zweckmässiger Weise nur unter Garantie für die Reinheit desselben gemacht werden, wobei an fremden Metallen nicht mehr als $\frac{1}{10}$ % zugelassen werden sollte, ist es ratsam, sich nicht ausschliesslich auf diese Garantie zu verlassen, sondern sich durch eigene Prüfung des Materials von der Reinheit desselben zu überzeugen.

Die im Weichblei enthaltenen fremden Metalle sind in der Regel: Zink, Kadmium, Antimon, Arsen, Kupfer, Eisen, Mangan, Wismut, Silber. Diese Metalle stammen

von den, zur Bleigewinnung verwendeten Erzen her, so dass die Reinheit des erhaltenen Bleies zum grossen Teil von der sorgfältigen Gattierung der Erze abhängig ist. Hauptsächlich ist der Bleiglanz (Galenit) das Ausgangsmaterial; nachstehend sei als Beispiel die Zusammensetzung eines englischen ziemlich reinen Erzes angeführt:

89,95 % Schwefelblei*)	0,29 % Eisenoxyd
0,99 „ Schwefelzink	0,13 „ Thonerde
5,15 „ Bleioxyd	1,62 „ Kohlensäure
0,65 „ Kalk	0,85 „ Unlösliche Kieselsäure

Rohblei	Weichblei
98,93 % Blei	99,988 % Blei
0,19 „ Kupfer	0,004 „ Antimon
0,72 „ Antimon	0,004 „ Wismut
0,01 „ Arsen und Wismut	0,0005 „ Silber
0,14 „ Silber	0,0009 „ Eisen
0,01 „ Zink und Eisen.	0,0005 „ Zink
	0,0004 „ Kadmium.

(Bei diesen Analysen ist der Bleigehalt nicht direkt bestimmt, sondern als Differenz aller übrigen, bestimmten Metalle mit dem Ausgangsgewicht eingesetzt worden.)

Das Blei schmilzt bei 334° C.; das spezifische Gewicht ist 11,358 bis 11,387; in der Nähe der Schmelztemperatur wird das Blei spröde, so dass eine genügend erhitzte Bleiplatte beim Fallenlassen in Stücke zerbricht. Das geschmolzene Metall zieht sich während des Erstarrens merkbar zusammen. Ein Bleidraht von 2,9 qmm Querschnitt reisst bei einem Zug von 9 kg.

Die Leitfähigkeit für Elektrizität ist 7,77 (bei 17,3° C., wenn bei derselben Temperatur diejenige des Silbers 100 ge-

*) Je nach dem angewandten Verhüttungsprozess fällt das zuerst erhältliche Rohblei oder Werkblei mehr oder weniger rein aus. Das Rohblei, wovon beistehend eine Analyse als Beispiel angeführt ist, kann nicht für Accumulatoren gebraucht werden, sondern es sollte nur raffiniertes Blei, Weichblei, verwendet werden.

setzt wird). Bei gewöhnlicher Temperatur oxydiert sich das Blei an der Luft beinahe gar nicht; zwar erhält sich die glänzende, bläulichgraue Schnittfläche nicht lange, sondern läuft nach wenigen Minuten an und wird matt. Doch bleibt diese oberflächliche Oxydationsschichte auch nach jahrelangem Liegen des Bleies an trockener und säurefreier Luft ungemein dünn. Leichter nimmt Blei Sauerstoff aus der Luft auf, wenn dasselbe einige Zeit auf der Schmelztemperatur erhalten wird, wobei es sich mit einer grauen Haut (vielleicht von Bleisuboxyd) bedeckt. Bei starker Rotglut überziehen sich manche Bleisorten begierig mit einer pulverigen gelben Schichte von Bleioxyd; andere Bleisorten oxydieren sich erst rascher bei der Schmelztemperatur des Bleioxyds. In Rotglut ist Blei noch nicht flüchtig; tritt aber Luft hinzu, so entstehen Dämpfe von Bleioxyd. Metallisches Blei, besonders in Form von Bleistaub, ist giftig, wenn auch nicht in dem Masse, als dessen Sauerstoffverbindungen oder Salze.

Die Untersuchung des Weichbleies wird nach Fresenius (Zeitschrift für analytische Chemie, 8, S. 156) folgendermassen vorgenommen: Man löst 200 g Blei in einer Flasche von $1\frac{1}{2}$ l in 550 ccm Salpetersäure von 1,2 spez. Gew. und 500 ccm Wasser auf. Diese Lösung bleibt 24 Stunden stehen und bleibt klar, wenn nur wenig Antimon vorhanden ist.

Die eine Hälfte der Lösung wird mit Wasser auf 1500 ccm gebracht, mit 1 ccm Salzsäure von 1,2 spez. Gew. (der zuerst noch mit 50 ccm Wasser verdünnt wird) versetzt und 3 Tage zur Seite gestellt. Ist Silber zugegen, so opalisiert die Lösung beim Zusatz der Salzsäure. Der Niederschlag von Chlorsilber wird nach Roses Methode durch Glühen in Wasserstoff in Silber übergeführt und gewogen. — Die andere Hälfte der Lösung wird in einer 2-Literflasche mit 63 ccm reiner, konzentrierter Schwefelsäure versetzt. Von dem entstandenen Niederschlag von Bleisulfat wird abfiltriert, und das Filtrat eingedampft bis Schwefelsäuredämpfe entweichen, worauf Rückstand in 60 ccm Wasser aufgelöst wird. Es bleibt etwas Bleisulfat und eventuell antimonsaures Blei unlöslich,

welches abfiltriert wird. Im Niederschlag kann (wie bei Hartblei näher angegeben ist) das Antimon elektrolytisch bestimmt werden. — In das auf 200 ccm mit Wasser verdünnte Filtrat wird bei 70° C. Schwefelwasserstoffgas eingeleitet und nach 12 Stunden der Niederschlag abfiltriert. Derselbe kann Silber, Kupfer, Kadmium, Wismut, Arsen und den restlichen Teil des Antimons enthalten.

Bezüglich der quantitativen Trennung und Ermittlung dieser Metalle muss auf das Original verwiesen werden.

Handelt es sich nur um eine orientierende Untersuchung, so wird der Niederschlag mit konzentrierter Salpetersäure in einer Porzellanschale aufgelöst und die Salpetersäure ganz abgedampft. Der Rückstand wird mit wenig Wasser aufgenommen und filtriert. Die Hälfte des Filtrats wird mit einem Tropfen Salzsäure versetzt, wodurch das Silber ausgeschieden wird. Das Filtrat vom Chlorsilber wird mit Ammoniak versetzt; Blaufärbung zeigt Kupfer an. Hat sich kein Kupfer nachweisen lassen, so wird die Flüssigkeit mit Schwefelsäure angesäuert und durch Zufügen eines Stückes reinen Zinks, Wismut und Arsen ausgefüllt.

Das Filtrat von der Schwefelwasserstofffüllung wird mit Ammoniak gerade alkalisch gemacht und, mit etwas Schwefelammon versetzt, 12 Stunden lang ruhen gelassen. Der dabei sich ausscheidende Niederschlag kann Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel und Zink enthalten.

Bei der qualitativen Prüfung wird das Filtrat vom Schwefelwasserstoffniederschlag gekocht, bis aller Schwefelwasserstoff vertrieben ist und mit Salmiaklösung und Ammoniak versetzt, wobei Eisen und Mangan ausfallen. Aus dem Filtrat von dieser Fällung wird durch Zusatz von Schwefelammon das Zink geschieden.

Nun lässt sich auch ein Urteil über das Blei durch elektrolytische Prüfung gewinnen, ein Weg, welcher dem Accumulatorentechner näher stehen wird, als der reinchemische Gang. Dagegen muss hier vorausgeschickt werden, dass eine vergleichende Prüfung der elektrolytischen Analyse

mit dem eben geschilderten Verfahren nicht stattgefunden hat und es daher bei Beanstandung von Lieferungen, ratsam ist, die Kontrolle nach dem Verfahren von Fresenius vorzunehmen.

Je weicher das Blei ist, desto reiner ist dasselbe im allgemeinen, so dass härteres Blei schon misstrauisch betrachtet werden darf. Abfallblei oder aus altem Blei durch Zusammenschmelzen gewonnenes Metall wird kein vorsichtiger Fabrikant für die Platten verwenden. — Die Durchschnittsprobe wird so genommen, dass von jedem Barren von der glatten Seite (welche beim Giessen des Barrens die obere Fläche bildete) ein Schnitzel abgelöst wird und auf einmal soviel Barren angeschnitten werden, als für einen Tagesverbrauch erforderlich sind. Die Schnitzel werden am einfachsten überm Kohlenfeuer in einem eisernen Löffel oder Tiegel zusammengeschmolzen und auf starke Rotglut erhitzt. Je reiner das Blei ist, desto leichter überzieht es sich mit einer Oxydschichte. Darauf wird die Probe, in einer kleinen Form zu dünnen (nur ca. $\frac{1}{2}$ —1 mm dicken) Plättchen ausgegossen.

Die Bleiplättchen werden durch beschleunigte Oxydation in Superoxyd übergeführt und dabei der Elektrolyt so gewählt, dass die Beimischungen ausgezogen werden. Die Probeplättchen werden, zusammen mit entsprechend grossen Platinblechen, in ein kleines Accumulatoren-Glasgefäss eingehängt und dieses mit einer ca. 2%igen Lösung von Bittersalz (2 Gewichtsteile kristallisiertes Bittersalz in 100 Gewichtsteilen destilliertem Wasser aufgelöst) angefüllt. Hiezu wird noch 1 Gewichtsteil einer 1%igen Lösung von Natriumchlorat zugesetzt, und durch einen Tropfen Schwefelsäure die Mischung schwach angesäuert. Der Strom wird bei den, an einen starken Bleidraht angeschlossenen Bleiplättchen eingeleitet und bei den, ebenfalls parallel geschalteten Platinblechen abgeleitet, so dass sich also der Wasserstoff an diesen abscheidet.

Die Stromstärke wird so hoch gewählt, dass die Klemmenspannung dieser Probierzelle ca. 3,5 Volts beträgt. Der

Abstand zwischen den Bleiplättchen und Platinblechen sei ca. 30 mm. Nachdem die Bleiplättchen beinahe durchoxydiert sind, wird die Flüssigkeit mit einigen weiteren Tropfen Schwefelsäure angesäuert und der Strom weiter eingeleitet, bis reichlich Sauerstoff an den Bleiplättchen auftritt. Dann wird durch Umkehren der Stromrichtung die Superoxydmasse mit geringerer Stromstärke entladen und endlich durch Herstellen der ursprünglichen Richtung nochmals bis zur Sauerstoffentwicklung an den Bleiplättchen geladen. Hierbei gehen Kupfer, Arsen, Antimon, Silber in Lösung und schlagen sich an den Platinblechen nieder. Diese werden, noch während der Strom passiert, aus dem Gefäß gehoben und in verdünnte heisse Salpetersäure (20%ige) gestellt, wobei Kupfer, Silber und die anderen oben genannten Metalle in Lösung gehen. Diese wird zur Trockene abgedampft und der Rückstand in etwas Wasser aufgelöst. Erfolgt auf Zusatz eines Tropfens Salzsäure eine weisse Trübung oder ein Niederschlag, der sich bei Zusatz von etwas Ammoniaklösung wieder auflöst, so ist dadurch Silber nachgewiesen. Tritt beim Ammoniakzusatz zudem eine blaue Färbung ein, so zeigt diese Kupfer an. — Der geübte Probierer kann aus der Intensität des Niederschlags resp. der Färbung die Menge des Silbers und Kupfers schätzen. Um Zink, Eisen und Mangan nachzuweisen, wird der Elektrolyt mit Schwefelwasserstoff gesättigt, filtriert und das Filtrat mit Ammoniak und Schwefelammon versetzt.

Diese Prüfung ist nicht so umständlich, als die Beschreibung auf den ersten Blick erscheinen lässt, und erfordert, bei regelmässiger Ausführung, weniger Arbeit als die chemische Analyse. — Sehr rasch durchgefressen werden die Probeplättchen auch in einer Lösung von 5 Teilen Glaubersalz in 100 Teilen Wasser, welcher einige Tropfen Schwefelsäure und 0,5 Teile Kaliumchlorat zugesetzt werden.

Wird eine Probe der braunen Schichte der Probeplättchen mit Kalihydrat auf einem Eisenblech zusammengeschmolzen und bis zur Rotglut erhitzt, so zeigt die grüne Färbung der erkalteten Schmelze Mangan an.

Antimon. Dasselbe wird in Tafeln oder Laiben geliefert, welche an der Oberfläche ausgebildete kristallinische Figuren zeigen. Beim Zerschlagen zeigt es grosse Sprödigkeit, lässt sich gut pulverisieren und liefert dabei ein dunkles Pulver. (Beiläufig sei erwähnt, dass es vorkommen kann, dass anstatt Antimon Zinkstücke, welche den unaufmerksamen Arbeiter diese mit jenem verwechseln lassen, zur Bleilegierung gelangen, weshalb eine gesonderte Lagerung und Kontrolle dieser beiden Materialien sehr nützlich ist.) Auch bei Antimon ist eine Prüfung auf die Reinheit von Nutzen, doch ist der Schaden bei Verwendung weniger reinen Antimons nicht so auffallend, da in der Regel die Blei-Antimon-Legierung nur für die Bleischwammträger verwendet wird, welche letztere nicht so intensive Oxydationsprozesse auszuhalten haben, wie die Superoxydträger.

Das spezifische Gewicht des Antimons ist 6,7; die Härte 3 bis 3,5. Es schmilzt bei 440° C. Bei gewöhnlicher Temperatur ist das Metall gegenüber der Luft beständig; bei Rotglut oxydiert es sich und liefert einen weissen Rauch von Antimonoxyd. Bei höherer Temperatur verbrennt es mit bläulicher Flamme.

Als Zeichen der Reinheit gilt beim Handelsantimon der sogenannte „Stern“, welchen gut raffiniertes Antimon stets zeigt. Rohantimon sollte nicht für Accumulatoren Verwendung finden.

Rohantimon (Beispiel)	Raffiniertes Antimon	
	a	b
98,892 % Antimon	98,81 % Antimon . .	97,58 %
0,330 „ Arsen	0,36 „ Arsen . . .	1,70 „
0,052 „ Eisen	0,34 „ Eisen . . .	0,027 „
0,006 „ Silber	0,34 „ Blei . . .	0,44 „
0,720 „ Schwefel	0,02 „ Kupfer . .	0,066 „
	0,12 „ Schwefel . .	0,15 „

Das unter a angeführte Antimon ist demjenigen unter b vorzuziehen.

Nach Dammer, Handbuch der chemischen Technologie,

Bd. I S. 356, wird Hartblei am besten analysiert wie folgt: Man bringt 2,5 g Hartblei durch 4 ccm konzentrierter Salpetersäure in einen Kolben von 250 ccm Inhalt in Lösung und kocht nach Zusatz von 10 g fester Weinsäure und 10 ccm Wasser auf, worauf die klare Flüssigkeit mit etwas Wasser verdünnt, mit Natronlauge neutralisiert und mit 4 bis 5 ccm verdünnter Schwefelsäure (1:2 Wasser) versetzt wird. Hierbei scheidet sich das Blei als Sulfat aus. — Man füllt zur Marke auf, filtriert 50 ccm ab, neutralisiert mit Natronlauge in geringem Ueberschuss, kocht auf, filtriert nach Zusatz von 50 ccm Natriummonosulfidlösung das ausgeschiedene Bleisulfid und Eisensulfid ab und elektrolysiert mit einem Strom, der ca. $2\frac{1}{2}$ ccm Knallgas per Minute entwickelt. Nach dem Abwaschen und Trocknen wird das Antimon auf der vorher tarirten Platinschale gewogen.

Varrentrapp (Dingl. polyt. Journal 158, S. 316) löst Hartblei in Salpetersäure auf, dampft ab, löst den Rückstand in Wasser und filtriert. Der Rückstand ist Antimonoxyd. Das Filtrat wird mit verdünnter Schwefelsäure und Alkohol versetzt, das Bleisulfat abfiltriert und im Filtrat, nach Verdampfen des Alkohols, das Eisen durch Zusatz von Salmiak und Ammoniak gefällt. Im Filtrat von dieser Fällung wird das Zink durch Schwefelammon ausgeschieden.

Bleiglätte (Bleioxyd). Dieser Körper wird im grossen Massstab durch Oxydation des Bleies erhalten. Die schuppenförmige Glätte (Silberglätte), welche beim Abtreiben des silberhaltigen Bleies auf Silber abfällt, kann nicht für Accumulatoren verwendet werden, weil dieselbe zu unrein ist, namentlich Kupfer enthält. Nun ist aber auch die fein pulverisierte Glätte, wie solche allgemein für Accumulatorenfabriken geliefert wird, oft so unrein, dass die damit erzeugten Fabrikate durchaus mangelhaft ausfallen. — Es ist leicht ersichtlich, dass, wenn wirklich reines Blei als Ausgangsmaterial genommen wird, auch die daraus erzeugte Glätte frei von fremden Metallen sein wird. Nun scheint es fast, dass zur Umwandlung in Glätte gerade das weniger reine Blei ver-

wendet wird, indem das weichste Blei an und für sich ein gesuchter Artikel ist. So kommt es, dass Kupfer und Mangan oft sehr fühlbar in der Glätte vorhanden sind. Die Untersuchung jeden Fasses Glätte, bevor dasselbe in Gebrauch genommen wird, ist eine Vorsicht, die sich unfehlbar bezahlt macht, indem ein einziges Fass unreiner Glätte später recht kostspielige Reparaturen an der betreffenden Batterie verursachen kann.

Die Glätte enthält, unerwarteter Weise, auch nichtmetallische Unreinheiten, die noch gefährlicher sind, als fremde Metalle, nämlich Chlor und Kieselsäure. Die Flammengase, welche bei der Bereitung der Glätte im Flammofen über das Blei streichen, reißen Aschenteile mit sich, welche sich der Glätte beimischen. — Gewöhnlich zeigt sich der Chlorgehalt schon dadurch an, dass die mit destilliertem Wasser gekochte Probe der Glätte ein Filtrat liefert, das, mit Salpetersäure und Silbernitratlösung versetzt, die charakteristische Opalisierung oder gar eine Trübung von Chlorsilber zeigt.

In noch höherem Grade zeigt die Mennige (Minium) den Chlorgehalt, was sich aus der längeren Brenndauer bei der Herstellung erklärt. Den höchsten Chlorgehalt zeigte eine Lieferung von Blei-Orange. Dieses Produkt, welches in seiner chemischen Zusammensetzung der Mennige beinahe gleichkommt, wird durch Rösten von Bleiweiss erhalten. Die Herstellungsweise des Bleiweisses bietet einigermaßen eine Garantie für die Abwesenheit fremder Metalle in demselben; andererseits findet sich in dem Handelsprodukt, infolge ungenügender Auswaschung, oder weil die Auswaschung mit chlorhaltigem Wasser vorgenommen wurde, oft Chlor vor, das nachher im Blei-Orange ein unwillkommener Begleiter ist. Nun ist es erwiesen, dass schon sehr geringe Mengen von Chlor resp. chlorhaltigen Körpern den Bleikern der Superoxydelektroden in verhältnismässig kurzer Zeit zerstören können.

Die Farbe der Glätte variiert von Gelbbraun zu lichterem Gelb und bildet keinen Anhaltspunkt zur Beurteilung des Produktes. In der neuesten Zeit liefern die Hüttenwerke,

wohl durch das Drängen der Accumulatorenfabriken veranlasst, „Accumulatorenglätte, chlorfrei“, d. h. möglichst wenig chlorhaltig. Diese wird in rein zitronengelber Farbe und in einem Korn wie feines Tafelsalz geliefert; beim Pulverisieren entsteht daraus ein braungelbes Mehl.

Das spezifische Gewicht der verschiedenen Glättesorten ist beinahe identisch 9,4 (9,36 bis 9,50 nach Landolt & Börnsteins Tabellen 1894). Je feiner die Glätte gemahlen ist, desto mehr Flüssigkeit kann dieselbe aufnehmen bis die richtige Konsistenz der Paste erreicht wird. — 1 l Bleiglättemehl, in einem 200 mm hohen Messcyliner 300mal geklopft, wiegt 4,2 bis 5,2 kg.

Zur qualitativen Prüfung wurden z. B. 2 g Glätte in einem Reagenrohr mit 20 ccm destilliertem Wasser und 4 ccm konzentrierter Salpetersäure versetzt. Die Glätte löste sich auch bei längerem Kochen nicht vollkommen auf, sondern es blieb ein geringer Rückstand als weisses Pulver zurück. Derselbe bestand aus Kieselsäure und Blei. Die Lösung wurde im Porzellanschälchen zur Trockne verdampft und darauf der Rückstand mit destilliertem Wasser, dem ein Tropfen Salpetersäure zugesetzt wurde, gekocht. Die filtrierte Lösung gab, mit etwas Silbernitratlösung versetzt, sofort Opalisierung, die nach einigen Minuten in eine Trübung überging. — Auf Grund dieses Befundes wurde die Prüfung mit 10 g Glätte wiederholt und der Rückstand gewogen; er betrug 0,2 %.

Eine Messerspitze voll Glätte, auf einem Kupferblech vor dem Gasgebläse geschmolzen, liefert eine dunkelbraune Schmelze, die beim Erkalten kristallinisch erstarrt; enthält die Glätte Kieselsäure, so zeigt die erstarrte Schmelze keine kristallinische Struktur.

Ist die Schmelze bläulich oder grünlich gefärbt, so zeigt diese Färbung Mangangehalt an. Bei plötzlichem Abkühlen, z. B. durch Eintauchen in Wasser, nimmt die geschmolzene Glätte eine hell zitronengelbe Farbe an, während beim Erkalten an der Luft die Probe kaffeebraune Farbe annimmt.

Die Ermittlung der fremden Metalle, speziell des Kupfers, geschieht auf ähnliche Weise, wie unter „Blei“ angeführt worden ist. Damit kann zugleich die Chlorbestimmung verbunden werden.

In ein kleines Gitter, 3 mm dick, aus reinem Blei (die Konstruktion des Gitters ist nebensächlich), wurde die Glätte, die mit verdünnter Schwefelsäure von 1,2 spez. Gew. zur Paste angerührt worden war, eingestrichen und zwei Tage trocknen gelassen. Hierauf wurde das Plättchen in ein kleines, passendes Accumulatoren- Glasgefäß gehängt und jeder Seite desselben ein Platinblech gegenübergestellt. Darauf wurde reine, verdünnte Bittersalzlösung (5 Teile des kristallinen Salzes auf 95 Teile Wasser) eingefüllt und Strom bei den Platinblechen eingeleitet. Die Stromstärke wurde so gewählt, dass nach 70 Stunden die Glätte vollkommen in Bleischwamm übergeführt worden war. Nun konnte die Lösung durch ein Filter in ein Glas gebracht, mit einigen Tropfen Salpetersäure und Silbernitrat versetzt und das sich ausscheidende Chlorsilber nach den Regeln der chemischen Analyse zur Wägung gebracht werden.

Die elektrolytische Probierzelle wurde, nach der Entfernung der Bittersalzlösung, mit verdünnter Schwefelsäure von 1,05 spez. Gew. gefüllt und jetzt der Strom in entgegengesetzter Richtung eingeleitet, so dass das Bleischwammplättchen sich peroxydierte. Hierbei geht das Kupfer in Lösung und schlägt sich an den Platinblechen nieder. Diese werden, noch während der Stromkreis geschlossen ist, aus der Säure gehoben und in einem Probiergläschen mit verdünnter Salpetersäure gekocht. Die weitere Behandlung bis zur Wägung muss nach den bekannten analytischen Methoden erfolgen.

Auf dieselbe Art werden Mennige, Orange und Bleistaub geprüft. Für praktische Zwecke ist diese Prüfungsart genügend und einer weitergehenden, genaueren Untersuchung der Zeitersparnis wegen vielleicht vorzuziehen.

Die grösste Sicherheit für die Reinheit dieser Materialien würde in der eigenen Anfertigung derselben liegen. Für fast

alle Accumulatorenfirmen dürfte aber die Fabrikation der Glätte oder Mennige (resp. Orange) zu umständlich sein. Dagegen scheint sich der **Bleistaub** eher zur Selbstfabrikation zu eignen und mit der Zeit die Glätte und Mennige verdrängen. Der Apparat zur Bleistauberzeugung ist unschwer zu bedienen und das Produkt vor jeder Verunreinigung gesichert. Es soll deshalb hier kurz diese Fabrikation geschildert werden. Geschmolzenes Blei wird durch einen Dampfstrahl zerstäubt, auf ähnliche Weise, wie bei der Zerstäubung einer Lösung verfahren wird. Der Erfinder des Bleistaubs ist der bekannte Elektrotechniker A. De Khotinsky; ausgeführt werden die Apparate von der Elektrizitätsgesellschaft Gelnhausen, welche mit dem Verkauf derselben zugleich die Lizenz des Verfahrens verbindet.

Die nachfolgende Beschreibung des in Fig. 1 abgebildeten Apparates zur Gewinnung von Bleistaub stützt sich auf zwei Patentbeschreibungen, nämlich: „Verfahren zur Herstellung von Bleistaub als Füllmasse für Sammlerelektroden.“ D. R.-P. Nr. 70348, vom 2. März 1892 resp. 25. August 1873 der Electriciteits-Maatschappy System de Khotinsky in Gelnhausen und Zusatzpatent Nr. 86983, vom 9. Dezember 1894 resp. 13. Juni 1896, der Elektrizitätsgesellschaft Gelnhausen.

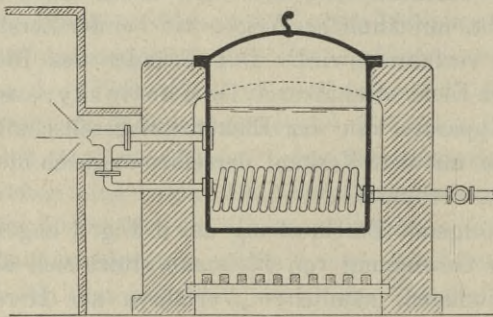
Der Patentanspruch 1 von Nr. 70348 lautet: „Verfahren zur Herstellung von Bleistaub oder dergleichen, bei welchem flüssiges (geschmolzenes) Blei (Metall) mittels gespannten Dampfes, gepresster Luft oder unter Druck stehenden Gases aus einer Düse herausgesaugt oder, wenn es derselben zufließt, herausgepresst und beim Austritt aus letzterer zerstäubt wird, indem dabei nur das zu zerstäubende Metall oder nur das zerstäubende Medium oder beide gleichzeitig erhitzt werden.“

Das Zusatzpatent bezieht sich auf eine spezielle Form der Düse, sowie der Anordnung einzelner Teile des Apparates. — Ein gusseiserner Kessel ist mit einer passenden Einmauerung versehen und kann durch eine Feuerung möglichst gleichmässig geheizt werden. Das Blei wird in diesem Kessel geschmolzen und fließt durch ein Ablassrohr nach der Zer-

stäubungsdüse. Zu dieser führt ebenfalls eine zweite Leitung, welche den Dampf (das zerstäubende Mittel) zuleitet. Um den Dampf auf dieselbe Temperatur, die das Blei hat, zu bringen, wird das Dampfrohr spiralförmig, also mit grosser Oberfläche, durch das geschmolzene Blei selbst geführt.

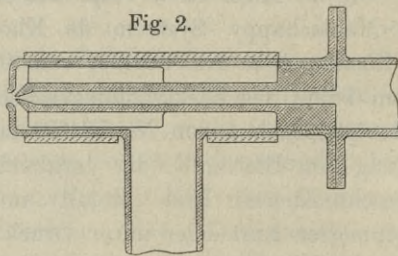
Der Düsenkopf kann, was zur Inbetriebsetzung des Ap-

Fig. 1.



Bleistaubapparat.

Fig. 2.



Düse.

parates nötig ist, durch eine elektrische Heizvorrichtung noch besonders erhitzt werden.

Eine Konstruktion der Düse ist in Fig. 2 skizziert; dieselbe ähnelt dem Injektor. Durch das innere, engere Rohr fliesst Blei hinzu, während der Dampf in das Mantelrohr eintritt und an der zu einer konischen Spitze ausmündenden Röhre mit dem Bleistrahle zusammentrifft und denselben zerstäubt. Der Bleistaub wird in Flugkammern aufgefangen und

von dort am besten mechanisch weggeführt und verpackt. — Bei richtiger Funktion des Apparates fällt der Bleistaub so fein aus wie die best pulverisierte Glätte und bildet ein un-fühlbares Mehl. Beim Liegen an der Luft überzieht sich dieses allmählich mit einer Schichte von Bleisuboxyd. Die einzige nicht wünschenswerte Beimischung des Bleistaubs, vorausgesetzt, dass von reinem Blei ausgegangen worden ist, bilden weniger feine Bleikörnchen. Diese werden entweder durch Sieben oder Separieren mittels aufsteigenden Luftstroms ausgeschieden. (Dieselbe Vorsichtsmassregel ist übrigens auch bei Glätte und Mennige angezeigt.)

Beiläufig sei angeführt, dass dieser Bleistaub sich auch zur Herstellung von Glätte und Mennige verwenden liesse und, falls die Röstung in Muffeln vorgenommen würde, auch einwandfreie Produkte lieferte. Auch die Umwandlung des Beistaubs in **Bleisuboxyd** ist bei etwas erhöhter Temperatur leicht durchzuführen.

Wie Blei lassen sich auch Legierungen desselben mit Antimon und anderen Metallen zerstäuben. Selbst höher schmelzende Körper, wie Bronze, Zinn u. s. w., werden so in mehr oder weniger feines Pulver überführt, wobei die Düse anstatt aus Eisen aus Iridium angefertigt wird. Das erhaltene Bronzepulver lässt sich leicht durch Walzen und Zerstoßen in das bekannte, zum Bronzieren benutzte Schaummetall überführen.

Nun möge hier schon auf den prinzipiellen Unterschied zwischen dem mechanisch in feine Verteilung übergeführten Blei und dem nach chemischen Verfahren erhältlichen Blei hingewiesen werden. Sobald Blei aus einer Verbindung, wie z. B. Bleioxyd, Mennige, durch Entziehung des Sauerstoffs abgeschieden wird, kann die Annahme gemacht werden, dass die Verteilung des Bleies im erhaltenen Bleischwamm eine „molekulare“ ist, wobei es gleichgiltig erscheint, ob die Reduktion auf rein chemischem Weg oder auf elektrolytischem Weg durchgeführt wird. Der Bleistaub hingegen wird niemals diese molekulare Struktur erreichen. —

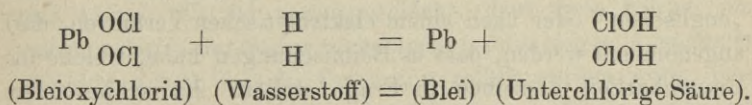
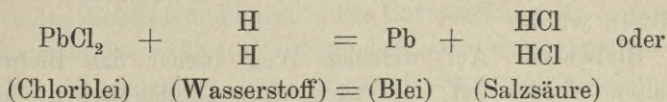
Nach D. R.-P. Nr. 89 062 vom 14. Dezember 1895 lässt

die „Société civile d'études du Syndicat de l'acier Gérard“ geschmolzenes Blei in dünnem Strahle zwischen zwei nahe aneinander gerückten Kohlen, durch welche ein Strom geht (Lichtbogen), passieren und die sich bildenden Dämpfe zu einem feinen Pulver kondensieren. Ob das Verfahren praktisch ausgeführt wird, ist dem Verfasser nicht bekannt.

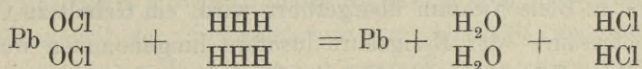
In seinem Werke „Elektrometallurgie“ (Harold Bruhn 1897) S. 320 spricht Borchers die Vermutung aus, dass sich der aus Bleilösungen abscheidbare Bleischwamm vorzüglich zur Verwendung für Accumulatoren eignen dürfte. In der That lässt sich aus ammoniakalischen Elektrolyten ein sehr feiner und plastischer Bleischwamm erhalten. Diesem haftet aber der Nachteil an, dass es schwierig ist, das Lösungsmittel (Essigsäure, Phenolsulfonsäure resp. deren Salze) aus demselben vollkommen zu entfernen. Nachdem bereits Spuren von Essigsäure (und wohl auch der anderen Lösungsmittel) im fertigen Accumulator höchst schädlich wirken durch deren angreifende Wirkung auf die Superoxydträger, würde solchermaßen hergestellter Bleischwamm mit Vorsicht verwendet werden müssen. — Praktischer erscheint schon, eine eventuelle elektrolytische Reinigung der als Füllmaterial verwendeten Bleioxyde in den Accumulatorplatten selbst vorzunehmen.

Das Prinzip der **Reinigungsmethode** des Verfassers ist, zuerst die negativ-elektrischen Radikale, wie z. B. Chlor und dessen Verbindungen mit Sauerstoff aus der Füllmasse in den Elektrolyten überzuführen und mit diesem zu entfernen und darauf in ähnlicher Weise die positiv-elektrischen Bestandteile aus dem Bleischwamm zu ziehen. Unter Prüfung der Bleiglätte ist dieses Verfahren bereits kurz angedeutet worden. Die gepasteten Elektrodenplatten werden, mit blanken Bleiblechen als Gegenelektroden, in eine Lösung von Bittersalz (3 %ig) oder von verdünnter Schwefelsäure (3 %ig) gehängt und der Strom bei den Bleiblechen eingeleitet. An den gefüllten Elektroden scheidet sich Wasserstoff ab, welcher (wie bei dem später zu beschreibenden Formierprozess) den Sauerstoff des Bleioxyds an sich reisst und mit diesem Wasser

bildet. Aber auch Chlorblei oder Bleioxychlorid und andere Chlorverbindungen werden zersetzt, wobei Salzsäure oder unterchlorige Säure gebildet und in Lösung übergeführt wird.



Die unterchlorige Säure kann nur vorübergehend oder gar nicht auftreten, da die Reduktionsprodukte derselben, Wasser und Salzsäure entstehen.



Bleioxychlorid Wasserstoff = Blei Wasser Salzsäure.

In jedem Falle wird, nachdem die Reduktion der Füllmasse vollständig ist, die Lösung entfernt und durch destilliertes Wasser ersetzt, welches die im Bleischwamm noch sitzende Lösung auslaugt. — Nach der Entfernung dieses Waschwassers werden die Elektrolysirgefäße abermals mit reiner verdünnter Bittersalzlösung angefüllt, den Bleischwammplatten frische, blanke Bleiplatten gegenüber gestellt, und nun der Strom so eingeführt, dass Sauerstoff an den Bleischwammplatten auftritt. Nach beendigter Operation ist sämtliche Füllmasse in Bleisuperoxyd übergegangen; Metalle, wie Zink, Kupfer, Mangan, Eisen und Silber (da letzteres nur spurenweise vorhanden ist) sind aufgelöst und in den Elektrolyt, resp. an die Gegenelektrode übergeführt worden. Die so erhaltenen Platten sind direkt als Superoxydelektroden für den Aufbau fertiger Accumulatoren verwendbar, nachdem dieselben, wieder zur Beseitigung der noch anhaftenden Lauge, mit destilliertem Wasser gewaschen wurden. — Um die nötigen Schwammplatten zu erhalten, muss ein Teil dieser Superoxydelektroden nochmals elektrolytisch reduziert werden. — Die Verwendung besonderer Gegenplatten bei der Reduktion und

bei der Oxydation ist deshalb nötig, weil z. B. das Chlor auch zum Teil an Bleiblechen sich festsetzen und bei der Umkehrung der Stromrichtung wieder zu den zu reinigenden Platten wandern würde.

Bleiweiss. Auf welchem Weg immer das Bleiweiss erhalten worden ist, ob nach dem „holländischen“ oder „englischen“ oder nach einem elektrolytischen Verfahren, darf angenommen werden, dass es Beimischungen habe, welche die Brauchbarkeit desselben in Frage stellen. Es ist besonders auf Chlor, Essigsäure, Salpetersäure, ferner Sand, Schwerspat, Kreide Rücksicht zu nehmen. Nun kann in dem Falle, als der Gang der Fabrikation bedingt, dass das Bleiweiss zuerst in Bleischwamm übergeführt wird, ein Gehalt an Chlor, Salpetersäure oder Essigsäure insofern hingenommen werden, als diese Körper in die Formierflüssigkeit übergehen und mit dieser entfernt werden können. (Dies trifft allerdings auch bei Glätte und Mennige zu, bedeutet hier aber eine Verteuerung der Fabrikation.) — Beim Auflösen einer Probe in verdünnter Salpetersäure bleibt Sand (Quarzsand) und Schwerspat zurück. Wird eine Probe in neutraler Lösung zu Bleisuperoxyd oxydiert, so lässt sich nachher in der Lösung der Kalkgehalt durch oxalsaures Ammon nachweisen.

Das gewöhnliche Bleiweiss ist kohlen-saures Bleioxyd, dessen Zusammensetzung je nach der Herstellungsweise mehr oder weniger basisch ausfällt. Das Bleiweiss lässt sich in neutralen Elektrolyten zu Bleischwamm reduzieren, schwieriger in Superoxyd überführen. Das spezifische Gewicht von Bleikarbonat (gefälltem) ist 6,43; das in der Natur vorkommende Weissbleierz ist ebenfalls reines Bleikarbonat (spez. Gew. 6,57). Seines geringen spezifischen Gewichtes wegen eignet sich reines Bleiweiss als Zusatz zu Füllmassen, um diesen höhere Porosität zu verleihen.

Schwefelsäure. Von den beiden Handelsprodukten, der „Kammersäure“ und der „englischen Schwefelsäure“ ist nur die letztere verwendbar. Zwar ist für die Wasserstofferzeugung auch Kammersäure genügend, doch ist es, um Ver-

wechslungen zu vermeiden, besser, auch hier englische Schwefelsäure zu nehmen. Die Kammersäure enthält stets Salpetersäure, kann also nicht zur Bereitung der Formierlösungen oder des Elektrolyts dienen. — Die Untersuchung der englischen Schwefelsäure richtet sich besonders auf die Anwesenheit von Chlor, Salpetersäure (oder Stickstoff-Sauerstoffverbindungen) und Arsen. Es sei vorausgeschickt, dass diese Körper nur spurenweise in der Säure vorkommen (von wenigen Ausnahmen abgesehen) und dass die Forderung erfüllt werden sollte, dass dieselben überhaupt nicht nachweisbar seien. Die anzuwendenden Reagenzien und Gefässe müssen daher ganz rein sein, wovon man sich vor der Vornahme der Prüfung überzeugen muss.

Vor der Chlorprüfung ist zuerst eine Probe des zur Verdünnung der Schwefelsäure in Aussicht genommenen destillierten Wassers mit einem Tropfen chlorfreier Salpetersäure (1 : 10) und einem Tropfen Silbernitratlösung (1 : 10) zu versetzen. Wenn sich auch nach einer Stunde kein Opalisieren zeigt, ist das destillierte Wasser chlorfrei. (Ein Reagenrohr, welches nur mit gewöhnlichem Wasser, anstatt destilliertem Wasser, ausgespült worden war, wird stets Opalisieren veranlassen.) — Nun wird nachgesehen, ob das später zu benutzende Filtrierpapier Chlor abgibt; man kocht etwas destilliertes Wasser, filtriert dasselbe durch das betreffende Papier und versetzt das Filtrat mit etwas Salpetersäure und Silberlösung. Zeigt sich jetzt ein Opalisieren, so war der Trichter oder das Filtrierpapier chlorhaltig. Man spült in diesem Falle das Filter so lange mit heissem destilliertem Wasser, dem etwas Salpetersäure zugesetzt wurde, nach, bis das Filtrat chlorfrei ist. — Nun werden 5 ccm der zu prüfenden Schwefelsäure mit 50 ccm destillierten Wassers versetzt und einige Stunden stehen gelassen. Es scheidet sich hierbei etwas Bleisulfat aus, indem die englische Schwefelsäure solches stets gelöst enthält. Die Flüssigkeit wird nun durch das erwähnte Filter filtriert und das Filtrat mit je einem Tropfen Salpetersäure und Silbernitratlösung versetzt. Entsteht schon nach einigen Minuten eine Opalisierung, so ist die Schwefelsäure untauglich;

bleibt die Flüssigkeit ganz klar, so ist die Säure chlorfrei. (Man vergleicht die Lösung mit reinem, destilliertem Wasser, am besten in zwei gleich grossen Proberröhren.)

Auf Salpetersäure oder andere Stickstoff-Sauerstoffverbindungen wird geprüft, indem 5 bis 10 Tropfen der konzentrierten Schwefelsäure in ein reines, weisses Porzellanschälchen gegossen und darauf einige Körnchen Brucin mit einem Glasstab unter die Säure gedrückt werden. Färbt sich das Brucin am Rand rötlich, so ist die Säure zu verwerfen. — Der Kontrolle halber empfiehlt es sich, in diesem Fall eine zweite Prüfung vorzunehmen, aber anstatt des Brucins etwas Diphenylamin zu nehmen, welches sich blau färbt; die Reaktion ist, wenn auch nicht so ungemein scharf wie die mit Brucin, doch genügend genau.

Um Arsen zu konstatieren, werden 10 ccm der konzentrierten Säure mit 200 ccm destilliertem Wasser verdünnt. Nach etwa 24 Stunden filtriert man die Mischung in eine Flasche und leitet Schwefelwasserstoff ein, wobei die Flüssigkeit lauwarm gehalten wird. Ist der entstehende Niederschlag rein schwarz, so besteht derselbe nur aus Schwefelblei; bei Gegenwart von Arsen erscheint er braun bis gelb gefärbt. In letzterm Falle wird die Füllung (welche erst nach 12 Stunden vollständig erfolgt ist) abfiltriert, in ein Porzellanschälchen gespült, zur Trockne gebracht, zweimal mit einigen Tropfen rauchender Salpetersäure abgedampft, dann mit etwas verdünnter Schwefelsäure befeuchtet, der Rückstand mit 50 ccm destilliertem Wasser aufgenommen und filtriert. Liefert das Filtrat beim Einleiten von Schwefelwasserstoff einen deutlichen, gelben Niederschlag, so ist die Säure des Arsengehalts wegen zu beanstanden.

Askenasy (D. R.-P. Nr. 86 977) elektrolysiert die zu reinigende Schwefelsäure (Kammersäure) zwischen Bleielektroden und zersetzt dadurch einen kleinen Prozentsatz derselben. Es soll per Quadratdecimeter Anodenfläche ca. 1 Ampère Strom kommen, wobei die Klemmenspannung bei gewöhnlicher Temperatur ca. 6 Volts betragen soll. — Das an der Anode

auftretende Ozon verstört etwa vorhandene organische Substanzen; Chlor tritt in Gasform aus. An der Kathode scheidet sich Schwefel ab, welcher vorhandene Stickstoff-Sauerstoffverbindungen zu Ammoniak reduziert und fremde Metalle als Sulfide ausfällt, letzteres beim Verdünnen der elektrolysierten Säure mit Wasser. — Bei dieser Methode, die an Orten, wo keine reine englische Schwefelsäure erhältlich ist, von Wert sein kann, kommt es, um die gewünschte Reinigung zu realisieren, hauptsächlich auf den richtigen Prozentgehalt der zu elektrolysierenden Säure an Wasser an. Bei konzentrierter Säure, wie Kammersäure, (mit 60° Bé) würde es nicht möglich sein, mit nur 6 Volts Spannung pro Quadratdecimeter Anodenfläche 1 Ampère durchzutreiben. Das Chlor dürfte nicht so sehr in Gasform entweichen, als durch das Anodenblech absorbiert werden. Erhöhung der Temperatur und Zirkulieren der Säure während der Elektrolyse erleichtern die Operation.

Nun dürfte selten **Wasser** zu finden sein, das nicht chlor- und salpeterhaltig ist, weshalb zum Verdünnen der englischen Schwefelsäure nur destilliertes Wasser zu verwenden ist. Man versäume nicht, sogar das destillierte Wasser von Zeit zu Zeit zu kontrollieren, indem man $\frac{1}{10}$ l desselben in der Porzellanschale eindampft und darauf mit reiner Schwefelsäure die Brucinreaktion ausführt. — Ebenso darf das Wasser auch keine Chlorreaktion geben.

Am einfachsten wird destilliertes Wasser dadurch erhalten, dass eine Abzweigung von der Dampfkesselleitung nach einer Kühlschlange aus Blei (nicht aus Kupfer!) führt, welche sich zweckmässig über dem eisernen Reservoir, das zur Aufnahme des Destillates dient, befindet. Das Kühlwasser wird zur Speisung des Dampfkessels benützt, wodurch der Kohlenverbrauch für das Destillieren vermindert wird. Es liesse sich auch der Abdampf der Dampfmaschine als Wärmequelle für die Erzeugung destillierten Wassers benützen, was aber eine etwas umständlichere Einrichtung erforderte.

Auf ähnliche Weise werden andere, eventuell zur Fabrikation dienende Materialien, wie z. B. **Bittersalz** geprüft.

Von grossem Wert sind auch periodische Prüfungen der Formierflüssigkeiten vor und nach dem Gebrauch. Dieselben bilden eine wertvolle Kontrolle der Rohmaterialienprüfung, indem sich z. B. das Chlor sehr leicht und rasch erkennen lässt.

Es ist eine Thatsache, dass es schwer hält, die Reinheit der Lösungen aufrecht zu erhalten, ein Beweis dafür, wie nötig und wichtig die unablässige chemische Prüfung ist. Wohl zum guten Teil darum, weil nur von der kleineren Zahl der Fabrikanten Wert auf solche Untersuchungen gelegt wird, treten oft unerklärliche Erscheinungen an den fertigen Batterien auf, wie Lokalaktion (Selbstentladung) der negativen oder positiven Platten, rasche Zerstörung der Elektroden-träger (Gitter) u. a. m.

Verhalten von Unreinheiten im Bleiaccumulator.

Es wurden in einem Falle sowohl die negativen, als die positiven Gitter mit Harzer Schuppenglätte gefüllt, nachdem diese mit verdünnter Schwefelsäure zur Paste angerührt worden war. Aus den in verdünnter Schwefelsäure in Bleischwamm- und Bleisuperoxydelektroden übergeführten Platten wurde ein Accumulator aufgebaut, welcher folgende Abnormitäten zeigte:

von den Bleischwammplatten stiegen fortwährend Gasblasen auf, auch als der Accumulator ruhig stehen blieb und selbst dann, wenn derselbe schon teilweise entladen war;

der Accumulator zeigte von Anbeginn der Ladung schon eine beträchtliche Gasentwicklung an den Bleischwammplatten und nahm kaum die Hälfte der Elektrizitätsmenge auf, welche ein gleiches, aber mit reiner Glätte hergestelltes Element absorbierte;

bei der Entladung war der Accumulator sehr bald erschöpft und der Nutzeffekt stellte sich ausserordentlich niedrig;

blieb der Accumulator nur wenige Tage ruhig stehen, so ging die Ladung vollkommen verloren und der Bleischwamm zeigte weisse Flecken (Bleisulfat);

die Flüssigkeit an der Oberfläche der Superoxydplatten war beständig rötlich gefärbt.

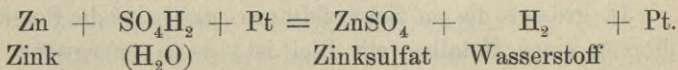
Diese vom Verfasser schon vor zehn Jahren gemachten Erfahrungen wurden dahin ausgelegt, dass gewisse Unreinigkeiten in der Schuppenglätte, vielleicht auch die eigentümliche Struktur derselben an diesen Erscheinungen die Schuld tragen müssten. Dieselbe Glätte aber zuerst fein pulverisiert, verhielt sich ähnlich, doch etwas weniger auffallend. Bei der chemischen Prüfung wurden Kupfer und Spuren von Silber nachgewiesen.

Inzwischen sind von verschiedenen Seiten diese Erscheinungen näher studiert worden.

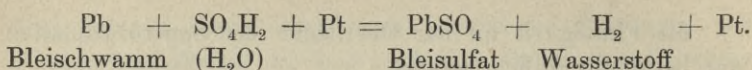
Kugel (Elektrotechnische Zeitschrift 1892) hat nachgewiesen, dass Platin und Palladium, wenn auch nur in minimalen Mengen auf eine Bleischwammplatte gebracht, eine rapide „Selbstentladung“ des Bleischwamms herbeiführen. Es genügt auch, nur wenige Tropfen Platinchlorid dem Elektrolyten eines Accumulators beizufügen, um alsbald reichliche Wasserstoffentwicklung an den Schwammplatten hervorzurufen.

Das Platin schlägt sich an den negativen Platten nieder, in ähnlicher Weise, wie sich ein Zinkstab beim Eintauchen in Platinchloridlösung mit Platin überzieht. Blei ist in verdünnter Schwefelsäure elektropositiver als Platin und schlägt dieses Metall nieder. — Wird chemisch reines Zink in reine verdünnte Schwefelsäure gestellt, so ist lange Zeit nicht die geringste Reaktion zu bemerken; wird aber ein Platindraht in dieselbe Flüssigkeit, in der das Zink liegt, so eingestellt, dass derselbe das Zink berührt, so steigen sofort massenhaft Wasserstoffblasen vom Platindraht auf und das Zink löst sich rasch in der Säure auf.

Es bildet sich dabei Zinksulfat einerseits, und Wasserstoff andererseits nach der Formel:



Ganz analog verläuft der Vorgang, wenn an Stelle des Zinks Bleischwamm tritt:

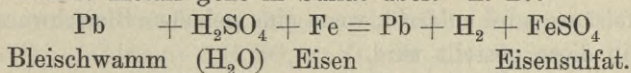


Werden der Zinkstab und der Platindraht so in die Säure eingestellt, dass sie sich nicht berühren, dann tritt weder Wasserstoffgas am Platin auf, noch löst sich der Zinkstab merklich in der Flüssigkeit auf. Sobald aber die aus der Säure ragenden Enden der beiden Metalle durch einen Metalldraht miteinander verbunden werden, tritt die oben geschilderte Reaktion sogleich auf, wobei ein elektrischer Strom in der Richtung vom Platin zum Zink durch den Draht fliesst. Ob also die beiden Metalle Zink und Platin sich ausserhalb oder innerhalb der verdünnten Schwefelsäure berühren — das Resultat bleibt dasselbe, mit dem alleinigen Unterschiede, dass im zweiten Falle die Ausgleichung der zwischen dem Zink und Platin herrschenden Potentialdifferenz nicht durch einen besonderen Verbindungsdraht, sondern durch den direkten Kontakt der beiden Metalle herbeigeführt wird. — Wenn die dem Elektrolyten zugefügte Platinlösung in diesem durch Umrühren gleichmässig verteilt wird und erst jetzt die Accumulatorplatten in den Elektrolyten eingestellt werden, schlägt sich das Platin über die ganze Oberfläche des Bleischwamms in äusserst feiner Verteilung auf diesem nieder. Jedes Platinpartikelchen liefert zusammen mit dem dasselbe berührenden Bleischwammartikel die gleiche Erscheinung, wie der Zinkstab und Platindraht. Die „Kette“ — Blei, Schwefelsäure, Platin — findet sich tausendfach, dafür in tausendfach verkleinertem Massstab auf dem Bleischwamm vor und an jedem Platinteilchen sammelt sich Wasserstoff an, während gleichzeitig das darunter liegende Bleischwammteilchen in Bleisulfat übergeht. Auf den Bleischwammplatten entstehen Tausende von „Lokalströmen“, welche den Uebergang des Bleis in Sulfat veranlassen, d. h. den Bleischwamm entladen.

Je grösser die in Schwefelsäure statthabende Potentialdifferenz eines Metalles mit Blei ist, desto energischer und rascher tritt die geschilderte Reaktion auf. Platin oder Palladium stehen in dieser Hinsicht an der Spitze sämtlicher Metalle,

aber auch Silber gibt, wenn auch in schwächerem Grade, Anlass zu ähnlichen Lokalströmen. —

Dagegen sind alle diejenigen Metalle, welche in verdünnter Schwefelsäure elektropositiver sind als Blei, wie Zink, Eisen, Mangan etc. nicht im stande, Bleischwamm zu entladen. Zwar entstehen ebenfalls Potentialdifferenzen zwischen diesen Elementen und dem Blei, aber die Richtung des Stromes der betreffenden Ketten ist derjenigen von Blei — H_2SO_4 — Platin entgegengesetzt. Der Wasserstoff tritt jetzt am Blei auf und das fremde Metall geht in Sulfat über. Z. B.:



In dem eingangs angeführten Falle hatte der Gehalt der Schuppenglätte an Silber und Kupfer die Entladung der Bleischwammelektrode herbeigeführt, die Entstehung von Bleisulfat auf derselben bewirkt. Nachdem die Richtung dieser Lokalströme der Richtung des Ladestroms im Accumulator entgegengesetzt ist, wird auch verständlich, dass ein Teil des Ladestroms durch diese Lokalströme neutralisiert werden und der Nutzeffekt der Ladung gering ausfallen musste.

Die Entladung des Bleischwamms kann noch auf andere total verschiedene Weise stattfinden, nämlich dadurch, dass demselben Sauerstoff oder ein Oxydationsmittel zugeführt wird. Schon beim Liegen an der Luft zieht Bleischwamm Sauerstoff an, oft so begierig, dass durch die damit verbundene Wärmebildung die Bleilegierung des Trägers zum Schmelzen gebracht wird. (Daher wird auch in allen Behandlungsvorschriften für Accumulatoren angegeben, die Flüssigkeit stets etwas über die oberen Plattenkanten zu halten.) Knorre hat die Rolle der am häufigsten vorkommenden hierher zählenden Verunreinigungen, der Manganverbindungen, näher untersucht.

Aus dessen Arbeit (Zeitschrift für Elektrochemie 1896/97, p. 362) möge folgender Auszug Platz finden:

1. Eine Bleisuperoxydplatte, die etwas Mangansuperoxyd enthält, färbt, in verdünnte Schwefelsäure gestellt, die Flüssigkeit an der Plattenoberfläche rot.

2. Wird eine geladene, reine Bleisuperoxydplatte in verdünnte Schwefelsäure gestellt, welcher selbst nur geringe Mengen von Mangansulfat zugesetzt wurden, so entsteht an der Plattenoberfläche ebenfalls eine rote Färbung.

3. Wird ein Gitter mit Bleioxydpaste, welcher etwas Braunstein zugesetzt wurde, gefüllt und die Platte in verdünnte Schwefelsäure (als Kathode) in Bleischwamm übergeführt, so tritt an den als Gegenelektroden dienenden Bleiplatten ebenfalls Rotfärbung der Flüssigkeit auf.

4. Die rote Lösung von Natriumpermanganat in verdünnter Schwefelsäure wird entfärbt, wenn eine geladene Bleischwammplatte in diese gestellt wird.

Es geht aus diesen Versuchen hervor:

1. Dass, wenn Manganverbindungen im Accumulator zugegen sind, diese an der Superoxydelektrode in Uebermangansäure übergeführt werden.

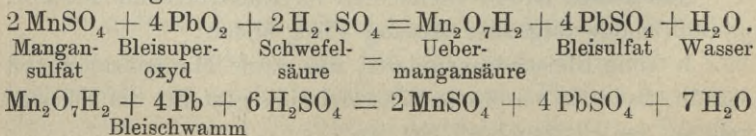
2. Die Uebermangansäure wird, sobald dieselbe an die Bleischwammplatten (durch Diffusion) gelangt, in farbloses Mangansulfat übergeführt. Hierbei wird eine entsprechende Menge Sauerstoff vom Bleischwamm aufgenommen. Das oxydierte Blei bildet seinerseits Bleisulfat.

3. Das Mangansulfat, durch Diffusion wieder an die Superoxydelektrode geführt, wird abermals in Uebermangansäure verwandelt, indem das Bleisuperoxyd den nötigen Sauerstoff dazu liefert.

Diese wird vom Bleischwamm wieder reduziert u. s. w.

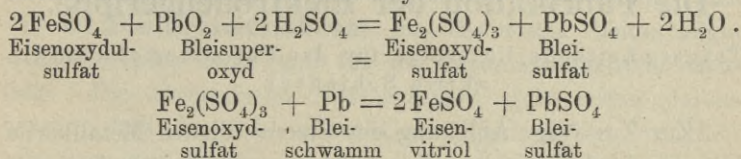
Auf solche Weise wirkt das Mangansulfat als Sauerstoffüberträger und es ist einzusehen, dass, wenn der Kreislauf genügende Zeit andauert, schliesslich beide Elektroden des Accumulators entladen werden.

In chemischen Formeln ausgedrückt, stellt sich der Kreislauf wie folgt dar:



Wohl jedem Fabrikanten ist schon die zwischen den Platten eines Accumulators, besonders während der Ladung, auftretende Rotfärbung, die oft bis ins Violette übergeht, eine vertraute Erscheinung. Daher ist die Mennige und Glätte vor der Verwendung zu prüfen, indem die nachträgliche Reinigung (s. S. 20) immerhin voraussetzt, dass sehr billige Wasserkraft zur Verfügung steht.

Den Mangansalzen ähnlich verhalten sich die Eisensalze. Eisensulfat (Eisenvitriol) wird von den Superoxydelektroden in Eisenoxysulfat übergeführt und dieses vom Bleischwamm wieder zu Eisenoxydulsulfat reduziert.



Durch diesen Kreislauf kann ebenfalls der Accumulator entladen werden und es ist vielleicht die Gegenwart von Eisen im Accumulator um so mehr zu fürchten, als sich diese durch kein sichtbares Merkmal (wie beim Mangan) verrät. —

Andere Metallverbindungen, welche in gleicher Weise wirken, wie Cer, Gold etc., kommen wohl kaum in Betracht.

Kapitel II.

Die Fabrikation der Elektrodengerippe.

(Träger, Leitende Unterlage für das Füllmaterial oder die aktive Schichte.)

Zur Zu- resp. Ableitung des Stroms dienen Metallkerne der verschiedenartigsten Konstruktion. Technisch kommen hier als Metalle nur Blei und dessen Legierungen mit Antimon in Betracht. Auch Vorschläge, wie Aluminium oder Kupfer mit Blei derart zu umhüllen, dass der Elektrolyt keinen Zutritt zu jenen Metallen hat, haben sich nicht als praktisch erwiesen.

Der Träger oder metallische Leiter einer Elektrode sollte folgenden Anforderungen entsprechen:

Widerstandsfähigkeit gegen verdünnte Schwefelsäure, selbst wenn die aktivierende Wirkung des elektrischen Stromes dazu tritt.

Genügende mechanische Festigkeit, um Deformation derselben beim Gebrauch zu vermeiden.

Geeignete Gestalt, welche das Festhalten des Füllmaterials begünstigt oder (bei Planté-Sammlern) das Abfallen der aktiven Schichten hintanhält.

Grosse Oberfläche bei möglichst geringem Gewicht.

Einfache, sichere und billige Herstellung.

Möglichkeit, das Füllmaterial gut und gleichmässig anzubringen. —

Ferner richtet sich die Konstruktion des Leiters auch nach der Verwendungsart, welche die Elektroden später finden sollen,

sowie manchmal nach der Natur des Füllmaterials, das angewendet werden soll. — Von ungemeiner Wichtigkeit ist der Verlauf der Stromfäden, welche vom Leiter durch das aktive Material hindurch und durch die Säure zur Gegenelektrode sich ziehen. Dieser ist zum Teil ebenfalls von der Form des Leiters abhängig und bisher noch nicht genügend berücksichtigt worden. Schon die zahlreichen Konstruktionen von Leitern, welche bereits ausgeführt worden sind und nach Hunderten zählen mögen, liefern den Beweis, dass die Aufgabe keineswegs leicht ist, zweckentsprechende Träger zu erzeugen.

Es wird wohl in neuerer Zeit immer mehr erkannt, dass für die Bleischwammelektrode ein besonderer Leiter angewendet werden muss und für die Superoxydelektrode ebenfalls. Die theoretische Notwendigkeit geht schon daraus hervor, dass die elektrochemischen Eigenschaften von Bleischwamm und Bleisuperoxyd recht voneinander abweichende sind. In Uebereinstimmung damit hat auch die Erfahrung im Grossen darauf geführt, den Superoxydelektroden massivere leitende Unterlagen zu geben, als den Schwammplatten. Ein weiteres Erfahrungsergebnis ist, die Träger der Superoxydelektroden aus reinem Weichblei zu machen und die Legierung mit Antimon nur für Bleischwammträger anzuwenden. Werden die Träger durch Giessen in Metallformen erhalten (der weitaus gebräuchlichste Weg), so lässt sich leicht die geringere Tauglichkeit des Hartbleies für jene nachweisen. Beim Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand und während des Abkühlens zieht sich das Metall zusammen, und zwar nicht in demselben Masse, wie das Material der Gussform, sondern erheblich stärker. Hartblei (es sei hier als Beispiel die Legierung mit 5% Antimon genommen) ist, besonders bei höherer Temperatur, sehr spröde und der damit gegossene Leiter erhält Sprünge. Auch wenn diese mit freiem Auge nicht sichtbar sind, genügen sie doch, um dem Elektrolyt Zutritt zu gewähren. Im Gebrauch vergrössern sich diese Risse und zerstören frühzeitig die mechanische Festigkeit und Leitfähigkeit der Elektrode. Weichblei dagegen braucht beim

Erkalten keine Risse zu erhalten, da dasselbe nachgiebig ist. Auch scheint das Weichblei widerstandsfähiger gegenüber der elektrolytischen Oxydation zu sein als die Antimon-Blei-Legierungen.

Bis jetzt sind Leiter oder Träger für Accumulatoren-Elektroden erhalten worden durch: Giessen, Pressen (hydraulisch), Walzen, Stanzen, Hobeln und Kombinationen vorstehender Methoden. Am ältesten scheint die Verwendung des Walzbleies (Bleiblech) gewesen zu sein, indem Plantés Battereien aus solchem hergestellt wurden. Die älteste Elektrode mit durchbrochenem Metallkern oder Träger ist vielleicht das durch Giessen erhaltene Gitter von E. Volkmar. Bald nachher stellte de Khotinsky die ersten, hydraulisch gepressten Leiter her. Erst erheblich später wurde das Walzen und kürzlich erst das Stanzen von Bleileitern ausgeführt. Bei der Besprechung der wichtigeren Systeme finden sich noch nähere Betrachtungen über die betreffenden Leiter. Es sei hier nur auf einen prinzipiellen Unterschied hingewiesen, welcher sämtliche Leiter in zwei Gruppen teilen lässt; nämlich in Gitterträger und Seelenträger. Bei den ersteren ist dem Elektrolyt Gelegenheit gegeben, von der einen Seite oder Fläche der Elektrode durch das Füllmaterial hindurch zur anderen Seite zu diffundieren, ein bedeutender Vorzug der Gitter. Andererseits zeigen die Seelenplatten den Vorteil, dass die elektrolytische Aktion nur senkrecht zur Oberfläche resp. Planfläche der Elektrode wirken kann und nicht in der Richtung der Elektrodenfläche, womit eine geringere Ausdehnung im Gebrauch derselben zusammenhängt.

Die Gitterträger haben sich allgemein als Unterlagen für Bleischwammpplatten eingebürgert und sind hiefür wohl vorteilhafter, als irgend welche Seelenträger. Hingegen ist den Seelenträgern, welche besonders auch für die abgekürzte Planté-Formation als Unterlage dienen, eine stets zunehmende Verwendung für die Superoxydplatten zu teil geworden, sodass schon mehrere Systeme vorhanden sind, welche richtigerweise diese zwei Typen von Trägern vereinigen.

Das **Giessen** ist auf zwei Wegen durchzuführen, nämlich: es wird zuerst der Träger (z. B. das Gitter) gegossen, welcher nachher mit Füllmasse beschickt wird — oder zuerst wird die Füllmasse bereitet und der Träger um diese herumgegossen. Dieses letztere Verfahren ist von A. Reckenzaun eingeschlagen worden und wird noch in Frankreich ausgeübt.

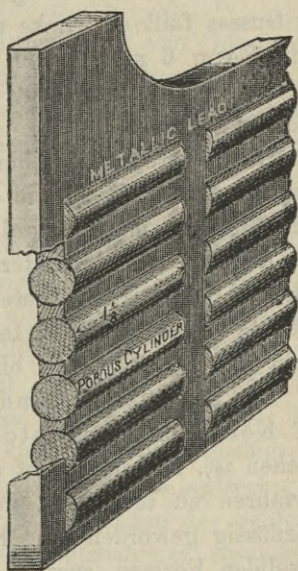
Reckenzaun formte aus Bleioxyd, resp. einer daraus mittels eines Bindemittels hergestellten Paste, kleine Cylinderchen von 8 mm Durchmesser und 20 mm Länge und legte diese nach dem Trocknen in eine eiserne Formhälfte, so zwar, dass die Cylinderchen 3 mm tief in die Ebene der Formhälfte in entsprechende Rinnen zu liegen kamen. Wurde die obere Formhälfte (welche das Spiegelbild der unteren vorstellt) genau passend auf die Cylinderchen gelegt, so blieb ein Abstand von 3 mm zwischen den beiden Formhälften, welcher mit Blei ausgegossen wurde.

In Fig. 3 ist ein Bruchstück der Reckenzaun-Platte perspektivisch dargestellt; die beiden Elektroden sind genau gleichgeformt.

Eine Abänderung dieser Konstruktion besteht darin, anstatt der Cylinderchen Kugeln aus Füllmasse zu bilden und diese derart mit Blei zu umgiessen, dass das Metall sich als Gürtel um die Kugeln legt.

In ähnlicher Weise verfährt die „Société anonyme pour le travail électrique des métaux, Paris, nur mit dem Unterschied, dass keine Cylinder, sondern beidseitig abgeflachte Doppelpyramiden verwendet werden, welche aus

Fig. 3.



A. Reckenzaun-Platte.

Chlorblei oder einer Mischung von Chlorblei und Chlorzink bestehen. Diese Pastillen selbst werden durch Giessen geschmolzenen Chlorbleies in geeigneten Formen gewonnen“. (Vielleicht ist es möglich, dass das gesundheitsschädliche Verfahren dahin abgeändert worden ist, dass jetzt die Pastillen aus pulverförmigem Chlorblei durch starkes Pressen hergestellt werden.) Die Pastillen werden auf einer, mit Asbestpappe belegten Platte angeordnet, eine zweite, ebenso mit Asbest belegte Platte übergelegt und nun der Zwischenraum zwischen beiden Platten mit Bleilegierung ausgegossen. — Die Dicke des Gusses fällt der Dicke der Pastillen entsprechend aus und variiert von 6 mm bis 60 mm (bei den Plattenkolossen von 800 mm Breite und 1200 mm Länge), welche früher angefertigt wurden.

Die nähere Beschreibung dieses Systems s. unten. Der Hauptgrund für diese, wie dem Verfasser scheinen will, veraltete Methode mochte wohl sein, den Träger so zu gestalten, dass derselbe das Füllmaterial besser umschloss, als dies die früher üblichen Gitter thaten. Das von Correns zuerst eingeführte Gitter mit nach Innen sich verjüngenden Stäben erreicht aber dasselbe Ziel billiger und besser.

Die Bleigitter in Sand zu giessen, wie dies früher von den Kölner Accumulatorenwerken von G. Hagen geschehen ist, hat sich nicht als praktisch erwiesen, indem das Verfahren zu teuer und durch die Erfindung von Correns überflüssig geworden ist. Es bleibt daher nur noch der Guss in soliden Formen, speziell Metallformen als die weitest verbreitete Methode zur Fabrikation von Gittern und Kernplatten.

Die **Gitter** können in zwei Gruppen geschieden werden: 1. mit nach dem Platteninnern sich verstärkenden Rippen, von welchen das Volkmar-Gitter der bekannteste Repräsentant ist — und 2. mit nach innen sich verjüngenden Stäben, von welchen das Correns-Gitter den ersten Typus bildet.

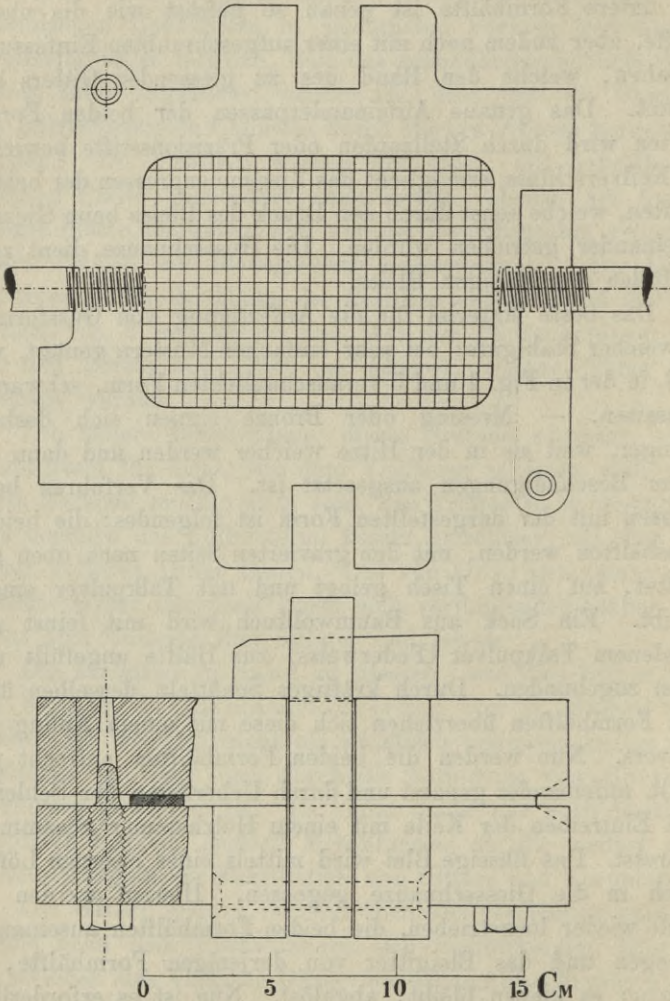
In Fig. 4 und 5 ist eine zur Anfertigung von Volkmar-Gittern geeignete Gussform abgebildet. Die Form besteht aus zwei Hälften; die obere Hälfte ist im wesentlichen

eine Gusseisenplatte, in welche durch Hobeln oder Fräsen die den Gitterstäben entsprechenden Rinnen angebracht sind. Die untere Formhälfte ist genau so gefräst wie die obere Hälfte, aber zudem noch mit einer aufgeschraubten Einfassung versehen, welche den Rand des zu giessenden Gitters bestimmt. Das genaue Aufeinanderpassen der beiden Formhälften wird durch Stellzapfen oder Präzisionsstifte bewirkt; ein Keilverschluss ermöglicht das Zusammenpressen der beiden Hälften, welche sonst durch den Druck des Bleies beim Giessen auseinander getrieben würden. Die Gusschnauze dient zum Einfüllen des flüssigen Bleies.

Das beste Material für die Anfertigung von Gussformen ist weicher Stahlguss; bei sehr einfachen Mustern genügt, wie z. B. in der in Fig. 4 und 5 veranschaulichten Form, schwarzes Gusseisen. — Messing oder Bronze eignen sich deshalb weniger, weil sie in der Hitze weicher werden und dann die Form Beschädigungen ausgesetzt ist. Das Verfahren beim Giessen mit der dargestellten Form ist folgendes: die beiden Gusshälften werden, mit den gravierten Seiten nach oben gerichtet, auf einen Tisch gelegt und mit Talkpulver eingestäubt. Ein Sack aus Baumwolltuch wird mit feinst gemahlenem Talkpulver (Federweiss) zur Hälfte angefüllt und dann zugebunden. Durch kräftiges Schütteln desselben über den Formhälften überziehen sich diese mit einem Anflug des Pulvers. Nun werden die beiden Formhälften aufrecht gestellt, aufeinander gepasst und durch Ueberlegen der Schleifen und Eintreiben der Keile mit einem Holzhammer zusammengepresst. Das flüssige Blei wird mittels eines eisernen Löffels rasch in die Giessschnauze gegossen. Hierauf werden die Keile wieder losgetrieben, die beiden Formhälften auseinander gezogen und das Bleigitter von derjenigen Formhälfte, an welcher es kleben bleibt, abgelöst. Nun ist es erforderlich, dass die Giessform so heiss erhalten wird, dass das Blei sich nicht zu rasch abkühlt, da sonst ein vollkommenes Ausfliessen desselben nicht eintritt. Man soll sich aber auch davor hüten, das Blei zu hoch zu erhitzen, sondern als Regel befolgen, die

Fig. 4.

Obere Hälfte der Gussform, liegend.

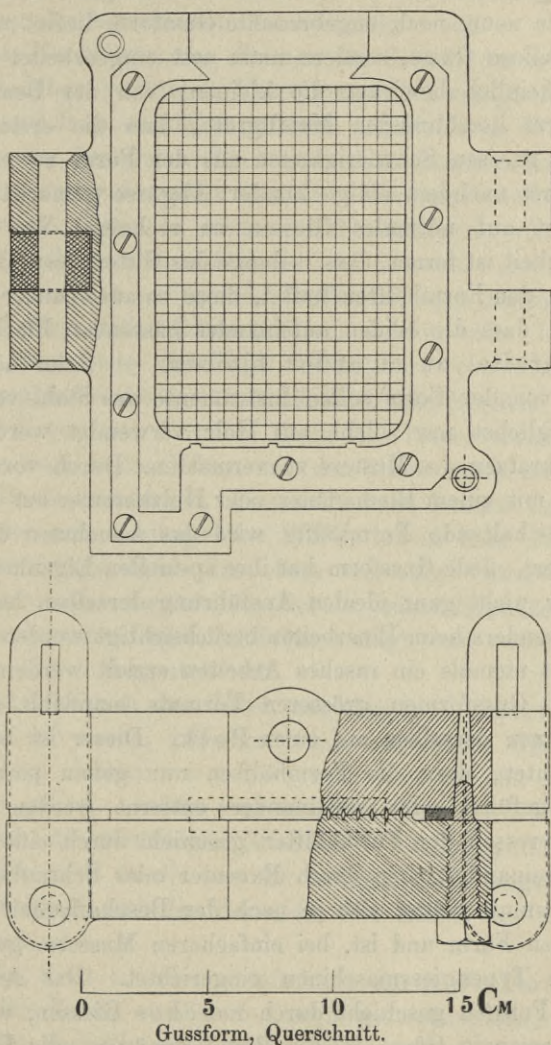


Gussform, Seitenansicht.

Gussform möglichst gleichmässig heiss, nahe dem Schmelzpunkt des Bleies zu halten, und das Blei selbst möglichst wenig über den Schmelzpunkt zu bringen. Das bis auf Rotglut (bei

Fig. 5.

Untere Hälfte der Gussform, liegend.



Tageslicht) erhitzte Weichblei oxydiert sich schon leicht an der Luft und damit gegossene Gitter können leicht Bleioxyd enthalten. — Ferner ist beim Herausnehmen des Gusses aus der

Form darauf zu achten, dass dies ohne Gewalt oder Deformieren geschehe, indem sonst Risse im Träger entstehen.

Jede neue, noch ungebrauchte Gussform liefert nicht sofort tadellose Güsse, sondern muss erst eingearbeitet werden. Wahrscheinlich bewirken die kleinen, von der Bearbeitung der Form herrührenden Metallgräte, dass die ersten Güsse nur mit grossen Schwierigkeiten aus der Form zu entfernen sind. Erst nachdem einige hundert Abgüsse gemacht worden sind, ist auf normales Giessen zu rechnen. Von grosser Wichtigkeit ist ferner, dass, solange das Gitter (resp. der Guss) noch an den Formhälften haftet, diese so auseinander geführt werden, dass die beiden aufeinander passenden Flächen genau parallel zu einander bleiben. — Beim Lösen des Gusses von der Form sollen Instrumente aus Stahl vermieden und möglichst nur solche aus Holz verwendet werden, um das Zerkratzen des Musters zu vermeiden. Durch vorsichtiges Prellen mit einem Bleihammer oder Holzhammer auf die, den Guss festhaltende Formhälfte wird das Abnehmen desselben erleichtert. Jede Gussform hat ihre speziellen Eigenheiten, die von der nicht ganz idealen Ausführung derselben herrühren, aber besonders beim Einarbeiten berücksichtigt werden müssen, da sonst niemals ein rasches Arbeiten erzielt werden könnte.

Bei Gussformen grösseren Formats empfiehlt sich das Aufspannen derselben auf einen Bock. Dieser ist bereits so eingerichtet, dass die Formhälften nur genau parallel zusammengeführt oder voneinander entfernt werden können. Das Anpressen der Formhälften geschieht durch eine Spindel, das Auseinanderziehen durch Excenter oder Schrauben. Der Mechanismus richtet sich je nach der Beschaffenheit der betreffenden Form und ist, bei einfacheren Mustern, genau wie bei den Typengiessmaschinen eingerichtet. Das Anwärmen solcher Formen geschieht durch rasches Giessen, wobei die ersten zwanzig Güsse in der Regel genügen, die Form auf den erforderlichen Hitzgrad zu bringen. In solchen Giessböcken wird die Form unzweifelhaft mehr geschont als bei der Benützung ohne solche.

Von grosser Bedeutung ist die von E. Correns in Berlin zuerst patentierte Gussform geworden, so dass die wörtliche Anführung des betreffenden Patentes folgen soll.

„Die Herstellung von Formen für Gitter, deren Rippen sich nach innen verjüngen, bietet grosse Schwierigkeiten, da die Kerne nach innen stärker werden als die lichte Weite der Gitter an der äussersten Fläche, so dass dieselben nicht aus dem Gitter entfernt werden können. Man muss deshalb den Kern für ein Gitter in mehrere Teile zerlegen, von denen jeder für sich herausgenommen werden kann. Auf diesem Prinzip beruht das vorliegende Verfahren, nach welchem das in Fig. 6 dargestellte Gitter geformt werden soll. Dasselbe hat auf jeder Seite viereckige Gitterfelder, von denen die unteren gegen die oberen versetzt sind, so dass in einem Gitterfelde das Kreuz des darunter liegenden Gitters sichtbar ist, und zwar liegt dieses Kreuz mit der Spitze nach oben und mit der Basis nach unten. Diesen Umstand benutzt man zum Formen der sich verjüngenden Stäbe, indem man sich vorstellt, man dringe durch das obere viereckige Gitterfeld mit einem Kern oder dergleichen, der in seiner Stirnfläche die Form des darunter liegenden Kreuzes trägt, und zwar derart, wie es in Fig. 6 dargestellt ist.

Denkt man sich das Gitter umgedreht, so erscheint dasselbe Bild wie zuvor; zwischen jedem viereckigen Gitterfelde ist ein Kreuz sichtbar, welches jedoch jetzt zu dem anderen Gitterteile gehört. Denkt man sich nun dieselben Kerne wie zuvor durch die viereckigen Gitterfelder hindurchgeführt, so werden diese sich an die von der anderen Seite eingeführten Kerne anlehnen und die Form für die Stäbe des zweiten Gitters bilden.“

In Fig. 8 ist ein Horizontalschnitt durch die Form dargestellt. Die Kerne, welche in Ansicht gezeichnet sind, stehen aufrecht auf einer Platte des unteren Formkastens, mit welcher sie befestigt sein können, und tragen die konischen Vertiefungen in Kreuzform, welche die Form für die Gitterstäbe des oberen Teiles des Gitters bilden sollen. Die durch Schraffur an-

gedeuteten Kerne, welche im Schnitt dargestellt sind, tragen an ihren unteren Stirnflächen, mit welchen sie die erwähnte Platte berühren, dieselben konischen Vertiefungen in Kreuzform und sitzen ebenfalls auf einer Platte des oberen Formkastens, welche gleichzeitig die Stirnflächen der anderen Kerne berührt. Diese konischen Vertiefungen in Verbindung mit den beiden Platten bilden nun die Form für die Gitterstäbe. Wird die Form ausgegossen, so kann man die Hälfte der Kerne nach oben und die übrigen Kerne nach unten aus dem fertigen Gitter herausnehmen. Die Gitteröffnungen können auch rund oder polygonartig gestaltet sein.

Patentansprüche:

1. „Das Verfahren, Gitter, deren Stäbe sich nach innen erweitern und bei welchen der untere Teil gegen den oberen versetzt ist, zu formen, darin bestehend, dass man Kerne, welche an der oberen Stirnfläche konische Vertiefungen von der Form der Stäbe und solche, welche an der unteren Stirnfläche konische Vertiefungen von der Form der Stäbe besitzen, schachbrettartig neben einander setzt und durch Platten in der Entfernung der Dicke des Gitters unten und oben abschliesst.

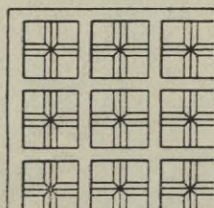
2. Eine Form zur Ausführung des unter 1. beschriebenen Verfahrens, bestehend aus zwei Formplatten, deren herausstehende Kernstifte oder Stempel an ihren Stirnenden die konischen Vertiefungen von der Form der Gitterstäbe haben und wobei sich die Kernstifte der einen linksseitigen Formplatte schachbrettartig zwischen die Kernstifte der anderen rechtsseitigen Formplatte schieben bzw. die Stempel der einen Platte in Vertiefungen der anderen Platte eingreifen, so dass die linksseitige Hälfte des Gitters von den Vertiefungen der rechtsseitigen Formplatte geformt wird, und umgekehrt.

3. Zur Ausführung des unter 1. beschriebenen Verfahrens bei Gittern mit polygonartigen Oeffnungen die Zerlegung der Form in zwei Formplatten, deren Stifte bzw. Kerne polygonartig zusammengesetzt sind und sich, ineinander verschoben,

zu einer Form zusammensetzen, also bei sechseckigen Polygonen die Teilung derart, dass die Stifte bzw. Kerne dreieckig werden.“

Die Fig. 7, 8, 9 stellen Teile der Gussform in natürlicher Grösse vor. Der Wortlaut der Beschreibung, sowie die

Fig. 6.



Correns-Gitter.

Fig. 7.

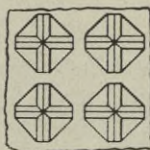
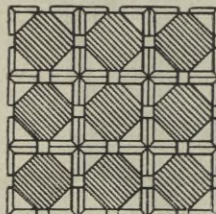
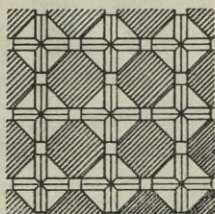
Oberansicht eines Stückes
der Formhälften.

Fig. 8.



Teil-Querschnitte durch beide Gussformhälften.

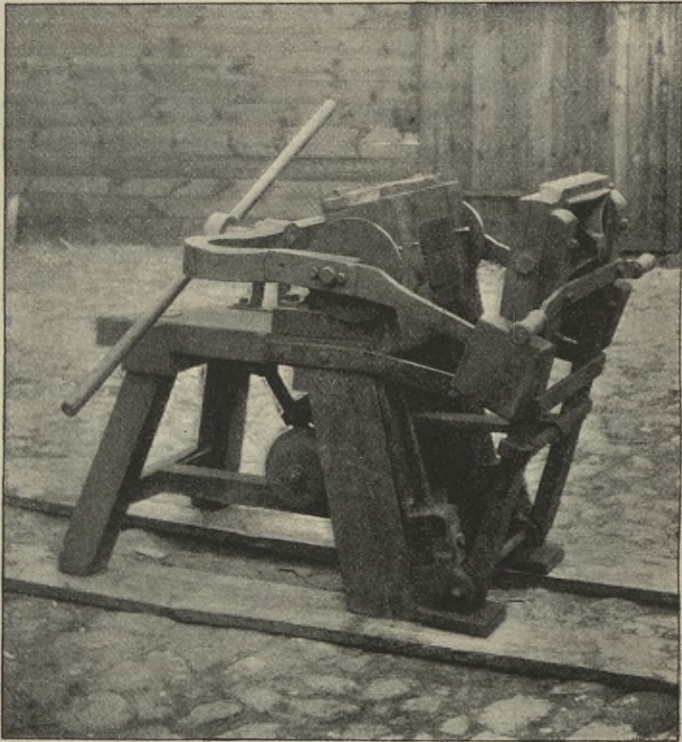
Fig. 9.



dazu gegebenen Illustrationen sind allgemein gehalten, doch dürfte jeder Fachmann wohl im stande sein, danach ähnliche Gitter resp. Gussformen herstellen zu lassen. Das Patent besteht zur Zeit nicht mehr und wurde zu der Zeit nichtig erklärt, während welcher die Besitzerin der Faure-Patente in Deutschland, die A.-F.-A.-G. Berlin, mit den übrigen deutschen Accumulatorenfabriken in heftiger Patentfehde lag. Das be-

kannte Ergebnis dieses Feldzuges war, dass ein Teil der Konkurrenzfabriken tributpflichtig, ein anderer zur Aufgabe der Fabrikation gezwungen wurde; dieser letztere Fall trat auch bei der Firma Correns ein. Es freut den Verfasser,

Fig. 10.



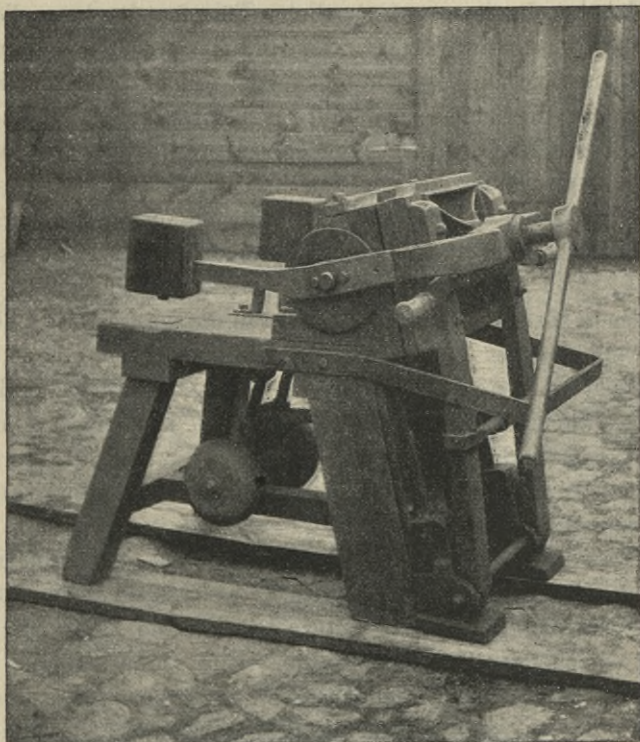
Correns-Gussform, offen.

konstatieren zu können, dass mit dem Augenblick des Untergangs des Faure-Patents die frühere Correns-Firma wieder zum Leben erwachte. C. W. Kayser & Co., Hüttenwerk und Accumulatorenfabrik (Kaiserin-Augusta-Allee 26, Berlin NW.), auf deren gütige Erlaubnis Verfasser eine nähere Besichtigung der Fabrik vornehmen durfte, betreiben unter

der Leitung des Herrn E. Correns eine sehr respektable Massenfabrikation.

In Fig. 10 ist die photographische Ansicht einer Correns-Gussform mit auseinander gezogenen Formhälften, in Fig. 11

Fig. 11.



Correns-Gussform (geschlossen.)

die Ansicht derselben Form, aber geschlossen und zum Guss bereit, dargestellt. Die beiden Formhälften sind an einen Bock angeschraubt, welcher die exakte Führung derselben beim Oeffnen und Schliessen der Form ermöglicht. Auf jeder Formhälfte ist zudem je ein Präzisionsstift und ein Stellzapfen angebracht (die Fig. 10 zeigt diese auf der linken Form-

hälfte), welche in passende Bohrungen der gegenüberstehenden Formhälfte eingreifen. Durch eine kräftige Spindel mit Hebel werden die Hälften zusammengepresst; durch Balanzirgewichte wird das Hin- und Herbewegen der Formhälften erleichtert.

Die äussere Ausstattung des Giessbocks ist nebensächlich und kann auf die mannigfaltigste Art erfolgen. An Stelle des Hebelmechanismus zur parallelen Führung der beweglichen Formhälfte ist vom Verfasser eine durch Spindel mit Laufrad betriebene Excenterbewegung benützt worden. In diesem Falle waren auf der einen Formhälfte vier Stellzapfen, welche in vier Bohrungen der aufliegenden anderen Hälfte hindurchragten. Wird nun die mit den Bohrungen versehene Formhälfte festgehalten und auf die vier aus derselben heraustretenden Stellzapfen der unteren Formhälfte ein gleichmässiger Druck, z. B. durch vier von einer gemeinsamen Spindel aus betriebene Excenter ausgeübt, so kann die untere Hälfte ebenfalls mit grosser Kraft und Präzision von der oberen abgestossen werden. — Die Correns-Formen erfordern ungleich grössere Genauigkeit der Ausführung, als z. B. die für Volkmar-Gitter gebräuchlichen Formen. Mangelhaft ausgeführte Formen werden beim Gebrauch innerhalb kurzer Zeit ausgeschliffen und untauglich.

Es würde zu weit führen, die verschiedenen **Konstruktionen** zum Giessen von Bleigittern, **welche in Deutschland patentrechtlich geschützt sind**, des Näheren zu besprechen. In nachstehender Zusammenstellung sind die Ansprüche derjenigen Patente, welche dem Verfasser erwähnenswert schienen, enthalten, weniger, um eine vollständige Uebersicht über diesen Gegenstand, als einen Begriff von der Natur desselben zu geben. In Klasse 31, Giesserei und Formerei, sind zudem zahlreiche Verfahren, Apparate und Kombinationen enthalten, welche nicht speziell die Herstellung von Accumulatorenträgern bezwecken, nichtsdestoweniger aber dafür dienlich sein können.

Wie aus dem Kapitel „Gitter“ zu ersehen ist, lassen sich überaus schwierige Muster noch in metallenen Gussformen

herstellen. Es ist aber nicht zu vergessen, dass je komplizierter die Gussform beschaffen ist, desto schwieriger diese zu reinigen und desto leichter selbe zu Reparaturen Anlass geben wird. Bei der Durchsicht der angeführten Patente scheint es fast, dass der praktisch zulässige Punkt von Kompliziertheit bei der Mehrzahl derselben erreicht, wenn nicht schon überschritten worden ist.

Nr. 40 771.

C. L. R. E. Menges in Haag.

Elektrode für primäre und sekundäre galvanische Elemente,
vom 8. Februar 1887.

Patentansprüche:

1. Als Träger der aktiven Masse in primären oder sekundären elektrischen Elementen gitterförmige Platten, deren Zellen durch rinnenförmige Stege gebildet werden, die so angeordnet sind, dass die Schnittlinien der einander durchkreuzenden Gitterteile Gruppen paralleler Linien bilden, sodass in der Richtung dieser Linien das Einformen des Modells oder das Herausheben des Gussstückes an der Form erfolgen kann.

2. Um die nach Anspruch 1 gestaltete Platte aus der aus festem Material gebildeten Gussform herauszuziehen, die Anordnung zweier Parallelführungen an den beiden Formteilen derart, dass bei der Bewegung in der einen Richtung die eine Formhälfte von dem Gussstück abgehoben wird, während bei der zweiten Bewegung das Gussstück in dieser Formhälfte sitzen bleibt und dagegen aus der anderen Formhälfte herausgezogen wird.

Nr. 43 366.

C. L. R. E. Menges in Haag.

Zusatz zum Patent Nr. 40 771, vom 8. November 1887.

Neuerung an der unter Nr. 40 771 patentierten Elektrode für primäre und sekundäre Elemente, vom 20. August 1887.

Patentanspruch:

Bei der durch D. R.-P. Nr. 40 771 geschützten Elektrode für primäre oder sekundäre galvanische Elemente, die Abänderung, welche dadurch erhalten wird, dass die beiden Hälften der Gussform in gegeneinander verschobener Lage zusammengestellt sind.

Nr. 90 867.

C. L. R. E. Menges in Haag.

2. Zusatz zum Patent Nr. 40 771, vom 8. Februar 1887.

Elektrodengitter für elektrische Sammler und Gussform für dasselbe.

Patentanspruch:

Ausführungsform des durch D. R.-P. Nr. 40 771 und geschützten Elektroden und Gussformen, dadurch gekennzeichnet, dass bei letzteren die beim Guss einander zugekehrten und stellenweise einander berührenden Oberflächen der Formhälften nicht eben sind, sondern eine gebrochene oder wellenförmige Ebene bilden, deren abwechselnd gerichtete Teile in die zur Bildung der Elektrode dienenden Formöffnungen fallen bezw. in deren Verlängerung liegen, zum Zwecke, die wirksame Masse für das Füllen der Elektroden in Stücke mit trapezförmigem, annähernd quadratischem Querschnitt verwenden zu können.

Nr. 888 777.

J. J. Courtenay in London. Kl. 31.

Einrichtung zur Erleichterung des Herausnehmens der in zweitheiligen Formen gegossenen Accumulatoren-gitter, vom 27. März 1896.

Patentanspruch:

Einrichtung zur Erleichterung des Herausnehmens der in zweitheiligen Formen gegossenen Accumulatoren-gitter, dadurch gekennzeichnet, dass Bolzen (Stifte), welche beim Guss zur Bildung durchgehender Oeffnungen in den Platten dienen, durch Löcher in der einen Formhälfte nach aussen ragen und hier auf einer verschieblich angeordneten Platte befestigt sind, sodass sie nach Herstellung des Gusses aus diesem herausgezogen und nach Oeffnung der Form als Ausstosstempel gegen die von ihnen gebildeten, durch die Abkühlung verengerten Löcher des in der anderen Formhälfte verbliebenen Gusses vorgetrieben werden können.

F. 8637. Kl. 31.

Gussform für Accumulatoren-gitter mit unterschrittenen Stäben, vom 21. Oktober 1895.

Patentanspruch:

1. Eine Gussform für Gitter mit unterschrittenen Stäben, bei welcher zwischen den die Formen bildenden Stäben beweg-

liche Einlagen angeordnet sind, nach deren Entfernung die eine Formhälfte in ihrer Ebene verschoben und entfernt werden kann.

2. Bei der unter 1 genannten Gussform ein Verschlusschieber *s*, welcher mit dem Kasten *k* so verbunden ist, dass er beim Heben oder Senken desselben hin und her bewegt wird, zu dem Zwecke, den Schlitz zwischen Rahmen und Kasten zu verschliessen.

Sch. 11 110. Kl. 31.

Giessform für Accumulatoren-gitter, vom 4. November 1895.

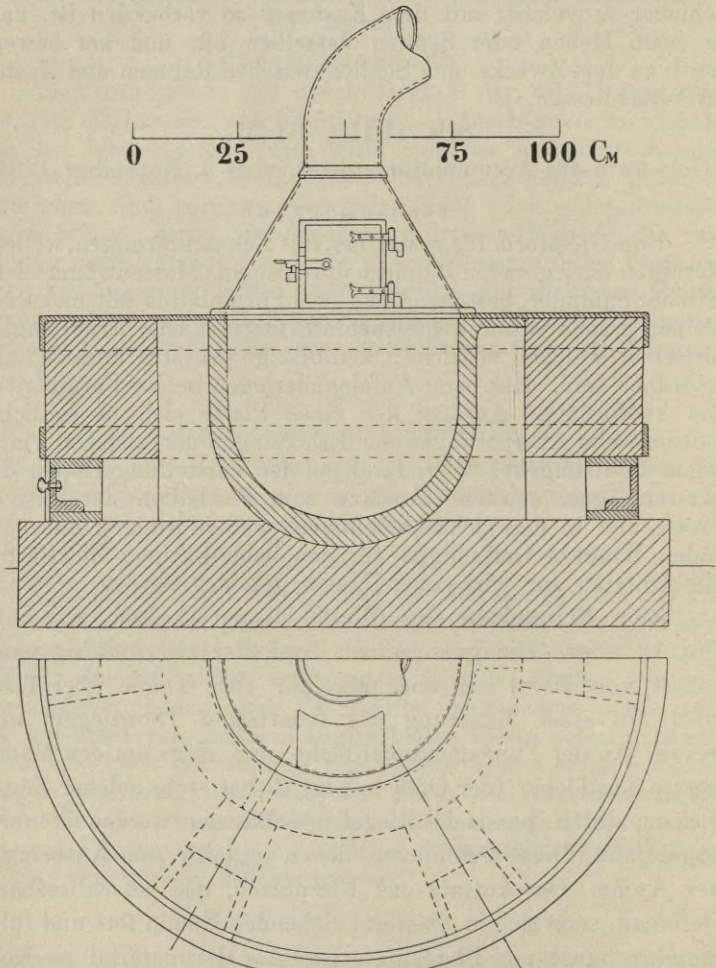
Patentanspruch:

Eine Giessform für rostartige, mit zickzackförmigen, wellenförmigen oder geraden Bändern durchzogene Massenträger elektrischer Sammler, bestehend aus zwei Formplatten mit mehreren Reihen prismatischer, gegebenenfalls abgerundeter Erhöhungen, zwischen welchen seitliche, keilförmige Ansätze derartig angeordnet sind, dass beim Aufeinanderlegen beider Formplatten die keilförmigen Ansätze der einen Platte sich in seitliche, prismatische Aussparungen der Erhöhungen der anderen Platte legen und umgekehrt, wodurch an den Versteifungsrippen des Massenträgers seitliche Ansätze zum Festhalten der aktiven Masse und in den zickzackförmigen, wellenförmigen oder geraden Bändern Oeffnungen für den beiderseitigen Zutritt des Elektrolyten zur wirksamen Masse gebildet werden.

Zum **Schmelzen des Bleies** dienen Oefen, wie z. B. Fig. 12 zeigt. Ein gusseiserner Topf, der zweckmässig einen Inhalt von 100 l hat und ungefähr eine Tonne Blei fasst, wird mit einer Mauerung aus feuerfesten Thonziegeln umgeben. An der Fundamentoberfläche sind rings um den Mantel herum Luftlöcher (der Ofen in Fig. 12 hat sechs solcher Züge), welche durch passende Ziegel geschlossen werden können, angebracht. Diese Oeffnungen dienen zugleich zum Ausbringen der Asche. Der Aufsatz aus Eisenblech, mit verschliessbarer Oeffnung, setzt sich in einen gut ziehenden Kamin fort und führt die Rauchgase und Bleidämpfe ab. Als Heizmaterial ist Koks am geeignetsten, da mit diesem die Temperatur des Metalls am leichtesten konstant erhalten werden kann. — Die Oberfläche des Bleies wird mit einer faustdicken Schichte von Holzkohlenstücken bedeckt, um die Oxydation derselben zu verhindern.

Sehr empfehlenswert ist es, vor dem Gebrauch das Blei durch Rühren mit trockenen Holzlatten gewissermassen zu reinigen.

Fig. 12.

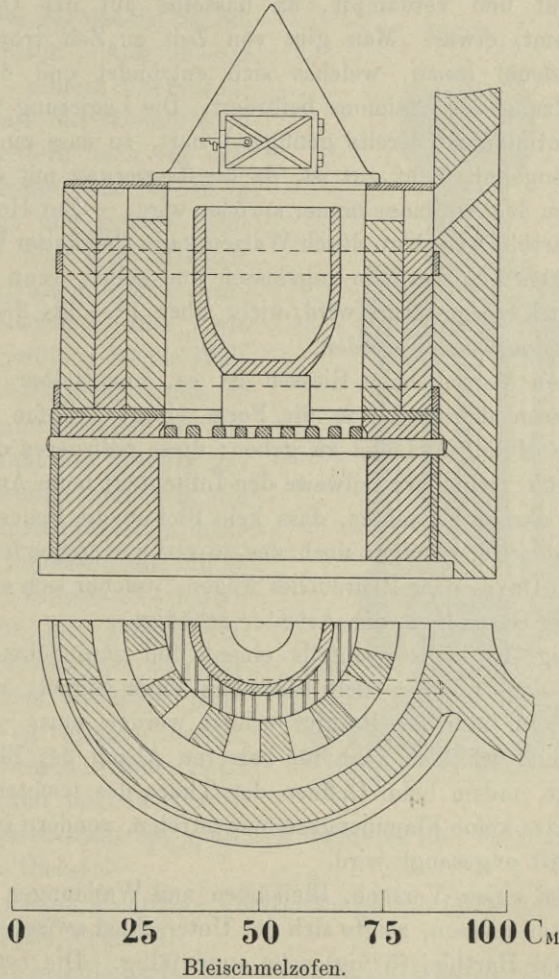


Bleischmelzöfen.

Durch die aufsteigenden Wasserdampf- und Gasblasen wird ein Schaum an die Metalloberfläche geführt, der abgeschöpft

werden muss. Es dauert oft eine Stunde, bis beim Eintauchen frischer Holzstäbe die Metalloberfläche rein bleibt. Nach dieser

Fig. 13.



Operation scheint das Blei leichter flüssig geworden zu sein und liefert bessere Abgüsse als vorher.

Zur Legierung mit Antimon wird gleichfalls das

Blei solchermassen gereinigt und dann erst das Antimon zugesetzt, indem die schon fertige Legierung keinen Schaum mehr absondert. Das Antimon löst sich ziemlich langsam im Blei auf und verdampft, da dasselbe auf der Oberfläche schwimmt, etwas. Man gibt von Zeit zu Zeit tropfenweise Maschinenöl hinzu, welches sich entzündet und dabei die Schmelzung des Antimons befördert. Die Legierung mit 4 bis 5 % Antimon ist bereits genügend hart, so dass ein höherer Antimongehalt nicht gut ist, da die Legierung mit dem Anwachsen des Antimons immer spröder wird. — Zur Herstellung von Hartbleiblechen durch Walzen kann (bei kalter Walzung) nur $\frac{1}{2}$ bis 1 % Antimon zugelassen und selbst wenn das Metall stark vorgewärmt wird, nicht über $1\frac{1}{2}$ - bis 2%ige Legierung verwendet werden.

Von Vorteil beim Giessen ist es, unmittelbar vor dem Eingiessen des Bleies in die Form einige Tropfen Stearinöl auf das Metall im Löffel zu geben; diese reduzieren die Oxydhaut und verhindern teilweise den Luftzutritt beim Ausgiessen. Es ist darauf zu achten, dass kein Blei in die Feuerung verschüttet wird, weniger noch des so verloren gehenden Metalls als des Oxyd- oder Bleirauches wegen, welcher sich entwickelt und die Gesundheit der Arbeiter schädigt.

Fig. 13 stellt ebenfalls einen Ofen zum Schmelzen des Bleies dar, welcher sich besonders dann eignet, wenn das Metall auf stärkere Rotglut erhitzt werden muss. Dementsprechend ist hier auch für besseren Abzug des Bleirauches gesorgt, indem beim Oeffnen der Thüre des trichterförmigen Aufsatzes keine Flammgase heraustreten, sondern im Gegenteil Luft angesaugt wird.

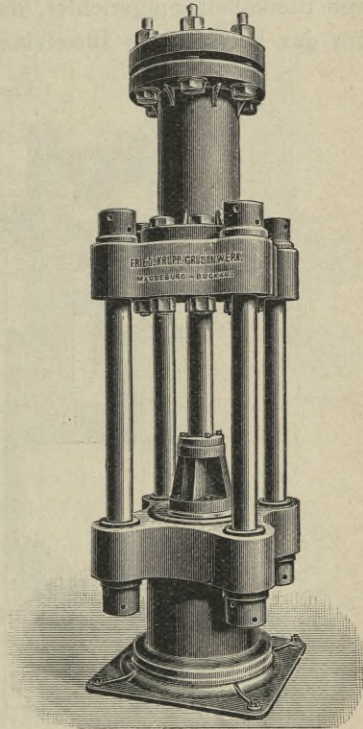
Bei einem Versuch, Bleikästen und Wandungen für Bleikästen zu giessen, zeigte sich der Unterschied zwischen Weichblei und Hartblei (5%ig) sehr augenfällig. Die betreffenden Bleitafeln wurden in einer stark vorerwärmten Eisenform gegossen und waren 400 mm lang, 400 mm breit und $2\frac{1}{2}$ mm dick. Es gelang nicht, eine einzige Hartbleibleche zu erhalten, welche vollkommen undurchlässig für Wasser war, obzwar

bei manchen Stücken mit blossen Auge kein Fehler wahrnehmbar war. Auch bei Weichblei gelang der Guss solcher Tafeln (welche in beiden Fällen mit Verstärkungsrippen versehen waren) nicht sicher, doch zeigten sich immerhin ein Drittel der gegossenen Stücke undurchlässig. Aus diesem Resultat scheint hervorzugehen, dass das Giessen auch von Bleigittern doch eine verhältnismässige Unsicherheit in sich birgt und gewiss nicht die einwandfreieste Methode zur Fabrikation solcher vorstellt. Nachdem aber, wie schon angeführt, für die Bleischwammelektroden keine so hohen Anforderungen an die Homogenität des Trägers gestellt zu werden brauchen, wie bei den Superoxydplatten, dürften jene immerhin am billigsten durch Giessen zu erhalten sein. Für die Träger von Superoxydelektroden dagegen scheint dem Verfasser jeder andere Weg beinahe besser, als das Giessen, wobei noch zu bemerken ist, dass z. B. durch Pressen auch ein spezifisch dichteres Blei erhalten wird als durch Giessen.

Die nächst wichtigste Verarbeitungsform bildet daher das **hydraulische Pressen**.

Der Freundlichkeit des Grusonwerkes in Magdeburg (Friedrich Krupp), welches Bleipressen grössten Kalibers anfertigt, verdankt Verfasser die in Fig. 14 und 15 dargestellten Ansichten. Fig. 14 gibt die Ansicht einer

Fig. 14.



hydraulischen Bleipresse einfacher Konstruktion (ohne Heizvorrichtung für den Metallbehälter); dieselbe hält einen Druck bis zu 500000 kg aus. Fig. 15 gibt den Querschnitt des Metallbehälters (mit Heizvorrichtung) sowie des Pressstempels. Der Pressstempel, sowie die Matrize ist hier für die Erzeugung von Bleikabeln eingerichtet, dagegen ist die übrige Anordnung für das Pressen von Bleielektroden giltig.

Fig. 15.

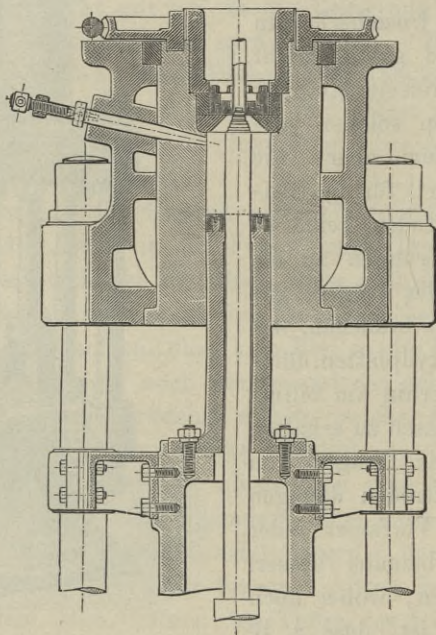
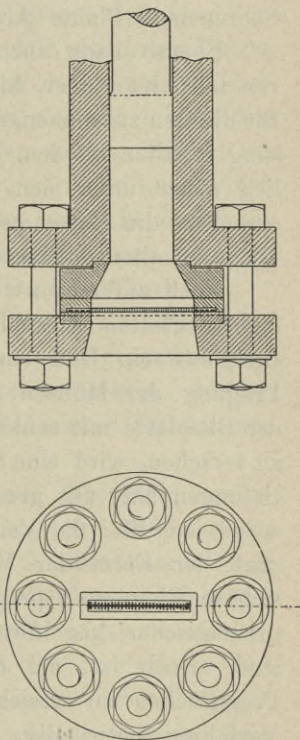


Fig. 16 gibt speziell den Querschnitt des Presskolbens und Stempels der Berks-Renger Presse. „Die Matrizen sind nach dem ‚Typensystem‘ eingerichtet und können durch Einlage oder Entnahme der Typen beliebig breit oder schmal, sowie der Mittelsteg beliebig stark, eingestellt werden.“ — Je nach dem Zweck, welchem die Platten zu dienen haben, wird die Oberfläche der Platten mehr oder weniger ausgiebig verteilt.

Anstatt die Matrize fest zu lagern, kann dieselbe am Stempel als Mundstück angebracht werden. In diesem Falle ist der Pressstempel hohl und das Mundstück dient als Ausgangspforte für das Pressgut. Gepresste Träger sind unten abgebildet. Auch Streifen (für Bleifedern oder Kompositelektroden) können, durch Aufschrauben von anderen, geeigneten Matrizen erzeugt werden.

An Stelle des für die Rohrpressung üblichen Einsatzes kommt eine einfache Matritze in den Stempel als Einsatz, deren Aussparung den Querschnitt des Pressstreifens bestimmt. Das Blei, welches sich in dem, auf dem beweglichen Teil der Hydraulik sitzenden Kessel befindet, wird vor der Pressung bis zum Schmelzpunkt vorerwärmt, was bei kleineren Pressen dadurch geschieht, dass der Bleibehälter mittels eines Krahnens in einen passenden Ofen gesetzt wird. Nachdem der gewünschte Hitzgrad erreicht worden ist, wird der Kessel wieder mittels des Krahnens unter die Presse gesetzt. — Bei grösseren Pressen ist rings um den Bleibehälter herum eine Feuerung angebracht, welche den Zweck, das Metall während der Pressung auf der entsprechenden Temperatur zu erhalten, erfüllt. — Der Vorteil der so gepressten Bleiträger liegt in der vollkommen gleichartigen physikalischen Struktur des gepressten Bleies. Ausserdem ermöglicht dieser Weg eine sehr exakte Formgebung und auf dem denkbar billigsten Wege. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist, dass die Bleiträger nicht über eine gewisse Breite

Fig. 16.



praktisch herzustellen sind, indem sonst die Abmessungen der Presse und die Kosten einer solchen zu grosse werden. — Die ersten gepressten Bleiträger sind vielleicht in den Accumulatoren von A. de Khotinsky verwendet worden und zwar schon Mitte der 80er Jahre. Um dieselbe Zeit brachte auch Cheswright gepresste Platten zu stande, welche speziell zum Gebrauch in Planté-Accumulatoren bestimmt waren.

Ebenso kann auch der leitende Träger der Elektrode von Gülcher noch hier erwähnt werden, da derselbe aus Bleidrähten zusammengesetzt ist, welche ebenfalls durch Pressung erhalten werden. Die gepressten Bleiträger sind sämtlich näher unter dem Kapitel „Planté-Accumulatoren“ besprochen, im Zusammenhang mit den übrigen, auf anderem Wege erhaltenen Plantéplatten.

Noch auf eine zweite Pressmethode lassen sich geeignete Platten herstellen. Es wird nämlich in eine glatte Bleiplatte ein Bild eingepresst, auf ähnliche Art, wie die Prägung der Münzen stattfindet. Um z. B. die Oberfläche der Bleiplatte mit senkrecht auf die Fläche stehenden Spitzen zu versehen, wird eine Stahlplatte, welche entsprechende Vertiefungen hat, mit grossem Druck auf die Bleiplatte gesetzt, sodass das Blei die Vertiefungen der Stahlplatte ausfüllt. Je nach der Form der Vertiefungen in der Pressplatte lassen sich so Bleiplatten prägen, deren Oberfläche mit Zacken von prismatischer, kegelförmiger, würfelförmiger Gestalt übersät sind. Doch ist, um das Ablösen der Bleiplatten von den Pressstücken zu erreichen, ein kleiner Kunstgriff bei diesem Verfahren notwendig. Im allgemeinen wird, wenn eine mit sehr vielen, kleinen, wenn auch konisch zulaufenden Löchern besetzte Platte auf ein Bleistück gepresst wird, das Bleistück sich nicht ohne weiteres von der Pressplatte loslösen, sondern darin sitzen bleiben.

Nach einer Patenteinrichtung von B. Klüppel (Nr. 96019, vom 23. April 1896) wird das Lösen des Bleies von den Pressplatten automatisch durch komprimierte Luft bewirkt. Der Patentanspruch lautet: „Verfahren zur Herstellung von Sammler-

platten mit Vorsprüngen, gekennzeichnet durch die Anwendung von Pressplatten, bzw. Grundplatten mit cylindrischen oder prismatischen, geschlossenen Höhlungen, derart, dass beim Pressen in diesen Höhlungen eingeschlossene Luft oder Dampf das Lösen der gepressten Platte von der Pressplatte bzw. Grundplatte befördert.“

Von der Firma C. Tiefenthal in Velbert sind dem Verfasser sehr schöne Muster von solchergestalt gepressten Platten vorgelegt worden, wobei die Oberflächen der Bleiplatten beiderseitig mit Hohlcylinderchen, Prismen etc. von 3 bis 4 mm Höhe sehr hübsch regelmässig versehen waren. Sobald der Pressstempel sich auf dem Blei festlegt, wird die Luft in den Höhlungen des Stempels abgeschlossen, dann beim Pressen komprimiert, sodass die geschaffene Expansivkraft das Blei aus den Höhlungen stösst, sobald der Druck aufhört.

Man sollte denken, dass solche Platten als Superoxydelektroden für stationäre Elemente unter sonst denselben Umständen gegossenen Seelenplatten vorzuziehen wären. Infolge des grossen Gewichts wird die Kapazität solcher Platten eine beschränkte sein.

Die ersten Accumulatoren sind aus **Walzblei** hervorgegangen, wenn auch die von Sinsteden und die von Planté anfänglich gebauten Elemente kaum Anspruch auf technische Fabrikate machen durften. Allerdings sind später aus Bleiblech die verschiedensten Systeme aufgebaut worden, wovon vielleicht der von Bréguet u. Co. in Paris in den Handel gebrachte Accumulator am meisten Verbreitung gefunden hat, namentlich als Lehrmittel und zu physikalischen Arbeiten. Wie Blei zu Blech von verschiedenen Stärken ausgewalzt wird, ist hier nicht erforderlich zu beschreiben, nachdem diese Operation allgemein bekannt ist. Wohl aber sei bemerkt, dass die Struktur des Bleiblechs nicht immer gleichmässig, sondern oft blättrig ist. Am leichtesten lässt sich dies durch die Aetzfiguren, welche bei langsamem Auflösen des Blechs, z. B. in Essigsäure, entstehen, nachweisen. Auch bei der elektrolytischen Oxydation des Bleiblechs, bei

der Formation zu Superoxyd, sei es nach dem ursprünglichen Planté- oder einem beschleunigten Verfahren, zeigt sich die Unregelmässigkeit der Struktur in unerwünschter Weise. — Nun ist erfahrungsgemäss eine glatte Bleiplatte wenig geeignet, als Elektrode, auch für Plantésammler, zu dienen, weil die an der glatten Fläche gebildete Verbindung, Bleisuperoxyd, ein grösseres Volum einnimmt als das in demselben enthaltene Blei. Der Ueberzug von Bleisuperoxyd befindet sich in einem gewissen Spannungsverhältnis zu der unterliegenden Bleifläche und blättert daher leicht los oder fällt als Pulver ab. Wird aber die Bleiebene durch eng nebeneinander stehende Erhöhungen oder Vertiefungen in kleinere Flächen geteilt, so verteilt sich die Volumvergrösserung auf diese und sinkt beim einzelnen Flächenelement auf einen nicht mehr störend wirkenden Betrag. Daher kann nur Bleiblech praktisch zur Anwendung kommen, das entweder während des Walzens oder nachher mit einer, allgemein ausgedrückt, gerauhten Oberfläche versehen wird. Ein oft gewähltes Auskunftsmittel ist, das Bleiblech in dünne Streifen zu zerschneiden und diese (deren Breite die Plattendicke bestimmt) vorzugsweise vertikal gerichtet nebeneinander zu einer Platte anzuordnen und an den beiden Enden durch je eine gemeinsame Bleileiste zu verbinden. (Kabath, Benardos, Elieson, Blot u. a.) Unter dem Kapitel „Planté-Accumulatoren“ finden sich solche Konstruktionen beschrieben. In eigenartiger Weise geht Pollak vor, um mit Bleidornen besäete Bleibleche zu erzeugen. Bleiblech von ungefähr 5 bis 10 mm Dicke, je nach der Dicke der Platte, welche erzielt werden soll, wird durch ein Walzenpaar gelassen, dessen Walzen nicht glatt, sondern mit entsprechenden Vertiefungen versehen sind. Durch den Druck, welchen das Blei im Moment des Passierens zwischen den Walzen erfährt, wird dasselbe in die Vertiefungen der Walzen eingepresst, sodass nachher Erhöhungen (Dorne) auf dem Bleiblech vorhanden sind. Anstatt die Walzen durch Gravieren mit den formgebenden Vertiefungen zu versehen, kann eine solche Walze durch Zu-

sammensetzen von, an der Peripherie gezahnten, kreisrunden Stahlblechen hergestellt werden. Die Walzen sind verstellbar, sodass der Abstand der Cylinder voneinander, welcher die Dicke des Plattenkernes (oder der Seele) bestimmt, nach Wunsch reguliert werden kann. Um das Bleiblech leichter von den Walzen loslösen zu können, wird dasselbe mit dickem Maschinenöl beidseitig bestrichen, bevor es jene passiert. Es ist auch dann noch ein ziemlicher Zug erforderlich, das Walzgut abzulösen. Die Dorne haben hackenförmige Gestalt und sind, wie die Figur der Pollak-Platte zeigt, gegeneinander versetzt.

Die photographische Ansicht der Walzerei, der Accumulatorenwerke, System Pollak in Fig. 17 ist einem Prospekt vom Jahre 1894 der genannten Firma entnommen. Der im Vordergrund links stehende Walzenzug dient lediglich dazu, die gegossenen Bleiplatten auf die für die Pressung geeignete Dicke zu bringen. Die am meisten nach rechts stehende Walzvorrichtung dagegen erzeugt das gezackte Blech.

Nr. 49636.

Charles Pollak in Sanok, Oesterreich.

Walzwerk zur Herstellung von Bleiplatten für elektrische Accumulatoren, vom 21. Dezember 1888.

Patentanspruch:

Zur Bildung von Längs- und Quernuten an den zur Herstellung der Platten elektrischer Accumulatoren dienenden Bleiseelen die Anwendung eines Walzwerkes, welches besteht aus zwei parallelen Walzen, von denen jede aus abwechselnd glatten und gezahnten oder aus lauter gezahnten Scheiben zusammengesetzt ist, welche hochkant nebeneinander auf einer Achse aufgeschoben sind.

Nach dem Walzen wird das Oel dadurch vom Bleiblech entfernt, dass dieses, nachdem es in Platten der gewünschten Länge geschnitten worden ist, in Benzin getaucht wird und darin eine systematische Waschung erfährt. Die Pole oder Stromzuführungen, ebenso die Nasen oder Ansätze zum Aufhängen der Platten werden, da die Walzung nur rechteckige

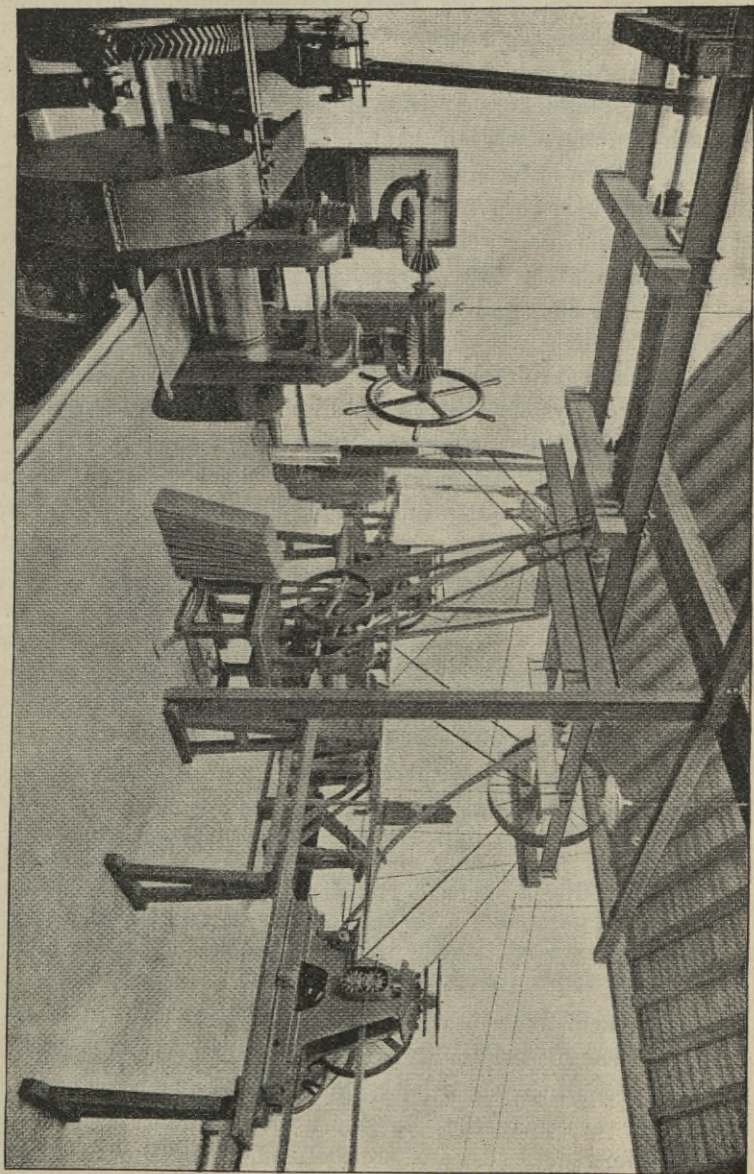


Fig. 17.

Walzerei.

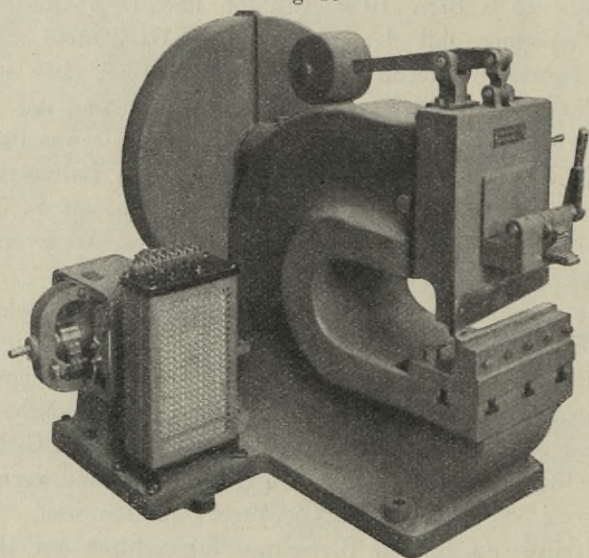
Platten liefert, besonders angelötet und zwar mittels eines besonderen Bleilots. Zur Herstellung desselben werden 75 bis 90 Gewichtsteile Weichblei mit 20 bis 5 Gewichtsteilen Quecksilber und 15 bis 5 Gewichtsteilen Antimon zusammengesmolzen. Je mehr Quecksilber die Legierung enthält, desto leichtflüssiger ist diese; das Antimon wird zur Erhöhung der mechanischen Festigkeit des Lotes beigefügt.

Eine für Flickarbeiten recht brauchbare Legierung bestand aus 75% Blei, 10% Antimon und 15% Quecksilber. Beim Erwärmen mit der gewöhnlichen Gasflamme schmilzt das Lot zuerst und verbindet sich mit dem Blei, etwa so, wie zum Schmelzen erwärmtes Zinn sich auf einem mit Koloophonium bestreuten Kupferblech verhält. Durch etwas Paraffin, das über die Lötstelle gestreut wird, um den Luftzutritt abzuhalten, wird die Lötung befördert. — Die auf S. 56 beschriebene Pressung ist dem Pollakschen Walzverfahren vorzuziehen.

Als Beispiel, wie Träger für Accumulatorenelektroden durch **Stanzen** hergestellt werden können, möge folgende Methode dienen, welche Verfasser seinerzeit als geeignet für Bleischwammplatten in Kombination mit mechanischer Einbringung der Füllmasse entworfen hat. — Bei dem Gitter der E.P.S.-Co., welches auf S. 76 abgebildet ist und vermittelt der auf S. 38 dargestellten Gussform erhalten wird, ist der aktiven Masse (z. B. dem Bleischwamm) dadurch der Halt im Gitter gesichert, dass die Bleischwammkörperchen eine nietenförmige Gestalt haben. Spaltet sich aber ein solcher Füllkörper, wie dies beim Gebrauche der Platten vorkommt, dann fallen die beiden Niethälften aus dem Gitter heraus. Wenn nun die Gitterstäbe nicht massiv, sondern durchbrochen wären, würde die Füllmasse sich in den Durchbrechungen verankern können und, selbst beim Spalten derselben, Herausfallen nicht stattfinden. Durch Giessen lässt sich ein solches Gitter schwer gewinnen, leichter auf dem nachstehenden Wege. — Es wird ein Hartbleiband von 5 mm Breite und 1 mm Dicke, welches durch Pressung erhalten worden ist, in Stücke von

solcher Länge geschnitten, als der Breite oder Höhe der zu fertigenden Platte entspricht. Vermittelt eines französischen Schnittwerkzeugs, das an der, in Fig. 18 gezeigten Exzenterpresse (mit Riemenantrieb und Fusstrittauslösung versehen) befestigt ist, werden die Bleistreifen gestanzt und die aus Fig. 19 ersichtlichen Muster erhalten. — Der Bleistreifen ist mit Einkerbungen von 1 mm Breite und $2\frac{1}{2}$ mm Länge ver-

Fig. 18.

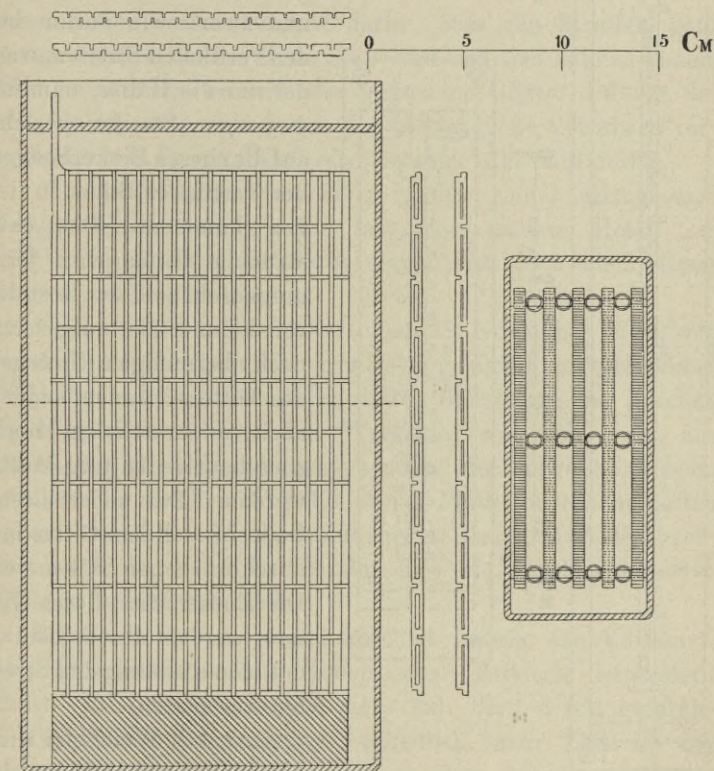


Exzenterpresse (oder Stanze). Maschinenfabrik Oerlikon.

sehen worden, wobei diese Kerbe auf beiden Seiten des Streifens regelmässig abwechselnd angebracht sind. Ueberdies sind in dem Streifen, zwischen je zwei Kerben immer eine, Aussparungen angebracht. In Fig. 20 ist die schematische Skizze zweier Schnitte (Matrizen) gegeben. Der Bleistreifen wird zwischen die Führungsleisten gelegt und darauf gestanzt, wobei zu beachten ist, dass sich der Abstreifer zuerst an Blei anpresst, bevor die Stempel passieren und erst nachdem die Stempel wieder aus dem Blei herausgetreten sind, in die

Höhe gehoben werden darf. Nur dadurch kann verhindert werden, dass das Bleiband sich deformiert, wobei ungleichartige Stanzstreifen erhalten werden. Die solchergestalt erhaltenen Streifen sind sämtlich absolut gleichartig, und werden

Fig. 19.

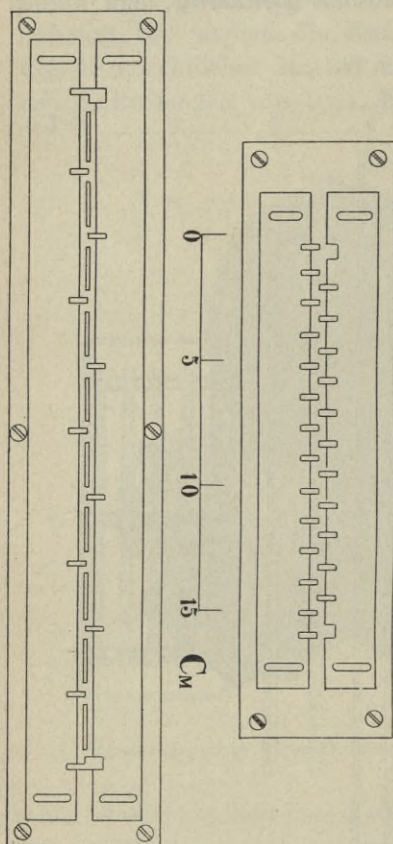


Gestanzte Bleistreifen und Kompositgitter mit durchbrochenen Stäben.

jetzt zum Gitterwerk angeordnet. Es ist natürlich darauf zu achten, dass die Kerbe etwas weiter, als die Bleistreifen dick sind, damit das Uebereinanderstecken der Streifen möglich ist. In einen Führungsrahmen werden zuerst die vertikalen Stäbe eingelegt und zwar vorerst nur die Hälfte, sodass immer

zwischen zwei Streifen einer ausgelassen wird. Die Einkerbungen dieser Streifen müssen gleichmässig liegen, also

Fig. 20.



Matrizen für Schnitte.

z. B. die ungeraden Kerben sämtlich nach oben. Nun werden horizontal liegende Streifen eingesetzt und zwar, wie vorhin bei den vertikalen Streifen, wieder nur die Hälfte, nämlich diejenigen Streifen, welche auf die oberen Einkerbungen der vertikalen Stäbe zu liegen kommen. Das entstandene Gitter wird jetzt umgedreht und der Rest der vertikalen Stäbe aufgesetzt, nach abermaligem Umlegen des Gitters können endlich auch die restlichen horizontalen Streifen aufgesteckt werden. Das so erhaltene Geflecht stellt ein Gitter mit durchbrochenen Stäben vor. Die Endstreifen dieses Gitters werden durch Lötung mit den anstossenden Streifen verbunden.

Anstatt Weichblei wird für Bleischwammträger die Legierung mit 2% Antimon

verwendet, wodurch, im Verein mit dem beim Stanzen ausgeübten Druck, genügend steife Streifen von 1 mm Dicke erhalten werden. Ein solches Gitter ist natürlich leichter als ein sonst gleiches Gitter mit massiven Stäben und fasst mehr Füllmasse als letzteres. Jeder Bleischwammkörper wird auf zwei, bezw. vier Seiten durch die Ansätze, welche durch die

Gitterwände in die benachbarten Würfel sich fortpflanzen, gehalten, so dass auch beim Schwinden und Reissen des Bleischwammes dieser nicht so leicht herausfallen kann wie bei den E.-P.-S.-Gittern. — Um Gitter für Superoxydelektroden auf diese Art herzustellen, wird der Bleistreifen aus Weichblei und 2 mm dick genommen, im übrigen aber wie geschildert verfahren. Ein Vorteil besteht darin, dass die Streifen ganz homogen (ohne Blasen, Risse etc.) sind und sich dehnen lassen, ohne so bald zu reissen wie gegossene Gitter. Infolge der Gewichtsersparnis eignet sich das beschriebene Verfahren vorzugsweise zur Fabrikation transportabler Accumulatoren.

Trotzdem sich Weichblei, infolge seiner allzugrossen Nachgiebigkeit, weniger als fast jedes andere Metall zur Bearbeitung durch **Hobeln** eignet, ist doch auch dieser Weg eingeschlagen worden.

Nach D. R.-P. Nr. 94654, vom 28. November 1896, von Majert und Berg wird vermittelst geeignet zugeschliffener Hobeisen die Oberfläche von glatten Bleiplatten mit Furchen und Rippen versehen. Der Werkstahl soll hier nicht nur Nuten oder Rinnen erzeugen, sondern der gewöhnlich beim Metallhobeln abfallende Spahn an der Plattenoberfläche haften bleiben. Die Bleitafel wird beinahe in derselben Weise bearbeitet, wie der Pflug des Landmannes die Furchen in einen schweren Lehmboden zieht.

In einer kleinen amerikanischen Fabrik sah Verfasser, wie Tudorplatten mittels Hobeln aus Bleiblech hergestellt wurden. Allerdings erfordert diese Art, Platten mit gefurchten Oberflächen zu erzeugen, erheblich mehr Zeit als das Giessen, doch ist nicht zu verkennen, dass derartigen Platten die Nachteile gegossener nicht anhängen und die Haltbarkeit infolge der grösseren Homogenität des Walzbleies entschieden grösser sein wird, als bei gegossenen Elektroden.

Vielleicht zu diesem Kapitel gehörig ist nachfolgendes Patent, das in möglichst allgemeiner Fassung das Giessen von Elektroden über Kerne zu decken scheint.

Kl. 21 K. 14469.

Karl Krebs in Mariendorf (Berlin).

Verfahren zur Herstellung von Elektrodenkörpern mit ganz oder teilweise verlorenen Kernen oder Formen.

Einger. 13. Oktober 1896. Veröffentlicht: 11. Oktober 1897.

Patentanspruch:

Herstellung von Elektrodenkörpern durch Giessen von Metallen oder durch Formen und Brennen plastischer Massen über unlösliche Kerne und in unlösliche Formen, welche beiden letzteren erst nach dem Guss oder nach dem Formen und Brennen ganz oder teilweise durch chemische Einwirkung in lösliche oder sonst entfernbare Substanzen umgewandelt und dann beseitigt werden.

Wenn durch Umgiessen der Schwammbleikörper zugleich das Anschmelzen derselben an den Träger bewirkt werden könnte, müsste ein solches Verfahren den Vorzug besitzen, die der Metallunterlage benachbarte Schichte des Schwamms in dauerndem und ausgezeichneten Kontakt zu erhalten.

Kapitel III.

Träger für Accumulatorelektroden.

Es ist eine Erfahrungsthatsache, dass Platten, die nur aus Bleischwamm oder nur aus Bleisuperoxyd bestehen, nicht ohne weiteres als Elektroden für Accumulatoren dienen können. Diese Körper sind zu spröde und zeigen zu wenig mechanische Festigkeit, als dass sich die Polzuführungen direkt anbringen liessen. Schon aus diesem Grunde erweisen sich metallische Ableiter resp. Zuleiter für den elektrischen Strom als notwendig. Als Material für diese kann aus mancherlei Gründen nur Blei oder Hartblei in Betracht kommen, einmal, weil dieses Metall mit der Beständigkeit gegen den Elektrolyten, die verdünnte Schwefelsäure, auch die nötige Billigkeit verbindet; dann, weil Blei mit Bleischwamm keine störend wirkende galvanische Kette bildet. Endlich lässt sich das Blei leicht und billig verarbeiten, giessen, pressen, stanzen, schneiden. Die Nachteile, die dem Blei für die Verwendung zu Leitern für Accumulatorenplatten anhaften, bestehen im grossen spezifischen Gewicht, geringer mechanischer Festigkeit und verhältnismässig geringer Leitungsfähigkeit, welche letztere bei der Legierung mit Antimon noch tiefer als beim reinen Blei sinkt. Es ist daher begreiflich, dass die verschiedensten Metalle an Stelle des reinen Bleies als Leiter vorgeschlagen oder versucht worden sind, wie Kupfer, Aluminium, Cadmium, Platin; ferner platinirte und vergoldete Träger, Legierungen wie Siliciumbronze, Aluminiumbronze. Auch Kohle und Graphit

sind mehrfach versucht worden. Die einzigen der Schwefelsäure widerstehenden Metalle, Platin und Gold, sind viel zu teuer für den betrachteten Zweck und bilden überdies Ketten mit dem Bleischwamm, welche diesen zu veroxydieren (entladen) suchen. Graphit und Kohle werden durch den elektrolytisch auf denselben abgeschiedenen Sauerstoff verändert und in Graphitsäure und Mellithsäure übergeführt. Alle anderen Metalle lösen sich in Schwefelsäure auf, selbst dann, wenn sie mit einer Bleihülle umgeben werden. Diese Hülle erweist sich, falls die Wandung nicht sehr dick ist, im Laufe der Zeit als säuredurchlässig. Es braucht aber nur eine Spur von Säure zum Metall hinzuzutreten, um es zu oxydieren, da das entstehende Salz selbst wieder lösend wirkt. Es ist daher unwahrscheinlich, dass bei Bleiaccumulatoren je ein anderes Metall als Blei oder Hartblei als Trägermaterial Aufnahme finden wird.

Von Wichtigkeit ist die Form des Trägers und die Art, wie das wirksame Material (Bleischwamm oder Bleisuperoxyd) auf demselben angebracht wird.

Fünf Hauptbedingungen sind zu erfüllen, falls die Elektrode hohe Leistungsfähigkeit erhalten soll, nämlich:

1. Der Träger soll derart beschaffen sein und das wirksame Material so auf demselben angeordnet werden, dass bei der Ladung und Entladung die Stromlinien das wirksame Material möglichst gleichmässig durchdringen.
2. Das wirksame Material soll so liegen, dass die elektrolytische Flüssigkeit leicht Zutritt zu demselben findet und besonders die im Innern des Materials auftretenden Konzentrationsänderungen des Elektrolyts sich möglichst rasch ausgleichen können.
3. Der Träger soll das wirksame Material so festhalten, dass auch bei den im Laufe des Gebrauchs stattfindenden Volumveränderungen der Masse diese sich nicht ablöst oder gar vom Träger abfällt.
4. Der Träger soll genügende mechanische Festigkeit zeigen, um der beim Gebrauch des Accumulators vor-

kommenden mechanischen Beanspruchung zu genügen und dabei möglichst leicht und billig sein.

5. Der Träger soll beständig gegen die elektrolytischen Prozesse, die sich an dessen Oberfläche abspielen, sein und keinen Anlass zu Lokalströmen geben.

Neben diesen Kardinalpunkten ist ferner zu berücksichtigen, dass der Träger sich verschieden gestaltet, je nachdem derselbe zur Aufnahme von Kathodenmasse oder Anodenmasse bestimmt ist. Auch ist die in Aussicht genommene Verwendungsart des fertigen Accumulators hier massgeblich, indem bei transportablen Accumulatoren auf äusserste Gewichtsreduktion Bedacht genommen werden muss, was für stationäre Elemente nicht erforderlich ist.

Endlich ist die Art und Weise der Zusammenstellung der Elektroden zum fertigen Accumulator auf die Form (Umriss) des Trägers von Einfluss.

Der Uebersichtlichkeit halber sollen hier zwei Gruppen unterschieden und zuerst die **Träger für den Bleischwamm** behandelt werden.

Der Bleischwamm zeigt ein eigentümliches Verhalten im Verlaufe der Zeit, das unabhängig von der Gestalt des Trägers zu sein und hauptsächlich von der Art des Gebrauches des Accumulators bedingt scheint. Die Kapazität oder die Aufnahmefähigkeit für Elektrizität ist, unter sonst gleichen Verhältnissen, beim Bleischwamm um so grösser, je poröser derselbe ist und je feinere Struktur der Schwamm besitzt. Die ungemaine Verteilung des durch Reduktion von Bleiglättemehl erhaltenen Schwammes scheint die Absorption der in demselben elektrolytisch abgeschiedenen Körper in hohem Grade zu befördern. (Bei Platinschwamm kann Aehnliches beobachtet werden; der aus Platinsalmiak durch Glühen erhaltene Schwamm erglüht beim Einbringen in Wasserstoff, aber nicht so energisch wie z. B. der aus Strychnin-Platinchlorid erhältliche Schwamm. In diesem ist durch das Strychninmolekül ein grösserer Abstand der Platinteilchen geschaffen und bei der Verbrennung des Strychnins eine entsprechend grössere

Porosität des resultierenden Schwammes entstanden.) Die Porosität des Bleischwammes nimmt nun mit der Zeit ab, um so mehr, je poröser der Schwamm von Anfang an ist und je öfter und vollständiger derselbe entladen wird. Der Schwamm zeigt nach einer gewissen Arbeitsleistung Spalten und Risse, er ist eingeschrumpft. Damit ist eine Verminderung der Kapazität der Bleischwammelektrode verbunden, die bis auf ein Drittel der ursprünglichen gehen kann. Bei manchen Trägern löst sich der Schwamm beim Schrumpfen zugleich von der leitenden Unterlage ab, wodurch ebenfalls die Leistungsfähigkeit desselben entsprechend verringert wird. — Als Vorbeugungsmittel gegen den Schwund sind bis jetzt zu bezeichnen: zweckmässige Verteilung des Schwammes in kleinere Aggregate und Anbringung eines grossen Ueberschusses von Bleischwamm auf der Elektrode. Bei kleinem Volum der Schwammkörper ist das Schwinden weniger störend, während die tiefgehende Entladung des Schwammes nicht möglich ist, wenn die Schwammelektrode z. B. doppelte Kapazität der Gegenelektrode besitzt. Es ist zwar versucht worden, durch Beimischung von Quecksilbersalzen zum Elektrolyt oder zur Füllmasse dem Schwinden des Schwammes zu begegnen, doch mit wenig Erfolg, indem der Schwamm sich bei Gegenwart von Quecksilber viel leichter sulfatiert und blasig wird, also noch grössere Uebel zeigt, als das Schwinden.

Auch wird immer wieder probiert, den Bleischwamm (und auch das Superoxyd) in ein starres Netz inaktiver, säurebeständiger Materialien einzubetten, um dadurch die Volumänderung hintanzuhalten, doch ist ebenfalls noch nicht sicher erwiesen, ob derartige Verfahren (die unter dem Kapitel „Füllmassen“ näher erörtert werden) brauchbar sind.

Es ist kein Zweifel, dass als Träger für den Schwamm das Gitter vor allen anderen Konstruktionen den Vorzug verdient. In der That finden sich nur noch seltene Fabrikate vor, welche andere Schwammträger zeigen. Ernst Volkmar hat zum erstenmal öffentlich das Gitter als geeignetste Unterlage für Accumulatorenelektroden bezeichnet und etwa

zu derselben Zeit auch Swan sich das Sechseckgitter in England patentieren lassen. Die nachfolgend in extenso angeführte Patentschrift von Volkmar bietet nicht allein historisches Interesse, sondern ist noch heute von aktuellem Wert. Das Gitter mit quadratförmigen Oeffnungen wird von der Electrical-Power-Storage-Co. (London), dasjenige mit runden Löchern von der Chloride-Accumulator-Co. (Philadelphia) ausgeführt. Das Sechseckgitter ist in Oerlikon (Schweiz), die „Taschen-elektrode“ 2e von verschiedenen Seiten mehr oder weniger getreu benutzt worden. — Wie an der weiter oben in Fig. 20 dargestellten Platte mit gestanzten Rippen ersichtlich ist, verwirklicht diese den Gedanken Volkmars, „auch das Innere der Zellenwände zu perforieren . . . um den Platten die grösste Leichtigkeit, sowie die grösste Leistungsfähigkeit geben zu können.“

Volkmar ist als Begründer der rationellen Bleischwammträger zu betrachten, mit demselben Rechte, wie Planté als derjenige rationeller Superoxydelektroden genannt werden kann. In beiden Fällen ist allerdings nicht zu vergessen, dass von der Erfassung des Gedankens bis zur erfolgreichen praktischen Verwertung desselben ein weiter Schritt ist, ein Schritt, der hier über zwanzig Jahre reicht.

Neuerungen an Sekundärbatterien von Ernst Volkmar in Paris. Patentiert im Deutschen Reiche vom 9. Dezember 1881 ab. „Die vorliegende Erfindung bezweckt einestheils die Beseitigung des porösen Gefässes in sekundären Batterien, welches einen unnützen Widerstand schafft und demzufolge die Ursache eines fühlbaren Kraftverlustes bildet, und anderenteils die Aufspeicherung einer beträchtlichen Energie in sekundären Batterien von geringem Gewicht und Volumen.“

Um zu diesem Resultate zu gelangen, werden zwei Platten aus Blei oder anderem leitenden Material, welches mit dem Blei oder dessen Verbindungen keine lokalen Paare bildet, in angesäuertes Wasser getaucht. Diese Platten erhalten eine Dicke von 1—10 mm oder mehr und werden auf irgend welche

Weise mit einer passenden Anzahl runder, ovaler, rechteckiger, quadratisch oder sonstwie geformter Löcher versehen, welche einen Durchmesser von 1—10 mm und mehr haben, derart, dass die Platte wie ein Sieb aussieht, wobei zwischen je zwei Löchern nur ein ganz dünner Metallstreifen von $\frac{1}{4}$ bis zu höchstens 2 mm Breite verbleibt.

Fig. 2 a und 2 b veranschaulichen einige Beispiele der so perforierten Bleiplatten. Es ist selbstverständlich, dass man die so geformten Platten auch durch Guss erzeugen kann. Diese Löcher werden mit Feilspähnen, feinem Schrot oder sonstigen Bleiabfällen, vorzugsweise aber mit chemisch reinem Bleipulver ausgefüllt, wobei es darauf ankommt, diese Stoffe in möglichst fein verteiltem Zustande anzuwenden.

Diese so hergerichteten Platten werden mittels eines der bekannten Mittel gepresst und dann parallel oder in anderer Richtung in ein Holz- oder sonstiges Gefäß gebracht, das mit Blei ausgefüllt ist oder nicht, und dessen Boden mit einem isolierenden Material (Kautschukblatt etc.) belegt ist. Das Gefäß wird dann mit leicht angesäuertem Wasser gefüllt. Man muss besonders darauf sehen, dass die beiden Bleiplatten entweder durch ein Kautschukband, Holzstreifen, Leinwand, Tuch, Karton, Asbest oder andere sehr poröse, schlecht leitende Materialien voneinander getrennt oder isoliert sind, so dass sich kein metallischer Kontakt zwischen den beiden so angeordneten Platten bilden kann. Die Batterie wird dann einem kräftigen elektrischen Strom ausgesetzt, um dieselbe rasch zu laden, was ohne Gefahr geschehen kann.

Thatsächlich wird das mechanisch oder chemisch fein verteilte Blei, welches, wie beschrieben, in den Löchern angebracht ist, in den Zellen und an den Wänden festgehalten, und kann daher weder aus denselben fallen, noch sich ablösen. Die Ladung kann sehr rasch geschehen, weil das Blei infolge des sehr verteilten Zustandes augenblicklich oxydiert und reduziert wird.

Die Batterie wird desto besser sein, je reiner das fein verteilte Blei ist und je mehr es an den Zellenwänden durch

die Pressung anliegt. Die Batterie ist geladen, sobald die Oxydation und Reduktion des verteilten Bleies vollständig ist. Es ist selbstverständlich, dass die Batterien aus zwei oder mehreren präparierten Platten zusammengesetzt sein können, unter der Bedingung, dass die gleichen Elektroden unter sich verbunden werden.

Diese Zellenplatten können auf verschiedene Art erhalten werden, und zwar entweder durch mechanische Perforation oder durch Giessen in geeigneten Formen. Die Zellenplatten können endlich auch durch ein nach einem beliebigen Profil wellenförmig gebogenes Bleiblatt gebildet werden.

Die Fig. 2c und 2d der Zeichnung veranschaulichen zwei derartige Beispiele. Die mittels Stanzen oder Walzen hergestellten Wellenbleche bilden an jeder Seite Furchen oder längliche Zellen, die man leicht mit chemisch reinem, fein zerteiltem Blei ausfüllen kann. Diese Fabrikationsweise ist sehr ökonomisch, weil dabei keinerlei Metallverlust und kein Umschmelzen der Abfälle, wie bei der Perforation, resultiert, und ausserdem der Vorteil erzielt wird, dass man der Platte eine grosse Leichtigkeit geben kann. Um endlich die Deformation der gewellten Bleche während ihrer Erzeugung zu vermeiden, lötet man senkrecht zu den Wellen Bleistreifen auf, welche dem Ganzen mehr Widerstand und Festigkeit geben.

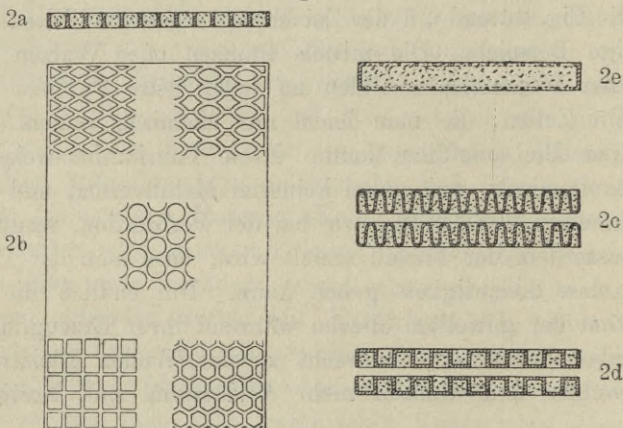
Um den Platten die grösste Leichtigkeit, sowie die grösste Ladungsfähigkeit geben zu können, kann man auch das Innere der Zellenwände der in der Zeichnung dargestellten Platte perforieren.

Eine noch höhere Ladungsfähigkeit erzielt man, wenn man zwei sehr dünne, durchbrochene Platten giesst, Fig. 2e, die mit Rändern versehen sind, welche so hoch sind wie die halbe Gesamtdicke der fertigen Platten, und hernach die Platten Rand an Rand durch Lötung vereinigt und den hiedurch entstehenden Hohlraum, der mit dem Aeusseren durch die Oeffnungen der Platten in Verbindung steht, mit fein zerteiltem Blei füllt.

Auf diese Art erhält man Platten von ausserordentlicher Leichtigkeit, grosser Festigkeit und die gleichzeitig fähig sind, eine viel grössere Menge chemisch reinen Bleies aufzunehmen. Man kann daher bei demselben Volumen und gleichem Gewichte eine Batterie von viel grösserer Kraft erhalten. Dieses ist sehr wichtig für transportable Apparate, die zur Erzeugung von Kraft oder Licht bestimmt sind.

Es bleibt zu bemerken, dass die Platten, wie auch immer sie gestaltet sind, nach der Füllung einem leichten Druck

Fig. 21.



Illustrationen zu Volkmar's Patent.

unterworfen werden, und zwar zu dem Zwecke, das Blei im Innern der Wellen oder Längszellen und an deren Wänden anhaften zu machen.

Die Seitenwände der Rezipienten für die flüssigen Leiter werden mit Vertiefungen oder Rinnen etc. versehen, mittels deren die Platten festgehalten werden, so dass verhütet wird, dass beim Einbringen der Platten die benachbarten Platten sich beschädigen können.

Diese neuen sekundären Batterien sind sowohl anwendbar zur Erzeugung von Kraft für häusliche und andere Zwecke,

zur Fortbewegung von Fahrzeugen, Schiffen etc., als auch zur Erzeugung von Licht als Accumulatoren oder Regulatoren.“

Patentansprüche.

An sekundären Batterien:

1. Die Anordnung zahlreicher und sehr naheliegender Zellen oder Höhlungen in den Platten, welche gestatten, ohne Hilfe eines porösen Gefäßes das peroxydierte und reduzierte Blei festzuhalten und zu konservieren, welches durch die Wirkung eines elektrischen Stromes in diesen Zustand übergeführt wurde.

2. Die Anwendung von mechanisch oder chemisch zerteiltem Blei, vorzugsweise reinem Blei, um die Zellen ausschliesslich zu füllen.

3. Die Bildung von Gerippen oder Skeletten, Fig. 2c und 2d, bestehend aus länglichen Zellen, welche aus nach irgend einem Profil gewellten Bleiblech hergestellt werden.

E. Volkmar's Patent ist schon 1885 infolge Nichtzahlens der Patentgebühren erloschen.

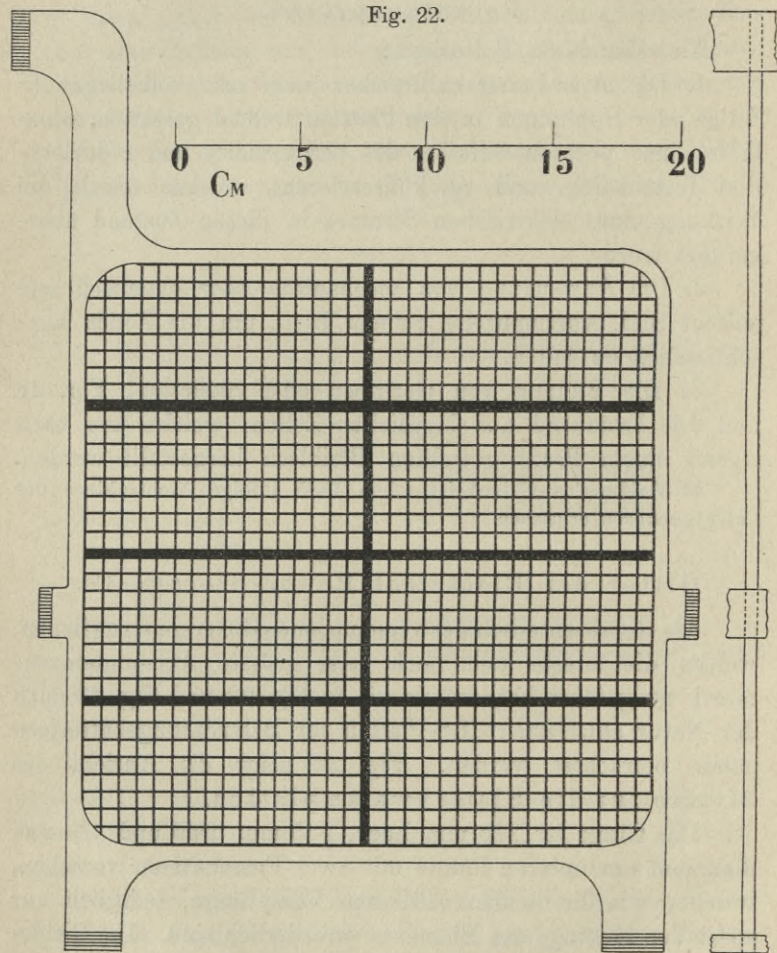
Gitter der Electrical-Power-Storage-Co.

Als Repräsentanten der verschiedenen Gitterkonstruktionen, welche die älteste und noch jetzt grösste Accumulatorenfabrik ausgeführt hat, mögen die in Fig. 22 und Fig. 23 nach der Natur skizzierten „L“-Platten für Beleuchtungsbatterien näher betrachtet werden. Fig. 22 zeigt die Ansicht des Gitters für die Bleischwammplatten.

Das Gitter ist 245 mm hoch, 235 mm breit und $4\frac{1}{2}$ mm dick und am unteren Rande mit zwei Fussansätzen versehen, welche, wie die beiden seitlichen Vorsprünge, lediglich zur speziellen Montage des Elements erforderlich sind. Die Gitterfläche enthält in der Breite 31, in der Höhe 32 quadratische Oeffnungen und ist mit einer senkrecht und drei wagrecht laufenden Verstärkungsrippen versehen. Die Netzrippen sind in der Mitte $1\frac{1}{2}$ mm, an den beiden Kanten ca. $\frac{1}{4}$ mm dick. — Die mit Bleischwamm gefüllte Platte wiegt 2,41 kg; dabei

kommen dem leeren Gitter 65 % und der Füllung 35 % des Gesamtgewichts zu (nach besonderen Ermittlungen des Ver-

Fig. 22.



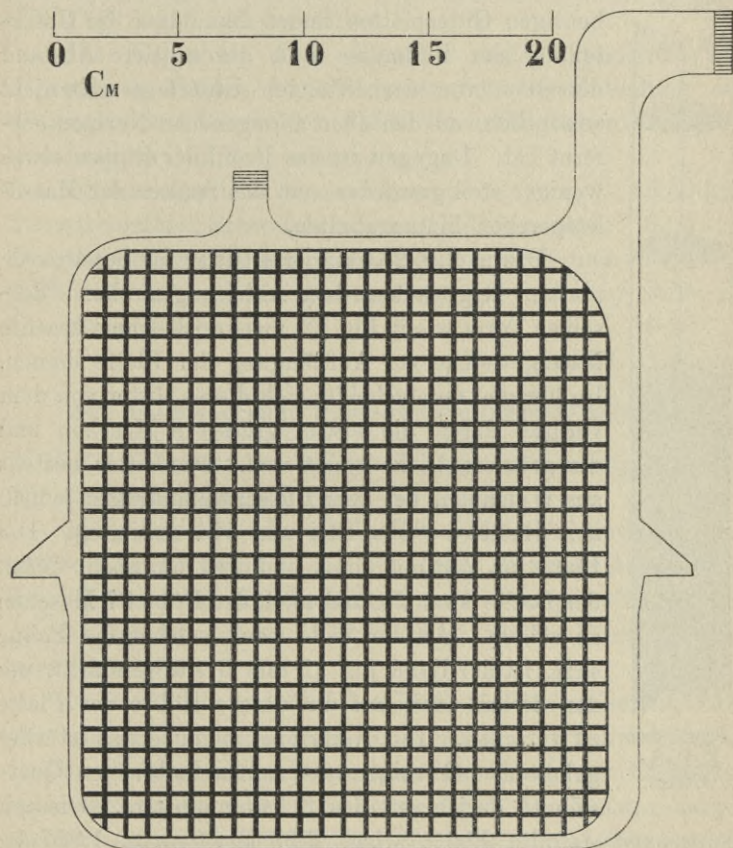
Bleischwammgitter der E.-P.-S.-Co. (1887.)

fassers), so dass das Gitter 1,567 kg, der Bleischwamm (trocken) 0,843 kg wiegt.

Jedes einzelne Bleischwammkörperchen hat die Gestalt

zweier abgestumpfter, an den oberen Endflächen mit einander verwachsener Pyramiden. Die Basisflächen sind $7\frac{1}{2}$ mm lang und $7\frac{1}{2}$ mm breit, die Höhe der einfachen Pyramide $2\frac{1}{4}$ mm.

Fig. 23.



Superoxydgitter der E.-P.-S.-Co. (1887.)

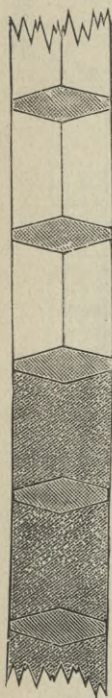
Die Platte nimmt ein Volum von 259 ccm ein, wovon (ebenfalls nach früheren Ermittlungen des Verfassers) gerade die Hälfte auf das Gitter entfällt.

Die Platte enthält 129 ccm Bleischwamm; das spez. Gew.

desselben ist $\frac{843}{129} = 6,53$. Jedes Bleischwammkörperchen

hat eine Berührungsfläche mit dem Gitter von etwa 3,14 qcm und bietet 1,1 qcm Planfläche dar, welche direkt von der

Fig. 24.



Profil des
E.-P.-S.-
Gitters.

Säure bespült wird. — Beim Vergleich mit den heutigen Gitterplatten findet man, dass die Unterteilung der Füllmasse und der mittlere Abstand derselben von der leitenden Unterlage sich nicht wesentlich von den eben angegebenen Normen entfernt hat. Dagegen ist das Profil der Rippen etwas weniger steil geworden, um das Spalten der Massekörperchen hintanzuhalten.

Das in Fig. 23 skizzierte Gitter für Superoxydplatten zeigt neben dem Ableitungstreifen, derselben Form wie in Fig. 22, zwei seitlich angebrachte Nasen, welche zur Aufhängung der Platte dienen. Im übrigen unterscheidet sich dieses Gitter von dem vorigen durch die etwas grösseren Maschen und die grössere Dicke von 6 mm. Das Gitter besteht aus Weichblei, bei dem Bleischwammträger jedoch aus Hartblei (95% Blei und 5% Antimon). Die Platte ist 228 mm breit und 243 mm hoch. Nach der Breite sind 24 und nach der Höhe 27 Maschen zu zählen. An der Seite, auf welcher die Fahne sitzt, ist der Rand auf 12 mm Breite verstärkt, um den Strom auch auf die untere Hälfte der Platte zu verteilen. Die Netzrippen sind etwas stärker gehalten und zeigen den anderthalbfachen Querschnitt derjenigen des Schwammgitters. Die mit

Superoxyd gefüllte Platte wiegt 2,88 kg, wovon 1,987 kg (oder 69%) auf das Gitter und 0,900 kg (oder 31%) auf die Füllung entfallen. Auf das Volum bezogen, nimmt das Gitter 45½% oder 151 ccm und die Füllung 54½% oder 181 ccm ein. Das spezifische Gewicht der Superoxydmasse ist 4,25.

Der Inhalt eines Superoxydzapfens ist ungefähr 0,3 ccm; die Berührungsfläche desselben mit dem Metallgerüst 4,2 qcm

und die in der Plattenebene gelegene, der direkten Bespülung durch die Säure zugängliche Fläche $(8,65 \times 8,35) 2 = 1,44$ qcm.

Während über ungefähr dieselbe Fläche bei der Schwammplatte 996 Gitteröffnungen verteilt sind, entfallen auf die Superoxydplatte nur 648, und 0,843 kg Bleischwamm stehen 0,900 kg Superoxyd gegenüber.

Die Kapazität eines Elements mit 3 positiven und 4 negativen Platten fand Verfasser bei der Entladung mit 20 Ampère und bis zu 10% Abfall der anfänglichen Klemmenspannung zu 152 Ampèrestunden.

Gesamtplattengewicht dieses Elements	18,30 kg
Dasselbe enthielt Schwefelsäure von 1,177 spez. Gew.	9,00 „
Das Glasgefäss (120 mm breit, 275 mm breit und 335 mm hoch, innen gemessen) wiegt	4,35 „
Die Ebonitgabeln	0,20 „
Totalgewicht	31,85 kg.

Auf das Kilogramm Bleischwammelektrode entfallen $\frac{152}{9,64}$
 $= 15,8$ Ampèrestunden und pro Kilogramm Gesamtzellgewicht
 $4,8$ Ampèrestunden.

Laut Preisliste der E.-P.-S.-Co. soll die Entladestromstärke 1 bis 13 Ampère, der Ladestrom 10 bis 13 Ampère betragen; dabei ist die Kapazität zu 130 Ampèrestunden angesetzt (also um 20 bis 25% niedriger, als das Element zuerst wirklich ergibt).

Nach Streintz ist bei den E.-P.-S.-Platten die Kapazität der Superoxydplatte grösser als diejenige der Schwammelektrode, so dass anzunehmen ist, der Abfall der Klemmenspannung sei auch bei dem betrachteten Accumulator hauptsächlich durch die Erschöpfung der negativen Platten bewirkt worden. Daher ist die Kapazität auf die Gewichtseinheit der Schwammelektrode zu beziehen; diejenige der Superoxydplatten dürfte grösser sein und vielleicht das anderthalbfache betragen.

Wie später noch genauer erörtert werden wird, stellt sich die Kapazität eines Accumulators, unter sonst gleichen Um-

ständen, um so höher, je geringer die Dicke der Platten ist. Bei den 8 mm dicken Platten, welche im übrigen gleich konstruiert sind, wie die in Fig. 23 gezeigte 6 mm dicke Superoxydplatte, beträgt die auf die Gewichtseinheit bezogene Kapazität nur $\frac{3}{4}$ derjenigen der 6 mm Platten. — In gleicher Weise sinkt die Kapazität der Bleischwammelektrode, je dicker diese gewählt wird.

Zur näheren Veranschaulichung dienen die Verhältnisse einer E.-P.-S.-Zelle mit kleinen, dünnen Platten.

Das betrachtete Element enthält 5 positive Platten von je 130 mm Breite, 165 mm Höhe, 4 mm Dicke, das Gewicht derselben ist 4,06 kg. Das Gitter aus Weichblei, welches als metallische Unterlage für die Füllmasse dient, zeigt nach der Netzbreite (128 mm) 20 Quadrate und nach der Netzhöhe (159 mm) 24 Quadrate, also im ganzen $20 \times 24 = 480$ Maschen.

Das Metallgitter wiegt annähernd 0,400 kg, was 50% des Totalgewichtes der Platte ausmacht. Da die „Paste“ bei allen Platten dieselbe ist, kann das spezifische Gewicht der Füllmasse ebenfalls zu 4,25 angenommen werden. Der Inhalt eines Superoxydzäpfchens ist 0,15 ccm, die Berührungsfläche mit dem Metallgerüst 1,04 qcm und die der unmittelbarenerspülung durch die Säure ausgesetzte Oberfläche ($6,6 \times 0,6$) $2 = 0,72$ qcm. — Dieses Gitter zeigt, verglichen mit dem früher besprochenen 6 mm dicken Gitter, ausser der geringeren Dicke (4 mm) mehr und engere Maschen.

Die 6 negativen Platten sind je 135 mm breit, 175 mm hoch und nur $2\frac{1}{2}$ mm dick, und wiegen samt der Verbindungsleiste 3,250 kg. Auf der Seite, wo der Stromzuführungsplatten angesetzt ist, ist der Rand 4 mm breit, ebenso an der unteren Kante; die beiden anderen Kanten sind nur 2 mm stark. In der Netzbreite liegen 20, in der Netzhöhe (169 mm) 26 Quadrate. Der Querschnitt der Netzrippen stellt ein auf die Spitze gestelltes Quadrat von $1\frac{1}{2}$ mm Seitenlänge dar. Der Inhalt einer Bleischwamm-Doppelpyramide ist ca. 0,10 ccm, die Berührungsflächen derselben mit der Blei-

unterlage $1\frac{1}{3}$ qcm und die dem Elektrolyten unmittelbar zugängliche (Ober)Fläche $\frac{3}{4}$ qcm. Das Gitter besteht ebenfalls aus reinem Weichblei. — Der Plattenabstand ist ca. 5 mm. — Das Element setzt sich zusammen:

Aus 5 + Platten incl. Leiste	4,06 kg ^{*)}
„ 6 — Platten incl. Verbindungsleiste . . .	3,25 „
„ 1 Glasgefäß ($12\frac{1}{2} \times 18 \times 27$ cm) . . .	1,83 „
„ Schwefelsäure (3 l, 1,200 spez. Gew.) . .	3,60 „
„ 2 Glasplatten	0,63 „
„ 1 Holzkreuz	0,10 „
Total	13,47 kg

Eine gelegentliche Control-Entladung mit 12 Ampère lieferte 80 Ampèrestunden, sodass die Kapazität pro Kilogramm Gesamtzellgewicht rund 6 Ampèrestunden beträgt. Auf das Kilogramm Bleischwammelektrode entfallen $\frac{80}{3,25} = 24,6$ Ampèrestunden.

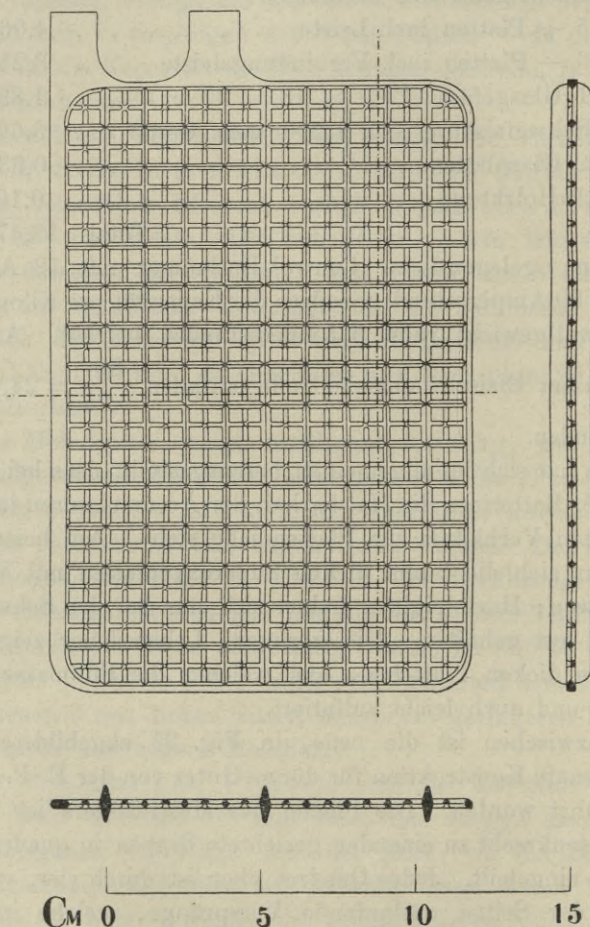
Es hat sich im allgemeinen herausgestellt, dass bei diesen E.-P.-S.-Batterien die Haltbarkeit der Accumulatoren im umgekehrten Verhältnis zur Plattendicke steht. Am besten bewährten sich die 8 mm dicken Superoxydplatten mit Weichbleigittern; Hartbleigitter haben sich nur bei den Schwammplatten gut gehalten. Die geringste Lebensdauer zeigen die $2\frac{1}{2}$ mm dicken Plättchen, aus welchen die Füllmasse leicht abfällt und auch leicht sulfatiert.

Inzwischen ist die neue, in Fig. 25 abgebildete, sehr interessante Konstruktion für dünne Gitter von der E.-P.-S.-Co. eingeführt worden. Die Fläche des Metallträgers ist wieder durch senkrecht zu einander gerichtete Rippen in quadratische Felder eingeteilt. Jedes Quadrat aber ist durch vier, von der Mitte der Seiten auslaufende Vorsprünge, welche indessen nicht zusammenstossen, abermals unterteilt.

*) Nach Angabe der E.-P.-S.-Co. soll dieses Element mit 10 Ampère geladen und mit 12 Ampère entladen werden, wobei die Kapazität innerhalb 10 % Spannungsabfall 75 Ampèrestunden betragen soll.

Dadurch wird die Stromleitung in das Innere der Füllmasse ungemein befördert. Das Gitter ist 200 mm hoch,

Fig. 25.



E.-P.-S.-Gitter (1897).

140 mm breit und 4 mm dick. Durch 3 über die Gitterfläche hinausstehende, 5 mm hohe Rippen wird nicht nur die mechanische Festigkeit des Gitters wirksam erhöht, sondern diese

Verstärkungsrippen dienen auch vorzüglich zur gleichmässigen Verteilung des Stromes über die Platte und zur Haltung des Plattenabstandes. Beim Zusammenstellen der Platten zum fertigen Accumulator werden bei den Verstärkungsrippen Winkel aus Hartgummi angelegt. Besonders bei transportablen Accumulatoren, wo auf kompakte Montage und Gewichtsersparnis gedacht werden muss, empfiehlt sich diese praktische Kombination von Stromverteilung, Distanzhaltung und Verstärkung.

Das Gewicht des Gitters ist leer 590 g; in der Breite sind 10, in der Höhe 15 Quadrate, im ganzen 150; jedes Quadrat hat 13 mm Seitenlänge. Das Gitter kann in einer zweiteiligen Metallgussform hergestellt werden, wobei z. B. alle horizontal laufenden Ansätze in der unteren Gussformhälfte, alle vertikal laufenden Dornen in der oberen Gussformhälfte gebildet werden.

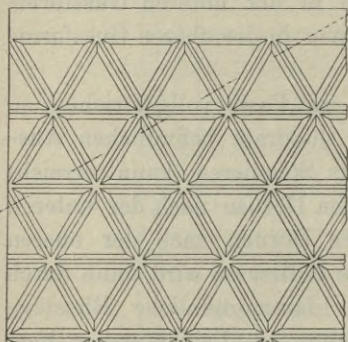
Wird nun ein solches Gitter mit Paste vollgestrichen, so verbiegen sich die innerhalb der Quadrate befindlichen Ausläufer, und durch entsprechendes Schmieren kann erreicht werden, dass die beiden horizontalen Dornen nach der unteren Plattenseite, die beiden vertikalen Dornen nach der oberen Plattenseite gedrückt werden. Die Füllmasse wird dann durch zwei senkrecht sich kreuzende, klammerähnliche Bleistege innerhalb jeden Quadrats festgehalten. — Leider stehen Verfasser keine eigenen Kapazitätsermittlungen dieser Konstruktion zur Verfügung, doch ist anzunehmen, dass bei derselben eine sehr grosse Ausnützung der Füllmasse erreicht werden kann.

Das **Dreieck-Gitter**, wovon Fig. 26 einen Abschnitt in natürlicher Grösse darstellt, unterscheidet sich nur dadurch von den E.-P.-S.-Gittern, dass bei sonst gleichem Verhältnis vom Gittergewicht zu demjenigen der Füllmasse der mittlere Abstand der Füllmasse vom Träger geringer ist als bei den Gittern mit quadratischen Feldern. Diese Konstruktion wird besonders deshalb angeführt, weil bei derselben der Einfluss der Gitterdicke auf die Kapazität vom Verfasser näher untersucht worden ist.

Das 5 mm dicke Gitter von 145 mm Länge und 145 mm Breite wiegt leer 605 bis 610 g. Auf der Netzfläche von 138 mm Länge und 140 mm Breite sind 510 gleichseitige Dreiecke von 8 mm Höhe. Die Berührungsfläche eines Füllkörpers mit der Bleiunterlage ist gerade 1 qcm; auf die ganze Platte bezogen 510 qcm. Die Bepflüßungsfläche eines Füllkörpers mit der Säure ca. 0,5 qcm, der ganzen Paste 255 qcm. —

Der Maximalabstand der Füllmasse von der leitenden Unterlage ist 2,5 mm; der mittlere Abstand 0,81 mm. Das

Fig. 26.



0 1 2 3 Cm

Dreieck-Gitter.

Gitter fasst 300 g feuchte Paste (aus 253 g Bleioxyd und 47 g Schwefelsäure von 1,15 spez. Gew.). Ein fertiges Element mit 8 solchen Bleischwammplatten und 7 gleich konstruierten Superoxydplatten zeigt folgende Gewichtsverhältnisse:

Plattengewicht . . .	12,0 kg
Säure (1,2 spez. Gew.) . .	7,0 „
Ebonitzellgewicht . . .	1,0 „
Summa	20,0 kg

Der Plattenabstand ist $8\frac{1}{2}$ mm.

Der Ebonitkasten hat, aussen gemessen, 200 mm Breite, 250 mm Länge und 300 mm Höhe.

Die positiven Platten haben dasselbe Gitter als leitende Unterlage aus einer Legierung von 95% Blei und 5% Antimon. Die Paste wiegt im Gegensatz zu der negativen Platte nur 250 g und besteht aus 21 g Mennige und 40 g Schwefelsäure von 1,20 spez. Gew.

Weiter unten ist der Aufbau eines solchen Elements der Maschinenfabrik Oerlikon vom Jahr 1888 exakt wiedergegeben. Eine besondere Eigentümlichkeit ist hier die symmetrische Zuführung und Ableitung des Stromes, welcher bei der Ladung an den beiden oberen Ecken der Superoxydplatten eintritt

und an die beiden unteren Ecken der Schwammbleiplatten abgeleitet wird. Das Element liefert:

bei	7	10	15	Ampère	Entladestrom	} und 7 Ampère Ladestrom.
	150	120	105	Ampèrestunden-	Kapazität	

Pro Kilogramm Gesamtgewicht des

Elements entfallen 7¹/₂— 5 Ampèrestunden

Pro negative Platte 21—15 "

Pro Kilogramm Füllmasse der negativen

Platten 70—50 "

Auf 1 g negative Füllmasse entfallen 2,00 qcm Leitungsfläche und 2,32 g Bleiträger.

Ein Element mit gerade der doppelten Plattenzahl, nämlich 14 positiven und 15 negativen Platten, welche sämtlich 2¹/₂ mm dick waren und im übrigen dasselbe Gittermuster zur Grundlage hatten (ein Gitter, das durch einen zur Fläche parallel geführten Mittelschnitt durch das vorhin beschriebene Gitter erhalten werden könnte), ergab ungefähr um ein Drittel höhere Kapazitätswahlen bei denselben Entladestromstärken, wie das oben erwähnte Element; nämlich bei

7 10 15 Ampère Entladung

200 160 140 Ampèrestunden. Nachdem die Gewichtsverhältnisse annähernd dieselben sind wie oben, stellt sich heraus, dass

auf das Kilogramm Gesamt-

gewicht des Elements . . 10— 7 Ampèrestunden Kapazität

auf die negative Platte . . 14—10 " "

auf das Kilogramm negative

Füllmasse 95—67 " "

entfallen.

Ein Gitter von ebenfalls 5 mm Dicke, aber mit weiteren Maschen, zeigte folgende Abmessungen: Höhe der Dreiecke 10 mm; Anzahl 1324; Plattenhöhe 290 mm; Plattenbreite 290 mm. Der Querschnitt der Rippen ist derselbe, wie bei dem vorgehend angeführten Gitter. Das leere Gitter wiegt 2,136 kg; mit frischer Paste gefüllt 3,450 kg; es enthält 1,450 g Paste oder 1210 g Bleioxyd und 240 g Schwefel-

säure von 1,15 spez. Gew. Die Berührungsfläche eines Füllmassensegmentes mit dem Gitter ist $1\frac{1}{2}$ qcm; diejenige der ganzen Füllmasse 1986 qcm; die Bepflüungsfläche eines Segments ist 0,9 qcm und der ganzen Masse 1192 qcm. Der Maximalabstand der Paste von der leitenden Unterlage ist $4\frac{1}{2}$ mm, der mittlere Abstand $1\frac{1}{2}$ mm; die Anzahl der dreieckigen Maschen 1324.

Ein Accumulator mit 7 positiven und 8 negativen solcher Platten hatte:

Plattengewicht	68 kg
Säure (von 1,2 spez. Gew.)	45 „
Gefäß (Ebonit)	5 „
Total	118 kg.

Der Plattenabstand war dabei 10 mm; das Aussenmass des Ebonitkastens $240 \times 315 \times 400$ mm.

Den positiven Platten diente dasselbe Gitter (aus 5%igem Hartblei) als Träger, wobei die Füllmasse, gerade wie bei dem vorhin besprochenen Element, ebenfalls etwas geringer ist, als bei den negativen Platten. Die Paste in der positiven Platte wiegt 1327 g und enthält 1100 g Mennige und 227 g Schwefelsäure von 1,20 spez. Gew.

Die Montage der Platten ist, wie bei dem S. 84 erwähnten Element, mit symetrischer Stromführung.

Bei der Entladung mit 28 40 63 Ampère stellte sich die Kapazität auf 450 385 340 Ampèrestunden, wobei der Ladestrom durchschnittlich 30 Ampère betrug.

Pro Kilogramm Gesamtgewicht entfallen hier	4—3 Ampèrestunden
Pro negative Platte	64—49 „
Pro Kilogramm Füllmasse der negativen Platte	44—34 „

Auf 1 g negative Füllmasse entfallen $1\frac{2}{3}$ qcm Leitungsfläche und 1,80 g Bleiträger.

(Hier sind, wie bei der vorigen Berechnung, nicht 8 negative Platten, sondern nur 7 angenommen worden, da

von den beiden Endplatten doch nur die Hälfte der Masse in Wirksamkeit tritt.)

Das 8 mm dicke Gitter, im übrigen ebenfalls 290 mm hoch und 290 mm breit, mit 1000 Maschen, deren jede ein gleichseitiges Dreieck von $11\frac{1}{2}$ mm Höhe in der Plattenfläche zeigt, wog 3,032 kg; mit der üblichen Paste gefüllt 5,304 kg. Es enthält somit 2,272 kg feuchte Paste oder 1,892 kg Bleioxyd und 0,380 kg Schwefelsäure von 1,15 spez. Gew. Die Berührungsfläche eines Massekörperchens mit dem Bleigitter ist 2,64 qcm, der ganzen Füllmasse 2640 qcm; die Bepflügelungsfläche eines Körperchens ist 1,54 qcm, der ganzen Masse 1540 qcm. — Der Maximalabstand der Paste von der leitenden Unterlage ist 5 mm; der mittlere Abstand 1,7 mm.

Ein Accumulator mit 7 positiven und 8 negativen Platten (wobei die beiden Endplatten nur 5 mm dick waren) hatte

74,0	kg	Plattengewicht,
35,0	„	Säuregewicht (Schwefel-
		säure v. 1,20 spez. Gew.),
5,0	„	Zellgewicht (Ebonitge-
		fäß),

mithin ein Totalgewicht von 114,0 kg.

Der Abstand der Platten voneinander war 10 mm; die Masse des Gefäßes sind dieselben wie vorhin. — Die positiven Platten haben dasselbe Gitter wie die negativen, aber von Weichblei. Das positive Gitter fasst 1,818 kg feuchte Paste oder 0,318 kg Schwefelsäure von 1,2 spez. Gew. und 1,500 kg Mennige. Die Zuführung des Stromes in die Platten ist ebenfalls symmetrisch angeordnet. Dieser Accumulator zeigte:

bei	30	53	84	Ampère	Entladestromstärke,
	420	375	310	Ampèrestunden	Kapazität,

wobei der Ladestrom im Mittel 53 Ampère betrug.

Pro Kilogramm Totalgewicht des

Accumulators entfallen . . .	$3\frac{1}{2}$ — $2\frac{2}{3}$	Ampèrestunden
Pro negative Platte	60—50	„
Pro Kilogramm negative Füllmasse	26—20	„

Auf 1 g negative Füllmasse kommen $1\frac{1}{4}$ qcm Leitungsfläche und 1,46 g Blei.

Bei allen diesen Elementen, wenigstens zu der Zeit, als dieselben untersucht wurden, ist die Kapazität der Superoxydelektrode grösser als diejenige der Schwammelektrode gewesen.

Nun ist aber zu bedenken, dass die Bleischwammelektrode, allerdings in geringerer Masse als die Superoxydelektrode, ebenfalls am Abfall der Klemmenspannung beteiligt gewesen ist. Es ist möglich, aber nicht wahrscheinlich, dass der Prozentsatz, mit welchem die Bleischwammpplatten am Spannungsabfall beteiligt waren, überall etwa derselbe gewesen sei. Daher können die, aus vorstehenden Daten gezogenen Verhältniszahlen nur eine rohe Annäherung an die wahren Werte vorstellen, welche indessen, in Ermangelung genauerer Angaben, jetzt genügen müssen.

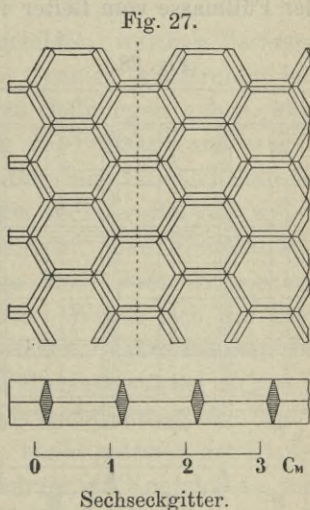
Es geht hervor, dass, je dicker das Gitter, bzw. die Füllmassenschichte, desto geringer die Ausnützung der Füllmasse und damit überhaupt die Elektrode ist, und zwar scheint die nutzbare Kapazität ungefähr in demselben prozentualen Verhältnis zu steigen, als die Gitterdicke prozentual abnimmt. — Die Füllmasse wird ferner um so weniger ausgenützt, je weiter die Maschen des Gitters (oder der mittlere Abstand der Füllmasse von den Gitterwänden) sind.

Nachdem bei den betrachteten Platten die Bepflungsfläche der Füllmasse in etwa demselben Masse zunimmt, als die Gitterdicke abnimmt, kann das Resultat auch so ausgedrückt werden, dass man sagt, die Füllmasse wird um so weniger ausgenützt, je geringer die Bepflungsfläche derselben mit dem Elektrolyten ist. — Bei allen Bleischwammpplatten ist die gleiche „Paste“ zur Füllung benützt worden, so dass die Porosität des Bleischwamms überall dieselbe war. — Indessen zeigt die Erfahrung, dass es nicht ratsam ist, die Gitter dünner als 5 oder höchstens 4 mm zu nehmen, indem der Bleischwamm, sobald die durch dünne Schwammschichten rasch diffundierende Schwefelsäure eine gewisse Konzentration übersteigt, zu leicht und vollständig in Bleisulfat übergeführt

wird und dann der Regeneration Schwierigkeiten bereitet. Wie später (s. Kapitel „Pastung“) ausgeführt wird, kann durch Erhöhung der Porosität, sowie durch Perforation des Bleischwamms ein ähnliches Resultat erzielt werden, wie durch die Verringerung der Plattendicke, ein Resultat, das dieselben Uebelstände im Gefolge hat. — Je geringer die Beanspruchung des Bleischwamms (Ausnützung) ist, desto sicherer wird das Einschrumpfen desselben verhütet, so dass auch deswegen auf sehr dünne Platten verzichtet werden muss. — Zu dicke Gitter, über 8—10 mm, sind andererseits zwecklos und verteuern die Gesteungskosten der Elektroden unnötig.

Das in Fig. 27 dargestellte **Sechseckgitter** ist den Rechteck- und den Dreieckgittern insofern überlegen, als es das geringste Bleigewicht erfordert, da die, das Gewicht unnötig erhöhenden Kreuzungsstellen der Rippen auf ein Minimum reduziert werden, bei sonst gleichen Verhältnissen. Dagegen ist die Herstellung der Gussform etwas umständlicher und kostspieliger.

Günstigere Verteilung der Stromlinien durch die Füllmasse als die bis jetzt behandelten Gitter, scheint das in Fig. 28 gegebene Muster der A.-F.-A.-G. Berlin aus dem Jahre 1894 zu gewährleisten. Doch hat sich diese Anordnung wie alle anderen, bei welchen die Füllmasse über Rippen- teile zu liegen kommt, nicht bewährt. Wenn solche Platten geladen werden und gegen den Schluss der Ladung reichliche Gasentwicklung auftritt, sucht der an den Rippen entwickelte Wasserstoff den überliegenden Bleischwamm wegzustossen, was auch gelingt, wenn nicht besondere Vorkehrungen zum Festhalten desselben getroffen sind.



Die neueste Form eines **Bleischwammgitters der A.-F.-A.-G. Berlin** ist in Fig. 29 dargestellt. Durch die senkrecht sich schneidenden Rippen wird die Gitterfläche in längliche Rechtecke eingeteilt, deren Abmessungen aus der Zeichnung hervorgehen. Der Zweck der Konstruktion liegt offenbar darin, dem Bleischwamm möglichst grosse leitende Metallflächen zu unterlegen und auch den mittleren Abstand der Füllmasse vom Leiter in engen Grenzen zu halten. Beide

Fig. 28.

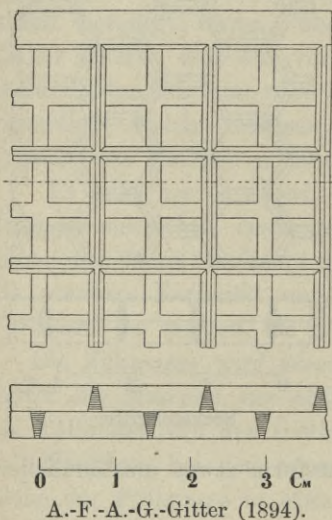
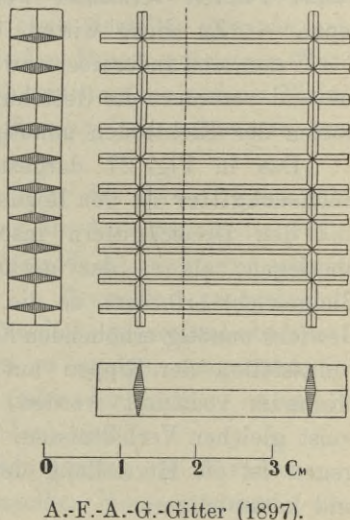


Fig. 29.



Momente sind einer vorteilhaften Ausnützung des Schwammes günstig, während die gewählte Plattendicke von 8 mm umgekehrt der zu intensiven Beanspruchung des Füllmaterials entgegentritt. Nach Angaben von Heim (Die Accumulatoren für stationäre elektrische Anlagen, Oskar Leiner, Leipzig 1897) sollen der aus Bleiglätte und verdünnter Schwefelsäure bereiteten Paste gewisse Zusätze (nach einem von der Fabrik geheim gehaltenen Verfahren) gemacht werden, welche sowohl das Zusammenschrumpfen des Bleischwamms als auch Aufquellen desselben verhindern sollen. Es ist aber voraus-

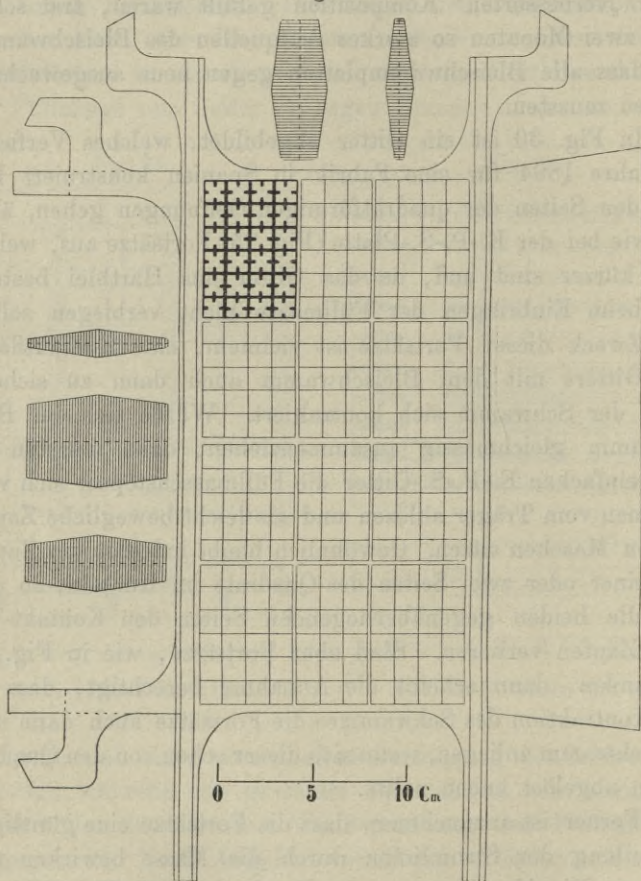
zusehen, dass irgend welche andere Zusätze, als Wasser oder verdünnte Schwefelsäure zur Bleiglätte das Verhalten der Füllmasse nur ungünstig beeinflussen werden. Bei einer vom Verfasser beobachteten Batterie, deren negative Platten mit dieser „verbesserten“ Komposition gefüllt waren, trat schon nach zwei Monaten so starkes Aufquellen des Bleischwamms ein, dass alle Bleischwammplatten gegen neue ausgewechselt werden mussten.

In Fig. 30 ist ein Gitter abgebildet, welches Verfasser im Jahre 1894 für eine Fabrik in Spanien konstruiert hat. Von den Seiten der quadratförmigen Oeffnungen gehen, ähnlich wie bei der E.-P.-S.-Platte (Fig. 25) Fortsätze aus, welche aber kürzer sind und, da das Gitter aus Hartblei besteht, sich beim Einbringen der Füllmasse nicht verbiegen sollen. Der Zweck dieser Fortsätze ist vielmehr, eine Kontaktfläche des Gitters mit dem Bleischwamm auch dann zu sichern, wenn der Schwamm sich kontrahiert. Würde sich der Bleischwamm gleichmässig zusammenziehen, dann müssten bei dem einfachen E.-P.-S.-Gitter die Füllmassenstöpsel sich vollkommen vom Träger ablösen und als leicht bewegliche Zapfen in den Maschen sitzen. Gewöhnlich bleibt indessen der Zapfen mit einer oder zwei Seiten des Quadrats im Kontakt, so dass nur die beiden gegenüberliegenden Seiten den Kontakt mit dem Zapfen verlieren. Sind aber Fortsätze, wie in Fig. 30, vorhanden, dann scheint die Annahme berechtigt, dass bei der Kontraktion des Schwammes die Fortsätze auch dann noch am Schwamm anliegen, wenn sich dieser schon von den Quadratseiten abgelöst haben sollte.

Ferner ist anzunehmen, dass die Fortsätze eine günstigere Verteilung der Stromlinien durch die Masse bewirken werden. — Die Abmessungen, der Umriss und die Verstärkungsrippen dieses Gitters sind mit Hinsicht darauf gewählt worden, mittels einer Giessform möglichst alle verschiedenen Grössen von Platten erzeugen zu können, welche im Anfangsstadium einer Fabrikation wünschenswert sind. Durch passendes Zerschneiden des Gitters und Abschneiden von Ansätzen lassen

sich breite oder hohe Formate erzielen; die Platten können einfache oder doppelte Stromzuführung erhalten, diese wieder kann symmetrisch oder unsymmetrisch gewählt werden; die Elek-

Fig. 30.



Spanisches Gitter.

troden können auf dem Gefässboden aufgestellt oder am Gefässrand aufgehängt werden.

Durch Aneinanderstossen zweier entsprechend gefräster Gitter, und Bleiverlötung der anstossenden Kanten lassen sich

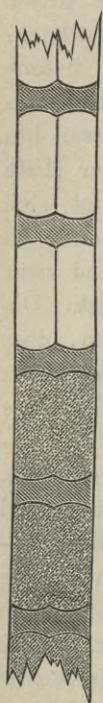
Gitter doppelter Grösse erhalten, deren Format entweder mehr hoch als breit oder umgekehrt sein kann.

Diese Art Universalgitter macht die Anschaffung von besonderen Gussformen für jede Plattengrösse überflüssig, und da das Beschneiden (Fräsen) der Gitter einfach und rasch auszuführen ist, wird auch der Erstellungspreis der Gitter nicht störend beeinflusst. Es lässt sich leicht ausrechnen, wann, bei Massenfabrikation, sich die Anschaffung besonderer Gussformen für jedes bestimmte Format bezahlt macht. Bei allen einfachen Gittern, deren Rippen nach aussen hin keilförmig zulaufen, haben die Füllmassekörper in der Mitte der Plattendicke den geringsten Querschnitt; spaltet sich aus irgend einem Grund der Zapfen an dieser Stelle, so fallen die beiden Hälften aus der Oeffnung heraus, und zwar um so leichter, je stärker konisch das Rippenprofil ist. Die Bestrebung, Füllmasse derart in das Gitter einzubetten, dass dieser Uebelstand vermieden wird, hat zu mannigfaltigen neuen Konstruktionen geführt, welche in historischer Reihenfolge angeführt werden mögen.

Das nächstliegende Auskunftsmittel, ein Gitter zu schaffen, dessen Rippen an der Plattenoberfläche am breitesten sind und nach dem Inneren der Platte zu konisch abnehmen, besteht darin, an Stelle der einen Gussformhälfte eine glatte ebene Eisenplatte zu setzen und nun Gitter zu giessen, deren Rippen einen dreieckigen Querschnitt zeigen — Gitter, welche gerade die halbe Dicke der früheren haben. Werden jetzt zwei solcher Gitterhälften so aufeinander gesetzt, dass die Rippen mit den Kanten aufeinander zu liegen kommen, so entsteht ein neues Gitter, dessen Rippen von der Mitte der Platte nach den beiden Aussenflächen hin zunehmenden Querschnitt zeigen. Es erübrigt nur noch, die beiden Gitterhälften am Rande durch Bleilötung miteinander zu vereinigen oder durch Ausgiessen einiger, über die Oberfläche regelmässig verteilter Maschen mit Blei die Vernietung zu bewerkstelligen, um das neue Gitter fertig zur Pastung zu stellen. So hat Verfasser vor zehn Jahren Gitter für Bleischwammplatten erhalten. Um

etwa dieselbe Zeit brachte Gadot (Paris) Accumulatoren in den Handel, welche als Träger für die Füllmasse Doppelgitter besaßen, die einfach durch Aufeinanderlegen zweier E.-P.-S.-Gitter und Vernieten derselben zu einem Komposit-

Fig. 31.



Profil des
Gitters
von Elwell-
Parker.

Fig. 32.



Profil des
Gitters
von
Jacquet.

gitter erhalten worden waren. Für Superoxydelektroden ist dieses Verfahren zu verwenden, da es nicht praktisch ist, den Querschnitt der Rippen in zwei Hälften zu spalten, welche natürlich leichter durchformt werden, als einfache Querschnitte doppelter Grösse. Da das Verlöten und Vergiessen der Gitterhälften besondere Handarbeit erfordert, stellen sich solche Kompositgitter teurer als irgend ein Gitter, das mittels einfachen Gusses erhalten werden kann.

Das Gitter der Accumulatorenfabrik von Elwell-Parker (Manchester) von 1888 hatte den in Fig. 31 gezeigten Querschnitt und soll dadurch erhalten worden sein, dass ein gewöhnliches E.-P.-S.-Gitter aus Weichblei durch ein Walzenpaar gelassen wurde.

Nach Niblett (Secondary-Batteries, London 1889) sollen die Gebrüder Jacquet, Vernon (Frankreich) zum erstenmal Gitter in einem Guss erzeugt haben, deren Querschnitt aus Fig. 32 ersichtlich ist. Doch lässt sich aus den gemachten Angaben nicht entnehmen, ob es sich nur um einen Vorschlag handelt, oder ob es den Jacquet wirklich gelungen ist, die dazu nötige Gussform herzustellen.

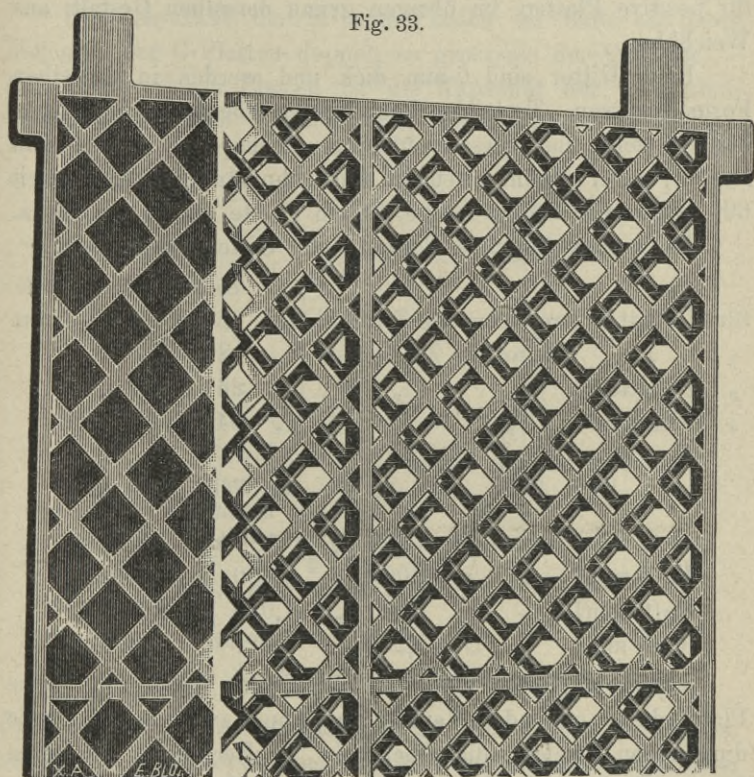
Es scheint, dass E. Correns der erste gewesen ist, welcher mit Erfolg das Problem gelöst hat, in Metallformen Gitter zu giessen, deren Rippen sich nach aussen erweitern.

Da seither das Verfahren von **Correns** grosse Verbreitung gefunden hat, beansprucht dessen erstes Patent in

Deutschland (Nr. 54371, Kl. 31, vom 15. Dezember 1889) besonderes Interesse.

Die nähere Beschreibung des Correns-Verfahrens ist auf S. 41 (Gussformen) gegeben. In Fig. 33 ist die Ansicht eines Gitterstücks in natürlicher Grösse gegeben. Dadurch, dass

Fig. 33.



Gitter von C. Wilh. Kayser & Co., Berlin (natürl. Grösse).

die Felder der beiden Gitterflächen gegeneinander verschoben sind und nicht, wie z. B. beim E.-P.-S.-Gitter, einander decken, wird bei sonst gleicher Maschengrösse beim Correns-Gitter eine ungleich bessere Verteilung der Stromlinien durch das Füllmaterial erreicht, als bei jenem, oder nach den Gittern von Gadot, Jacquet und Elwell-Parker.

Ueber die fertigen Produkte ist an anderer Stelle näheres zu finden. — Es sei nur noch erwähnt, dass bei den ersten Gittern von Correns die Maschen (Quadrate) etwas grösser waren als jetzt, ebenso die Dicke des Gitters (1889). Die Gitter für negative Platten sind aus Hartblei, diejenigen für positive Platten, im übrigen genau derselben Gestalt, aus Weichblei.

Beide Gitter sind 6 mm dick und werden in derselben Form gegossen. Trotz der komplizirten Oberfläche der Formhälften geht das Giessen überaus sicher und schnell von statten; zwei Mann erzeugen bei zehnstündiger Arbeitszeit 600 Gitter von 26 cm Länge, 26 cm Breite und 6 mm Dicke.

Es werden folgende Formate von Gittern angefertigt:

	Breite	Höhe	Dicke
für H-Platten (transportable Zwecke)	von 18 cm	22 cm	4 mm
„ „ (stationäre Zwecke)	„ 18 „	22 „	6 „
„ Q-Platten „ „	„ 26 „	26 „	6 „
„ C-Platten „ „	„ 34 „	40 „	6 „

Das Gewicht des leeren

	der Füll- masse	Total
H-(4 mm)-Gitters ist 0,600 kg	0,480 kg	1,080 kg
H-(6 mm) „ „ 1,000 „	0,560 „	1,560 „
Q-(6 mm) „ „ 1,600 „	1,010 „	2,610 „
C-(6 mm) „ „ 3,200 „	2,020 „	5,220 „

Sämtliche Gitter sind von massiven, durch die ganze Plattendicke gehenden Verstärkungsrippen von 3 mm Breite durchzogen, welche die Oberfläche in Rechtecke von circa 90 mm Breite und 110 mm Höhe unterteilen.

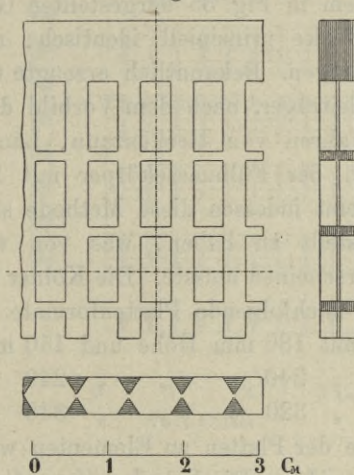
Nach den freundlichen Angaben des Herrn E. Correns stellt sich die Kapazität der Q-Platte

bei 1stündiger Entladung auf 30 ¹ / ₂ Ampèrestunden	} innerhalb 10% Kl.- Sp.-Abfall des Ele- ments
„ 2 „ „ „ 37 „	
„ 3 „ „ „ 42 „	
„ 4 „ „ „ 45,8 „	
„ 5 „ „ „ 50 „	

bei 6stündiger Entladung auf 52 Ampèrestunden	}	innerhalb 10% Kl.- Sp.-Abfall des Ele- ments
" 7 " " " 55 "		
" 8 " " " 56 "		
" 9 " " " 58 "		
" 10 " " " 60 "		

Die Kapazität der H-6mm-Platten ist halb so gross, diejenige der C-Platten doppelt so gross als der Q-Platte. — Bei 4 mm dicken Platten ist die Kapazität der in Ebonitkisten eingebauten Elemente auf das Totalgewicht bezogen

Fig. 34.



Gitter der Kölner Accumulatoren-Werke.

(inkl. Säure) 12 Ampèrestunden pro Kilogramm. Bei den stationären Accumulatoren mit in Glasgefässen eingebauten 6 mm-Platten stellt sich die Kapazität auf etwa die Hälfte, nämlich zu 7 Ampèrestunden pro Kilogramm Totalgewicht.

Fig. 33 zeigt die Ansicht eines Correns-Gitters kleinsten Formats. Für stationäre Battereien mit langsamer Entladung wird ein etwas stärkere Rippen und weitere Maschen zeigendes Gitter für die Superoxydplatten verwendet.

Ganz nach dem Verfahren von Correns stellen sich die „Kölner Accumulatoren-Werke“, Gottfried Hagen (in

Kalk bei Köln) die Gitter her. Fig. 34 zeigt ein Bruchstück in Ansicht und Querschnitt. Die positiven Platten haben dasselbe Gitter, wie die negativen. Laut Preisliste 1896 „geschieht die Herstellung des Gitters mittels der uns durch D.-R.-P. Nr. 77492 patentierten Gussform“. Diese Gussform unterscheidet sich nur dadurch von der im Patent von Correns definierten Einrichtung, dass die Gussformhälften anstatt in vertikal zur Plattenfläche stehender Richtung in einem Winkel von ca. 45° zur Gitterfläche voneinander gezogen werden. Eine andere Gitterform der Kölner Accumulatoren-Werke ist mit dem in Fig. 35 dargestellten Gitter der Watt-Accumulatoren-Werke prinzipiell identisch; mit etwas veränderten Abmessungen. Bekanntlich erzeugte G. Hagen früher Platten, deren Bleiträger, nach dem Vorbild der weiter unten angeführten Verfahren von Reckenzaun, Laurent-Cely u. A. durch Umgiessen der Füllmassekörper mit Blei hergestellt wurden. Es scheint indessen diese Methode sich als zu kostspielig herausgestellt zu haben, was von vornherein auch wahrscheinlich erscheinen musste. Die Kölner Accumulatoren-Werke erzeugen nachfolgende Plattenformate.

Typus B mit 180 mm Höhe und 150 mm Breite

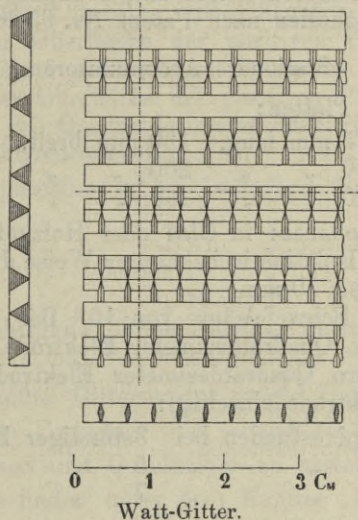
„	A	„	240	„	„	„	240	„	„
„	G	„	320	„	„	„	340	„	„

Die Montage der Platten zu Elementen wird später näher veranschaulicht werden. Die Fabrikate von G. Hagen haben ziemliche Verbreitung gefunden, was der relativ hohen Kapazität der Platten, auf das Gewicht bezogen, und dem daraus resultierenden billigen Preis, neben der stets sorgfältig und vorsichtig betriebenen Fabrikationsweise zuzuschreiben ist. Die Füllmasse für die Bleischwammgitter wird nur aus reiner Bleiglätte und verdünnter Schwefelsäure, diejenige für die Superoxydplatten aus reiner Mennige und Schwefelsäure bereitet, die Formierung ziemlich genau nach dem Verfahren der E.-P.-S.-Co. in London ausgeführt.

Zur Füllung der Elemente schreibt G. Hagen Schwefelsäure von 1,17 spez. Gew. vor.

Aus der Preisliste von 1896 sind nachfolgende Angaben über das mit G 16 bezeichnete Element entnommen: Format der Platten 32×34 cm, diese sind in einem mit Blei ausgefütterten Holzkasten auf gerippten Asphaltplatten aufgestellt. Das Element wiegt (ohne Säure) 242 kg und fasst 80 Liter Schwefelsäure von 1,17 spez. Gew. oder 93,6 kg.

Fig. 35.



Das Totalgewicht stellte sich somit auf 335 kg. — Die Aussenmasse der Zelle sind:

Länge 710 mm, Breite 410 mm, Höhe 500 mm.

Die garantierte Kapazität ist bei der Entlastung mit

257	181	138	109 Ampère
-----	-----	-----	------------

771	907	967	1088 Ampèrestunden.
-----	-----	-----	---------------------

Die Kapazität auf das Kilogramm Totalgewicht betrüge nur 2,3 bis 3,2 Ampèrestunden, offenbar nicht zutreffende Werte, indem schon die viel weniger ergiebigen alten Tudor-Elemente solche Kapazität zeigen.

Das in Fig. 35 abgebildete Gitterstück stammt aus der Accumulatorenfabrik „Watt“, Berlin; zur Herstellung des-

selben dient ebenfalls Correns' Gussform. Die negativen Platten für transportable Accumulatoren sind, wie Fig. 35 zeigt, nur 3 mm, die positiven Platten 5 mm dick. Eine Anfrage des Verfassers um nähere Angaben über ihr Fabrikat beantworteten die Watt-Accumulatoren-Werke:

„Die Herstellung unserer Accumulatoren erfolgt nach den Patenten Nr. 80420, 82787 und 82792. Für transportable Accumulatoren (Licht und Traktion) verwenden wir besondere Schutzhüllen nach Patent Nr. 95269.

Stationäre Accumulatoren.

Grösse der Platten:

Type H	175 mm lang,	130 mm breit,	7 mm dick
„ I	350 „ „	200 „ „	7 „ „
„ K	500 „ „	250 „ „	7 „ „

Art des Einbaues: in Glas oder Holzgefässen mit Bleiblechschlag, Isolation in bekannter Weise durch Glasröhren. Elektrodenabstand 10 mm.

Elektrolyt: Schwefelsäure von 19° Bé.

Gewicht pro Quadratdezimeter Elektrode 0,572 kg.

Leistung pro Quadratdezimeter Elektrode (bezogen auf die positive Elektrode einseitig):

6	Ampèrestunden bei	3stündiger	Entladung
8	„	5	„
9	„	7	„
9,5	„	10	„

Transportable Accumulatoren.

Grösse der Platten:

Type	$\frac{A}{2}$	75 mm lang	33 mm hoch	2,5 bis 3 mm dick	} Auf Wunsch auch in Stärken bis 5 mm.
„	A 100	„	55 „ breit	2,5 „ 3 „	
„	B 150	„	88 „	2,5 „ 3 „	
„	C 175	„	152 „	2,5 „ 3 „	
„	Stg 280	„	180 „	2,5 „ 3 „	
„	St 350	„	180 „	2,5 „ 3 „	

Art des Einbaues: In Glas, Hartgummi und in mit Bleiblech ausgeschlagenen Holzgefässen. Bei nassem Elektrolyt erfolgt die Isolation der Elektroden durch Hartgummistäbe, bei mit angefeuchtetem Elektrolyt nach Patent Nr. 95269.

Gewicht und Leistung.

Gewicht pro Quadratdezimeter	Gitter . . .	117,4 g
" "	Masse . . .	82,6 g
" "	Elektrode . .	200,0 g

Gewicht pro Quadratdezimeter eingebauten Accumulator in mit Bleiblech ausgeschlagenen Holzkästen:

für Stg 2	0,96 kg
" " 5	0,46 "

Stg 2 enthält 2 positive und 3 negative Platten; 2×5 Quadratdezimeter Oberfläche der positiven Platte = 10 qdm.

Stg 5 enthält 5 positive und 6 negative Platten; 5×5 (Quadratdezimeter Oberfläche der positiven Platte) = 25 qdm.

Leistung: Pro Quadratdezimeter Elektrode (bezogen auf die positive Elektrode einseitig):

4,2 Ampèrestunden bei 1stündiger Entladung	
5	" " 3 " "
6	" " 5 " "
7	" " 10 " "
7,5	" " 16 " "

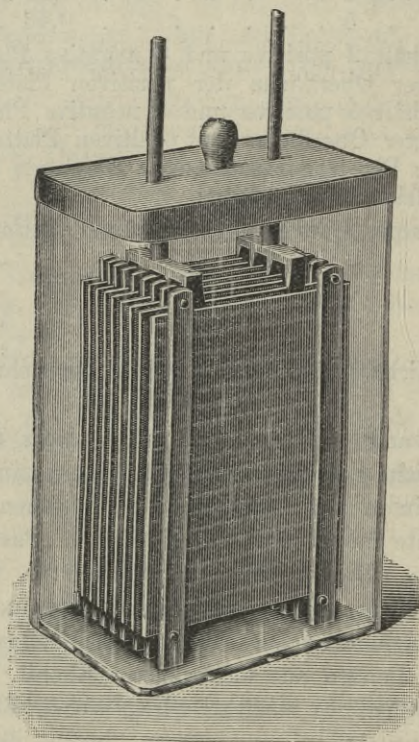
Für die Richtigkeit obiger Angaben übernehmen wir jede Garantie.“

Das übersandte Gittermuster zeigte trotz der geringen Dicke ansehnliche Festigkeit und scheint aus einer Legierung von Blei, Antimon und Quecksilber zu bestehen. Die angezogenen Patente finden unter dem Kapitel „Pastung“ nähere Besprechung. — Der Aufbau der Platten zu fertigen Elementen wird durch Fig. 36 illustriert. Originell ist daran, dass die Distanzhaltung der Platten voneinander durch senkrecht laufende Leisten aus Isoliermasse (Ebonit, Asphalt oder ähnlicher Komposition) bewirkt wird, wobei die Leisten zugleich als Traggestell dienen müssen, indem die Platten auf den die Leisten verbindenden Querstiften aufruhem. — Längere Dauerversuche mit den Watt-Accumulatoren, welche nach einem System von Schäfer und Heinemann ausgeführt werden, hat die Berlin-Charlottenburger Strassenbahn begonnen, mit Hinsicht auf die eventuelle Verwendung derselben in Accumulatoren-Tramwagen. (Dabei soll die Batterie stets für einen ganzen Tagesbedarf mit nur einmaliger Ladung

innerhalb 24 Stunden ausreichen, eine Beanspruchung, die nicht intensiver gedacht werden kann und bisher noch kein Accumatorensystem erfolgreich ausgehalten hat.)

Als eine der sinnreichsten Gitterkonstruktionen ist diejenige von **M. Hartung** (D. R.-P. Nr. 74752) zu betrachten,

Fig. 36.



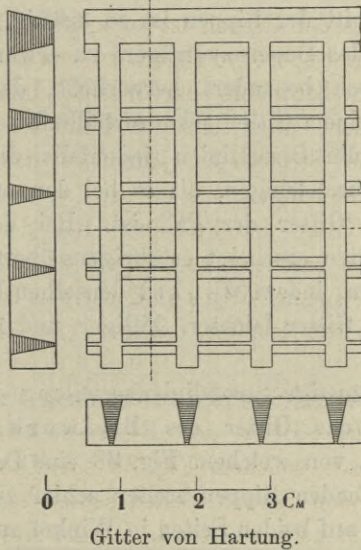
Accumulator der Watt-Accumulatoren-Werke, Berlin.

von welcher Fig. 37 eine Skizze in natürlicher Grösse vorstellt. Die Rippen dieses Gitters haben dreieckigen Querschnitt und laufen rechtwinklig zu einander, so dass z. B. die auf der unteren Plattenseite befindlichen Rippen alle parallel zu einander und in horizontaler Richtung gehen, und mit der

einen Kante genau nach oben gerichtet, — während die darüber liegenden, mit einer Kante genau nach unten gerichteten Rippen sämtlich in vertikaler Richtung verlaufen. Die durch Füllen der Gitteröffnungen entstehenden Massekörper haben die Gestalt zweier sich durchdringender und dabei kreuzweis zu einander stehender dreieckiger Prismen.

Der vorzüglichen II. Auflage „Herstellung und Ver-

Fig. 37.



wendung der Accumulatoren“ von Grünwald, Halle a. S., sind folgende Angaben über das Hartung-Gitter entnommen:

„Die beiderseitige Oberfläche einer Platte beträgt 13,1 qdm; die Anzahl der Masseblöcke beträgt dabei 180. Das leere Gitter wiegt 2,380 kg, die Füllmasse 1,000 kg; das Totalgewicht der Platte ist 3,380 kg. Die Stromstärke der Entladung beträgt $6\frac{1}{2}$ bis 14 Ampère pro positive Platte. Die Kapazität ist bei 11 Ampère Endladestärke 33 Ampèrestunden, wobei die Säure von anfänglich 1,19 spez. Gew. auf 1,15 spez. Gew. und die Klemmspannung von 2,10 auf 1,83

Volt sinkt. Auf das Kilogramm Bleischwammplatte entfallen, wenn die beiden Elektroden dasselbe Gitter als Träger haben, 10 Ampèrestunden Kapazität bei 3stündiger Entladungszeit auf das Kilogramm Bleischwamm 33 Ampèrestunden bei 6 mm dicken Platten. Für langsame Entladungen werden 12 mm dicke Platten verwendet.“

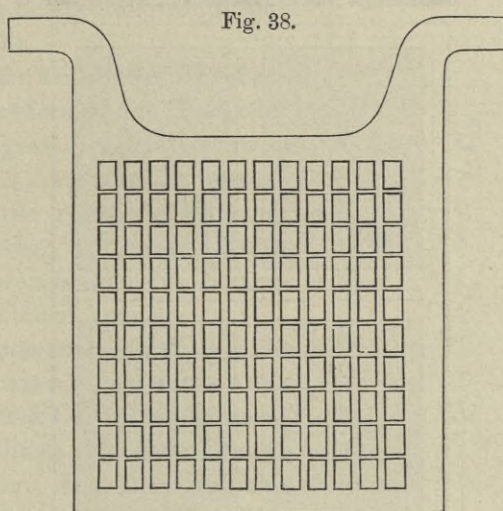
Die Gussform zur Herstellung dieser Gitter ist ebenfalls nach dem Prinzip Correns' eingerichtet, aber einfacher. Das dem Verfasser übersandte Gittermuster besteht aus Weichblei und der Querschnitt der Rippen ist so kräftig, dass ziemliche Dauerhaftigkeit des Superoxydträgers zu erwarten ist. Wenn der Erfinder noch besonders hervorhebt, dass die Stromzuführung bei seinem Gitter sehr vorteilhaft sei, ist das wohl richtig, indem die Stromlinien jedenfalls das Füllmaterial gleichmässiger durchdringen, als es bei den meisten der bisher behandelten Gitter der Fall ist. Bei den Gittern für Bleischwammplatten erscheint es übrigens überflüssig, massive Rippen zu nehmen, indem Winkel denselben Dienst versehen würden und das Gitter leichter, billiger und leistungsfähiger werden liessen.

Ebenfalls günstige Stromlinienverteilung durch die Füllmasse gewährt das Gitter des Bleiwerks Neumühl, Morian & Cie., von welchem Fig. 38 eine Darstellung gibt. Die vertikal laufenden Rippen stehen schief zur Plattenoberfläche und enden auf beiden Seiten in Winkel aus, deren kurzer Schenkel wieder in die Plattenebene fällt. Die wagrecht laufenden Rippen stehen vertikal zur Plattenebene. Das Gitter ist vielleicht zu massiv infolge des beträchtlichen Rippenquerschnittes. — „Zwischen den Gitterstäben ist durch ein neues elektrochemisches Verfahren eine poröse Schutzdecke hergestellt,“ heisst es auf Seite 6 der Preisliste vom November 1897. Weiter unten: „Der galvanische Ueberzug stellt eine innige metallische Verbindung zwischen dem Träger und der Füllmasse her, so dass eine Lockerung der Füllmasse in den Gitteröffnungen und die daraus entstehende Bleisulfatbildung . . . nicht zu befürchten ist; dieser Ueberzug schützt

ausserdem die Füllmasse wirksam gegen das Abbröckeln einzelner Teile.“

Die Füllsäure soll 1,17 spez. Gew. haben. (Die Superoxydplatten sind weiter unten behandelt.)

Gitter mit wenig, aber sehr grossen Feldern stellen die **Bleirahmen** vor, welche als Träger der sogen. „Masse-

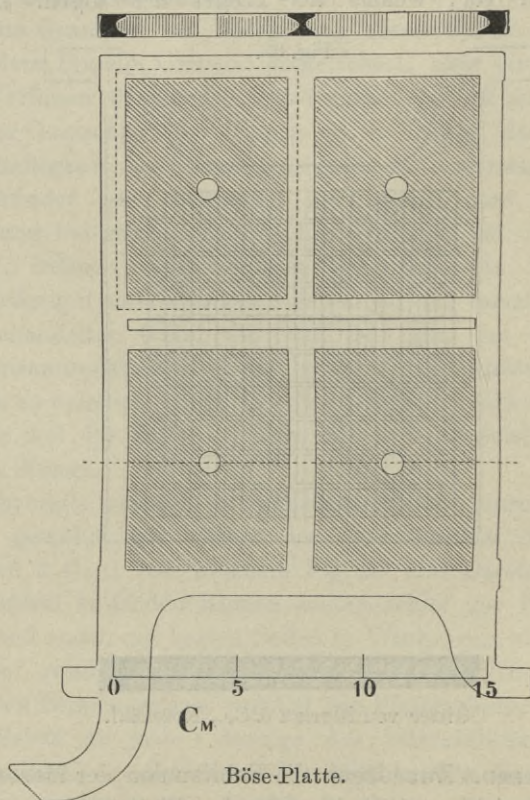


Gitter von Morian & Co., Neumühl.

platten“ dienen. Zwar legen die Fabrikanten der Masseplatten weniger Gewicht auf die Gestalt des Plattenträgers als auf die Zusammensetzung der Füllmasse, wie im Kapitel „Pastung“ weiter ausgeführt ist. Die aus Fig. 39 ersichtliche Platte repräsentiert ein Fabrikat der Firma **W. A. Böse & Co.**, Köpenikerstr. 154, Berlin. Der Bleirahmen ist aus Hartblei mit massivem Profil. In der Mitte der Höhe ziehen sich zwei parallel laufende Querrippen hin, welche einen keine Füll-

masse enthaltenden leeren Schlitz zwischen sich frei lassen. Dieser soll (bei den Superoxydplatten) als sogen. „Expansionsraum“ dienen. (?) Je eine vertikale Mittelrippe unterteilt die beiden Plattenhälften, so dass der Rahmen in vier Felder geteilt ist.

Fig. 39.



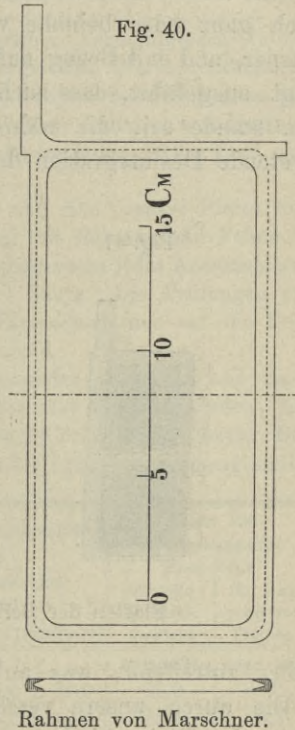
teilt ist. Das Gewicht dieses Rahmens ist 1,000 kg, dasjenige der Füllmasse darin 1,44 kg, also das Totalgewicht 2,440 kg. — Für Bleischwammplatten eignen sich diese Rahmen deshalb nicht, weil das grosse Volum der einzelnen Bleischwammfüllungen sehr bald ein empfindliches Schwinden des Schwammes zur Folge hat und sich die Füllmasse vom Rahmen ablöst

und darin nur noch lose (klappernd) sitzt. Dadurch wird die an und für sich schon geringe Kontaktfläche zwischen Rahmen und Füllmasse auf ein derartiges Minimum reduziert, dass die Platten nur noch äusserst geringen Stromstärken, besonders bei Ladung, zugänglich sind. — Verwendung finden Böse-Accumulatoren zur Beleuchtung von Eisenbahnwagen.

Die Rahmen werden ebenfalls in Gussformen aus Eisen oder Bronze gegossen, welche letztere so eingerichtet sind, dass die beweglichen Kerne gegen die Mitte der Felder bewegt, d. h. aus den Nuten des gegossenen Rahmens herausgezogen werden können.

Auf ganz analogem Wege stellt die **Accumulatorenfabrik Marschner & Co.** in Dresden zweiteilige Rahmen für deren Masseplatten her. Die Bleischwammplatten unterscheiden sich von den Böse-Platten lediglich durch die verschiedenartige Herstellung resp. Verwendung der Paste. Fig. 40 zeigt einen Marschner-Rahmen ohne Unterteilung.

Eine Vertreterin der Masseaccumulatoren ist auch die **Berliner Accumulatorenfabrik** (Andreasstr. 32, Berlin), deren Rahmen in Fig. 41 und 42 dargestellt sind. In der Preisliste vom November 1897 dieser Firma sind die Vorteile, welche Platten mit Rahmen vor den mit komplizierten Gittern voraus haben, näher beleuchtet. Infolge der geringen Kontaktfläche zwischen Rahmen und Füllmaterial, im Vergleich zu den Gitter- oder gar Planté-Trägern, ist bei den Superoxydplatten die „Selbstentladung“ beinahe Null.



Daher können Accumulatoren mit solchen Platten sehr lange in geladenem Zustande unbenutzt stehen bleiben, ohne an Kapazität merkbare Abnahme zu erleiden. (Bei Planté-Accumulatoren ist die Selbstentladung sehr bedeutend, so dass solche Accumulatoren nach einmonatlicher Ruhepause gewöhnlich ganz oder beinahe vollständig entladen sind.) Es wird ferner, und mit Bezug auf die Superoxydplatten ganz berechtigt, ausgeführt, dass auch die komplizierteste Gitterform nicht im stande sei, die während angestregten Gebrauchs eintretende Desintegration des Füllmaterials zu verhindern. Ist

Fig. 41.

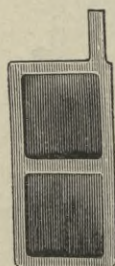
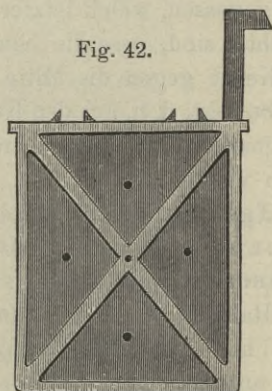


Fig. 42.



Platten der Berliner Accumulatoren-Fabrik.

aber zutreffend, was auf S. 6 der Preisliste betont wird: „Die durch unsere verschiedenen Verfahren erzeugten gut leitenden Bleiverbindungen... sind, weil in der aktiven Masse erzeugt, in dieser fein und netzartig verteilt und verleihen derselben einen ausserordentlichen Halt und eine überraschende Leistungsfähigkeit,“ so muss immerhin hier die Thatsache berücksichtigt werden, dass bis jetzt Masseaccumulatoren mit solchen Rahmen sich hauptsächlich da eingeführt haben, wo eine ziemlich langsame Entladung gebraucht wird. Für grosse Lade- oder Entladeströme haben, soweit dem Verfasser bekannt ist, Masseaccumulatoren die anderen Systeme bisher nicht verdrängen können.

Charlottenburg, den 30. August 1895.

Prüfungs-Bescheinigung für drei Accumulatoren.

Am 10. Juli 1895 sandte die Berliner Accumulatoren-Fabrik S. Hammacher drei von ihr selbst hergestellte Blei-Accumulatoren zur Prüfung ein. Die Platten der Accumulatoren bestanden ganz aus aktiver Masse, welche am Rande durch einen Rahmen von Hartblei gehalten wurde. Diese Rahmen waren 20 cm lang, 10 cm breit und 5 mm dick.

In jeder Zelle waren zwei negative und eine positive Platte vorhanden. Das Gewicht jeder Platte betrug mit Rahmen und Fahne in trockenem Zustande 610 g, das Gesamtplattengewicht jedes Accumulators mithin 1830 g. Jede Zelle enthielt 1,1 l Säure. Die Prüfungen erstreckten sich nach dem Antrage der Einsenderin nur auf die Entladungskapazität, nicht auf den Wirkungsgrad.

Die Accumulatoren wurden hintereinander geschaltet und nach jeder Entladung mit einer Stromstärke von 1,5 Ampère geladen, bis die Spannung an den Klemmen jeder Zelle 2,6 Volts erreicht hatte. Die vorgenommenen Entladungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Datum	Stromstärke	Anzahl der Unterbrechungen	Endspannung	Entladungskapazität in Ampèrestunden für			Mittlere Entladungskapazität einer Zelle	
				Zelle I	Zelle II	Zelle III	für 1 kg Plattengewicht	für 1 kg positiver Platten
	Ampère		Volt				Amp.-Std.	Amp.-Std.
15—17,7	1,0	1	1,8	38,4	36,0	36,0	20,0	60,0
19—26,7	1,0	6	1,8	43,5	44,3	40,0	23,1	69,3
1—3,8	1,0	3	1,8	38,3	40,5	38,0	21,1	63,3
6—9,8	1,0	2	1,6	42,4	43,7	42,2	23,3	69,9
12—21,8	1,0	8	1,6	45,8	45,2	46,4	24,9	74,7

Die Dauer einer Unterbrechung betrug durchschnittlich 12 Stunden.

Die Platten sämtlicher Zellen zeigten sich nach obigen Versuchen noch vollständig gerade, von der Füllmasse war nichts herabgefallen.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt.
Abteilung II.

Die **Chloride-Accumulator-Co.** (Philadelphia, Drexel-Building) benützt Gitterrahmen, welche denjenigen der Berliner Accumulatorenwerke ähnlich sind. Aus Fig. 43, welche ein kleines Element dieser Gesellschaft zeigt, geht die Konstruktion des Gitters deutlich hervor.

Früher wurden die Bleischwammplatten ausschliesslich dadurch erhalten, dass eine geschmolzene Mischung von Chlorblei und Chlorzink zu kleinen Täfelchen gegossen, diese nahe aneinander gelegt, mit Hartblei umgossen und die Füllkörper auf elektrolytischem Wege in Bleischwamm übergeführt wurden.

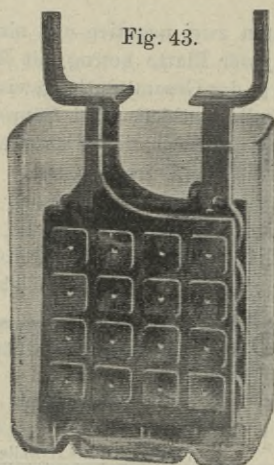


Fig. 43.

Accumulator. The Chloride-Accumulator-Co.

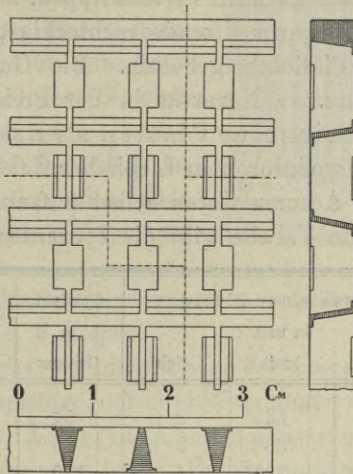
Nach der freundlichen Mitteilung von H. Lloyd, Manager der C.-A.-Co., ist inzwischen für bestimmte Zwecke die Fabrikation derart abgeändert worden, dass nun die Gitter ebenfalls zuerst für sich gegossen werden und nachträglich das Chlorblei in fein krystallisierter Form in die Oeffnungen eingepresst wird. Die elastischen feinen Nadeln des Chlorbleies verfilzen sich dabei derart, dass die gefüllte Platte ohne weiteres in die elektrolytische Flüssigkeit behufs Formation zu Schwammblei gebracht werden kann.

Die Kapazität der Chloride-Acc. ist ziemlich gross; ein Element von im Mittel 500 Ampèrestunden zeigte

bei 24stündiger Entladung	12,8	Ampèrestunden	} Pro Kilogramm Totalgewicht
" 18 "	"	"	
" 14 "	"	"	
" 12 "	"	"	
" 10 "	"	"	
" 8 "	"	"	
" 6 "	"	"	
" 4 "	"	"	

Die auf S. 35 abgebildete Reckenzaunplatte, nach dem E.-P.-S.-Verfahren formiert, bzw. in die Bleischwamm-

Fig. 44.



Gitter von Hladik, Grunewaldt & Co., Berlin.

platte übergeführt, zeigt nicht so hohe Kapazitäten wie die eben erwähnten, da der Bleischwamm bedeutend dichter oder viel weniger porös ist, als bei den Chloride-Accumulatoren. Für die Superoxydplatten, welche sich nur durch die verschiedene Formationsgebung von den Bleischwammplatten unterscheiden, ist allerdings diese Konstruktion weniger günstig, da die Füllmasse zu leicht abfällt oder weggeschwemmt wird. Dafür zeigt dieselbe ein sehr günstiges Verhältnis von Füllmasse zu Bleiträger und ist speziell für die Verwen-

dung in Traktionsaccumulatoren bestimmt, eine Zeitlang in Manchester von der General-Electric-Co. ausgeführt worden, aber infolge des damals auch in England herrschenden Faure-Monopols nicht in Aufschwung gekommen. Die betreffenden Accumulatoren zeichneten sich durch für die damalige Zeit (1888) höchste Kapazität und sehr geringen inneren Widerstand aus.

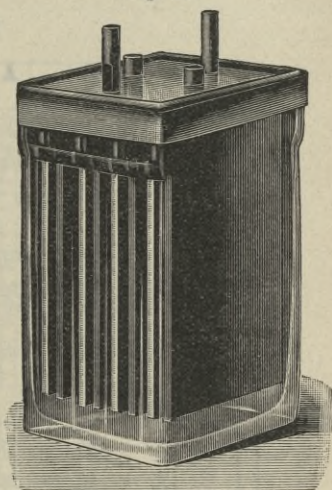
Das in Fig. 44 skizzierte Gitter von Hladik, Grunewaldt & Co. Berlin nimmt eine Mittelstellung zwischen den Trägern (Rahmen) für Masseplatten und den Gittern mit ausgedehnter Oberfläche ein. Die Füllmasse wird einerseits durch die einander sich nähernden Vertikalrippen, andererseits durch auf den Horizontalrippen sitzende rechteckige, in der Plattenebene liegende Plättchen gehalten. Die Gussform ist nach Correns' System. — Neuartig in der Preisliste (1897) berührt, dass auch einzelne Platten als Handelsprodukt aufgeführt werden, wodurch dem Liebhaber Gelegenheit gegeben wird, sich seine Accumulatoren selbst aufzubauen.

Nachstehende Tabelle gibt die couranten Größen an.

Type	Masse einer Platte in mm			Gewicht in Gramm	Preis einer formierten Platte in Mark	Preis eines Gitters in Mark
	lang	breit	dick			
A. m.	95	33	2	54	0,40	0,14
A. p. m.	95	33	3	85	0,45	0,15
A. p.	95	33	4	100	0,50	0,16
C. m.	100	40	2	70	0,45	0,15
C. p.	100	40	4	110	0,60	0,20
D. p. m.	110	60	4	190	0,90	0,30
E. m.	110	70	2	130	0,65	0,25
E. p. m.	110	70	3	190	0,90	0,30
E. p.	110	70	4	250	1,10	0,35
H. m.	145	85	3,5	300	1,20	0,40
H. p.	145	85	4,5	350	1,40	0,45
G. p. m.	140	95	4,5	380	1,50	0,45
K. m.	110	140	3,5	400	1,80	0,60
K. p.	110	140	5,5	600	2,50	0,65

Die Gitter werden aus reinem Weichblei, mit Oeffnungen von 6 bis 10 mm im Quadrat, angefertigt und mit chemisch reinen Bleioxyden beschickt. „Diese Oxydwürfel sind unter Strom erhärtet und sitzen in der Platte so fest, dass sie selbst bei starkem Biegen nicht herausfallen. Die Gitterstäbe sind genügend stark berechnet, um der Platte eine lange Lebensdauer zu gewähren.“ — Der in Fig. 45 abgebildete Accumulator (G_3) hat 3 positive und 4 negative Platten. Das Glasgefäß ist 105 mm lang, 125 mm breit, 190 mm hoch (aussen gemessen). Das Element wiegt 5,850 kg und kostet 16.50 Mark. Die Kapazität ist bei $7\frac{1}{2}$ $4\frac{1}{2}$ 3 Ampère Endladestromstärke 30 36 45 Ampèrestunden.

Fig. 45.



Accumulator von Hladik, Grunewaldt & Co., Berlin.

Die maximale Stromstärke für die Ladung ist 8 Ampère. —

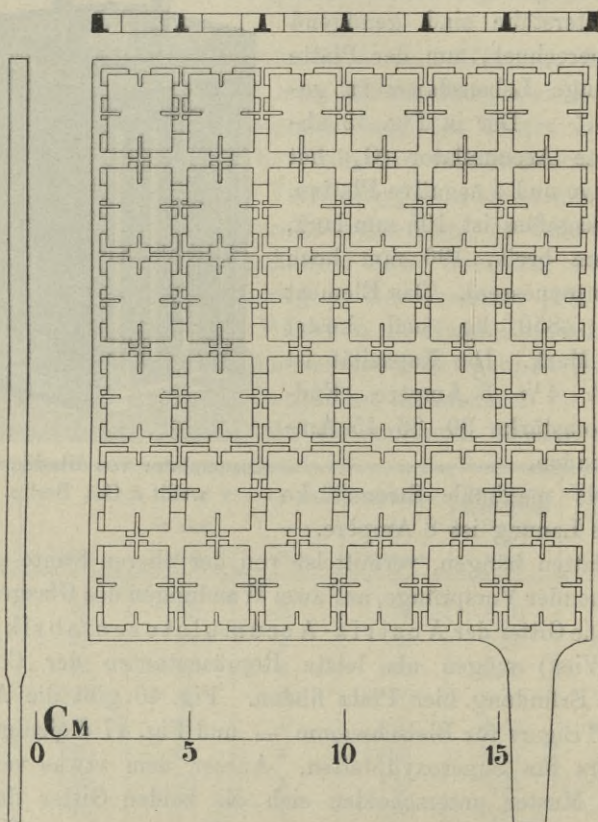
Die Platten hängen, vermittelt von der oberen Kante seitlich ausgehender Vorsprünge, auf zwei Wandungen des Glasgefäßes.

Die Gitter der Austria-Accumulatorenfabrik Baden (bei Wien) mögen als letzte Repräsentanten der Correnschen Erfindung hier Platz finden. Fig. 46 gibt die Ansicht eines Trägers für Bleischwamm — und Fig. 47 diejenige eines Trägers für Superoxydplatten. Ausser dem etwas verschiedenen Muster unterscheiden sich die beiden Gitter dadurch, dass das für Bleischwamm dünnere Rippen und aus Hartblei, das andere dickere aus Weichblei bestehende Rippen hat.

Durch die an den Rippen sitzenden Blätter wird dem Herausfallen des Bleischwamms wirksam vorgebeugt. Die 6 mm dicken Platten haben, wie des Ausführlichen weiter unten zu ersehen ist, eine ganz enorme Kapazität und nehmen

die wahre Mittelstellung zwischen reinen Masse- und reinen Oberflächenelektroden ein. Indessen lassen sich die Kapazitäten dieser Platten mit den bisher erwähnten nicht direkt vergleichen, indem die weit getriebene Perforation der Füll-

Fig. 46.

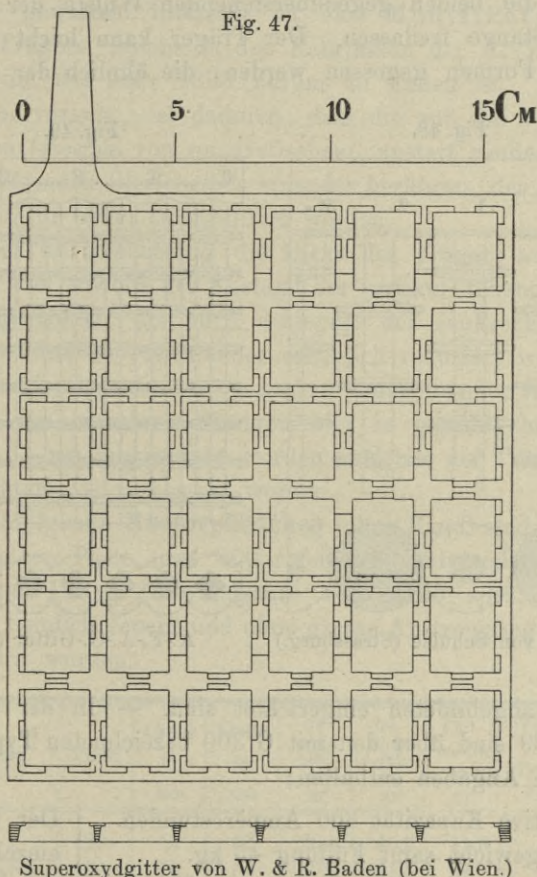


Bleischwammgitter von W. & R. Baden (bei Wien.)

masse von bedeutendem Einfluss auf die Kapazität der Platten ist. Ob aber nicht von den zahlreichen Ecken der Nietplättchen aus eine Art Spitzenwirkung bei der Elektrolyse stattfindet, welche den Verlauf der Stromfäden durch die Füll-

masse günstig beeinflusst, und zum Teil die ausserordentliche Leistungsfähigkeit dieser Platten verursacht, bleibt ebenfalls zu bedenken.

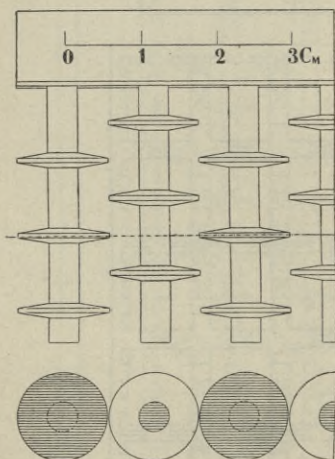
Von origineller Konstruktion und eigentlich kein wirk-



liches Gitter bildend, ist der in Fig. 48 abgebildete Träger von O. Schulze (Strassburg). In einem Rahmen sind, mit Abständen von $12\frac{1}{2}$ mm voneinander, vertikal stehende Bleistangen von kreisrundem Querschnitt und etwa 4 mm Durchmesser angeordnet, welche an den oberen und unteren Enden

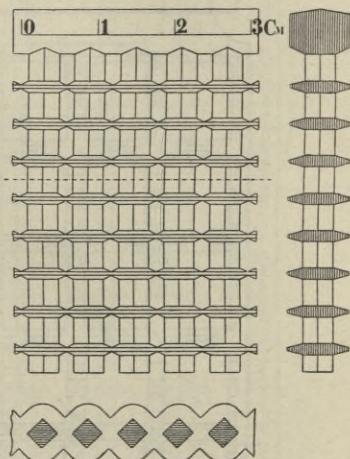
mit der Rahme vergossen sind. Senkrecht zur Achse der Stangen sind an diesen Wulste von der Gestalt kreisrunder Scheiben angebracht, welche voneinander 1 cm abstehen. Dabei greifen die Wulste der einen Stange in die Lücken, welche die beiden gegenüberstehenden Wulste der benachbarten Stange freilassen. Der Träger kann leicht in zweitheiligen Formen gegossen werden, die ähnlich der in Fig. 4

Fig. 48.



Träger von Schulze (Strassburg.)

Fig. 49.



A.-F.-A.-G.-Gitter (1895.)

und 5 abgebildeten eingerichtet sind. — In der Preisliste von 1889 sind über den mit G 300 bezeichneten Typus nachfolgende Angaben enthalten:

Effektive Kapazität 300 Ampèrestunden.
 Totalgewicht samt Füllung 45 kg.
 Rationelle maximale Lade- und Entlade-
 Stromstärke 60 Ampère.
 Anzahl der + Platten 2.
 Anzahl der - Platten 3.
 Preis 75 Mark.

Der Preis der
 einzelnen (Er-
 satz-)Platte ist
 bei beiden
 Elektroden
 derselbe.
 Mark 12. 50.

Die wirkliche Kapazität des Accumulators ist indessen

25 bis 30 % höher, als in der Preisliste normiert ist, also 390 Ampèrestunden.

Für Bleischwammträger scheint dem Verfasser Schulzes Träger ausgezeichnet zu sein.

Von gewissem Interesse ist eine Modifikation des Schulze-Trägers, welche in den Fabrikaten der A.-F.-A.-G. Berlin um das Jahr 1895 herum zu finden ist. Wie aus Fig. 49 hervorgeht, ist dadurch, dass die auf den vertikalen Bleistäben (diesmal von quadratischem, anstatt rundem Querschnitt) sitzenden Bleischeiden einander berühren, der Schulze-Träger in ein Gitter übergeführt worden.

Dabei ist gleichzeitig die Dicke des Trägers auf 8 mm reduziert und sowohl der Abstand der vertikal stehenden Bleistäbe voneinander, als auch derjenige der senkrecht darauf sitzenden Scheiben voneinander erheblich reduziert worden.

Dadurch, dass die von Schulze gegeneinander versetzten Scheiben der einzelnen Stangen hier in gerade, horizontal laufende Reihen angeordnet worden sind, ist der Träger eher verschlechtert als verbessert worden.

Nachfolgende **Musterplättchen** (ohne Rand) sind sämtlich mit derselben Paste (aus 800 g feinsten, pulverisierter Bleiglätte und 146 g Schwefelsäure von 1,100 spez. Gewicht bereitet, ziemlich feucht und ohne grosse Anstrengung streichbar) gefüllt worden.

Bezeichnung	Figur	Länge in mm	Breite in mm	Ge- wicht (leer) in gr	Ge- wicht (gefüllt) in gr	Füll- masse in gr	Verhältnis des Trägers zur Füllmasse
Watt	35	53	38	28,5	40,3	11,8	2,41
Dreieckgitter	26	70	50	67,5	121,5	54	1,25
Gottfr. Hagen	34	97	50	96,4	173,6	77,2	1,25
Correns	33	75	50	76,0	165	89	0,85
Grunewaldt	45	65	38	42,5	74,3	31,8	1,34
A.-F.-A.-G. Berlin	28	70	70	79,3	194,8	115,5	0,68
Hartung	37	50	50	66,4	111,5	45,1	1,47

Die Plättchen wurden alle sofort nach der Pastung gewogen, so dass sich der Gehalt derselben an Bleioxyd, wie an Bleischwamm aus obigen Angaben genau berechnen lässt.

Die Patente über Gitterträger,

welche für Accumulatoren im Deutschen Reiche am 1. Januar 1898 noch bestehen, sind nachstehend zusammengestellt und zum besseren Verständnis jedesmal die Patentansprüche beigefügt.

Die unter Nr. 51 031, 63 433 von Correns herrührenden Konstruktionen sind bereits näher besprochen worden, ebenso die von Kerkhove (64 112), Hartung (74 752), G. Hagen (52 880).

Das unter Nr. 74 068 von Lehmann patentierte Gitter wird ebenfalls nach der Grundidee von Correns in Metallgussformen hergestellt, und findet sich im sogen. „Mulden-Accumulator“ der Firma Lehmann & Mann in Berlin verwendet. Doch bietet dieses Gitter wenig Neues oder Vorteilhaftes. — Der eine vierkantige Säule, deren Wände durchbrochen und durch Querstege untereinander versteift sind, vorstellende Träger von Headland dürfte keinen besonderen Fortschritt bedeuten und sich teurer als die meisten Gitterplatten stellen.

Die beiden zuletzt angeführten Patente scheinen bis jetzt noch keine praktische Verwendung gefunden zu haben.

Nr. 51031.

Ed. Correns in Berlin.

An Dr. Georg & Ernst Noah, Inhaber der Firma
C. Kayser & Co., Berlin.

Uebertragen 4. Juli 1895. 25. November 1888.

Patentansprüche:

1. Zur Befestigung der Füllmasse bezw. zum Verhindern des Herabfallens derselben, ein aus übereinander stehenden Gittern, die nach aussen zu enger werdende Oeffnungen besitzen, zusammengesetzter Körper, bei welchem die diese Oeff-

nungen ausfüllende Füllmasse ein einziges zusammenhängendes Ganzes bildet, indem die Gitter gegeneinander versetzt sind.

2. Die Herstellung des unter 1. bezeichneten Körpers in der Weise, dass man mittels Stempels oder eines gleichwertigen Instrumentes durch die Oeffnungen des darüber liegenden Gitters die Rippe des darunter liegenden Gitters derart deformiert, dass ein Querschnitt der Rippe des Gitters entsteht, der nach aussen zu sich verjüngt.

Nr. 52880.

Gottfried Hagen in Köln a. Rh.

Elektrodenplatte für elektrische Sammler vom 19. Juli 1889.

Patentanspruch:

Eine Elektrodenplatte für elektrische Sammler, deren aus einem einzigen Gussstück bestehendes Gerippe zwei durch eine Umrahmung und eine grosse Anzahl einzelner Stege miteinander verbundene Gitter als Netzwerk aufweist.

Nr. 63433.

Erich Correns in Berlin.

Bleigitter mit Ansätzen für elektrische Sammler.

Zusatz zum Patent Nr. 51031 vom 25. November 1888.

Uebertragen an Herren G. & E. Noah (Kayser), Berlin, Kaiserin Augusta-Allee Nr. 26. Am 23. Oktober 1891.

Patentanspruch:

Bei dem durch Patent Nr. 51031 geschützten, zur Aufnahme der Füllmasse dienenden Körper die Anordnung von Ansätzen oder Stiften an den Kreuzungsstellen der sich nach innen verjüngenden Rippen, wobei die Ansätze der einen Gitterhälfte sich genau stets mitten in die Oeffnungen der anderen Gitterhälfte legen.

Nr. 64112.

Armand van de Kerckhove in Brüssel.

Elektrode mit mehreren gitterförmig gefassten kleineren Platten für elektrische Sammler. Vom 11. Dezember 1891.

Patentansprüche:

1. Eine Elektrode für elektrische Sammler, in welcher zur Ermöglichung grosser Abmessungen unter Verminderung

der auf Formänderung und Verwerfung wirkenden Einflüsse eine Anzahl kleiner Elektroden mittelst einer gitterförmig gestalteten Fassung zu einer einzigen grossen Platte vereinigt sind.

2. Bei der in Anspruch 1. gekennzeichneten Elektrodenplatte die Stützung der Einzelplatten in der gitterförmigen Fassung durch Verlöthung mit letzterer an einer Kante und Anklemmen durch abwechselnd hintere und vordere Ansätze an anderen Kanten.

Nr. 74 068.

Dr. Arthur Lehmann in Berlin.

Elektrodengitter für Sammelbatterien, bestehend aus der Verbindung von Mulde und Gitter zur Aufnahme der wirksamen Masse. Vom 14. April 1893 ab.

Patentanspruch:

Ein Elektrodengitter für elektrische Sammler, darin bestehend, dass ein Bleistreifen muldenförmig gebildet wird und mit vierkantigen Löchern versehen ist, so dass die wirksame Masse nicht nur vermöge der eigentümlichen Form fest in den Mulden sitzt, sondern die Festigkeit dadurch noch bedeutend erhöht wird, dass die wirksame Masse mittels Zapfens sich in den Löchern festsetzt, zum Zwecke, bei grösster Aufnahmefähigkeit wirksamer Masse dem Gitter die grösste Leichtigkeit und Kapazität zu verleihen.

Nr. 74 752.

M. Hartung in Berlin.

Elektrodengitter für elektrische Sammler. Vom 10. September 1892 ab.

Patentanspruch:

Elektrodengitter für elektrische Sammler, bestehend aus sich kreuzenden Stäben von gleichförmigem, dreieckigem Querschnitt, welche derart angeordnet sind, dass sämtliche in einer Richtung verlaufenden Stäbe mit einer Kante in ein und derselben Gitteroberfläche liegen, so dass die sich bildenden, zur Aufnahme der wirksamen Masse bestimmten Räume durch die Gitterstäbe voneinander getrennt und dabei so geformt sind, dass jeder derselben zum Zwecke des sicheren

Festhaltens der wirksamen Masse theils nach der einen, theils nach der anderen Gitteroberfläche hin sich verengt.

Nr. 86 465.

A. B. Buckland, Grays-Inn-Road, England.

Elektrodenrahmen für elektrische Sammler. Vom 3. April 1895.

Patentanspruch:

Elektrodenrahmen für elektrische Sammler, gekennzeichnet durch eine Anzahl paralleler, mittels eines Querstabes verbundener Stangen aus leitendem Stoff, auf welche Querstege aus Celluloid oder dergleichen in der Weise aufgezogen werden, dass man die Stangen durch entsprechende Löcher der Querstege führt und die zwischen den letzteren liegenden Teile der Stangen plattdrückt.

Nr. 90 198.

Henry William Headland in Leyton, County of Essex, England.

Stabförmiges Elektrodengitter für elektrische Sammler.

Vom 20. Februar 1896 ab.

Patentanspruch:

Ausführungsform des in der englischen Patentschrift Nr. 15 120 von 1892 beschriebenen Gitterstabes, der aus vier Eckpfosten besteht, die in passenden Abständen durch mit den Aussenseiten des Stabes bündige Querleisten miteinander verbunden sind, so dass ein mittlerer Raum der Länge des Stabes nach gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass noch vier andere Eckpfosten inwendig radial zu den erwähnten äusseren Eckpfosten vorgesehen sind, welche auch durch die Querleisten verbunden sind, wobei gleichzeitig die Aussenkante einiger oder aller Querleisten wie von den Aussenseiten des Stabes zurückgesetzt ist, zum Zwecke, dass die wirksame Masse in den durch die zwischen äusseren und inneren Eckpfosten und den vorn an den zurückgesetzten Aussenkanten der Querleisten gebildeten Räumen sich verteilt und die übrige Masse zusammenbindet, wodurch also eine bessere Unterteilung der Masse und ein besseres Zusammenbinden derselben hervor gebracht wird und gleichzeitig eine Vergrösserung der der Säure ausgesetzten Fläche entsteht, wobei ferner der Stab

auch leichter gebaut werden kann und bei Verringerung des der Säure ausgesetzten Bleies der Inhalt der mit dem Blei in Berührung befindlichen Fläche der wirksamen Masse beträchtlich vergrössert wird.

Nr. 94 138.

Dr. W. Majert, Grünau.

Gitterplatte für elektrische Sammler. Vom 13. August 1896.

Patentanspruch:

Platten und Gitter für elektrische Sammler, dadurch gekennzeichnet, dass ohne Verringerung der Oberfläche der einzubringenden Masse zur Erzielung einer innigen und dauernden, auch beim Zusammenziehen und Ausdehnen der wirksamen Masse bestehenden bleibenden Berührung der letzteren mit den rippenartigen Erhöhungen oder Gitterteilen, die Rippen oder Gitterwände mit konisch geformten Ausbiegungen beiderseitig oder nur einseitig versehen werden.

Träger für das Bleisuperoxyd

können alle soeben aufgeführten Bleischwammträger sein, und in der That zeigen die ältesten Accumulatoren der E.-P.-S.-Co. für beide Elektroden dasselbe Gitter. Doch stellte sich heraus, dass die Gitter zwar ganz praktisch als Bleischwammträger, dagegen von geringer Haltbarkeit als Superoxydträger sind. Die Legierung des Bleies mit Antimon wird von der vereinigten Aktion der Elektrolyse und des anliegenden Superoxyds rascher oxydiert als reines Blei. Wenn infolge einer zu tief getriebenen Entladung und mangelnder Aufladung der grössere Teil des Füllmaterials in Bleisulfat übergeht, ist damit eine merkliche Volumvergrösserung der Füllmasse verbunden. Es können hiebei zwei extreme Fälle eintreten. Das aktive Material wird während* der Sulfation hart. Dann wird das Gitter zersprengt, besonders wenn die Rippen dünn und schwach sind, und dadurch die Stromleitung zur Füllmasse verschlechtert. Oder das in diesem Fall massiv gebaute Gitter hält die

Beanspruchung aus, aber das Füllmaterial wird durch den entstehenden Druck zermalmt und fällt aus den Gitteröffnungen heraus. Daher ist das spröde Hartblei nicht für Superoxydplatten zu gebrauchen, sondern nur Weichblei, das ohne zu reissen dem Druck nachgeben kann, zu verwenden. Schon infolge der geringen Festigkeit des Weichbleies müssen die Abmessungen der Gitterstäbe kräftiger genommen werden, damit die Platte die erforderlichen Manipulationen, ohne Deformation zu erleiden, aushält. Ueberdies hat sich gezeigt, dass, je dicker die Rippen, desto widerstandsfähiger dieselben gegen die Peroxydation sind und zwar derart, dass z. B. ein 2 mm dickes Bleiblech nicht doppelt so haltbar ist, wie ein nur 1 mm starkes Blech, sondern vielleicht viermal länger braucht, um unter denselben Umständen durchoxydiert zu werden. Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, dass die verdünnte Schwefelsäure oder die Zersetzungsprodukte derselben durch den elektrischen Strom auf eine messbare Tiefe in das Blei eindringen und dass dünnes Bleiblech nach kürzerer Zeit gewissermassen mit Säure oder Ionen imprägniert und dann verhältnismässig leicht oxydiert wird.

Gegossenes Blei wird leichter peroxydiert als gepresstes, da, gerade bei dünnen Rippen, der Guss kaum ganz homogen ausfällt. Walzblei ist widerstandsfähiger, aber am sichersten scheint Pressblei mit Bezug auf gleichmässige Struktur dazustehen.

Eine interessante Bestätigung dieser Verhältnisse konnte Verfasser anlässlich der Herstellung von Bleigefässen für Accumulatoren erfahren. Es wurde zuerst versucht, Gefässe von etwa 400 mm im Kubus in Sandformen zu giessen, mit $2\frac{1}{2}$ mm Wandstärke. Die äusserlich tadellos aussehenden Gussstücke wurden mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, wobei sich alsbald die poröse Struktur der Gefässwände herausstellte. — Es wurden darauf Platten von 400 mm im Quadrat und $2\frac{1}{2}$ mm Dicke in eisernen Gussformen genau so gegossen, wie Gitter. Je 5 solcher Platten wurden durch Bleilötung zu

würfelförmigen Gefäßen vereinigt. Beim Füllen dieser mit Schwefelsäure ergab sich, dass nur 7% der Platten soweit dicht waren, dass nicht schon nach 24 Stunden feuchte Flecke auf der Aussenseite derselben sichtbar wurden. — Dagegen bereitete es keine Schwierigkeiten, Behälter aus Weichbleiblech von 2 mm Dicke vollkommen säuredicht herzustellen. Zum Auskleiden von Holzkästen wird von einzelnen Fabriken sogar nur 1½ mm dickes Bleiblech benützt.

Hartblei mit 5% Antimon lieferte durchgängig weit porösere Platten als Weichblei, und von Hartblei mit 10% Antimon musste schon nach den ersten Güssen abgesehen werden. Dagegen lässt sich die Legierung von 98% Blei mit 2% Antimon in der Wärme noch walzen und die dadurch erhaltenen Bleche von 2 mm Dicke zeigten sich vollkommen säuredicht. — Indessen ist leicht nachzuweisen, dass die höchste Homogenität bei dem durch hydraulischen Druck erzeugten Pressblei vorhanden ist. Wenn gleich dicke Streifen von Walzbleiblech und gepresstem Bleiblech irgend einem der später angeführten beschleunigten Formationsprozesse unterworfen werden, ergibt sich häufig, aber nicht immer, dass das Walzblei blätterige Struktur besitzt. In nachstehender Zusammenstellung der Superoxydträger oder allgemeiner Planté-Platten ist daher den gepressten Trägern besondere Aufmerksamkeit gewidmet. — Es erscheint sehr plausibel, dass im Momente des Erstarrens — zu welchem Zeitpunkt auch das Weichblei so spröde ist, dass es pulverisiert werden kann — durch das Zusammenziehen des Bleies in der Gussform die Gitter etwas gestreckt und dabei rissig werden, wobei die Risse vom freien Auge nicht wahrnehmbar zu sein brauchen. In die entstandenen kapillaren Spalten dringt Säure und damit die Elektrolyse ein. Träger mit durchgehender „Seele“, ohne Perforationen, werden sicherlich weniger leicht oder intensiv rissig werden und sind daher schon widerstandsfähiger als Gitter.

Die nachfolgend beschriebenen Konstruktionen sind daher hauptsächlich Seelen- oder Kernplatten aus Weichblei,

deren Oberfläche so gestaltet ist, dass einerseits das Anhaften der mechanisch angebrachten Füllmasse oder der elektrochemisch erzeugten Superoxydschichte möglichst erleichtert, andererseits die auf die Gewichtseinheit der Platte bezogene Bleioberfläche möglichst gross wird. — Wenn auch die Leitfähigkeit des Bleisuperoxyds, je nach der Entstehungsart desselben, verschieden ist, darf doch angenommen werden, dass die Superoxydmasse durchschnittlich weniger gut leitet als der Bleischwamm. Die Berliner-Accumulatorenfabrik gibt an: „Die trockene, positive aktive Masse besitzt durchschnittlich etwa neun Siemens-Einheiten Widerstand zwischen den parallelen Flächen eines Massewürfels von 1 ccm Inhalt.“ Soll daher das Superoxyd gut ausgenützt werden, so darf der Abstand desselben vom Träger nicht zu gross genommen werden; dieser ist bei vielen Systemen kleiner gewählt worden, als der Abstand des Bleischwamms vom Träger. — Ohne die gleichzeitige Gegenwart von Schwefelsäure kann aber das Superoxyd sich weder reduzieren (entladen), noch regenerieren (laden). Durch entsprechende Porosität der Superoxydmasse lässt sich allerdings der Zutritt (die Diffusion) von Säure herbeiführen. Ein anderer Weg ist jedoch, die Superoxydschichte dünn und über eine grosse Bleioberfläche zu verteilen. Dadurch wird die grösste Kontaktfläche von Superoxyd und Bleiträger und zugleich eine ebenso grosse Berührungsfläche mit dem Elektrolyten erzielt. Trotz des Nachtheiles, der diesen „Oberflächenplatten“ dadurch anhaftet, dass merkbare Selbstentladung der Elektrode auftritt, haben sich dieselben für die meisten Verwendungen als zweckmässig erwiesen. Zur Aufspeicherung von Elektrizität in grösserem Stil hat sich der Bleiaccumulator bis jetzt als wenig geeignet erwiesen; ein Accumulator, der z. B. während des Sommers Elektrizität aufnehmen und diese im darauffolgenden Winter zu Beleuchtungszwecken abgeben müsste, würde nicht nur unförmliche Dimensionen und Gewichtsverhältnisse zeigen, sondern auch zu hohe Anschaffungs- und Unterhaltungskosten. Dagegen hat sich der Bleisammler überall mit Erfolg dort eingebürgert, wo

es sich um die Regulierung von Schwankungen einer Kraftquelle handelt. Da es hiebei weniger auf hohe Kapazität als hohe Entladungs- resp. Ladungsintensität ankommt, daneben auf geringe Unterhaltungskosten, hat sich die „Oberflächen-Superoxydelektrode“ besser bewährt als irgend welche anderen.

Da in der Regel innerhalb 24 Stunden der Accumulator wenigstens einmal wieder geladen wird, kann Selbstentladung nicht störend auftreten. Von besonderem Vorteil aber ist es, dass das im Laufe der Zeit sich desintegrierende und vom Träger abfallende Bleisuperoxyd keine Einbusse an Leistungsfähigkeit der Superoxydelektrode nach sich zieht, indem sich durch „Planté-Formation“ aus der Substanz des Trägers die Superoxydschichte immer wieder ergänzt. Für Accumulatoren, welche nicht hin und her transportiert werden sollen, sondern, einmal aufgestellt, stets am Platze bleiben, bei welchen also das Eigengewicht erst in zweiter Linie in Betracht kommt, können nur Kernplatten als Superoxydträger empfehlenswert sein.

Die einfachste Form einer Seelen- oder Kernplatte stellt glattes Bleiblech dar. G. Plantés letzte Konstruktion zeigt als Superoxydelektrode ein spiralförmig aufgewickeltes Bleiblech. Dieselbe ist von der Firma Bréguet & Co. in Paris fabrikmässig ausgeführt worden und findet sich in den „Recherches sur l'Electricité“ von Planté beschrieben. Zwei Bleibleche von 1 bis 2 mm Dicke werden um einen Holz- oder Metallcylinder aufgerollt, wobei durch zwei Paar dazwischen gelegte, parallele Kautschukbänder von 1 cm Breite und $\frac{1}{2}$ cm Dicke der Abstand der beiden Elektroden gesichert wird. Nach der Aufrollung wird der massive Cylinder aus dem Bund herausgezogen und die doppelte Bleiblechspirale an der oberen und unteren Seite durch Anpressen von erwärmten, weich gemachten Guttaperchaquerstreifen in ihrer Lage befestigt. Die beiden Polen befinden sich an den entgegengesetzten Enden der beiden Bleibleche, damit der Strom sich gleichmässiger über dieselben verteile. Das Ganze wird in ein passendes,

cylindrisches Glasgefäß gestellt und das Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure (durch Mischen von 10 Volumteilen Wasser mit 1 Volumteil Schwefelsäure erhalten) angefüllt.

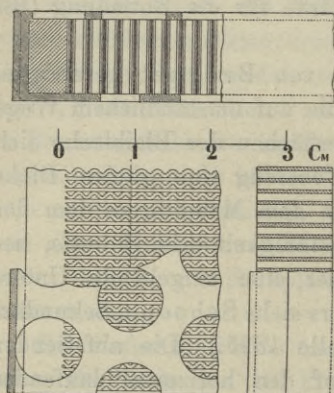
Bei einem von Bréguet bezogenen, derartigen Element waren die beiden Bleche etwa 47 bis 48 cm lang und 18,5 bis 19 cm hoch; beide waren 1 mm dick und wogen (in bereits formiertem Zustand) 2,470 kg. Der Abstand der beiden Bleche voneinander war 5 mm. Die Kapazität dieses Accumulators betrug 5 Ampèrestunden bei 10% Abfall für die Klemmspannung und 1 Ampère Stromstärke für die Entladung (bei 16,0° C.).

Der grösste Fehler in den von Bréguet gefertigten Elementen bestand darin, dass die auf umständlichem Wege erzeugten Schichten auf den Oberflächen der Bleibleche sich von diesen lösten, sobald der Ueberzug eine gewisse Dicke ($\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ mm) erreicht hatte. In dem Moment, zu dem der Accumulator seine beste Leistungsfähigkeit erlangt hatte, begann schon der Verfall. (Ueber eine eingehende Untersuchung eines Bréguet-Accumulators siehe Schoop, „Sekundär-Elemente“ I, S. 134, Knapp, Halle 1895.) Die abfallenden Teile der Schichten blieben auf den horizontal laufenden Gummistreifen liegen und bildeten Brücken zwischen den beiden Elektroden, welche die Selbstentladung des Apparates herbeiführten. Die Stromverteilung auf den beiden Elektroden war ungleichmässig, derart, dass die obere Hälfte des Accumulators bei der Ladung und Entladung mehr herangezogen wurde, als die untere Hälfte. Die verdünnte Schwefelsäure entmischte sich beim Gebrauche des Accumulators, so dass in der Nähe des Bodens die Säure konzentrierter wurde, als an der Oberfläche. Durch die dadurch entstandene Konzentrationskette trat die Zerstörung der Superoxydplatte ein. Die wagrechte Anordnung der die Elektroden voneinander isolierenden Teile, sowie die Verwendung glatter Bleibleche ist auch allgemein verlassen worden.

In dem nach **Kabath** benannten Accumulator ist bereits die Oberfläche der Elektroden in kleinere Abschnitte auf-

gelöst. Fig. 50 gibt die mechanische Anordnung der Platte wieder. Die vertikal laufenden, abwechselnd geraden und gewellten Bleiblechstreifen sind $\frac{1}{2}$ mm dick und 12 mm breit. Am oberen und am unteren Ende sind die Streifen an eine gemeinsame Bleileiste angelötet. Die so erhaltene Platte wird von einer Hülle von perforiertem Hartgummi umgeben. Kabath benützte auch perforiertes Bleiblech, was aber weniger vorteilhaft erscheint. Durch die zwischengelegten gewellten Streifen soll dem Elektrolyten ein möglichst leichter Zutritt zu den Streifen ermöglicht werden.

Fig. 50.



Kabath-Platte.

Die Platten wurden, in der jetzt allgemein üblichen Weise, vertikal und parallel in ein Glasgefäß gestellt, mit angemessenem Abstand voneinander, und die ungeraden einerseits, die geraden andererseits an je eine gemeinschaftliche Leitung angeschlossen. Die Kapazitätsgebung (Formation) erfolgte nach Plantés Vorschrift.

Ein komplettes Element von Kabath hatte (nach Niblett S. 25)

21 kg Plattengewicht,

6 „ Schwefelsäure (durch Mischen von 10 Volumteilen dest. Wassers mit 1 Volumteil konzentrierter Schwefelsäure erhalten,

3 „ Holzkasten mit Hartgummi ausgefüllt, also

30 kg Totalgewicht.

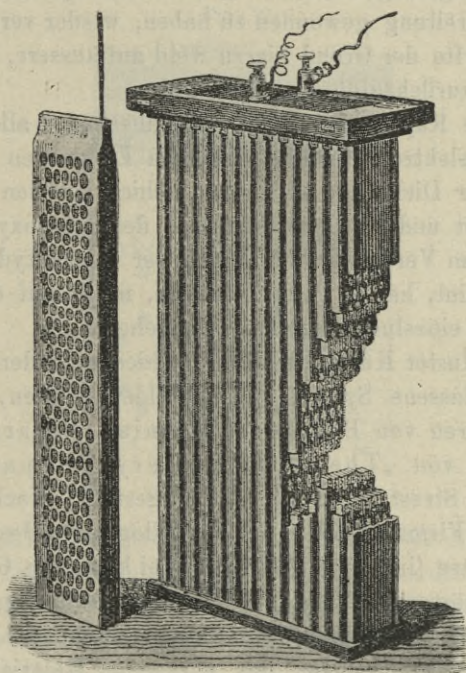
Jede einzelne Platte ist 380 mm hoch und 90 mm breit; die Bleistreifen darin sind $\frac{1}{2}$ bis 1 mm dick. Eine Platte wiegt 1,000 kg.

Die Kapazität dieser Zelle wird angegeben:

nach	100	Stunden	Planté-Formation	zu	32	Ampèrestunden
"	500	"	"	"	70	"
"	1000	"	"	"	111	"
"	2000	"	"	"	198	"
"	3000	"	"	"	285	"
"	4000	"	"	"	378	"

Diese Elektrode darf als ein erheblicher Fortschritt gegenüber derjenigen von Planté angesehen werden, indem

Fig. 51.



Kabath-Accumulator.

nicht nur die wirksamen Schichten besser auf den schmalen Streifen haften, sondern auch beim Abfallen derselben nicht leicht Kurzschluss des Elementes eintreten kann. Auch der Zutritt der Säure kann hier besser erfolgen und die Strom-

verteilung über die Platten ist mindestens so gut, wie bei den meisten, noch heute im Handel befindlichen Systemen. Die allerdings geringe Stärke der Lamellen von nur $\frac{1}{2}$ mm, die zur Erzielung einer möglichst hohen Kapazität gewählt worden ist, konnte der Haltbarkeit, besonders der Superoxydelektrode, nicht förderlich sein. Es ist ferner anzunehmen, dass, da die gewellten Streifen erheblich länger als die geraden sind, die ungleichmässige Ausdehnung der Streifen während des Gebrauchs von Nachteil sein konnte. Wenn, trotz der sorgfältigen Konstruktion, dieses System, ohne eine grosse Verbreitung gewonnen zu haben, wieder verlassen worden ist, dürfte der Grund hierzu wohl auf äussere, ungünstige Umstände zurückzuführen sein.

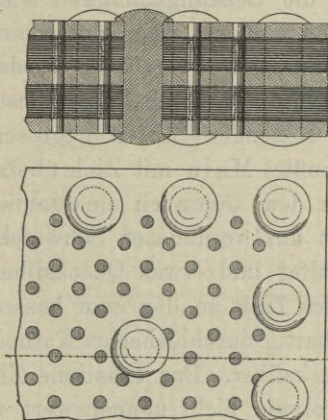
Da die Kapazität solcher, wie überhaupt aller hier behandelten, elektrochemisch formierten Elektroden hauptsächlich von der Dicke der wirksamen Schicht auf den Elektroden abhängig ist und die Dauerhaftigkeit der Superoxydplatten in umgekehrtem Verhältnis zur Dicke der Superoxydschichte zu stehen scheint, hat es wenig Interesse, näher auf die Kapazitäten jedes einzelnen Systems einzugehen.

Dem Muster Kabaths sind verschiedene andere, ebenfalls wieder verlassene Systeme nachgebildet worden, z. B. die Accumulatoren von Benardos, Reynier, Dujardin. Letzteres wird von „The D. P. Battery Company, Ltd.“ (66 Victoria Street, London S. W.) hergestellt. Nach der Preisliste dieser Firma entfallen auf das Kilogramm Gesamtgewicht des Elementes (inclusive der Säure) bei kleineren Grössen $2\frac{1}{2}$ und bei grösseren Typen bis $3\frac{2}{3}$ Ampèrestunden Kapazität. „Die Platten werden vermittelt eines besonderen elektrolytischen Prozesses, welcher das wirksame Material aus dem Plattenkörper selbst bildet, erhalten“ — mehr verrät die Preisliste und auch die Firma selbst nicht. Ein englisches Patent von P. Dujardin hat die Benützung ammoniakalischer Lösungen von Essigsäure oder deren Salze, ein anderes Patent diejenige eines Gemisches von verdünnter Schwefelsäure und Natronsalpeter zum Gegenstand. Weder nach der einen, noch der

anderen Patentbeschreibung ist es möglich, taugliche Produkte zu erhalten.

Auf originelle Art hat Main die Superoxydelektrode seines Accumulators ausgebildet. In Fig. 52 ist eine Skizze davon gegeben. Um bei geringem Gewicht eine grosse Oberfläche zu erzielen, sind hier dünne Bleifolien von nicht mehr als $\frac{1}{5}$ mm Stärke aufeinander gelegt; die beiden Endblätter werden durch 2 mm starkes Bleiblech gebildet. Auch in der Mitte der Elektrode ist ein stärkeres Bleiblech eingeschoben,

Fig. 52.



Main-Platte.

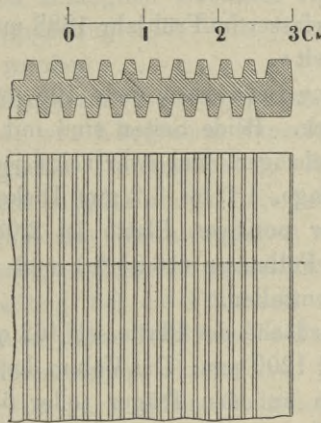
um den Zutritt des Stromes in das Innere der Platte zu erleichtern. Die stanniolartigen Bleiblätter werden zuerst mit Graphit eingerieben, dann mit einem Anstrich von „Whiting“ oder Zinkweiss versehen und erst nach dem Trocknen des Anstrichs aufeinander gelegt. Bei der nachfolgenden „Formation“ wird das Zinkweiss wieder aufgelöst und dadurch der wünschenswerte Raum für die Säure frei gelassen. Das so bereitete Paket wird nun unter einer Stanze auf einen Druck mit 49 grösseren Löchern, welche zur Aufnahme der Bleinieten dienen, und möglichst vielen kleineren, etwa 2 mm weiten Löchern versehen. Die letzteren haben den Zweck, den Zu-

tritt der Säure in das Innere der Platte zu befördern. Nachdem die grösseren Perforationen mit je einer Bleiniete ausgefüllt worden sind, wird das Stück abermals unter einer Presse einem starken Druck ausgesetzt und dadurch die Vernietung bewerkstelligt. Es erübrigt nur noch das Anlöten des Stromzuführungslappens, um die Platte fertig zur „Formation“ zu stellen. Diese geschieht insofern nach Planté, indem als Elektrolyt nur verdünnte Schwefelsäure benützt wird; doch soll der Graphitüberzug auf dem Bleistanniol eine besonders rasche Umwandlung desselben in Superoxyd ermöglichen. (Vielleicht würde die Leistungsfähigkeit dieser Konstruktion noch erhöht werden können, wenn die Bleinieten wenigstens mit der einen Aussenplatte vereinigt würden, sei es durch Verlötung oder billiger dadurch, dass diese Seite samt den senkrecht darauf stehenden Stiften gegossen würde.) — Als Gegenelektrode benützt Main mit Zink überzogene Cadmiumbleche, welche vor dem Gebrauch amalgamiert werden. Der Elektrolyt besteht aus verdünnter Schwefelsäure mit einem Zusatz von Zinksulfat und etwas Quecksilbersulfat. Bei der Ladung schlägt sich Zink an den zum besseren Anhaften des Zinküberzuges siebartig durchlöcherten Kathodenblechen nieder im Verein mit Quecksilber. Das erhaltene Zinkamalgame wird durch den Elektrolyten nicht nennenswert zersetzt, sondern löst sich erst bei der Entladung des Accumulators wieder auf. Pro Kilogramm Gesamtgewicht des Accumulators werden 20 Wattstunden Kapazität, pro Kilogramm Plattengewicht 32 Wattstunden Kapazität angegeben, wobei die Klemmenspannung des Elementes von anfänglich 2,45 Volts auf 2,00 Volts sinkt bei einer Entladestromstärke von 0,6 Ampère pro Kilogramm Gesamtgewicht. Als Nachteil des Main-Accumulators ist die Unsicherheit, mit welcher das Zinkamalgame auf den Kathodenblechen in der richtigen, cohärenten Beschaffenheit erzeugt wird, zu bezeichnen.

Von grosser praktischer Bedeutung ist die von den Gebrüdern Tudor (in Rosport, Belgien) vor 10 Jahren zur allgemeinen Kenntnis gebrachte Platte geworden. Die von der

„Electrochemical-Storage-Battery-Co.“ (30 Broad Street, New York) verfertigte Platte kommt der ursprünglichen Tudor-Platte ziemlich nahe und ist in Fig. 53 aufgeführt. Die Platte, ebenfalls durch Giessen erhalten, ist auf beiden Seiten mit parallel laufenden, etwa $1\frac{1}{2}$ mm breiten und $2\frac{1}{2}$ mm tiefen Furchen versehen. Bei der alten Tudor-Platte war der massive Bleikern nicht nur $2\frac{1}{2}$ mm wie hier, sondern 5 mm dick. Die Furchen wurden mit Bleioxydpaste ausgefüllt und darauf die Platte in verdünnter Schwefelsäure als Anode der Einwirkung des elektrischen Stromes so lange ausgesetzt,

Fig. 53.



bis alles Bleioxyd in Superoxyd übergeführt war. In diesem Zustand konnte allerdings die Tudor-Platte keinen Anspruch auf die Bezeichnung „Planté-Platte“ machen, indem die Kapazität lediglich durch die mechanisch angebrachten Bleioxyde bedingt wurde. Anders verhält es sich aber, wenn die Platte schon ein Jahr in Gebrauch gestanden hat. Die in den Furchen hängende Superoxydmasse fällt, oft schon nach einigen Monaten des Betriebes, heraus und auf den Boden des Behälters. Trotzdem ist aber die Kapazität des Accumulators nicht wesentlich vermindert und es zeigt sich, dass nun eine aus der Bleiseele selbst herausgebildete dünne, aber gut an-

haftende Superoxydschichte die Aufspeicherung des Stromes übernimmt. Das auf der frischen Elektrode angebrachte Füllmaterial diene lediglich dem Zweck, derselben so lange eine praktisch annehmbare Kapazität zu verleihen, bis sich im Verlauf der während des Gebrauchs stattfindenden Ladungen und Entladungen eine genügende „Planté-Schichte“ auf den Superoxydplatten gebildet haben würde. Nun ist hervorzuheben, dass unter einer Schichte von Füllmasse das Blei sich erheblich rascher zu oxydieren scheint, als ohne Gegenwart derselben. Ob dabei gleichzeitig etwa vorhandener Chlorgehalt der verwendeten Bleioxyde mitgewirkt haben mochte, erscheint ebenfalls möglich.

Ein vom Verfasser im Frühjahr 1888 untersuchtes Tudor-Element enthielt:

3 Superoxydplatten, jede 105 mm breit, 220 mm hoch, 10 mm dick. Beide Seiten sind mit vertikal laufenden Furchen durchzogen, und zwar zeigt jede Seite 38 Rippen von 220 mm Länge, 1,1 bis 1,2 mm Dicke und 3 mm Höhe. Das Gewicht der positiven Platte ist 2,03 kg, wovon etwa 0,33 kg auf die Füllmasse (16,25 %) und 1,70 kg (83,75 %) auf die Träger entfallen.

Die Planoberfläche der Platte ist 462 qcm, die Oberfläche des Trägers rund 1200 qcm. Das Volum der Platte ist 231 ccm, wovon 150,4 ccm auf den Träger (oder 65 %) und auf das Füllmaterial 80,5 ccm (oder 35 %) entfallen. Das Gesamtgewicht der Superoxydplatten ist 6,10 kg; das Gesamtgewicht der Füllmasse 1,000 kg.

4 Bleischwammplatten, welche genau denselben Träger zeigen, wie die positiven Platten. Gewicht einer Platte 2,075 kg; aller 4 Platten 8,30 kg.

Die Platten stehen auf einer mit Einkerbungen versehenen Holzleiste, die auf der Mitte des Gefässbodens der Länge nach aufliegt. Die Distanz zwischen den einzelnen Platten beträgt 10 bis 11 mm und wird unten durch Einkerbungen der Leiste, oben durch eingeschobene Gummistücke gehalten. Die gleichartigen Platten sind an je einen Kupferdraht mittels

Weichlot angelötet. Das Glasgefäss ist 13 cm breit, 18 cm lang, 24 cm hoch und wiegt 2,35 kg. Der Inhalt ist 5,615 l. Die Zelle enthält 4,164 kg Schwefelsäure von 1,175 spez. Gew. oder 3,550 l.

Das Totalgewicht des Elements ist 20,91 kg. Nach Vorschrift soll dasselbe mit 5 Ampère geladen und mit 7 Ampère entladen werden, dabei 50 Ampèrestunden aufnehmen und 40 Ampèrestunden abgeben. — Nachdem das Element einige-mal geladen und entladen worden war, ergab eine Entladung mit 6,5 Ampère innerhalb des Abfalls der Klemmenspannung von 2,12 Volts auf 1,70 Volts, 56,75 Ampèrestunden, wobei die Säuredichte von anfänglich 1,190 auf 1,155 heruntersank. Bis zur Klemmenspannung 1,91 Volts konnten 53 Ampèrestunden entladen werden.

Auf das Kilogramm Superoxydmasse entfallen somit 53 Ampèrestunden; pro Kilogramm Superoxydelektrode 8,83 und auf das Kilogramm Totalgewicht 2,5 Ampèrestunden. — Blieb dieses Element entladen einige Tage stehen, so krümmten sich die Platten, wobei die Schwammplatten weisses, die Superoxydplatten rostfarbiges Aussehen annahmen. — Bei rascher Entladung und Ladung fiel die Füllmasse aus den Furchen.

Eine ebenfalls im Jahre 1888 von Voller geprüfte Tudorzelle „neuerer Konstruktion“ hatte drei positive und vier negative Platten von je 6 qdcm Oberfläche; die positiven Platten waren 9 mm, die negativen nur mehr 6 mm dick; der Abstand der Platten betrug 8 mm; das Gesamtgewicht der Platten 13,3 kg; dasjenige des kompletten Accumulators (mit Säure von 1,15 spez. Gew. gefüllt) 19,4 kg. Kapazität 50 Ampèrestunden bei 10 % Spannungsabfall und $8\frac{1}{4}$ Ampère Entladungs- und 7,5 Ampère Ladungs-Stromstärke.

Bei dem alten „Tudor-Accumulator“ blieb der Bleischwamm dauernd in den Furchen, so dass mit Bezug auf diesen nicht von „Planté-Formation“ gesprochen werden konnte. Wie bei dem früher besprochenen Fabrikat Bréguet ist auch hier die Kapazität der Superoxydelektrode grösser als diejenige der Gegenelektrode. Wurde der Accumulator ent-

laden, so erschöpften sich die Bleischwammplatten zuerst und bewirkten den rapiden Abfall der Spannung und damit die Beendigung der Entladung, und zwar zu einem Zeitpunkt, bei dem die Superoxydplatten kaum mehr als zur Hälfte entladen waren. Nun ist dieser Umstand (der wohl erst nachträglich zur Erkenntnis gelangt ist) von sehr wohlthätigem Einfluss auf die Dauerhaftigkeit der Superoxydplatten gewesen, denn nichts vertragen diese schlechter, als vollständige Erschöpfung. Nachdem die anderen, zur gleichen Zeitperiode bekannten Accumulatoren gerade an dem zu raschen Zerfall der Superoxydplatten litten, musste das Verhalten der Tudor-Platten Aufsehen erregen. Die massive Bauart der Elemente, welche allerdings nur die Verwendung derselben für stationäre Battereien zuließ, mochte ebenfalls zur höheren Haltbarkeit des Systems beitragen. Zu diesen technischen Umständen gesellte sich aber noch ein eminent glücklicher Zufall, der darin bestand, dass die gewandten Inhaber der einstigen Firma „Einbeck und Müller in Hagen“ (Westfalen) sich für das Fabrikat der Gebrüder Tudor interessierten und in kurzer Zeit mit einem aussergewöhnlichen Aufwand von kaufmännischem Geschick die zwei grössten Elektrizitätsgesellschaften in Deutschland (Siemens & Halske und die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft) für den Gegenstand einnahmen. Es ist das Verdienst der schon im Jahre 1891 errichteten Accumulatorenfabrik-Aktiengesellschaft Berlin, in Deutschland die erfolgreiche Einführung der Accumulatoren in elektrischen Lichtzentralen durchgeführt zu haben, denn vorher waren nur in England, speziell London, einige bedeutendere Accumulatorenanlagen vorhanden, während die bis dahin in Deutschland eingeführten englischen Accumulatoren geteiltes Lob ernteten. Aber auch die kommerzielle Routine der erwähnten Gesellschaft vermochte sich nicht über die Mängel des Tudor-Accumulators auf die Dauer hinwegzusetzen, wie sich an den seither geänderten Konstruktionen derselben ersehen lässt. Unerwarteterweise stellte sich bei den Battereien nach ein- bis zweijährigem Gebrauch ein Rückgang der Kapazität ein, der auf

die Bleischwammplatten zurückzuführen war. Die verhältnismässig geringe Menge von Bleischwamm, welche in den Furchen Platz fand, vermochte die Beanspruchung auf die Dauer nicht ohne Schaden zu ertragen. Es zeigte sich, dass die Füllmasse zusammenschumpfte und dabei zugleich den Kontakt mit der massiven Bleiunterlage teilweise verlor. Die Aufnahmefähigkeit des Schwamms für Elektrizität ging dabei auf die Hälfte bis ein Drittel der ursprünglichen hinunter, zum Teil infolge des verringerten Kontaktes mit dem Träger, zum Teil aus verminderter Porosität des Bleischwamms oder überhaupt der veränderten physikalischen Struktur desselben. Diese, in sehr grossem Massstab gemachte Erfahrung führte dazu, die Tudor-Platte, weil ungeeignet als Bleischwammelektrode, zu verlassen und an Stelle derselben Gitterplatten (nach dem Vorgang der Electrical-Power-Storage-Co. in London) zu verwenden. —

Hier sollen nur die Veränderungen, welche die Superoxydplatten der A.-F.-A.-G. Berlin seither erfahren haben, kurz vorgeführt werden. — Die Form der ursprünglichen Tudor-Platte bildete ein Rechteck von wenig mehr als 2 qdm Inhalt, wobei die Dicke der Platte 10 mm betrug. Es ist daher wohl glaubwürdig, dass diese Platten sich im Gebrauch nicht leicht verkrümmten. Anders verhielten sich aber die von der A.-F.-A.-G. hergestellten Elektroden grösseren Formates von 300 mm Höhe und 280 mm Breite bei nur 8 mm Dicke, also mehr als vierfacher Grösse gegenüber den alten Tudor-Platten. Hier stellte sich der Uebelstand des „Werbens“ ein, besonders dann, wenn ein durch abgefallene und zwischen den Platten festsitzende Masse entstandener „Kurzschluss“ längere Zeit unbeachtet blieb und dadurch das Element sehr tief entladen wurde.

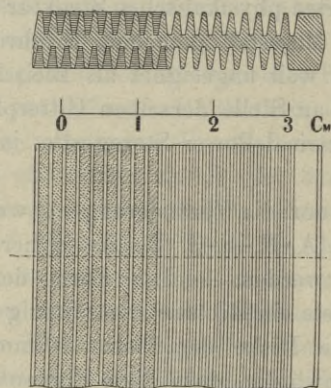
Aus Fig. 54 ist die Konstruktion der aus dem Jahre 1891 stammenden Superoxydplatte der A.-F.-A.-G. Berlin gegeben. Eine Platte der eben angeführten Dimensionen wog 5,70 kg und enthielt 1,86 kg Füllmasse (trocken). Die Kapazität der Platte war bei der Entladung in

$3\frac{1}{3}$	4	5	6	7	8	Stunden
48	52	55	60	64	68	Ampèrestunden,

wobei, wie schon bemerkt, diese Zahlen richtiger auf die Bleischwammelektrode passen, da die Kapazität der Superoxydelektrode, nachdem einmal die Füllmasse herausgefallen ist, lediglich von der Beschaffenheit und Dicke der Planté-Schicht abhängt und diejenige der Schwammelektrode übersteigt. —

Von den zahlreichen Variationen, in welchen diese Platten zu fertigen Elementen zusammengestellt worden sind, hat sich

Fig. 54.



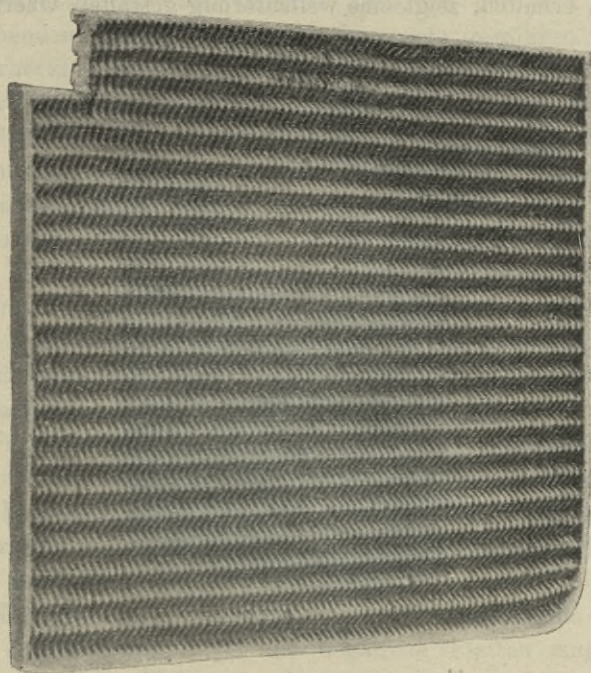
A.-F.-A.-G.-Platte (1891).

als eine der besten der Aufbau in Glasgefässen bewährt, wobei die Platten mittels an der oberen Kante seitlich angebrachter Nasen auf den Gefässrand gehängt werden. Dabei ist die Höhe des Gefässes derart bemessen, dass zwischen der unteren Plattenkante und dem Gefässboden ca. 100 mm Abstand gewahrt bleiben.

Durch zwischengesteckte Glasrohre von 12 mm Durchmesser wird für den gleichmässigen Abstand der Platten von einander gesorgt. (Die genauere Skizze eines ähnlichen Elements ist weiter unten zu finden.) Für gewisse Zwecke, wie z. B. bei der Batterie der Tramzentrale in Hirslanden-Zürich, hat sich die in Fig. 54 gegebene Konstruktion der Superoxyd-

platte sehr gut bewährt. In diesem Fall ist nämlich die Beanspruchung des Sammlers besonders günstig, indem lang andauernde Entladungen nur ausnahmsweise stattfinden, im Gegenteil die Hauptfunktion der Batterie darin besteht, die Spannungsschwankungen im Leitungsnetz auszugleichen. Bei der rasch und plötzlich wechselnden Belastung des letzteren erhält

Fig. 55.



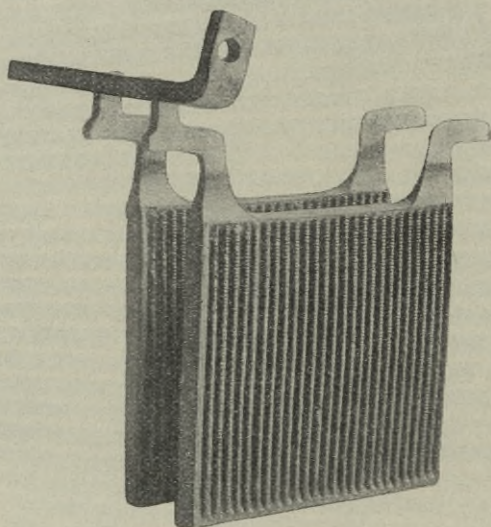
A.-F.-A.-G.-Platte (1894).

die Batterie abwechselnd Ladestrom und gibt Entladestrom ab und zwar gewöhnlich mehrere Male im Zeitraum einer Minute. Erwähnte Batterie ist schon fünf Jahre in unausgesetztem Gebrauch mit noch immer den ursprünglichen Superoxydplatten.

Bei Battereien für Beleuchtung dagegen wird die Kapazität der Platten möglichst ausgenützt und die S. 136 besprochene Erscheinung trat, trotz der aufs Aeusserste getriebenen Ueber-

wachung der Battereien doch sehr störend auf. Daher wurde zu der in Fig. 55 dargestellten Plattenform übergegangen, wobei nicht nur das Format der Superoxydplatten auf die Hälfte der früheren Breite reduziert, sondern gleichzeitig die Dicke auf das Anderthalbfache erhöht wurde. Die in der Figur dargestellte Platte ist ca. 14 cm breit und ungefähr ebenso hoch. Diese Platte, ebenfalls durch Giessen in Metallformen erhalten, zeigt eine wellenförmig gestaltete Oberfläche,

Fig. 56.



A.-F.-A.-G.

wobei die Seele oder der massive innere Kern der Platte ca. 3 mm stark ist, und die Wellenberge (Erhöhungen) ca. $4\frac{1}{2}$ mm über die Seele herausragen. Die gerippten, älteren Platten hatten nämlich noch den Uebelstand gezeigt (der auch bei der später zu erwähnenden Pollak-Platte vorhanden ist), dass, nachdem bei längerem Gebrauch die feinen Bleirippen „durchformiert“, d. h. in Bleisuperoxyd verwandelt worden waren, sich die aktive Schicht in grossen Blättern von der metallischen Unterlage ablöste. Die tiefgehenden zickzackförmigen

Wellen der neuen Platte sollten offenbar diesen Uebelstand beseitigen.

Die Behandlung der „Wellenplatte“ war im übrigen gleich der früheren; die Bleiplatten wurden zuerst einer Art elektrolytischer Reinigung unterzogen, indem dieselben kurze Zeit als Anoden in verdünnter Schwefelsäure mit schwachem Strom geladen wurden. Der dadurch erzeugte dünne Hauch von Superoxyd mochte ein sicheres Anhaften der nun einzustreichenden Bleioxyd- oder Mennigepaste gewähren. Nach der Erhärtung der Füllmasse konnte diese in Superoxyd übergeführt werden und das Füllmaterial sollte ebenfalls so lange aushalten, bis sich eine genügende Planté-Schichte auf der Bleiunterlage gebildet haben würde. Indessen haftete das Füllmaterial nicht so gut an dieser Oberfläche, wie früher, was auch ohne weiteres aus der Konstruktion derselben hervorgeht. Einen weiteren Uebelstand bildete die Vereinigung der kleineren Platten zu Elektroden grösseren Formats nach einem von Kerkhove patentierten Gedanken, wonach zwei oder vier der Plättchen in einen Tragrahmen aus Hartblei eingesetzt und mit diesem an gewissen Stellen verlötet wurden.

Fig. 56 zeigt die photographische Ansicht einer Elektrode, aus zwei Wellenplatten bestehend, und Fig. 57 die Ansicht eines kompletten Elementes mit Wellenplatten. Der Aufbau ist derselbe wie gelegentlich der in Fig. 54 skizzierten Rippenplatte geschildert worden ist.

Hier ist nun von der A.-F.-A.-G. Berlin zum ersten Male der Gitterträger für die negativen Platten eingeführt worden, wobei zugleich die mit Bleischwamm gefüllten Gitter äusserlich den „Wellenplatten“ recht ähnlich gemacht wurden, so dass der Laie einen Unterschied der Konstruktion kaum herausfinden mochte.

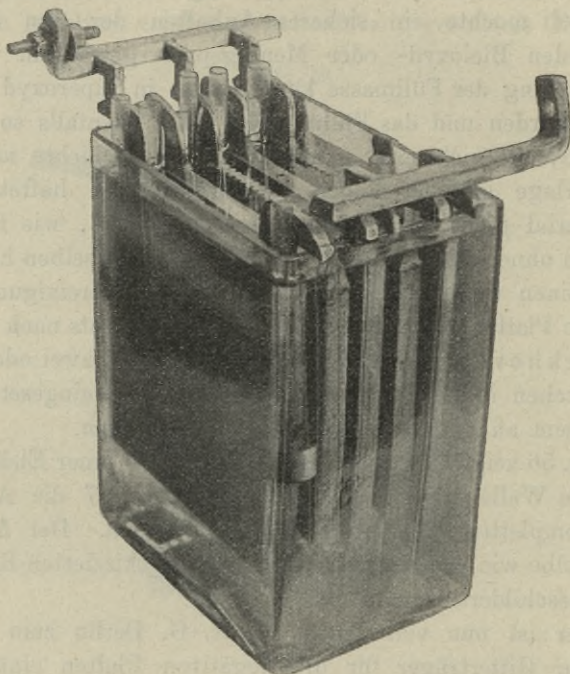
Es ist schon weiter oben auf den ungünstigen Einfluss weitgehender Entladung auf das Verhalten der Superoxydschichte hingewiesen worden. Durch Anwendung von Bleischwammplatten, welche nun ein Mehrfaches der früheren Platten an Schwamm enthielten, konnte allerdings die Kapazität

der „Wellenplatte“ voll ausgenützt werden, leider auf Kosten der Haltbarkeit. — Das in Fig. 57 abgebildete Element hat

	36	40	44	48	Ampèrestunden Kapazität
bei	12	8	6,3	4,8	Ampère Entladestrom.

Nachdem jetzt die Kapazität der Bleischwammpplatten bedeutend

Fig. 57.



A.-F.-A.-G.-Accumulator.

höher ist als diejenige der Superoxydplatten, stellen diese Werte annähernd die Kapazität der Superoxydelektrode vor. Da diese aus zwei der in Fig. 55 dargestellten Platten besteht, entfällt somit gerade die Hälfte obiger Werte auf jene Platte, deren Gewicht 2,2 kg beträgt. Die ganze Elektrode, zwei Platten samt Verbindungsstreifen, wiegt ca. 5 kg.

Die Dimensionen des Elements folgen nachstehend:

Die Bleischwammplatten (zwei Endplatten, eine Vollplatte) sind 165 mm breit und 160 mm hoch; die Mittelplatte (Vollplatte) ist 8 mm dick, während die Endplatten, welche nur auf der inneren, der Superoxydelektrode zugekehrten Seite mit Bleischwamm versehen sind, 5 mm Dicke zeigen. Die beiden Superoxydplatten sind je 12 mm dick und ebenfalls 165×160 mm im Format.

Der Abstand der Platten voneinander ist durch 4×2 Glasrohre von 11 mm Durchmesser gehalten. Der seitliche Abstand der Glasrohre voneinander ist 160 mm, der Plattenabstand vom Boden 50 mm. Die Platten sitzen vermittelt der von der oberen Kante ausgehenden Nasen, von denen die eine sich zugleich zur Stromzuführung verlängert, direkt auf dem Gefässrand. Auf der einen Breitseite des Gefässes ist die Berührung der Endplatte mit der Gefässwand durch zwei Glasrohre verhindert. An der anderen Endplatte liegen ebenfalls zwei Glasrohre auf der äusseren Seite an, welche als Führung für zwei Hartbleifedern dienen, so dass ein elastischer Druck zwischen der Gefässwand und den Platten stattfindet, wodurch die senkrechte Lage der letzteren gesichert wird. Dieses Element entspricht der unter Nr. 102 in der Preisliste von 1893/94 angeführten Grösse. Das Glasgefäss ist 125 mm breit, 190 mm lang und 250 mm hoch (innen gemessen); die Aussenmasse sind $135 \times 200 \times 260$ mm.

In der Preisliste sind die Masse mit 130 mm Länge, 190 mm Breite und 265 mm Höhe, das Gewicht des Elements (unverpackt) zu 13 kg, die Säuremenge (von 1,15 spez. Gew.) zu 5 l angegeben. Das Gesamtgewicht beträgt somit 18,75 kg, wenn unter der Angabe „Element unverpackt“ auch das Gewicht des Glasgefässes inbegriffen ist.

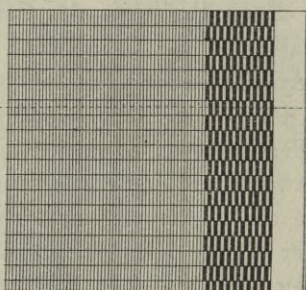
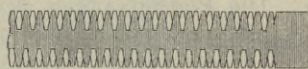
Das Element in Fig. 57 zeigt, mit Säure gefüllt, hauptsächlich das Gewicht von 18,8 kg.

Bei den Elementen mit grösserer Plattenzahl tritt an Stelle der Aufhängung der Platten auf dem Gefässrand diejenige auf Glasstützscheiben.

Nachdem immer mehr das Bedürfnis nach einem Accumu-

lator hervortrat, der möglichst starke Ströme (bei sonst mässiger Grösse und Preislage) liefern musste und die Erfahrung gezeigt hatte, dass die Platten um so eher eine grosse Stromdichte der Ladung oder Entladung vertragen, je grösser die Oberfläche derselben ist, wurde dadurch eine Modifikation der Tudor-Platte geschaffen, dass die Rippen in kurze Stücke abgebrochen und gegeneinander versetzt angeordnet wurden, wie Fig. 58 zeigt. Dadurch wird, bei sonst gleichem Gewicht der Platte, ein Gewinn an Oberfläche erzielt. Wohl infolge

Fig. 58.



0 1 2 3 C_m

A.-F.-A.-G.-Platte (1894).

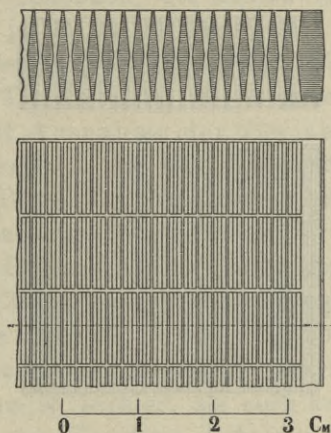
der schwierigen Herstellung (durch Giessen oder Pressen), und weil hier noch rascher als bei der alten Tudor-Platte, das Abblättern der Superoxydschichte zu befürchten war, ist auch diese Konstruktion nicht lange aufrecht erhalten worden.

Eine entschiedene Abweichung von der Tudor-Platte zeigt die „Schnellladeplatte“, welche die A.-F.-A.-G. Berlin vor zwei Jahren eingeführt hat. Diese ist, wie Fig. 59 zeigt, im Gegensatz zu allen früheren Superoxydelektroden, eine durchbrochene Platte und wird auch nicht mehr mit Bleioxyden (Paste) beschickt, sondern nach einem abgekürzten elektrochemischen Formierverfahren mit einer Superoxydschichte ver-

sehen. In der That bietet diese Konstruktion, welche ziemlich genau einem von Brush vorgeschlagenen und vom Verfasser ausgebildeten Gitter entspricht (vergl. P. Schoop, „Sekundärelemente“, II, S. 10 und 11, wo die Gussform, und S. 31, wo die Platte abgebildet ist), die dreifache Oberfläche einer massiven Bleiplatte von sonst gleichen Dimensionen dar. Bei der heutigen Entwicklung der Giessereitechnik bereitet das Giessen solcher Gitter keine besonderen Schwierigkeiten.

Der Nachteil aller Gitter, wenn als leitende Unterlage für

Fig. 59.



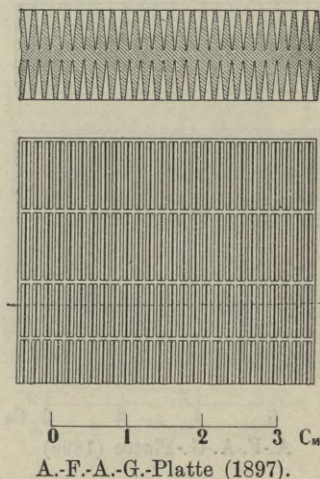
A.-F.-A.-G.-Platte (1896).

die Superoxydelektrode verwendet, besteht darin, dass bei der Volumvermehrung, die mit der Oxydation des Bleies verbunden ist, ein Treiben oder Wachsen des Gitters stattfindet. Diese wenig wünschenswerte Eigenschaft zeigen Platten mit undurchbrochenem Kern (Seele) nur in verhältnismässig geringem Grad. Vielleicht ist es diese Erfahrung, welche die A.-F.-A.-G. Berlin dazu geführt hat, in den neuesten Musterplättchen das Gitter wieder zu verlassen und die sonst gleich dimensionierte Platte mit einer, allerdings dünnen, nur 1 mm dicken Seele zu versehen, wie in Fig. 58 dargestellt ist.

Das aus dem Sommer 1897 stammende Musterplättchen Schoop, Handbuch der elektrischen Accumulatoren. 10

enthält offenbar kein mechanisch angebrachtes Superoxyd. Aus der beigelegten „Beschreibung der Plattenmuster“, welche im wesentlichen eine kaufmännische Anpreisung des Fabrikats bildet, möge eine Stelle hier Platz finden. „Während daher bei allen positiven Elektroden, in welchen das aktive Material die Hohlräume des Trägers ausfüllt, eine gelegentliche Sulfation eine Deformation der Platten zur unbedingten Folge hat, — tritt bei der neuen Platte ein Sichkrümmen oder Sichverziehen derselben im Betrieb überhaupt nicht mehr ein.“

Fig. 60.



A.-F.-A.-G.-Platte (1897).

Es wird ferner darauf hingewiesen*, dass die Bleischwamm-bildung, welche in weitem Umfange zur Bildung von Kurz-schlüssen in den Elementen führte, nunmehr „auf ein Minimum reduziert“ würde, indem diese störende Erscheinung besonders durch das von den Superoxydplatten abfallende und in der Flüssigkeit einige Zeit suspendiert bleibende Füllmaterial hervorgerufen worden sei. — Von Wichtigkeit für die mit Planté-Schicht versehenen Platten ist, dass die verdünnte Schwefelsäure, womit der Accumulator angefüllt wird, nun erheblich konzentrierter gewählt wurde. Während das spezifische

Gewicht der Schwefelsäure früher nach vollendeter Ladung des Accumulators zwischen 18 und 19° Bé. (entsprechend 1,147 spez. Gew.) und nach der Entladung ca. 15° Bé. (1,115 spez. Gew.) betragen musste (Gutachten des Professors Dr. W. Kohlrausch, Hannover, vom 29. April 1888), wird jetzt Schwefelsäure von ca. 26° Bé. oder 1,21 spez. Gew. zur Füllung der Elemente verwendet. Die Superoxydschichte soll in dieser stärkeren Säure weniger leicht spröde oder zum Abspringen geneigt sein. Dafür ist der Einfluss des konzentrierteren Elektrolyts auf die Bleischwammplatten ungünstig, da die „Sulfation“ des Bleischwamms um so mehr befördert wird, je stärker die angewandte Schwefelsäure ist.

Die Preisliste der A.-F.-A.-G. Berlin 1897 enthält in Form eines eleganten Taschenbuches alle Angaben über diese Accumulatoren, mit Ausnahme der Gewichte und der Konstruktion derselben. Es ist daher unmöglich, zu ersehen, welche Art von Platten für eine bestimmt bezeichnete Nummer der in den Listen aufgeführten Grössen verwendet wird. Die Weglassung der Gewichtsangaben, sowie der näheren Charakterisierung der Elektroden bietet allerdings den Vorteil, jederzeit irgend eine bestellte Accumulatorenatterie liefern zu können, ohne an ein bestimmtes Plattensystem gebunden zu sein. Dies ist um so leichter, als auch keine Angaben über die Zahl der in den Elementen vorhandenen Platten gemacht sind. Die unbedeutenden Ausnahmen, welche das Messelement, Telegraphenelement und Mikrophonelement machen, ändern an Gesagtem nichts. (Eine direkte Anfrage des Verfassers um Auskunft wurde von der Direktion der A.-F.-A.-G. Berlin abschlägig beschieden.)

Der zweiten Auflage des vorzüglichen Werkchens von F. Grünwald „Herstellung und Verwendung der Accumulatoren“ (Knapp, Halle 1897) sind nachstehende Angaben über die neuesten Accumulatoren der A.-F.-A.-G. Berlin entnommen: „Die Platten sind 15 cm \times 16,5 cm im Geviert und die Anode 13 mm, die Kathode (Bleischwammplatten) 7 mm dick. Das Gewicht einer Anodenplatte ist 2,5 kg, dasjenige einer

Kathodenplatte 2,1 kg. Ein Element mit 2 positiven und 3 negativen Platten zeigte folgende Kapazitäten:

Bei 16 9,5 7,6 8 5,4 4 3,3 Ampère Entladestromstärke
 16 19 23 24 27 30 33 Ampèrestunden Kapazität.

Der Ladungsstrom ist normal 8 Ampère. Die Säuredichte beträgt bei der geladenen Zelle 24° Bé.; die Ladespannung steigt bis 2,65 Volts. Die Entladespannung darf nur 5% unterhalb der, am Anfang der Entladung gemessenen Spannung sinken.

Die Bleischwammplatten sind mit Füllmasse versehene Gitterplatten. Die Superoxydplatten enthalten kein Füllmaterial, sondern sollen durch Formieren in sehr verdünnter Schwefelsäure nach Planté mit der nötigen Superoxydschichte versehen werden.“

Da diese Kapazitätswahlen genau mit den in der Preisliste von 1897 unter Nr. EI und Nr. ESI angeführten Kapazitäten übereinstimmen, mögen die betreffenden Daten der Liste noch hier Platz finden: das Glasgefäss ist 80 mm lang, 215 mm breit und 285 mm hoch (Aussenmasse). Das Gewicht des Elements ohne Säure ist zu 9 kg angegeben; dazu kommen 4 l verdünnte Schwefelsäure von 1,21 spez. Gew., so dass das Gesamtgewicht ca. 14 kg betrüge. Der Preis ist 13 Mark (Verpackung 0,25 Mark).

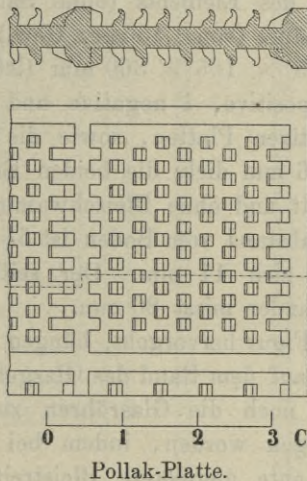
Demnach entfallen pro Kilogramm Gesamtgewicht des Accumulators 1 bis 2 Ampèrestunden Kapazität. Bei grösseren Elementen erhöht sich dieses Verhältnis etwas, da die Gewichte des Gefässes, der Säure und der Endplatten sich weniger ungünstig stellen als hier. — Bei einem Accumulator für Eisenbahnwagenbeleuchtung (in ausgebleitem Holzkasten) ist die Kapazität bei 5,1 Ampère Entladestromstärke 77 Ampèrestunden; das Gesamtgewicht desselben ist zu 14 kg angegeben, so dass ca. 5½ Ampèrestunden pro Kilogramm entfallen.

Accumulatoren für Tramwagentraction führt das Taschenbuch merkwürdigerweise nicht.

Auf originelle Art wird die in Fig. 61 reproduzierte Platte

von Ch. Pollak (zuerst von **J. Rousseau & Co.**, Boulevard Sebastopol 113, Paris, fabriziert) erhalten, nämlich dadurch, dass ein dickes Bleiblech zwischen einem mit entsprechenden Vertiefungen versehenen Walzenpaar hindurchgelassen wird. Durch den hierbei ausgeübten bedeutenden Druck legt sich das Blei in die Vertiefungen der Walzen und füllt diese zum Teil aus. Die Oberfläche des Bleiblechs erscheint hernach mit Dornen übersät, deren Form und Verteilung aus der Figur hervorgeht. Wie bei der ursprünglichen Tudor-Platte wird der

Fig. 61.



Pollak-Platte.

zwischen den Dornen verbleibende Raum mit Bleiverbindungen ausgefüllt, welche nach entsprechender elektrolytischer Behandlung der Platte dieser die Kapazität verleihen müssen. Die Dornen halten das Füllmaterial fest. Es soll sich gezeigt haben, dass eine einfache, aus Bleioxyd mit Schwefelsäure bereitete Masse während des Gebrauchs der Platten bald von diesen abfiel als die aus Bleiweiss mit Kalilauge angemachte Paste, so dass gegenwärtig auf diese etwas umständlichere Füllmasse zurückgegriffen worden sei.

Die Nachteile der Pollak-Platte sind im wesentlichen die-

selben wie diejenigen der Tudor-Platte; sobald die Bleidornen auf der Superoxydelektrode durchformiert sind, entfällt der mechanische Halt für die Superoxydschichte und diese löst sich vom Bleikern ab. Trotzdem haben die Pollak-Accumulatoren ziemliche Verbreitung erlangt, was für die Brauchbarkeit derselben für manche Zwecke spricht. — In Fig. 62 ist die nähere Zusammenstellung der Pollak-Platten zum Accumulator wiedergegeben. Das Element wiegt komplett 16,5 kg und entspricht der in Preisliste 1897 mit SK₁ bezeichneten Nummer.

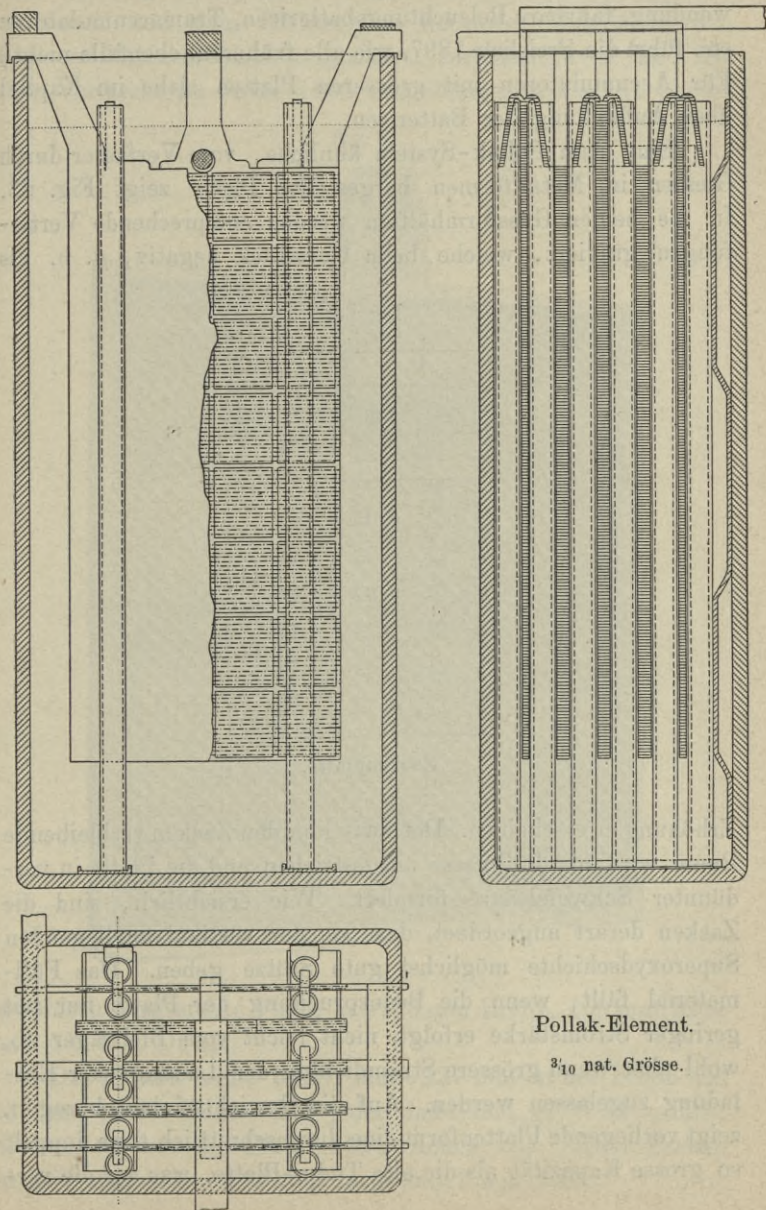
Das Gewicht des Elements (ohne Säure) ist 11 kg; es fasst 5 l Schwefelsäure (von 1,15 spez. Gew.). Das Glasgefäss, welches innen 105 × 165 × 360 mm (letzteres die Höhe) misst, enthält 2 positive, 1 negative und 2 negative Endplatten. Die positiven Platten, sowie die mittlere negative Platte sind stark 6 mm dick; die beiden Endplatten, auf der äusseren Seite glatt und ohne Bleischwamm, sind nur 3 mm dick. Der Plattenabstand vom Boden ist 55 mm; der Abstand der Platten unter sich 11 mm. Der seitliche Abstand der Glasröhren voneinander misst 80 mm.

Wie aus der Figur hervorgeht, hängen die Bleischwammplatten nicht nur auf dem Rand des Glasgefässes auf, sondern es sind überdies noch die Glasröhren zum Tragen dieser Platten herangezogen worden, indem bei jeder vier kleine an der oberen Kante angelötete Bleistreifchen in die vier an die betreffende Platte anliegenden Glasröhren führen. Auf diese Art werden die Bleischwammplatten, auch ohne auf dem Gefässrand aufzuliegen, getragen. Die doppelte Sicherheit in der Aufhängung der Schwammplatten ist darum angebracht, weil sie neben dem eigenen Gewicht auch noch mit dem der Superoxydplatten belastet sind, welche an dem quer über den Bleischwammplatten liegenden Ebonitstab hängen.

Die Kapazität des Elementes ist bei der Entladung
 mit 12 9 8 7 6 5,5 5 4,5 Ampère
 36 38 40 41 42 44 45 46 Ampèrestunden.

Die Kapazität per Kilogramm Gesamtgewicht ist also

Fig. 62.



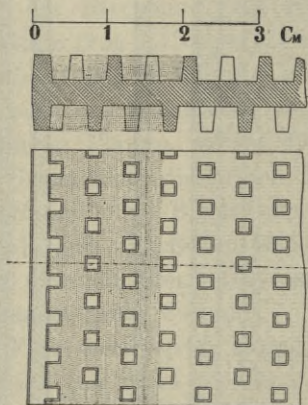
Pollak-Element.

$\frac{3}{10}$ nat. Grösse.

2 bis 3 Ampèrestunden. (Accumulatoren für transportable Verwendung, fahrbare Beleuchtungsbatterien, Tramaccumulatoren etc. führt die Preisliste 1897, wie alle früheren, ebenfalls nicht.) Für Accumulatoren mit grösseren Platten siehe im Kapitel über Aufstellung der Batterien.

Eine dem Pollak-System ähnliche, vom Verfasser durch Giessen in Metallformen hergestellte Platte zeigt Fig. 63. In die beiden Gussformhälften werden entsprechende Vertiefungen graviert, welche beim Gussstück negativ, d. h. als

Fig. 63.

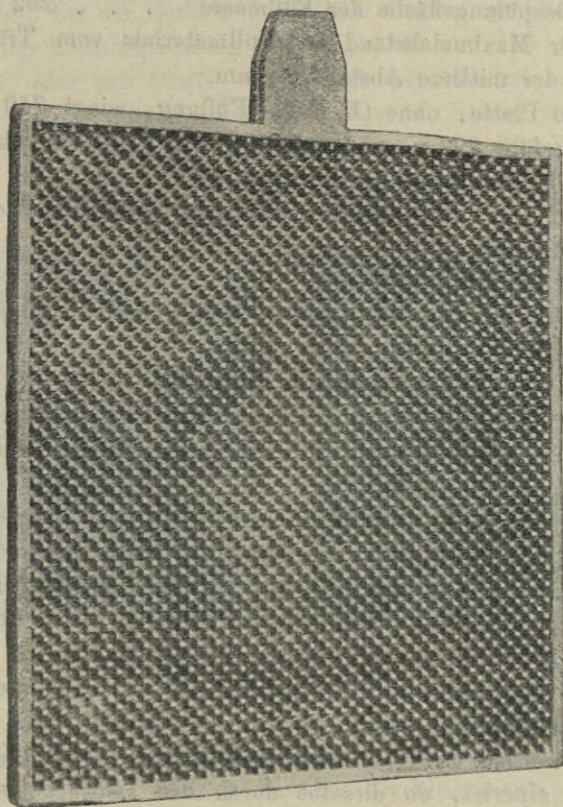


Zackenplatte.

Erhöhungen erscheinen. Der zwischen den Zacken verbleibende Raum wird mit Füllmasse ausgestrichen und die Platte in verdünnter Schwefelsäure formiert. Wie ersichtlich, sind die Zacken derart angeordnet, dass sie der vertikal aufliegenden Superoxydschichte möglichst gute Stütze geben. Das Füllmaterial fällt, wenn die Beanspruchung der Platte nur mit geringer Stromstärke erfolgt, nicht leicht vom Bleiträger ab, wohl aber wenn grössere Stromdichten der Ladung oder Entladung zugelassen werden. Auf die Gewichtseinheit bezogen, zeigt vorliegende Plattenform eine durchschnittlich etwa doppelt so grosse Kapazität als die alte Tudor-Platte, was auf die ver-

schiedene Gestaltung der Oberfläche, welche mehr Füllmasse aufnimmt und dem Elektrolyten leichteren Zutritt zu den aktiven Materialschichten gewährt, zurückzuführen ist. Die vom Verfasser im Jahre 1893 ausgeführte, in Fig. 64 photo-

Fig. 64.



graphisch dargestellte Platte hat 133 mm Breite, 150 mm Höhe und $5\frac{1}{2}$ mm Dicke.

Das Muster (ohne Rand) misst 127 mm in der Breite und 145 mm in der Höhe. Auf jeder Seite sind $37 \times 61 = 2212$ Zacken, so dass die Platte 4424 Zacken hat. Jeder Zacken ist 1,50 mm breit, 2,00 mm lang und 2 mm hoch.

Die seitliche Oberfläche eines Zackens ist 14 qmm,
 aller Zacken 619 qcm
 die von den Zacken nicht bedeckte Fläche . . . 221 „
 die totale Leitungsfläche daher . . . 840 qcm.

Die Planoberfläche des Musters ist $184 \times 2 = 368$ qcm;
 die Bepflügelungsfläche der Füllmasse . . . 252 „

Der Maximalabstand des Füllmaterials vom Träger ist
 1 mm; der mittlere Abstand $\frac{1}{2}$ mm.

Die Platte, ohne (E.-P.-S.-)Füllung, wiegt 740 g, mit
 Paste gefüllt 890 g, und enthält 150 g Füllmasse (trocken).
 Die Dicke der Kerne ist $1\frac{1}{2}$ mm.

Auf 1 g Paste entfallen 3,36 qcm Berührungsfläche und
 5,00 g Bleiträger.

Bei der Entladung mit

1 3 5 Ampère ergaben sich, innerhalb 10 % des
 Spannungsabfalls

32 28 18 Ampèrestunden Kapazität.

Auf das Kilogramm Füllmassé (trocken) entfallen somit
 210—120 Ampèrestunden, pro Kilogramm Superoxydelektrode
 36—20 Ampèrestunden.

Zu diesen Werten ist zu bemerken, dass hier der Ab-
 fall der Spannung nicht, wie sonst, auf beide Elektroden ver-
 teilt, sondern voll und ganz nur auf die Superoxydelektrode
 entfällt, indem die Potentialdifferenz zwischen dieser und einer
 Hilfselektrode gemessen und die Entladung dadurch bewirkt
 worden war, dass Strom in verkehrter Richtung in die Super-
 oxydplatte geleitet wurde. — Nun müsste auch noch nachge-
 wiesen werden, dass eine Superoxydelektrode dieselbe Kapazität
 liefert, einerlei, ob dieselbe durch den selbst entwickelten
 Strom (im Verein mit der gegenüberstehenden Bleischwamm-
 elektrode) oder durch Stromzufuhr von aussen entladen wird.
 Man sollte denken, dass in letzterem Falle die Ausnützung
 des aktiven Materials eher besser, die Kapazität daher höher
 sich stellen müsse, als bei der gewöhnlichen Entladung, da
 doch die, sonst durch den inneren Widerstand des Elements in
 Wärme umgewandelte Arbeit schon von aussen zugeführt wird.

Ein Element, bestehend aus 7 solcher Superoxydplatten (jede 140 mm breit und 160 mm hoch) und 8 negativen Platten desselben Formates, wog samt Glasgefäß 21 kg
 die verdünnte Schwefelsäure von 1,20 spez. Gew. 9,5 „
 Summa 30,5 kg

und zeigte bei der Entladung mit 16,0 Ampère innerhalb 10% Abfall der Klemmspannung eine Kapazität von 144 Ampèrestunden, also pro Platte rund 20 Ampèrestunden. Auf das Kilogramm Gesamtzellgewicht entfallen ca. 5 Ampèrestunden Kapazität.

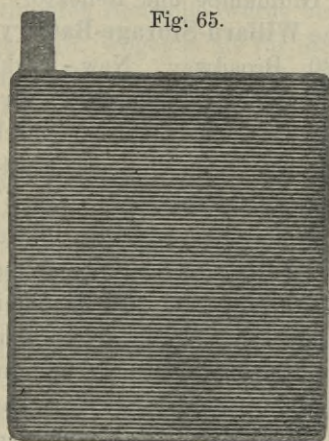


Fig. 65.

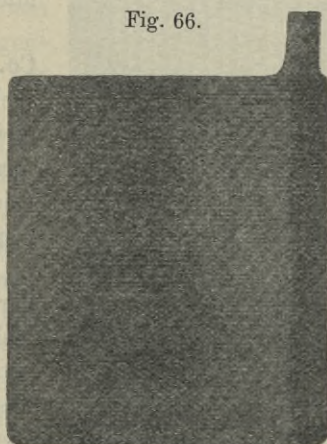


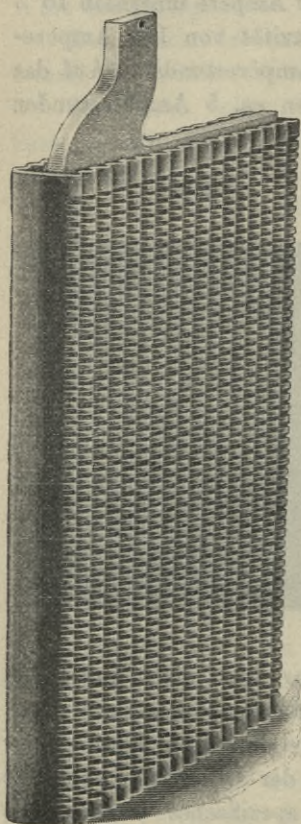
Fig. 66.

In Fig. 65 ist die Ansicht einer noch nicht formierten Platte der „Electrochemical-Storage-Battery-Co.“ (New-York) und in Fig. 66 diejenige derselben Platte, aber formiert, gegeben. Durch das auf der Oberfläche gebildete Bleisuperoxyd, welches geringeres spezifisches Gewicht als Blei hat, werden die Furchen ausgefüllt.

Um die bei etwa abfallender Superoxydmasse möglichen Kurzschlüsse im Element zu vermeiden, sind die verschiedensten Auskunftsmitel versucht worden. Am meisten empfehlenswert ist es, die Beseitigung solcher, zwischen den Elektroden hängender Stücke durch vorsichtiges Abdrücken mit einem

Glasstab auf den Boden des Gefäßes zu bewirken. Besonders günstig für die Entdeckung von Kurzschlüssen ist es, wenn Glasgefäße als Behälter für die Elektroden dienen und die Elemente so aufgestellt sind, dass leicht zwischen den Platten

Fig. 67.



Willard-Platte.

hindurch gegen das Tageslicht gesehen werden kann. Etwas schwieriger, aber doch noch zugänglich, ist das Auffinden zwischen den Platten sitzender Masse bei der Durchleuchtung des Elements von oben mittels Glühlampe und Reflektor.

The **Willard-Storage-Battery-Co.** (30 Broadway, New-York) sucht Kurzschlüsse dadurch zu vermeiden, dass die elektrochemisch formierte Platte in eine perforierte Ebonittasche gesteckt wird. Fig. 67 zeigt die derartig umhüllte Platte.

Die Form und Durchbrechung der Ebonithülle soll den Nachteil vieler anderer, ähnlicher Vorkehrungen vermeiden, der darin besteht, dass der Zutritt der Säure zu der Platte, resp. dem Superoxyd, erschwert wird.

Nach Niblett erhielt Watt in Liverpool eine Art Bleischaum, indem derselbe Wasserdampf von stärkerem Druck durch aus einer passenden Oeffnung fließendes Bleiblies.

BleiwoUe erhielt, nach demselben Autor, Simmen dadurch, dass stark erhitztes flüssiges Blei durch ein rotierendes Sieb in Wasser gegossen wurde. Durch die plötzliche Abkühlung werden die Bleifäden rissig und rauh, was die Oberfläche derselben vergrößert.

Simmen presste die erhaltene Bleiwolle in Platten des gewünschten Formats und umgab diese noch mit einer perforierten Hülle aus Bleiblech (ähnlich wie Kabath).

Später liess Simmen die Bleihülle wegfallen und presste die Bleiwolle in einen Bleirahmen, welcher auf der Innenseite mit Vorsprüngen, zum besseren Halt der Bleiwolle, ausgestattet wurde. — Reynier umgoss die Bleiwollkuchen mit Blei und erzielte dabei den Vorteil innigerer Verbindung des Rahmens mit der Bleiwolle. Die Dicke der Bleifäden bei der für Superoxydplatten bestimmten Bleiwolle wurde bis $\frac{1}{2}$ mm gewählt, wogegen die für die Gegenelektrode verwendeten Bleifäden nur $\frac{1}{5}$ mm stark waren.

Nach Reynier wog eine Platte von 140 mm Breite, 245 mm Höhe und 4 mm Dicke nur 0,700 kg und ergab 17 Ampèrestunden Kapazität. Pro Kilogramm Plattengewicht, Anode und Kathode zusammen, stellte sich die Kapazität auf 7,3 Ampèrestunden.

Fig. 68 zeigt das äussere Ansehen der Simmen-Reynier-Platte.



Simmen-Reynier-Bleiwoll-Platte.

Nach dem auf S. 55 besprochenen Verfahren stellt die „**Bleiwaren- und Accumulatorenfabrik in Bélabánya**“ (Ungarn) Träger her, wobei je nach dem Zweck, welchem die Platten zu dienen haben, die Oberfläche mehr oder weniger ausgiebig gestaltet ist. In Fig. 69 sind die Rippen feiner, zahlreicher und weniger tief gehend, als in Fig. 70. Die Anbringung der Bleisuperoxydschichte erfolgt nach einem abgekürzten Planté-Formierungsprozess. Es geht aus der kräftigen Dimensionierung vorliegender Muster hervor, dass sie für „stationäre“ Batterien bestimmt sind. Ganz besonders sollen diese Platten, weil sehr billig und dauerhaft, für Accumulatoren für Kraftaufspeicherung Anwendung finden. Es ist ersichtlich, dass,

anstatt eine Planté-Schicht von Anfang an auf den Elektroden zu erzeugen, es ebenfalls, nach dem Beispiel der älteren Tudor-Platte, möglich ist, den Raum zwischen den Rippen mit Bleioxyden auszufüllen, welche offenbar ziemlich gute Lagerung vorfinden und wohl erst nach längerer Zeit ihren Platz verlassen, um an die inzwischen gebildete Planté-Schicht die weitere Funktion abzutreten. Es lässt sich annehmen, dass auch die Planté-Schichte, beim etwaigen Abschälen von der Bleiunterlage, nicht leicht zu Boden fallen kann, sondern, als

Fig. 69.

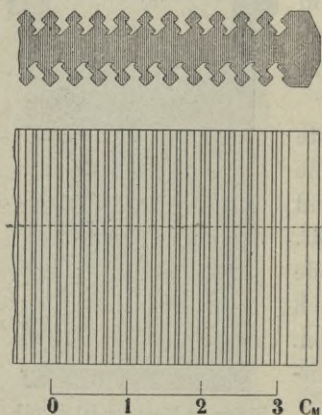
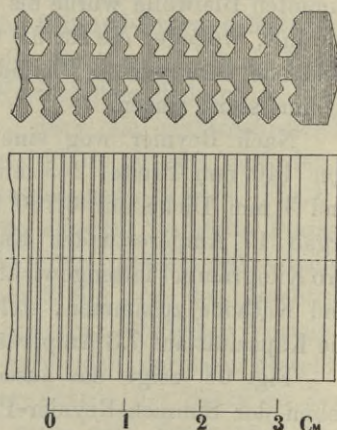


Fig. 70.



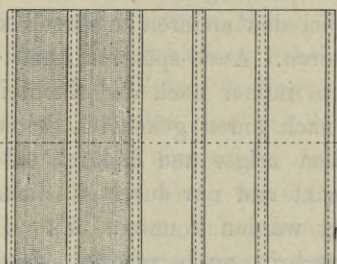
Berks-Renger-Platten.

Füllmasse dienend, in den Furchen sitzen bleibt und weiter an der Aufspeicherung des Stroms teilnimmt.

Eine eigentümliche Mittelstellung zwischen dem Planté- und dem Faure-Accumulator nehmen die, nach dem Patent von **A. de Khotinsky** hergestellten Elemente der Elektrizitätsgesellschaft Gelnhausen ein. Der Träger oder die leitende Unterlage der Elektrode wird ebenfalls, wie beim System Berks-Renger, durch hydraulische Pressung erhalten (D. R.-P. Nr. 35396), dagegen die Kapazitätsgebung sowohl bei den Bleischwamm- als bei den Superoxydplatten durch Einbringen von Füllmasse in die Träger erreicht.

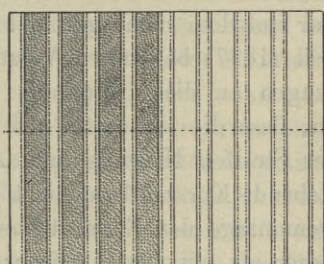
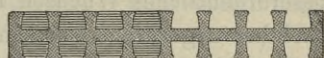
Diese Füllmasse wird aber nicht mit Bleioxyden oder Bleisalzen, sondern aus äusserst fein verteiltem, metallischem Blei, sogenanntem „Bleistaub“ bereitet. Ein Stück eines Trägers für die Bleischwammelektrode ist in Fig. 71 und ein ebensolches, aber für die Superoxydelektrode, in Fig. 72 dargestellt. Der Unterschied zwischen den beiden Streifen besteht darin, dass die „Seele“ bei dem Bleischwammträger dünner ist, ebenso die darauf senkrecht stehenden, sich nach aussen konisch erweiternden Rippen, und dass die Rippen weiter

Fig. 71.



0 1 2 3 Cm

Fig. 72.



0 1 2 3 Cm

Träger von de Khotinsky.

auseinander stehen als beim Superoxydträger. Das Superoxyd leitet weniger gut als der Bleischwamm oder, genauer ausgedrückt, um dieselbe Ausnützung der Füllmasse zu erreichen, ist der Abstand der Superoxydmasse von der leitenden Unterlage kleiner zu wählen als beim Bleischwamm, was durch die engere Stellung der Rippen bei dem Superoxydträger erreicht wird. Die stärkere Dimensionierung der Rippen und des Kernes ist mit Rücksicht auf die allmähliche Umwandlung des Superoxydträgers während des Gebrauchs gerechtfertigt. Die ca. 44 mm breiten Streifen kommen als endloses Band aus der Bleipresse hervor und werden durch eine sinnreiche Vor-

richtung automatisch in Streifen der gewünschten Länge geschnitten. Die Streifen wurden von A. de Khotinsky anfänglich auf etwa zolldicke, auf dem Boden des Zellgefässes liegende Glasröhren horizontal nebeneinander gelegt. Zwischen zwei Bleischwammstreifen lag immer ein Superoxydstreifen. Doch war schon die flache Form der Steingutbehälter ein unangenehmer Umstand bei diesem Aufbau, noch mehr aber, dass die nach dem Boden des Gefässes gekehrte Seite der Superoxydstreifen nicht in dem Masse zur Arbeit herangezogen wurde wie die obere Seite. Krümmung der Streifen, sowie ausserordentliches Wachsen infolge von Sulfatbildung und dadurch hervorgerufene Kurzschlüsse machten häufiges Reparieren der Batterien erforderlich. Die Dauerhaftigkeit der Elemente war trotzdem nicht geringer als bei den anderen zu derselben Zeit (1887) bekannten Accumulatoren. Auch späteren Aenderungen an dieser Montage haftete immer noch der Nachteil an, dass die Füllmasse auf den nach unten gekehrten Seiten der Streifen Neigung zum Abfallen zeigte und dadurch entstehende Kurzschlüsse nicht entdeckt und nur durch gänzliche Demontage des Elements beseitigt werden konnten. Es war daher als ein beträchtlicher Fortschritt zu betrachten, dass, bereits schon zur Zeit der Frankfurter elektrischen Ausstellung (1891), die Bleistreifen zu Platten vereinigt wurden, und diese vertikal im Zellbehälter aufgehängt waren. Fig. 74 zeigt die photographische Ansicht einer Superoxydplatte. Die Streifen liegen in hochkantiger Stellung so übereinander, dass zwischen je zweien ein kleiner Spielraum von 5 mm Weite gelassen ist. Im Falle die Streifen sich während des Gebrauchs ausdehnen, ist dadurch Raum auch für das vergrösserte Volumen geschaffen. An beiden Endseiten, links und rechts, sind die Lamellen an zwei gemeinschaftliche vertikale Bleistangen angeschlossen. Diese Verbindung geschieht nicht durch Löten mit Wasserstoff, sondern mittels direkten Verschmelzens des Bleies. Die Streifen, durch eine hölzerne Lehre in der richtigen Lage festgehalten, werden in eine mit Gasflammen erhitzte Eisenblechrinne gestellt und flüssiges Blei in diese

Rinne gegossen. Vorgängiges Eintauchen der zu verbindenden Flächen in Stearin erleichtert das Zusammenfliessen der Metallteile. Das Verschmelzen ist nicht nur billiger, sondern auch zuverlässiger als Wasserstofflötung. Nach der Reinigung der so erhaltenen Platten (durch Waschen mit verdünnter Aetznatronlauge) werden die Streifen mit Bleistaub beschickt.

Für den Accumulatorentechner bietet das auf S. 18 beschriebene Verfahren, Bleistaub herzustellen, grosses Interesse, indem die, von A. de Khotinsky eingeführte Methode der Verteilung des Bleies wohl den Gipfelpunkt aller Bemühungen in dieser Richtung darstellt.

Schon durch Beimischung von Wasser zum Bleistaub entsteht eine knetbare Masse, die beim Trocknen genügend erhärtet. Die Erhärtung scheint durch Oxydation des Bleistaubs durch das Wasser bedingt, wie der Bruch der erhärteten Masse, welcher eine gelbliche Farbe zeigt, vermuten lässt. Es ist leicht einzusehen, dass die so erhaltene Füllmasse nicht so porös sein kann, wie die aus Glätte oder Mennige bereitete, da in letzteren Materialien neben Blei auch Sauerstoff enthalten ist, der ein gewisses Volum einnimmt. Bei der Umwandlung z. B. in Bleischwamm, wird dieser Sauerstoff den Bleioxyden entzogen und das zurückbleibende Blei ist auch deshalb schwammig, weil es mit den früher vom Sauerstoff innegehabten Volumteilchen durchsetzt ist. Um nun die Bleistaubmasse noch mehr porös zu gestalten, als sie durch das der Füllmasse zugesetzte Wasser bereits ist, wendet die Elektrizitätsgesellschaft Gelnhausen eine Beimischung von Bimsstein an. Durch den Bimsstein werden kapillare Kanäle ins Innere der Füllmasse geschaffen, auch saugt derselbe an und für sich ein bestimmtes Säurevolum auf, das in Berührung mit dem Bleistaub kommt. Der gegen verdünnte Schwefelsäure beständige Zusatz wird sowohl bei den negativen, als auch den positiven Platten angewendet. Diese Art, die Porosität des Füllmaterials zu erhöhen, erscheint aber doch etwas primitiv, denn ein Verfahren, welches die Poren gleichmässiger über

die Masse verteilte, als dies die etwa linsengrossen Bimssteinstückchen thun, scheint vorteilhafter zu sein. So liesse sich dem Bleistaub fein gemahlenes Bittersalz beimischen und die Mischung mit gesättigter Bittersalzlösung zur Paste anmachen. Nach der Erhärtung derselben könnte durch destilliertes Wasser das Salz ausgelaugt werden. Solches Vorgehen hätte Aussicht, die Superoxydplatten zu verbessern, da die Ausdehnung der Bleiteilchen bei der Umwandlung in Superoxyd dadurch freieres und gleichmässigeres Spiel gewönne und die Teilnahme des Füllmaterials an den elektrolytischen Prozessen eine vollständigere werden müsste. Zusätze, die nicht aktiv an den Reaktionen der Elektroden sich beteiligen, haben bisher wenig Erfolg gehabt.

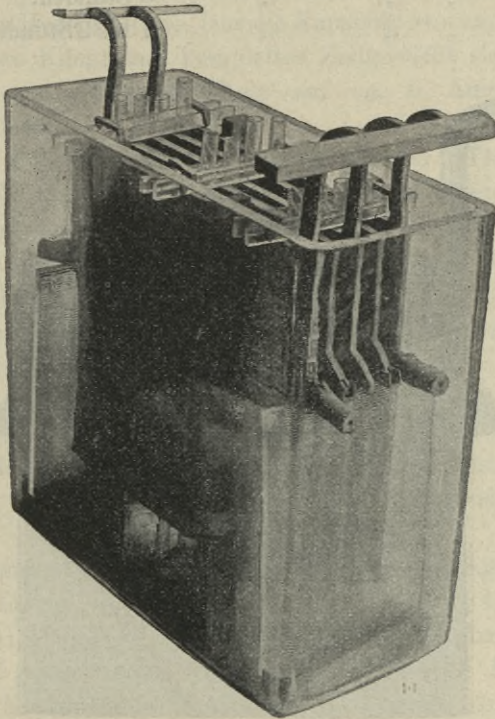
In dem Prospekt von 1897 begründet die Elektrizitätsgesellschaft Gelnhausen ihr Verfahren: „In der positiven Elektrode unseres Bleistaubaccumulators verhindert die beträchtliche Menge des beigemischten neutralen und sehr porösen Körpers, dass die in Bleisulfat übergeführten getrennt liegenden Teilchen von Bleisuperoxyd geschlossene Schichten bilden können.“

Es wird weiter ausgeführt, dass bei den mittels Bleioxyden bereiteten Füllmassen solche geschlossene Bleisulfatschichten sich bildeten und von nachteiligem Einfluss auf den Widerstand und die Haltbarkeit der Platten wären.

In Fig. 73 ist die Ansicht eines Bleistaubaccumulators, in Glasgefäss eingebaut, gegeben; die Superoxydelektrode dieses Elementes besteht aus zwei Platten der in Fig. 74 dargestellten Form. Die negativen Platten sind gleich gross wie die positiven; jede Platte ist 240 mm hoch, 240 mm breit und 6 mm dick und besteht aus fünf übereinander liegenden Streifen, die an beiden Seiten durch je eine 8 mm breite Bleileiste verbunden sind. Die zwei, links und rechts seitlich angelöteten Bleinasen dienen zur Aufhängung der Platten auf zwei gläsernen Stützscheiben, welche 180 mm hoch, 125 mm breit und 5 mm dick sind und in auf dem Gefässboden ruhenden, genuteten Holzleisten aufruhend. Die Nasen der Super-

oxydplatten sind mit Hartgummischuhen versehen, „um Nebenschlüsse durch Schlammablagerung auf der Kante der Stützscheiben zu vermeiden“. Im Glasgefäß, das 320 mm breit, 130 mm lang und 310 mm hoch ist (Innenmasse), befinden sich zwei positive und drei negative Platten; der Abstand

Fig. 73.



Gelnhausen-Accumulator.

derselben beträgt 10 mm und wird durch 4×3 Glasrohre gesichert, in seitlichen Abständen von je 100 mm voneinander. Abstand der Platten vom Boden des Gefäßes 50 mm. — Die Ladestromstärke beträgt normal 26 Ampère, das Gewicht der Platten 18 kg. Das Element fasst 9 l verdünnter Schwefelsäure von 1,180 spez. Gew. Das Gesamtgewicht des Accumu-

lators ist 30,5 kg und die Kapazität laut Preisliste 1897
 90 87 85 81 77 73 68 60 50 40 Ampèrestunden,
 bei 9 9,6 10,6 11 13 14 17 20 25 40 Ampère Ent-
 ladestrom. — Die Elektrizitätsgesellschaft Gelnhausen bietet
 kostenlose Garantie auf
 2¹/₂ Jahre, wenn die Entladungsdauer 4 oder mehr Stunden,
 2 " " " " 3 Stunden,
 1¹/₂ " " " " 1 bis 2 Stunden beträgt.

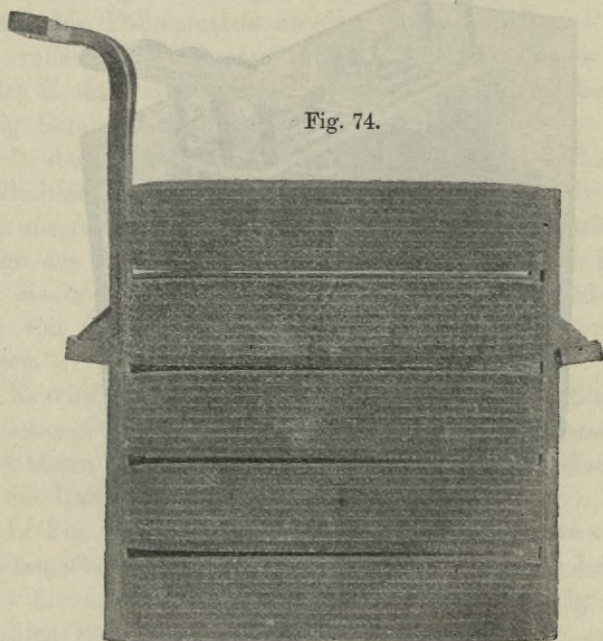


Fig. 74.

Superoxydplatte. — Gelnhausen.

Accumulatoren für transportable Battereien werden aus denselben Elektroden angefertigt wie für stationäre Zwecke. Der Plattenabstand reduziert sich auf 6 mm, und die Isolation wird durch Ebonitkämme bewirkt (D. R.-P. Nr. 58 108, 82 864 und 88 668). Die Verhältnisse sind hier z. B. bei Nr. Z (für Zugsbeleuchtung):

Element ohne Säure 11 kg; Länge 310 mm, Breite 160 mm, Höhe 190 mm. Verdünnte Schwefelsäure (1,80 spez. Gew.) 3 l. — Normale Ladestromstärke 10,8 Ampère.

Die Kapazität dieser Zelle stellt sich auf:

90	80	70	Ampèrestunden bei
3,7	4	4,4	Ampère Entladestromstärke.

Der Zellbehälter besteht aus einem mit Bleiblech ausgeschlagenen Holzkasten, so dass die Kapazität von ca. 5 Ampèrestunden pro Kilogramm komplettes Zellgewicht sich bei Verwendung eines Ebonitbehälters auf ca. 6 Ampèrestunden erhöhen liesse.

Die Elieson-Accumulatoren, von „The Elieson-Lamina-Accumulator-Co. Ltd.“ (Greenland Place, Camden Town, London) hergestellt, zeigen, ohne Anwendung irgend welcher Füllmasse, erhebliche Kapazitäten.

Die Platten, aus perforierten und gerauhten (geriffelten) Bleistreifen zusammengesetzt, sollen eine grössere Arbeitsfläche darbieten als andere Accumulatoren. Wenn den günstigen Berichten englischer Experten Glauben geschenkt werden darf, soll sich dieser Planté-Accumulator speziell als Kraftquelle für Motorwagen eignen. In der Preisliste von 1897 sind über die „C“-Type in Ebonitbehälter folgende Angaben gemacht:

Gesamtgewicht des Elements 27 lbs. (12,2 kg); Plattenzahl 7; Länge 7 engl. Zoll (178 mm); Breite 4 engl. Zoll (102 mm); Höhe 13 engl. Zoll (330 mm). Der Ladestrom ist normal 15 bis 25 Ampère, der Entladestrom 20 Ampère.

Die Kapazität des Elementes soll bei 20 Ampère Entladung 100 Ampèrestunden und bei nur 10 Ampère Stromstärke 120 Ampèrestunden betragen.

Pro Kilogramm Zellgewicht entfielen damit 8 resp. 10 Ampèrestunden Kapazität, für einen Accumulator ohne Füllmasse eine respektable Leistung.

Die Konstruktion von **F. Winkler** (Troy, Nordamerika) darf sowohl ihrer Originalität als auch Verwendbarkeit halber Interesse beanspruchen. Die in Fig. 75 abgebildete Platte

ist aus übereinander liegenden Rinnen von V-förmigem Querschnitt, welche links und rechts an je eine gemeinsame Bleileiste angeschlossen sind, zusammengesetzt.

Solche Rinnen können durch hydraulisches Pressen in Wandstärken von $\frac{1}{2}$ mm an erhalten werden, wobei der Querschnitt ganz analog demjenigen der Winkeleisen gegen die Winkelkante hin etwas verstärkt werden muss. Diese Platte vereinigt alle Eigenschaften, um sie für grosse Bean-

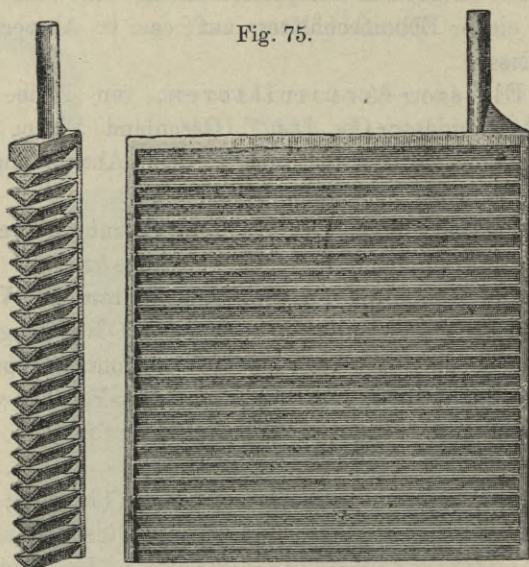


Fig. 75.

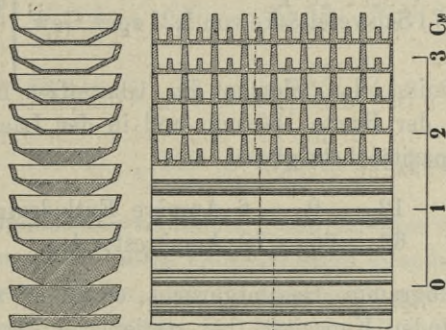
Winkler-Platte.

spruchungen geeignet erscheinen zu lassen. Allerdings dürfte sich das von Winkler empfohlene Anfüllen der Rinnen mit aktivem Material nur für langsame Entladungen empfohlen, wogegen die Platte, ohne jegliche Pastung und nach einem abgekürzten Formierverfahren behandelt, gute Superoxydelektroden abgeben dürfte. Wenn mit Paste angefüllt, entfallen 63,5% des Plattengewichts auf den Träger und 36,5% auf die Füllmasse. — Bei flacherer Form des Winkels lässt sich die Anzahl der horizontalen Lamellen bei gleichbleiben-

der Plattenhöhe vermehren und dadurch auch die Oberfläche des Trägers. Durch zwischen die einzelnen Lamellen eingelegte kurze Winkel aus Blei oder Ebonit können die Lamellen unterstützt werden, wobei dann der untere Rand der Platte am besten der ganzen Länge nach auf einer passenden Unterlage aufruht.

Eine abweichende Gestalt gibt **O. Schulze** (Elsässische Elektrizitätswerke in Strassburg) seinen Elektroden. In dem Preiscourant vom Juli 1897 sind einige, leider undeutliche Abbildungen von Platten enthalten, nach welchen Verfasser

Fig. 76.



Schema der Schulze-Platte.

in Fig. 76 versucht hat, eine etwas deutlichere Vorstellung zu geben. Die Platte wird aus übereinander geschichteten, krippenförmigen Bleilamellen zusammengesetzt, welche an beiden Enden an vertikal laufende Verbindungsleisten verschmolzen werden. Die horizontal liegenden Lamellen sind gerippt, so dass die fertige Platte eine durch viele Kanäle durchbohrte Wand vorstellt. Es wird daher mit Recht von Schulze hervorgehoben, dass „die Zirkulation der Flüssigkeit nach allen Richtungen ungehindert“ stattfinden kann. Ebenso ist richtig, dass diese Platten „eine grosse leitende Metalloberfläche“ haben, und „kein Partikelchen der aktiven Masse mehr als 1 mm von den leitenden Flächen entfernt

ist“. Zwar soll, wie es scheint, auch mechanisch angebrachtes Füllmaterial auf die gerippten Bleilamellen aufgetragen werden, doch wird dies nur für die Schwammbleiplatten empfehlenswert sein. Der Bleischwamm, sowie das durch Planté-Formation auf dem Träger erzeugte Superoxyd dürfte hier ausgezeichnet gehalten werden. Die Haltbarkeit der Platten resp. Lamellen hängt von der Dicke ab und wird bei Verwendung von gepresstem Blei eher höher sein als bei gegossenen Bleiplatten.

Der mit M₃ bezeichnete Accumulator (Seite 4 der Preisliste) zeigt folgende Verhältnisse:

Gewicht unverpackt 16 kg	} Totalgewicht 25 kg.
Gewicht von 71 Schwefelsäure von 1,21 spez. Gew. 8,47 kg	

Dabei misst das Element im Glasgefäß in der Höhe 320 mm, in der Breite 180 mm und in der Länge 220 mm.

Die Kapazität beträgt bei

18	12	9	6	Ampère Entladestrom
54	60	66	72	Ampèrestunden.

Pro Kilogramm Gesamtgewicht entfallen somit 2 bis 3 Ampèrestunden Kapazität (bei stationären Accumulatoren). Der Preis ist mit 19 Mark und derjenige einer kompletten, fertig zum Gebrauch aufgestellten Batterie für 110 Volts Spannung zu 1300 Mark angesetzt.

Zum Vergleich und zur Anstellung von Berechnungen seien die Dimensionen und Gewichte einiger vorstehend abgebildeter Plattenmuster angeführt.

Hierzu ist zu bemerken, dass diese Muster sämtlich mitten aus einer ganzen Platte herausgeschnitten waren, also keinen verstärkten Rand oder dergleichen hatten. Die Abwägungen und Abmessungen sind auf 1% genau.

Die Paste, durch Mischen von 300 Gewichtsteilen Mennige

Name des Musters	Figur Nr.	Dimensionen		Gew. leer	Gew. gefüllt	Verhältnis	
		Höhe	Breite			Gew. d.Paste	Blei zu Paste
— Gelnhausen	69	44 mm	77 mm	74,85	128,0	53,15	1,41
+ Gelnhausen	70	43 "	75 "	115,80	163,7	47,9	2,42
Alte Tudor	54	70 "	65 "	282,60	327,5	44,9	6,30
Neueste A.-F.-A.-G. }	58	30 "	45 "	110,70	132,1	21,4	5,17
Oerlikon	61	35 "	25 "	55,55	70,0	14,45	3,85
Berks-Renger	68	110 "	14 "	115,25	141,0	25,75	4,50
Pollak	59	60 "	100 "	271,70	349,1	77,4	3,52

mit 54,5 Gewichtsteilen verdünnter Schwefelsäure von 1,2 spez. Gew. erhalten, ist bei allen Plattenmustern dieselbe und etwas dünn genommen worden, um die feineren Fugen der Tudor-Platte vollkommen ausfüllen zu können. Die Wägung der geschmierten Plättchen wurde sofort nach der Pastung vorgenommen.

Die Oberflächenverhältnisse sind auf Grund der exakten Wiedergabe der Muster in den Figuren genau zu berechnen. Die Nichtbeachtung des Plattenrandes würde im schlimmsten Falle einen Fehler von einigen Prozenten im Gefolge haben. Nun sind allerdings, wo Kapazitäten angegeben sind, diese auf die gesamte Superoxydelektrode (inklusive Stromzuführungsleisten) oder auf das gesamte Zellgewicht angegeben. Hier muss man sich bei Vergleichen mit Annäherungswerten behelfen, was insofern noch angeht, als ja, besonders bei Accumulatoren mit Planté-Platten die Kapazität keine konstante Grösse, sondern je nach Umständen sogar recht veränderlich ist.

Von den in Deutschland noch patentrechtlich geschützten, hieher gehörigen Elektroden sind zu erwähnen:

D. R.-P. Nr. 85827.

A. Timmis in London.

Elektrodenplatte für Stromsammler. Vom 29. Januar 1895 ab.

Patentanspruch:

Elektrode für Stromsammler, bestehend aus einem schräg zur Längsrichtung gewellten Bleistreifen, der durch abwechselndes Hin- und Herbiegen derart in Querfalten zusammengelegt ist, dass sich die Wellen des Bleches in jeder Falte kreuzen und dadurch dem Herausfallen der gebildeten aktiven Masse vorgebeugt wird.

D. R.-P. Nr. 27871.

Frank Tamblyn Williams und John Charles Howell in Llanely, England.

Herstellung von porösen Bleiplatten für Accumulatoren.
Vom 7. November 1883.

Patentanspruch:

Das beschriebene Verfahren zur Herstellung poröser oder schwammiger Blöcke oder Platten aus Blei oder Bleilegierungen, bestehend in der Erzeugung des porösen Materials durch Ausschöpfen desselben aus dem geschmolzenen Metallbade mit Hilfe einer durchlöcherten Form oder eines eben solchen Löffels.

Von vorstehenden deutschen Reichspatenten beansprucht das letztere deshalb Interesse, weil nach demselben die Accumulatoren der „Crompton-Howell-Electrical-Storage-Co. Ltd.“, (New Dock, Llanely, South Wales) seit vielen Jahren hergestellt werden. „Herr Howell erfand einen Prozess zur Herstellung von Platten für Accumulatoren, die aus porösem Blei bestehen. Diese werden dadurch erhalten, dass geschmolzenes Blei auf einer dem Kristallisationspunkt nahen Temperatur gehalten und die halbkristallisierte Masse in Blöcke

gegossen wird, welche aus lauter ineinander verwachsenen Kristallen bestehen und nach der Erkaltung in Platten des gewünschten Formats zersägt werden.“ Die Formierung der Platten erfolgt nach Plantés Verfahren.

Der Preisliste der genannten Firma sind nachstehende Angaben über ein Element entnommen:

Gewicht der Platten 55 lbs.	} Das Totalgewicht ist also
(25,0 kg)	
Anzahl der Platten 11	
Gewicht der Schwefelsäure	
37 lbs. (16,7 kg)	41,7 kg ohne Glaszelle, welche für diese Grösse etwa 3,3 kg wiegen dürfte.

Die Kapazität des Accumulators ist bei

85	33	20	Ampère	Entladestromstärke
85	230	240	Ampèrestunden.	

Es entfallen per Kilogramm Gesamtgewicht 2 bis 5 Ampèrestunden Kapazität.

Leider können diese Zahlen wenig bedeuten, da über die Dicke der Platten keine Angaben erhältlich waren. (Bei einer älteren Batterie [1890] waren die Platten 25 mm dick.) Ein Nachteil des Howell-Systems ist, dass die Stellen, wo der Strom bei den Superoxydplatten ein- bzw. austritt, nach einiger Zeit ganz durchformiert und dann brüchig werden. Es ist auch anzunehmen, dass es ein Zufall sein müsste, wenn die Diffusion des Elektrolyten durch die ganze Platte gleichmässig stattfände. Daher werden wohl in erheblichem Masse Lokalströme in den Elektroden auftreten.

Nr. 57085.

Anthony Reckenzaun in London.

Herstellung von Elektrodenplatten. Vom 7. August 1890.

Patentanspruch:

Ein Verfahren zur Bearbeitung von Elektrodenplatten für elektrische Sammler und galvanische Elemente, welches darin

besteht, dass Metallplatten der Einwirkung elektrischer Flammen oder eines elektrischen Lichtbogens ausgesetzt werden, um sie hiedurch an ihrer Oberfläche physikalisch und chemisch derartig zu verändern, dass eine Schicht wirksamer Masse auf den Platten entsteht.

Nr. 71132.

Ch. P. Elieson in London.

Sammelbatterieen, deren Elektroden aus Blechen mit sich kreuzenden Wellungen oder Rippen bestehen.
Vom 9. Februar 1892 ab.

Patentanspruch:

Bei Sammelbatterieen, deren Elektroden aus gerippten oder gewellten und durchlöcherten Blechen bestehen, die Anordnung, dass jede einzelne Elektrode zusammengesetzt ist aus einer Reihe solcher Bleche, welche derart nebeneinander angeordnet bzw. so ineinander gesteckt sind, dass die Wellen oder Rippen des einen Bleches quer oder in einem Winkel zu den Wellen oder Rippen des benachbarten Bleches stehen, zum Zwecke, eine möglichst grosse Einwirkungsoberfläche zu schaffen und das Werfen und schnelle Zerfallen der Elektroden zu verhindern.

Nr. 82238.

George Rénè Blot in Paris.

Elektrodenplatte für Planté-Sammler. Vom 24. April 1894 ab.

Patentanspruch:

Elektrodenplatte für Planté-Sammler, bei welcher das Werfen der Platte beim Laden und Entladen des Sammlers dadurch vermieden wird, dass dieselbe aus einer Zahl von auf nicht formierbare Metallstücke aufgewickelten webschützenartigen Spulen aus abwechselnd glatten und gewellten Bleibändern besteht, welche erst dann in den die Stromzuführung vermittelnden Metallrahmen eingesetzt werden, nachdem sie einzeln bis zur grösstmöglichen Ausdehnung formiert worden sind.

Vorbereitung der Träger zur Pastung.

Bei den gegossenen Platten oder Gittern wird die Gusschnautze am besten mittels einer Zirkularfräse abgenommen.

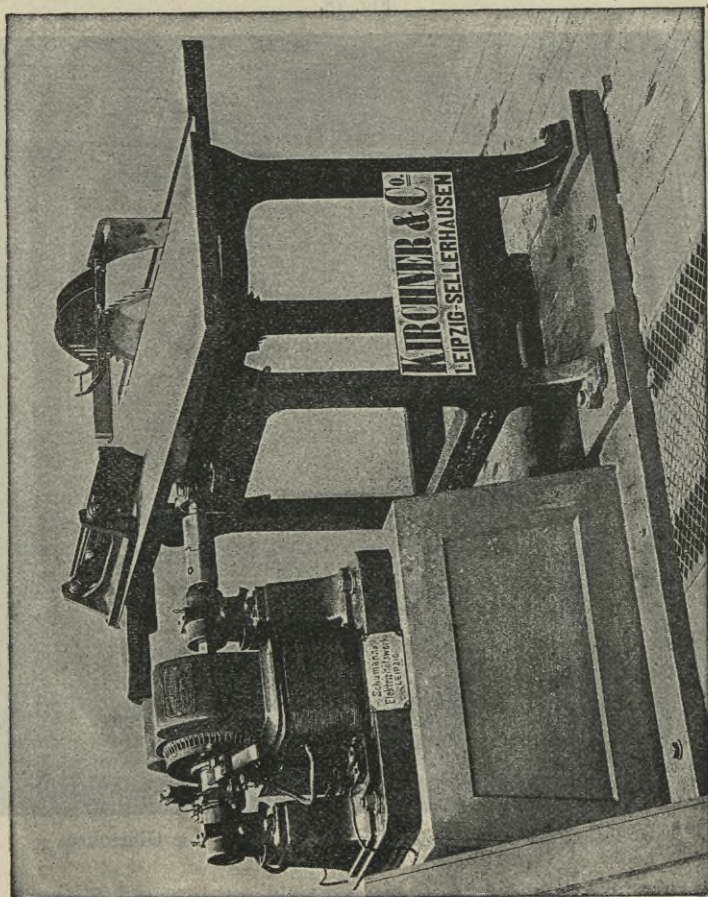


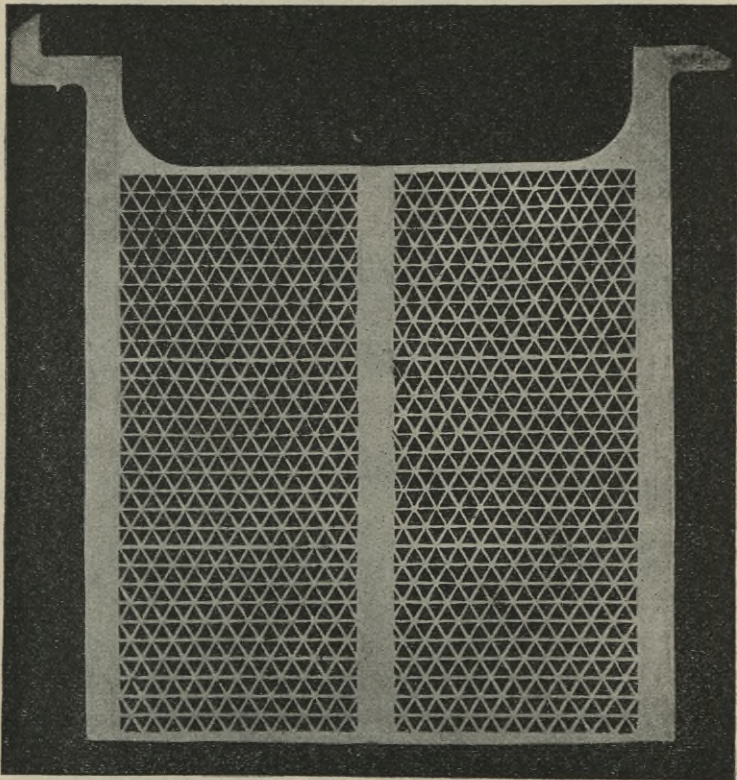
Fig. 77.

Zirkularfräse mit verstellbarem Tisch. Kirchner & Co., Leipzig.

Eine für diesen Zweck geeignete Einrichtung zeigt Fig. 77. Der Tisch ist verstellbar, so dass das Blatt mehr oder weniger aus der Tischplatte hervordringt. Ausserdem ist der gusseiserne Tisch mit einer verstellbaren Führung ver-

sehen, auf welcher ein Schlitten, in Keilnuten läufig, gleitet. Das zu fräsende Gitter wird auf den Schlitten gelegt und die exakte Lage desselben durch Anschlag oder Bügel fixiert. Es empfiehlt sich, das Sägeblatt möglichst klein zu wählen,

Fig. 78.



Dreieckgitter mit Hohlkehlen zur Führung der Glasrohre.

weil der Schnitt um so genauer ausfällt, je weniger die Fräse flattert und die kleinsten Fräsen am leichtesten danach eingestellt werden können. Der Durchmesser des Sägeblattes kann zwischen 5 bis 8 cm variieren. — Wird unter dem Tisch ein Gefäß mit Wasser so aufgestellt, dass die Zähne der

Fräse gerade noch von der Flüssigkeit benetzt werden, so ist dies der Reinhaltung des Blattes förderlich.

Selten fällt der Guss so vollkommen aus, dass derselbe des **Putzens** entbehren kann. Die vom Rand ausgehenden Anhängsel werden mittels Schaber und ausgeflossene Stellen im Gitternetz mit Messern beseitigt. Je genauer die Gussform gearbeitet ist und je sorgfältiger die Handhabung derselben geschieht, desto reiner fällt der Guss aus.

Soll schon während der Herstellung (resp. Giessens) darauf geachtet werden, dass jede Deformation der Platten vermieden wird, so empfiehlt sich die grösste Sorgfalt diesbezüglich auch beim Fräsen und Putzen. Die Gitter werden nun auf eine genaue Richtplatte gelegt und durch einen sanften Schlag mit der zweiten Richtplatte vollkommen eben gerichtet. Beim Transport lege man nicht die Gitter oder Platten in horizontaler Lage auf einander, sondern stelle dieselben stets hochkant und transportiere sie in dieser Lage in besonderen Tragkästen. — Nachdem der Vorarbeiter sämtliche derart zur Pastung abgehenden Gitter repassiert hat, werden diese gereinigt, z. B. durch Bürsten mit Kalkwasser, Dekapieren in Schwefelsäure, Ausschwenken in Wasser und Trocknen. Fig. 78 stellt ein zur Pastung vorbereitetes Gitter dar.

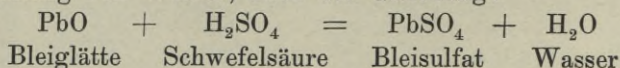
Kapitel IV.

Die Füllmassen.

Von den zahlreichen praktisch angewendeten Bindemitteln für Füllmassen sollen folgende näher erörtert werden: Wasser, verdünnte Schwefelsäure, Magnesiumsulfatlösung, Zinksulfatlösung.

I. Die älteste „Paste“ ist vermutlich die Mischung von **Bleiglätte mit verdünnter Schwefelsäure.**

Bleiglätte, fein pulverisiert, erwärmt sich beim Mischen mit verdünnter Schwefelsäure und zwar um so mehr, je konzentrierter die Säure ist. Es bildet sich hierbei durch Verbindung des Bleioxyds mit der Schwefelsäure Bleisulfat, unter Abspaltung von Wasser, nach der Gleichung:

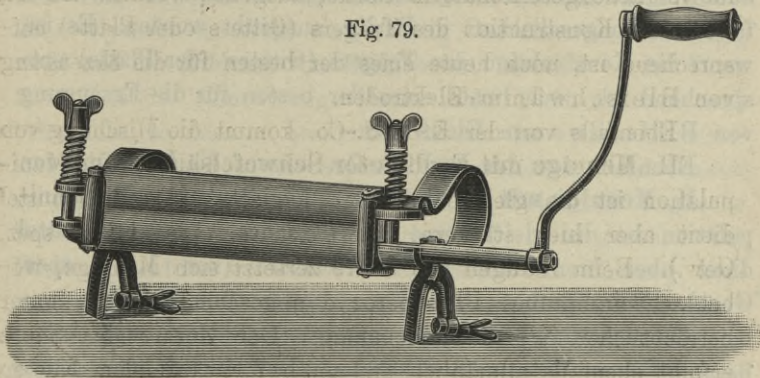


Vielleicht bildet sich nicht neutrales, sondern basisches Bleisulfat.

Auf einer Glasplatte wird Bleiglätte aufgeschichtet und portionsweise verdünnte Schwefelsäure von 1.100 spez. Gew. dazu gegeben, wobei nach jedem Zusatz von Säure mittels eines Holzspatels die Mischung möglichst gut verarbeitet wird. Die sich bildenden Knollen werden zerdrückt, und man erhält endlich ein feuchtes Gemenge, das bei starkem Druck zu einer kohärenten Masse zusammengeht. Ist zu viel Flüssigkeit zugesetzt worden, so entsteht ein dickflüssiger Brei, welcher durch Zusatz von etwas Bleiglätte wieder konsistent gemacht

wird. Die Mischung (Paste) soll so ausfallen, dass sie in den Träger derart eingepresst werden kann, um die für die Füllmasse bestimmten Hohlräume gut auszufüllen. Während des „Schmierens“ oder Pastens der Platten wird die zuerst sandartige Mischung mehr zähe und lehmartig. Ist die eine Seite der Platte vollgeschmiert, so wird letztere horizontal von der (natürlich vollkommen ebenen) Glasplatte abgezogen und nun die andere Seite mit Masse bestrichen. Nach vollendeter Pastierung wird, wenn als Träger ein Gitter diene, die Platte zwischen einem mit Filz belegten Walzenpaar (Fig. 79)

Fig. 79.



Gummirolle.

durchgezogen, wodurch gleichmässige Pressung der Masse erzielt werden soll. Hierauf kommt die Platte vertikal auf ein Holzgestell zu stehen, so zwar, dass die Luft auf beiden Seiten derselben Zutritt hat. Nach Verlauf einer Stunde schon tritt merkbares Abbinden der Füllmasse ein, indem das langsam aber stetig sich bildende Bleisulfat (?) als Bindemittel wirkt. Nun empfiehlt es sich, die Masse ganz lufttrocken werden zu lassen, und zwar bei gewöhnlicher Zimmertemperatur (16 bis 20° C.). Dies dauert, je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft und namentlich nach der Dicke der Füllmassekörper, 8 bis 14 Tage. Die Füllmasse, wenn nicht zu feucht angewendet, erhält dabei keine Risse, ist aber etwa so

hart wie Gips geworden. Beim Trocknen in der Wärme entstehen gewöhnlich Risse in der Masse.

Es wurden z. B. auf 3 kg Glättemehl 0,5 kg Schwefelsäure von 1,100 spez. Gew. gebraucht und damit Gitter der E.-P.-S.-Co. gepastet.

Ein Gitter (negativ) wog 1,460 kg, gefüllt 2,25 kg, enthielt mithin 0,790 kg Paste. Der geübte Arbeiter braucht durchschnittlich 10 Minuten, um ein solches Gitter gut zu füllen.

Dieses Verfahren stammt von der grössten Accumulatorenfabrik, der Electrical-Power-Storage-Co. in London, und ist auch von den Lizenznehmern derselben, z. B. der Accumulatorenfabrik-Aktiengesellschaft in Berlin, ausgeübt worden. Es ist, wenn die Konstruktion des Trägers (Gitters oder Platte) entsprechend ist, noch heute eines der besten für die Erzeugung von Bleischwamm-Elektroden.

Ebenfalls von der E.-P.-S.-Co. kommt die Mischung von

II. Mennige mit verdünnter Schwefelsäure. Die Manipulation ist die gleiche wie bei Bleiglätte. Als Bindemittel dient aber hier stärkere Schwefelsäure (von 1,170 spez. Gew.). Beim Zufügen von Säure zersetzt sich Mennige, wobei schwarzbraunes Bleisuperoxyd abgeschieden wird, unter beträchtlicher Wärmeentwicklung. Der Zusatz der Säure erfolgt ebenfalls allmählich und unter fortwährendem Kneten der Masse, bis ein steifer Brei entstanden ist. Dieser wird sofort, mit so wenig Zeitverlust als möglich in die Gitter gebracht. Die anfangs schwarze Paste wird zusehends heller braun. Die Paste sollte (wie auch bei Glätte) innerhalb 10 Minuten aufgearbeitet werden; es wird deshalb nur so viel davon zubereitet, als die vorhandene Mannschaft gleichzeitig verarbeiten kann.

Es wurden z. B. auf 1,5 kg Minium 0,23 kg Schwefelsäure von 1,170 spez. Gew. verwendet.

Das E.-P.-S.-Gitter für Superoxydplatten wog 1,710 kg, gefüllt 2,475 kg und enthielt mithin 0,765 kg Paste. Die Platten werden ebenfalls bei Lufttemperatur zum Trocknen gestellt.

Mischungen von **Glätte, Mennige und Schwefelsäure** werden ebenfalls, speziell in Deutschland, als Füll-

masse verwendet, doch ist der Nutzen solcher, wenigstens für die Bleischwammplatten, nicht recht einzusehen. Für die Pastung mit Mennige erweist sich ein Zusatz von Glätte manchmal günstig, weil die Masse dadurch etwas härter wird. Es scheint Sorten von Mennige zu geben, welche mit verdünnter Schwefelsäure keine genügende Konsistenz erlangen, indem die getrocknete Masse beim Eintauchen in verdünnte Schwefelsäure zerfällt, was natürlich vollkommen vermieden werden muss.

III. Bleiglätte mit Glycerinschwefelsäure. Es ist längst bekannt, dass Glätte und Mennige, mit Glycerin zum Teig angemacht, steinharte Massen liefern. Das käufliche Glycerin ist stets wasserhaltig, so dass die Erhärtung wohl auf der Bildung von Bleiglycerat beruhen wird. Doch lässt sich die zementartige Masse nicht leicht elektrolytisch behandeln, so dass es besser ist, anstatt der reinen Glycerinlösung das Gemisch von Glycerin, Schwefelsäure und Wasser zu verwenden. Es wird z. B. in 1 Volumteil englische Schwefelsäure 1 Volumteil wasserhelles Glycerin gerührt. Die Mischung erhitzt sich und wird deshalb im Bleitrog vorgenommen. Nach dem Erkalten werden 4 Volumteile destilliertes Wasser zugesetzt. Die Glätte wird nun mit dieser Flüssigkeit zur steifen Paste angeknetet. — Auf 4 kg Glättemehl wurden z. B. 870 ccm dieser Flüssigkeit gebraucht; dabei liess sich die Paste ohne zu grosse Anstrengung in die Träger (Gitter) bringen, und beim Walzen der Platten wurde noch ein wenig Flüssigkeit ausgepresst. — Man kann auch, mit demselben Resultat, gewöhnlicher verdünnter Schwefelsäure von 1,120 spez. Gew. ungefähr ein Sechstel des Volums Glycerin, das sich leicht darin auflöst, zusetzen, und diese Mischung benützen. So bereitete Masse wird beträchtlich härter, als mit reiner verdünnter Schwefelsäure angemachte, und schwindet beim Trocknen weniger leicht als diese. Nach der „Formation“ erweist sich das aus Glycerinschwefelsäure-Glätte-Masse erhaltene Schwammblei zähe und filzartig, im Gegensatz zu dem körnigen und spröden Bleischwamm aus einfacher Glätte-Schwefelsäure-Paste.

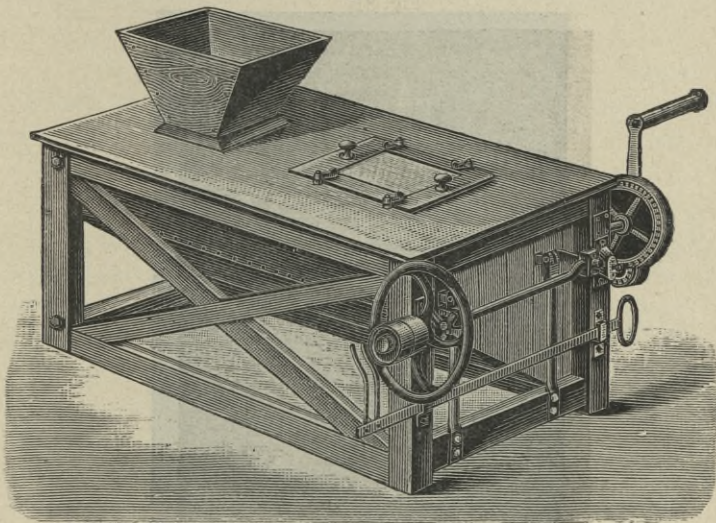
IV. Mennige, mit Glycerinschwefelsäure versetzt, liefert zähe, plastische Pasten, welche sich vorzüglich bearbeiten lassen. Die Mischung bleibt rot und wird nicht braun wie unter II, weil die Schwefelsäure durch das Glycerin abgestumpft worden ist. Die Paste wird beim Trocknen an der Luft ausserordentlich hart. Es wurden z. B. auf 4 kg Mennige 625 ccm der Flüssigkeit gebraucht. Beim Mischen erhitzt sich die Masse beträchtlich und stösst scharf riechende, beissende Dämpfe aus. — In gleicher Art lassen sich Mischungen von Glätte und Mennige, oder von Glätte, Mennige und Bleisulfat, zu tauglichen Pasten anmachen. — Bei der Umwandlung in Bleischwamm geht das Glycerin vermutlich wieder in die Formierflüssigkeit und kann mit dieser entfernt werden. Bei der Formation zu Superoxyd entstehen an der Plattenoberfläche kleine Oeltröpfchen, wohl Kondensationsprodukte des Glycerins.

V. Bleistaub und Wasser. Die einfachst zusammengesetzte Paste ist jedenfalls die Masse, welche aus Bleistaub und Wasser erhalten wird. Der Bleistaub wird, wie es auch bei Glätte und Mennige ratsam ist, zuerst gesiebt, um eventuelle gröbere Partikel auszuschneiden. Dass das Sieben in hermetisch verschlossenen Apparaten (Fig. 80) unter den grössten Vorsichtsmassregeln geschehen muss, ist selbstredend. — Es wird so viel Wasser zum Staub gefügt, dass eine gut streichbare Mischung entsteht. Diese hat den Vorteil vor den mit Bleioxyden oder Mennige bereiteten, dass sie nicht so rasch abbindet, sondern erst im Verlauf von 24 Stunden erhärtet. Bricht man die erhärtete Masse auseinander, so zeigen die Bruchstellen graugelbliche Farbe, was vielleicht darauf hindeutet, dass die Erhärtung mit Oxydation des Bleistaubs verbunden ist.

Mit verdünnter Schwefelsäure entsteht keine erhärtende Masse; auch mit verdünnter Kali- oder Natronlauge nicht. — Nachdem diese Bleistaubpaste das grösste spezifische Gewicht von allen hier besprochenen Massen hat und demzufolge die Porosität entsprechend gering ist, setzt die Elektrizitätsgesellschaft

Gelnhausen, welche ausschliesslich Bleistaubaccumulatoren in den Handel bringt, der Mischung Substanzen, wie Bimsstein, hinzu, um dadurch das Eindringen der elektrolytischen Flüssigkeit in die Füllmasse zu erleichtern. Der Bimsstein wird in linsengrossen Stückchen zugesetzt und samt dem befeuchteten Bleistaub in die Träger gestrichen. Das Verfahren findet sowohl auf positive als auch negative Platten Anwendung. Es ist nicht zu bestreiten, dass dieses Auskunftsmittel ganz an-

Fig. 80.



Siebmaschine von Werner & Pfeiderer.

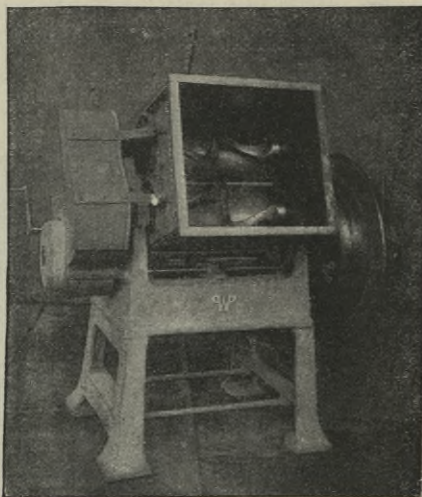
gebracht, aber doch etwas roh erscheint. Die Bimssteinstücke, von denen angenommen werden soll, dass sie der Schwefelsäurelösung gegenüber ganz widerstandsfähig seien, nehmen doch ein gewisses Volumen in Anspruch, das besser durch Elektrolyt ausgefüllt würde. Zudem wird die Porosität der Füllmasse durch Bimssteinpartikel recht ungleichartig ausfallen.

Es dürfte sich daher empfehlen, dem Bleistaub eher gleichmässig gemahlene Pulver, wie z. B. fein krystallisiertes Glaubersalz, zuzusetzen und dieses Gemenge mit gesättigter

Glaubersalzlösung zur Paste anzurühren. Die Erhärtung geht ebenfalls vor sich, wie Versuche des Verfassers mit Bleistaub gezeigt haben. — Es wird weiter unten an zwei Beispielen erläutert werden, wie die Porosität der Füllmasse resp. des daraus entstehenden aktiven Materials bemessen und berechnet werden kann.

VI. Bleiglätte und Bittersalzlösung. Die bisher angegebenen Mischungen sind (mit Ausnahme derjenigen mit

Fig. 81.



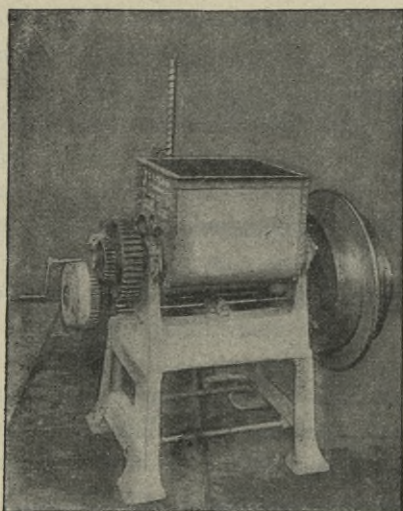
Misch- und Knetmaschine mit umklippbarem Mischtrug
von Werner & Pfeleiderer.

Bleistaub) sauer und können daher nicht gut maschinell in die Träger plaziert werden. In dieser Hinsicht bieten neutrale Pasten Vorteile und werden auch zur mechanischen Füllung von Gittern ausschliesslich angewendet.

Bleiglättemehl, mit bei Zimmertemperatur gesättigter Bittersalzlösung zum Teig angemacht, bindet innerhalb einer Minute ab, also so rasch, dass diese Paste praktisch nicht verarbeitet werden kann. Je verdünnter die Bittersalzlösung dagegen wird, desto langsamer erhärtet die Mischung, so

dass, je nach Provenienz der Glätte, die Lösung von 1 Gewichtsteil kristallisiertem Bittersalz in 2 bis 3 Gewichtsteilen destilliertem Wasser recht gut anzuwenden ist. Vor der Füllung mit Paste werden die Träger (Gitter) durch Abbürsten in Kalkwasser von etwaigen Oelflecken befreit, dann in destilliertem Wasser abgeschwenkt, in 5%ige Schwefelsäure getaucht, wieder in destilliertem Wasser abgeschwenkt und nun trocknen gelassen. Durch die Beizung

Fig. 82.



Misch- und Knetmaschine mit umklappbarem Mischtrog
von Werner & Pfeiderer.

verlieren die Träger den metallischen Glanz und nehmen mattgraue Farbe an.

Es wurden z. B. 20 kg kristallisiertes Bittersalz in 40 l destilliertem Wasser gelöst; darauf in die in Fig. 81 und 82 abgebildete Mischmaschine 3 kg Glätte gegeben, die Maschine in Gang gesetzt und jetzt 270 ccm der Bittersalzlösung zugesetzt. Die zuerst sich bildenden größeren Knollen werden durch mehrmaligen Wechsel der Gangrichtung

zur feuchten, sandartigen Masse zerdrückt. Die Menge der Flüssigkeit schwankt je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der Glätte zwischen 250 bis 300 ccm, wenn die Paste mittels Maschine in die Träger gepresst werden soll. Für Pastung mittels Spachtels und Hand ist diese Mischung zu trocken; es müssen in solchem Falle 350 bis 400 ccm Flüssigkeit auf 3 kg Glätte genommen werden. Da die neutrale Paste weniger zähe und plastisch, als vielmehr spröde ist, erfordert die Handarbeit grosse Kraftanstrengung und Schnelligkeit. Sie fällt infolge eintretender Ermattung des Arbeiters ungleichmässig aus, so dass Unterschiede von 20 % an Füllmaterial bei denselben Gittern vorkommen können. Durch die grössere Flüssigkeitsmasse, die bei der Handpastung erforderlich ist, zeigt die Füllmasse beim Trocknen Neigung zum Schwinden. Daher ist (vielleicht zum erstenmal im Grossbetrieb) vom Verfasser die weiter unten skizzierte „**Pasteinrichtung zum mechanischen Einpressen der Füllmasse**“ vor einiger Zeit eingeführt worden. Durch diese ist grosse Gleichmässigkeit der Füllung und entsprechende Gleichartigkeit der fertigen Platten angestrebt und erreicht worden.

Es scheint, dass von den verschiedenartigen, schon in früheren Jahren vorgeschlagenen Einrichtungen zum mechanischen Einbringen der Füllmasse in die Gitter oder Träger bis jetzt keine fabrikmässige Verwendung gefunden hat. Einige der neueren Vorschläge sind:

Nr. 81837.

Arthur James Smith in Kingston on Thames und Henry John Wright in Chelsea, London.

Verfahren zur Herstellung von Platten oder Elektroden für Sekundärbatterien oder elektrische Sammler.

Vom 14. Juli 1893 ab.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Platten oder Elektroden für Sekundärbatterien oder elektrische Sammler, dadurch ge-

kennzeichnet, dass die in dem Patente Nr. 19 026 angegebene Beschickung der Platten mit wirksamer Masse, nach jedesmaligem Eintreiben dieser in die Platte durch Nadelung mittels Spitzen oder Nadeln mehrmals wiederholt und die neu aufgetragene Schicht wirksamer Masse jedesmal von neuem durch die genannte Nadelung eingetrieben wird.

Kl. 21 F. 9274.

Maschine zum Füllen von Accumulatorenplatten.

Eingereicht 14. August 1896. Veröffentlicht 23. August 1897.

Patentanspruch:

Eine Maschine zum Füllen von Accumulatorenplatten, bei welcher die Masse durch oscillierende Verteiler hindurch gepresst und von diesen in den Massenträger eingetrieben und geglättet wird.

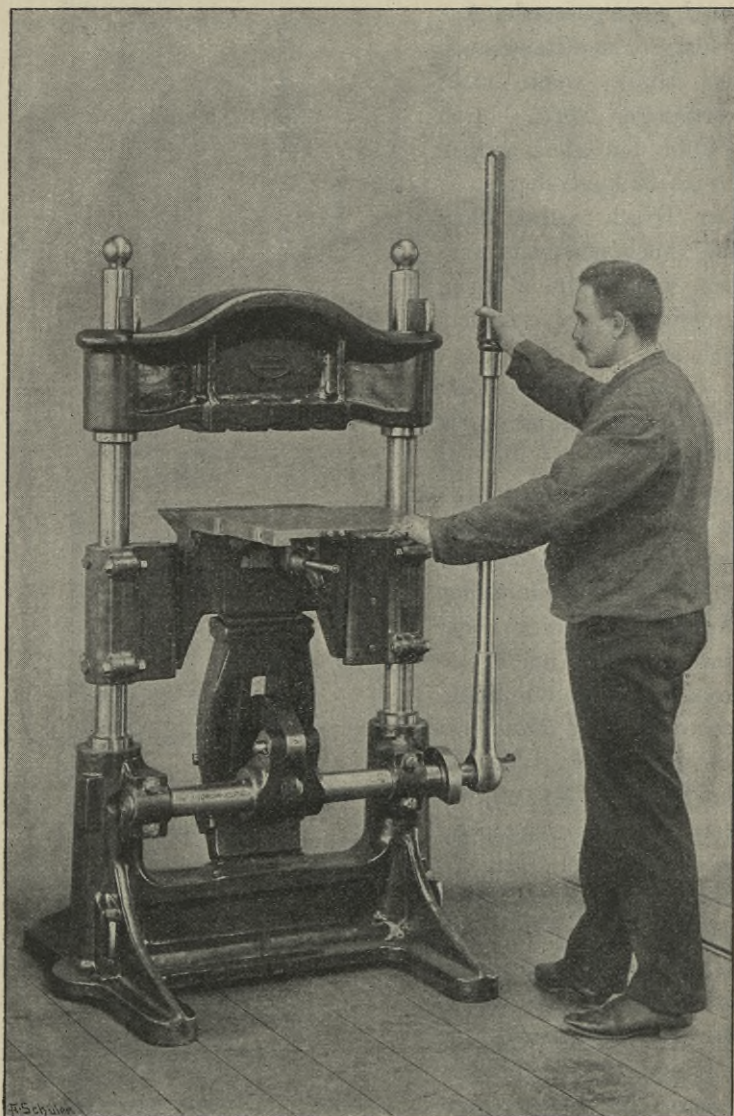
Ob die unter Nr. 81 837 patentierte Einrichtung praktisch angewendet wird, ist Verfasser nicht bekannt. Die Reinigung der Nadeln von der sich ansetzenden und erhärtenden Masse dürfte zeitraubend sein; auch scheint die Prozedur an und für sich ziemliche Zeit zu beanspruchen.

Die unter F 9274 beschriebene Einrichtung kann nur für solche Mischungen benützt werden, welche erst innerhalb mehrerer Stunden abbinden, da notwendigerweise ein ziemlich grosses Quantum von Mischung erforderlich ist, um den Trog mit den Verteilern zu füllen und die Mischung vor dem Abbinden in die Gitter oder Träger gepresst werden muss. Schwefelsäurepastung wäre hier nicht anwendbar.

Es ist auch vorgeschlagen worden, die Füllmasse mittels Walzen in Gitter zu pressen, derart, dass ein solches zwischen einem Walzenpaar durchlaufen gelassen werde, wobei auf beiden Seiten des Gitters beim Eintritt in die Walzen Füllmasse aufgeschüttet würde. Durch mehrmaliges Passieren des Trägers soll dieser vollkommen mit dem Füllmaterial angefüllt werden können. Es erscheint aber fraglich, ob das Einpressen der Masse so gleichartig, als dies durch Handarbeit geschieht, erreicht werden kann.

Das Prinzip der in den nachfolgenden Figuren abgebildeten mechanischen Füllvorrichtung besteht darin, dass die Füllmasse im Zustande feuchten Pulvers mittels passender Stempel in die Höhlungen des Gitters eingedrückt wird. In Fig. 83 ist eine Kniehebelpresse (welche sich am besten für diese Operation eignet und von der Firma K. Krause, Maschinenfabrik, Leipzig in solidester und tadelloser Ausführung geliefert wird) abgebildet. Diese Presse unterscheidet sich von den in Cartonnagefabriken gebrauchten Golddruckpressen nur durch den grösseren Hub, welcher für unseren Specialfall 55 mm beträgt, während sonst der Hub nur ca. 10 bis 12 mm ist. Fig. 83 zeigt die Presse ohne jegliche Pastvorrichtung, indem diese so eingerichtet ist, dass sie rasch und bequem auf die Presse an- oder abgeschraubt werden kann, was im Interesse der Reinhaltung wünschenswert ist. Ueberdies lässt sich die Presse auch zu anderen Arbeiten verwenden, wie Pressen von Celluloidgefässen, façonnirtem Bleiblech etc. Der vor der Maschine stehende Arbeiter hält mit der linken Hand den Griff der beweglichen, in Keilführung horizontal verschiebbaren Unterlagsplatte, die sich in der Photographie gerade in Ruhelage (Mitte) befindet. Der vom Arbeiter rechts angefasste Hebel sitzt an einer kräftigen horizontalen Welle mit Keil. Wird der Hebel nach vorn heruntergezogen, so wird das auf der Welle sitzende Kniestück mitbewegt und dadurch das Untergestell samt der Unterlagsplatte in die Höhe gehoben. Die an den beiden senkrecht stehenden Stahlstangen durch Verschraubung angeklebten Backen sind mit Keilnuten versehen, in welchen das Untergestell präzise geführt wird. Der die Köpfe der beiden Stahlstangen verbindende Bügel sitzt auf vorspringenden Verstärkungen der Stangen auf und wird durch genau eingepasste Keile festgelegt. Die ganze Presse ist nur aus Stahl gefertigt und so solid, dass selbst der unvorsichtigste Arbeiter keinen Schaden daran anrichten kann. Durch Drehen der unter der Unterlagsplatte sichtbaren Flügelschraube kann der Abstand zwischen Unterlagsplatte und Presskopf

Fig. 83.



Kniehebelpresse von K. Krause, Leipzig.

reguliert werden, und durch einen passenden Anschlag für den Hebel auch der Hub, wenn nicht vorgezogen wird, durch Gefühl den gleichartigen Druck zu kontrollieren. — Der Druck selbst kann sehr hoch getrieben werden, was für die Füllung grosser Platten erforderlich ist.

Die Konstruktion der Pastvorrichtung ist in den Skizzen Fig. 84 bis 88 genauer dargestellt. Fig. 84 gibt den Längsquerchnitt des auf das Unterteil der Presse aufzuschraubenden Apparates, während der dazu passende am Presskopf angeschraubte Stempel in Ansicht gezeichnet ist. Fig. 85 zeigt die Ansicht des Füllapparates von oben (bei weggenommenem Stempel). Derselbe besteht im wesentlichen aus drei Teilen. Die Auflageplatte, welche direkt an die Unterlagsplatte der Kniehebelpresse geschraubt wird, ist in Fig. 86 separat im Längs-Querschnitt und in Oberansicht gezeichnet. Ein nach der

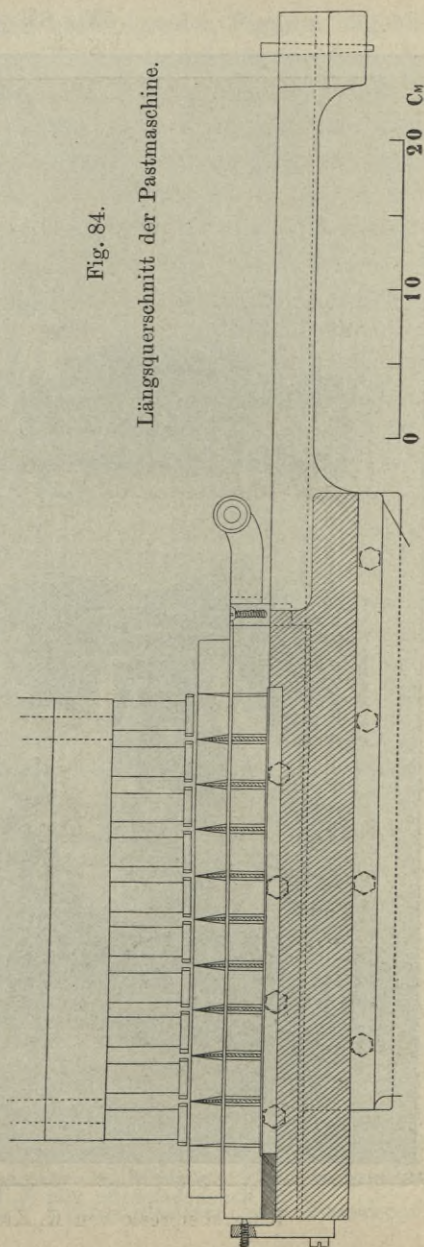
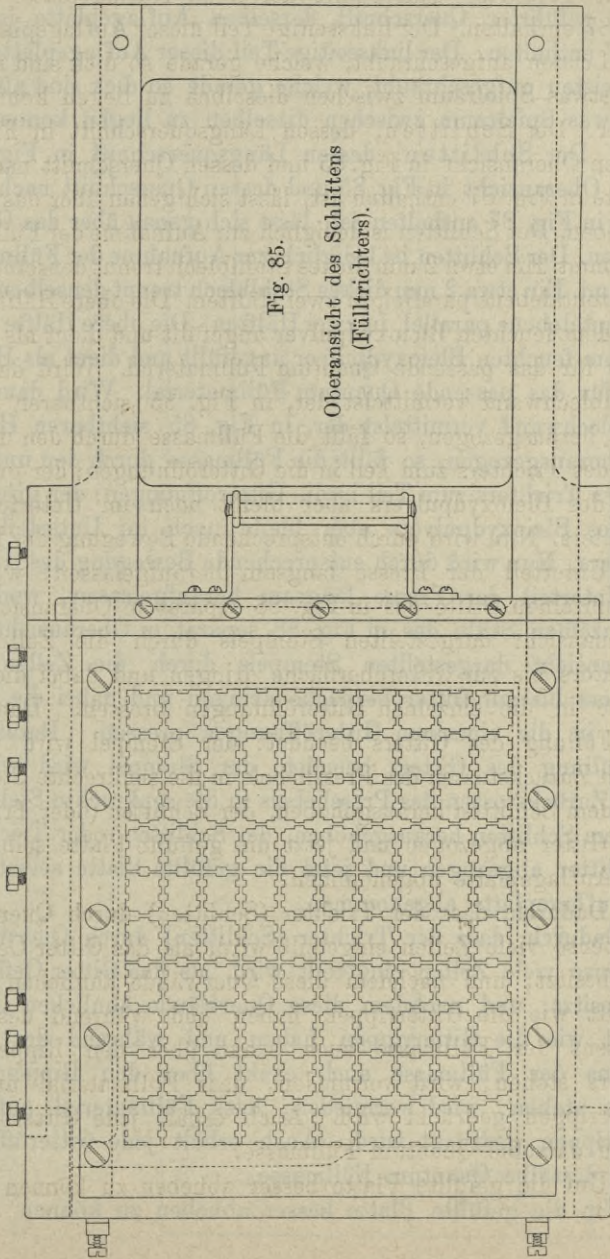


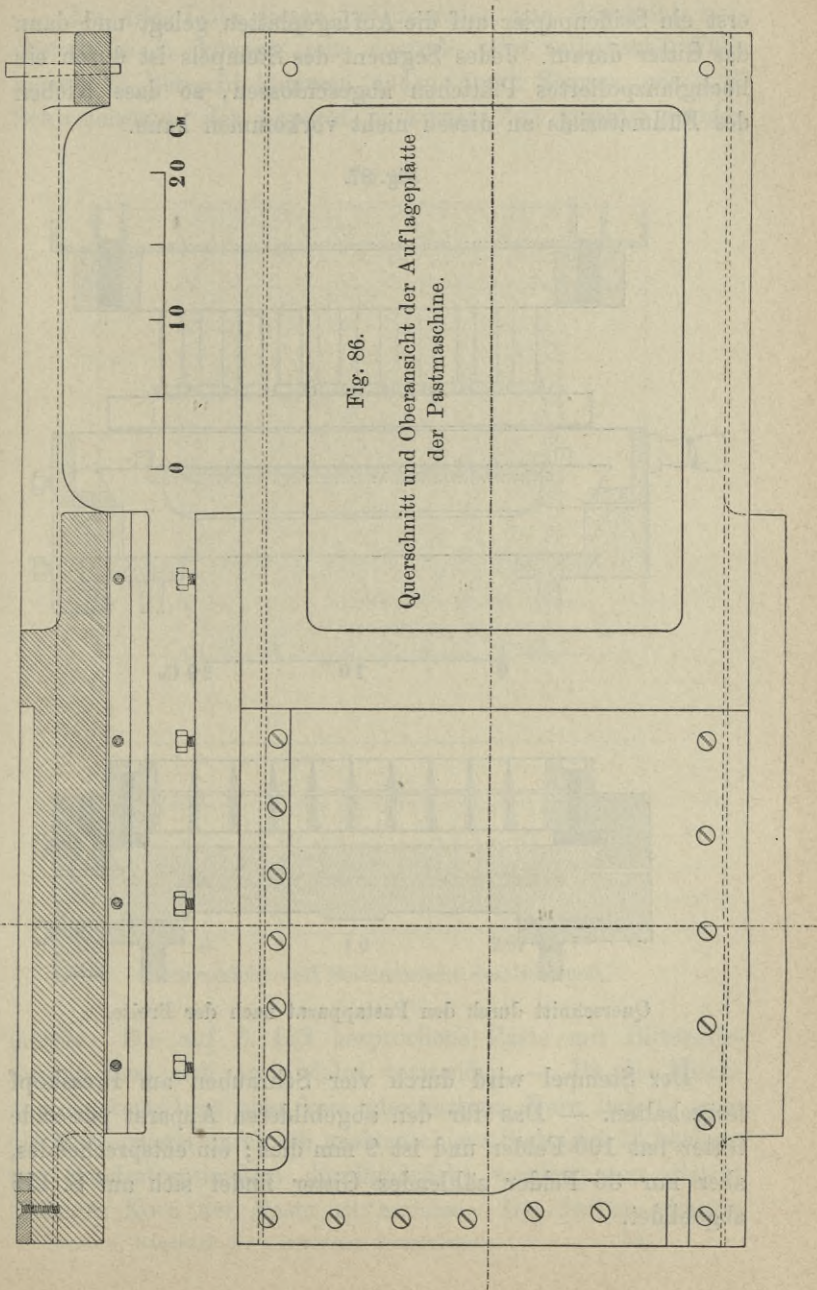
Fig. 85.
Oberansicht des Schlittens
(Fülltrichters).



Breite geführter Querschnitt derselben Auflageplatte ist in Fig. 87 enthalten. Der linksseitige Teil dieser Auflageplatte hat drei Leisten aufgeschraubt, welche gerade so dick sind als das mit etwas Spielraum zwischen dieselben zu liegen kommende Gitter. Der Schlitten, dessen Längsquerschnitt in Fig. 84, dessen Oberansicht in Fig. 85 und dessen Querschnitt nach der Breite in Fig. 87 enthalten ist, lässt sich genau über das Gitter schieben. Der Schlitten ist lediglich zur Aufnahme der Füllmasse bestimmt. Ein etwa 2 mm dickes Stahlblech trennt denselben, der Horizontalebene parallel, in zwei Hälften. Die obere Hälfte wird mit dem feuchten Bleioxydpulver angefüllt und dient als Hohlmasse für das passende Quantum Füllmaterial. Wird dann die Stahlblechwand vermittelt der, in Fig. 85 sichtbaren Handhabe herausgezogen, so fällt die Füllmasse durch den unteren Teil des Trichters zum Teil in die Gitteröffnungen; der grössere Teil des Bleioxydpulvers aber bleibt noch im Unterteil des Trichters. Nun wird durch entsprechende Bewegung des Hebels das Unterteil der Presse langsam heraufgelassen, wodurch die einzelnen Stifte des in Fig. 88 separat in Oberansicht und Seitenansicht dargestellten Stempels durch die Zellen des Trichters bis zur Gitteroberfläche dringen und dabei die Füllmasse in die einzelnen Gitteröffnungen pressen. Damit ist die Füllung des Gitters beendet; der Stempel wird wieder durch Zurückstossen des Presshebels in die senkrechte Stellung, aus dem Schlitten herausgehoben, der Schlitten (oder Trichter) vom Gitter abgezogen und jetzt die gefüllte Platte selbst von der Auflageplatte abgenommen.

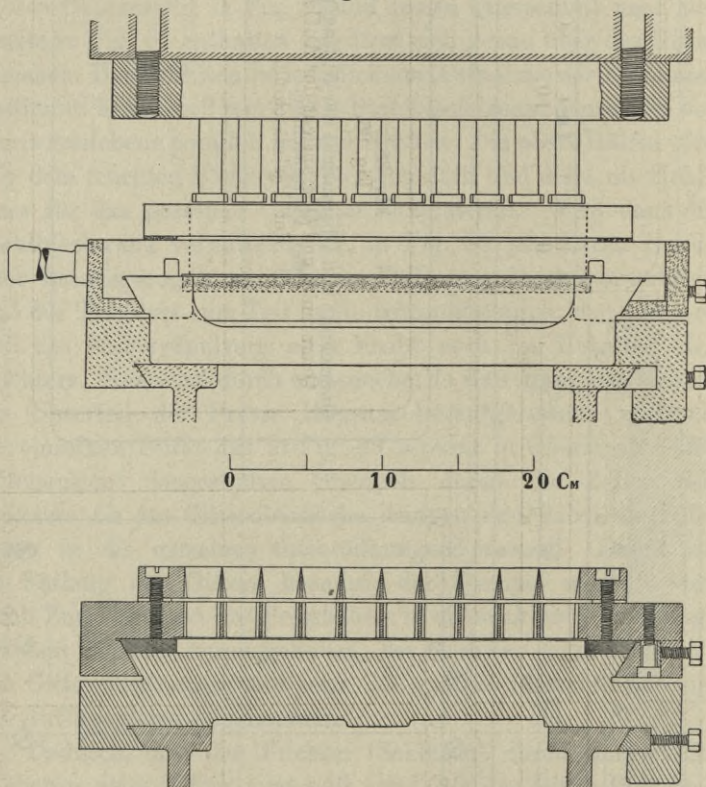
Dadurch, dass der Trichter (Schlitten) durch Querwände in ebenso viele Zellen eingeteilt wird, als das Gitter Oeffnungen besitzt, und nachdem diese Querwände ähnlichen Querschnitt wie die Gitterrippen haben und während des Einpressens der Füllmasse auch exakt über den Rippen des Gitters stehen, wird vermieden, dass Füllmaterial auf die Gitterrippen gedrückt wird. Auch erhält jede Gitteröffnung genau dasselbe Quantum Füllmasse.

Um die gefüllte Platte besser abheben zu können wird



erst ein Seidenpapier auf die Auflageplatten gelegt und dann das Gitter darauf. Jedes Segment des Stempels ist durch ein hochglanzpoliertes Plättchen abgeschlossen, so dass Kleben des Füllmaterials an diesen nicht vorkommen kann.

Fig. 87.

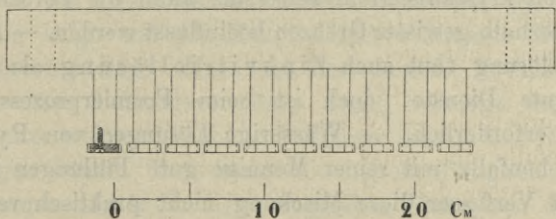
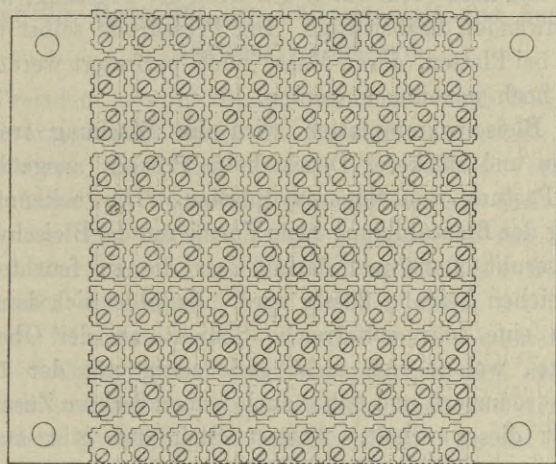


Querschnitt durch den Pastapparat nach der Breite.

Der Stempel wird durch vier Schrauben am Presskopf festgehalten. — Das für den abgebildeten Apparat passende Gitter hat 100 Felder und ist 9 mm dick; ein entsprechendes, aber nur 36 Felder zählendes Gitter findet sich auf S. 115 abgebildet.

Da alle Teile dieser Pastmaschine aus Gussstahl hergestellt sind, können nur neutrale oder alkalische Füllmassen in Betracht kommen, indem durch Säuren, wie z. B. Schwefelsäure, der Apparat in kurzer Zeit zerstört werden

Fig. 88.



Untersicht und Seitenansicht des Stempels.

müsste. Die auf S. 182 besprochene Paste mit Bittersalzlösung lässt sich anstandslos verwenden. — Da die Misch- und Knetmaschine aber kein gleichartiges Korn liefert, muss die Masse zuerst durch ein grobmaschiges Sieb (mit 16 Löchern pro Quadratcentimeter) durchgedrückt werden, um gleichmässiges Korn der Paste zu erzielen. Das lockere feuchte

Pulver wird dann auf den Fülltrichter der Pasteinrichtung geschüttet, gleichmässig darauf verteilt und durch ein gerades Metalllineal die überschüssige Masse abgestreift. Auf diese Weise kommt stets genau dasselbe Volum der Mischung auf jede Platte; dasselbe wird durch die Höhe des Fülltrichters bestimmt und ausserdem durch den Grad der Pressung, welchen man anzuwenden beabsichtigt. Der Pressdruck selbst variiert und darf bei Platten, deren Masse noch perforiert werden soll, nicht zu hoch genommen werden.

Für Bleischwammplatten wird die Mischung trockener genommen und stärkerer Druck beim Pressen ausgeübt, als bei der Pastung von Superoxydplatten. Die bekannte Erscheinung der Blasenbildung beim Formieren der Bleischwammplatten beruht manchmal darin, dass die zu feuchte Paste beim Streichen beinahe flüssig wird. Es bildet sich dann beim Trocknen eine sehr sulfatreiche Schicht an der Oberfläche der Platte, welche sich nicht gleichzeitig mit der übrigen Füllmasse reduziert und daher auch keinen rechten Zusammenhang mit dieser erhält. Anstatt Bleiglätte gibt auch die Mischung von gleichen Teilen Glätte und Mennige mit Bittersalzlösung eine brauchbare Paste für Superoxydplatten. Durch Zusatz von krystallisiertem Bittersalz kann die Porosität der Paste innerhalb gewisser Grenzen beeinflusst werden. — Anstatt Bittersalzlösung thut auch Zinkvitriollösung als Bindemittel gute Dienste, doch ist beim Formierprozess mehr Vorsicht erforderlich. — Wässerige Lösungen von Pyridin dürften ebenfalls mit reiner Mennige gute Füllungen liefern, doch hat Verfasser diese Mischung nicht praktisch versucht.

Der Grund für die noch überwiegende „Handpastung“ mag darin liegen, dass manche Fabriken die Konstruktionen der Träger und Gitter innerhalb kurzer Zeiträume ändern, wodurch dann entsprechende Umänderungen der Pastmaschine und damit Unkosten verbunden sein würden. Es ist auch hervorzuheben, dass bei der vorstehend beschriebenen Konstruktion die Kniehebelpresse allerdings für alle Formate und Grössen von Platten dieselbe bleibt, dass aber die Einsätze

in dieselbe den Mustern der zu füllenden Gitter anzupassen sind. Auch lässt sich keine hervorragende Ersparnis an Arbeitszeit durch diese Maschine erzielen, indem höchstens das Doppelte geleistet werden kann mit derselben Arbeiterzahl.

Ueber die Porosität des Füllmaterials und der daraus formierten Massen.

Trotzdem sowohl Bleischwamm als auch Bleisuperoxyd in hervorragendem Masse die Eigenschaft besitzen, Gase zu kondensieren, und ohne Zweifel auch dieses Verhalten im Accumulator von Bedeutung sein dürfte, darf doch als Regel gelten, dass nur bei gleichzeitiger Gegenwart von wässriger Schwefelsäure das aktive Material in Funktion treten, d. h. Elektrizität aufnehmen, resp. abgeben kann. Je näher sich dabei die Füllmasse an dem metallischen Stromleiter befindet, desto vollständiger und rascher vollziehen sich die mit der Elektrizitätsaufnahme, resp. Elektrizitätsabgabe verbundenen chemischen Reaktionen — vorausgesetzt, dass der Elektrolyt genügenden Zutritt zur Füllmasse findet. Immerhin liefern aber auch die sog. „Masseplatten“ erstaunliche Kapazitäten, trotzdem bei diesen der metallische Leiter nur geringe Ausdehnung zeigt und der Hauptteil der Füllmasse oft ziemlich weit davon abliegt. Man sagt hier, dass die Füllmasse selbst ein gewisses Leitungsvermögen zeige, vermöge dessen auch vom Leiter weiter abliegende Füllmasse sich an den Reaktionen beteiligen könne. Nun hängt die Leitungsfähigkeit des Bleischwammes sicher in hervorragendem Grade von der physikalischen Struktur desselben ab und ist, je nach der Herstellungsart desselben, verschieden; auch ändert sie sich im Laufe der Zeit. Dasselbe darf beim Bleisuperoxyd angenommen werden.

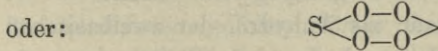
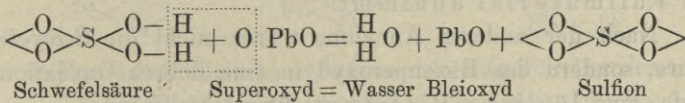
Die metallische Leitfähigkeit des Superoxyds ist sehr gering. Ein aus einer formierten geladenen Superoxydplatte gelöster, mit destilliertem Wasser ausgelaugter und bei 100° C. getrockneter Massenwürfel wurde zwischen zwei blank ge-

schabten Bleiblechen schwach eingeklemmt und die Bleche mit den beiden Drähten einer Lichtleitung von 110 Volts Spannung verbunden. Zwischen dem einen Bleiblech und dem dazu führenden Leitungsdraht war ein technisches Voltmeter, dessen Skala bei ca. 100 Ohm Widerstand auf 100 Volts reichte, eingeschaltet. Würde der Würfel $\frac{1}{100}$ Ampère durchgelassen haben, so hätte dies noch am Ausschlag des Zeigers bemerkt werden können. Der Zeiger bewegte sich aber nicht wahrnehmbar. — Die Leitfähigkeit des Bleischwammes liesse sich nur im luftleeren Raume oder z. B. in einer Stickstoffatmosphäre ermitteln, da sich getrockneter Schwamm bei Zutritt von Luft sogleich oxydiert. —

Vielleicht der Wahrheit näher liegt die Ansicht, dass sich bei den Masseplatten allerdings die dem metallischen Stromleiter zunächst liegende Masse zuerst z. B. entlade, aber durch das weiter abliegende Material wieder aufgeladen werde. Es würde demnach z. B. in der Superoxydmasse eine Kette wirksam werden, wobei die zwischen der entladenen Masse am Träger und der noch unveränderten, vom Träger mehr abstehenden Masse auftretende Potentialdifferenz eine „Aufladung“ der entladenen Masseteilchen bewirkte. Wenn auch zutrifft, dass wirklich Potentialdifferenzen innerhalb ein und derselben Platte oder Masse auftreten, so scheint es doch unwahrscheinlich, dass diese allein „das Aufladen“ der entladenen Teilchen zur Folge haben könne. Vielmehr glaubt Verfasser, dass diese Potentialdifferenz nur den Anstoss zu Reaktionen gibt, die gleich näher erörtert werden sollen. — Bei der vergleichenden Untersuchung von Superoxyd-Masseplatten und Thonzellen, die mit flüssigen Depolarisatoren (z. B. Salpetersäure oder Chromsäurelösung) gefüllt sind, drängt sich die grosse Aehnlichkeit des Verhaltens beider derart auf, dass man zur Annahme geführt werden kann, es müsse ebenfalls ein flüssiger Depolarisator in der Superoxydplatte wirksam sein. Zuvorderst liegen zwei Annahmen. Nach der einen müsste die von der Füllmasse aufgesaugte Schwefelsäure als Sauerstoffüberträger wirken, indem in Berührung mit dem

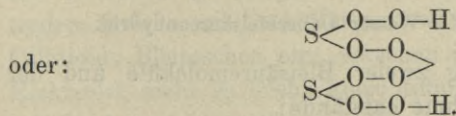
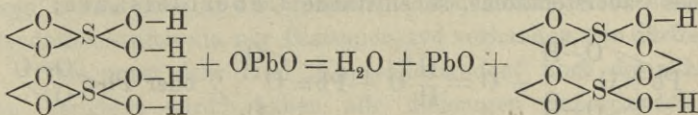
elektrolytisch gebildeten Bleisuperoxyd höhere Oxydationsstufen des Schwefels entstanden, und zwar nur dann, wenn infolge eines Stromschlusses das elektrische Gleichgewicht in der Masse gestört wird. Für diejenigen Leser, welche es vorziehen, sich an bestimmte Bilder in Gestalt chemischer Formeln zu halten, mögen einige der hypothetischen Körper in Konstitutionsformeln niedergelegt werden.

Nimmt schon ein Schwefelsäuremolekül ein Atom Sauerstoff auf, dann kann Sulfion entstehen.



Es braucht dabei nicht Bleioxyd zu entstehen, sondern es werden sogar wahrscheinlicher zwei oder mehrere Moleküle Superoxyd zusammen nur ein Atom Sauerstoff abspalten und sich eventuell zu einem, vielleicht der Mennige ähnlich konstruierten komplexen Moleküle vereinigen.

Sind aber zwei Schwefelsäuremoleküle bei der Aufnahme eines Sauerstoffatoms engagiert, dann entsteht eine der Uberschwefelsäure prozentisch gleich zusammengesetzte Säure. Z. B.

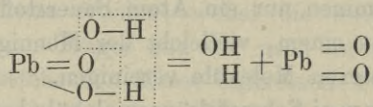


Es liegt vorerst kein Hinderungsgrund vor, sogar zur Annahme von Körpern, die durch Zusammentreten von noch mehr Schwefelsäuremolekülen als nur zweien gebildet werden, wobei die Stabilität dieser Verbindungen um so geringer sein könnte, je komplizierter das entstehende Molekül ausfällt.

Dieses Oxydationsprodukt der Schwefelsäure könnte durch Diffusion in die Nähe des Trägers gelangen, dort den Sauerstoff abgeben und dabei wieder in Schwefelsäure übergehen. Solange noch unverändertes Superoxyd in der Füllmasse enthalten ist, wird sich immer wieder der Vorgang wiederholen können, wobei die Konzentration des flüssigen Depolarisators in dem Masse abnehmen müsste, als der Prozentsatz des Bleisuperoxyds im Füllmaterial abnimmt.

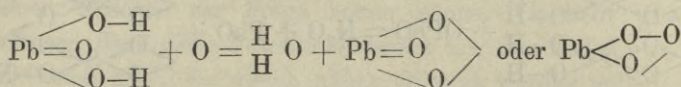
Nach der anderen Annahme würde nicht die Schwefelsäure, sondern das Bleisuperoxyd in eine höhere Oxydationsstufe, eine lösliche Bleisäure, übergehen können

Das Bleisuperoxyd kann als Anhydrid der zweibasischen Bleisäure aufgefasst werden und das von F. Streintz in der Superoxydmasse eines Planté-Accumulators bereits nachgewiesene Bleisuperoxydhydrat als Bleisäure.



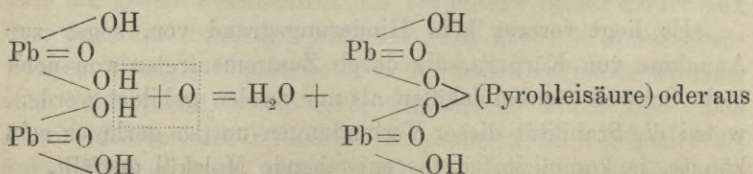
Bleisuperoxydhydrat Wasser Bleisuperoxyd.

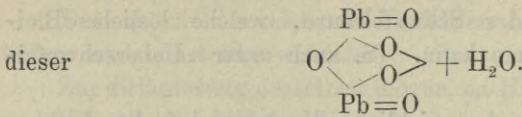
Oxydierte sich ein Molekül Bleisäure unter Aufnahme eines Sauerstoffatoms, so entstände Ueberbleisäure:



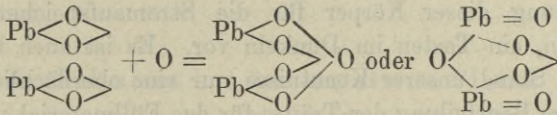
Bleisäure Sauerstoff = Wasser Ueberbleisäureanhydrid.

Bei der Beteiligung zweier Bleisäuremoleküle und der gleichen Sauerstoffaufnahme entstände:





Die Bildung des letzteren Anhydrides kann natürlich ebensogut durch direkte Anlagerung des Sauerstoffatoms an zwei Bleisuperoxydmoleküle erfolgen:



Selbstverständlich kann keiner der aufgeführten Formeln ein wirklicher Wert beigelegt werden, solange nicht Beweise für die Existenz solcher Körper beigebracht werden. Es ist aber unwahrscheinlich, dass, selbst wenn solche Bleisäuren existieren, diese löslich sein werden. Dagegen deutet die Thatsache, dass Darrius und andere bei der quantitativen Untersuchung der vollkommen geladenen Superoxydmasse stets etwas mehr Sauerstoff (bis + 5%) fanden, als der Formel des Bleisuperoxyds zukommt, sowie die leichte Ozonbildung des elektrolytisch mit verdünnter H₂SO₄ als Elektrolyt bereiteten Superoxyds und die erhöhte Reaktionsfähigkeit desselben gegenüber dem rein chemisch dargestellten Bleisuperoxyd dahin, dass in der geladenen Anodenmasse wohl höhere Oxydationsstufen als nur Bleisuperoxyd vorhanden sein dürften.

Wie unter dem Titel „Kapselelektroden“ noch des näheren berichtet wird, haben alle diejenigen Superoxydelektroden, welche mit Umhüllungen, wie perforiertes Hartgummi, Celluloid, Bleitaschen etc., versehen sind und bei denen der Elektrolyt nicht so leicht hinzu diffundieren kann, verhältnismässig kurze Lebensdauer. Ganz auffallend zeigt sich der Unterschied zwischen denselben Superoxydelektroden, wenn diese einmal mit gelatinierter Säure als Elektrolyt, das andere Mal mit gewöhnlicher verdünnter Schwefelsäure umgeben werden. Das Bleigerippe wird im ersteren Falle mehrfach rascher durchoxydiert, was vielleicht auf der Bildung höherer

Oxydationsstufen der Schwefelsäure, welche lösliche Bleisalze bilden, beruhen kann. (S. auch unter „Ueberschwefelsäure“.) —

Solange nicht der wirkliche Vorgang bei der Ladung und Entladung des aktiven Füllmaterials aufgeklärt ist, stellen alle Versuche, durch Aenderung der physikalischen Struktur des Bleisuperoxyds (resp. Bleischwamms) die bestmögliche Ausnützung dieser Körper für die Stromaufspeicherung zu erreichen, ein Tasten im Dunkeln vor. Es ist auch bei dem jetzigen Stand unserer Kenntnisse nur eine oberflächliche und unsichere Beurteilung der Träger für das Füllmaterial möglich, weil eben das Verhalten der Elektrode so sehr von der physikalischen Struktur der aktiven Masse abhängig ist und eine Kontrolle für das Vorhandensein der gleichartigen Struktur bei verschiedenen Platten fehlt. — In vielen Fällen wird die Superoxydmasse nach einigem Gebrauch des Accumulators so weich, dass sie in halbflüssigen Schlamm übergeht. — Trotzdem kein nennenswerter Abfall des Schlammes vom Träger stattgefunden hatte, zeigte ein mit „Gelatine“ gefüllter Accumulator sehr erhebliche Abnahme der Kapazität der Superoxydplatten und gleichzeitig bedeutend höheren Widerstand und verringerte elektromotorische Kraft. — Neue, eben erst aus der Formation stammende Superoxydplatten (wie auch Bleischwammplatten) zeigen den geringsten Widerstand, aber nicht die maximale Kapazität, welche bei allen, dem Verfasser bekannten Accumulatoren erst nach zwei- oder mehrmaliger Ladung und Entladung auftritt.

Die Porosität der Füllmasse ist bis jetzt auf drei verschiedenen Wegen reguliert worden:

1. Durch Anwendung lockerer Füllmasse und geringes Pressen derselben.
2. Durch Beimischung von Substanzen zur Füllmasse, welche später, nach Erhärtung letzterer, wieder entfernt werden.
3. Durch Bohrlöcher, welche die Füllmasse durchbrechen.

Das unter 1 bezeichnete Verfahren ist bisher das üblichste und meist angewendete.

Zur Erläuterung desselben mögen an Hand der in Fig. 47 und Fig. 48 abgebildeten Gitterformen die Porositätsverhältnisse der mechanischen Pastung, mit Bittersalz als Bindemittel, betrachtet werden, wobei in der Hauptsache eine seinerzeit vom Verfasser ausgearbeitete Pastvorschrift als Grundlage dienen mag.

Verhältnisse bei der negativen Platte.

Ein leeres Gitter von der in Fig. 47 gezeigten Form, aber mit 100 Feldern ist 316 mm hoch, 272 mm breit und 9 mm dick, aus 5%igem Hartblei gegossen und wiegt 1920 g.

Das Volum des Metalls ist, das spez. Gew. zu 11,12 angesetzt, $\frac{1920}{11,12} = 172,6$ ccm. — Der körperliche Inhalt dieses Gitters ist $31,6 \times 27,2 \times 0,9 = 773,6$ ccm.

Die Fahne (Ansatz für Stromableitung) hat das Volum von $20 \times 0,9 = 18$ ccm. — Der für die Füllmasse disponible Raum im Gitter ist also: $773,6 - 18 - 172,6 = 582,4$ ccm.

Die Platte in gefülltem Zustand wiegt 4656 g; sie enthält daher 2736 g feuchte Füllmasse, welche bereitet wurde aus: 3000 g Bleiglätte (feinst pulverisiert, Bleiberg) und 300 g Bittersalzlösung (1 Gewichtsteil krystallinisches Salz in 2 Gewichtsteilen destilliertem Wasser aufgelöst).

Die Platte enthält somit: $\frac{2736 \times 3000}{3000} = 2485$ g Bleiglätte.

Bei der Formation wird diese in Bleischwamm übergeführt. In der Annahme, dass das spezifische Gewicht des Bleies im Bleischwamm dasselbe sei, wie des gegossenen Metalls, stellt sich das Volum des aktiven Bleies auf 202,8 ccm.

Aus der Glätte entstehen nämlich $\frac{2485 \times 206,5}{222,5} = 2306$ g
oder $\frac{2306}{11,37} = 202,8$ ccm Blei.

Der für den Elektrolyt im Bleischwamm verfügbare Raum oder die Porosität des Bleischwamms beträgt mithin $582,4 - 202,8 = 379,6$ ccm oder 65%, wenn die Porosität des leeren Gitters mit 100% festgesetzt wird.

Das spezifische Gewicht dieses Bleischwamms ist aber nicht genau $\frac{1}{3}$ des metallischen Bleies, sondern etwas grösser, da im vorliegenden Falle die Füllmasse mit Perforationen versehen ist (wie Fig. 89), und zwar enthält jedes Feld 20 senkrecht zur Plattenebene geführte Kanäle von kreisrundem Querschnitt und 1,1 mm Durchmesser, die ganze Platte also 2000 Perforierlöcher, welche 1,7 ccm Inhalt haben.

Ganz anders stellte sich das Porositätsverhältnis, wenn dasselbe gefüllte Gitter als Bleisuperoxydplatte formiert würde. Aus den 2485 g Bleiglätte entstanden $\frac{2485 \times 238,5}{222,5} = 2663$ g Bleisuperoxyd, und dieses hätte, falls es wirklich mit dem chemisch dargestellten Körper identisch wäre, das spez. Gew. 8,91 und das Volum $\frac{2663}{8,91} = 298,9$ ccm.

Wird dieses Volum vom verfügbaren Raum des Gitters abgezogen, so verbleiben $582,4 - 298,9 = 283,5$ ccm, welche die Porosität der Superoxydmasse darstellen, was unter Zugrundelegung derselben Beziehung wie vorhin 48,7% entspricht.

Es geht hieraus hervor, dass, um dieselbe Porosität der Superoxydmasse wie beim Bleischwamm zu erhalten, die Füllmasse für Superoxydformation weniger Bleioxyd enthalten muss, oder, was auf dasselbe herauskommt, die für Bleischwammformation bestimmten Gitter bedeutend mehr Bleioxyd erhalten müssen, als diejenigen für die Superoxydformation zu verwendenden.

Solange nicht Genaueres über die Rolle des Elektrolyten in der Füllmasse bekannt ist, scheint die Annahme zulässig, dass die Porosität des Bleischwamms nicht grösser zu sein braucht, als diejenige des Superoxyds, um etwa gleiche prozentische Ausnützung der beiden Füllmassen zu erzielen.

Nun empfiehlt es sich aber, das Gitter für die Superoxydplatten mit massiveren Rippen und, wie schon des öfteren erwähnt, aus Weichblei zu wählen, so dass praktischer dieses Gitter zur Rechnung herangezogen wird.

Der Superoxydträger, dessen Form aus Fig. 48 ersichtlich ist, aber ebenfalls 100 Felder und genau dieselben Aussenmasse hat, wie das Bleichschwammgitter, unterscheidet sich von letzterem nur durch die Abwesenheit der kreuzförmigen Vorsprünge in die Felder hinein, durch stärkeren Querschnitt der Rippen und dadurch, dass das Material reines Weichblei ist. Das Gitter wiegt leer 2400 g; das Volum des metallischen Bleies ist $\frac{2400}{11,37} = 211$ ccm.

Von dem körperlichen Inhalt des Gitters, 773,6 ccm, kommt wieder das Volum der Fahne mit 18 ccm in Abzug. Es verbleibt für die Füllmasse der Raum von $773,6 - 18 - 211 = 544,6$ ccm.

Das Gewicht der gefüllten, gepressten und perforierten Platte ist 5030 g, dasjenige der Füllmasse 2630 g. — Zur Bereitung der Masse diene folgende Mischung:

- 3000 g Bleiglätte (feinst gemahlen, Bleiberg),
- 210 g krystallisiertes Bittersalz (dessen Korn etwa demjenigen von grobem Tafelsalz entspricht).
- 300 g Bittersalzlösung (1 : 2).

Das Gitter enthält demnach $\frac{2630 \times 3000}{3510} = 2248$ g

Bleiglätte.

Bei der Formation in Superoxyd entstehen hieraus $\frac{2248 \times 238,5}{222,5} = 2410$ g Bleisuperoxyd, welche $\frac{2410}{8,97} = 270,5$ ccm Volum einnehmen.

Die Porosität dieser Platte ist $544,6 - 270,5 = 274,1$ ccm oder 50,3%.

Nach angestellten Versuchen würde es nicht empfehlenswert sein, die Porosität weiter zu treiben, weil dadurch die mechanische Festigkeit der Superoxydmasse ungünstig be-

einflusst würde. — Wieviel Bleioxyd (resp. Füllmasse) muss nun in das Bleischwammgitter gepresst werden, um ebenfalls 274,1 ccm Porosität zu erzielen?

Der Füllraum des negativen Gitters ist 582,4 ccm; es verbleiben nach Abzug des als Porosität festgesetzten Volums $582,4 - 274,1 = 308,3$ ccm, die von Blei (resp. Bleischwamm) ausgefüllt werden müssen. Dieses Volum entspricht $308,3 \times 11,37 = 3505$ g Bleischwamm oder $\frac{3505 \times 222,5}{206,5} = 3777$ g Bleioxyd, was bei Verwendung der mit 10% Bittersalzlösung enthaltenden Paste 4155 g Füllmasse ausmacht.

Man sieht daher, dass die mit nur 2736 g Füllmasse beschickte Platte bei der Formation in Bleischwamm erheblich poröseres aktives Material enthält als die Superoxydplatte.

Nun stellt sich, wenn die Füllmasse nach dem Pressen noch perforiert werden muss, von selbst eine Grenze fest, welche nicht überschritten werden kann, indem die Füllmasse bei stärkerer Pressung zu hart für die Perforation würde. Unter den vorliegenden Verhältnissen kann daher als Richtschnur gelten, die negativen Gitter mit so viel Füllmasse, als nur zulässig ist, zu beschicken, resp. den Pressdruck möglichst gross zu nehmen. Es kann gar nicht zu viel Masse in das Gitter gelangen, sondern nur zu wenig.

Das Verfahren zur Pastung ist folgendes:

Die Gitter werden zuerst mit Kalkwasser abgebürstet, um Oelflecke und andere oberflächliche Unreinigkeiten zu entfernen, darauf in destilliertem Wasser geschwenkt, gleich darauf in 10%ige Schwefelsäure getaucht und schliesslich wieder in destilliertem Wasser abgewaschen. Dann werden die Gitter zum Trocknen auf Ständer gestellt.

In der Mischmaschine (Fig. 80) werden nicht mehr als 3 kg Glätte auf einmal verarbeitet und zu diesen, je nach dem Feuchtigkeitsgrad der Glätte, 250—300 ccm Bittersalzlösung gegeben, wobei das Rührwerk schon vor dem Zusatz der Flüssigkeit in Gang gesetzt wird. Die Mischung soll sich

gerade gut durch das Eisensieb drücken lassen, ohne die Maschen desselben zu verschmieren. Es ist darauf zu achten, dass die Glätte oft einige Procente Wassergehalt aufweist und, bei nassem Wetter, auch Feuchtigkeit aus der Luft anzieht.

Die Flüssigkeit wird durch Auflösen von z. B. 20 kg krystallinischen Bittersalz (das chlorfrei und salpetersäurefrei sein muss) in 40 Liter destilliertem Wasser erhalten. Zweckmässig wird die für einen Tagesbedarf hinreichende Menge jedesmal frisch angemacht. Das Salz muss, bevor die Lösung verwendet werden darf, vollkommen aufgelöst sein.

Bittersalzlösung, aus 1 Gewichtsteil krystallinischem Salz und 1 Gewichtsteil destilliertem Wasser bereitet, führt zu rasches Abbinden der Glättemischung herbei, während bei Anwendung der Lösung von 1 Gewichtsteil Bittersalz in 4 Gewichtsteilen Wasser die Mischung mit Glätte nicht mehr genügend sicher abbindet und erhärtet.

Wichtig ist, dass stets die angemachte Mischung so rasch als möglich verwendet, also nicht etwa über die Arbeitspausen liegen gelassen wird. Das Abbinden derselben geht um so schlechter und unzuverlässiger vor sich, je älter die Mischung geworden ist. Auch beginnt dieselbe schon vom Moment des Flüssigkeitszusatzes an fester zu werden und trocknet während des Siebens ebenfalls etwas ein. — Für das Pressen der negativen Gitter erhält der Trichter der Pastmaschine einen entsprechenden Aufsatz, entsprechend dem grösseren Quantum Füllmasse, das in die Bleischwammgitter gepresst wird. Auch empfiehlt es sich, diese doppelt zu pressen, d. h. nach der Füllung die Platte auf die andere Seite zu legen und nochmals dem Stempeldruck auszusetzen. Wenn die Paste beim Pressen schwitzt, resp. das unter das Gitter gelegte Seidenpapier feucht wird, muss weniger Lösung zur Mischung genommen werden, ebenso dann, wenn etwa an den polierten Flächen des Stempels sich Masse ansetzen sollte.

Sollen die gefüllten Platten noch perforiert werden, ist diese Operation sogleich vorzunehmen. In beiden Fällen

werden nun die Elektroden in Holzgestellen zum Trocknen aufgestellt und die Plattenflächen möglichst senkrecht gehalten. Je nach der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft dauert die Trocknung verschieden lange und schwankt zwischen 8 bis 14 Tagen. Zu rasches Trocknen, z. B. in stark erwärmtem Raume, ist nicht vorteilhaft. Wohl lässt sich, nachdem die Masse schon eine Woche lang an der Luft gestanden hat, durch darauffolgendes Erwärmen des Trockenraumes der Vorgang beschleunigen. Zu langes Trocknen kann nie schaden.

Bei dünneren Platten, z. B. von nur 6 mm Dicke, geht das Trocknen rascher vor sich als bei den oben besprochenen, 9 mm dicken Platten, doch ist vor zu raschem Trocknen zu warnen, weil eventuell die Masse nicht genügend erhärten könnte.

Die Mischung für die Superoxydplatten unterscheidet sich von derjenigen für die Schwammplatten dadurch, dass zur Erhöhung der Porosität Bittersalz in fester Form zugesetzt wird. Doch lässt sich auch auf andere Art die Porosität vergrößern. Das als Bleiorange im Handel erhältliche Produkt, welches durch Glühen von Bleiweiss erhalten wird, ist nicht nur spezifisch leichter als Glätte, sondern nimmt auch mehr Flüssigkeit auf als diese. So gibt eine Mischung von 1500 g Bleiglätte, 1500 g Orange mit 400 ccm Bittersalzlösung (1 : 2) ebenfalls eine brauchbare Paste. Der Pressdruck kann hierbei noch etwas ermässigt werden. — Auch die Mischung von 3000 g Glätte mit 2 bis 300 g krystallinischen Bittersalz und 300 ccm Lösung (1 : 2) versieht denselben Zweck.

Als Regel bei der Füllung positiver Gitter gilt, nicht mehr Masse einzupressen, als bequem von Hand möglich ist. Die Trocknung erfolgt wie bei den negativen Platten.

Das positive Gitter soll maximal 2600 g Füllmasse erhalten, die frisch bereitete Platte nicht mehr als 5 kg wiegen; das negative Gitter soll minimal 3000 g Masse fassen und die fertige Platte wenigstens 5 kg wiegen.

Durch Zusatz von spezifisch leichten Bleiverbindungen, wie Bleiweiss (spez. Gew. 6,43), Bleisulfat (spez. Gew. 6,23) liesse sich ebenfalls die Porosität des Superoxyds höher treiben, doch hat dem Verfasser reine Mennige oder ein Gemisch von Mennige und Glätte ohne andere Zusätze von Bleisalzen immer die besten Resultate geliefert.

Grünwald empfiehlt Mischungen von Mennige, Glätte und Magnesia, z. B. 80 Gewichtsteile Mennige, 10 Teile Glätte und 10 Teile Magnesia als Füllmasse für Superoxydplatten.

Das in Fig. 48 abgebildete + Gitter (6 mm dick) wiegt 662 g und fasst 694 g Paste; das — Gitter, ebenfalls 6 mm dick (Fig. 47), wiegt 482 g und enthält 874 g Paste. Die Paste ist dieselbe wie bei den grossen Platten und wird ebenfalls perforiert.

Ueber das Perforieren der Füllmasse.

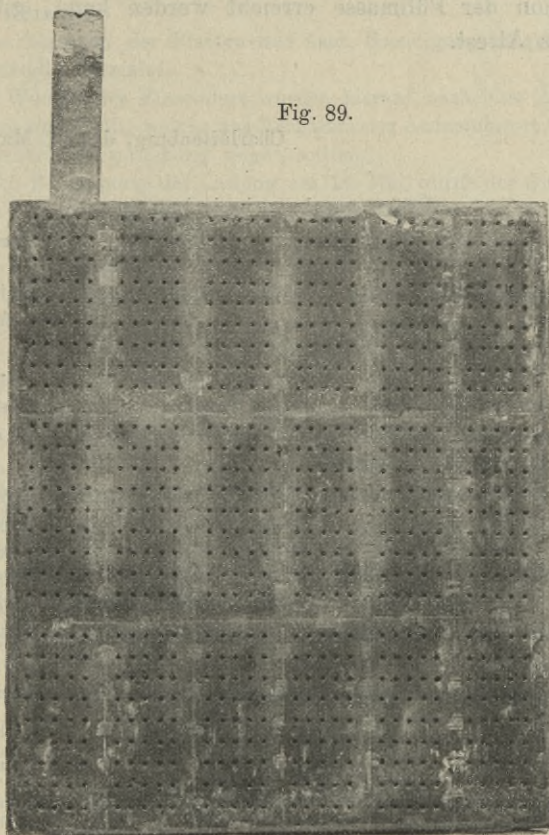
Die Porosität des Füllmaterials soll den rascheren Zutritt des Elektrolyten zu den von der Plattenoberfläche abliegenden inneren Teilen der Masse ermöglichen oder, anders gesagt, das Diffundieren der Elektrolyten zu und aus der Platte erleichtern. Infolge der sekundären chemischen Prozesse, welche mit der Aufnahme resp. Abgabe von Elektrizität durch die Füllmasse verbunden sind, wird von den entladenen Platten Schwefelsäure chemisch gebunden und diese bei der Ladung wieder regeneriert. Falls die Einrichtung so getroffen würde, dass von aussen kein oder fast kein Zutritt von Elektrolyt in die Platte resp. Masse erfolgen könnte, z. B. durch Einwickeln der Platten in kräftiges Pergamentpapier, müsste bei der Entladung durch die Absorption der Schwefelsäure bald nur noch reines Wasser die Durchtränkungsflüssigkeit der Masse bilden. Da der Kombination Bleischwamm-Wasser-Bleisuperoxyd keine praktisch in Betracht kommende elektromotorische Kraft zukommt, wird auch die Entwicklung von Elektrizität aufhören, sobald die Platte keine Säure mehr enthält. Aller-

dings lagert in den Poren der Masse schon bei Beginn der Entladung ein ansehnliches Quantum Schwefelsäure, doch würde dieses nicht hinreichend sein, die Füllmasse so weit ausnützen zu lassen, als dies beim Gebrauch der Accumulatoren wirklich geschieht. Bei den meisten Accumulatoren würde, falls keine Säure von aussen in die Platten diffundieren könnte, nur $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ derjenigen Kapazität realisiert werden, welche das Element in der That zeigt. Es wird von den Elektroden im Verlauf der Entladung mehr Schwefelsäure absorbiert, als sich in den Poren bereits vorfindet, und das Mehr stammt von dem die Platten umgebenden Elektrolyten. Je langsamer die Entladung des Accumulators erfolgt, desto intensiver ist die Ausnützung der Füllmasse, desto mehr Säure kann in diesselbe diffundieren. Bei sehr hohen Entladungsintensitäten, z. B. bei Kurzschluss des Accumulators, ist so wenig Zeit für die Diffusion vorhanden; dass thatsächlich die erhältliche Kapazität von der bereits in den Platten vorhandenen Schwefelsäure bestimmt wird. Besonders leicht kann dies konstatiert werden, wenn die Platten mit gelatineartig erstarrtem Elektrolyt umgeben werden. Genauer genommen, kommt es daher weniger auf die Porosität der Füllmasse an, als auf die Diffusionsgeschwindigkeit, welche die Masse den inner- und ausserhalb derselben befindlichen Flüssigkeiten gewährt. Es lässt sich sehr leicht denken, dass zwei Massen von derselben Porosität doch ganz verschiedene Diffusionserscheinungen zeigen können, je nach der Struktur derselben.

Am Bleischwamm lässt sich das Gesagte am leichtesten beweisen. Die in Fig. 89 dargestellte Platte, ein Mittelding zwischen Gitter- und Masseplatte, ist mit Bleischwamm gefüllt, der aus der oben (S. 182) gegebenen Füllmasse formiert worden war. — Genau dasselbe Gitter, mit genau demselben Gewicht derselben Füllmasse angefüllt, aber nicht perforiert, ergab geringere Kapazität, unter sonst gleichen Bedingungen, als die perforierte Platte. Der Bleischwamm war im letzteren Falle poröser als bei der perforierten Platte; die

Porosität ist gleichmässiger über die ganze Masse verteilt. Der weniger poröse, aber mit durchgehenden Kanälen ausgestattete Bleischwamm erlaubt eine höhere Ausnützung, was beinahe einleuchtend ist, da die Diffusion des Elektrolyten

Fig. 89.

Austria-Accumulator-Platte. $\frac{1}{2}$ nat. Gr.

durch die 720 durchgehenden Abzugskanäle sicherlich erheblich erleichtert werden muss. Vom Standpunkte der Kapazitätsgebung allein betrachtet ist daher das Perforieren der Füllmasse als Fortschritt zu betrachten. — Auch bei der Superoxydplatte wird die Kapazität durch Perforation der Füllmasse

erhöht, und treffen die eben geschilderten Umstände, wenn vielleicht auch weniger prägnant als beim Bleischwamm, hier ebenfalls zu.

Von der ausserordentlichen Kapazität, welche vermittelt Perforation der Füllmasse erreicht werden kann, gilt nachfolgendes Attest.

Charlottenburg, den 31. Mai 1895.

Prüfungsbescheinigung
für einen elektrischen Blei-Accumulator.

Die Firma A. Kuhnt & R. Deissler, Patent- und technisch-juristisches Bureau, Berlin C, Alexanderstr. 38, sandte am 27. April 1895 einen Blei-Accumulator zur Prüfung seiner Kapazität ein.

Der Accumulator war nach Angabe der Einsender von der Austria-Accumulatoren-Gesellschaft M. Engl & Co. in Wien hergestellt und bestand aus sechs negativen und fünf positiven Platten von 20 cm Höhe, 16 cm Breite und 6 mm Dicke.

Die Platten waren in ein allseitig verschlossenes, durchsichtiges Celluloidgefäß eingesetzt, aus welchem sie sich ohne Zerstörung des letzteren nicht herausnehmen liessen. Das Gefäß hatte 25 cm Höhe, 13 cm Breite und 17 cm Länge und wog mit Platten und Säure 14,5 kg.

Der Accumulator war in geladenem Zustand eingeliefert worden. Es wurden daher ohne weitere Vorbehandlung folgende Entladungen vorgenommen:

D a t u m	Strom- stärke	Endspannung bei der		Elektrizitäts- menge
		Entladung	Ladung	
29. u. 30. April u. 1. Mai	Ampère 15,0	Volts 1,80	—	Amp.-Std. 246,5
1.— 2. Mai	13	—	2,58	364
6.— 7. "	13	1,80	—	284
7.— 8. "	13	—	2,50	285
8.— 9. "	13	1,80	—	270
9.—10. "	13	—	2,50	285
10.—11. "	13	1,80	—	270
13.—14. "	15	—	2,58	300

Die Entladungskapazität betrug demnach im Mittel 267,6 Ampèrestunden, also 18,4 Ampèrestunden für 1 kg Gesamtgewicht der vorliegenden Zelle.

Das Gewicht der Platten war nach Angabe der Einsender 10,1 kg. Die Kapazität für 1 kg Plattengewicht würde hiernach 26,7 Ampèrestunden betragen.

Das Aussehen der Platten war nach Beendigung obiger Versuche ein vollständig normales.

Auf Wunsch des Einsenders wurden hierauf noch eine Anzahl von Versuchen angestellt, welche das Verhalten des Accumulators bei aussergewöhnlicher Beanspruchung zeigen sollten.

Nach Beendigung der Ladung am 14. Mai wurde der Accumulator zunächst noch 5 Stunden lang mit einer Stromstärke von 50 Ampère überladen.

Die Temperatur der Zelle stieg dabei auf 40 bis 45 °C. Am 15. Mai wurden dem Accumulator viermal je eine Minute lang 500 Ampère und 1,5 Stunden lang 100 Ampère entnommen und schliesslich wurde er bei gleichbleibendem äusseren Widerstand mit einer von 100 Ampère bis auf 30 Ampère sinkenden Stromstärke bis zu einer Klemmenspannung von 0,3 Volt entladen. Die bei diesen Entladungen im ganzen gelieferte Elektrizitätsmenge betrug etwa 240 Ampèrestunden.

Am 16. bis 18. Mai wurden dem Accumulator mit 13 Ampère etwa 600 Ampèrestunden zugeführt. Eine mit Unterbrechungen am 20. bis 24. Mai vorgenommene normale Entladung mit 13,0 Ampère ergab nach diesen Ueberanstrengungen wieder eine Kapazität von 272,0 Ampèrestunden.

Die Platten zeigten sich nach Abschluss dieser Versuche noch vollkommen gerade, nur an einer negativen Platte war eine Aufbeulung von 15 mm Durchmesser entstanden. Von der Füllmasse der Platten war nichts herabgefallen.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Siegel.

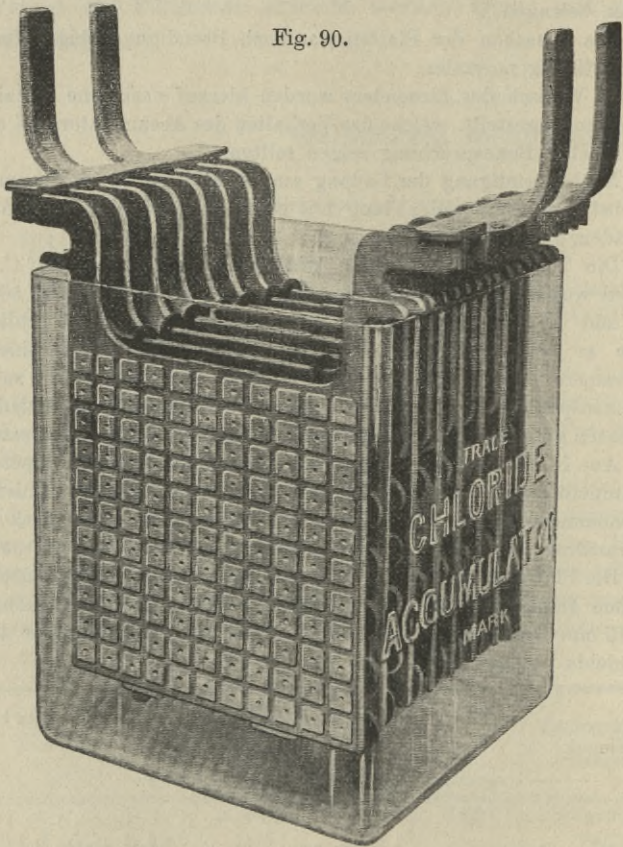
Abteilung II.

H a g e n m. p.

Das Perforieren der Füllmasse ist vielleicht von J. L. Huber (Hamburg) zuerst eingeführt worden, welcher in der Mitte jeden Massfeldes des gewöhnlichen E.-P.-S.-Gitters (Fig. 23) ein etwa 2 mm Durchmesser zeigendes rundes, senkrecht zur Plattenfläche durchgehendes Loch anbrachte und dadurch die Kapazität der Platten, resp. des Accumulators, um 20 bis 25% erhöhte. Die Einrichtung zur Hervor-

bringung solcher perforierter Platten bestand darin, dass das zu pastierende Gitter auf ein Brett gelegt wurde, durch das ebenso viele Zäpfchen ragten, als Perforationen entstehen sollten. Bei richtiger Lage des Gitters befindet sich dann genau

Fig. 90.

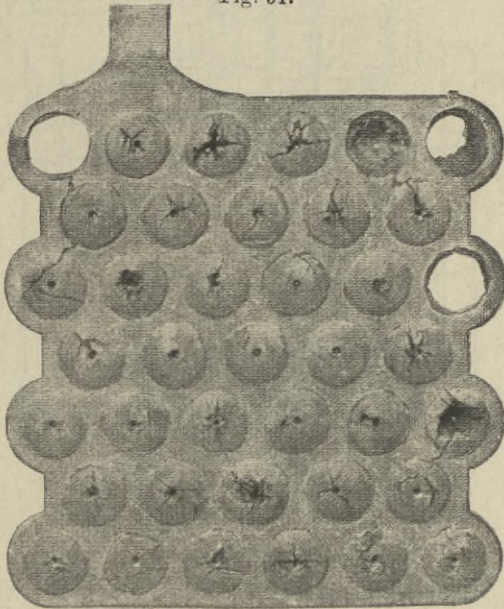


Chloride-Accumulator.

in der Mitte jedes Feldes (Quadrates) ein etwa 2 mm dickes cylindrisches Holzäpfchen von derselben Höhe, als die Dicke des Gitters beträgt. Nun wurde auf übliche Weise das Gitter mit Füllmasse ausgestrichen und darauf sämtliche Zäpfchen gleichzeitig zurückgezogen. — Beinahe identisch mit den

von Huber erzeugten Perforationen sind die von der Chloride-Accumulator-Co. (Philadelphia) angebrachten Kanäle. Fig. 90 gibt ein komplettes Element, dessen erste Bleischwammplatte deutlich die Perforationen erkennen lässt. Fig. 91 veranschaulicht die Konstruktion, sowie die Perforationen der Superoxydplatte genannter Gesellschaft. (Die Reproduktion stellt eine ausgediente Elektrode dar.)

Fig. 91.

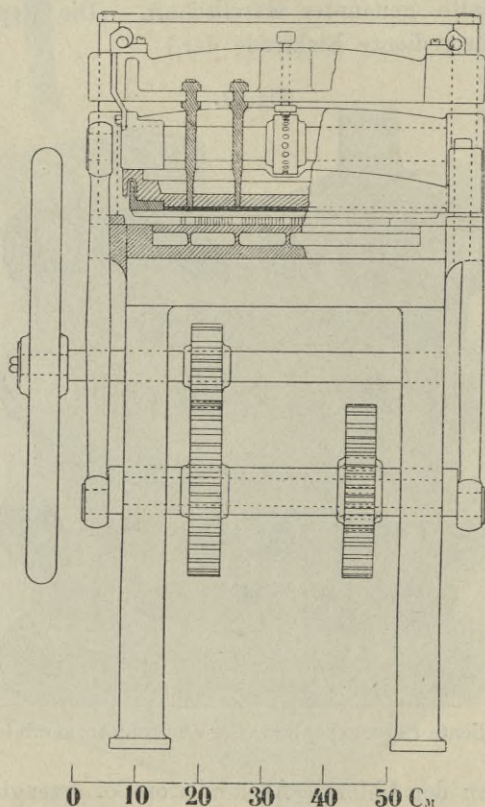


Ausgediente Superoxydplatte der Chloride-Accumulator-Co.

Die von der Chloride-Accumulator-Co. erzeugten Platten sind früher nach dem durch Patent Nr. 57053 in Deutschland geschützten Verfahren hergestellt worden und zeigen wohl die höchste praktisch erzielte Porosität der Füllmasse. Selbst wenn als Material für die Pastillen nur geschmolzenes Chlorblei ohne Beimischung von Chlorzink benützt würde, müsste der daraus erzielte Bleischwamm schon sehr porös ausfallen. Das spezifische Gewicht von Chlorblei ist 5,80; aus 277,5 Teilen

Chlorblei entstehen 206,5 Teile Blei oder aus 100 Gewichtsteilen 74,4 Blei. Wenn daher das Volum von 100 g Chlorblei $\frac{100}{5,8} = 17,25$ ccm ist, beträgt das Volum des durch Re-

Fig. 92.



Perforiermaschine. Seitenansicht und Querschnitt.

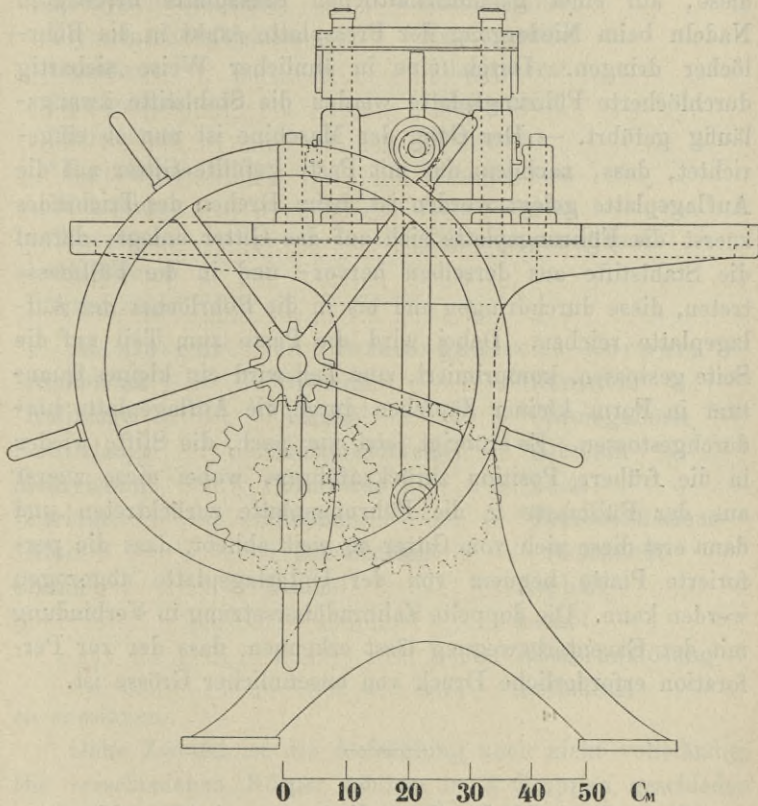
duktion daraus erhaltenen Schwammbleies $\frac{74,4}{11,37} = 6,54$ ccm.

Die Porosität ist daher 10,71 ccm oder 62,1 %.

Durch Zusatz von Chlorzink, welches sich im Verlauf der Formation vollkommen auslaugt, wird die Porosität ent-

sprechend erhöht. In der That zeigt der erhaltene Bleischwamm ein filzartiges, krystallinisches Gefüge. Die etwa 8 mm dicke Schicht erlaubt eine Stecknadel ohne Anstrengung durchzustossen, und verdünnte Schwefelsäure, auf eine solche,

Fig. 93.



Perforiermaschine. Vorderansicht.

aber nicht perforierte Platte gegossen, filtriert beinahe so rasch wie durch Flanellfilz.

Eine von Herrn Mechaniker Karig (Grünstrasse, Margareten, Wien) angefertigte Perforiermaschine ist in den Fig. 92 und 93 skizziert. Die Maschine ist dem Prinzip nach

wie die zum Papierperforieren dienenden Apparate gebaut und gestattet, auf einen Druck 2000 Perforationen zu erzeugen. In die als Auflage für die zu durchlöchernden Platten dienende Stahlplatte sind 2000 Löcher gebohrt, welche genau 2000 runden Stahlstiften von 1,1 mm Durchmesser entsprechen, so dass diese, auf einer gemeinschaftlichen Pressplatte befestigten Nadeln beim Niedergang der Pressplatte exakt in die Bohrlöcher dringen. Durch eine in ähnlicher Weise siebartig durchlöchernde Führungsplatte werden die Stahlstifte zwangsläufig geführt. — Der Gang der Maschine ist nun so eingerichtet, dass, nachdem das mit Paste gefüllte Gitter auf die Auflageplatte gelegt worden ist, beim Drehen des Triebrades zuerst die Führungsplatte sich auf das Gitter anlegt, darauf die Stahlstifte aus derselben hervor- und in die Füllmasse treten, diese durchdringen und bis in die Bohrlöcher der Auflageplatte reichen. Dabei wird die Paste zum Teil auf die Seite gestossen, komprimiert, zum Teil wird ein kleines Quantum in Form kleiner Zäpfchen durch die Auflageplatte hindurchgestossen. Es erübrigt jetzt nur noch, die Stifte wieder in die frühere Position zurückzuführen, wobei diese zuerst aus der Füllmasse in die Führungsplatte zurücktreten und dann erst diese sich vom Gitter so weit abhebt, dass die perforierte Platte bequem von der Unterlagsplatte abgezogen werden kann. Die doppelte Zahnradübersetzung in Verbindung mit der Excenterbewegung lässt erkennen, dass der zur Perforation erforderliche Druck von ansehnlicher Grösse ist.

Beim Ueberblick über die schon in Vorschlag gekommenen **Bindemittel** zur Herstellung von Bleioxyd- resp. Mennigepasten zeigt sich, dass die Auswahl sehr gross ist. In der nachfolgenden Zusammenstellung sind die durch Patente in Deutschland geschützten Mittel mit einem Sternchen bezeichnet und in der kritischen Uebersicht der Patente über Füllmassen noch näher besprochen.

Als Säuren sind:

Verdünnte Schwefelsäure
 Schweflige Säure (wässerige)
 *Phosphorsäure
 *Phenolschwefelsäure
 Aethylschwefelsäure
 Glycerinschwefelsäure
 Oxalsäure
 *Essigsäure
 *Milchsäure
 *Karbolsäure
 Weinsäure
 *Harnsäure
 *Gerbsäure
 Pikrinsäure

Als Salze:

*Magnesiumsulfat
 *Quecksilbersulfat
 Ammonsulfat
 *Zinksulfat
 Kaliumsulfat
 Natriumsulfat
 *Bleiglycerat
 *Bleilactat
 *Bleiacetat
 *Bleiphenylat
 Ammonoxalat
 Kaliumpermanganat

Als Basen:

*Ammoniak
 *Kalilauge
 Natronlauge
 Methylamin
 *Pyridin
 *Aloin
 Chinin

Andere organische Körper:

*Glycerin
 *Alkohol
 *Buttersäureester
 *Glucoside
 Dextrin
 Traubenzucker
 Gummi
 *Bernstein
 *Chromgallerte
 *Albumin
 *Leim
 *Teerdestillations-
 rückstände
 Asphalt
 Leinöl
 Kautschuklösung
 Kollodium

zu erwähnen.

Ohne Zweifel ist die Aufzählung noch nicht vollständig. Die verschiedenen Körper können in 3 Gruppen geschieden werden: 1. solche, welche lediglich die Erzielung einer zementartig erhärtenden Paste bezwecken; 2. diejenigen, welche die elektrische Leitfähigkeit der Bleioxyde oder des daraus zu bildenden Bleisuperoxyds erhöhen sollen und 3. Körper, welche selbst inaktiv an den elektrolytischen Vorgängen, eine Art Netzwerk durch die aktive Masse bilden und dadurch die Desintegration derselben verhindern sollen.

Nachfolgend sind die am 1. Januar 1898 noch bestehenden hieher gehörenden deutschen Patente aufgeführt:

Nr. 57 053.

Société Anonyme pour le travail électrique de métaux, Paris.
Vom 2. März 1890 ab.

Patentansprüche:

1. Das Verfahren zur Herstellung gegossener Chlormetallpastillen für die Bildung der Platten elektrischer Sammelbatterieen, dadurch gekennzeichnet, dass

a) Chlorblei, welchem veränderliche Mengen Chlorzink zugesetzt sind, auf einer Schicht flüssigen Bleies geschmolzen wird, um einerseits die Berührung des Chlorbleies mit den Wandungen des Schmelzgefäßes zu verhüten und andererseits eine schnellere Uebertragung der Hitze auf das Chlorblei zu erzielen und

b) die aus dem geschmolzenen Chlormetall gebildeten Pastillen mit konzentrierter Salzsäure gewaschen werden und zwar vorzugsweise in Batterieen, welche aufeinandergestapelte, durchlöcherete bleierne Horden enthalten, zwischen welchen die Pastillen untergebracht sind zum Zwecke, die Chlorbleipastillen von den Zink- und Bleioxyden zu befreien und dadurch nach ihrer Umwandlung in schwammiges Blei bzw. Bleisuperoxyd sie vor dem Zerfallen zu bewahren.

2. Das Erhitzen der nach 1. erhaltenen Pastillen, nach der Reduzierung derselben in schwammiges Blei, auf eine zwischen 250 und 300° C. liegende Temperatur, um die Pastillen durch die oxydierende Wirkung der heissen Luft in schwammige Bleiglätte umzuwandeln.

Nr. 75 348.

Ch. Pollack in Frankfurt a. M.

Verfahren zur Herstellung von Elektroden für elektrische Sammler. Vom 4. November 1892 ab.

Patentanspruch:

Das Verfahren zur Herstellung von Elektroden für elektrische Sammler, darin bestehend, dass kohlen-saures Bleioxyd mit Aetzalkali zu einem Teige angerührt, dann dieser Teig, nachdem ihm, erforderlichenfalls unter Anwendung von geeig-

neten Trägern, die gewünschte Gestalt gegeben und er trocken geworden ist, in einer alkalischen Lösung durch Elektrolyse reduziert und schliesslich das so gebildete poröse Blei gleich nach der Reduktion in noch nassem Zustande mehr oder weniger zusammengepresst wird.

Nr. 75 555.

Dagobert Scheinberger in Berlin.

Masse für Sammlerelektroden.

Vom 12. April 1893 ab.

Letzte Uebertragung: Moricz Engl, Wien, 19. März 1896.

Patentanspruch:

Masse für Sammlerelektroden, gekennzeichnet durch die Kombination von Bleioxyden mit im Elektrolyten löslichen Verbindungen, besonders Alkali und Magnesiumsulfaten, denen zweckmässig Quecksilberverbindungen zugesetzt werden, behufs Erzielung einer hohen Porosität und ohne Herabsetzung des Leitungsvermögens.

Nr. 78 865.

Wilhelm Alexander Böse in Berlin.

Verfahren zur Herstellung von Accumulatorenplatten.

Vom 20. September 1892 ab.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Accumulatorenplatten, darin bestehend, dass man Bleioxyde mit Lösungen von Teerdestillationsrückständen in Alkohol, Petroleumäther oder Benzol zu Platten formt und diese nach dem Verdunsten des Lösungsmittels in verdünnte Schwefelsäure taucht.

Nr. 80 201.

Hermann Heinze in Berlin.

Verfahren zur Herstellung von Elektroden für elektrische Sammler. Vom 23. Mai 1894 ab.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Elektroden für elektrische Sammler, darin bestehend, dass aus Bleioxyd-Buttersäureester

gebildete Elektroden der Wirkung des elektrischen Stromes in Gegenwart von Schwefelsäure oder in Gegenwart von Mangansulfat oder Mangandioxyd enthaltender Schwefelsäure ausgesetzt werden.

Nr. 80420.

Accumulatorenwerke Hirschwald, Schäffer & Heinemann
in Berlin.

Verfahren zur Herstellung von Elektroden für elektrische Kraftsammler. Vom 18. August 1893 ab.

Letzte Uebertragung: Watt-Accumulatorenwerke, Akt.-Ges. in Berlin
am 27. August 1896.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von dichten Elektroden für elektrische Kraftsammler und Apparate, darin bestehend, dass aus reinem Bleiglycerat mit oder ohne Anwendung leitender Träger gebildete Elektroden passender Gestalt der oxydierenden Wirkung des elektrischen Stromes bei Anwesenheit von Kaliumpermanganat und Schwefelsäure ausgesetzt werden.

Nr. 80527.

Robert Jakob Gülcher in Charlottenburg.

Verfahren zur Herstellung von Bleielektroden mit gewebtem, gewirktem oder in ähnlicher Weise hergestelltem Träger aus nicht leitendem Stoff.

Vom 31. Januar 1894 ab.

Uebertragen an: Gülcher Accumulatorenwerke, G. m. b. H. Berlin,
am 19. März 1896.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Bleielektroden mit gewebtem, gewirktem oder in ähnlicher Weise hergestelltem Träger aus nicht leitendem und gegen die elektrolytische Flüssigkeit widerstandsfähigem Stoff, darin bestehend, dass der als Träger dienende Stoff in einer konzentrierten Lösung von essigsaurem Blei getränkt und dann in ein Bad von verdünnter Schwefelsäure gebracht wird, worauf das hierdurch gebildete Bleisulfat zu Bleischwamm reduziert wird.

Nr. 82787.

Accumulatorenwerke Hirschwald, Schäffer & Heinemann
in Berlin.

Verfahren zur Herstellung von positiven Elektroden für elek-
trische Sammler. Vom 18. Juli 1894 ab.

Erster Zusatz zum Patent Nr. 80420 vom 18. August 1893. Letzte Ueber-
tragung: Watt-Accumulatorenwerke, Akt.-Ges. in Berlin, 27. August 1896.

Patentanspruch:

Das durch Patent Nr. 80420 geschützte Verfahren zur
Herstellung von Elektroden für elektrische Sammler mit der
Massgabe, dass für Herstellung von positiven Elektroden Blei-
glycerat benützt wird, bei dessen Bereitung Glycerin mit
Beimischungen von Buttersäure, Hydrakrylsäure, Milchsäure
oder Säuren dieser Reihen: $C_nH_{2n}O_2$ und $C_nH_{2n}O_3$ mit Aus-
nahme der Kaprinsäure ($C_{10}H_{20}O_2$) und der höheren Säuren,
bezw. Rohglycerin zur Verwendung gelangte.

Nr. 82792.

Accumulatorenwerke Hirschwald, Schäffer & Heinemann
in Berlin.

Verfahren zur Herstellung von negativen Elektroden für elek-
trische Sammler. Vom 15. Sept. 1894 ab.

Zweiter Zusatz zum Patent Nr. 80420 vom 18. August 1893. Letzte
Uebertragung: Watt-Accumulatorenwerke, Akt.-Ges. in Berlin.

Patentanspruch:

Das durch Patent Nr. 80420 geschützte Verfahren zur
Herstellung von Elektroden für elektrische Sammler, mit der
Massgabe, dass zur Herstellung von negativen Elektroden
Bleiglycerat benützt wird, bei dessen Bereitung chemisch
reines Glycerin mit einem Zusatz von Buttersäure zur Ver-
wendung gelangte.

Nr. 82798.

Fritz Dannert & Johannes Zacharias in Berlin.

Elektrodenplatte für elektrische Sammler.

Vom 22. Dezember 1894 ab.

Patentanspruch:

Elektrodenplatte für elektrische Sammler, dadurch ge-
kennzeichnet, dass die wirksame Masse aus einem Gemisch

von Metallen oder Metalloxyden mit einer Chromgallerte hergestellt wird.

Nr. 83154.

Moricz Engl & Floricz Wüstl in Wien.

Masse für Sammlerelektroden.

Vom 25. August 1894 ab.

Zusatz zum Patent Nr. 75555 vom 12. April 1893.

Patentanspruch:

Eine Abänderung der im Hauptpatente Nr. 75555 geschützten Masse, gekennzeichnet durch einen Zusatz von Ammoniak, zum Zwecke der Bindung des Bleioxydes mittels des gleichfalls gegenwärtigen Magnesiumsulfates, wodurch eine auch nach dem Formieren haltbare, schnell zu formierende Masse erhalten wird.

Nr. 85053.

W. A. Böse in Berlin.

Verfahren zur Herstellung der wirksamen Masse für elektrische Sammler. Vom 19. Dez. 1894 ab.

Patentansprüche:

Verfahren zur Herstellung der wirksamen Masse für elektrische Sammler, darin bestehend, dass man konzentrierte Essigsäure oder Phosphorsäure oder beide gemischt mit Mennige zu einem Brei anrührt und diesen zu einer Platte formt, die im Verlauf der eigentümlichen Reaktion zwischen den genannten Substanzen rasch erhärtet, dabei aber porös bleibt und sich leicht formieren lässt.

Nr. 86211.

C. Hugo Weise in Pössneck.

Verfahren zur Herstellung von Sammlerplatten.

Vom 29. September 1894 ab.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Sammlerplatten, gekennzeichnet dadurch, dass in der breiartigen Accumulatormasse Durchschussfäden angeordnet werden, welche nach dem Formen der Masse an der Luft zerfallen und dadurch Kanäle für die Erregerflüssigkeit bilden.

Nr. 86301.

R. Nithack, Nordhausen.

Verfahren zur Herstellung von Elektroden für elektrische Sammler. Vom 19. Mai 1895 ab.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Elektroden für elektrische Sammler, bestehend im Formen und Glühen sauerstoffhaltiger Verbindungen des Bleies, Antimons oder Kupfers mit oder ohne Zusatz von Porosität hervorrufender Stoffe.

Nr. 87152.

Elektrizitätswerk Triberg, C. Meissner & Co., Kommanditgesellschaft in Triberg, Baden.

Uebertragen an Elektr.-Ges. Triberg, G. m. b. H. in Triberg.

Verfahren zur Herstellung der wirksamen Masse für elektrische Sammler. Vom 3. Nov. 1895 ab.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung der wirksamen Masse für elektrische Sammler, nach welchem der Masse ein innerer Zusammenhalt dadurch gegeben wird, dass den Bleioxyden organische Körper der Gruppe der Pflanzenbasen, entweder frei oder als Salze zugesetzt werden.

Nr. 88722.

Elektrizitätsgesellschaft Triberg, G. m. b. H. Triberg.

Verfahren zur Bindung der wirksamen Masse elektrischer Sammler. Vom 26. Nov. 1895 ab.

Patentanspruch:

Verfahren zur Bindung der wirksamen Masse elektrischer Stromsammler, dadurch gekennzeichnet, dass Bleioxyde, insbesondere Mennige mit Körpern aus der Reihe der Glycoside, z. B. Coniferin, Saponin, Quercitrin angemengt und dann der elektrolytischen Oxydation bzw. Reduktion ausgesetzt werden, wodurch die Glycoside neue, mit den Bleioxyden verbunden bleibende chemische Körper ergeben.

Nr. 89421.

Karl Krecke in Salzuflen.

Uebertragen am 5. November 1896 an Berliner Accumulatorenfabrik
S. Hammacher.

Verfahren zur Herstellung von Sammlerelektroden.

Vom 22. Februar 1896 ab.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Elektroden für elektrische Sammler, dadurch gekennzeichnet, dass man Bleioxyde mit Emulsionen aus wässriger Gerbsäurelösung oder Albumin oder Leim zu einer kaum feuchten Paste anrührt, diese in den Träger einträgt, trocknet und formiert.

Nr. 89422.

Karl Krecke, Salzuflen.

Uebertragen am 5. November 1896 an Berliner Accumulatorenfabrik
S. Hammacher.

Verfahren zur Herstellung von Elektroden für elektrische Sammler. Vom 22. Febr. 1896 ab.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung gut leitender haltbarer Elektroden für elektrische Stromsammler, dadurch gekennzeichnet, dass man Harnsäure mit kohlen-sauren Bleioxyden behandelt, behufs Erzeugung unlöslicher, harnsaurer Bleisalze als Bindemittel der wirksamen Masse.

Nr. 89512.

Hugo Weise, Pössneck.

Verfahren zur Härtung von positiven Sammlerplatten.

Vom 10. April 1895 ab.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Härtung von positiven Sammlerplatten, dadurch gekennzeichnet, dass die fertig formierten Bleisuperoxydplatten in ein Glycerinbad gebracht werden.

2. Bei dem unter 1. beanspruchten Verfahren die Behandlung in Glycerin gehärteten, noch heißen positiven Platten mit verdünnter Schwefelsäure behufs Steigerung der Härte.

Nr. 92729.

Richard Linde in Berlin.

Verfahren zur Bindung der wirksamen Masse für elektrische Sammler. Vom 17. Okt. 1895 ab.

Patentanspruch:

Verfahren zur Bindung der wirksamen Masse für elektrische Sammler, dadurch gekennzeichnet, dass einer der folgenden mitunter als Bitterstoffe bezeichneten Stoffe, nämlich: Aloin, Cantharidin, Kardol, Santonin, Quassin in mässig konzentrierter Lösung mit Bleioxyden gemischt wird, worauf die mit dem Gemenge ausgefüllten Elektroden langsam getrocknet und formiert werden.

Nr. 93043.

Wilh. Alexander Böse in Berlin.

Ausführungsform des durch Patent Nr. 78865 geschützten Verfahrens zur Herstellung von Elektrodenplatten für elektrische Sammler. Vom 8. Sept. 1894 ab.

Zusatz zum Patent Nr. 78865 vom 20. September 1892.

Patentanspruch:

Eine Ausführungsform des durch Patent Nr. 78865 geschützten Verfahrens zur Herstellung der wirksamen Masse für elektrische Sammler, darin bestehend, dass man als Ersatz der Lösung von Teerdestillationsrückständen alkoholische ätherische oder Benzollösungen von phenolartigen Körpern mit oder ohne Zusatz von festen Kohlenwasserstoffen zur Mischung mit den Bleioxyden verwendet, welche Mischung dann entsprechend dem Patente Nr. 78865 zu Platten geformt wird, die nach dem Trocknen in verdünnte Schwefelsäure getaucht werden.

Nr. 95787.

Marschner & Co., Berlin.

Verfahren zur Herstellung von Sammlerelektroden.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Elektrodenplatten für elektrische Sammler, dadurch gekennzeichnet, dass der wirk-

samen Masse als Bindemittel Bernstein oder andere, ähnlich zusammengesetzte fossile Harze zugesetzt werden.

Nr. 95 903.

C. H. Böhringer Sohn in Nieder-Ingelheim.

Verfahren zur Herstellung der wirksamen Masse für elektrische Sammler.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung der wirksamen Masse für elektrische Sammler in der Weise, dass ein Bleioxyd mit Bleilactat vermischt wird.

Nr. 16 131.

S. Hammacher, Berlin O.

Verfahren zur Herstellung aktiver Masse für Stromsammler.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung aktiver Masse für elektrische Stromsammler, gekennzeichnet durch Verwendung basischer Bleiphenylate, Kresylate oder analoger Körper, welche entweder den Metalloxyden mechanisch beigemischt oder durch chemische Reaktion wässriger Phenollösungen auf die Metalloxyde erzeugt werden.

Nr. 21 038.

Bary, Swiatzky, Wettstein, Petersburg.

Verfahren zur Herstellung von Sammlerelektroden.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Elektroden für elektrische Sammler, darin bestehend, dass die bekannte Mischung von Bleiglätte und Glycerin mit Alkohol in geeigneten Mengenverhältnissen innig vermischt wird, worauf die so erhaltene Masse in bekannter Weise in Formen gegossen und nach dem Erhärten reduziert wird.

Bemerkungen.

Ad 75 348. Die vorliegende Fassung ist so gehalten, dass nicht ersichtlich ist, ob das erzeugte Schwammblei auf dem Träger der Accumulatorelektrode selbst gebildet oder für

sich erzeugt und erst dann auf den Träger eingewalzt wird. Indessen würde, wenn wirklich erst schwammiges Blei hergestellt werden müsste, dieses also das auf die Träger einzustreichende Material bildete, kein Anlass vorhanden sein, den Bleischwamm gerade aus einer erhärtenden Paste zu bilden, da der Wege genug sind, auf einfacherem und billigerem Wege Bleischwamm zu erzeugen. Es ist also anzunehmen, falls überhaupt das Patent praktisch angewendet wird, dass die Paste aus Bleiweiss mit Aetzalkali direkt auf die Zackenplatte aufgestrichen und auf dieser zu Bleischwamm reduziert werde. Die Reduktion wird am besten in neutraler Lösung, z. B. von Bittersalz, erfolgen, wobei gleichzeitig auch die Gegenplatten zu Superoxydelektroden formiert werden können. In Anbetracht des Umstandes, dass das Bleiweiss stets chlorhaltig ist, ist allerdings mehr empfehlenswert, als Gegenplatten blanke Bleibleche zu verwenden und zuerst nur Bleischwammplatten zu erzeugen, von welchen dann eine entsprechende Zahl, nach sorgfältigem Waschen mit destilliertem Wasser, noch besonders in Superoxydplatten übergeführt wird, wobei vorgängiges Trocknen und Erwärmen (um den Bleischwamm zu oxydieren) vorteilhaft ist.

Das Patent ist ein richtiger Typus der sogen. „Umschreibungspatente“, Patente, deren Wortlaut so gehalten ist, dass der Uneingeweihte auf eine andere als die wirklich zutreffende Methode geführt wird. Zur Zeit der Patententnahme fiel die Pastung von Bleiträgern mit Bleiweiss und Natronlauge sicherlich unter das Faure-Patent; dagegen würde ein Verfahren, Bleischwamm auf Trägern anzubringen, nicht als darunter fallend zu betrachten sein. Nachdem am fertigen Fabrikate schwer nachzuweisen war, ob der Schwamm auf den Platten selbst gebildet wurde oder nicht, war die Möglichkeit geboten, das eine oder andere Verfahren einzuschlagen.

Die betreffende Paste bietet in keiner Richtung Vorteile über die üblichen (S. 178 angeführten) Methoden und ist nur teurer und umständlicher als diese. Dagegen ist die später

zu besprechende Vorbereitung der Träger zur Formation und diese selbst beachtenswert. — Ueber die Formierung in neutralen Elektrolyten s. Kapitel „Formation“.

Ad 75 555. Der Zusatz von Magnesiumsulfat oder Alkalisulfaten soll hohe Porosität der aktiven Masse, derjenige von Quecksilbersulfat erhöhte Leitungsfähigkeit derselben bezwecken. Man fügt die Salze entweder in Lösung, oder in Pulverform den Bleioxyden zu. Nach dem Erhärten der Füllmasse werden die löslichen Salze wie Magnesiumsulfat im Verlaufe der weiteren Behandlung, während des Formationsprozesses, wieder ausgelaugt, wodurch Hohlräume in der Füllmasse entstehen, welche durch Elektrolyt ausgefüllt werden. — Der Erfinder nimmt an, dass infolge der erhöhten Porosität die Leitfähigkeit der Füllmasse geringer als sonst werde, und will durch entsprechenden Zusatz von Quecksilbersulfat den Widerstand derselben verringern, „wobei die durch die Einwirkung des Stromes gebildeten Quecksilberkügelchen die Rolle eines elektrischen Leiters übernehmen“. — Es ist allerdings eine Erfahrungsthatsache, dass durch Zusatz von Quecksilbersulfat die Kapazität jedes Bleiaccumulators, sogar ganz erheblich, erhöht werden kann, doch dürfte das Quecksilbersulfat Selbstentladung des Accumulators herbeiführen. An den negativen Platten kann die Kapazitätserhöhung darin begründet sein, dass das sich bildende Bleiamalgam reaktionsfähiger ist, als reiner Bleischwamm, und daher der Bleischwamm vollständiger zu den Ladungs- und Entladungsvorgängen herangezogen wird, d. h. sich leichter oxydiert, als ohne Gegenwart von Quecksilber. Auch mag, was aber erst in zweiter Linie berücksichtigt werden kann, durch das aufquellende Bleiamalgam wirklich die Leitfähigkeit der Füllmasse der negativen Platten zunehmen.

Als Nachteil, der die genannten Vorteile überwiegt, ist die erhöhte Neigung dieses Bleischwamms, in Bleisulfat überzugehen, zu betonen.

Auf den Superoxydplatten bildet sich bei der Entladung Quecksilberoxydsulfat — an und für sich ein Depolarisator —

vielleicht sogar eine noch höhere Oxydationsstufe des Quecksilbers. Diese kann als Sauerstoffüberträger für die Bleioxyde dienen und dadurch den Oxydationsvorgang erleichtern, d. h. eine vollkommeneren Heranziehung der noch nicht in Superoxyd übergeführten Bleioxyde bewirken.

Bei der Entladung dürfte das Quecksilbersulfat ebenfalls, vielleicht nur in „katalytischem“ Sinne, die Desoxydation des Superoxyds befördern, d. h. eine grössere Reaktionsfähigkeit und prozentische Beteiligung desselben am Reduktionsvorgang bewirken. Es ist sogar denkbar, dass die Anwesenheit des Quecksilbersalzes auf die Struktur des Superoxyds einen günstigen Einfluss nehmen könnte. — Andererseits ist anzunehmen, dass Quecksilbersulfat ähnlich, wie dies vom Mangansulfat nachgewiesen worden ist, Selbstentladung des Accumulators herbeiführe. — Eine wissenschaftliche Aufklärung der Vorgänge, die der Zusatz von Quecksilbersulfat zum Bleiaccumulator im Gefolge hat, fehlt heute noch.

Ad 78 865. Während bei den üblichen Bindemitteln für Bleioxyde, wie wässrige Schwefelsäure- oder Sulfatlösungen, die Verkittung vermutlich der Bildung basischer Sulfate zuzuschreiben ist, sind es bei diesem Verfahren neue Verbindungen, welche als Kitt wirken. Der Ausdruck „Teerdestillationsrückstände“ ist allerdings sehr allgemein, doch können nur phenolartige Körper dabei in Betracht kommen. Um hierüber einige Gewissheit zu erlangen, wurden die Lösungen folgender Substanzen in absolutem Alkohol mit feinsten Bleiglätte zu Pasten angemacht:

β-Naphtol	in Alkohol	— die Masse erhärtet,
Karbolsäure	„ „	— die Masse erhärtet.

Ferner vergleichshalber

Glycerin	in Alkohol	— die Masse erhärtet,
Schwefelsäure	„ „	— die Masse erhärtet.

Nachdem die Pasten abgebunden hatten, wurden dieselben langsam getrocknet, zuletzt bei 100° C., und darauf 48 Stunden

in Schwefelsäure von 1,15 spez. Gew. gelegt, wobei eine weitere Zunahme der Härte erfolgte. Am härtesten wurden die mit Karbolsäure und Glycerin bereiteten Pasten. — Lösungen von Kohlenwasserstoffen in absolutem Alkohol, wie Naphtalin, Anthracen, bilden zwar mit Bleioxyd ebenfalls einigermassen zusammenhängende Massen, die beim Imprägnieren mit verdünnter Schwefelsäure fester werden, jedoch ist es ungemein schwer, solche Massen zu formieren, d. h. in Bleischwamm oder Superoxyd überzuführen. — Den Hauptanteil an der Erhärtung der mit alkoholischer Phenol- (resp. Kresol-) lösung angemachten Mischung hat die nachträgliche Imprägnierung derselben in Schwefelsäure, so dass die Anwesenheit des Phenols hauptsächlich die Bindung der Schwefelsäure durch das Bleioxyd zu befördern scheint.

Ad 80420. Nach der Beschreibung gibt Bleioxyd, mit Glycerin gemischt, je nach dem Mischungsverhältnis in wenigen Minuten steinharte Massen, welche in Bleirahmen plaziert werden. Die Platten werden in verdünnter Schwefelsäure von ca. 16° B. formiert und Kaliumpermanganat portionsweise zugefügt, sobald Entfärbung der Flüssigkeit eingetreten ist. Die Stromstärke soll allmählich gesteigert und die Flüssigkeit kühl erhalten werden.

Ad 80527. Würde nicht das Imprägnieren des Gewebes mit in verdünnter Schwefelsäure aufgeschlämmtem Bleioxyd (resp. Mennige) einfacher, billiger und sicherer sein? Oder konnte der, gewiss neuartige und originelle Träger mit Glasgewebe nur in Verbindung mit einem solchen unpassenden Prozess geschützt werden?

Ad 82787. Nach der Beschreibung soll Bleiglycerat, das mit Hilfe reinen Glycerins erhalten wurde, sich besonders für die Herstellung negativer Platten eignen, während für die positiven Platten besser Rohglycerin Verwendung finde, indem die Kapazität der positiven Platten dadurch bedeutend erhöht werde.

Ad 82787 und 82792. Durch den Zusatz von Buttersäure soll die Reduktion des Bleiglycerats befördert werden.

Für alle drei Patente trifft zu, dass die Verwendung von Glycerin als Bindemittel nicht neu, sondern schon längst bekannt gewesen ist. — Verfasser benutzte im Jahre 1888 Glycerin als Bindemittel bei der Fabrikation der Oerlikon-Accumulatoren, nachdem aber bereits mehrere Jahre vorher dasselbe in Dinglers Polyt. Journal für diesen Zweck empfohlen worden war. Das Glycerin scheint auf den Superoxydplatten durch die Elektrolyse in ein Kondensationsprodukt überzugehen, indem mit der Zeit ölige, unlösliche Tropfen aus der Superoxydmasse hervorquellen, die offenbar vom verwendeten Glycerin herkommen.

Ad 83154. Zur Begründung des Verfahrens wird angeführt, dass beim Zusatz von wässrigem Ammoniak zu einer Mischung von Bleiglätte mit Bittersalz eine „eigentümliche“ Verbindung entstehe, indem sich neben Ammonsulfat zugleich bleisaures Ammoniak bilde. Thatsächlich erhärtet eine solche Paste rasch und wird, wenn die Masse nach dem Abbinden in konzentrierter Bittersalzlösung einige Tage liegen bleibt, sehr hart. Dass aber kein Bleiplumbat dabei entsteht, geht daraus hervor, dass beim Befeuchten der Masse mit verdünnter Salpetersäure oder Schwefelsäure die zu erwartende Braunfärbung (Abscheidung von Bleisuperoxyd) ausbleibt. Es scheint vielmehr, dass die Erhärtung der Mischung durch die Krystallisation von Magnesiumhydrat bedingt wird, ähnlich wie das Erhärten der Zemente auf der Bildung von krystallinischen Kalkhydraten beruht.

Nachdem die Gegenwart von Ammoniaksalzen im Accumulator durchaus von keinem Vorteil ist, und die Entfernung derselben aus der Füllmasse nur Zeit und Kosten erfordert, muss diese „Verbesserung“ mit Vorsicht betrachtet werden. — Die Erfinder rühmen an ihrer Mischung noch besonders, dass sich die erhaltene Füllmasse überraschend leicht formieren, z. B. in Superoxyd überführen lasse, da das Bleisuperoxyd im Ammoniumplumbat bereits fertig gebildet vorhanden sei und der Strom diese Verbindung nur noch zersetzen müsse, im Gegensatz zu den anderen Füllmassen, bei denen das

Superoxyd erst durch Hinzutreten von Sauerstoff gebildet werden müsse. Woher der Sauerstoff für das Ammonplumbat genommen wird, darüber scheinen sich diese Theoretiker keine weiteren Gedanken gemacht zu haben.

Die Oxydation der Bleioxyde geht natürlich um so leichter vor sich, je weniger sauer der Elektrolyt ist, und das in der Masse enthaltene Magnesiumhydrat wird, weil neutralisierend, die Formation des Superoxyds erleichtern.

Ad 85053. Nach der Beschreibung kann 1. Mennige mit konzentrierter Essigsäure vermischt und zweckmässig die Mischung erwärmt werden, 2. Mennige mit konzentrierter Phosphorsäure angemacht werden. Es soll sich die Mennige lösen und die gelöste Mennige beim Zerfall unter Abscheidung von Bleisuperoxyd die feste Verkittung der Masseteilchen bewirken. Daben sollen sehr harte, feste und zugleich poröse Massen entstehen, die sich leicht formieren und hohes Aufspeicherungsvermögen besitzen.

Dass sich Mennige in Eisessig oder Phosphorsäurelösung in der Kälte zuerst ohne Zersetzung auflöst, lehrt die Chemie, ebenso, dass sich aus der dunkel gefärbten Lösung Bleisuperoxyd abscheidet. Von praktischer Bedeutung kann aber das vorgeschlagene Bindemittel nicht sein, weil die Essigsäure in kürzester Zeit den Superoxydträger auflösen müsste und die vollständige Entfernung derselben aus den Elektroden nicht allein umständlich und teuer, sondern auch schwierig oder gar nicht durchzuführen wäre.

Ad 86301. Es wird z. B. Bleiglätte mit Wasser zu feucht-pulveriger Konsistenz angerührt und in Pressformen unter starkem Drucke zu cylindrischen Stücken gepresst. Diese Stücke werden in einer Muffel, durch zwischengelegtes Asbestpapier oder Kohle resp. Magnesia getrennt, über einander geschichtet und mittels Ueberleiten von Verbrennungsgasen getrocknet.

Ad 87152. Cinchonin, Chinin, Morphin sind als Basen beispielsweise angeführt. Dieselben teilen mit allen übrigen ähnlichen Mitteln (Pyridin, Ammoniak, Aloin etc.) den Vorzug,

dass bei der Verkittung der Bleioxyde das schlechtleitende Bleisulfat umgangen wird.

Ad 88722. Die entstehenden unlöslichen Bleiverbindungen sollen elektrisch leiten und daher sich leicht formieren lassen.

Ad 89421. „Gerbsäure wird in kaltem destillierten Wasser gelöst, 1 % Albumin, Leim oder Gelatine unter stetem Umrühren hinzugefügt und mit dieser Emulsion das Bleioxyd — Mennige oder Glätte — zu einer Paste angerührt. Diese wird in den Bleiträger eingetragen und bei 200° C. rasch getrocknet.“ Die unlösliche Gerbsäureverbindung soll die Masse wie ein feines Netz durchziehen, dem aktiven Material soliden Halt gewähren und für gleichartige Stromverteilung in der Masse sorgen. Die Formierung (in verdünnter Schwefelsäure) einer Platte von 100 ccm Masseinhalt und 3 qdm Oberfläche dauert nur 20 Stunden, wobei die Formation, in der Mitte der Masse anfangend, nach dem Bleirahmen zu fortschreitet (?).

Ad 89422. Es wird z. B. trockene Harnsäure mit trockenem, kohlenurem Bleioxyd gemischt und dann durch Zusatz von heissem Wasser eine knetbare Paste hergestellt, welche in den Träger eingetragen wird. Die Platten werden bei 100° C. getrocknet und darauf in bekannter Weise formiert. Dieselben sollen besonders hart und leitungsfähig sein und per 1 kg wirksamer Masse 100 Ampèrestunden (oder 85 % der theoretischen Leistungsfähigkeit von Bleisuperoxyd) liefern.

Es wäre doch interessant, die „bekannte“ Formierungsweise näher kennen zu lernen. Verdünnte Schwefelsäure kann dabei als Elektrolyt kaum in Betracht kommen, da sich so gleich Bleisulfat aus dem Bleiweiss bilden müsste. In verdünnter Bittersalzlösung ist aber Bleiweiss beinahe so schwierig in Bleischwamm oder Superoxyd überzuführen, wie Bleisulfat. Der erhaltene Bleischwamm ist allerdings bedeutend feiner und poröser, als die aus Glätte erhältliche, wogegen das Superoxyd geringe mechanische Festigkeit zeigt. Was noch aus

der Harnsäure wird, ist vom Erfinder mit Stillschweigen übergegangen worden.

Ad 92729. Aloin wird in Wasser, Alkohol oder Aether etc. gelöst und die Lösung mit Bleioxyden zum Teig angemacht und dieser in geeignete Träger eingetragen und nach dem Trocknen formiert.

Durch Verreiben von Aloin mit Bleiglätte in einer Schale und Hinzufügen von so viel Wasser, dass eine steife Paste entsteht, lässt sich noch besser, als nach obiger Vorschrift, eine erhärtende Masse erhalten.

Ad 93043. Es wird eine Lösung von Karbolsäure, oder Kresol, oder Naphtol, oder Anthrol, oder Brenzkatechin, oder Pyrogallussäure, oder Tannin in Alkohol, oder Aether, oder Benzol mit Bleioxyd angerührt. Auch das mit alkoholischer Tanninlösung angemachte Bleiglättemehl erhärtet beim Liegen an der Luft. Siehe auch die Anmerkung zu Nr. 78865.

Ad 95903. Man vermischt das in Form eines Sirups in geeigneter Konzentration befindliche Bleisalz der gewöhnlichen Milchsäure mit z. B. Bleiorange zu einer plastischen Masse, welche nach einiger Zeit unter Bildung basischer Verbindungen erhärtet und in verdünnter Schwefelsäure nicht mehr zerfällt.

Ad 95787. Bernstein soll in einer heissen Mischung von Alkohol und Terpentinöl aufgelöst und in die Lösung Mennige oder Glätte eingetragen werden, bis ein Teig entsteht, welcher in Rahmen noch warm eingestrichen wird. Nach dem Trocknen der Platten in mässiger Wärme werden diese einige Tage in verdünnter Schwefelsäure angesäuert und wie üblich formiert. — Es gelang Verfasser nicht, Bernstein in Alkohol-Terpentin derart aufzulösen, dass eine nennenswerte Menge Bernstein in Lösung ging. Die mit derselben angemachte Glätte- oder Mennigepaste zeigte nach dem Trocknen nicht genügende Festigkeit und zerfiel beim Einbringen in verdünnte Schwefelsäure. Besser löst sich Bernstein in Schwefelkohlenstoff, und es gelang durch mehrmaliges Tränken der damit bereiteten Masse mit dieser Lösung einen

zusammenhängenden Massekuchen zu erhalten, der aber, auch nicht in neutraler Lösung, vollkommen in Bleischwamm übergeführt werden konnte. Der Bernsteinfirnis verhindert den Zutritt des Elektrolyten (Bittersalzlösung) zum Bleioxyd. Es darf gesagt werden, dass bei Befolgung der in der Patentbeschreibung gegebenen Vorschrift es nicht möglich ist, das vom Erfinder geschilderte Resultat zu erhalten. — Der Gedanke, durch Inkorporation des aktiven Materials mit einem Bernsteingerippe die Masseteilchen zu fixieren, an derselben Stelle festzuhalten und dadurch die Desaggregation der Masse zu verhindern, ist schon von Aron versucht worden, der Kolloidumlösung als Bindemittel für Bleioxyde vorschlug. — Bis jetzt scheint es aber noch nicht gelungen zu sein, ein taugliches Imprägnierungsmittel zu finden.

Ad H. 16131. Trotzdem hier, wie bei Nr. 93043, ebenfalls Phenol, Kresol und ähnliche Körper als Bindemittel fungieren, ist doch dieses Verfahren verschieden von dem Böseschen. Während nämlich Bleioxyd mit alkoholischer Phenollösung kein Bleiphenylat bildet, entsteht dieses beim Zusammenbringen von wässrigem Phenol (2%ig) mit Bleiglätte rasch und bewirkt die Verkittung. Bleiphenylat sei ein verhältnismässig guter Elektrolyt, so dass die Formierung oder Zersetzung desselben durch den Strom glatt vor sich gehe.

Ebenfalls von Hammacher stammt her:

P.-A.: „Herstellung der wirksamen Masse für Elektroden elektrischer Sammler, dadurch gekennzeichnet, dass Bleioxyde mit Pyridinkörpern in Gegenwart von Wasser vermischt und dadurch fest untereinander gebunden werden, worauf nach dem Trocknen die Formierung erfolgen kann.“

D. Man hat Mennige, Glätte mit Pyridin, Pikolin, Lutidin etc. in Gegenwart von Wasser zu einem Teig anzukneten, diesen in geeignete Formen zu bringen und zu trocknen. Die erhärtete Masse wird in üblicher Weise formiert. Es kann auch unreines Pyridin (aus Teeröl gewonnen) verwendet werden.

Nach den freundlichen Erklärungen des Erfinders wird,

wenn Mennige mit einer $\frac{1}{2}\%$ igen wässrigen Lösung von Pyridin zu einem Teig angemacht wird, eine vollkommen unlösliche Verbindung gebildet, welche aber, im Gegensatz zum Bleisulfat, elektrisch leitend ist. Die im Ofen getrocknete Masse klingt beim Anschlagen mit einem Schlüssel wie gebrannter Thon. — Die nach dem Imprägnieren in verdünnter Schwefelsäure braun gewordene Masse lässt sich überraschend sicher und leicht im Schwefelsäure-Elektrolyt formieren.

Bei allen Körpern, welche hier als Bindemittel empfohlen werden, ist stets zu bedenken, ob letzteres nicht lösend auf die Bleiträger wirken kann. Bei Essigsäure, Karbolsäure, Milchsäure ist dies anzunehmen. Ferner ist in Betracht zu ziehen, dass aus Blei direkt nicht angreifenden Substanzen, durch Einwirkung der Elektrolyse Produkte entstehen können, welche Blei angreifen. So mögen z. B. aus Glukosiden, wie Saponin, Quercitrin, und Alkaloiden, wie Chinin, Cinchonin, an der Superoxydelektrode Säuren entstehen, welche lösliche Bleisalze bilden. Nur dann, wenn auf unzweifelhafte Weise nachgewiesen werden kann, dass das angewendete Bindemittel absolut widerstandsfähig gegen die in verdünnter Schwefelsäure an den Elektroden auftretenden Ionen ist, sich in keiner Weise verändert — oder wenn sicher festgestellt werden kann, dass das Bindemittel entweder vollkommen oxydiert (in Wasser und Kohlensäure übergeführt) wird, oder bis auf die letzten Spuren vor dem Gebrauche der Elektroden entfernt worden ist —, erscheint es praktisch zulässig, sich eines solchen Körpers zu bedienen. Es ist wohl anzunehmen, dass sich unter der reichhaltigen Auswahl der oben angeführten Körper derartige Substanzen finden werden, welche ohne Schaden für die Dauerhaftigkeit des Accumulators gebraucht werden dürfen, mit Sicherheit möchte aber Verfasser von keinem der vorgeschlagenen Körper dies voraussagen wollen. — Das Bestreben, ein besseres und dauerhafteres Bindemittel für die Bleioxyde zu finden, als es die bei der üblichen Anwendung von verdünnter Schwefelsäure sich bildenden basischen Bleisulfate sind, ist nur zu gerechtfertigt. Jeder Praktiker weiss, dass

die elektrolytische Ueberführung solcher Füllmasse in Bleischwamm oft mit unerwünschten Nebenerscheinungen (Bildung von Blasen z. B.) verknüpft ist, während die Formation des Superoxyds infolge des vorhandenen Bleisulfats oft unvollständig ist. Wenn daher, wie vielleicht beim Pyridin dies der Fall sein könnte, die Erzeugung einer besser leitenden Füllmasse ohne andere Nachteile gelingt, ist dies als Fortschritt zu begrüßen. Das Ideal aller Bindemittel aber müsste ein Verfahren verwirklichen, bei welchem nicht nur die Verkittung der Bleioxyde oder eventuell des Bleischwamms und des Superoxyds durch eine metallisch leitende, widerstandsfähige Substanz erreicht, sondern auch der Zutritt des Elektrolyten zu der aktiven Masse in ungehindertem Masse realisiert würde.

Die Diffusion

der innerhalb und ausserhalb der Füllmasse befindlichen Flüssigkeiten ist von E. Gülcher auf ausgezeichnete Weise vorgeesehen worden. Die Gülcher-Elektrode besteht aus einem Gewebe, das aus Bleidrähten (als Kette) und Glaswolle (als Schuss) gefertigt wird. Ein Rahmen aus Hartblei gibt der Platte die nötige Versteifung und den Abschluss. Das Gewebe wird mit Füllmasse imprägniert. Es lässt sich nun annehmen, dass die feinen Glasfäden der Glaswolle eine Kapillarwirkung ausüben und bei Ungleichheiten in der Zusammensetzung der innerhalb und ausserhalb der Platte befindlichen Flüssigkeiten diese mit grosser Kraft einen Ausgleich herbeiführt. Zudem wird das Füllmaterial mit unzähligen kapillaren Flüssigkeitsfäden durchzogen, da jeder Glasfaden eine Strasse für den Elektrolyt vorbereitet. Aber auch direkt zum Leiter, den vertikal und parallel laufenden Bleidrähten führen zahllose kapillare Flüssigkeitsfäden. Wie aus den am Schluss des Buches aufgeführten Messungen hervorgeht, zeigt sich der Gülcher-Accumulator in jeder Beziehung allen anderen, damit verglichenen Fabrikaten weitaus überlegen, was die elektrischen Konstanten betrifft. Die Ausnützung der Füllmasse in demselben ist am grössten, der

Widerstand ungemein gering, die Depolarisationsfähigkeit fast ideal zu nennen.

Herr Gülcher war so freundlich, nachstehende Angaben über seine Platten zu machen.

Die Type	A ₂	A	C	E	wiegt vor dem Imprägnieren
	98	165	360	690	g, und
	193	331	800	1560	g nach dem Imprägnieren,
enthält also	95	166	440	870	g eingetragene Masse.

Auf die Gewichtseinheit Füllmasse bezogen, zeigt der Gülcher-Accumulator die höchste Kapazität sämtlicher, dem Verfasser bekannter Accumulatoren.

Die positiven und negativen Platten werden genau identisch hergestellt und enthalten dasselbe Quantum Füllmasse. Da in den transportablen Accumulatoren auch gleich viele positive und negative Platten sind (nicht eine negative Platte mehr als die Zahl der positiven beträgt, wie bei allen anderen Accumulatoren), stellt sich die auf 1 kg Superoxydfüllmasse oder Bleischwamm (da die Kapazität der beiden Elektroden genau gleich gross ist) entfallende nutzbare Entladungskapazität (unter Zugrundelegung des untersuchten Typus A₄)

bei 6stündiger Entladung auf	75	Ampèrestunden
" 8	"	" 81,3
" 10	"	" 85,8
" 12	"	" 90,4
" 15	"	" 98
" 20	"	" 110
" 30	"	" 123,5

Bei der Annahme, dass sich das Superoxyd bei der Entladung in die dem Bleioxyd entsprechende Oxydationsstufe reduziere, werden 4,442 g Bleisuperoxyd durch eine Ampèrestunde in Bleioxyd übergeführt. Da in dem betrachteten Accumulator vier positive Platten A oder 664 g Füllmasse der positiven Platten vorhanden sind, ist die theoretische Kapazität

$$\frac{664}{4 \cdot 442} = 150,2 \text{ Ampèrestunden.}$$

Berücksichtigt man, dass die

obigen Kapazitätswerte dahin zu verstehen sind, dass dieselben nur die innerhalb 10 % Abfall der Klemmenspannung erhältlichen Strommengen vorstellen und bei tiefer gehender Entladung noch weitere Strommengen dem Accumulator entnommen werden können, so befindet sich die für 30stündige Entladung gültige Kapazität nicht mehr weit von der theoretischen.

Der Gülcher-Accumulator beseitigt einen theoretischen Zweifel; man sieht, dass das Superoxyd wirklich in die dem Bleioxyd entsprechende Oxydationsstufe übergeht, und nicht etwa in eine höhere, vielleicht dem Bleisesquioxid zukommende, denn in letzterem Falle würden überhaupt nur 75 Ampèrestunden Kapazität pro Kilo Superoxyd als theoretische Kapazität entfallen. Diese Annäherung an die von der Theorie gezogene Grenze ist ein weiterer Beweis für die vollkommene Konstruktion, welche die Erfindung Gülchers verwirklicht.

Das unter D. R.-P. von Weise geschützte Verfahren, durch Einlegen oder Einziehen von Fäden die Porosität der Füllmasse zu erhöhen, resp. das Diffundieren der Flüssigkeiten zu erleichtern, ist schon früher in ähnlicher Form vorgeschlagen worden, mit Wollfäden, Asbestschnüren, Kuhhaaren als Zusatzmittel.

Ebenfalls hieher gehört die Beimischung von Bimsstein, welche die Gelnhausener Accumulatoren, resp. deren Füllmasse erhalten.

Kapitel V.

Das Formieren der Rohplatten.

Wenn zwei, mit Bleiglätte (oder Mennige) versehene Gitter oder Platten in verdünnte Schwefelsäure gestellt werden, so zwar, dass sich dieselben nicht berühren können, und durch einen Verbindungsdraht metallische Leitung zwischen diesen Platten hergestellt wird, tritt kein messbarer elektrischer Strom auf. Das Potential der beiden Platten ist dasselbe und infolge des Mangels jeglicher Potentialdifferenz oder elektrischer Spannung zwischen den beiden Platten auch kein Anlass zum Auftreten eines Stromes gegeben. Erst dadurch, dass durch entsprechende elektrolytische Prozesse die Bleiglätte auf der einen Platte in schwammförmiges Blei und auf der anderen in superoxydiertes Blei übergeführt wird, werden die Elektroden zur Abgabe von Elektrizität geeignet gemacht. Nachdem die praktische Ausbildung der Formationsverfahren der theoretischen Erläuterung derselben vorangegangen ist (wie ja meistens die Technik der Theorie voraussetzt), soll auch hier zuerst die Darstellung der fabrikmässigen Verfahren kommen und die theoretische Beleuchtung nachfolgen. — Die Erzeugung der Bleischwamm- resp. Superoxydschichten aus dem Blei der leitenden Träger selbst, wie solche zuerst von G. Planté in grösserem Stil ausgeführt worden ist, soll zusammen mit den verschiedenen „beschleunigten Formierprozessen“ gesondert behandelt und zunächst die elektrolytische Behandlung der, nach Faures Verfahren vorbereiteten Elektroden erörtert werden.

Auf drei Wegen kann formiert werden, nämlich:

1. in saurer Lösung,
2. in neutraler Lösung,
3. in alkalischer Lösung.

Formation mit verdünnter Schwefelsäure als Elektrolyt.

Hier sind zwei verschiedene Modifikationen zu unterscheiden; nach dem Verfahren der Electrical-Power-Storage-Co. in London werden die Bleischwammlatten für sich und die Superoxydplatten ebenfalls getrennt für sich bereitet. — Gülcher formiert, wie weiter unten angeführt ist, in einem und demselbem Gefäß beide Elektroden gleichzeitig in einer einzigen Operation.

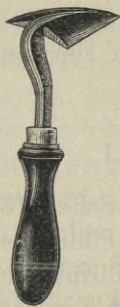
Formation negativer Platten. (E.-P.-S.-Platten.)

Die auf Seite 76 angeführten und, wie auf Seite 176 angegeben, gepasteten Gitter wurden, nachdem die Füllmasse genügende Erhärtung zeigte, zusammen mit blanken Bleiplatten desselben Formats in Formiergefäße eingebaut. Als solche dienten mit 2 mm dickem Bleiblech ausgeschlagene Holzkasten von 27 cm Breite, 32 cm Tiefe und 64 cm Länge.

Von der Mitte jedes Gefäßbodens führt ein Bleirohr von 3 cm Durchmesser senkrecht nach unten in eine Steingutrinne. Das Ende des 10 cm langen Rohres ist durch ein Stück Gummischlauch mit Quetschhahn verschlossen. — Auf den Boden des Formiertroges werden nun zwei, mit Paraffin imprägnierte Holzplatten der Länge des Gefäßes nach- und zueinander parallel, mit einem Abstand von 180 mm gelegt. Jetzt wird an die eine Schmalseite des Troges ein paraffiniertes Holzbrett angelegt und an dieses die erste Bleiplatte. Diese ist, wie alle übrigen blanken Bleche, mit drei Gummiringen von rechteckigem Querschnitt (6 mm Breite und 12 mm Dicke) umgeben, so zwar, dass ein Ring in der Mitte der Platte senkrecht aufsitzt, während die zwei übrigen Ringe 1 bis 2 cm von den beiden vertikalen Kanten abstehen. Es folgt nun

das erste gefüllte Gitter, das sanft gegen die Gummisolierung vorerwähnten Bleiblechs angedrückt wird; dann kommt wieder eine armierte blanke Platte, darauf das zweite gefüllte Gitter u. s. w., bis der Kasten angefüllt ist. Auf diese Art kommt immer ein gefülltes Gitter zwischen zwei blanke Bleche zu stehen und der Abstand jenes von diesen ist je 12 mm, entsprechend der Dicke der Gummiringe. Die Fahnen der gefüllten Gitter müssen sämtlich nach derselben Seite, diejenigen der blanken Platten alle nach der entgegengesetzten

Fig. 94.



Schaber.

Seite liegen. Ebenso ist darauf zu achten, dass keine Platte mit der Gefässwandung in Berührung komme.

Die Nebenschlussdynamo, welche den elektrischen Strom lieferte, gibt normal 130 Volts Spannung und 100 Ampère. Es können also 50 Tröge auf besagte Weise beschickt und in Reihenschaltung miteinander verbunden werden. Die Formiertröge stehen sämtlich in einer geraden Reihe, mit den Schmalseiten aneinandergerückt, wobei aber die benachbarten Tröge sich nicht berühren, sondern immerhin 1 Zoll voneinander abstehen.

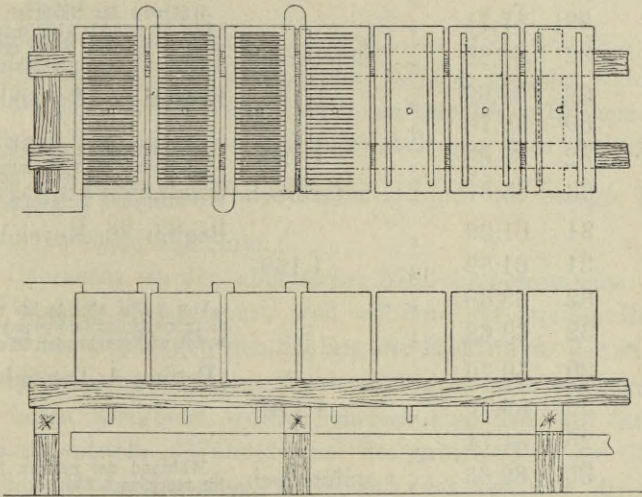
Nun werden die gefüllten Gitter jeden Troges an einen verzinnnten Kupferdraht angeschlossen, indem die höchstgelegene Stelle jeder Gitterfahne mit dem Schaber (s. Fig. 94) blank gekratzt, darauf mit Talg bestrichen, mit etwas Koloophonimpulver bestreut und durch Betupfen mit dem LötKolben verzinnt wird. Hierauf kann der Kupferdraht über diese Fahnen gelegt und durch Andrücken mit dem Kolben die Lötverbindung bewerkstelligt werden.

Auf ähnliche Weise werden auch die blanken Bleiplatten in jedem einzelnen Gefäss an je einen gemeinsamen Kupferdraht angeschlossen. In Fig. 95 sind die leeren Bleibleche durch dicke, die gefüllten Gitter durch dünne Striche angedeutet. Die Reihenschaltung geschieht dadurch, dass immer der Draht von den Bleiblechen des nächstfolgenden Troges mit dem, die gefüllten Gitter des vorhergehenden Troges ver-

bindenden Draht mittels einer Messingklemme vereinigt wird. Um das Abfließen des Stromes in die Erde zu verhindern und auch mit Hinsicht auf bequemes Arbeiten an den Trögen sind diese auf zwei gut geteerten Längsbalken, die selbst wieder auf $\frac{1}{2}$ m hohen geteerten Böcken liegen, gestellt.

Nun können die Tröge mit Schwefelsäure von 1,170 spez. Gew. angefüllt werden. Von einem, mit Bleiblech ge-

Fig. 95.



Anordnung der Formiergefäße.

fütterten Holzbottich, der, etwas höher als die Gefäße, in der Mitte des Formierraumes steht, wird durch einen, vom bleiernen Ablassheber des Bottichs ausgehenden Gummischlauch überall so viel Säure eingelassen, dass die Flüssigkeit einige Centimeter über die oberen Plattenkanten reicht. Das Säureeinfüllen muss rasch hintereinander geschehen und, sobald es beendet ist, der Strom angelassen werden. Der positive Pol der Dynamo wird mit den blanken Platten des ersten Troges, und der negative Pol mit dem, von den gefüllten Gittern des letzten Troges kommenden Kupferdraht verbunden. Pro eingesetzter

Platte soll die Stromstärke 2 Ampère betragen, so dass auf die 30 gefüllten Gitter jeden Troges 60 Ampère entfallen.

Beispiel. Anzahl der gefüllten L-Gitter 1500.

Zeit.	Ablesung.	Stromstärke.	Säuredichte.	Bemerkungen.
6.30	35	69,65	Ampère 1,170	Beginn 28. November
8	31	61,69	"	
10	32	63,68	"	
12	33	65,67	" 1,140	
2	29	57,71	"	Während der Nachtzeit, von 6 Uhr abends bis 5 Uhr morgens wird in gleicher Weise mit der Stromlieferung fortgefahren.
4	32	63,68	" unterbroch.	
6	32	63,68	" 1,130	Beginn 29. November
10	30	59,70	"	
2	32	63,68	" 1,130	Während der Nachtzeit, von 6 Uhr abends bis 5 Uhr morgens, wird in gleicher Weise mit der Stromlieferung fortgefahren.
5	33	65,67	" unterbroch.	
6	31	61,69	"	Beginn 30. November
10	31	61,69	" 1,150	
2	32	63,68	"	Von 6 Uhr abends bis 5 Uhr morgens dauert der Strom an wie in den vorhergehenden Nächten.
4	32	63,68	"	
6	30	59,70	"	Beginn 1. Dezember
10	30	59,70	" 1,170	
2	26	51,74	"	
5	35	69,65	" unterbroch.	Während der ganzen Nacht bis morgens 6 Uhr.
6	32	63,68	"	Beginn 2. Dezember
10	34	67,66	" 1,175	
2	34	67,66	"	
5	33	65,67	" unterbroch.	Während der ganzen Nacht bis morgens 6 Uhr.
6	32	63,68	"	
10	32	63,68	"	
1	32	63,68	" 1,180	Schluss

Im Ganzen sind zwischen 5700 bis 5800 Ampèrestunden eingeleitet worden. — Die blanken Bleibleche wurden rasch schwarzbraun und zeigten schon von Anfang an Gasblasen (Sauerstoff), wogegen die gefüllten Gitter erst am zweiten Tag ebenso viel Gas abgaben, wie die Bleibleche.

Ein solches L-Gitter wiegt leer 1,475 kg, mit Paste (aus 1,360 kg Glätte und 0,227 kg Schwefelsäure von 1,100 kg spez. Gew. bereitet) 2,268 kg, enthält daher etwa 680 g Bleioxyd. Die 30 Gitter eines Troges enthalten 20,4 kg Glätte, welche 183 g Wasserstoff brauchen, damit aller Sauerstoff entzogen und nur noch Blei übrig bleibe, denn die Verhältnisse erfordern, dass auf

1 Molekül Bleioxyd, PbO , im Gewicht von $206,5 + 16 = 222,5$ g

1 Molekül Wasserstoff, H_2 , im Gewicht von 2 g treffen muss, damit

1 Molekül Wasser, H_2O , im Gewicht von $2 + 16 = 18$ g und

1 Atom Blei, Pb , im Gewicht von 206,5 g gebildet werde.

Durch die einer Ampèrestunde entsprechende Strommenge werden 0,0374 g Wasserstoff entwickelt, so dass theoretisch

$$\frac{183}{0,0374} = 4900 \text{ Ampèrestunden nötig sind, um besagte Formation zu Ende zu führen.}$$

Gebraucht wurden aber sicher 5700 Ampèrestunden, und zwar deshalb soviel mehr, weil während der zweiten Hälfte und namentlich gegen den Schluss der Elektrolyse der an den Gitterplatten abgeschiedene Wasserstoff nicht mehr vollkommen von diesen absorbiert wurde, sondern zum Teil als Gas in die Luft entwich. Wenn einmal der grösste Teil der Glätte zu Blei reduziert worden, findet sich das restliche Bleioxyd in Bleischwamm eingehüllt, der dasselbe vor dem Angriff des elektrolytischen Wasserstoffs zu schützen scheint.

Das Ende der Formation wird daran erkannt, dass die Gitterplatten gleichmässige, mausgraue Färbung annehmen und keine missfarbigen oder gelblichen Flecken mehr zeigen. Auch muss die Säure in den Trögen, trotzdem durch die Gasblasen Säure in die Luft mitgerissen und dieser Verlust nur durch reines Wasser ersetzt wurde, schliesslich doch noch das ursprüngliche spezifische Gewicht überschreiten, da die noch von der Pastung herrührende Säure auch in die Flüssigkeit übergeht und diese konzentrierter werden lässt. Das Bleisulfat, das sich nach dem Pasten und auch während

des Einhängens der gefüllten Platten in die Formierschwefelsäure bildet, wird durch den Strom zersetzt, indem daraus Blei abgeschieden wird und der elektrolytische Wasserstoff sich mit dem Rest (Sulfion) zu Schwefelsäure vereinigt.

Bevor die fertigen Bleischwammplatten aus der Flüssigkeit kommen, müssen dieselben zuerst entladen werden. Die von den beiden Endpolen der Batterie zur Dynamo führenden Leitungen werden von dieser gelöst und ein Wasserwiderstand zwischen dieselben geschaltet. In ein oben offenes Petrolfass werden zwei Eisenbleche gehängt und, damit sich dieselbe nicht berühren, ein Brett dazwischen gestellt. Dann wird das Fass etwa zur Hälfte mit verdünnter Sodalösung angefüllt.

Der Ampèremesser, welcher zur Kontrolle des Formierstromes diente (mit der Konstanten 1,99), verbleibt in der Leitung und dient auch zur Messung des Entladestromes.

Zeit	Ablesung	Stromstärke
8	45	89,55 Ampère
9	45	89,55 "
10	46	91,54 "
11	43	85,57 "
12	40	79,60 "

Durch Verschieben der Eisenbleche kann die Stromstärke reguliert werden. Der Entladestrom geht plötzlich auf Null herab. Nun werden mittels eines Gebläses die Lötstellen der Bleischwammplatten mit dem sie vereinigenden Kupferdraht gelöst, dieser abgehoben, die Platten durch kräftiges Anfassen mit einer Sattlerzange aus der Flüssigkeit herausgezogen und auf Holzgestelle zum Abtropfen plaziert.

Nach einiger Zeit steigen Dämpfe von diesen Platten auf; letztere fühlen sich warm an. Dadurch wird das Trocknen beschleunigt und nun kann jede Platte auf ein glattes Brett gelegt und auf beiden Seiten mit Stahldrahtbürsten geschauert werden. Zeigen sich blasige Aufschwellungen an der Oberfläche, so werden diese durch Abfeilen mit feinen Raspeln

beseitigt. Die Schwammelektroden sind jetzt vollkommen fertig zum Aufbau für Accumulatoren.

Nun kann auch die Säure aus den Trögen durch Oeffnen der Quetschhähne in die Rinne und von dieser in ein, im Boden eingegrabenes Bleireservoir abgelassen werden, aus welchem sie mittels Injektor wieder in den früher erwähnten Bottich zurückgebracht wird. Die leeren Bleibleche zeigen schmutziggelbbraune Farbe; sie werden ebenfalls aus den Trögen entfernt und mit Wasser abgewaschen. Sind endlich noch die Tröge durch Bürsten und Waschen gesäubert worden, so kann eine frische Formation vorbereitet werden.

Formation positiver Platten. (E.-P.-S.-Platten L-Type.)

Das Verfahren ist beinahe genau so wie bei der Formierung negativer Platten, nur werden anstatt der leeren Bleibleche den zu formierenden, mit Mennige gefüllten Gittern alte Bleischwammplatten gegenübergestellt. In nachfolgendem Beispiel wurden wieder 50 Tröge hintereinander beschickt; jeder hatte, innerhalb gemessen, 27 cm Breite, 30 cm Höhe, 86 cm Länge. Das Ablassrohr für die Säure, die Aufstellung auf geteerten Balken und Holzböcken, kurz, die ganze Anordnung der Formiergefäße ist vollkommen identisch mit der vorgehend beschriebenen, nur sind die Gefäße länger. Beim Einpacken wird wieder zuerst ein Holzbrett an die eine Schmalseite gelegt, dann an diese eine alte Schwammbleiplatte (L-Type), welche mit drei Isoliergummiringen umgeben ist, gedrückt, hierauf ein Mennigegitter, darauf eine zweite Schwammbleiplatte mit Gummiringen, dann das zweite Mennigegitter u. s. w., bis der Trog angefüllt ist, wobei aber die letzte Platte eine Schwammbleiplatte sein muss. Ein passendes Brett, das zwischen dieser und der zweiten Schmalwand des Kastens eingeschoben wird, verhindert den Kontakt der Endplatte mit der Bleibekleidung des Gefäßes. Jeder Trog fasst 35 Mennigegitter und 36 alte Schwammbleiplatten, welche wieder je an einen gemeinsamen verzinnnten Kupferdraht angeschlossen werden. In Fig. 95 bedeuten die dünnen Striche die Men-

nigegitter, die dicken Striche die alten negativen Platten; aus Fig. 95 ist auch die Verbindung der Kupferdrahtenden ersichtlich. Sobald sämtliche 50 Tröge vollkommen hergerichtet sind, kann die Säure (von 1,170 spez. Gew.) eingefüllt (es kommen durchschnittlich 50 l in einen Trog) und nun unverzüglich der Strom angelassen werden. Der positive Pol der Dynamo wird mit den Mennigegittern des letzten Troges und der negative Dynamopol mit den negativen Platten des ersten Troges in Verbindung gesetzt. Das Einfüllen der Säure soll höchstens eine Stunde Zeit beanspruchen. Die Stromstärke beträgt etwa 2 Ampère per Mennigegitter, doch ist es besser, dieselbe eher etwas höher zu halten, damit der Formierprozess rascher zu Ende geht, da sonst Bleisulfat auf den Platten entsteht, das schwer zu beseitigen ist. Man nimmt frisch angemachte Schwefelsäure und verwendet die von der vorhergehenden positiven Formierung abfallende Säure in den Wasserstoffapparaten zum Bleilöten.

Beispiel.

Zeit.	Ablesung.	Stromstärke.	Säuregewicht.	Bemerkungen.
4.30	37	74,74 Ampère	1,170	Beginn 29. Nov. 1887 4.30 nachmittags Während der nun folgenden Nacht wird diese Stromstärke möglichst exakt eingehalten.
6	40	80,80 Ampère		Beginn 30. Nov.
8	39	78,78	"	
10	40	80,80	"	
12	42	84,84	"	1,110
2	35	70,70	"	
4	36	72,72	"	
5	36	72,72	"	Der Strom wird über Nacht aufrecht erhalten.
6	37	74,74	"	Beginn 1. Dez.
8	38	76,76	"	
10	38	76,76	"	
12	40	80,80	"	1,145
2	42	84,84	"	Der Strom wird über Nacht, bis 5 Uhr morgens, aufrecht er- halten und dann unterbrochen. Die Operation ist fertig; das Säuregewicht 1,175.
4	37	74,74	"	
5	37	74,74	"	

Die Konstante des Strommessers beträgt hier 2,02.

Es hat also 60 Stunden gedauert, bis die Operation beendet war; dabei sind im Mittel 78 Ampère oder im ganzen 4680 Ampèrestunden aufgewendet worden. Das Ende der Formation wird daran erkannt, dass die Superoxydplatten stark Sauerstoff abgeben und gleichmässig schwarz geworden sind. Die Formierbatterie wird nicht entladen, wie beim früheren Beispiel, sondern nach der Entfernung der die Superoxydplatten verbindenden Kupferdrähte werden jene aus der Säure gezogen, in Wasser gestellt und darauf nass mit Wurzelbürsten abgebürstet. Dabei wird ein weisser Anflug auf der Oberfläche der Platten entfernt. Die Platten sind fertig zum Aufbau von Accumulatoren.

Die in den Trögen zurückbleibenden alten Schwammbleiplatten werden nicht von den Kupferdrähten losgelöst, sondern es kann ohne weiteres eine frische Ladung Mennigegitter zwischen dieselben eingesetzt werden. Auch die Säure bleibt stehen und wird erst nach der dritten Operation durch neue ersetzt.

Ein L-Gitter, positiv, wiegt leer 1,723 kg; mit Mennigepaste (aus 1,447 kg Mennige und 0,227 kg Schwefelsäure von 1,170 spez. Gew. bereitet), gefüllt, wiegt es 2,495 kg, enthält sonach 1,07 kg Paste. Diese selbst enthält 666 g Mennige. Die 35 Gitter eines Troges enthalten $666 \times 35 = 23,310$ kg Mennige.

Damit Mennige in Bleisuperoxyd übergeführt werde, ist auf 1 Molekül derselben 1 Molekül Sauerstoff erforderlich; das Molekulargewicht von Mennige, Pb_3O_4 , ist 683,5, wozu 1 Molekül Sauerstoff, O_2 , 32, gefügt werden muss, damit 3 Moleküle Bleisuperoxyd, PbO_2 , $238,5 \times 3 = 715$ Gewichtsteile entstehen.

Obige 23,31 kg Mennige erfordern $\frac{23,31 \times 32}{683,5} = 1,091$ kg Sauerstoff. Nun setzt die Strommenge von 1 Ampèrestunde 0,298 g Sauerstoff in Freiheit, so dass $\frac{1091}{0,298} = 3660$ Ampèrestunden genügen sollten, die Formation zu beendigen. Dass

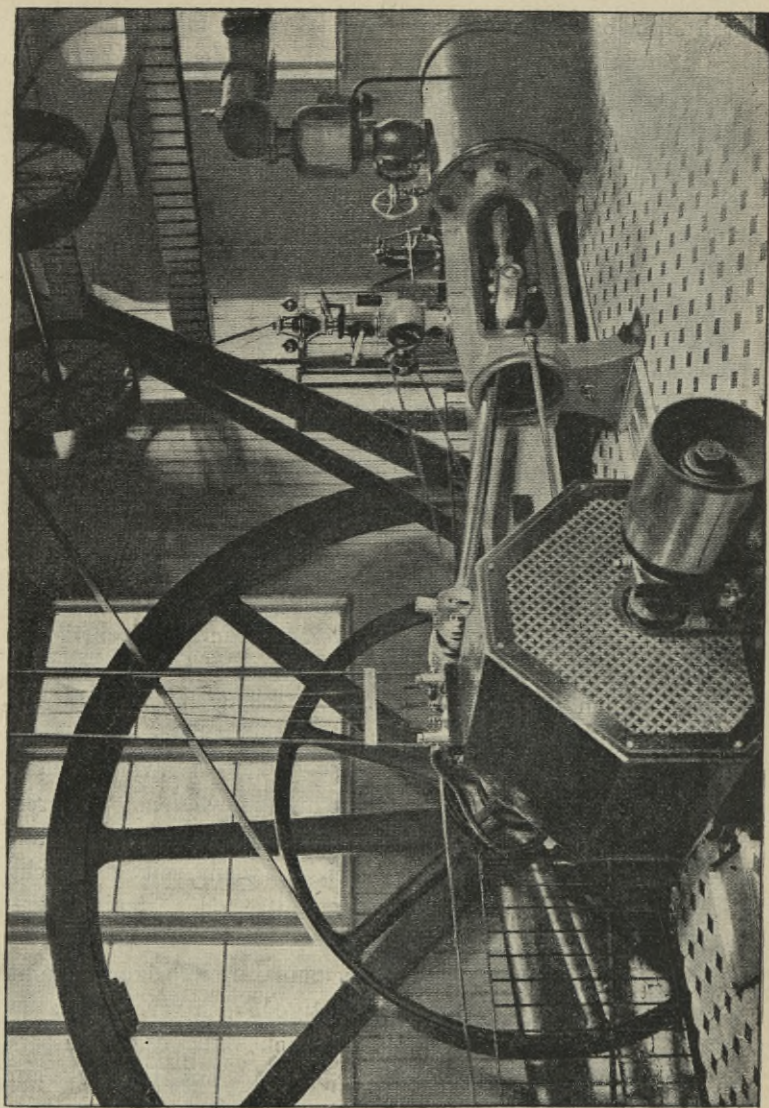
1000 Ampèrestunden in Wirklichkeit mehr gebraucht worden sind, kommt daher, dass ein grosser Teil des an den Mennigepplatten abgeschiedenen Sauerstoffs sich, ohne in Verbindung mit der Mennige zu treten, als Gas an die Oberfläche der Flüssigkeit begibt und in die Luft entweicht. Der Sauerstoff will weniger gerne Bleisuperoxyd bilden, als der Wasserstoff Bleischwamm erzeugt.

Das im vorstehenden geschilderte, wenigstens schon 12 Jahre alte Formierverfahren ist begreiflich im Laufe der Zeit verfeinert und vervollkommenet worden. Der Einfluss der Säurekonzentration, der Temperatur, von Beimengungen zum Elektrolyten, der Stromdichte macht sich, wenn auch nicht bei allen Systemen mit gleicher Intensität, doch in derselben Richtung bemerkbar.

Formiereinrichtungen.

Sobald die Fabrikation diejenige Ausdehnung angenommen hat, welche für ein rentables Unternehmen erforderlich ist, zeigt sich, dass der Formierbetrieb am vorteilhaftesten ununterbrochen Tag und Nacht fortgesetzt wird. Im allgemeinen wird die dazu nötige Elektrizität sich am billigsten bei Selbsterzeugung stellen. Bei der Ausnutzung grosser Wasserkräfte können die Erzeugungskosten sich so niedrig stellen, dass es vorteilhaft wird, event. die elektrische Energie zu beziehen und auf eine eigene Kraftanlage zu verzichten. Doch muss hiebei wohl in Betracht gezogen werden, dass dadurch eine durchaus nicht wünschenswerte Abhängigkeit der Fabrik von dem Elektrizitätsunternehmen geschaffen wird; auch ist die Wahrscheinlichkeit von Betriebsstörungen zu erwägen, durch welche der Vorteil billiger Kraft illusorisch gemacht werden könnte. Der idealste Fall (welcher, soviel dem Schreiber bekannt ist, bisher noch nicht verwirklicht wurde) ist dann gegeben, wenn der Accumulatorenfabrik eine genügend grosse, billige Wasserkraft, die weder in Dürre noch Frost unter das Bedarfsniveau sinkt, zur Verfügung steht. Bei solcher Sachlage kann sogar die Heizung der Fabrik im Winter elektrisch

Fig. 96.



Maschinenraum der Kölner Accumulatorenwerke G. Hagen, Kalk.

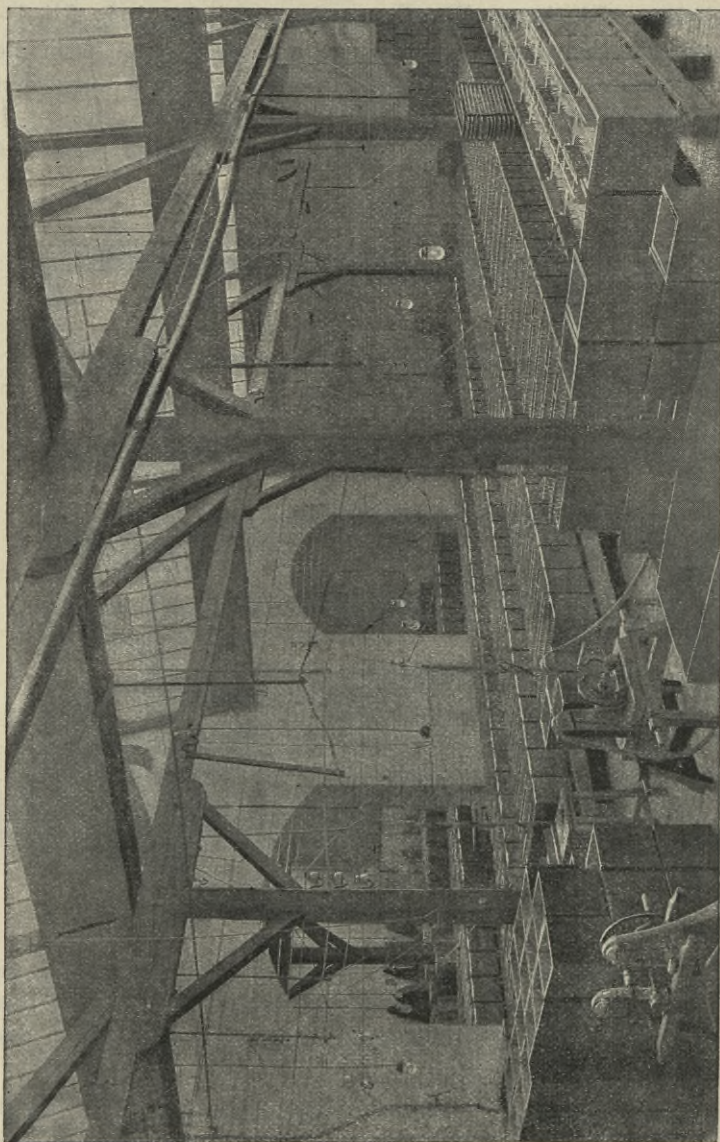
besorgt werden. Immer noch sehr vorteilhaft ist es, wenn eine, wenn auch variable, Wasserkraft zur Hand ist, von solcher Stärke, dass bei normalen Zeiten der Kraftbedarf

durch dieselbe gedeckt wird. Es ist dann allerdings noch eine Kraftanlage erforderlich, welche zur Zeit des Zurückgehens der Wasserkraft (Sommer oder Winter) in Gang gesetzt werden muss. Je nachdem sich diese Eventualität auf kurze Zeit (wenige Tage oder Wochen jedes Jahr) oder auf längere Zeitabschnitte erstreckt, richtet sich die Reservekraftanlage. Im einen Fall wird vielleicht ein Zwillingswassergasmotor samt Gaserzeugungsapparat genügen, während im anderen je nach Umständen Dampfmaschinen oder Gasmotoren angelegt werden. Gewöhnlich findet man als Kraftquelle bei Accumulatorenfabriken stationäre Dampfmaschinen mit entsprechender Kesselanlage.

Fig. 96 zeigt eine Maschine mit Corliss-Steuerung, die mit Expansion und Kondensation arbeitet. Bei Grössen über 100 Pferdekraften schwankt die Tourenzahl der Antriebswelle zwischen 60 und 70 per Minute. Die Dynamo kann daher nicht direkt angetrieben werden (falls nicht etwa eine Radankermaschine nach Fritsche gewählt wird), sondern wird mittels Vorgeleges und doppelter Uebersetzung betrieben. In der Figur ist die Riemenscheibe des Dynamo sichtbar, da der Antriebsriemen gerade abgenommen worden ist. Anstatt nur eine Dampfmaschine und Dynamo von solcher Stärke zu nehmen, als die Berechnung ergeben hat, ist vorzuziehen, zwei, aber entsprechend kleinere Sätze zu wählen. Dadurch wird ein grösserer Schutz gegen Betriebsstörungen und dann auch etwas mehr Oekonomie erreicht, wenn zeitweise nicht die volle Kraft, sondern nur die Hälfte oder weniger gebraucht wird.

Bei neu zu errichtenden Accumulatorenfabriken kommt es auch darauf an, möglichst günstige Frachtverhältnisse zu gewinnen, da bekanntlich Blei ins Gewicht fällt. Auch Wasserversorgung und Kanalisation sind gerade mit Hinblick auf die Formationsarbeiten von Bedeutung. Die Fabrik, welche per Wasserweg den Bezug der Rohstoffe vornehmen kann, wird einer nur auf den Schienenweg angewiesenen Firma gegenüber im Vorteil sein. Auch wird bei ersterer die Be-

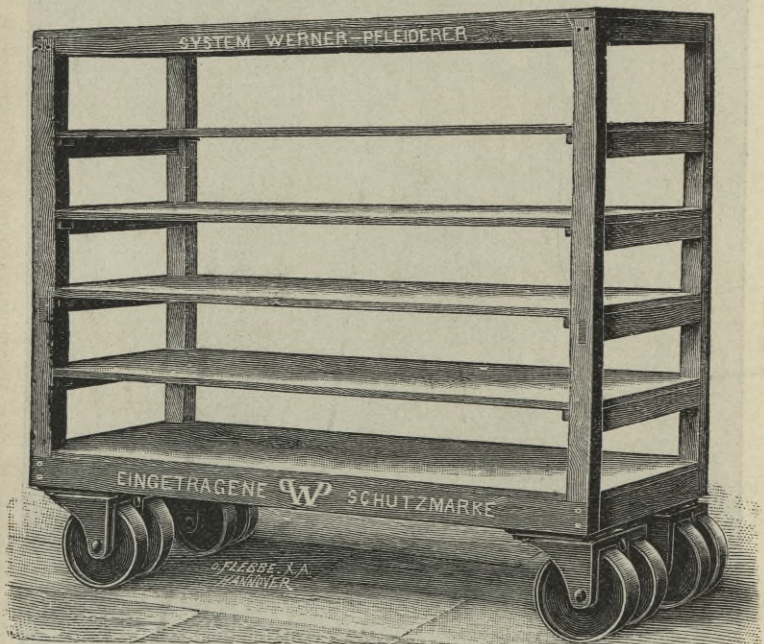
Fig. 97.



Formierraum der Kölner Accumulatorenwerke G. Hagen, Kalk.

seitigung der Abwässer weniger Kosten bereiten, als bei letzterer. Die innere Einteilung oder architektonische Gliederung des Fabrikgebäudes kommt in letzter Linie, denn die Accumulatorenfabrikation macht beinahe gar keine besonderen Ansprüche an die Räume, in denen sie betrieben werden soll. Am meisten ist darauf zu halten, dass genügend Licht und

Fig. 98.



Fahrgestell. Werner & Pfeiderer, Cannstatt.

Luft (Ventilation) gegeben und die Erwärmung der Räume im Winter keine ausserordentlichen Vorkehrungen oder Kosten verursacht. Wasserleitung (und event. Dampfleitung) sind natürlich wünschenswert.

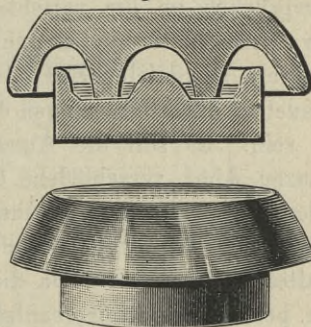
Die der Güte der Kölner Accumulatorenwerke G. Hagen zu verdankende Reproduktion des **Formierraumes** dieser Firma zeigt, wie ein solches Lokal zweckmässig gestaltet wird, wenn

es sich darum handelt, eigens zum Formieren ein solches zu bauen. Shedbau ist hier besonders angenehm, weil das hohe Gewicht der Formierbatterien an und für sich die Aufstellung derselben auf dem Erdboden empfiehlt und die Abführung der Abfallwässer am leichtesten vorgesehen werden kann. Das von oben her fallende Licht erleichtert die Arbeiten beim Einsetzen und Verlöten der Platten; durch Lüften von in der Glaswand angebrachten Flügeln ist den sauren Nebeln ein bequemer Abzug zu geben. Der Fussboden dieses

Raumes ist mit Asphaltbekleidung versehen und diese so gelegt, dass der Boden in sanfter Neigung nach der Mitte zu abfällt. Durch regelmässig verteilte Glühlampen, die mit wasserdichten Schutzbirnen umgeben sind, kann der Raum beleuchtet werden. Die Leitungsdrähte sind nackt, ohne jede Isolierung auf Porzellanisolatoren verlegt; dabei sind sie so

gezogen, dass dieselben über den Gängen, die zwischen den Reihen der Tröge frei bleiben, hängen. Die der Heizung des Raumes Dampf zuführende Leitung ist mit Isoliermasse umgeben. Das Entleeren der Säure aus den Trögen, sowie das Einfüllen derselben geschieht hier durch eine aus Hartgummi und Blei gefertigte Flügelpumpe, was den Vorzug hat, dass keine umständlichen Reservoiraufstellungen resp. Eingrabungen nötig sind und die Kästen keine Ablassöffnungen zu haben brauchen. Doch ergibt sich, dass diese Pumpen oft reparaturbedürftig werden und die Formierkästen nicht vollkommen oder dann nur mit Umständlichkeiten gereinigt werden können. Die ausgebleiten Formierkästen stehen nicht unmittelbar auf dem niedrigen Balkengestell, sondern ruhen auf je vier Isolatoren (s. die Fig. 99) aus Glas oder Porzellan auf. Wie Fig. 99 zeigt, sind diese zweiteilig; in den unteren Teil, den

Fig. 99.



Teller, wird zur Erhöhung der Isolation etwas Maschinenöl gegossen. Zum Transport der Platten zur und von der Formation dienen auf Rollen montierte Gestelle, deren Holzwerk durch säurefesten Lack gegen die ätzende Säure geschützt wird. Bei der in Fig. 98 dargestellten Konstruktion von Werner & Pfeleiderer in Cannstatt sind die Rollen drehbar angeordnet und aus Hartblei oder sonst einer säurebeständigen Legierung. Diese Fahrgestelle machen zur Voraussetzung, dass der Weg glatt und durch keine Schwellen unterbrochen ist.

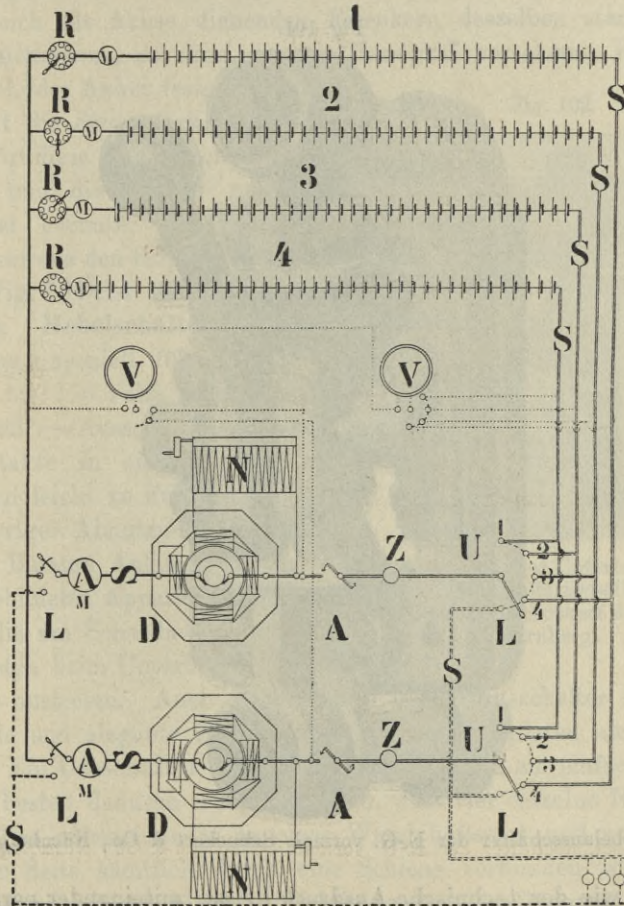
In der Regel genügt nur ein Plattenformat nicht, den Ansprüchen an die variable Leistung und Inanspruchnahme der Accumulatoren zu genügen, sondern es müssen deren mehrere zu gleicher Zeit fabriziert werden. Für jedes Format brauchen die Abmessungen der Formiergefässe nicht besondere zu sein. Es soll die Annahme gemacht werden, dass im ganzen drei verschiedene Grössen von Platten zu formieren seien: Platten grössten Formats für Beleuchtungsaccumulatoren; Platten für Tramwagenaccumulatoren; dann kleine Platten für Batterien aller Art. Da die negativen Platten für sich und die positiven Platten ebenfalls für sich formiert werden, soll je eine Reihe Formiergefässe für negative grosse Lichtplatten und für positive grosse Lichtplatten vorhanden sein. Die Spannung der Dynamo ist zu 130 Volts angenommen, so dass je 40 Formierelemente hintereinander geschaltet werden können. Ebenso sind zwei Reihen Formiergefässe für die Traktionsplatten vorgesehen.

Die kleinen Plättchen werden mittels passender Gestelle aus Isoliermasse in die grösseren Kästen eingesetzt unter der Voraussetzung, dass gelegentlich die Formation der Lichtplatten oder Traktionsplatten für kurze Zeit ausgesetzt werden und an deren Stelle diejenige der kleinen Platten treten könne.

In dem **Schaltungsschema** (Fig. 100) sind zwei Dynamos angedeutet, ferner vier Formierreihen mit der Voraussetzung, dass jede der beiden Dynamos kräftig genug sei, für sich allein den für die Formation nötigen Strom zu liefern. Es kann dann die eine dieser zwei Dynamos für Beleuchtung und

Speisung der Elektromotoren verwendet werden. Jede der beiden Dynamos dient für die andere als Reserve und kann

Fig. 100.

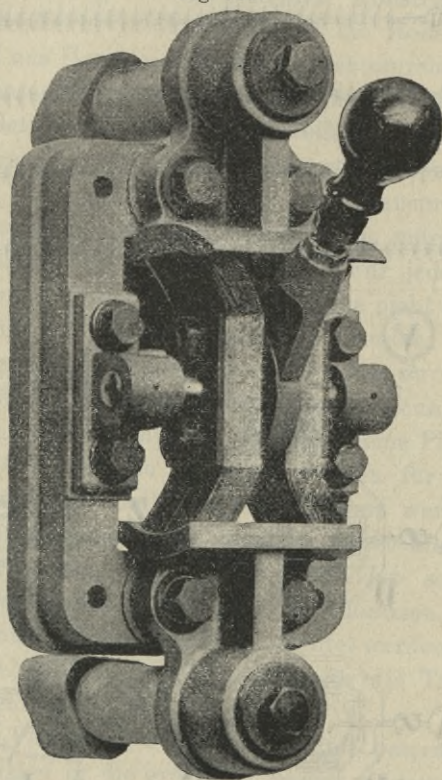


Schaltungsschema.

nach Belieben auf die Formierleitungen oder auf das Lichtnetz geworfen werden. In der Leitung, welche von der linksseitigen Bürste der Dynamo weggeführt, ist eine Bleisicherung S,

ein Ampèremeter A_M und ein Hebelschalter markiert. Die positiven Leitungen der beiden Dynamos sind unter sich, sowie mit dem einen Zweig des Lichtnetzes und den positiven Polen der Formierbatterien elektrisch leitend verbunden

Fig. 101.



Hebelausschalter der E.-G. vormals Schuckert & Co., Nürnberg.

oder, wie der technische Ausdruck heisst, miteinander parallel geschaltet. In die von der rechtsseitigen Dynamobürste ausgehende Leitung ist je ein automatischer Unterbrecher A, ein Stromrichtungszeiger Z und ein Schalter für vier Stellungen U eingefügt.

Fig. 102 zeigt die von der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft

vormals Schuckert & Co. in Nürnberg ausgeführte Form des **automatischen Unterbrechers**, die allen mit Quecksilberkontakten ausgerüsteten Apparaten vorzuziehen ist. Der durch die Spirale fließende Hauptstrom veranlasst das Selenoid, den zugleich als Achse dienenden Eisenkern desselben stark zu magnetisieren, so dass ein mit Handgriff versehener Eisenbügel oder Anker festgehalten wird.

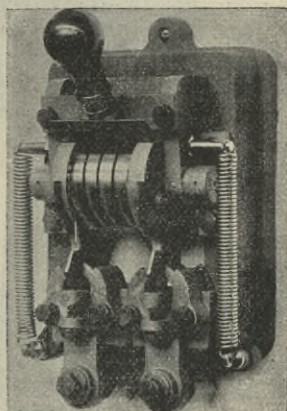
Sinkt die Stromstärke gegen Null, so hört diese magnetische Anziehung auf und die Federn reißen den Hebel herunter und zugleich die Messer aus den Kupferkontakten. —

In Fig. 101 ist die neueste Form eines **Hebelschalters** derselben Firma, speziell für starke Ströme und bis 250 Volts Spannung, dargestellt. — Ausschalter, bei denen die Kontakte in einer Ebene liegen, geben leicht zu Funkenbildung und daheriger Abnutzung der Kontakte und Bürsten Anlass, was bei dem abgebildeten Apparat nicht zutrifft, da die am Schalthebel befindlichen Bürsten beim Unterbrechen in freie Luft austreten.

Auch zeichnet sich dieser Ausschalter durch solide und elegante Konstruktion vor vielen anderen aus.

Ein **Umschalter** für vier Stellungen kann am einfachsten und besten dadurch erhalten werden, dass vier einzelne Hebelschalter nebeneinander an einer Wand befestigt und auf der einen Seite sämtlich durch eine Schiene verbunden werden. An diese Schiene führt die Zuleitung von der Dynamo, während von den übrigen, frei stehenden Kontakten der Hebelschalter die Leitung zu je einer Formationsreihe führt. Bei dieser Einrichtung kann nicht nur jede beliebige Reihe, sondern auch zwei, drei beliebige Reihen oder alle vier durch Einschalten der entsprechenden Hebel angeschlossen werden.

Fig. 102.



Automatischer Unterbrecher
der Elektrizitätsgesellschaft
vormals Schuckert & Co.,
Nürnberg.

Als **Strommesser** empfiehlt sich, und zwar für jede Dynamo ein besonderes, registrierendes Ampèremeter. Dieser Apparat gewährt den Vorteil, die Stärke des Stromes

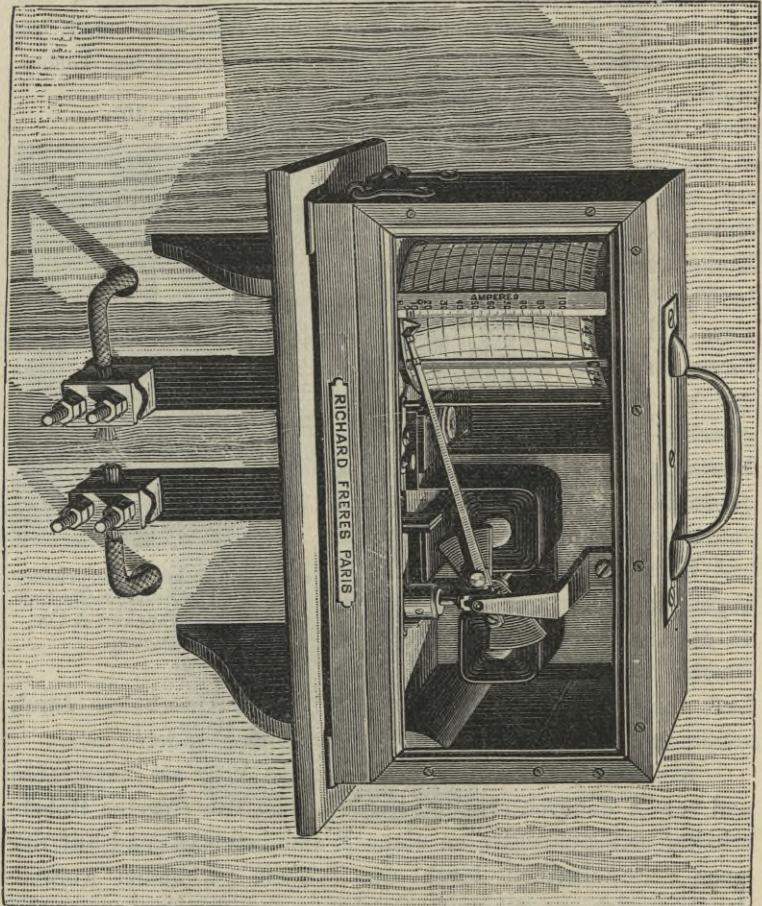
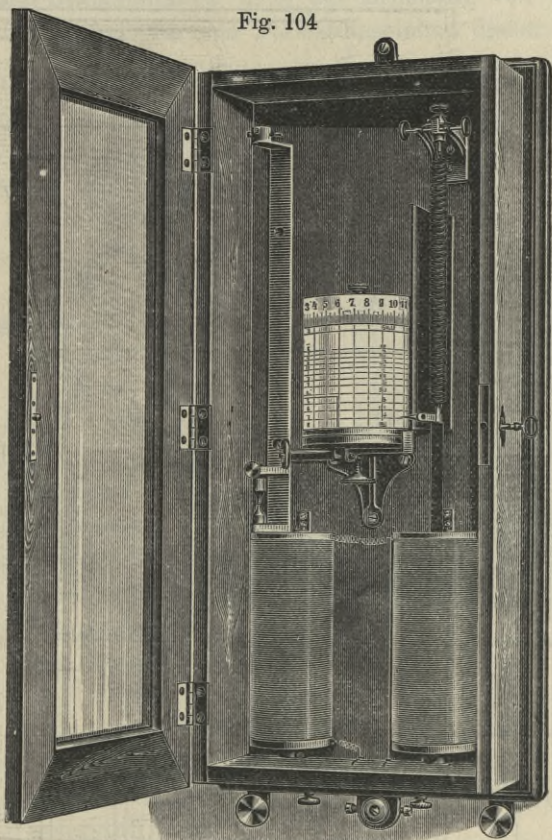


Fig. 103.

automatisch während der ganzen Zeit des Dynamobetriebs aufzuzeichnen und bietet daher eine wertvolle Kontrolle. Die berühmtesten Fabrikate dieser Art stammen von Richard frères, 8 Impasse Fessart, Paris; Fig. 103 zeigt ein Instrument dieser Firma.

Die verschiedenen Apparate etc. werden, gerade wie dies bei elektrischen Beleuchtungsinstallationen üblich ist, in übersichtlicher Weise auf einer **Schalttafel** angeordnet. Das in

Fig. 104



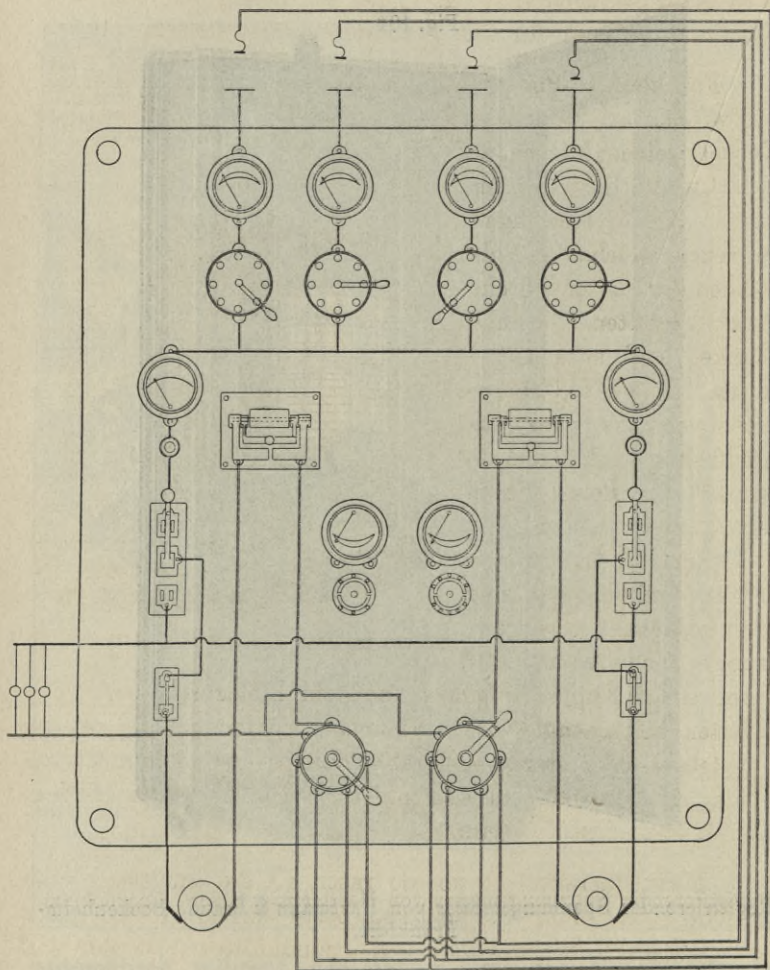
Registrierender Spannungsmesser von Hartmann & Braun, Bockenheimer-Frankfurt.

Fig. 105 dargestellte Schema bedarf keiner weiteren Erläuterung.

Besser, als die zu formierenden Platten auf Holzleisten zu stellen, wie S. 243 beschrieben, und durch Gummiringe den Abstand der ungleichnamigen Elektroden zu sichern, ist

es, sich mit Nuten versehener Glasscheiben zu bedienen. Diese werden aus Hartglas, etwa 1 cm dick, gegossen und darin

Fig. 105.



parallel und senkrecht laufende Nuten, die ungefähr 10 cm vom untern Rand der Glasscheibe beginnen und bis zum obern Rand laufen, ausgespart. Die Nuten lässt man 1 mm weiter

als der Dicke der einzusetzenden Platten entspricht und mit 20 mm Abstand voneinander für die kleinen Plattenformate und 30 mm für das grösste Plattenformat anbringen. Auch **Komposit-Stützscheiben** nach der Erfindung von Correns können vorteilhaft für den Formationseinbau dienen.

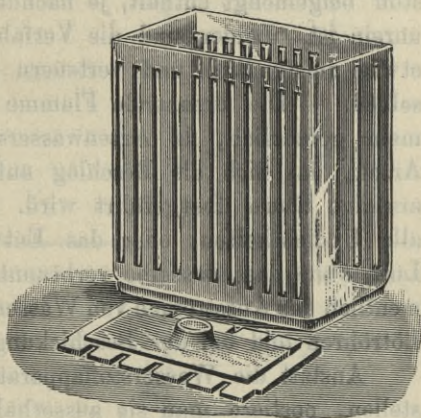
Für kleinere Platten können die Nuten direkt in den Gefässwänden angebracht sein, wie Fig. 106 zeigt. Der Glasdeckel, welcher hier neben dem Gefässe liegt, ist am Rand mit Einkerbungen versehen, welche den Polfahnen der Platten Durchlass gestatten. Solche Deckel sind sehr angenehm, da sie die Säurenebel beinahe ganz zurückhalten und den Aufenthalt im Formierraum erträglicher machen.

Zum Verbinden der Platten miteinander sind Kupferdrähte, auch verzinnzte, nicht ratsam, weil

doch etwas Kupfer aufgelöst und dem Elektrolyt, bezw. den Platten beigemischt wird. Vielmehr werden die Platten an Bleileisten oder starke Bleidrähte gelötet und zwar nicht mit Zinn, das ebenfalls im Accumulator schädlich wirkt, sondern durch **Wasserstofflötung**.

Diese Operation ist ebenso rasch als die Zinnlötung auszuführen und bildet bis jetzt das beste Verfahren, Bleiplatten an gemeinschaftliche Polstangen anzuschliessen. Weder das, S. 150 erwähnte Lot von Pollak, noch die elektrische Schmelzung kommen praktisch in Betracht. — Der Wasserstoff wird noch fast ausschliesslich aus Zink und Schwefelsäure in den näher zu besprechenden Entwicklern erzeugt,

Fig. 106.



Formiergefäss der Berliner Acc.-Fabrik.

trotzdem sich derselbe durch Elektrolyse reiner und einfacher erhalten liesse.

Nun kommt allerdings in Betracht, dass von der Formierarbeit stets hinreichend genug unreine, sonst zu keinem anderen Zweck verwendbare Säure abfällt und dass, wenn der Zinkvitriol aus den erhältlichen Laugen wiedergewonnen wird, derselbe die Kosten für das aufgewendete Zink deckt. Der Hauptnachteil der Wasserstofflötung besteht in der Giftigkeit des Wasserstoffs, welcher stets mehr oder weniger Arsenwasserstoff beigemischt enthält, je nachdem das Zink entsprechend unrein ist. Leider sind die Verfahren, das Gas zu reinigen, etwas umständlich und verteuern die Gestehungskosten desselben. — Die brennende Flamme ist nicht oder fast nicht mehr gefährlich, da Arsenwasserstoff dabei in metallisches Arsen, das sich als Beschlag auf dem Blei zeigt oder in arsenige Säure übergeführt wird. Daher ist das einfachste, alle Undichtheiten, oder das Entweichen des Gases in die Luft, ohne dass dasselbe verbrannt wird, zu vermeiden, namentlich das Ausströmen von Wasserstoff aus nicht gebrauchten Lötröhren und bei der Beschickung der Apparate.

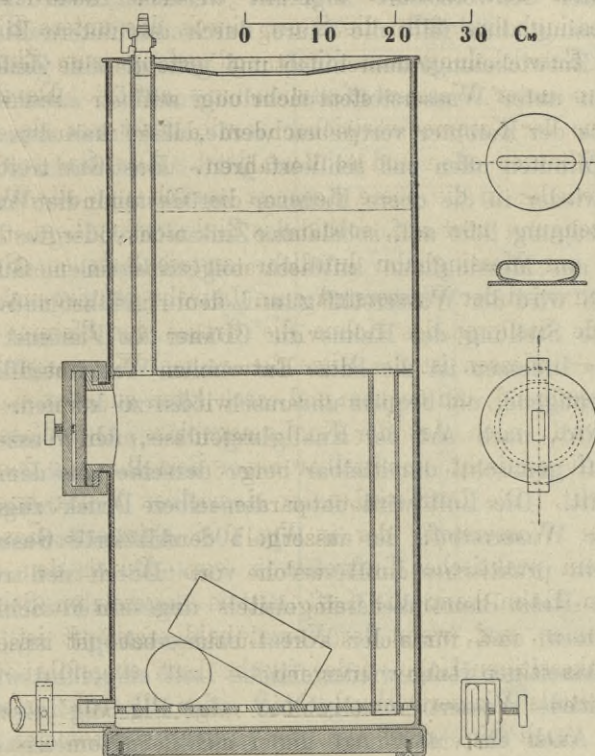
Anstatt die Wasserstoffapparate in die Arbeitsräume zu stellen, postiere man sie ausserhalb derselben, etwa in der Nähe von Fenstern, durch welche das Gas mittels Gummischlauch oder Bleiröhre hereingeleitet wird. Im Formierraum, welcher an und für sich starke Lüftung hat, ist diese Vorsichtsmassregel weniger dringend.

Einen einfachen Entwickler zeigt Fig. 107 in $\frac{1}{10}$ nat. Grösse. Der äussere Schutzcylinder aus geteertem Eisenblech ist innerhalb mit Bleiblech von $2\frac{1}{2}$ mm Dicke ausgeschlagen. In der Mitte der Höhe trennt eine horizontale Querwand das Innere in zwei Abteilungen. Die untere dient als eigentlicher Entwicklungsraum, da dieselbe das Zink, das durch die mit Flansch luftdicht verschliessbare Oeffnung eingebracht wird, enthält. Dieses liegt auf einem siebartig durchlöcherten falschen Boden aus Bleiblech. Ganz am unteren Rand dieser Abteilung ist ein Ablassstutzen, der durch Gummischlauch und Quetsch-

hahn verschlossen wird, angelötet. Ferner ist ein Bleirohr von 2 cm Lichte in die horizontale Wand eingesetzt, das bis zum Boden führt, ohne diesen jedoch zu berühren.

Endlich dient ein zweites, engeres mit Messinghahn ver-

Fig. 107.



Wasserstoffentwickler.

schliessbares Bleirohr, das von der Scheidewand nach oben führt, zur Ableitung des Gases. Der trichterförmige Ansatz am oberen Rand des Apparates lässt die Einfüllöffnung für die Säure frei, und kann durch einen lose aufsitzenden Bleideckel zugedeckt werden.

Zur Inbetriebsetzung des Apparates wird zuerst das Zink

in möglichst grossen Stücken, in den unteren Behälter gebracht (ca. 10 kg) und, nachdem eine mit Talg bestrichene Gummischeibe auf den Flansch gelegt worden ist, die Metallscheibe auf diese gelegt und durch Anziehen der Schraube fest angedrückt. Dann kann der obere Behälter zu $\frac{3}{4}$ mit verdünnter Schwefelsäure angefüllt werden. Beim Oeffnen des Messinghahns fällt die Säure durch das untere Bleirohr in den Entwicklungsraum hinab und gelangt zum Zink, das sich nun unter Wasserstoffentwicklung auflöst. Damit alle Luft aus der Kammer vertrieben werde, lässt man den Hahn einige Minuten offen und schliesst jetzt. Das Gas treibt die Säure wieder in die obere Kammer zurück und die Wasserstoffzeugung hört auf, sobald das Zink trocken liegt. Durch einen, am Messinghahn luftdicht angeschlossenen Gummischlauch wird der Wasserstoff zum Lötrohr geführt und durch passende Stellung des Hahns die Grösse der Flamme reguliert. — Indessen ist die Hitze der reinen Wasserstoffflamme nicht genügend, um bequem und rasch löten zu können. Deshalb wird, nach Art der Knallglasgebläse, der Wasserstoff mit Luft gemischt, unmittelbar bevor derselbe aus dem Lötrohr tritt. Die Luft wird unter demselben Druck zugeführt wie der Wasserstoff; der in Fig. 108 skizzierte Gasometer stellt ein praktisches Luftreservoir vor. Durch den rechtsseitigen Hahn kann die Luft mittels angesetzten Schlauchs entnommen, und, wenn der Vorrat bald erschöpft ist, durch den linksseitigen Hahn wieder frische Luft eingeführt werden, was mittels Wassertrommelgebläse oder Blasbalg geschehen kann. Auch ein, nach Art der Leuchtgasgasometer eingerichtetes Luftreservoir mag dienen. Bequemerweise wird vor das Lötrohr ein Gabelstück gesetzt, dessen einer Schenkel an das Lötrohr angeschlossen wird; in den beiden anderen Schenkeln ist je ein Hahn, welcher den Luft- resp. Wasserstoffzutritt zu regulieren gestattet. Die richtige Einstellung der Stichflamme ist Uebungssache, gerade wie das Bleilöten selbst.

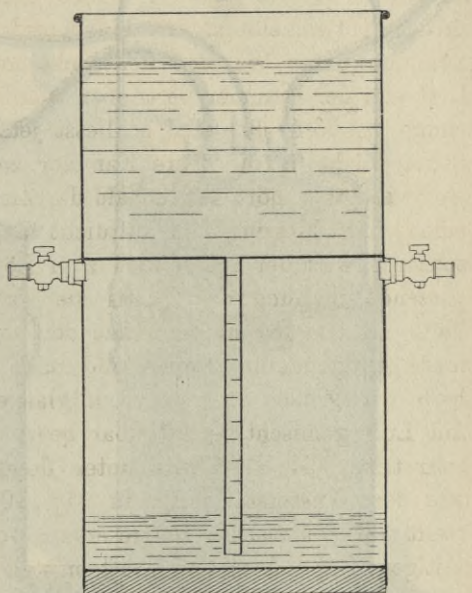
Tritt zuviel Luft zu, oxydieren sich die zu verschmelzenden

Bleiflächen und vereinigen sich nicht; die Lötstelle läuft braun an; bei zu wenig Luft erhitzt sich ein zu grosses Feld und die zu verbindenden Stellen tropfen ab. Dünne Bleikörper erfordern kleine, dicke Bleileisten grössere Stichflammen.

Die Schwefelsäure (von 1,15 bis 1,17 spez. Gew.) wird allmählich neutralisiert, doch lässt die Gasentwicklung schon nach, lange bevor die Neutralisation erfolgt ist, und macht das Ablassen der gebrauchten und Neufüllen mit frischer (Formier-) Säure erforderlich.

Anstatt die saure Zinklauge zu verwerfen, lohnt es sich, dieselbe vollends zu neutralisieren, indem so nicht nur noch Wasserstoff erhältlich ist, sondern das Zinksulfat leicht und vollständiger gewonnen werden kann. Zu dem Ende wird diese Lauge in einen zweiten Apparat gegeben, den

Fig. 108.

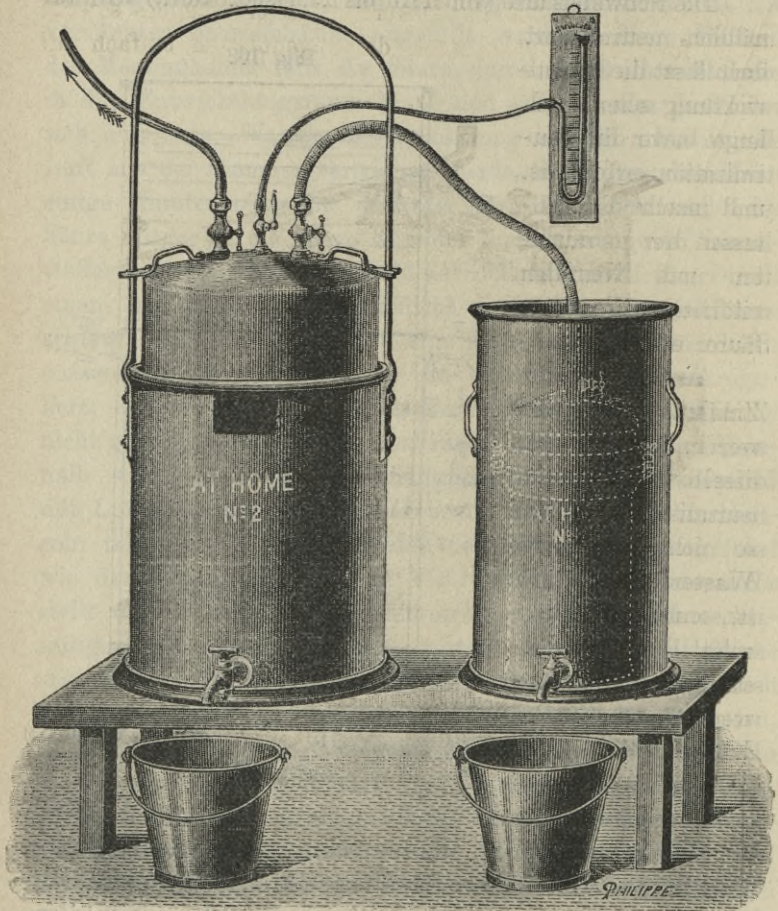


0 10 20 30 CM
Luftgasometer.

Fig. 109 veranschaulicht. In dem rechts stehenden cylindrischen Behälter aus Hartbleiblech befindet sich eine Glocke aus Bleiblech, unter welcher Zinkstücke liegen. Wird Lauge in diesen Behälter gegossen und der Gashahn auf der Bleiglocke geöffnet, so beginnt wieder die Reaktion, nur in langsamerem Tempo. Der Wasserstoff sammelt sich im Gasometer (links) an und die Lauge kann, nach Verlauf von 12 bis 24 Stunden,

praktisch vollkommen neutralisiert, abgelassen und zum kristallisieren gestellt werden. Falls sich, bei niedriger Temperatur oder bei Verwendung stärkerer Säure, Zinkvitriol schon im

Fig. 109.



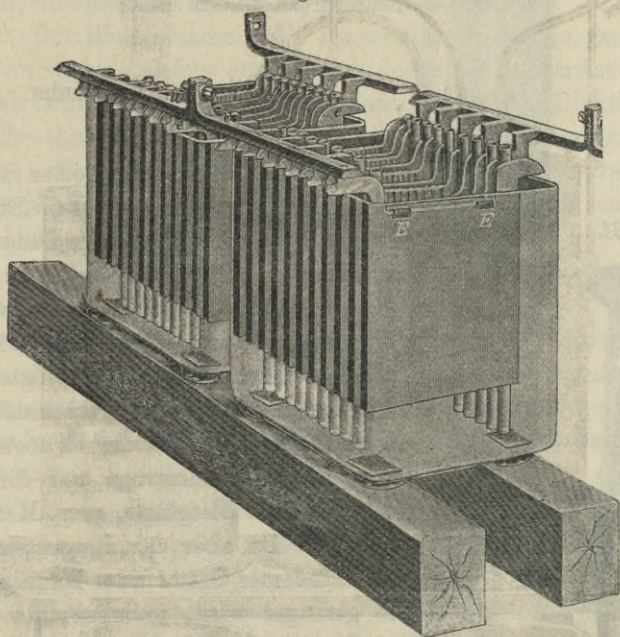
Neutralisier-Apparat.

Behälter abscheidet, wird letzterer erwärmt, am besten durch eine, sich an die äussere Wandung anlegende, durch Dampf geheizte Bleischlange.

Die von der Zinkvitriolkristallisation übrig bleibende Lauge wird entfernt und kann, weil neutral, in irgend einen Ablauf fließen.

Fig. 110 gibt eine Vorstellung davon, wie die Platten an Bleileisten angeschlossen werden. Hier hängen sowohl die zu formierenden, als auch die Gegenplatten einfach auf

Fig. 110.



Anschluss der Platten an Bleileisten.

dem Rand der Glasgefäße auf und dazwischen gesteckte Glasrohre dienen zur Distanzhaltung. Da, nach vollendeter Formierung, die Platten doch wieder von den Bleileisten gelöst werden müssen (was durch Abzwicken derselben nahe der Leiste mittels der in Fig. 111 gezeigten Kraftzange geschieht), genügt eine leichte, kleine Lötstelle vollkommen.

Zur Kontrolle des spezifischen Gewichts der Formiersäure dienen Aräometer von der nebenstehenden Form. Die

zumeist gewählte Konzentration entspricht 20% Gehalt an Schwefelsäurehydrat oder 1,150 spez. Gew. bei 20° C. — Dabei wird die Temperatur der Säure, resp. des Formierraums auf 20° C. gehalten. Bei niedrigen Temperaturen, z. B. in

Fig. 112.



Fig. 111.



Zwickzange. Aräometer.

ungeheizten Räumen im Winter, verläuft namentlich die Superoxydation schlecht, wie unter „Sulfatbildung“ des Nähern zu finden ist.

Formation mit konstanter Spannung.

Aus den beiden Beispielen S. 244 und S. 248 geht hervor, dass die Stromstärke während der ganzen Dauer der Elektrolyse auf derselben Höhe gehalten wurde. Das ist aber weder notwendig, noch vorteilhaft. Gleichmässige Stromdichte ist eigentlich dann vorhanden, wenn während der Formation in der Zeiteinheit stets dieselbe Elektrizitätsmenge auf die Gewichtseinheit Bleiglätte, resp. Mennige entfällt. Da aber der Prozentsatz an unveränderter Glätte oder Mennige um so geringer wird, je weiter die Formation vorschreitet, ist ersichtlich, dass wenn z. B. die Hälfte der Glätte schon in Bleischwamm übergeführt ist, nun gerade die doppelte Stromdichte auf

die übrige, noch unveränderte Hälfte entfällt, sofern der Strom bis dahin konstant gehalten wurde. Gegen den Schluss der Operation, wenn nur noch 5 bis 10% unveränderte Glätte in der Füllmasse enthalten ist, entfällt pro Gewichtseinheit die 10- bis 20fache Stromstärke, wie zu Anfang der Elektrolyse. Das ist aber verkehrt, denn

1. ist die Gefahr der Bleisulfatbildung bei Beginn der Operation am grössten, wo das maximale Quantum Glätte der Aktion der Schwefelsäure ausgesetzt und daher die grösste Stromstärke auch im ersten Stadium der Formation angezeigt ist, damit in dem Masse, als sich Bleisulfat bildet, dieses durch den Strom zersetzt werden könne;

2. hat die mit Glätte angefüllte Platte die höchste Absorptionsfähigkeit beim Beginn der Operation.

3. Der Bleischwamm fällt um so dichter aus, je geringer die Stromdichte, welche zur Fällung desselben verwendet wird, gewählt wurde. Es ist wünschenswert, dass die Dichtigkeit des Bleischwamms nach dem Innern der Füllmasse hin zunehme, oder nach der Oberfläche hin der Bleischwamm immer poröser werde, weil sonst Blasenbildung und mangelhafte Diffusion hervorgerufen werden. Das ist aber nur möglich, wenn der Strom gegen das Ende der Operation hin abnimmt.

4. Die Operation kann in kürzerer Zeit und mit weniger Aufwand von Arbeit ausgeführt werden, wenn die Stromstärke im Verlauf derselben passend variiert wird. — Dies geschieht nun dadurch, dass die **Spannung an den Klemmen der Formierbatterie konstant** gehalten wird.

Wird die Stromstärke konstant erhalten, so steigt die Klemmspannung zwischen den Polen der Formierbatterie langsam an und erreicht gegen den Schluss der Formation einen 20 bis 30% höheren Betrag des Anfangswertes. Es muss dabei entweder die Dynamomaschine durch Ausschalten von Widerstand im Nebenschluss der Magnetbewicklung oder durch entsprechende Erhöhung der Tourenzahl auf höhere Spannung gebracht werden, oder — was bei den beiden Beispielen auf S. 248 zutrifft — die Dynamo liefert von Beginn der Operation an die höchste, am Schluss nötige Spannung und der Ueberschuss dieser wird durch einen Wasserwiderstand vernichtet.

In unserem Beispiel ist die Spannung der Dynamo 130 Volts. Jeder Formierreihe ist ein kleiner Widerstand

vorgeschaltet, der hauptsächlich nur beim Anlassen des Stromes benützt wird. Ist die Säure eingefüllt worden, so wird unverzüglich der Strom eingeschaltet und es zeigt sich, dass zuerst ein starker Stromstoss erfolgt, der aber zusehends schwächer wird, um nach kurzer Zeit die maximale, für die betrachtete Formierreihe zulässige Stromstärke zu erreichen. Die maximale Stromstärke lässt sich dadurch finden, dass man eine Maximalzeit festsetzt, während welcher die Formation beendet sein muss und, bei Annahme gleichmässiger Stromschwächung während dieser Zeit die schliessliche Stromstärke auf $\frac{1}{4}$ der maximalen normiert. Allerdings hängt nun die Zeit von der Konstruktion des leitenden Trägers (Gitters) ab, ebenso von der gewählten Pastung und muss durch orientierende Versuche ermittelt werden. Als längste Formierdauer (bei sehr dicken Schichten von Füllmasse und neutralem Elektrolyt) kann vielleicht ein Monat gelten, während die kürzeste Dauer bis auf 48 Stunden herabsinken kann (bei Oberflächenplatten). Am gebräuchlichsten sind 7 bis 12 Tage Zeitdauer, wenn mit konstanter Stromstärke, und 5 bis 8 Tage, wenn mit konstanter Spannung formiert wird. — Nachstehende Tabelle gibt eine Uebersicht darüber, wie die Zeitdauer mit der Dicke der Platten (welche hier sämtlich Dreieckgitter als Unterlage haben) variiert. Dieselben Platten sind bereits auf S. 84 näher definiert; es ist aber noch hinzuzufügen, dass die mit Glätte gefüllten Gitter für die Bleischwammformation vor dieser noch 24 Stunden in verdünnter Schwefelsäure von 1,05 spez. Gew. imprägniert worden waren, um ein zuverlässiges Sulfatgerüst zu erzeugen.

Bei den angeführten Zeiten sind die Pausen, welche notwendigerweise täglich eintreten müssen, behufs Bedienung der motorischen Anlage und Dynamo, inbegriffen.

Wenn nur darauf gehalten wird, dass während der ersten 48 Stunden keine Unterbrechung des Stromes eintritt, dürfen nachher unbedenklich 1- bis 2stündige Pausen eingeschaltet werden. Ist die Formation schon zu $\frac{3}{4}$ vorgeschritten, so kann auch der Nachtbetrieb entbehrlich, die Stromlieferung

Bezeichnung der Platten	Anzahl per Trog	Formierzeit in Tagen und zugehörige Stromstärken								Entladung 5stünd. mit Ampère
		I. Tag	II. Tag	III. Tag	IV. Tag	V. Tag	VI. Tag	VII. Tag	VIII. Tag	
1. Dreieckgitter		Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	
140 × 140 × 2½ mm										
s. Seite 85										
positive	20	20	15	8	—	—	—	—	—	20
negative	20	15	10	7	5	—	—	—	—	—
2. Dreieckgitter										
140 × 140 × 5 mm										
s. Seite 84										
positive	16	32	16	8	4	—	—	—	—	16
negative	16	20	16	12	8	5	—	—	—	—
3. Dreieckgitter										
280 × 280 × 5 mm										
s. Seite 174										
positive	10	56	37	25	19	12	—	—	—	25
negative	10	38	30	25	20	15	10	—	—	—
4. Dreieckgitter										
280 × 280 × 8 mm										
s. Seite 87										
positive	10	75	62	50	37	25	12	—	—	—
negative	10	56	50	44	38	30	25	20	12	40
5. Tudorplatten										
280 × 280 × 8 mm										
positive	10	40	30	20	—	—	—	—	—	50
negative	10	30	25	20	15	10	—	—	—	—

kann über Nacht eingestellt und das Ende der Operation lediglich durch Tagesbetrieb herbeigeführt werden. Wird zur Kontrolle des Stromes ein Registrier-Ampèremesser angewendet, was empfehlenswert ist, dann wird mittels Planimeter die tägliche Strommenge ermittelt und danach über die Zulässigkeit von Pausen oder längeren Unterbrechungen bestimmt. Den wichtigsten Anhaltspunkt für die Regulierung der Stromstärke bildet die Gasentwicklung auf den behandelten Platten. Die vorgehenden Werte für die Stromstärken sind weniger als exakt einzuhaltende Normen, denn als ungefähre Wegweiser zu betrachten, indem die Stromdichte variieren kann,

ohne das Resultat wesentlich zu ändern. So wird auch, gleich beim Beginn der Formierung, noch nicht der maximale Strom auftreten, da der Widerstand in den Platten dann am grössten ist. — Zeigt sich eine erhebliche Gasentwicklung an den zu formierenden Platten, so wird die Stromstärke reduziert, wobei die Reduktion im Einklang mit der auftretenden Gasentbindung vorgenommen wird. Es ist darauf zu achten, dass bei allen Gefässen gleichmässiges Gasen vorhanden ist und, falls aus irgend einem Grunde Unterschiede hierin auftreten, die Ursache dieser zu ermitteln und zu beseitigen. Eine weitere Kontrolle besteht darin, täglich die Dichte des Elektrolyts in sämtlichen Gefässen zu messen und aufzuschreiben; auch die Klemmenspannung jedes einzelnen Formierelementes kann täglich einmal notiert werden, wobei die Stromstärke während dieser Messung ganz konstant gehalten werden muss. Endlich wird man täglich eine Platte aus einem beliebigen Element lösen und durch Anbohren der Füllmasse mit einem kleinen Bohrer über die Ausbreitung der Formierung Aufschluss erlangen. Der am meisten vorkommende Fehler an den fertig formierten negativen Platten besteht darin, dass die Oberfläche blasig aufgetrieben erscheint. Bei den positiven Platten findet man hie und da Stücke der Füllmasse abgesprengt.

Die den Bleischwammplatten gegenüberstehenden leeren Bleiplatten bedecken sich im Laufe der Zeit mit einer Superoxydschichte, welche gestattet, die ersteren nach beendigter Formation soweit zu entladen, dass während des Ausbaus, Waschens und Trocknens sich der Bleischwamm nicht mehr übermässig erhitzt. Besser als glatte Bleibleche, von welchen die Superoxydschichte sich leicht abschält, sind gerauhte Bleitafeln, nach Art des in Fig. 67 gezeigten Musters als Gegen Elektroden zu gebrauchen. Werden die Bleischwammplatten, ohne vorher etwas entladen worden zu sein, an die Luft gebracht, so kann die Erhitzung derselben infolge Oxydation durch den Luftsauerstoff soweit gehen, dass ein grosser Teil des Schwammes wieder in Glätte zurückgeführt wird. Selbst

teilweise entladene Platten erwärmen sich, weshalb, sobald dieselben warm werden, man sofort mit dem Einpacken in gut verschliessbare Kisten beginnt, wodurch weiterer Luft- resp. Sauerstoffzutritt abgehalten wird. — Die Superoxydplatten, welchen alte Bleischwammlplatten gegenüberstehen, werden eventuell teilweise entladen, damit die Füllmasse die zum Transport nötige Festigkeit gewinnt. Allerdings lässt sich die Formation auch so führen, dass überhaupt das Entladen wegfallen kann. Es erübrigt, nach dem Ausbau dieser Platten, noch das Waschen und Lufttrocknen, worauf die fertigen Elektroden ebenfalls, in Kisten verpackt, bis zur Verwendung aufbewahrt werden.

Anstatt die beiden Elektroden getrennt für sich zu behandeln, lässt sich die **Formation** derselben **gleichzeitig** in einem und demselben Gefäss durchführen. Die Mennigeplatten bilden dann die Gegenelektrode zu den Glätteplatten und mit demselben Aufwand von Kraft, Arbeit und Einrichtungsinventar kann das doppelte geleistet werden, wie bei getrennter Formation. Dieser Betrieb ist aber nur dann zulässig, wenn alle in Betracht kommenden Materialien vollkommen rein sind, eine bis jetzt schwer zu erfüllende Forderung. Ist schon die separate Formation der Elektroden und Säure Zwischenfällen ausgesetzt, so gilt dies von der simultanen Formierung in erhöhtem Masse; bei gewissen Füllmassen ist infolge zu rapider Sulfatbildung überhaupt diese Methode nicht anwendbar.

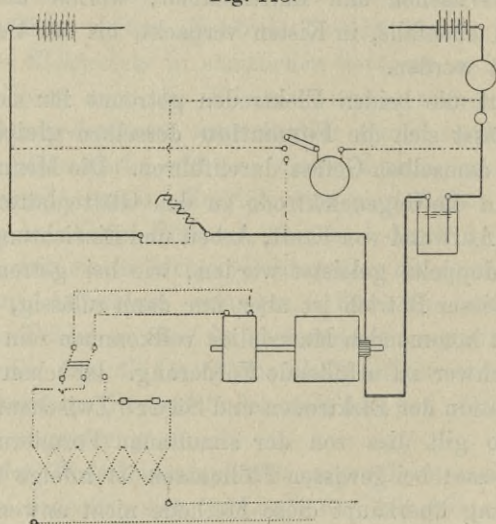
Formation in Bittersalzlösung.

Diese wird am besten an Hand einer bestimmten Plattenkonstruktion als Beispiel behandelt und sollen hiezu die in Fig. 48 u. 89 abgebildeten Gitter und Platten dienen. Wie bereits früher dargelegt worden ist, stellen diese Platten halbwegs Masseplatten vor. Die Füllmasse und die Art der Einbringung in die Gitter (mechanische Pressen) ist S. 186 näher angegeben. Es soll die Annahme gemacht werden, dass als Stromquelle hochgespannter Wechselstrom zur Verfügung stehe.

Schaltungsschema. Der Wechselstrom wird durch einen Transformator auf diejenige Spannung herabgebracht, welche dem Wechselstrommotor, der als Kraftmaschine dient, angemessen ist. Der Motor ist direkt, mittels Raffard-Kuppelung, mit einer Gleichstrom-Nebenschlussdynamo verbunden, deren Armatur somit dieselbe Umdrehungszahl wie der Motor hat.

In Fig. 113 ist nur eine Formierreihe angedeutet, doch lässt sich, nachdem einmal der Gleichstrom an den Dynamo-

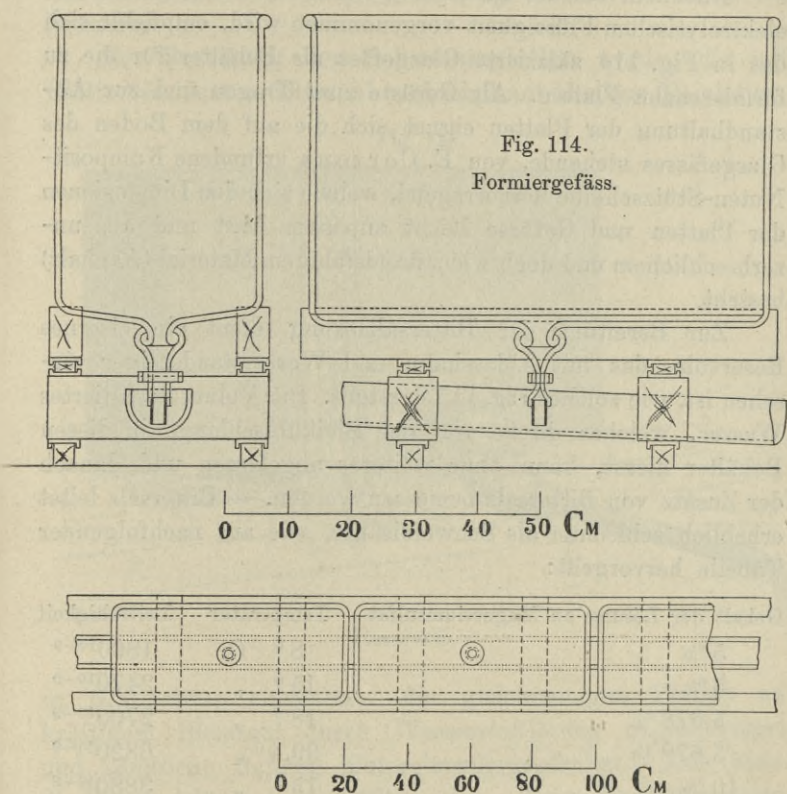
Fig. 113.



Schaltschema für Wechselstrom.

bürsten zur Verfügung steht, auch die in Fig. 100 gegebene Schaltung verwenden. — Es sind verschiedene Verfahren bekannt, Wechselstrom zum Laden von Accumulatoren und zwar ohne Zuhilfenahme der Motordynamoanlage heranzuziehen. Selbst wenn sowohl Motor als Dynamo je 90 % Nutzeffekt zeigen, gehen bei dieser Transformation noch 20 % der Energie verloren. Der **Gleichrichter**, welcher, nach dem Prinzip von Professor Beetz, von Pollak technisch ausgebildet worden ist, hat sich aber bis jetzt nicht als praktisch bewährt, trotz-

dem dessen Anwendung infolge des hohen Nutzeffektes (gegen 95 %) Vorteile böte. Desgleichen scheinen auch die von Professor Grätz untersuchten **Aluminiumelemente** sich noch nicht in die Technik einbürgern zu wollen, wahrscheinlich wegen mangelnder Haltbarkeit der Aluminiumelektroden.



Bezüglich der näheren Beschreibung dieser hochinteressanten Transformationselemente (Aluminiumblech als Anode, Eisenblech als Kathode und Kalialaunlösung als Elektrolyt) muss auf das Original (Grätz, Sitzungsberichte der k. bayerischen Akad. der Wissenschaften, 27. Band, 1897, Straub, München) verwiesen werden. Sind auch diese, sowie noch andere Ver-

fahren, aus Wechselstrom durch getrennte Ableitung der Phasen pulsierenden Gleichstrom zu erzeugen, bis jetzt noch nicht reif, so darf doch kaum daran gezweifelt werden, dass im Laufe der Zeit obige, jetzt allein in Betracht kommende Transformationsart durch vorteilhaftere ersetzt werden wird.

Nachdem bei der Bittersalzformation öfterer Wechsel der elektrolytischen Flüssigkeit vorgenommen wird, empfiehlt sich das in Fig. 114 skizzierte Glasgefäß als Behälter für die zu formierenden Platten. Als Gerüste zum Tragen und zur Abstandhaltung der Platten eignet sich die auf dem Boden des Glasgefäßes stehende, von E. Correns erfundene Komposit-Nuten-Stützscheibe hervorragend, welche sich den Dimensionen der Platten und Gefässe leicht anpassen lässt und aus unzerbrechlichem und doch widerstandsfähigem Material (Asphalt) besteht.

Zur Bereitung der Bittersalzlösung dient ein eisernes Reservoir, das mit Ablasshahn und Wasserstandszeiger versehen ist, wie solches Fig. 115 darstellt. Das Volum destilliertes Wasser, welches direkt von der Bleikühlschlange in diesen Behälter fließt, kann ohne weiteres abgelassen und danach der Zusatz von Bittersalz bemessen werden. — Bittersalz leitet erheblich schlechter als Schwefelsäure, wie aus nachfolgender Tabelle hervorgeht:

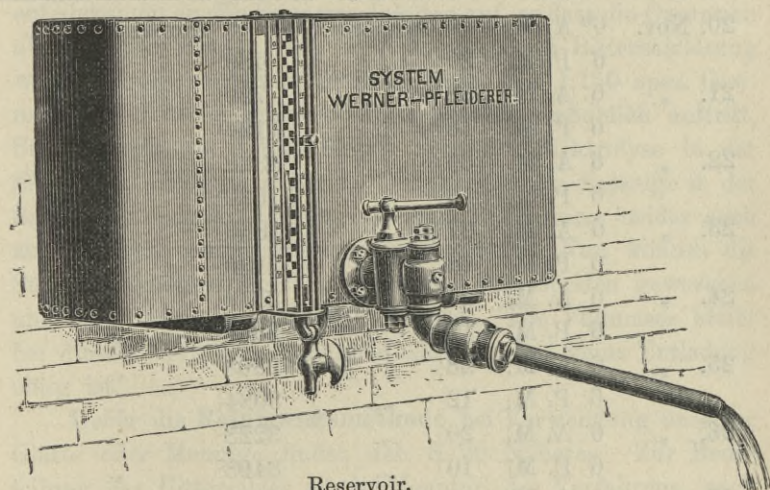
Gehalt der Lösung an Magnesiumsulfat	Temperatur	Leitfähigkeit
5 ‰	8° C.	1860 ¹⁰⁻⁹
5 ‰	15° „	2470 ¹⁰⁻⁹
5,678 ‰	18° „	2700 ¹⁰⁻⁹
5,678 ‰	99,4° „	6820 ¹⁰⁻⁹
10 ‰	15° „	3880 ¹⁰⁻⁹
17,3 ‰ (= 1,187 spez. Gew.)	18° „	4560 ¹⁰⁻⁹
20 ‰	15° „	4460 ¹⁰⁻⁹

Schwefelsäure von 30,4 ‰ oder 1,224 spez. Gew. bei 18° C. hat 6914¹⁰⁻⁸, also etwa 15fach bessere Leitfähigkeit als bestleitende Bittersalzlösung, welche bei nachfolgendem Verfahren verwendet wird.

Dadurch erhöht sich die Klemmenspannung der Formier-elemente über die bei Schwefelsäureformation übliche hinaus. Andererseits kann, da Bleiglätte von neutraler Bittersalzlösung nur äusserst langsam angegriffen wird, die Formierzeit bequem ausgedehnt und die Stromstärke erniedrigt werden. Auch geht die Peroxydation in neutraler Lösung leichter vor sich, als in saurer.

Zur **Bereitung der Schwammplatten** werden die mit Glätte beschickten Gitter, abwechselnd mit blanken Bleiplatten,

Fig. 115.



Reservoir.

in Glasgefäße eingesetzt, die gleichnamigen Platten an kräftigem Bleidraht durch Wasserstofflötung angeschlossen und sämtliche Gefäße hintereinandergeschaltet. Nun kann die Bittersalzlösung eingefüllt werden. Wenn die Glätteplatten gut trocken sind, steigt Luft in Blasen von der Oberfläche derselben auf, indem diese durch die in die Füllmasse eindringende Salzlösung verdrängt wird. Sind in jeder Zelle 20 Glättegitter und 21 Bleiplatten, so wird der Strom auf 40 Ampère gebracht und bei den Bleiplatten eingeleitet. Schon nach wenigen Stunden bildet sich eine graue Zone um die

Gitterstäbe herum. Nach Verlauf des ersten Tages zeigt sich ein gelatinöser Ueberzug auf den Glätteplatten, welcher den Widerstand der Formierelemente beträchtlich vergrößert. Dieser Anflug von Magnesiahidrat schält sich von selbst los und verschwindet wieder. Es müssen im ganzen 3600 Ampèrestunden eingeleitet werden, um die Reduktion zu vollenden. Nachdem hier kein Anlass vorhanden ist, die Operation wegen drohender Sulfatbildung zu beschleunigen, wurde die Stromstärke während der Nacht ermässigt. **Beispiel:**

Datum	Zeit	Stromstärke	Ablesung am Elektrizitätsmesser
20. Nov.	6 ^h A. M.	40 Ampère	0 Ampèrestunden
	6 P. M.	20 "	480 "
21. "	6 A. M.	33 ^{1/3} "	720 "
	6 P. M.	16 ^{2/3} "	1120 "
22. "	6 A. M.	30 "	1320 "
	6 P. M.	15 "	1680 "
23. "	6 A. M.	27 ^{1/2} "	1860 "
	6 P. M.	14 "	2190 "
24. "	6 A. M.	25 "	2358 "
	6 P. M.	12 ^{1/2} "	2658 "
25. "	6 A. M.	23 "	2808 "
	6 P. M.	12 "	3084 "
26. "	6 A. M.	20 "	3228 "
	6 P. M.	10 "	3468 "
27. "	6 A. M.	10 "	3588 "

Nun konnte die Bittersalzlösung abgelassen und destilliertes Wasser in die Gefässe gefüllt werden, um den Bleischwamm von der anhängenden Salzlösung zu befreien. Nach 12 Stunden wurde dieses Waschwasser ebenfalls abgelassen und verdünnte Schwefelsäure von 1,05 spez. Gew. eingefüllt, worauf abermals Stromgebung mit 20 Ampère Stärke bis zur Gasentwicklung an den Bleischwammplatten folgte. Es waren hiezu ca. 400 Ampèrestunden erforderlich.

Jetzt werden die fertig formierten Platten losgelöst, aus dem Gefäss entnommen und sofort in gut verschliessbare

Kisten gepackt. Entladung findet nicht statt, weil durch die allmähliche Absorption von Luftsauerstoff in den Kisten die Platten von selbst genügend entladen werden.

Zur **Formation der positiven Platten** geschieht der Einbau wie vorhin angegeben, auch ist die Konzentration der Bittersalzlösung dieselbe. Unter der Voraussetzung, dass die Glätte bezw. Mennige, sowie die Bittersalzlösung ganz chlorfrei seien, kann die Stromstärke wie bei den Schwammplatten genommen und während derselben Zeitdauer aufrecht erhalten werden. Es tritt indessen schon früher namhafte Sauerstoffentwicklung an den Superoxydplatten auf, so dass die Operation abgebrochen wird. Nach dem Ablassen der Bittersalzlösung wird sogleich verdünnte Schwefelsäure von 1,150 spez. Gew. nachgefüllt und wieder, bis Sauerstoffgas erheblich auftritt, Strom eingeleitet. Man findet, dass die Elektrolyse in der Säure um soviel mehr Strom beansprucht, als diejenige in der Salzlösung weniger bedurfte, so dass die Summe beider auch auf ca. 4000 Ampèrestunden sich beläuft. Nun können die Superoxydplatten abgelöst, in Wasser mit Bürsten gewaschen und zum Trocknen aufgestellt werden. Die Füllmasse bleibt bei diesem Verfahren genügend hart, so dass keine Entladung nötig ist.

Ueber die **Reinigungsmethode** bei Verwendung unreiner Glätte oder Mennige findet sich S. 20 Näheres. Zur Beurteilung des Bittersalzes ist die Kenntnis des Verfahrens, nach welchem dasselbe gewonnen wurde, wünschenswert.

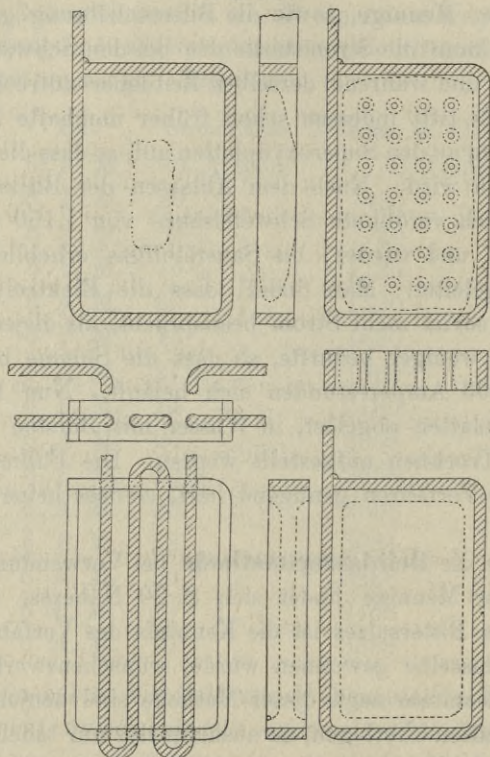
Die Resultate nach dieser Methode sind denjenigen durch Säureformation überlegen, da ausnahmslos nur tadellose Platten dabei erzielt werden.

Die Stromverteilung

in der Füllmasse während der Formierprozesse und der Fortgang letzterer ist noch sehr wenig erforscht. Als Belege dafür, dass dieser, je nach Umständen, ganz verschieden vor sich gehen kann, mögen nachfolgende Beispiele dienen.

I. Bleirähmchen, durch Umbiegen von 8 mm breiten und 2 mm dicken Bleiblechstreifen auf die aus Fig. 116 in natürlicher Grösse ersichtliche Form erhalten, wurden mit Füllmasse versehen und in 10%iger Bittersalzlösung formiert. Ein solches Rähmchen enthält 41,5 g Paste, aus 7,5% Bitter-

Fig. 116.



Formierversuche.

salzlösung (1 : 2) und 92,5% Glätte bestehend oder 35 g Bleioxyd. Eine Anzahl dieser Plättchen, jedes mit zwei gleichgrossen Bleiblechen als Gegenelektroden, wurden in besondere kleine Glasgefässe eingehängt. Ein Strom von $\frac{1}{10}$ Ampère Stärke wurde bei den Bleiblechen eingeleitet, um die Füllmasse in Bleischwamm überzuführen. Die Menge des Elek-

trolits betrug je 125 ccm. Nach 3 Tagen waren die Oberflächen der Plättchen schon vollkommen grau. Dabei zeigte sich, dass an dem Bleirahmen sehr viel Wasserstoffgas frei auftrat und nur der geringere Teil der Stromwirkung zur Reduktion der Glätte verwendet wurde. Die Stromstärke wurde daher auf 0,07 Ampère reduziert, doch ohne viel Einfluss auf die Gasentwicklung. Nach dem 14. Tage oder nach ca. 300 Stunden war endlich kein Bleioxyd mehr in den Rähmchen zu erkennen. Das tägliche Anbohren der Füllmasse zeigte, dass die Bildung des Bleischwamms von der Oberfläche der Paste her in senkrechter Richtung zu derselben vordringt. Bei einem, einige Tage später zur Formation geschalteten Plättchen befand sich in der Mitte eine überall, auch in der Nähe des Rahmens, 1 mm dicke Lage unveränderten Bleioxyds.

II. Plättchen derselben Art, welche aber, anstatt in Bittersalzlösung, in 10%iger Zinksulfatlösung eingesetzt worden waren, zeigten sich bei derselben Strombehandlung nur zur Hälfte reduziert.

III. Rähmchen, welche anstatt mit Glätte, mit einer Paste aus Bleiweiss mit gesättigter Ammonsulfatlösung gefüllt worden waren (enthaltend 35 g Bleiweiss), formierten sich in Zinksulfatlösung leichter als in Bittersalzlösung. Den Fortgang der Umwandlung veranschaulicht Fig. 116, Skizze links oben.

IV. Rähmchen, welche mit einer Paste — aus Bleiweiss und Bernsteinlösung bereitet — gefüllt worden waren, zeigten nach einwöchentlicher Elektrolyse einen etwa millimeterbreiten grauen Rand, veränderten sich aber äusserlich nicht mehr, selbst nach weiterem, dreiwöchentlichem Formieren. Bei der Zerstörung der Plättchen zeigten sich im Innern eine 2 bis 3 mm starke Schichte von Bleischwamm, die auf beiden Seiten mit einer Lage unveränderten Bleiweisses bedeckt war (siehe Fig. 116, Skizze rechts unten). Diese eigentümliche Erscheinung wird dadurch verständlich, dass angenommen werden darf, die Hauptmasse des im Schwefelkohlenstoff gelösten

Bernsteins habe sich an der Oberfläche des Plättchens festgesetzt, während die inneren Partien der Füllmasse, verhältnismässig frei davon, dem Elektrolyten Zutritt gestatteten.

V. Wurde die erhärtete Füllmasse der Plättchen mittels Bohrer mit senkrecht zur Oberfläche gehenden Perforationen von ca. $1\frac{1}{4}$ mm Durchmesser versehen, wie in Fig. 116, rechts oben dargestellt ist, so erforderte die Formieroperation nur die Hälfte der früheren Zeit. Dabei zeigte sich bei den Superoxydplättchen und Schwammplättchen an den Löchern zuerst eine Veränderung, indem jede Perforation mit einem braunen, resp. grauen Hof umgeben wurde, wobei die immer breiter werdenden Zonen schliesslich zusammenflossen.

VI. Krystallinische Bleiglätte im Korn von Tafelsalz, mit Ammoniumsulfat als Bindemittel in diese Rähmchen gebracht, lässt sich mit stärkeren Strömen und in kürzerer Zeit in Bleischwamm überführen, als Masse aus feingemahlener Bleiglätte.

VII. Um den Einfluss der Stromverteilung durch die Gestalt des Trägers zu erkennen, wurden die unter I bis VI erwähnten Versuche mit Trägern der in Fig. 116, links unten skizzierten Konstruktion wiederholt. Trotzdem hier der Leiter besser in die Füllmasse verteilt angeordnet ist, erforderten diese Elektroden längere Zeit zur Umwandlung des Füllmaterials als die Rahmenplatten Wasserstoff resp. Sauerstoffgas, da sich an den Bleidrähten im Innern die Masse entwickelte, sprengte in einigen Fällen diese ab.

VIII. Die Umwandlung von mit Perforationen versehenen Plättchen nach VII ging günstiger vor sich als bei den nichtperforierten Plättchen.

IX. Orientierende Versuche zeigten, dass die Depolarisationsfähigkeit der mit einfachen Bleirahmen umgebenen Plättchen besser als diejenige von Elektroden mit aus Eboniträhmchen und Bleidraht nach VII hergestelltem Träger war.

Aus diesen Resultaten drängt sich die Ansicht auf, dass der Verlauf der Stromfäden hauptsächlich durch die Ver-

teilung des Elektrolyten in der Masse bedingt werde. — Wenn die Füllmasse wenig durchlässig ist, scheint die Führung des Ableiters in jener nur von geringem Einfluss zu sein. Vielmehr scheinen die Stromlinien den Flüssigkeitskanälen, welche die Kapillarräume der Füllmasse einnehmen, nachzugehen.

Die Umhüllung der Bleisalze mit isolierenden Substanzen, wie Bernstein, verhindert oder erschwert den Angriff der Elektrolyse.

Diese Regeln gelten nur für die bei vorhergehenden Versuchen angewandten Mischungen; sobald durch irgend welche Zusätze die Füllmasse selbst leitend gemacht wird, werden sich die Verhältnisse ändern. — So scheint aus dem Verhalten von Mennigefüllung bei der Formation in Schwefelsäure hervorzugehen, dass das aus derselben abgeschiedene Bleisuperoxyd schon Anteil an der Stromleitung nimmt.

Befinden sich an der leitenden Unterlage scharfe Ecken oder Dorne, so lässt sich die Spitzenwirkung aus dem um diese sich bildenden Hof leicht erkennen.

Die mechanische Struktur des Bleischwamms kann durch **Zusätze zum Elektrolyt** geändert werden. Der aus reiner verdünnter Schwefelsäure mit hoher Stromdichte abgeschiedene Bleischwamm gibt, nach dem Trocknen unter Luftabschluss, beim Ritzen feines, sprödes Pulver; wird aber die Formation in Glycerinschwefelsäure durchgeführt, unter sonst denselben Umständen, so nimmt der Schwamm faseriges, filzartiges Gefüge an.

Ebenso kann die krystallinische Struktur des Superoxyds in verschiedener Weise beeinflusst werden. Bei der Formation in neutraler Lösung bildet sich erheblich Bleisuperoxydhydrat, das der Füllmasse grosse Härte verleiht. — Zusätze, wie Quecksilbersulfat, begünstigen die Bildung gleichmässig harter Superoxydmassen, vielleicht dadurch, dass das Quecksilbersalz die Sauerstoffentwicklung hintanhält. — Je höher die Temperatur des Elektrolyts ist, desto weniger fest oder hart wird die entstehende Superoxydschichte. Diese wird um so spröder

und härter, je geringer die Stromdichte, unter sonst denselben Verhältnissen, gewählt wird. Den grössten Einfluss übt, wie schon früher angeführt, die Zusammensetzung der Paste resp. das verwendete Bindemittel aus.

Verschiedene Elektrolyte zur Formation.

Die Umwandlung der Bleioxyde in Schwamm resp. Superoxyd kann in den verschiedensten Flüssigkeiten vorgenommen werden, wie Zinksulfatlösung, Lösungen von Ammonsulfat und Alkalibisulfaten, wobei besonders schöne Superoxydformation in Ammonsulfatlösung (10%ig) erzielt wird. In Ammonkarbonatlösung geht die Oxydation von Glätte langsamer und, wie es scheint, nicht so weit, als in Ammonsulfat, indem sich eine hellbraune, sehr harte Masse bildet. — Mit oxalsaurer Ammoniaklösung als Elektrolyt geht die Oxydation der Anodenmasse ebenfalls nur auf eine bestimmte Stufe. — Die genauere Verfolgung des Formationsprozesses in verschiedenen Lösungen könnte wertvolle Aufschlüsse oder Fingerzeige über den noch dunkeln Vorgang der Superoxydbildung bei der Elektrolyse verdünnter Schwefelsäure ergeben.

Es mögen hier die Leitfähigkeiten einiger tauglicher Lösungen Platz finden.

Salz	Prozentgehalt der Lösung	Spez. Gew. der Lösung (bei 18° C.)	Maximale Leitfähig- keit
Zinksulfat . . .	23,7% Zn_2SO_4	1,285	452,10 ⁻⁸
Ammonsulfat . .	43 „ $(NH_4)_2SO_4$	1,250	2350,10 ⁻⁸
Kaliumbisulfat . .	31 „ $KHSO_4$	1,240	3440,10 ⁻⁸
Lithiumsulfat . .	16 „ Li_2SO_4	1,150	640,10 ⁻⁸
Kaliumoxalat . .	22,8 „ $K_2C_2O_4$	1,170	1700,10 ⁻⁸
Soda	17,5 „ Na_2CO_3	1,187	812,10 ⁻⁸
Kalibikarbonat . .	20,8 „ $KHCO_3$	1,150	1100,10 ⁻⁸
Barythydrat . . .	3,1 „ BaO_2H_2	1,032	540,10 ⁻⁸
Ammoniak	5,3 „ NH_3	0,977	10,10 ⁻⁸

Die neutralen Salze der Alkalien, wie Kaliumsulfat, Pottasche, Glaubersalz, Soda, ferner die fixen Alkalien, selbst Barythydrat, Kalkhydrat nehmen eine separate Stellung bei der betrachteten Elektrolyse ein, weil die abgeschiedenen Kathionen, z. B. K, Na, resp. deren Umwandlungsprodukte KOH, NaOH das Blei der Kathode auflösen, und in den Elektrolyten überführen, so dass an der Anode auch aus der Lösung gefälltes Superoxyd gebildet wird.

Autogene Formation.

Chemisch reines Blei in Form von gewalzten, wenigstens 3 mm dicken Tafeln als Anode in chemisch reiner verdünnter Schwefelsäure von maximaler Leitfähigkeit (ca. 30% Schwefelsäurehydrat enthaltend) und mit reinem Blei als Gegenelektrode der elektrolytischen Aktion des Stroms unterworfen, ist ungemein beständig. Der gleich anfangs entstehende Hauch von Bleisuperoxyd zeigt nach monatelanger, unausgesetzter Elektrolyse keine bemerkbare Verstärkung. Weiter unten sind die Bedingungen aufgezählt, welche Planté ermittelte, um Bleianoden tiefer anzugreifen, zu formieren. Doch sind diese nicht hinreichend, Plantés Verfahren für die Praxis geeignet zu machen. Es hat daher an Vorschlägen nicht gefehlt, welche die Erzeugung aktiver Materialschichten aus der Substanz des Trägers heraus auf rasche und billige Weise erzielen sollten. In der That gibt es verschiedene Verfahren, welche das Ziel erreichen und auch technisch ausgeführt werden. Doch mit seltener Ausnahme haftet diesen ein sehr bedenklicher Uebelstand an. Ueberall, wo ein Blei lösender oder angreifender Körper bei der „Auflockerung“ der Elektroden Anwendung findet, bereitet die Entfernung der letzten Spuren desselben aus den fertigen Platten Schwierigkeiten. Daher dann solche Bleianoden regelmässig geringe Haltbarkeit zeigen und der Vorteil der raschen Formation dadurch illusorisch wird. Dies vorausgeschickt, mögen die „autogenen“ Formiermethoden in zwei Gruppen geteilt werden:

1. in solche, bei welchen die Bleioberflächen zuerst durch rein chemische Prozesse, ohne Hinzutreten irgend welcher Elektrolyse, verändert, d. h. eine Schicht von Bleisalzen oder Bleiverbindungen darauf erzeugt wird, worauf erst die elektrolytische Umwandlung dieser in Bleischwamm resp. Superoxyd erfolgt;

2. in solche, die lediglich durch elektrolytische Eingriffe das Material der Bleiplatten in geeignete Verbindungen überführen, welche dann im weiteren Verlauf in elektrisch-aktive Schichten verwandelt werden. Diese Verfahren sind als eigentliche beschleunigte Formierverfahren zu bezeichnen.

Als ältesten Vertreter der ersten Gruppe ist ein Verfahren von Swan zu nennen. Danach werden Bleiplatten nach dem bekannten holländischen Bleiweissprozess durch Einwirkung von Kohlensäure- und Essigsäuredämpfen mit einer Schichte Bleiweiss versehen. Nachdem die Schichte genügend dick geworden, erfolgt die Umwandlung des Bleiweisses in Bleischwamm, z. B. dadurch, dass die Platten, mit blanken Bleiblechen als Gegenelektroden, in Ammonsulfatlösung als Kathoden der Einwirkung des elektrolytischen Wasserstoffs unterworfen werden. — Epstein kocht Bleiplatten einige Tage lang in $\frac{1}{2}$ %iger Salpetersäure, wodurch sich diese mit einer Schicht basischen Bleisalzes bedecken, welche ebenfalls elektrolytisch in Bleischwamm übergeführt wird, wobei als Elektrolyt verdünnte Schwefelsäure, der Kupfersulfat zugefügt ist, dient. Salpetersäure soll hiebei in Ammoniak übergeführt werden. — A. Reckenzaun erzeugt oxydierte Schichten auf Bleiplatten, indem auf diese als dem einen Pol und einem Kohlenstift als Gegenpol ein Lichtbogen wirken gelassen wird. — Sellon amalgamiert Bleiplatten und extrahiert das Quecksilber auf elektrolytischem Wege. — Bei Swans Prozess bleibt Essigsäure, Salpetersäure oder andere Stickstoff-Sauerstoffverbindungen bei Epsteins, Quecksilber nach Sellons Vorgehen in den Elektroden zurück. Reckenzauns Verfahren ist an bestimmte Konstruk-

tionen (aus ebenen Blechstreifen) der Platten gebunden, schwierig und teuer. — Der Weg, Legierungen von Blei mit Zink, Kadmium, Alkalimetallen etc. zu Platten zu formen und aus diesen das Zink, Kadmium, Kalium etc. zu extrahieren, ist ebensowenig praktisch, als Sellons Vorgehen.

Wahrscheinlich wird keine einzige dieser Methoden wirklich praktisch ausgeführt.

Nicht viel besser steht es mit den rein elektrolytischen Verfahren, wenn auch diese den Vorzug der Einfachheit und Billigkeit vor jenen voraus haben.

Dujardin setzt dem Elektrolyt Natronsalpeter, Hering Bleinitrat, Swinbure Essigsäure, Pflüger Salpetersäure-Aethylester, Schoop Kalichlorat oder Flusssäure zu. — Auch Lösungen von Weinsäure oder Tartraten, Citronensäure, Kalilauge, Natronlauge, Quecksilbersulfat, ferner Kalkwasser, Chlorzink, Eisenchlorid, Kochsalz, Ueberschwefelsäure, Ueberschwefelsäure oder deren Salze sind in Vorschlag gekommen.

Als **Beispiel** möge die vom Verfasser im Jahre 1890 ausgearbeitete Methode mittels Kaliumchlorat dienen. Der Elektrolyt wird durch Auflösen von 5 kg Natriumbisulfat und 100 g Kalichlorat in 45 l Wasser bereitet. Die Stromdichte betrage 0,4 Ampère pro Quadratdezimeter Anodenfläche; die Temperatur 25 bis 35° C. und die Zeitdauer 100 Stunden. Schon einige Stunden, nachdem der Strom geschlossen wurde, zeigen sich weisse Flecken an den Anodenblechen, welche allmählich braun werden. Die weisse Substanz ist Bleisulfat, die braune aber nicht reines Bleisuperoxyd, sondern chlorhaltig. — Die Anodenbleche zeigen sich nach Verlauf der angegebenen Zeit mit einer 1 mm dicken, gut haftenden, weichen, schokoladebraunen Schicht überzogen.

Aehnliche Resultate gibt auch folgende Lösung aus:

10 l Wasser	} bei 0,15 Ampère per Quadratdezimeter	
500 g Natriumbisulfat		} Anodenfläche 15° C. Temperatur und
10 g Kalichlorat		

In beiden Fällen erhöht Lufteinblasen (Zirkulation) in die Flüssigkeit die Gleichmässigkeit des Ueberzuges.

Es wird nun dieser Elektrolyt entfernt, durch verdünnte Schwefelsäure von 1,100 spez. Gew. ersetzt und der Strom in umgekehrter Richtung eingeleitet, so dass an den braunen Platten der Wasserstoff auftritt. Stromstärke und Temperatur bleiben wie vorhin. Die Elektrolyse wird unterbrochen, sobald die braune Farbe der Platten in Grau übergegangen ist.

Die nun mit Bleischwamm bedeckten Platten werden, nach der Entfernung aus der Säure, in Wasser gestellt und dann zuerst an der Luft, nachher bei 200° C. getrocknet. Dabei entsteht eine grau-grünlich gefärbte Schichte, welche endlich in Bleisuperoxyd übergeführt wird, indem die betreffenden Platten in verdünnter Schwefelsäure als Anoden elektrolysiert werden, bis Sauerstoffentwicklung an denselben auftritt. Dabei wird die Stromstärke anfangs stärker und gegen den Schluss der Operation hin abnehmend genommen. — An Stelle von Natrumbisulfatlösung kann auch (aber mit weniger günstigem Erfolge) Glaubersalzlösung entsprechender Konzentration mit Schwefelsäurezusatz Verwendung finden.

Uebersicht der Patente über Formation,
welche im Deutschen Reich am 1. Januar 1898 bestehen.

Nr. 66662.

Stanley Charles Guthbert Currie in Philadelphia.

Verfahren zur Herstellung von Elektrodenplatten für Sammelplatten. Vom 10. Juni 1891 an.

Patentanspruch:

Ein Verfahren zur Herstellung von Elektroden für Sammelbatterien, gekennzeichnet durch elektrolytische Umwandlung der Oberfläche der Bleielektroden in Bleichlorid in einem Bade von Zink- oder Eisenchlorid und darauf folgende Reduktion des Bleichlorids zu schwammigem Blei durch Wenden

des Stromes, wobei ein, die Elektroden umgebendes Gewebe, aus einem indifferenten Stoff als Stütze für die veränderte Elektrodenoberfläche dienen kann.

Nr. 84186.

Benno Danziger in Mannheim.

Verfahren zur Herstellung haltbarer Elektroden für elektrische Sammler. Vom 28. Febr. 1895 an.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Elektroden für Sammlerbatterien dadurch gekennzeichnet, dass die tragenden Platten, Rahmen oder Gitter vor ihrer Beschickung mit wirksamer Masse in einer Lösung von Kaliumsulfat und Schwefelsäure dem elektrischen Strome ausgesetzt werden zum Zwecke, durch die an der Oberfläche des Masseträgers entstehenden krystallförmigen Niederschläge den Masseträger gegen die zerstörenden Wirkungen des Elektrolyten zu schützen.

Nr. 84423.

Carl Luckow in Cöln-Deutz.

Verfahren zur Herstellung von Elektrodenplatten für elektrische Sammler. Vom 8. Juni 1894 an.

Patentanspruch:

Verfahren zur Erzeugung von Elektrodenplatten für elektrische Sammler, nach welchem blanke Bleiplatten vor dem Aufbau der Sammlerzelle in besonderen hiefür bestimmten Gefäßen einer vorbereitenden Behandlung unterworfen werden, welche sich kennzeichnet durch die Anwendung stark verdünnter, schwach saurer, neutraler, oder schwach alkalischer Lösungen von bestimmtem Gehalte an gewissen Salzen als Elektrolyt, wobei als Salze dienen:

a) diejenigen Salze der sämtlichen Leichtmetalle (d. h. derjenigen Metalle, deren Oxyde schwerer sind als die Elemente selbst) und des Ammoniums, bei deren Zerlegung durch den elektrischen Strom keine Zersetzungsprodukte am Pol auftreten, welche störend oder verhindernd auf die Oxydation des metallischen Bleies einwirken;

b) die Doppelsalze oder Salzgemische der Leichtmetalle untereinander und dem Ammonium mit den vorstehenden Eigenschaften;

c) diejenigen Salze der Schwermetalle (d. h. derjenigen Metalle, deren Oxyde leichter sind, als die Elemente selbst), ihrer Doppelsalze oder Salzgemische untereinander oder mit den Leichtmetallen und dem Ammonium unter Voraussetzung obiger Eigenschaften und bei denen eine Abscheidung von Metall am negativen Pol entweder überhaupt nicht stattfindet, oder aber durch einen geringen Zusatz freier Säure verhindert werden kann.

Nr. 86237.

M. Wuillot in Brüssel.

Verfahren zur Herstellung von Elektroden für Accumulatoren.
Vom 31. Januar 1894 an.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Bleisuperoxyd-Elektroden für elektrische Sammler, darin bestehend, dass Bleiplatten entweder nur oberflächlich oder in ihrer ganzen Masse in Bleikarbonat verwandelt, in einem alkalischen Bade mittels des elektrischen Stromes formiert werden.

Nr. 86459.

Léon Paul Hulin in Savoyen.

Verfahren zur gleichzeitigen Herstellung von Elektroden für Primär- und Sekundärelemente und von kaustischen Alkalien oder deren Verbindungen vermittelt Legierungen aus Schwermetallen mit Alkali- oder Erdalkalimetallen.
Vom 16. Juni 1894 an.

Patentanspruch:

Bei der Herstellung von schwammigen Schwermetallelektroden durch Anwendung von Legierungen dieses Metalles mit einem durch eine Flüssigkeit zu beseitigenden Alkali- oder Alkalierdmetall das Verfahren dieser Beseitigung behufs der Erzielung der Porosität und der mechanischen Haltbarkeit des schwammigen Schwermetalles, darin bestehend, dass man das Alkalimetall in einer sauerstoffhaltigen Flüssigkeit oxydiert, welche ihren Sauerstoff ohne Entwicklung oder mit nur geringer Entwicklung oder unter genügender Herabminderung dieser Entwicklung von Gas abgibt.

Nr. 87430.

Dr. L. Höpfner, in Berlin.

Verfahren zur elektrolytischen Gewinnung poröser Metalle.
Vom 11. Mai 1895 an.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur elektrolytischen Darstellung von Metallen in Gestalt eines porösen, aber festen Niederschlages, gekennzeichnet durch aufeinander folgende Anwendung verschiedener Stromdichten, von denen eine pulverförmiges oder blattförmiges bzw. moosartig verzweigtes, die andere dichtes Metall fällt.

2. Bei dem Verfahren nach Anspruch 1 die automatische Regulierung der Stromdichten durch Anwendung einer anfänglichen Stromdichte, die nur wenig über der Grenze der dichtes Metall liefernden Stromdichte liegt.

3. Bei der Erzeugung von blattförmiger Struktur der Metalle nach dem unter 1. und 2. geschützten Verfahren die Verdichtung der elektrolytisch erzeugten Metallblättchen durch gelinden, die Porosität nicht schädigenden mechanischen Druck in abwechselndem Gebrauch mit der Stromwirkung.

4. Bei dem Verfahren nach Anspruch 1 bis 3 die Anwendung einer Auflösung von Bleioxyd in Alkalien als Elektrolyt.

Nr. 89289.

Dr. L. Höpfner, in Berlin.

Verfahren zur elektrolytischen Darstellung von Metallen in Gestalt eines porösen, aber festen Niederschlages.
Vom 1. Januar 1896 an.

Patentansprüche:

1. Eine Ausführungsart des durch Patent Nr. 87430 geschützten Verfahrens zur elektrolytischen Darstellung von Metallen in Gestalt eines porösen, aber festen Niederschlages, gekennzeichnet entweder

a) durch abwechselnde Anwendung von zwei Lösungen verschiedener Konzentration und derartige Wahl der zugehörigen Stromdichten, dass bei der einen Konzentration lockeres Metall, bei der anderen dichtes Metall abgeschieden wird; oder

b) durch abwechselnde Anwendung zweier verschiedener Temperaturen des Elektrolyten und derartige Wahl der zugehörigen Stromdichten, dass bei der einen Temperatur lockeres und bei der anderen dichtes Metall ausfällt; oder

c) durch abwechselnde Anwendung von Ruhe und Bewegung der Kathoden oder der Flüssigkeit an den Kathoden und solche Wahl der zugehörigen Stromdichten, dass bei dem einen Zustand lockeres Metall und bei dem anderen dichtes gewonnen wird; oder

d) durch abwechselnde Anwendung zweier verschieden zusammengesetzter Bäder und derartige Wahl der Stromdichten, dass in dem einen Bad das niedergeschlagene Metall lockere und in dem anderen dichte Struktur erhält; oder

e) durch abwechselnde Anwendung zweier derartiger Kombinationen der unter a) bis d) angegebenen Bedingungen untereinander und mit passenden Stromdichten, dass bei der einen Kombination lockeres Metall und bei der anderen dichtes Metall auf die Kathode niedergeschlagen wird.

Zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 1, a) bis e) getrennte und kombinierte Anwendung folgender zwei Systeme:

a) das abwechselnde Einhängen der Kathoden in getrennte Zellen, in welchen die Vorkehrungen nach Anspruch 1, a) bis e) so getroffen sind, dass die Kathoden in der einen Zelle mit lockerem Metall und in der anderen mit dichtem Metall überzogen werden;

b) das Belassen der Kathoden in derselben Zelle, in welcher Stromdichte, Temperatur, Bewegung oder auch verschiedene Badflüssigkeiten, letztere durch Zirkulation, regelmässig wechseln.

3. Bei dem Verfahren nach Anspruch 1, a) bis e), die automatische Regulierung des Ueberganges lockerer Metallabscheidung in dichte durch geeignete Benutzung der von selbst erfolgenden Vergrößerung der Kathodenoberfläche und dadurch bedingten Verringerung der Stromdichte.

4. Bei dem Verfahren nach Anspruch 1, a) bis e) und 2, b) das Anbringen von Vorrichtungen zur automatischen Regulierung der Temperaturen und Stromstärken.

5. Bei dem Verfahren nach Anspruch 1 bis 4 die Anwendung eines gelinden, die Porosität des Metalles nicht schädigenden Druckes in abwechselndem Gebrauch mit der Stromwirkung.

6. Bei dem Verfahren nach Anspruch 1 bis 5 die Anwendung einer Auflösung von Bleioxyd in Alkalien als Elektrolyt.

7. Bei der Elektrolyse von gelösten Metallverbindungen nach einem durch Anspruch 1, a) bis e) gekennzeichneten Ver-

fahren die Verwendung unreiner Metalle zwecks ihrer Raffination als Anoden und die Verwertung von an den Anoden gebildeten Oxyden u. s. w. zur Gewinnung von Nebenprodukten.

Nr. 91707.

Carl Luckow in Köln—Deutz.

Patentanspruch:

2. „Das durch Anspruch 1 gekennzeichnete Verfahren, angewendet zur Herstellung von Bleisuperoxyd: in der Weise, dass man die Lösung einer Mischung von Natriumsulfat mit Natriumchlorat zwischen Bleielektroden unter Zuführung von Wasser und Luft bei schwachsaurer Reaktion bei einer Stromdichte von 0,2 Ampère pro Quadratdezimeter der Elektrolyse unterwirft.

Nr. 90446.

Dr. Lorenz Lucas in Hagen i. W.

Verfahren zur Formierung von Sammlerplatten.

Vom 18. Juni 1896 an.

Patentanspruch:

Verfahren zur Formierung von Sammlerplatten, dadurch gekennzeichnet, dass die Formierung anstatt mit Hilfe von Chlorsäure, Salzsäure u. s. w. unter Verwendung der beständigen Ueberchlorsäure oder deren Salze vorgenommen wird.

Nr. 91848.

Dr. Ludw. Höpfner in Berlin.

Verfahren zur elektrolytischen Herstellung von Sammlerelektroden. Vom 23. Juli 1896 an.

Zweiter Zusatz zum Patente Nr. 87430 vom 11. Mai 1895.

1. Ausführungsform des durch Patente Nr. 87430 und 89289 geschützten Verfahrens, zur elektrolytischen Darstellung von Metallen, dadurch gekennzeichnet, dass Stromdichte, Temperatur, Konzentration etc. in solcher Weise allmählich oder stufenweise abgeändert werden, dass nur dichtes, d. h. nicht blattartiges, pulverförmiges etc. Metall und zwar zunächst solches, von grösserer, alsdann solches von geringerer Dichte abgeschieden wird, zum Zweck der Herstellung von Sammlerelektroden, deren Dichte von innen nach aussen abnimmt.

2. Ausführungsform des unter 1 gekennzeichneten Verfahrens zur Herstellung von Sammlerelektroden, dadurch gekennzeichnet, dass der Niederschlag von nach aussen abnehmender Dichte auf einen Kern von Blei, Hartblei, einem anderen geeigneten Metall oder Kohle u. dergl. erfolgt.

Nr. 92276.

Fritz Dannert & Joh. Zacharias in Berlin.

Verfahren zur Entfernung des Bleisulfates aus Sammlerelektroden. Vom 19. Jan. 1896 an.

Patentanspruch:

Verfahren zur Entfernung des Sulfats in Sammlerelektroden, dadurch gekennzeichnet, dass die sulfatierten Elektroden in einem Bade mit Aetzbarytlösung behandelt werden.

Nr. 8273.

L. Lucas in Hagen i. W.

Vom 30. Dezember 1895 an.

Patentanspruch:

Die Darstellung elektrischer Accumulatorenplatten unter gleichzeitiger elektrolytischer Fällung eines im Elektrolyt enthaltenen Metalls durch Formation blanker Bleiplatten in einem Salzgemisch, dessen eine Säure ein lösliches, dessen andere Säure ein unlösliches Bleisalz liefert, wobei das Mischungsverhältnis derart sein muss, dass sich bei der Elektrolyse kein oder nur sehr wenig freier Sauerstoff oder unlösliches Bleisalz bildet.

Nr. 9166.

Ch. Pollak, in Frankfurt.

Formierung von Sammlerelektroden. Vom 9. Oktober 1897 an.

Patentanspruch:

Verfahren zur Vorbereitung von Sammlerelektroden, gekennzeichnet durch eine Vorformierung derselben in elektrischen Zellen bei einer, 2 Volts pro Zelle nicht überschreitenden Spannung, vorteilhaft ohne Anwendung von Vorschaltwiderständen, wodurch die Bildung von Superoxyd verhindert wird und vorwiegend durch weitere elektrolytische Behand-

lung die vorformierten Elektroden reduziert resp. peroxydiert werden.

Owen Tudor. Engl. Patent Nr. 10718 (1896).

Durch Elektrolyse von stark verdünnter Schwefelsäure ($\frac{1}{10}$ % H_2SO_4 enthaltend) zwischen Bleiplatten soll sich auf der Anode, bei entsprechender Stromdichte, weniger Bleisuperoxyd als vielmehr Bleioxyd und Bleisulfat bilden. Diese bereits von G. Planté sowie Gladstern & Teibe gemachte Beobachtung soll zur Erzeugung einer Superoxydschichte innerhalb kurzer Zeit dienen. Es werde nämlich der Strom mit Unterbrechungspausen eingeleitet, bis die Schichte genügende Dicke erlangt, und dann durch Umkehren der Stromrichtung diese zu Bleischwamm reduziert. Die Bleischwammschichte wird, unter Verwendung stärkerer Säure als Elektrolyt, nach dem gewöhnlichen Formierprozess in Superoxyd übergeführt.

Bemerkungen.

Ad 86237. Das Bad ist vorzugsweise eine Ammoniaklösung, in welchem sämtliches Karbonat in aktives Material umgebildet wird.

Ad 86459. Um poröse Platten zu erhalten, soll eine Legierung von Blei mit Natrium, Baryum oder ähnlichen Metallen elektrolytisch zersetzt werden, wobei zur Erzielung guter Platten eine Lösung von Sulfiten oder Bissulfiten als Elektrolyt dient. Bei Verwendung der Baryumbleilegierung soll auch die Zersetzung in reinem Wasser brauchbare Bleischwammplatten liefern.

Ad 90446. Es soll eine Lösung von Ueberchlorsäure (resp. deren Salze) in verdünnter Schwefelsäure als Elektrolyt den Vorteil besitzen, dass bei der Elektrolyse keine Chlorentwicklung auftritt und die Lösungen öfters benutzt werden können.

Ad 92276. Durch Sulfatbildung zurückgegangene Platten sollen in eine Barythydratlösung gestellt werden, wobei das Bleisulfat zersetzt und die nachfolgende Formation wieder leichter durchgeführt werden könne.

Ad 8273. Bei der Formierung von Platten mit Füllmasse (Paste) ist der Elektrolyt eine neutrale oder schwach

saure Zinksulfatlösung, wobei die Kathode aus Zinkblech oder einem anderen Metall besteht. — Zur Formation von Planté-Platten wird der Zinkvitriollösung ein Zinksalz zugesetzt, dessen Säure mit Bleioxyd lösliche Salze bildet.

Ad 9166. Durch die Anwendung niedriger Spannung soll die Ueberführung von Schwammblei in Bleioxyd, wobei der Elektrolyt auf 40° C. erwärmt gehalten wird, bewirkt werden. Angaben über den Elektrolyt, resp. das gelöste Salz, fehlen, doch scheint es sich um neutrale Salzlösungen zu handeln.

Nachprüfung des Patents Nr. 84423. Dieses Patent von Luckow zieht in doppelter Weise die Aufmerksamkeit auf sich. Einmal würde, wenn sich die, in der Beschreibung desselben enthaltene Behauptung als richtig herausstellte, wonach innerhalb fünf Tagen die Oberfläche von Bleiplatten in chemisch reines Superoxyd übergeführt werden soll und zwar einfach durch Elektrolyse stark verdünnter Lösungen von Glaubersalz, die so lange verzögerte Lösung der beschleunigten Plantéformation einwurfsfrei gelungen sein. Dann begründet der Erfinder seine auffallenden Reaktionen auf die neuere Theorie der „freien Ionen“ und behauptet, dass jene nur durch die Annahme erklärt werden könnten, dass das gelöste Salz im Elektrolyten in Ionen dissociiert sei.

Als geeignete Salze für den Elektrolyten sind in der Patentbeschreibung mit Namen erwähnt: Sulfate, Borate, Phosphate, Chloride und im besonderen Glaubersalz, Bittersalz und Kochsalz. — Nur bei einem scharf begrenzten Verdünnungsgrad des Salzes sei die beschleunigte Erzeugung des Superoxyds zu erzielen und es schwanke der passende Salzgehalt, je nach dem betrachteten Salz, zwischen 1 bis 3%. — Glaubersalzlösung von richtiger Konzentration resp. Verdünnung gebe sowohl in neutraler als schwach angesäuerter Lösung nur bei genanntem Salzgehalt das überraschende Resultat. Die Beschreibung enthält noch viele Hinweise und Ansichten über das, was angeblich geschieht, wenn die Lösungen verdünnter oder konzentrierter sind, als für die ideale Superoxydbildung nötig ist, so dass jeder unbe-

fangene Leser den Eindruck einer hochwichtigen Entdeckung empfangen muss. Wie sich aus den nachfolgenden Controlversuchen ergibt, ist es Verfasser nicht gelungen, in irgend einer Richtung Luckows Beschreibung zu bestätigen.

Das zur Bereitung der nachfolgenden Lösungen verwendete destillierte Wasser war vollkommen frei von Chlor und Stickstoffverbindungen und die betreffenden Salze ebenso.

Die Lösungen wurden in reine Gläser, die in einer Reihe nebeneinander standen, gefüllt und durch Einhängen von Bleibügeln, nach Art der Voltaschen Kette, die Zersetzungszellen geschaffen, welche, als in Serie verbunden, sämtlich dieselbe Stromstärke empfangen. Die von der Flüssigkeit benetzte Oberfläche der Anoden betrug je $12\frac{1}{2}$ qcm; die Temperatur durchschnittlich 12° C., die Stromstärke 0,05 Ampère.

Es enthielt die

1. Zelle	Natronhydrat	1 $\frac{0}{10}$ ig
2. "	Kaliumkarbonat	1 $\frac{0}{10}$ ig
3. "	Magnesiumsulfat	1 $\frac{0}{10}$ ig
4. "	Phosphorsaures Natron	1 $\frac{0}{10}$ ig
5. "	Natriumsulfat	1 $\frac{0}{10}$ ig

Es konnte bei keiner Anode, selbst nach 150stündiger Elektrolyse, oder nachdem 7,5 Ampèrestunden eingeleitet worden waren, ein über den üblichen Anflug von Superoxyd hinausgehender Angriff, resp. eine merkbare Superoxydschichte konstatiert werden.

Es schien also, dass die richtige Konzentration nicht erraten worden sei, weshalb nachfolgende Versuchsreihe unternommen wurde:

1. Zelle	Bittersalz, krystall. Lösung	$\frac{1}{10}$ $\frac{0}{10}$ ig	
2. "	" "	1 $\frac{0}{10}$ ig	
3. "	" "	2 $\frac{0}{10}$ ig	
4. "	" "	3 $\frac{0}{10}$ ig	
5. "	" "	4 $\frac{0}{10}$ ig	
6. "	" "	6 $\frac{0}{10}$ ig	
7. "	" "	$\frac{1}{2}$ $\frac{0}{10}$ ig + $\frac{1}{10}$ 0%	Schwefelsäure
8. "	" "	3 $\frac{0}{10}$ ig + $\frac{1}{10}$ 0%	"

Es wurde während 100 Stunden die Stromstärke von 0,05 Ampère beibehalten. Die mittlere Klemmspannung betrug $3\frac{1}{2}$ Volt pro Zelle, mit Ausnahme der ersten Zelle, welche etwas höhere Klemmspannung zeigte. — Nach dieser Elektrolyse war bei den ersten 6 Zellen kein bemerkbarer Unterschied im Anflug des Bleisuperoxyds zu erkennen, der überall so dünn erschien, dass an eine praktisch brauchbare Schichte nicht gedacht werden darf. Bei den übrigen 2 Zellen waren, neben dem Anflug noch einzelne kleine Warzen von Superoxyd zu sehen, welche wahrscheinlich von einer, dem Bleiblech anhaftenden Unreinigkeit herrührten.

Auch die richtige Stromstärke scheint hienach noch nicht getroffen worden zu sein, so dass obige Reihe 5 Tage lang mit nur 0,025 Ampère behandelt wurde, aber ohne ein anderes Resultat zu erreichen. — Auch die darauf folgende fünftägige Elektrolyse mit 0,1 Ampère änderte nichts an dem Bleisuperoxydhauch.

Danach darf vorderhand angenommen werden, Luckow habe seine Resultate mit unreinen Lösungen, Gefäßen oder Bleiblechen erhalten. Jedenfalls fällt die theoretische Begründung, dass die freien Ionen, denen ja sonst soviel zugemutet wird, die überraschende, beschleunigte Formation bewirkten, mit der Abwesenheit dieser in Nichts zusammen.

Dass jene Lösungen, welche ein Blei angreifendes Salz, wie

- | | |
|-----------------------------|--------|
| 1. Kochsalz | 1%ig |
| 2. Chlorsaures Natron . . . | 1%ig |
| 3. Natronsalpeter | 1%ig |
| 4. Essigsäures Natron . . . | 0,1%ig |
| 5. Weinsäures Natron . . . | 1%ig |
- enthalten,

auf dieselbe Weise, wie bei den vorgehenden Reihen elektrolysiert, sich ganz anders verhalten und zum Teil dicke Schichten auf den Anodenbleiflächen erzeugen, ist nicht zu verwundern. Aus gleichem Grunde gehören auch einige Ammoniaksalze hierher. — Das etwas später datierende Patent Nr. 91707 von Luckow sieht wie eine Bestätigung dafür aus, dass der Er-

finder selbst nachträglich darauf gekommen sei, dass geringe Beimischungen von Körpern, welche Blei aufzulösen vermögen, bei den Lösungen die „überraschenden“ Effekte hervorbrachten. Denn nun wird besonderes Gewicht darauf gelegt, dass der Elektrolyt neben dem, Blei nicht angreifenden Salz noch ein zweites Salz, wenn auch in geringer Menge enthalte, welches bei der elektrolytischen Zersetzung in Blei lösende Bestandteile zerfällt. Diesmal wird sogar eine exakte Vorschrift zur Bereitung von Bleisuperoxyd gegeben, wie folgt: Es wird eine Salzmischung von 99,5 Gewichtsteilen Natriumsulfat und 0,5 Gewichtsteilen Natriumchlorat bereitet und durch Zufügen von 6,5 l Wasser eine $1\frac{1}{2}$ %ige Lösung hergestellt.

Diese Lösung enthält 98,5 % Wasser, 1,4925 % Natriumsulfat und 0,0075 % Natriumchlorat. Es soll pro Quadratdezimeter Oberfläche der Weichbleianode 0,2 Ampère Stromstärke entfallen. Die Lösung soll mit Schwefelsäure schwach angesäuert werden.

Es wurden noch nachfolgende Lösungen versucht:

1. Natriumsulfatlösung $1\frac{1}{2}$ %ig
2. Natriumsulfatlösung $1\frac{1}{2}$ %ig mit Spur Schwefelsäure
3. Natriumsulfatlösung $1\frac{1}{2}$ %ig mit 0,0075 % Natriumchlorat
4. Natriumsulfatlösung $1\frac{1}{2}$ %ig mit Spur Natronhydrat
5. Natriumsulfatlösung $1\frac{1}{2}$ %ig mit 0,0075 % Kochsalz
6. Ammoniumsulfatlösung $1\frac{1}{2}$ %ig

die auf gleiche Weise wie früher und mit eingehängten Bügeln aus reinem Blei elektrolysiert wurden. Nach 5tägiger Elektrolyse war die Anode in 3. und 5. mit kräftiger, brauner Schichte bedeckt. Die übrigen Anoden zeigten den üblichen, minimalen Superoxydanflug.

Schon 1890 war (durch engl. und amerik. Patent des Verfassers) eine Lösung von Natriumbisulfat mit wechselnden Zusätzen von Kalichlorat als Elektrolyt zur Auflockerung (resp. Oxydation) von Bleielektroden empfohlen worden, so dass diesem Teil von Luckows Erfindung die Neuheit fehlt. — Die Entfernung der Chlorverbindungen, welche sich an der Anode

bilden und die thatsächlich den Angriff derselben bewirken, ist zwar theoretisch dadurch möglich, dass die gebildete Schichte in Bleischwamm übergeführt und die Chlorverbindungen zersetzt werden unter Abspaltung von Blei einerseits und Salzsäure oder anderen Chlorverbindungen andererseits. Beim Gebrauch derartig hergestellter Elektroden, bei welchen die grösste Sorgfalt auf die Entfernung des Chlors gelegt worden war, stellte sich baldige Peroxydation des Bleikernes ein, offenbar deshalb, weil doch nicht die letzten Spuren von Chlor entfernt werden konnten.

Aus ähnlichen Gründen dürfte den Nr. 76662 (Chlorzink, Eisenchlorid) und Nr. 90446 (Ueberchlorsäure oder Perchlorate) praktischer Wert abzusprechen sein. Letzteres Patent entbehrt überdies auch der Neuheit, indem, wie erst jüngst Förster (Zeitschrift für Elektrochemie, Heft 15, 1898) nachgewiesen hat, Chlorate an der Anode leicht in Perchlorate übergeführt werden, und die Verwendung von Kaliumchlorat schon früher bekanntgegeben war.

Am ehesten ist stark verdünnte Schwefelsäure als Elektrolyt geeignet, Bleianoden etwas rascher anzugreifen, wenn auch von einer raschen Formation dabei nicht gesprochen werden kann. Es wäre denkbar, dass durch Elektrolyse von Schwefelsäure bei tiefen Temperaturen, ferner dadurch, dass die zu formierenden Bleiplatten mit Platindrahtnetzen umgeben werden, raschere Formation von Superoxyd herbeigeführt werden könnte, überhaupt durch solche Bedingungen, welche die Bildung von Uberschwefelsäure an der Anode begünstigten. Auch durch Einstellen der zu formierenden Bleiplatten in Lösungen überschwefelsaurer Salze (welche bereits Handelsartikel sind) müsste sich die Formation beschleunigen lassen, ebenso durch Zusatz von Persulfaten zu gegenüber Blei indifferenten Elektrolyten. Ob auch die ganz neu entdeckten Perkarbonate dazu dienen können, Blei rascher zu formieren, müssen erst Experimente zeigen.

Ad 87430, 89289 und 91848 (L. Höpfner). Anstatt durch elektrochemische Einwirkungen die Oberfläche des Blei-

trägers porös und dadurch reaktionsfähig zu machen, soll auf diesem poröses Blei galvanisch niedergeschlagen werden. Als geeigneter Elektrolyt hiezu dient eine Lösung von Bleioxyd in Natronlauge oder Kalilauge. Bei hoher Stromdichte, niedriger Temperatur und geringer Konzentration der Bleilösung scheidet sich lockeres, schwammförmiges Blei aus, wogegen kleinere Stromdichten, höchste Konzentration, Wärme und Zirkulation der Elektrolyten blätterförmige, krystallinische Beschaffenheit des galvanischen Bleiniederschlags begünstigen. Durch gelindes Zusammenpressen desselben soll die gleichmässige Beschaffenheit erhöht werden. Wie aus verschiedenen Bekanntmachungen (Bleiwerk Neumühl von Morian & Co., Berliner Accumulatorenfabrik) hervorgeht, scheint auf einem dem Höpfnerschen Verfahren ähnlichen Weg der nach dem üblichen Formierprozesse erhaltene Bleischwamm nachträglich noch galvanisch verbleit zu werden.

Durch Zusätze zum Elektrolyten, wie Glycerin, Karbolsäure, deren Verbindungen mit Schwefelsäure lösliche Bleisalze erzeugen, kann ebenfalls die Struktur des aus Bleiglätte reduzierten Bleischwamms blätterig oder faserig erhalten werden. Im Falle das mechanische Pressen des Höpfnerschen Bleiniederschlags unumgänglich nötig zur Erzielung geeigneter aktiver Schichten sein sollte, würde sich dieses Verfahren auf gewisse einfache Plattenkonstruktionen beschränken und für die technische Verwendung weniger empfehlen.

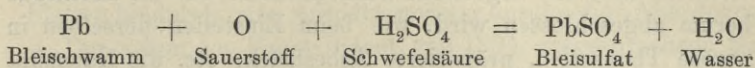
Kapitel VI.

Elektroden mit porösen Scheidewänden.

Schon Faure bedeckte seine mit Bleioxyden bestrichenen Bleiplatten mit Flanell, um das Abfallen der angebrachten Masse zu verhindern. Zahlreiche, seither zu gleichem Zwecke versuchte Auskunftsmitel finden sich in der Patentlitteratur, beanspruchen aber kein genügendes Interesse, um hier vollständig aufgeführt zu werden. Allen bis jetzt bekannten diesbezüglichen Konstruktionen haftet ein prinzipieller Uebelstand an, der darin besteht, dass diese mehr oder weniger eingehüllten Elektroden dem Zutritt des Elektrolyten Hindernisse entgegensetzen. Das ist aber aus mehrfachen Gründen nachteilig für beide, die Schwamm- als auch die Superoxydelektrode. Dadurch, dass bei der Entladung Schwefelsäure von den Elektroden absorbiert wird, wird die die Füllmasse imprägnierende Schwefelsäure immer schwächer, bis zuletzt nur noch Wasser übrig bleibt. Die Kapazität der Elektroden würde durch die in derselben befindliche Menge Schwefelsäure begrenzt, also auf das Volum der Elektroden bezogen, keine erhebliche werden können. Ein **Beispiel** wird das beweisen:

Angenommen, die Elektrode sei mit Schwefelsäure von 30 % (als höchst zulässige Konzentration) imprägniert und die Porosität der Füllmasse sei 50 %. 100 ccm Füllmasse enthalten dann 50 ccm Schwefelsäure von 1,22 spez. Gew. oder 61 g. Das Endresultat des Entladungsvorganges an der Blei-

schwammelektrode kann durch die Gleichung ausgedrückt werden:



Danach entspricht jedes Atom Sauerstoff, das von dem Bleischwamm aufgenommen wird, einer Entladung desselben

von $\frac{16}{0,298} = 53,7$ Ampèrestunden. Bei dieser Entladung

werden aber ein Molekül Schwefelsäure oder 98 Gewichtseinheiten 100 %iger Schwefelsäure absorbiert bezw. 333 Gewichtsteile 30 %iger Schwefelsäure. Die oben erwähnten 61 g

30 %iger Schwefelsäure reichen gerade hin, um $\frac{53,7 \times 61}{333}$

= 9,84 Ampèrestunden Entladung zu ermöglichen.

Der einer Ampèrestunde entsprechende Entladungsvorgang absorbiert 1,83 g Schwefelsäure von 100 % oder 6 g Schwefelsäure von 30 %. Nun zeigen aber gute Elektroden auf 100 ccm Füllmasse bezogen 30 bis 40 Ampèrestunden, also die 3 bis 4fache Kapazität der aus dem Schwefelsäurevolum berechneten. Diese Rechnung zeigt, dass bei den üblichen Elektroden die doppelte bis dreifache Menge derjenigen Schwefelsäure, welche die Füllmasse von vornherein imprägniert, noch durch Diffusion hinzutreten muss, damit die Elektroden bis auf 10 % Abfall der Klemmenspannung des Elementes entladen, die volle Kapazität zeigen. — Bei den Superoxydelektroden stellt sich die Rechnung noch etwas frappanter, da die Porosität der Superoxydmasse geringer ist als diejenige des Bleischwamms, also dort sogar das 3 bis 4fache des anfänglich schon in der Füllmasse enthaltenen Säurequantums zu dieser von aussen her hinzutreten muss. Es ist daher schon des öfteren darauf hingewiesen worden, dass die Erzielung einer raschen Diffusion des Elektrolyten durch die Elektroden von grösster Bedeutung sei. Nachdem aber fast immer nur die Aussenfläche der Elektroden bezw. der Füllmasse als einziger Zugang resp. Ausfahrt für die Flüssigkeiten disponibel ist, kann leicht ermessen werden, dass durch teilweise Bedeckung dieser Aussenflächen mit un-

durchlässigen Stoffen, wie Ebonit, Celluloid, Glas etc. oder dadurch, dass ein begrenztes Säurequantum um die Elektrode herum abgeschlossen wird, wie beim Einstellen derselben in poröse Thonzellen, präparierte Asbestsäcke etc. die Kapazität und überhaupt die Leistungsfähigkeit der Elektroden geringer werden muss.

Der erschwerte Ausgleich der in- und ausserhalb der Füllmasse befindlichen Flüssigkeiten zieht aber noch unangenehmere Folgen nach sich. Infolge der längere Zeit bestehenden Konzentrationskette, welche durch die ungleiche Säuredichte an der Elektrode hervorgebracht wird, findet Selbstentladung statt. Beim Superoxydträger verursacht die auftretende Ueberschwefelsäure Zerstörung des Metallgerüsts als schwersten Nachteil, der eingekapselten Elektroden anhaftet. Nachdem auf S. 282 gezeigt worden ist, dass die Anordnung des Trägers im Zentrum der Füllmasse durchaus nicht den erhofften Vorteil günstigerer Stromverteilung über diese im Gefolge hat, dass vielmehr die Säurewege ausschlaggebend sind, wird es begreiflich, dass selbst die schönst erdachten Elektroden mit Einhüllung nie ein längeres Dasein fristen konnten. — Es sei hier an den Röhrenaccumulator von **Woodward** (Detroit) erinnert, der einige Jahre später von französischen Entdeckern neu erfunden worden ist. Bei diesem wurde die Füllmasse um einen Bleistab mit kreuz- oder sternförmigem Querschnitt gebettet, so dass ein Cylinder von vielleicht $1\frac{1}{2}$ cm Dicke entstand, welcher mit einem Mantel von perforiertem Ebonit umgeben wurde. Eine Modifikation besteht darin, die Stabelektrode zuerst mit Pergamentpapier oder Asbest zu umgeben und dann erst in einen mit Boden versehenen Celluloideylinder mit gelochten Wandungen zu stecken.

Ungefähr in derselben Gedankenrichtung liegt das unten aufgeführte Patent Nr. 87040, mit der Abänderung, dass an Stelle des Pergamentpapiers mit Wasserglaslösung imprägnierte und dann scharf getrocknete Asbestblätter treten und nicht eine cylindrische, sondern plattenförmige Elektrode damit bedeckt wird. Götze und Odendall führten, um beim Heraus-

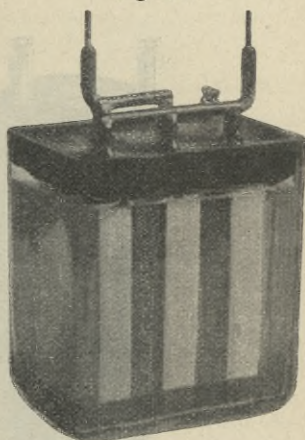
fallen von Füllmasse aus den Platten Kurzschlüsse zu vermeiden, Pergamentpapier zwischen den einander benachbarten Platten hindurch, eine verhältnismässig unschuldige Anordnung. — Der schon im Faure-Patent von 1881 ausgesprochene Gedanke, die gepasteten Elektroden in poröse Zellen zu stellen, lebt in dem in beistehender Fig. 117 gezeigten Accumulator eines rheinischen Fabrikanten wieder auf. Hierbei sind nur die Bleischwammplatten in die bei primären Elementen gebräuchlichen Thonzellen gesteckt, die Superoxydplatten aber, nach dem Vorgehen Oblassers, in Taschen aus perforiertem Celluloid untergebracht.

Zwischen den beiden konzentrischen Cylindern, welche in Fig. 118 die Elektroden darstellen, schiebt die **American-Battery-Co.** einen Cylinder aus Asbestpappe ein, während das Telegraphenelement von Pollak in Fig. 119 perforierte Ebonitblätter zwischen den Platten hängend enthält.

Unter „Prüfung von Accumulatoren“ sind die Verhältnisse eines Accumulators von **A. Oblasser** (Triest) samt Charakteristik desselben näher berührt.

Eine Ausnahmestellung nimmt das System von Dr. Wershoven vom **Bleiwerk Neumühl, Morian & Co.**, Rheinland, fabriziert ein. Die negativen Platten sind bereits auf S. 105 besprochen und haben Gitterträger nach Correns. Nur die Superoxydplatten sind als Kapselelektroden zu bezeichnen, insofern das Füllmaterial derselben sich zwischen zwei dünnen Bleiblättern, welche die Planfläche der Elektrode abschliessen, befindet. Diese, mit entsprechenden Verstärkungen und nach dem Platteninnern ragenden Vorsprüngen versehenen Bleidecken sind durch Vernietung miteinander verbunden und ausserdem

Fig. 117.

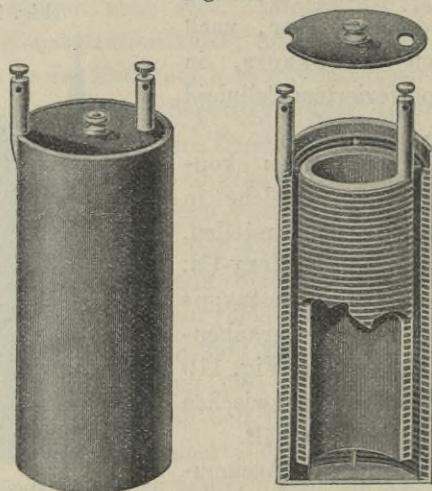


Accumulator mit porösen Thonzellen.

am Rand zusammengelötet. In Fig. 120 sind 9 solcher Niete gezeichnet.

Vorteilhaft zeichnen sich diese Elektroden dadurch aus, dass zahlreiche Kanäle durch die Bleischutzdecken hindurch in das Innere der Platte führen, wodurch dem Elektrolyten der Zutritt zum Füllmaterial erleichtert wird. Wie nachstehende Daten zeigen, beanspruchen diese Accumulatoren

Fig. 118.



Konzentrischer Accumulator.

keine hervorragende Kapazität, auf die Gewichtseinheit bezogen.

Aus der Preisliste vom November 1897 sei das mit C_8 bezeichnete Element herausgegriffen. Das Gewicht ohne Säure ist 214 kg. Das Volum der zugehörigen Säure beträgt 75 l (von 1,170 spez. Gew.) entsprechend 87,8 kg. Das Gesamtgewicht ist also rund 300 kg. Hierbei ist die Kapazität

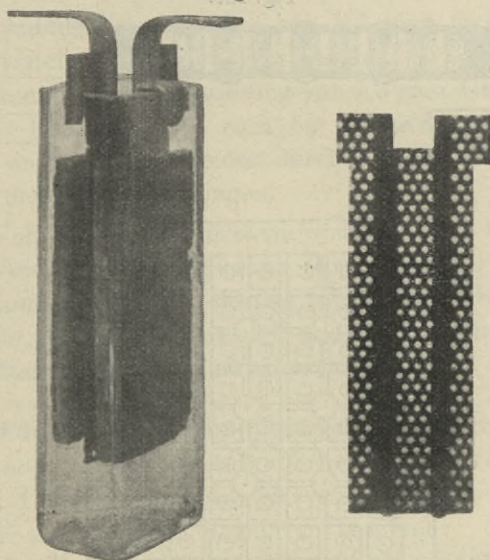
bei	3	5	7	10	stündiger Entladung
	555	675	760	850	Ampèrestunden.

Die Aussenmasse des in ausgebleitem Holzkasten befindlichen Accumulators sind: 43 cm Breite, 77 cm Höhe und

46 cm Länge. Preis 120 Mark; Garantie 2 Jahre kostenlos, nachher mit Prämie.

Anstatt die Platten in passende Behälter zu stecken, ist auch versucht worden, die sonst nur durch Flüssigkeit erfüllten Zwischenräume zwischen den Elektroden durch eingeschobene Wände aus isolierendem, aber porösem Material auszufüllen. Solche, die elektrolytische Flüssigkeit aufsaugende

Fig. 119.



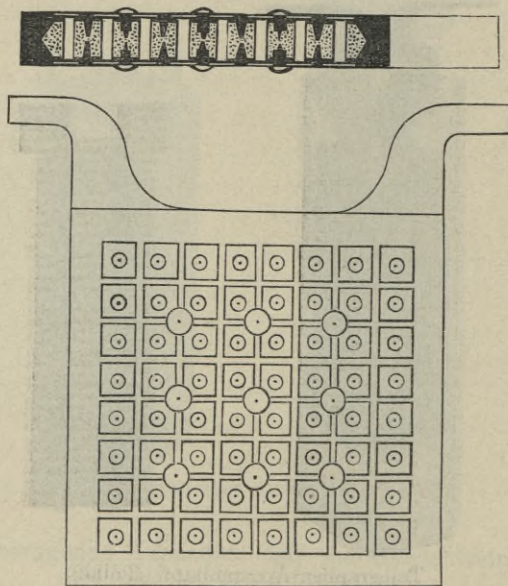
Telegraphen-Accumulator (Pollak).

Einlagen sind aus gebranntem Thon, Gypsplatten, Asbestgewebe, Cellulose, Kieselguhr, Badeschwamm etc. gefertigt worden. Mit Ausnahme der Kieselguhr werden alle übrigen genannten Körper von Schwefelsäure, wenn auch erst nach einiger Zeit, angegriffen. Am besten hat sich **Glaswolle** bewährt. Auch in Glasperlen, Quarzsand, Bimsstein sind die Elektroden eingebettet worden, wobei begreiflicherweise das zwischen den Poren dieser Materialien Platz findende Flüssigkeitsquantum beschränkt ist. Auch wird der Widerstand

des Accumulators durch solche Zusätze nicht unerheblich erhöht.

Am vollständigsten geschieht die Abdichtung der Elektroden durch solche Mittel, welche den Elektrolyten in feste, aber elastische Form überführen. Von Stärke, Gummiarten, Agar-Agar und ähnlichen organischen Substanzen, welche sämtlich in Berührung mit der Schwefelsäure Veränderungen

Fig. 120.



Kapsel-Elektrode (Morian & Co., Neumühl).

unterliegen, muss abgesehen werden, dagegen entspricht die **gelatinöse Kieselsäure** allen Anforderungen an Dauerhaftigkeit und Billigkeit. Wird verdünnte Schwefelsäure mit Wasserglaslösung unter geeigneten Vorsichtsmassregeln versetzt, so bleibt die Mischung zuerst vollkommen klar und flüssig. Allmählich aber nimmt dieselbe eine eigentümliche, colloïdale Beschaffenheit an und verdickt sich zusehends, bis schliesslich, nach Verlauf einer Stunde oder noch früher, die Mischung

zu einer durchsichtigen Gallerte erstarrt ist. Je geringer der Zusatz von Wasserglas ist, desto langsamer erstarrt die Mischung und desto dünner ist die resultierende Gallerte.

Es wurden z. B.

- I. 2 Volumteile Schwefelsäure von 1,3 spez. Gew. mit
1 Volumteil Wasserglaslösung von 1,2 spez. Gew. versetzt.
Diese Mischung erstarrte nach 5 Minuten und war nach 1 Stunde sehr fest.
- II. 2 Volumteile Schwefelsäure von 1,3 spez. Gew. mit
1 Volumteil destillierten Wassers und
1 Volumteil Wasserglaslösung von 1,2 spez. Gew. versetzt.
Dieses Gemisch hörte nach 50 Minuten auf flüssig zu sein, und war nach 10 Stunden durch Umdrehen des Gefäßes nicht aus demselben zu bringen.
- III. $4\frac{1}{2}$ Volumteile Schwefelsäure von 1,3 spez. Gew. mit
 $2\frac{1}{2}$ Volumteilen destilliertem Wasser und
1 Volumteil Wasserglaslösung von 1,2 spez. Gew. versetzt.
Wurde erst über Nacht steif und die Gallerte war leicht zu erschüttern und auch auszugießen.

Als **Füllung für Accumulatoren** eignet sich am besten die Mischung aus 3 Volumteilen Schwefelsäure von 1,3 spez. Gew. und 1 Volumteil Wasserglas von 1,2 spez. Gew.

Dabei sind folgende Regeln zu beachten:

1. Die Wasserglaslösung muss in die Säure gegossen werden, plötzlich und unter Umrühren.
2. Die Schwefelsäure- wie die Wasserglaslösung sind mit destilliertem Wasser zu bereiten.
3. Die Gefäße, worin die Lösungen und die Mischung bereitet werden, müssen rein sein.

Enthält die Schwefelsäure Blei gelöst oder wird kalkhaltiges Wasser verwendet oder ist Staub etc. in den Gefäßen, so fällt Kieselsäure im Moment der Vereinigung beider Lösungen aus. Dasselbe ist der Fall, wenn die Schwefelsäure langsam zum Wasserglas gegossen wird.

Soll ein Accumulator mit solcher Gelatine gefüllt werden, so muss derselbe zuerst in gewöhnlicher Schwefelsäure entladen und, nach dem Abziehen der Säure, die Mischung erst dann zugegossen werden, wenn dieselbe bereits in dickflüssigen Zustand, etwa wie Maschinenöl, übergegangen ist. Wird die noch ganz dünnflüssige Mischung zu trockenen Platten gegeben, so dringt die Gallerte auch in die Füllmasse ein und erniedrigt die Kapazität der Elektroden noch mehr, als sonst. Dadurch, dass auch hier die Diffusion des Elektrolyten erschwert wird, sinkt die Kapazität eines mit obiger Gelatine gefüllten Accumulators, je nach der Plattendicke und Konstruktion desselben, um 10 bis 20 %. Infolge des Umstandes, dass das technische Wasserglas stets chlorhaltig ist, zeigen gewöhnlich solche „Gelatineaccumulatoren“ geringe Haltbarkeit. Für wissenschaftliche Zwecke bietet sich in der gelatinirten Schwefelsäure ein geeignetes Hilfsmittel, die Rolle der Diffusion bei bestimmten Elektroden zu studieren und die einzelnen Elektroden, wie die an und in denselben sich abscheidenden Produkte getrennt zu betrachten. Merkwürdigerweise wird der Widerstand der Schwefelsäure dadurch, dass dieselbe auf solche Art vom flüssigen in festen Zustand übergeht, nur unbedeutend erhöht.

Uebersicht der Patente

über Kapselelektroden, welche im Deutschen Reich am
1. Januar 1898 bestehen.

Nr. 75349.

Alfred Oblasser & Charles Theryc in Paris.

Verfahren zur Herstellung von Elektrodenplatten für elektrische
Sammelbatterien. Vom 24. Nov. 1892 an.

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Elektrodenplatten für elektrische
Sammelbatterien, dadurch gekennzeichnet, dass man:

a) Die wirksame Masse um den Leiter (Platte, Rost, Stab u. s. w.) herum in eine offene, aus Zellhorn, Kautschuk

u. dergl. bestehende taschenartige Hülle mit siebartig durchlochenden Seitenwänden entweder in teigartigem oder pulverförmigem Zustande einbringt und das Ganze, und zwar in letzterem Falle nach zuvoriger Tränkung mit angesäuertem Wasser, einem gleichmässigen Drucke unterwirft, so dass die wirksame Masse einerseits die siebartigen Löcher der Hülle ausfüllt und andererseits in feste Verbindung mit dem Leiter gebracht wird, und wobei die Einfüllseite der Hülle entweder vor oder nach der Pressung ebenfalls dicht geschlossen wird oder dass man

b) die pulverförmige wirksame Masse in angesäuertem Wasser verteilt, die mit dem Leiter versehene Hülle, nachdem sie allseitig geschlossen ist, in die Flüssigkeit einsetzt und durch Umrühren der letzteren die wirksame Masse veranlasst, durch die siebartigen Löcher in das Innere der Hülle einzudringen und dieselbe, sowie die Löcher dicht auszufüllen.

Nr. 79 855.

Dr. Jacob Wershoven in Neumühl-Hamborn.

Elektrodenplatte für elektrische Sammler mit Schutzdecke zur Verhinderung des Abfallens der wirksamen Masse.

Vom 3. April 1894 an.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung einer Schutzdecke für gitterförmige oder mit Durchbrechungen versehene Elektrodenplatten für elektrische Sammler, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den einzelnen Gitterstäben nach Einbringung der Füllmasse auf galvanischem Wege Metall niedergeschlagen wird, welcher Niederschlag später verdichtet werden kann, zum Zwecke, mittels dieser Schutzdecke die Füllmasse und die Gitterstäbe metallisch zu verbinden und so ein Herausfallen der Füllmasse zu verhindern.

2. Die Ausführung des im Anspruch 1. gekennzeichneten Verfahrens für eine gitterförmige oder mit Durchbrechungen versehene Elektrodenplatte aus Blei in der Weise, dass die genannte Platte zwischen zwei Bleiplatten in einer alkalischen Lösung, z. B. Aetzkali oder Aetznatron, durch den elektrischen Strom, nachdem die Füllung, z. B. Blei, in den Gitterplatten angeordnet ist, mit einem galvanischen Ueberzug von Blei versehen wird.

Nr. 83 627.

C. L. R. Menges in Haag.

Verfahren zum Aufbau von primären oder sekundären galvanischen Elementen. Vom 20. Apr. 1895 an.

Patentanspruch:

Verfahren zum Aufbau von primären oder sekundären galvanischen Elementen, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode mit der Aussenfläche, d. h. derjenigen, welche der entgegengesetzt polarisierten Elektrode zugekehrt ist, an einer porösen oder fein durchlöcherten Scheidewand anliegt, während Zwischenräume oder Kanäle zum Umlaufe der Flüssigkeit im Innern der Elektrode, d. h. zwischen Flächen gleicher Polarität und parallel mit der Aussenfläche, angebracht sind, wobei für die Elektroden einer Zelle die Gefässwand als gleichnamig polarisiert zu betrachten ist.

Nr. 84371.

Paul Ribbe in Berlin.

Elektrodenplatte für elektrische Sammler. Vom 12. Juni 1895 an.

Patentansprüche:

1. Doppelelektrodenplatte für elektrische Sammler, gekennzeichnet durch zwei mittels säurebeständigen Stoffes zusammengegossene Trägerplatten aus nicht leitendem Stoff mit nach innen gekrümmten und von Widerlagern umrahmten Hohlräumen zur Aufnahme der wirksamen Masse.

2. Doppelelektrodenplatte nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch zwischen den beiden Platten befindliche Scheiben mit seitlichem, in die unter 1. erwähnten Hohlräume hineinragenden Zapfen zur Aufnahme eines Strahlenkranzes oder dergleichen, welcher nach dem Vergiessen der beiden Platten mit den genannten Zapfen verlötet oder verschmolzen und später von der wirksamen Masse völlig umgeben wird.

3. Doppelelektrodenplatte nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch schwalbenschwanzförmige Aussparungen an den Berührungsflächen der miteinander zu vergiessenden Platten.

Nr. 86 623.

Société Germano-Suisse de l'Accumulateur et des Procédés Theryc-Oblasser in Freiburg (Schweiz).

Verfahren zur Herstellung von Elektrodenplatten für elektrische Sammelbatterien mit der Massgabe, dass zwischen

Tasche und wirksamer Masse eine innere, leicht auswechselbare Hülle aus porösem, bezw. durchlässigem Stoff eingeschaltet wird, welche wie die eigentliche Tasche aus zwei Hälften besteht und mit der Innenseite der Taschenhälfte verklebt wird, zum Zwecke, das Herausfallen der wirksamen Masse durch die Löcher der Tasche zu verhindern.

Nr. 87 040.

Camille Alphonse Faure in Paris u. Frank King in London.
Elektroden für Sekundärbatterien. Vom 28. Februar 1895 an.

Patentanspruch:

Elektroden für Sekundärbatterien, bei welchen die wirksame Masse mittelst einer gelochten Hülle um die Ableitung (Platte, Rost u. s. w.) festgehalten wird, dadurch gekennzeichnet, dass zum Schutze dieser Hülle gegen den oxydierenden Einfluss der wirksamen Masse zwischen dieser und jener eine dünne Lage aus gekieseltem Asbest eingelegt ist.

Nr. 89 515.

Paul Ribbe in Berlin.

Elektrodenplatte für elektrische Sammler. Vom 8. März 1896 an.

Patentansprüche:

1. Elektrodenplatte für elektrische Sammler, dadurch gekennzeichnet, dass zwei, einen Rahmen und eine Bleiplatte umschliessende Celluloidplatten, welche mittels einer Celluloidlösung unter Druck verbunden sind, eine Reihe von Oeffnungen besitzen, deren aufgebogene Ränder die Widerlager für die mit entsprechender Krümmung angeordnete Füllmasse bilden.

2. Bei der unter 1. gekennzeichneten Elektrodenplatte die Anordnung von Bohrungen in den Bleiplatten, durch welche die Ausbauchungen der Celluloidplatte einander berühren, sodass letztere ein durch die Bleiplatten hindurch verbundenes Ganzes bilden.

Nr. 91 137.

Fr. Schneider in Triberg (Schwarzwald).

Elektrode für elektrische Sammler. Vom 27. Mai 1896 an.

Patentanspruch:

Elektrode für elektrische Sammler aus liegend angeordneten zur Aufnahme der wirksamen Masse dienenden Röhren

beliebigen Querschnitts, aus Metall oder Isoliermaterial, dadurch gekennzeichnet, dass der oberhalb der Masse befindliche Teil der Röhrenwandung durchbrochen ist, um den Zutritt des Elektrolyten zur wirksamen Masse zu ermitteln, ohne ein Ausspülen der letzteren zu ermöglichen.

Nr. 92 438.

Fr. Schneider in Triberg (Schwarzwald).

Elektrode für elektrische Sammler. Vom 13. Oktober 1896 an.
Zusatz zum Patent Nr. 91 137.

Patentansprüche:

1. Sammlerelektrode der durch Patent Nr. 91 137 geschützten Art, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Röhren derartig übereinander geschichtet sind, dass der oberhalb der Massefüllung befindliche, durchbrochene Teil jeder Röhrenwandung mit der darüber liegenden Röhre verbunden ist.

2. Ausführungsform der durch Anspruch 1 gekennzeichneten Sammlerplatte, aus Isolierstoff, bei welcher die Stromzuleitung durch in die übereinander geschichteten Röhren seitlich einschiebbare, auf der Innenseite mit Bändern oder Ansätzen versehene Metallauskleidungen gebildet wird.

Nr. 95 118.

Fr. Schneider in Triberg.

Elektrode für elektrische Sammler.

Zusatz zum Patent Nr. 91 137.

Patentanspruch:

Sammlerelektrode der durch Patent Nr. 91 137 geschützten Art, dadurch gekennzeichnet, dass der oberhalb der Massefüllung befindliche durchbrochene Teil der Röhrenwandung in Form einer perforierten, zweckmässig mit Erhöhungen versehenen losen Deckels auf den unteren trogförmigen, die Masse enthaltenden Teil gelegt wird, zum Zwecke, das Einbringen der wirksamen Masse zu erleichtern.

Nr. 95 269.

Willy Silberstein in Berlin.

Aus Holzkohle bestehende Schutzhülle für Elektroden.

Patentanspruch:

Schutzhülle für Elektroden, dadurch gekennzeichnet, dass auf trockenem (Feuer) oder nassem (Schwefelsäure) Wege

hergestellte, von den noch vorhandenen Aschensalzen durch Auslaugen mit Mineralsäuren und Nachbehandeln mit Wasser gereinigte, hoch poröse Holzkohle in Plattenform um die Elektroden herumgelegt, oder durch Pressen aus derartigem Holzkohlenpulver hergestellte Behälter zur Aufnahme der Elektroden verwendet werden, zum Zwecke, das durch die Beanspruchung im Gebrauch bedingte allmähliche Abfallen der aktiven Masse zu verhüten.

Bemerkungen.

Von vorstehenden Patenten sind früher berührt worden Nr. 75 349, 86 623, 87 040, 73 055.

Ad 8367. Durch das Aussparen von Kanälen innerhalb der porösen Scheidewand soll der Austausch der Flüssigkeiten in und ausser der Elektrode erleichtert werden.

Ad 84371. Der im wesentlichen nach Oblasser geformte Behälter für die Füllmasse wird mit passenden Versteifungen versehen, um das Ausbauchen desselben zu verhindern.

Ad 89 515. Um das Verschieben der leitenden Unterlage der Elektrode im Behälter zu verhindern, wird letzterer mit ersterer gewissermassen verflochten.

Ad 95 269. Als neuartige Substanz für poröse Scheidewände oder Diaphragmen wird hier präparierte Holzkohle empfohlen.

Ad 91 137, 92 438 und 95 118. Diese Patente betreffen eine von der Elektrizitätsgesellschaft Triberg (Schwarzwald) ausgeführte Konstruktion, welche speziell für transportable Zwecke (Tramwagentraction) bestimmt ist. Die Reihenfolge der drei Beschreibungen entspricht der folgerichtigen Ausbildung des Gedankens, das Füllmaterial resp. die aktive Masse in der Elektrode horizontal anzuordnen.

In der neuesten Form besteht eine solche Elektrodenplatte aus vertikal übereinander gelagerten Bleirinnen von U-förmigem Querschnitt, welche ca. 1 bis $1\frac{1}{2}$ cm breit und ca. 1 cm hoch und bis zur Hälfte der Höhe mit aktivem Material angefüllt sind. Die Länge dieser Rinnen entspricht der Breite der Elektrode. Wären die hydraulisch gepressten Rinnen (von sehr geringer Wandstärke) einfach übereinander gelegt, so

würde die Füllmasse durch den Boden der darüber liegenden Rinne ganz eingesperrt werden. Deshalb sind zwischen den aufeinander geschichteten Rinnen Deckel aus gewelltem, perforiertem Ebonit eingeschoben. Nun erlangt die Säure Zutritt zur Füllmasse, wenn auch, infolge der horizontalen Lagerung, der Ausgleich der innerhalb der Rinnen befindlichen Säure mit dem ausserhalb liegenden Elektrolyt, speziell während der Ladung, erschwert ist.

Die Bleirinnen sind an den beiden Enden durch vertikal laufende Bleistangen, welche als Stromzuführungen dienen, verbunden. Um das Durchbiegen der U-förmigen Bleistreifen zu verhindern, sind dieselben in ziemlich komplizierter Weise auf ein Ebonitgerüst mit horizontalen Tragstangen gelagert.

Kapitel VII.

Versand und Aufstellung der Batterien.

Bei stationären Accumulatoren empfiehlt sich in allen Fällen, den Aufbau der Platten zu fertigen Elementen erst an Ort und Stelle des Gebrauchs vorzunehmen. Nur bei transportablen Accumulatoren und selbst da nicht immer, ist es angezeigt, gebrauchsfertige Zellen zu verschicken. Die einzelnen Teile des Accumulators lassen sich leichter derart verpacken, dass Beschädigungen derselben während des Transportes ausgeschlossen sind, als ganze Elemente. Ferner nimmt das Einpacken, Auspacken und Wiederaufstellen kompletter Accumulatoren fast ebensoviel Mühe und Zeit in Anspruch, als der Aufbau aus den einzelnen Bestandteilen. Aufstellung und Inbetriebsetzung einer Batterie erfordern in jedem Falle geübte Arbeiter, so dass es meistens am billigsten zu stehen kommt, diese direkt die Montage am Aufstellungsort vornehmen zu lassen.

Ebenso sehr sprechen aber noch andere Momente zu gunsten des erwähnten Vorgehens. — Oft ist die Ladeeinrichtung nicht so beschaffen, wie für die zweckmässige Behandlung der Batterie zu wünschen ist; der Raum für die Accumulatoren entspricht den nötigen Anforderungen nicht; die „Schaltung“, dieses wichtige Moment beim Betrieb mit Accumulatoren, ist verbesserungsfähig; der zukünftige Wärter ist zu instruieren etc.

Ueber diese sowie noch viele andere Punkte wird der

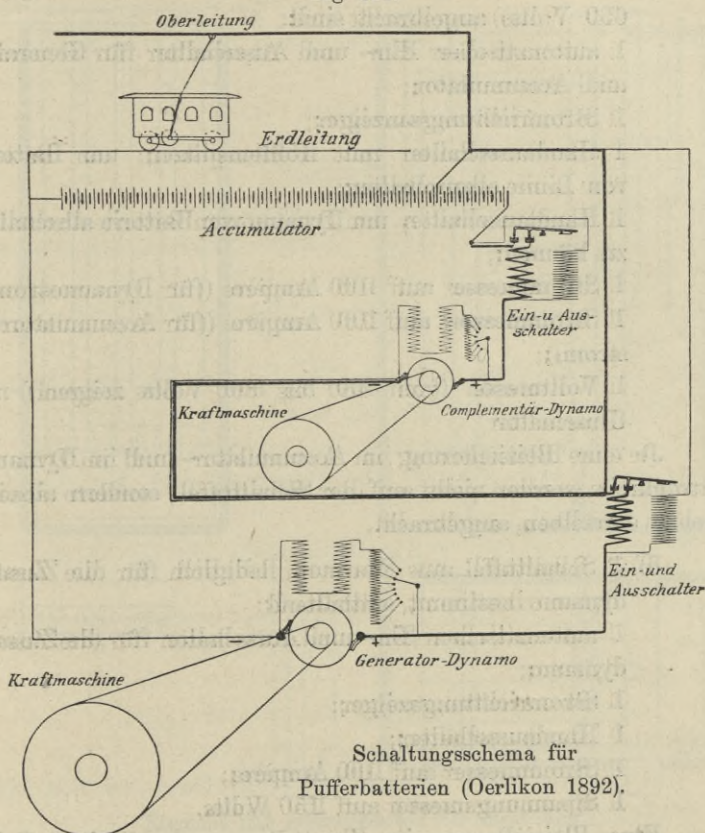
gewissenhafte Monteur sich durch Augenschein Klarheit verschaffen und auch Nachteile beseitigen können. Dadurch, dass dem beauftragten Monteur das Einpacken und Auspacken der Materialien, sowie die ganze Erstellung und Inbetriebsetzung anvertraut wird, ist diese Person verantwortlich für den sachgemässen Fortgang der ganzen Batterie zu machen. Der Nachteil, Arbeiter an fremden Plätzen beschäftigen zu müssen, bildet hier das kleinere Uebel. — In der Regel wird, vor Abschluss des Geschäfts, ein Ingenieur sich über die näheren Umstände, unter denen die Batterie funktionieren soll, erkundigt haben, doch schadet die nachherige Kontrolle durch den Monteur durchaus nicht. — Es kann nicht im Plane diese Uebersicht liegen, Reglemente für Monteure oder die Organisation der Montage des Ausführlicheren zu behandeln.

Eher wird ein **Beispiel** zeigen, wie verfahren werden kann. Es soll eine Batterie von 270 Elementen in einer Tramzentrale für Oberleitungsbetrieb aufgestellt werden. Ueber die Grösse der Accumulatoren, den Aufstellungsort, die Ladeeinrichtung, die Schaltung und die Gebrauchsweise ist auf Grund eines ausführlichen Projektes bereits alles auf das Exakteste mit dem Abnehmer vereinbart worden. Die erforderlichen Aenderungen, resp. Zuthaten zu der für reinen Oberleitungsbetrieb eingerichteten Generatorstation, wie Schalttafel, Schaltapparate etc. werden von derjenigen Firma geliefert, welche bereits die vorhandene elektrische Einrichtung besorgt hat. Der Anordnung des Ganzen liege das in Fig. 121 dargestellte **Schaltungsschema** zu Grunde. Dieses findet sich in der, im Jahre 1892 vom Verfasser entworfenen und im folgenden Jahre von der Maschinenfabrik Oerlikon ausgeführten Schaltung der Tramzentrale Hirslanden-Zürich verwirklicht. Der motorische Teil der Station besteht aus einer fünfzigpferdigen, schnellgehenden Dampfmaschine mit 280 Umdrehungen der Kurbelwelle und einer Compounddynamo entsprechender Grösse für 500 bis 550 Volts und 65 bis 60 Ampère.

(Ein zweiter, gleichartiger Satz dient als Reserve und ist deshalb im Schema weggelassen.)

Die Accumulatorenbatterie wurde in erster Linie dafür in Aussicht genommen, die Maschinenbetriebszeit einzuschränken. Diese dauert 16 Stunden, und 18 Stunden die Arbeitszeit, das Anheizen eingerechnet. Dadurch, dass das Oberleitungs-

Fig. 121.



netz zur frühen Morgens- und späten Nachtzeit vom Accumulator aus mit Strom versorgt wird, lässt sich die Arbeitszeit auf die übliche Dauer von 12 Stunden reduzieren, also eine Arbeiterschicht ersparen. — Neben dieser Funktion als Sammler muss die Batterie als Regulator dienen, wodurch die

Maschinen vor Stößen geschützt werden und mit konstanter Kraft gleichmässig arbeiten können.

Die eigentlichen „**Accumulatorenapparate**“ bestehen in:

a) 1 Schalttafel aus Marmor, auf welcher in geeigneter Weise und mit Rücksicht auf die hohe Spannung (bis 650 Volts) angebracht sind:

1 automatischer Ein- und Ausschalter für Generator und Accumulator;

1 Stromrichtungsanzeiger;

1 Handausschalter mit Kohlenspitzen; um Batterie von Linie abzuschalten;

1 Handausschalter, um Dynamo von Batterie abschalten zu können;

1 Strommesser auf 100 Ampère (für Dynamostrom);

1 Strommesser auf 100 Ampère (für Accumulatorenstrom);

1 Voltmeter (von 450 bis 800 Volts zeigend) mit Umschalter

Je eine Bleisicherung im Accumulator- und im Dynamostromkreis werden nicht auf der Schalttafel, sondern abseits, neben derselben, angebracht.

b) 1 Schalttafel aus Marmor, lediglich für die Zusatzdynamo bestimmt, enthaltend:

1 automatischen Ein- und Ausschalter für die Zusatzdynamo;

1 Stromrichtungsanzeiger;

1 Handausschalter;

1 Strommesser auf 100 Ampère;

1 Spannungsmesser auf 150 Volts.

Eine Bleisicherung im Zusatzdynamostromkreis befindet sich ausserhalb der Tafel.

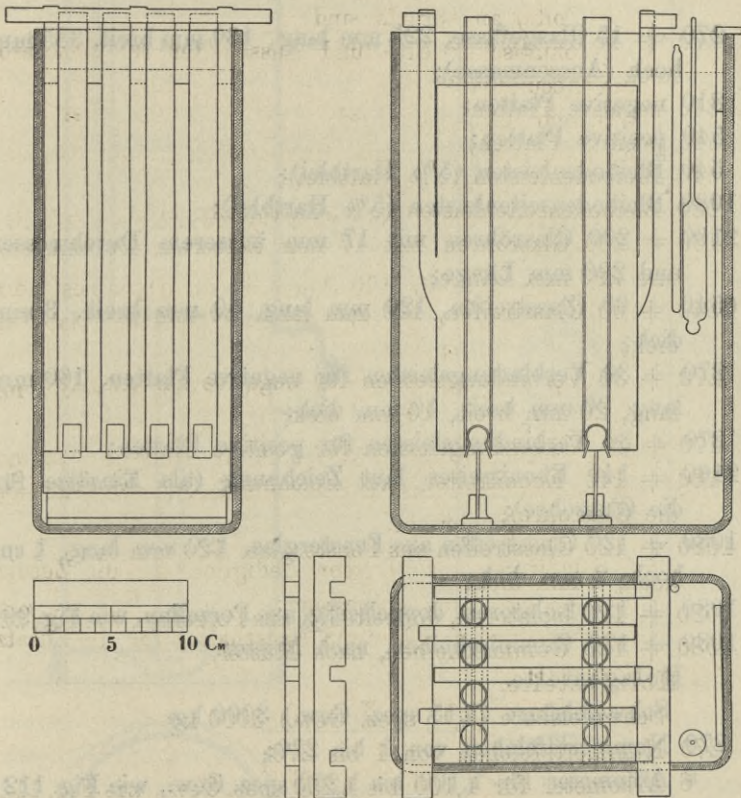
c) 1 Zusatzdynamo, Nebenschlusstypus, mit Magneten aus Armatureisen und Nebenschlusswiderstand; für 100 Ampère und bis 150 Volts Spannung;

1 Doppelpzellenschalter für 200 Ampère, mit

50 Kontakten und Funkenlöcher, von Hand verstellbar.

Nicht absolut notwendig, aber sehr angenehm ist eine Vorrichtung, welche erlaubt, die jeweils vom Ende des einen

Fig. 122.



Element mit symmetrischer Stromführung.

Maschinenbetriebs bis zum Anfang des nächsten aus dem Accumulator geflossene Elektrizitätsmenge zu erkennen. Dies lässt sich entweder durch Stromzähler oder registrierendes Ampèremeter, bei letzterem mit Zuhilfenahme des Planimeters, erreichen.

Diese Zusammenstellung soll nur zeigen, inwiefern der Accumulatorenlieferant auf die Mitwirkung der Installateurfirma angewiesen ist. —

Unter Zugrundelegung des, in Fig. 122 skizzierten Elements ergibt sich folgende **Materialliste**:

- 270 + 15 Glasgefäße, 225 mm lang, 180 mm breit, 335 mm hoch (Aussenmasse);
- 810 negative Platten;
- 540 positive Platten;
- 540 Bleibodenleisten (5% Hartblei);
- 1080 Bleibodenseitenleisten (5% Hartblei);
- 2160 + 200 Glasröhren mit 17 mm äusserem Durchmesser und 290 mm Länge;
- 6540 + 60 Glasstreifen, 120 mm lang, 50 mm breit, 3 mm dick;
- 270 + 30 Verbindungsleisten für negative Platten, 160 mm lang, 20 mm breit, 10 mm dick;
- 270 + 30 Verbindungsleisten für positive Platten;
- 2160 + 140 Ebonitreiter laut Zeichnung (als Einsätze für die Glasrohre);
- 1080 + 120 Glasstreifen aus Fensterglas, 120 mm lang, 1 cm hoch, 2 mm dick;
- 1080 + 120 Isolatoren, doppelteilig, aus Porzellan, wie Fig. 99;
- 1080 + 120 Gummischeiben, nach Muster.

Holzgestelle.

Schwefelsäure (1,15 spez. Gew.) 3000 kg.

270 Nummertäfelchen von 1 bis 270;

6 Aräometer für 1,100 bis 1,250 spez. Gew., wie Fig. 112;

70 Polschuhe aus Weichblei nach Muster.

250 kg Kupferdraht 5 mm;

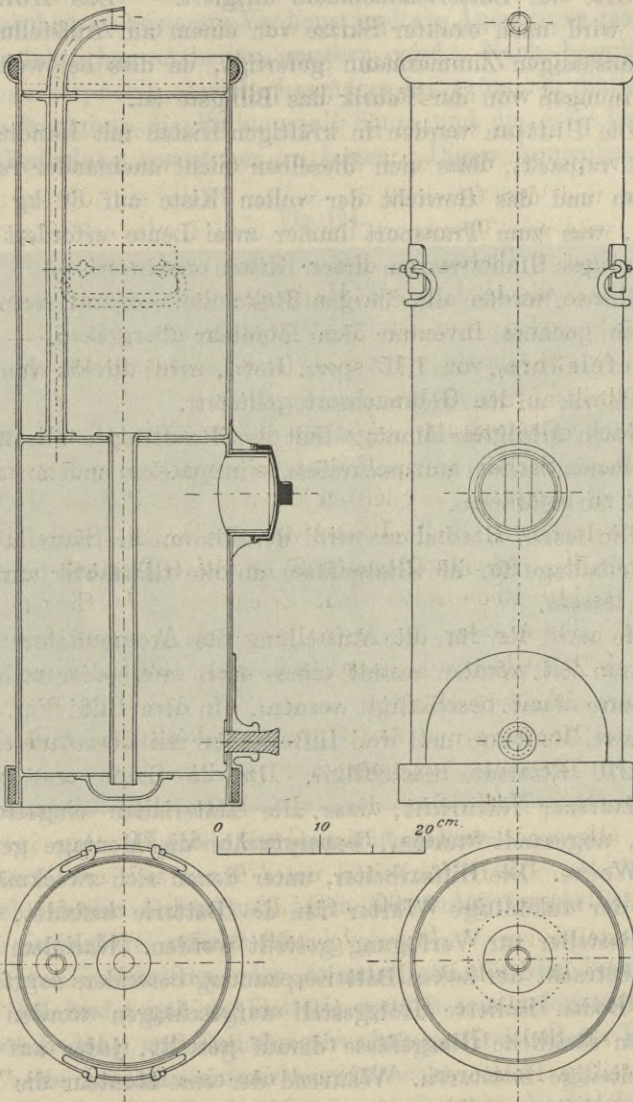
5 kg Lötzinn;

1 Wasserstofflötapparat, wie Fig. 123;

1 Luftkessel, wie Fig. 108;

1 Werkzeugkiste. (Das Inventar derselben enthält alles erforderliche Handwerkszeug).

Fig. 123.



Wasserstoff-Apparat für Transport.

Die Glasgefäße werden von der Glashütte direkt nach dem Orte des Batterieabnehmers dirigiert. — Das Holzgestell wird nach exakter Skizze von einem am Aufstellungsorte ansässigen Zimmermann gefertigt, da dies bei weiteren Entfernungen von der Fabrik das Billigste ist.

Die Platten werden in kräftigen Kisten mit Handhaben derart verpackt, dass sich dieselben nicht aneinander reiben können und das Gewicht der vollen Kiste auf 60 kg normiert, was zum Transport immer zwei Leute erfordert und nachlässiges Umherwerfen dieser Kisten erschwert.

Ebenso werden alle übrigen Bestandteile separat verpackt und ein genaues Inventar dem Monteur übergeben. — Die Schwefelsäure, von 1,15 spez. Gew., wird direkt von der Säurefabrik an den Gebrauchsort geliefert.

Nach erledigter Montage hat der Beauftragte alle übrig gebliebenen Sachen aufzuschreiben, einzupacken und an seine Fabrik zu befördern.

Die leeren Glasballons wird derselbe an die Säurefabrik, die Emballage für die Glasgefäße an die Glasfabrik zurückgehen lassen.

Je nach der für die Aufstellung des Accumulators verfügbaren Zeit werden anstatt eines auch zwei oder mehrere Monteure damit beschäftigt werden. In dem Bild Fig. 124 sind zwei Monteure und drei Hilfsarbeiter mit dem Aufstellen der 270 Elemente beschäftigt. Da die Leute erst nach eingelaufener Nachricht, dass alle Materialien eingetroffen seien, abgesandt wurden, beanspruchte die Montage gerade eine Woche. Die Hilfsarbeiter, unter denen sich zweckmässig auch der zukünftige Wärter für die Batterie befindet, sind vom Besteller zur Verfügung gestellt worden. Nachdem das, in Anbetracht der hohen Batteriespannung besonders sorgfältig vom Boden isolierte Holzgestell aufgeschlagen worden ist, werden sämtliche Glasgefäße darauf gestellt, jedes auf vier doppelteilige Isolatoren. Während der eine Monteur die Verbindungsleisten verlötet, besorgt die übrige Mannschaft das Einbauen der Platten.

Zweckmässig wird Montage und Inbetriebsetzung der ganzen Batterie in Akkord gegeben, wobei den Monteuren Gelegenheit zu besserem Verdienst und ein Ansporn zu raschem und pünktlichem Arbeiten gegeben wird. Nach beendigtem Aufbau empfiehlt es sich, besonders bei grösseren Batterien, einen Ingenieur die Füllung mit Säure und die erste Ladung und Entladung vornehmen zu lassen. Dieser kontrolliert zu-

Fig. 124.



Aufstellung einer Pufferbatterie.

gleich, ob die Aufstellung jedes Elementes vorschriftsmässig und einwurfsfrei erfolgt ist.

Die Vorschriften oder Anweisungen für die Bedienung der Schalttafel und der Batterie werden nun gelegentlich der ersten Ladung und Entladung vordemonstriert und der Wärter auf seine Pflichten aufmerksam gemacht.

Manchmal trifft ein, dass trotz der zum Vorhinein definierten Leistung der Dynamo zum Laden der Batterie jene

nicht die erforderliche Spannung liefert, um die Batterie bis zur Gasentwicklung an beiden Platten zu laden. Namentlich bei der ersten Ladung ist, infolge des etwas höheren Widerstandes der Platten, etwas höhere Spannung erforderlich als später.

Lässt sich die Tourenzahl des Motors (Dampfmaschine, Turbine etc.) genügend erhöhen oder durch eine kleinere Riemenscheibe an der Dynamo die Umlaufszahl dieser vergrössern, so ist dies sehr einfach. Sollte aber die Magnetbewickelung der Dynamo bei vollkommen ausgeschaltetem Nebenschlusswiderstand eine gefährliche Temperatur erreichen, so muss die Vollladung auf andere Weise versucht werden.

Falls dies Rücksichten auf den bereits bestehenden elektrischen Betrieb nicht verbieten, wird der versierte Ingenieur die Batterie in zwei Hälften spalten, diese parallel zu einander schalten und jetzt mit gleicher Stromstärke in beide Hälften fertig laden. Dann wird er wieder die beiden Hälften hintereinanderschalten. Dieses Vorgehen erfordert Vorsicht.

Ein anderer Weg ist, nachdem die Gegenspannung der Batterie so hoch angestiegen ist, dass dieselbe der Maximalspannung der Dynamo das Gleichgewicht hält, eine Gruppe von Zellen abzuschalten. Es soll, um diese Eventualität klar zu stellen, angenommen werden, die Zusatzdynamo habe, als dieselbe probeweise vor Beginn der Ladung in Gang gesetzt wurde, Defekte gezeigt und könne daher vorderhand nicht benützt werden. Um aber keine weitere Zeit zu verlieren, solle die Ladung doch vorgenommen werden. Es werden sämtliche Schaltelemente ausserhalb des Ladestromkreises gesetzt, dadurch, dass die Verbindung des unteren Zellenschalterhebels (s. Fig. 121) mit der Komplementärdynamo unterbrochen oder der obere Ein- und Ausschalter mit ausgerückter Kontaktgabel festgebunden wird. Der obere Hebel des Zellenschalters wird auf den äussersten Kontakt nach links gestellt, so dass also 220 Elemente zwischen diesem Punkt und dem linken Ende der Batterie liegen.

Da die reguläre Spannung der Hauptdynamo bei 550 Volts

liegt, so können diese Elemente bequem vollgeladen werden, indem die höchste Ladespannung pro Element $2\frac{1}{2}$ Volts nicht übersteigt. Um nun auch die Zuschaltzellen fertig zu laden, wird einfach die zum oberen Zellschalterhebel führende Dynamoleitung von diesem abgelöst und an den unteren Hebel angelegt, wobei dieser zugleich auf den äussersten Kontakt nach rechts, an das letzte Element rechts, gesetzt wird.

Der obere Hebel bleibt in der alten Stellung und in Verbindung mit der Linie. Kann nun die Dynamo auf ca. 600 Volts Spannung gebracht und im Verbrauchsnetz Strom gebraucht werden, so geht der Dynamostrom lediglich durch die 50 Zuschaltzellen hindurch, indem die Gegenspannung der bereits voll geladenen 220 Elemente ebenso hoch als die Netzspannung ist, also den Strom in dieses ableitet. Natürlich kann diese Betriebsart nur als Aushilfe dienen, indem sonst die Zuschaltzellen beständig überladen würden, doch wird dadurch Zeit für die Reparatur oder Neubeschaffung der defekten Zusatzdynamo gewonnen.

Es kann auch folgendes Verfahren aushelfen. Es werden sämtliche 270 Elemente in den Ladestromkreis geschaltet, dadurch, dass die Dynamoleitung am unteren Hebel, der auf der letzten Zelle steht, angelegt wird. Der obere Hebel wird jeweils in die der Netzspannung entsprechende Lage gerückt. Dadurch, dass im Netz etwa $\frac{1}{3}$ des erzeugten Stromes aufgebraucht wird, werden die links vom oberen Hebel liegenden Zellen nur mit $\frac{2}{3}$ derjenigen Stromstärke geladen, welche die Zuschaltzellen empfangen. Diese letzteren sind daher schon vollgeladen, wenn der Hauptteil der Batterie erst $\frac{2}{3}$ geladen ist, also noch geringe Gegenspannung zeigt. Jetzt können diese Zellschalterelemente abgeschaltet werden, dadurch, dass der untere Hebel ganz nach links gestellt wird, und die Vollladung der 220 anderen Elemente kann durchgeführt werden.

Zur Beurteilung der Vollladung ist zu berücksichtigen, dass Gase von den Platten aufsteigen, lange bevor der Accumulator wirklich gefüllt ist. Je grösser die Stromstärke der

Ladung, desto früher tritt Gasentwicklung auf. Bei neuen, ungebrauchten Platten treten bei normalem Ladestrom die ersten Gase auf, sobald die Hälfte der Kapazität erreicht worden ist. Im Gebrauche stellte sich heraus, dass, je nach der Temperatur und Stromstärke, die Gasentwicklung merklich wird, wenn erst $\frac{2}{3}$ bis $\frac{1}{3}$ der entnommenen Elektrizität wieder geladen worden war. Eine Batterie bei strengem Winter und in ungeheiztem Raum vollzuladen, ist recht schwierig. Aus diesem Grund geht oft die Kapazität der Accumulatoren zurück und es genügt dann, bei Zimmertemperatur mit schwachem Strom zu überladen, um die Kapazität der Platten wieder auf die ursprüngliche Höhe zu bringen.

Nach Beendigung der ersten Ladung, welche stets abweichend von den späteren sein wird und in der Regel länger dauert als die normale Ladezeit, wird eine vorläufige Entladung gemacht und dabei die Isolation der Batterie gegen Erde geprüft.

Die zweite Ladung und Entladung kann dazu dienen, die nutzbare Kapazität und den Nutzeffekt der Batterie zu bestimmen. Man führt in diesem Falle die erste vorläufige Entladung mit der maximalen Entladestromstärke durch und ladet anfangs mit dem maximalen Ladestrome, der aber, sobald Gasentwicklung auftritt, entsprechend reduziert wird. Der Wärter der Batterie hat bei dieser Probe Gelegenheit, sein Verständnis der erhaltenen Instruktion an den Tag zu legen. Ferner dient die Probe als Beweismittel für den Empfänger, dass der bestellte Accumulator die gewünschte Leistungsfähigkeit besitze. Es wird auch gewöhnlich eine entsprechende Bestätigung seitens des Bestellers erwartet, dass die Probe zu seiner Zufriedenheit ausgefallen sei. Damit ist das erste Stadium, das Jünglingsalter der Batterie, etabliert, und es hängt nun von oft unkontrollierbaren Umständen ab, wie sich der weitere Lebenslauf der Batterie gestaltet. Der Fabrikant wird entweder ein oder zwei Jahre kostenlose Garantie leisten, d. h. allenfalls Reparaturen, die trotz Einhaltung der Betriebsvorschriften nötig werden, auf seine

eigenen Kosten ausführen. Oder der Fabrikant übernimmt die Verantwortlichkeit für stets genügende Leistungsfähigkeit des Accumulators innerhalb der vereinbarten Grenzen auf 10 Jahre gegen eine gewisse, quasi als Amortisation zu betrachtende, jährlich zu entrichtende Vergütung seitens des Besitzers.

Es lässt sich nicht bestreiten, dass dieser Modus den Ueberlieferungen von Solidität, welche allerdings stetem Wechsel unterworfen sind, wenig gerecht wird und die Schuld daran in gleicher Weise an Lieferant, Besteller und Ware liegt. Am Lieferant, weil er sich auf eine oft wechselvolle Zukunft Verpflichtungen auflädt; am Besteller, weil dieser so etwas verlangt oder annimmt, und am Accumulator, weil viele Erfahrungen auf dessen zu rasche Lebensweise hindeuteten. Möge die Hoffnung, dass der Accumulator bald solcher Unmündigkeit entwachse, sich recht bald erfüllen zum Besten aller Beteiligten. Denn es ist ersichtlich, dass gerade solche Garantien nicht dazu angethan sind, den Besitzer zu eigener Wahrung und Schonung der Batterie anzuhalten. — Bei der Dynamo muss Kupferstaub, der vom Kollektor in die Armatur geschleudert wird, öfters weggeblasen werden; der Kollektor bedarf der Nachfeilung, die Bürste der richtigen Einstellung, die Lager der Schmierung, das Gestell und Leitungsnetz der Isolation u. s. w. Der Accumulator verlangt allerdings mehr Bedienung, er will täglich vollgeladen, nicht überansprucht, nachgesehen und mit Nachfüllflüssigkeit versehen sein.

Sollte, was bei der grossen Zahl von Platten wohl vorkommen kann, eine Platte schlecht werden, so zeigt sich dies an der ausbleibenden Gasentwicklung des betreffenden Elementes. Ist eine Superoxyd-Platte krumm geworden, so steckt man Glasröhren, oder wenn solche nicht aufzutreiben sind, Ebonitstäbchen, Röhrchen, ja sogar Holzstäbe zwischen diese und die benachbarten zwei Platten, um die Berührung ungleichartiger Platten zu verhindern. Wird schon beim ersten Anzeichen von Plattenkrümmung, das allerdings nur durch

zeitweilige Inspektion (Durchsicht) der Elemente gefunden wird, durch geeignetes Zwischenstecken von Glas oder Holz vorgesorgt, so unterbleibt die starke Krümmung. Umgekehrt werden sämtliche Platten eines Elementes angesteckt, wenn nur von einer Platte ein „Kurzschluss“ zur Gegenelektrode längere Zeit unbeachtet gelassen wird. Die Füllmasse quillt dann auf oder bröckelt ab oder die Träger bersten und es bleibt nichts übrig, als dieses Element aus der Reihe herauszuschneiden und die Lücke durch ein Stück Kupferkabel auszufüllen, bis ein Ersatzelement geschaffen ist, das, wenn es sich nur um einzelne verdorbene Platten handelt, durch eine Anleihe aus den äussersten, wenig gebrauchten Zusatzzellen zustande gebracht werden kann.

Verschiedene Arten des Aufbaus der Elektrodenplatten zu Elementen.

Schon früher sind gelegentlich der Besprechung verschiedener Träger einzelne fertige Accumulatoren gezeigt und besprochen worden. (Element von Gelnhausen, A.-F.-A.-G. Berlin, Chloride-Acc.-Co., Pollak, Watt, Austria, Oerlikon u. a.) Dies war erforderlich, weil die Kapazität und das Verhalten von Platten nur mit Bezugnahme auf eine bestimmte Anordnung derselben im Element ermittelt werden kann, da besonders die Menge des Elektrolyten, sowie der Widerstand des Accumulators von jener abhängen. Nachfolgend sind einige der verbreitetsten Konstruktionen dargestellt, wobei jedesmal die üblichen Angaben dem betreffenden Element beigefügt sind.

Im Zusammenhang damit wird die Gebrauchsanweisung, welche bis jetzt bei jedem Fabrikanten anders lautet, berührt. Da aber doch manche Regeln bei allen Gebrauchsanweisungen vorkommen, ist, um Wiederholungen zu vermeiden, allein die Correnssche Vorschrift wörtlich, dagegen bei allen anderen nur dasjenige angeführt worden, was der bezüglichen Anweisung eigentümlich ist.

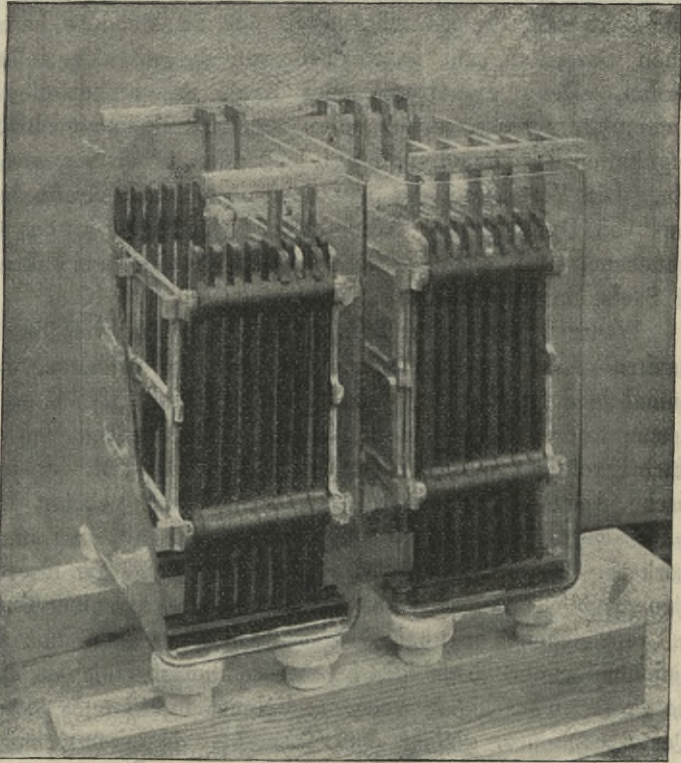
Ebenso wichtig als die Behandlungsvorschrift ist die Anordnung der Accumulatoren oder Batterien im Stromkreis, die „Schaltung“. Diese unterliegt den mannigfaltigsten Variationen und müsste bei näherem Zusehen einen den Raum dieses Werkes bedeutend überschreitenden Platz einnehmen. Die Schaltungsweise ist insofern zu berücksichtigen, als der Nützeffekt und die Dauerhaftigkeit der im Betriebe befindlichen Batterien zum guten Teil von derselben beeinflusst werden. Denn die Grösse oder Kraft des aufzustellenden Accumulators muss, wenn anders die Behandlungsvorschriften eingehalten werden sollen, der zu leistenden Arbeit angemessen sein. Die Verteilung der von der motorischen Kraftanlage, resp. von Dynamo und Accumulator gemeinsam in das Gebrauchsnetz abzugebenden Elektrizität auf die einzelnen Faktoren ist Sache der Schaltung.

Weder Dynamo noch Dampfmaschine können viel über die maximale Leistung überansprucht werden und versagen, wenn einmal jene erreicht ist, weitergehende Dienste. Nicht so der Accumulator. Infolge des geringen Widerstandes und der Mächtigkeit der aufgespeicherten Elektrizität gibt der technische Accumulator, wenn dazu Gelegenheit geboten wird, seinen Vorrat in fast beliebig kurzer Zeit ab, mit um so stärkeren Strömen, je mehr der Widerstand im äusseren Stromkreis verringert wird. Die Dynamo ist mit einer Pumpe zu vergleichen, die bei festgesetzter Tourenzahl mit stets gleichbleibender Ergiebigkeit arbeitet, einerlei, ob das durch sie zu füllende, höher gelegene Reservoir voll oder leer ist. Der Accumulator gleicht dem Reservoir, das, wenn nur die Oeffnung gross genug gemacht wird, seinen Inhalt mit entsprechender Gewalt entweichen lässt. Ein Kardinalpunkt in jeder Betriebsvorschrift ist nun, dass die festgesetzte maximale Leistung des Accumulators nicht überschritten werde. Die Einhaltung dieser Bedingung ist nur möglich durch geeignete Disposition und Normierung der Stromquellen und Stromverbrauchsstellen, durch automatische Vorkehrungen und Sicherungen, durch zweckentsprechende Schaltung. Um einen

Begriff dieser Materie zu geben, sind, anreihend an die Elementkonstruktionen, einzelne Beispiele von Schaltungen gegeben.

Einige unentbehrliche, dem Accumulatorenbetrieb eigentümliche Apparate, wie automatische Ausschalter, Starkstrom-

Fig. 125.



Elemente von C. W. Kayser & Co., Berlin.

schalter sind schon im Kapitel „Formation“ vorgekommen, dagegen bleiben die Vorkehrungen zur Konstanterhaltung der Klemmenspannung einer Batterie, die Zellenschalter noch zu erörtern. Von den verschiedenen Fabrikaten ist im Nachstehenden die weitaus beste und die sorgfältigste Ausführung zeigende Konstruktion mit Funkenlöscher der Elektrizitäts-

Aktiengesellschaft, vormals Schuckert & Co., Nürnberg, an einem Beispiel erläutert. Die Schaltungen samt den zugehörigen Apparaten fallen mehr in das Gebiet der „Installation“ hinein, wenn auch heute noch fast ausschliesslich die Accumulatorenfabrikanten für das „Installieren“ zweckmässiger Schaltungen im Interesse des guten Rufes ihres Fabrikates besorgt sein müssen. Die fortwährend auftauchenden neuartigen Kombinationen und Schaltungen liefern den Beweis dafür, dass dieser Gegenstand noch in fortwährender Entwicklung und Vervollkommnung begriffen ist.

In dem in Fig. 125 dargestellten Accumulator von **E. Correns** (C. W. Kayser & Co., Berlin) wird der regelmässige und gesicherte Abstand der Platten voneinander ähnlich wie bei der Montage von G. Hagen dadurch erreicht, dass die seitlichen Plattenkanten durch entsprechende Nuten zwei einander gegenüberstehender Stützscheiben geführt werden. Diese Stützscheibe bildet aber nicht, wie bei G. Hagen, ein massives Stück, sondern wird durch Aneinanderreihen von Stäben gebildet, wobei abwechselnd breitere und schmalere Leisten aufeinander folgen. Bei der in Fig. 125 gezeigten Aufstellung sitzen nur die Bleischwammplatten in nutenförmigen Ausparungen auf, während die Superoxydplatten vermittelst je zweier Nasen auf der Kompositstützplatte aufgehängt sind.

Die Aufführung der verschiedenen Montagen, welche solche zusammengesetzte Stützscheiben erlauben, findet sich in D. R.-P. Nr. 92967 vom 3. September 1896. Die Patentansprüche dieser beachtenswerten Neuerung lauten:

1. Seitenträger für Kästen zum Einhängen von Platten u. dergl., bestehend aus breiten und schmalen, erforderlichenfalls gelochten oder geschlitzten Stäben, die entweder auf Stangen in abwechselnder Folge aufgereiht oder mittels Nut und Feder zusammengefügt und durch Endplatten zu einem starren Gefüge zusammengehalten sind.

2. Eine Ausführungsform der Seitenträger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stäbe aus je einem schmalen und einem breiten, oder aus je zwei schmalen und einem breiten Stäbe in einem Stück bestehen.

3. Eine Ausführungsform der Seitenträger nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch den Ersatz der schmalen Stäbe durch ringförmige Körper, welche mit dem nächsten breiten Streifen ein Stück bilden können.

4. Eine Ausführungsform der Seitenträger nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Stäbe in Zickzack oder Wellenform zwecks leichteren Umspülens von Flüssigkeit.

Der in Fig. 125 gezeigte Aufbau entspricht der unter Anspruch 3 definierten Ausführungsform, welche vielleicht die beste, einfachste und billigste Methode darstellt, Accumulator-elektroden zusammensetzen und gleich vorteilhaft für stationäre und transportable Elemente anzuwenden ist.

Verhältnisse eines Elements (Fig. 125): Gewicht pro Platte 3,275 kg, ganz gleich, ob negativ oder positiv, also für alle 9 Platten 29,475 kg. An Säure sind 19 l = 22,8 kg pro Zelle erforderlich. Jede Platte ist 260 × 260 mm gross und 6 mm stark. Das Totalgewicht der Zelle beträgt 39 kg ohne Säure. Type Q4 leistet:

bei	1 stündiger	Entladung	104	Ampèrestunden,
"	2	"	136	"
"	3	"	160	"
"	4	"	168	"
"	5	"	180	"
"	6	"	189	"
"	7	"	198	"
"	8	"	204	"
"	9	"	212	"
"	10	"	220	"

Der Preis stellt sich pro Element auf 36 Mark exkl. Verpackung.

C. Wilh. Kayser & Co., Berlin N.W. 87.
Hüttenwerk und Accumulatorenfabrik (System Correns).

Bedienungs-Vorschrift
der Accumulatoren-Batterie No. 11056.

Die hier aufgestellte Accumulatoren-batterie (System Correns) von 65 Elementen Type Q4, von 180 Ampèrestunden Aufnahmefähigkeit bei 36 Ampère Entladestrom ist wie folgt zu behandeln:

I. Spezifisches Gewicht der Säure.

Das spezifische Gewicht der Säure muss beim ersten Einfüllen 1,17 betragen. Nach dem Einfüllen sinkt dasselbe gewöhnlich, steigt jedoch bei normaler Ladung bald wieder auf seine ursprüngliche Höhe, weshalb die erste Ladung nach dem Einfüllen der Säure mindestens so lange fortzusetzen ist. Bei weiter fortgesetzter Ladung steigt das Gewicht der Säure bis 1,2 und es ist die Ladung dann erst als beendet zu betrachten.

II. Inbetriebsetzung.

Nach beendeter Einfüllung der Säure ist sofort mit der ersten Ladung zu beginnen und dieselbe ohne Unterbrechung circa 60 Stunden mit 36 Ampère vorzunehmen. Bei geringerer Ladestromstärke dauert dieselbe entsprechend länger. Diese erste Ladung muss so lange fortgesetzt werden, bis das spezifische Gewicht der Säure um ca. 0,03 höher geworden ist, also statt 1,17 nunmehr 1,2 beträgt; dabei müssen in sämtlichen Elementen sowohl die positiven als auch die negativen Platten lebhaft Gas entwickeln.

III. Entladung.

Die Entladung kann mit jeder Stromstärke bis zur höchst zulässigen von 36 Ampère erfolgen und ist zu unterbrechen, wenn die Spannung der Batterie bei Entnahme des vollen Entladestromes unter 120 Volt gesunken ist, oder wenn das spezifische Gewicht der Schwefelsäure um ca. 0,03 bis 0,04 gefallen ist, also statt 1,2 wie im geladenen Zustande, nur noch 1,16 bis 1,17 beträgt. Für die jeweilige noch im Accumulator enthaltene Energiemenge ist die Vergleichung des Säurestandes vor und nach der Entladung der einzige und ziemlich genaue Massstab.

IV. Ladung.

Die Wiederladung der entladenen Batterie hat möglichst bald zu erfolgen, längstens jedoch innerhalb 24 Stunden. Die normale Ladung kann mit jeder Stromstärke bis zur höchst zulässigen von 40 Ampère erfolgen und dauert natürlich um so länger, je kleiner die angewandte Stromstärke ist. Dieselbe ist als beendet zu betrachten, wenn in sämtlichen Elementen sowohl von den positiven (braunen) als auch von den negativen (grauen) Platten lebhaft Gasbläschen aufsteigen, wodurch die Flüssigkeit ein trübes Aussehen erhält. Die Höhe dieser Endspannung ist sehr verschieden je nach der Grösse der Ladestromstärke.

Sobald sich an beiden Plattenarten sowohl an den positiven als auch an den negativen, lebhaft Gasentwicklung bemerkbar macht, ist

die Ladung zu unterbrechen, und nur bei jeder 15. Ladung, spätestens jedoch alle 2 Monate einmal die Gasentwicklung ca. $\frac{3}{4}$ Stunden andauern zu lassen.

V. Revision der Zellen.

Der Betriebswärter hat die Pflicht, sich während der Ladung mehreremale, und gegen Ende der Ladung unbedingt in den Accumulatorenraum zu begeben und nachzusehen, ob alle Elemente gleichmässig mit der Gasentwicklung beginnen. Bleibt ein Element zurück, so ist dasselbe sofort daraufhin nachzusehen, ob nicht durch hineingefallene Unreinigkeiten oder von den Platten abgefallene Blättchen eine Verbindung (Kurzschluss) zwischen den positiven und negativen Platten hergestellt ist. Diese etwaigen Ueberbrückungen und Verbindungen sind mittels eines schmalen Glas-, Holz- oder Hartgummistabes (keinenfalls mit einem Metallstabe) zu entfernen.

Ein solches Element fällt übrigens schon bei der zweiten Lade-stunde durch seine klare Säure auf, man sieht nicht das geringste Gasbläschen aufsteigen, während der Säuremesser immer tiefer untersinkt, statt zu steigen.

Nach stattgehabter Ladung ist der jedesmalige Befund in das Kontrollbuch einzutragen.

VI. Nachfüllen der Elemente.

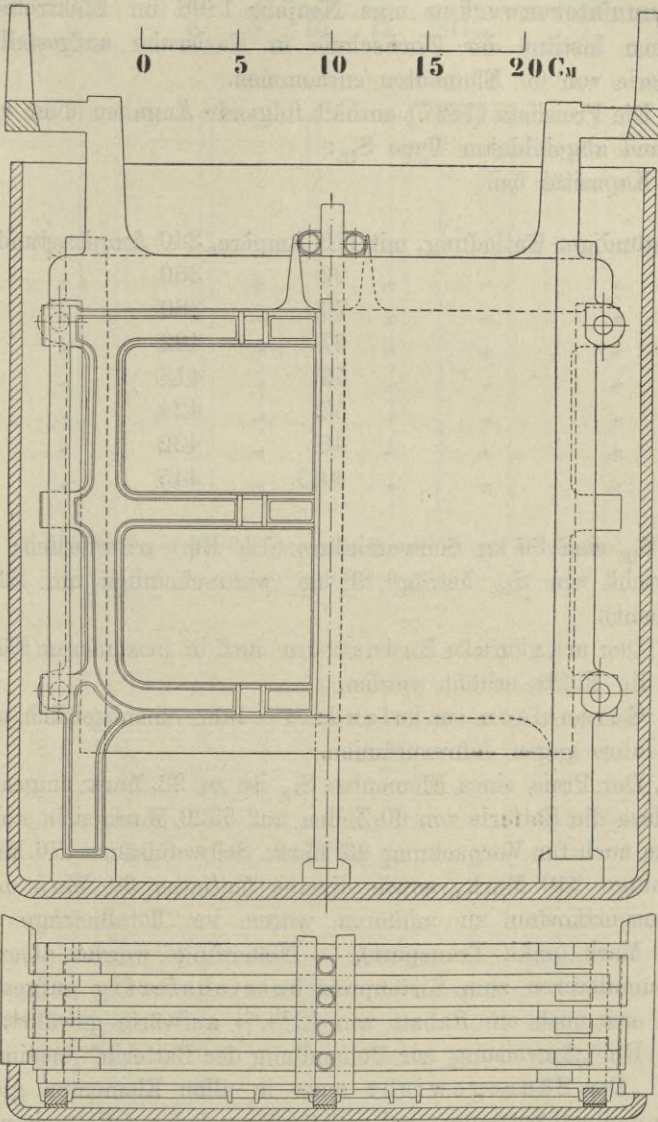
Die Säure muss stets mindestens 1 cm über den Platten stehen und hat ein Auffüllen sofort zu erfolgen, sobald dieser Ueberschuss von 1 cm nicht mehr da ist.

Das Auffüllen geschieht, wenn die Säure des Elementes normal im Gewicht ist, mit Schwefelsäure von 1,17 spez. Gew. und zwar während der Ladung. Ist die Säure zu hoch im spezifischen Gewicht, über 1,2, so ist, je nachdem dies mehr oder weniger ist, mit destilliertem Wasser oder ganz verdünnter Schwefelsäure von ca. 1,04 spez. Gew. (erhalten durch Vermischen von 1 Teil Nachfüllsäure 1,17 spez. Gewichts mit 3 Teilen destilliertem Wasser) aufzufüllen.

Ein Nachfüllen mit stärkerer Säure als 1,17 spez. Gew. darf nie stattfinden und ist auch durchaus unzulässig, da ein Sinken des vorher normalen Säurestandes unter 1,15 stets die Anzeige ist, dass das betreffende Element in Unordnung ist und einen wenn auch noch so geringen Fehler oder Kurzschluss hat. Ist derselbe entfernt, so steigt bei guter Ladung das Säuregewicht schnell wieder auf die normale Höhe.

Bleibt trotzdem ein Element während mehrerer Ladungen zurück, so ist uns sofort Mitteilung zu machen unter Angabe der Nummer des Elementes.

Fig. 126.



Aufbau mit Kompositstützscheiben (Correns).

Die Skizze in Fig. 127 ist einer von den **Frankfurter Accumulatorenwerken** ums Neujahr 1898 im Elektrotechnischen Institut der Hochschule in Karlsruhe aufgestellten Batterie von 60 Elementen entnommen.

Die Preisliste (1897) enthält folgende Angaben über vorstehend abgebildeten Type S_{12} :

Kapazität bei

3stündiger Entladung, mit 113 Ampère, 340 Ampèrestunden,						
4	"	"	90	"	360	"
5	"	"	76	"	380	"
6	"	"	67	"	402	"
7	"	"	59	"	413	"
8	"	"	53	"	424	"
9	"	"	48	"	432	"
10	"	"	44,5	"	445	"

für S_{12} sind 36 kg Schwefelsäure (19° Bé.) erforderlich; das Gewicht von S_{12} beträgt 88 kg (wahrscheinlich mit Säure gemeint).

Der maximale Ladestrom darf in besonderen Fällen um die Hälfte erhöht werden.

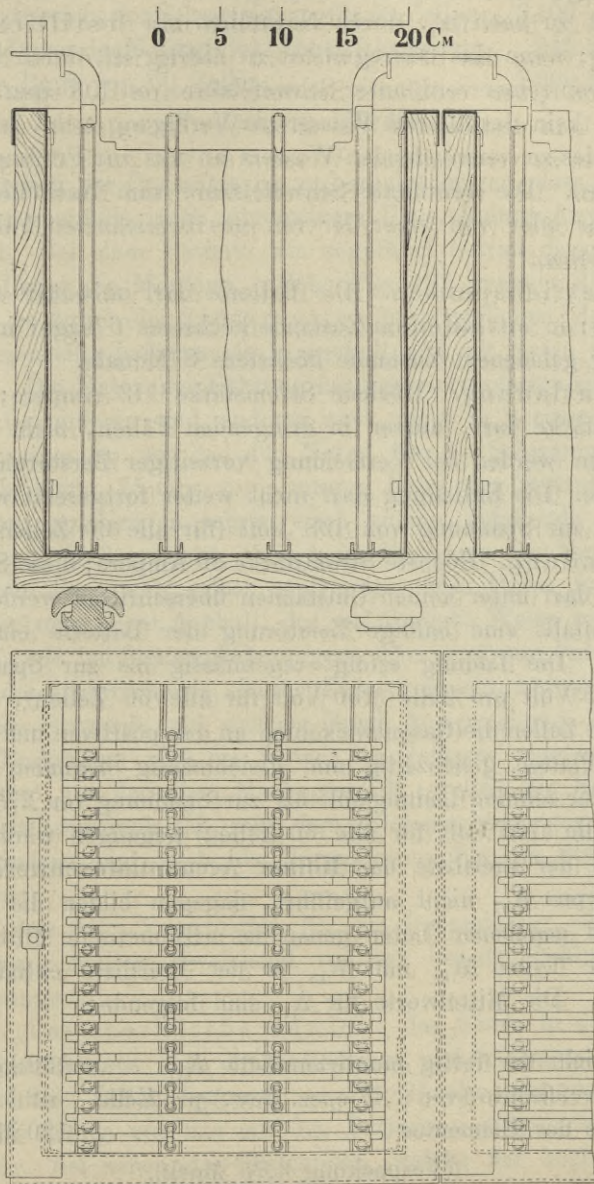
Garantien im Inland: $2\frac{1}{2}$ Jahre unentgeltlich oder 10 Jahre gegen Jahresprämien.

Der Preis eines Elementes S_{12} ist zu 92 Mark angesetzt, so dass die Batterie von 60 Zellen auf 5520 Mark sich stellte, wozu noch für Verpackung 63 Mark, Schwefelsäure 176 Mark, Montage 240 Mark, sowie diverse Zuthaten 50 Mark nebst Transportkosten zu addieren wären im Totalbetrage von 529 Mark (exkl. Transport). — Neuerdings werden aber die Accumulatoren zum Listenpreis betriebsfertig aufgestellt und erst noch ein Rabatt von $12\frac{1}{2}\%$ aufwärts gewährt.

Die „Anweisung zur Behandlung der Batterie“ bestimmt:

„Das Säuregewicht muss in allen Elementen gleich sein und soll betragen: bei vollständig geladener Batterie nicht unter 1,15 spez. Gew. und nicht über 1,17 spez. Gew. Ab-

Fig. 127.



Accumulator der Frankfurter Accumulatorenwerke.

weichungen sind allmählich auszugleichen; wenn das Säuregewicht zu hoch ist, durch Nachfüllen mit destilliertem Wasser; wenn das Säuregewicht zu niedrig ist, durch Nachfüllen von reiner verdünnter Schwefelsäure von 1,05 spez. Gew. — Wo kein destilliertes Wasser zur Verfügung steht, ist eine Probe des zu verwendenden Wassers an uns zur Prüfung einzusenden. Die verdünnte Schwefelsäure zum Nachfüllen ist von uns oder von einer der von uns bezeichneten Fabriken zu beziehen.“

Betriebspausen. Die Batterie darf unbenutzt stehen bleiben: in entladene Zustand höchstens 6 Tage; in vollständig geladenem Zustand höchstens 3 Monate.

Entladung. Höchste Stromstärke 113 Ampère; diese Stromstärke darf, ausser in dringenden Fällen, nicht überschritten werden bei Vermeidung vorzeitiger Zerstörung der Batterie. Die Entladung darf nicht weiter fortgesetzt werden als bis zur Spannung von 108 Volt (für alle 60 Zellen).

Ladung. Höchste Stromstärke 80 Ampère; diese Stromstärke darf unter keinen Umständen überschritten werden, da anderenfalls eine baldige Zerstörung der Batterie eintreten würde. Die Ladung erfolgt regelmässig bis zur Spannung von 2,5 Volt pro Zelle (150 Volt für alle 60 Zellen), wobei in allen Zellen die Gasentwicklung an den positiven und negativen Platten gleichzeitig und gleichmässig beginnen muss. Bei jeder zehnten Ladung soll bis zur Spannung von 2,75 Volt pro Zelle (165 Volt für alle 60 Zellen) gegangen werden. —

In der Preisliste der **Kölner Accumulatorenwerke** ist der Typus A_{17} nicht aufgeführt, dagegen bilden die nachstehend gegebenen Daten genau das arithmetische Mittel der für die Typen A_{16} und A_{18} in der Preisliste enthaltenen Werte. Die Mittelwerte für A_{17} sind folgende:

Gewicht der fertig montirten Zelle A_{17} . .	136 kg
Schwefelsäure (von 1,17 spez. Gew.) pro Zelle	42 l
Preis des Elementes	120 Mark

(Verpackung 4,75 Mark).

Das Gewicht von 60 Zellen, verpackt, ist	10 450 kg,
das Gewicht der Schwefelsäure für 60 Zellen	3 100 „
die Dauer der Montage inkl. Inbetriebsetzung	245 Stunden,
der Preis von 60 Zellen	7 200 Mark,

(Verpackung 126 Mark).

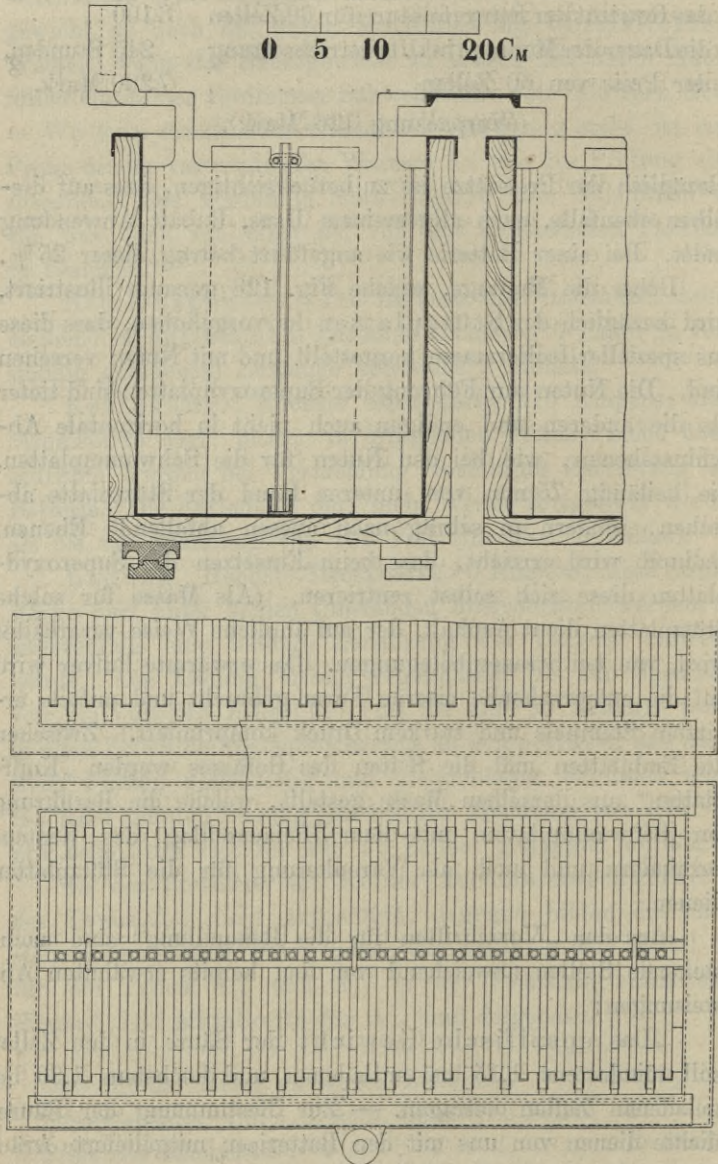
(Bezüglich der Preissätze ist zu berücksichtigen, dass auf dieselben ebenfalls, nach allgemeinem Usus, Rabatt Anwendung findet. Bei einer Batterie wie angeführt betrug dieser 25 %.

Ueber die Montage, welche Fig. 128 genauer illustriert, wird bezüglich der Stützplatten hervorgehoben, dass diese aus spezieller Isoliermasse hergestellt und mit Nuten versehen sind. Die Nuten zur Führung der Superoxydplatten sind tiefer als die anderen und endigen auch nicht in horizontale Abschluss Ebenen, wie bei den Nuten für die Schwammplatten, die beiläufig 75 mm vom unteren Rand der Stützplatte ab stehen, sondern in schräg nach aussen abfallende Ebenen. Dadurch wird erreicht, dass beim Einsetzen der Superoxydplatten diese sich selbst zentrieren. (Als Masse für solche Stützplatten dient Asphalt, der auf ähnliche Weise verarbeitet wird, wie bei Strassenbelegungen. Das erwärmte Pulver wird auf die entsprechende eiserne Form gebracht und mittels erhitzten Stempels und starkem Druck komprimiert.) Zwischen die Endplatten und die Seiten des Gefässes werden „Kopfplatten“ aus derselben Masse gestellt, welche die Berührung der Schwammplatten mit dem Bleiausschlag des Kastens verhindern und auch als Verankerung für die Stützplatten dienen.

Aus den „Vorschriften für die Behandlung“ sind nachstehende Stellen abweichend von den bereits erwähnten Anweisungen:

„Das spezifische Gewicht der Säure in den Zellen soll mindestens 1,15 bei entladenen und höchstens 1,20 bei geladenen Zellen betragen. — Zur Bestimmung der Säuredichte dienen von uns mit den Battereien mitgelieferte Aräometer, bei denen die Skalenteile, welche der höchsten und

Fig. 128.

Accumulator A₁₇ der Kölner Accumulatorenwerke.

niedersten zulässigen Säuredichte entsprechen, durch rote Striche kenntlich gemacht sind.

Die vorgeschriebenen Maximalstromstärken bei Ladung — 102 Ampère — bei Entladung — 144,5 Ampère — dürfen nie überschritten werden; desgleichen dürfen die zum Schutz gegen Ueberanstrengung der Batterie angebrachten Bleisicherungen nicht ohne Genehmigung der unterzeichneten Firma verstärkt werden.

Die Batterie ist entladen, sobald ihre Spannung bei der maximalen Entladestromstärke unter 110 Volt gesunken ist. Niemals darf die Entladung weiter als bis auf 1,75 Volt pro Zelle, d. h. 105 Volt Spannung der Batterie, fortgesetzt werden. Mit der maximalen Ladestromstärke von 102 Ampère darf die Batterie nur so lange geladen werden, als noch keine lebhafte Gasbildung in den Elementen zu bemerken ist. Sobald eine solche auch bei den nicht an den Zellenschalter angeschlossenen Zellen eingetreten ist, muss die Ladestromstärke auf die Hälfte, d. h. auf 51 Ampère oder weniger herabgesetzt werden. — Die Ladung der Batterie ist als beendet anzusehen, sobald die Spannung der Batterie über 2,7 Volt pro Zelle, d. h. im ganzen über 162 Volt an den Batterieklemmen gestiegen ist, sich bei Ladung mit dem normalen, konstant zu haltenden Ladestrom von 51 Ampère mindestens 15 Minuten lang nicht geändert hat und alle Zellen dabei stark gasen. — Wenngleich gelegentliche Ueberladung der Batterie nicht schadet, so ist doch regelmässige und anhaltende Ueberladung zu vermeiden, da diese mit Kraftverschwendung verbunden ist und ausserdem die aktive Masse in den Elektroden durch die sich entwickelnden Gase gelockert wird.

Von jeder abnormalen Erscheinung in der ganzen Batterie oder an einzelnen Zellen, sowie von etwaigen Veränderungen, resp. Vergrösserungen der maschinellen Anlage, Schaltung oder Lampenzahl ist der unterzeichneten Firma sofort Mitteilung zu machen.“

Fig. 129, welche Verf. von den Kölner Accumulatoren-

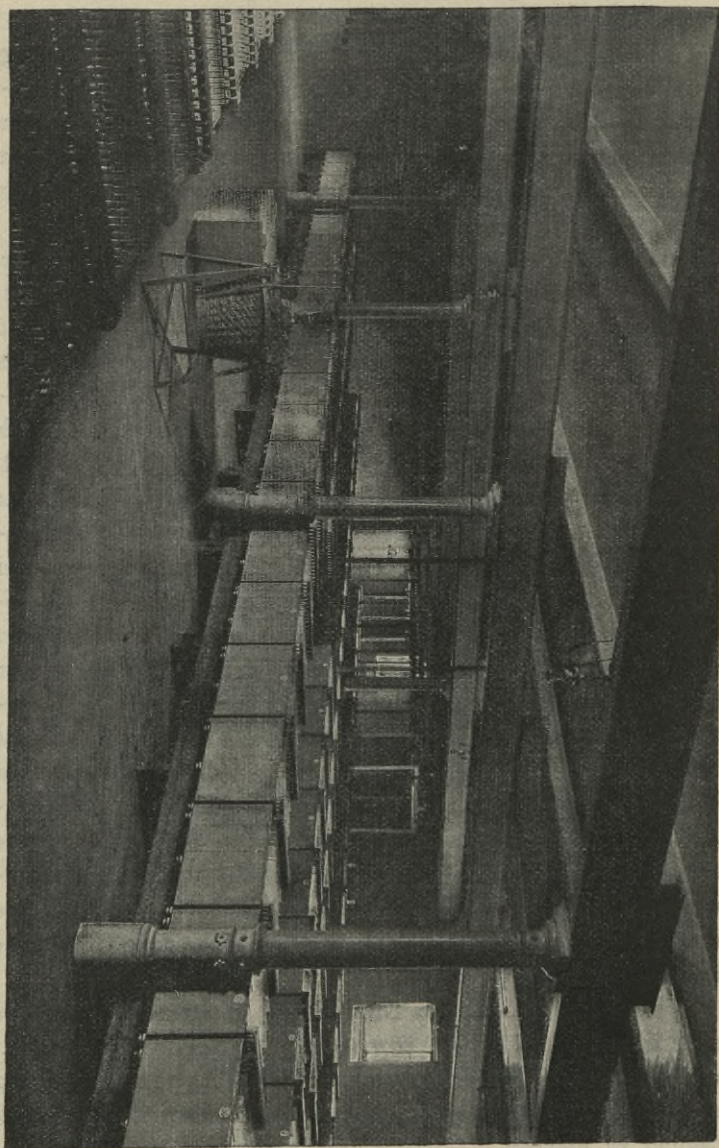


Fig. 129.

Batterie der Hafenzentrale in Mannheim. (Kölner Accumulatorenwerke G. Hagen in Kalk bei Köln).

werken freundlichst überlassen wurde, zeigt mustergültige Aufstellung und Disposition der Batterie. Die Elemente stehen sämtlich in einer Horizontalebene und in solcher Höhe, dass die Uebersicht der Flüssigkeitsoberflächen bequem möglich ist. Jedes Element ist mit Nummer versehen, steht auf Isolatoren und von den benachbarten Zellen mit regelmässigem Zwischenraume ab. Zwischen den einzelnen Reihen sind genügend breite Gänge frei gelassen, damit der Wärter bequem zu jeder Stelle jedes beliebigen Elements Zutritt findet. In der in Drehgestell sitzenden Korbflasche ist das zum Ersatz der verdunsteten Flüssigkeit bestimmte destillierte Wasser enthalten.

Durch Seitenfenster wird der Raum, der auch angemessen hoch ist, vom Tageslicht beleuchtet. Die ganze Anlage zeugt von Ordnung und Reinlichkeit, zwei wesentlichen Erfordernissen bei der Wartung von Accumulatoren.

Oft wird vom Käufer einer Batterie ein Dachboden, Raum unter der Stiege, Keller mit Ueberschwemmung zweimal per Jahr, Baracke im Freien und was mehr solcher idyllischer Orte sind, als allein disponibler Platz für die Aufstellung des Accumulators bezeichnet. Jeder Ort, der im Winter nicht gut heizbar ist, der feucht oder so im Dunkeln liegt, dass die Uebersicht über die Elemente darunter leidet, ist ungeeignet zur Anfnahme von Accumulatoren. Im Gegenteil soll der Aufstellungsort bequem zugänglich, gut beleuchtet, reinlich, trocken, warm sein, denn je angenehmer der Aufenthalt in demselben ist, desto eher wird sich auch der Batteriewärter bequemen, demselben öfteren Besuch abzustatten.

Der aus dem Jahre 1896 stammende Aufbau von Elementen für stationäre Battereien der **Accumulatorenfabrik-Aktiengesellschaft Berlin** wird durch Fig. 130 veranschaulicht. Die Bleischwammplatten sind hier mit drei vertikal laufenden Hohlkehlen ausgestattet, welche als Widerlager für die distanzhaltenden Glasröhren dienen. Um das Plattengewicht nicht noch mehr unnötig zu erhöhen, sind diese Hohlkehlen durchbrochen.

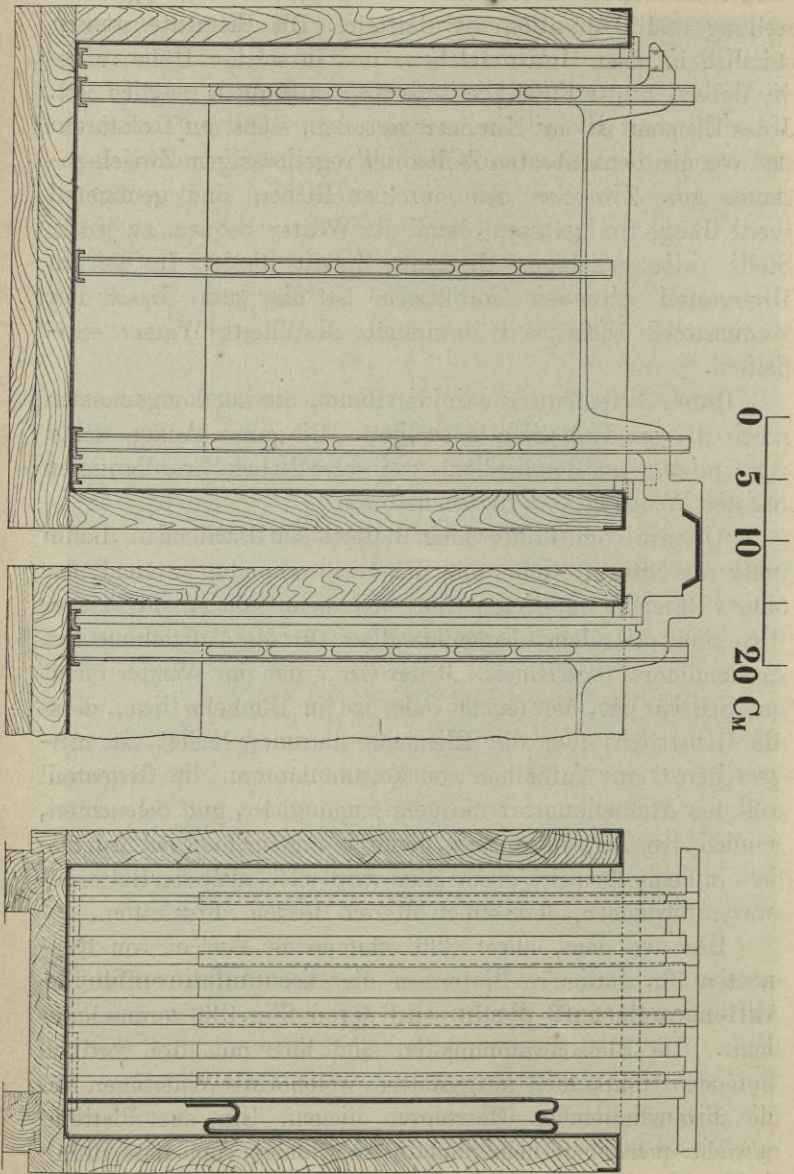


Fig. 130.

Die „Vorschriften“ der A.-F.-A.-G. in Berlin enthalten folgende Bestimmungen:

1. Die Ladung hat mit einer Stromstärke zu erfolgen, welche höchstens Ampère betragen darf, aber beliebig niedriger zulässig ist.

2. Jede Ladung muss so lange fortgesetzt werden, bis sämtliche Elemente zur lebhaften Gasentwicklung gelangen und die Spannung nicht mehr steigt.

3. Die normale Entladung kann mit einer Stromstärke bis zu Ampère erfolgen und soll unterbrochen werden, sobald die Spannung der gesamten Batterie unter Volt sinkt. Eine weitere Entladung der Batterie unter die Lichtspannung, also bis zum Dunkelbrennen der Lampen, ist unter keinen Umständen zulässig. Wurde die Batterie etwa durch irgend einen Umstand unter die zulässige Spannung entladen, so muss die Wiederladung unbedingt sofort erfolgen, wenn unsere Garantie aufrecht erhalten bleiben soll.

4. Die Wiederladung der bis zu dieser Grenze entladenen Batterie muss möglichst bald erfolgen, längstens innerhalb 2 Tagen.

5. Nach Inbetriebsetzung der Batterie muss dieselbe bei den ersten 8 Wiederladungen, noch 2 Stunden nach Eintritt der lebhaften Gasentwicklung überladen werden.

6. Eine weitere Ueberladung der Batterie soll nur alle 2 bis 4 Monate einmal und dann in der Weise stattfinden, dass die Ueberladung erst als beendet zu betrachten ist, wenn der Säuremesser während einer Zeit von 4 Stunden um nichts mehr gestiegen ist.

7. Das Nachfüllen von Säure in die Elemente hat zu erfolgen, sobald die Säure in denselben nicht mehr 1 cm hoch über den Platten steht. Die Nachfüllsäure darf nur von den durch uns als Bezugsquellen angegebenen Schwefelsäurefabriken bezogen werden und muss bei der Bestellung bemerkt werden, dass die Schwefelsäure für Accumulatoren verwendet werden soll.

Der Betriebswärter hat die Pflicht, täglich gegen Ende des Ladens den Batterieraum zu durchgehen und zu beachten, ob in allen Elementen gleichmässig und zu gleicher Zeit die Gasentwicklung beginnt. Sollte dieses bei einer Zelle nicht der Fall sein, so ist dieselbe sofort nach den angegebenen Vorschriften auf Kurzschluss zu untersuchen und letzterer zu entfernen.

Nach Besichtigung der Batterie bei Beginn der Gasentwicklung hat der Betriebswärter den bezüglichen Kontrolvermerk in das Tagesberichtsbuch unter dem betreffenden Datum einzutragen.

Der Säuregehalt der Elemente ist sofort nach der vor-

geschriebenen regelmässigen Ueberladung zu messen. Zum Nachfüllen ist hiernach in den folgenden 2 bis 4 Monaten zu verwenden:

- 1) destilliertes Wasser oder filtriertes Regenwasser (welches nicht in eisernen oder Zinkgefässen aufgesammelt sein darf), wenn der Säuregehalt über 22° beträgt;
- 2) 4–6 gradige Säure, aus Wasser wie vorstehend und vorschriftsgemäss bezogener Säure hergestellt, wenn der Säuregehalt 19– 22° betrug.

Ist der Säuregehalt unter 17° gesunken, so ist uns sofort davon Nachricht zu geben.

Diese Vorschrift ist dem Wärter zu übergeben und im Maschinenraum sichtbar zu befestigen.

Etwas abweichend hievon sind die „Instructions générales pour le service des Batteries“ der Société anonyme Franco-Belge pour le fabrication de l'accumulateur Tudor in Brüssel.

Die Ladung ist erst dann als beendet zu betrachten, wenn, nachdem schon einige Zeit heftige Gasentwicklung stattgefunden hat, grosse Blasen aufzusteigen beginnen. Jetzt steigt weder die Säuredichte noch die Klemmenspannung weiter an. Letztere beträgt, je nach der Stärke des Ladestromes 2,5 bis 2,65 Volt.

Ueberladen werden soll die Batterie jeden Monat nur einmal; nötig ist dies jedesmal, nachdem die Elektroden infolge längeren Nichtgebrauches der Batterie mehr oder weniger sulfatiert sind.

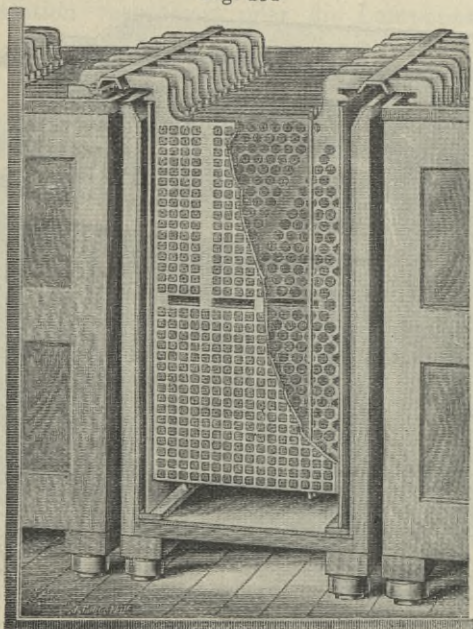
Die Entladung darf unter keinen Umständen unter 1,80 Volt pro Zelle weitergeführt werden. (Im Original steht „force-électromotrice“, was aber nicht korrekt, da offenbar doch Klemmenspannung gemeint ist.)

Wiedergeladen muss der Accumulator werden, einerle ob derselbe ganz oder nur teilweise entladen wurde, spätestens innerhalb 24 Stunden nach Unterbrechung der Entladung. (Diese Regel ist, als besonders wichtig vor allen anderen, rot gedruckt!)

Der in Fig. 131 gezeigte Aufbau von Accumulatoren der „Chloride-Accumulator-Co.“ in Philadelphia ist mit dem-

jenigen der A.-F.-A.-G. Berlin beinahe identisch. Vielleicht neuartig ist der Holzkasten mit getäfelten Wandungen. Das „Werfen“ der Kastenseiten wird dadurch vermieden und überhaupt der Kasten gefälliger, leichter, fester und auch billiger als mit den üblichen massiven Wänden. Die Elektrodenplatten zeigen, nach Art von Doppelplatten, einen Schlitz in

Fig. 131.



Accumulator der Chloride-Accumulator-Co.

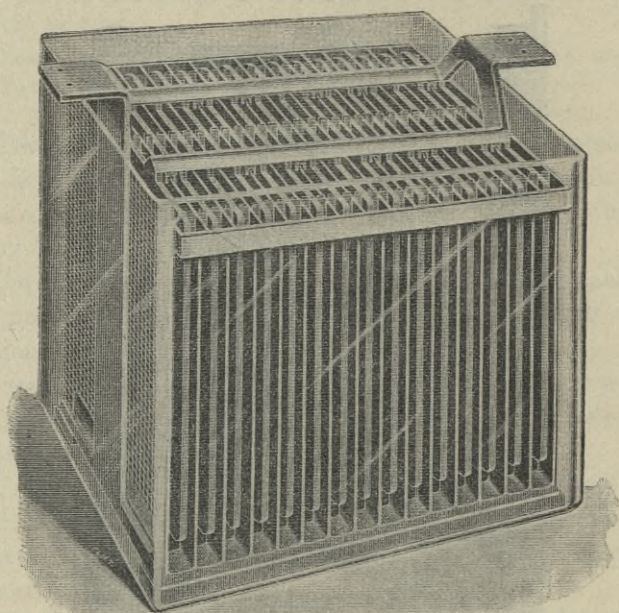
der Mitte der Höhe, welcher die Entmischung der Säure hintanhaltend soll. Der Plattenabstand vom Gefässboden ist, für diese Höhe des Elements, ausnehmend gering.

Ueber das in Fig. 132 abgebildete Element K_{31} enthält die Preisliste der **Electrical-Power-Storage-Co.** in London: Es sind im Gefäss 31 Platten (15 positive und 16 negative) enthalten. Die ungefähren äusseren Dimensionen des Glases sind $18\frac{1}{4}$ '' Länge, $11\frac{3}{8}$ '' Weite und $13\frac{1}{2}$ '' Höhe. Die Ge-

samthöhe des Elementes ist $16\frac{3}{4}$ ". Das Zellgewicht (ohne Säure) beträgt 242 engl. Pfund, das Gewicht der Schwefelsäure (von 1,190 spez. Gew.) 88 Pfund, so dass das Totalgewicht sich auf 330 Pfund (oder 149,7 kg) stellt.

Bei 125 bis 62 Ampère Ladestrom- und 125 Ampère Entladestromstärke ist die Kapazität 425 Ampèrestunden;

Fig. 132.



E.-P.-S.-Element. K 31.

letztere steigt, bei nur 62 Ampère Entladungsintensität auf 525 Ampèrestunden. —

Für kurze Zeitintervalle darf die Entladungsstärke auch weit über 125 Ampère steigen.

Preis pro Element 6 Pfd.-Sterl. und 4 Shilling, wobei Rabattsätze zwischen 20 und 30% Platz greifen.

Aus den „Instructions for working E.-P.-S.-Batteries“ ist hervorzuheben:

1. Die Ladung müsse soweit getrieben werden, dass an beiden, den positiven wie den negativen Platten Gase aufsteigen. Nichts schade den Elementen mehr, als unvollständige Ladung und vollkommene Entladung. Wenn daher, bei den kürzesten Tagen, die Dynamo derart in Anspruch genommen sei, dass keine Zeit zu vollständiger Aufladung der Accumulatoren übrig bleibe, müsse entweder die Stromerzeugungsstation vergrößert oder die Lampenzahl reduziert werden.

2. Die Prüfung solle einmal wöchentlich durch Messen der Klemmenspannung jedes Elementes erfolgen, und zwar während der Entladung mit der maximalen zulässigen Stromstärke.

3. Bevor der Dynamosstrom auf die Batterie geworfen wird, solle dafür gesorgt werden, dass die Verbindung der Pole richtig und die Spannung der Dynamo etwas höher als diejenige der Batterie sei. — Beim Abstellen der Ladung müsse zuerst die Batterie ausgeschaltet und dann erst die Maschine zum Stillstand gebracht werden.

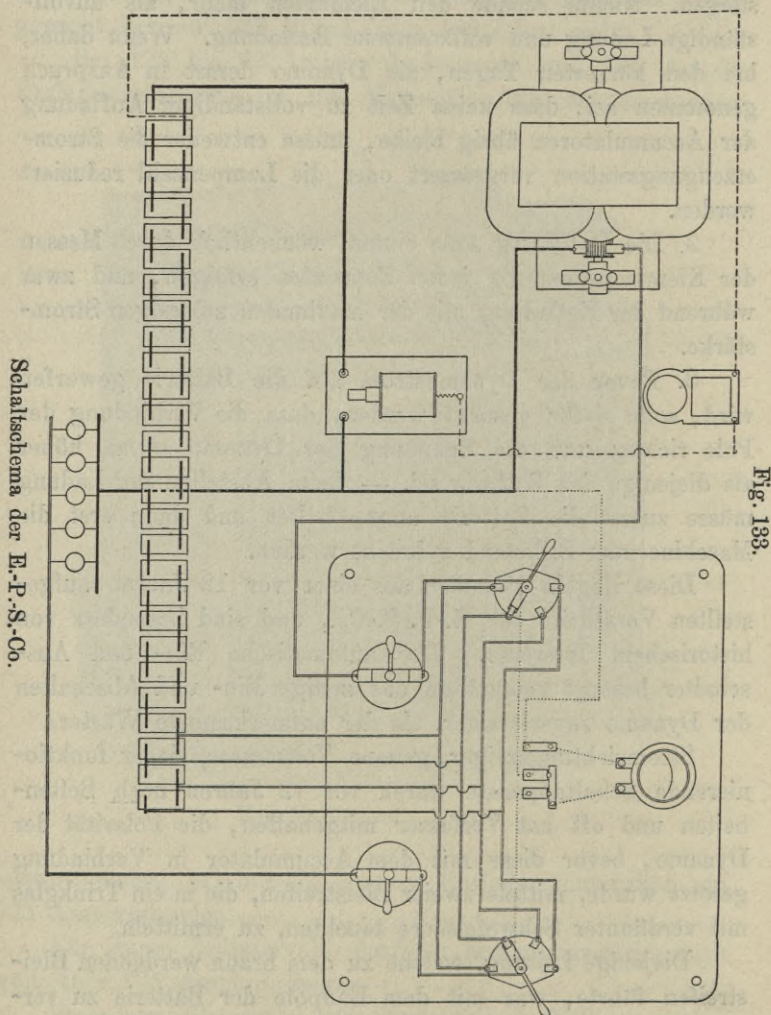
Diese Regeln stammen aus einer vor 12 Jahren aufgestellten Vorschrift der E.-P.-S.-Co., und sind besonders von historischem Interesse. Der automatische Ein- und Ausschalter besorgt heutzutage das zeitige Ein- und Abschalten der Dynamo zuverlässiger, als der aufmerksamste Wärter.

Stromrichtungszeiger, genaue Voltmeter, sicher funktionierende Schaltapparate waren vor 12 Jahren noch Seltenheiten und oft hat Verfasser mitgeholfen, die Polarität der Dynamo, bevor diese mit dem Accumulator in Verbindung gesetzt wurde, mittels zweier Bleistreifen, die in ein Trinkglas mit verdünnter Schwefelsäure tauchten, zu ermitteln.

Diejenige Leitung, welche zu dem braun werdenden Bleistreifen führte, war mit dem Endpole der Batterie zu verbinden, welcher von den braunen Platten ausging. Für Anfänger ist diese Probe noch immer die sicherste und einfachste.

Der vorstehenden „Anweisung für den Betrieb von E.-P.-S.-Batterien“ ist die in Fig. 133 skizzierte Schaltung

zu Grunde gelegt. Bei dieser ist angenommen, dass die Accumulatoren-batterie zur Beleuchtung von 65 Voltglühlichtern



zu dienen habe. Die Anordnung der Schalttafel und die Verbindung der drei Faktoren Dynamo, Accumulator und Lampen ist so einfach als möglich.

Vom + Pol der Dynamo führt die Leitung zunächst zu einem Alarmapparat, welcher zu hohe Stromstärke bei der Entladung dadurch anzeigt, dass eine elektrische Klingel geläutet wird. Von diesem Apparat führt die Leitung weiter, direkt zum positiven Pol der Accumulatorenatterie. Bei der Ladung passiert der Strom die Batterie und tritt aus der letzten Zelle zum obersten Kontakt des linksseitigen Zellschalters und, da der Hebel dieses Schalters bei Beginn der Ladung auf diesen obersten Kontakt gestellt werden muss, durch diesen zum oberen Kontakt des linksseitigen Ausschalters. Ist dieser geschlossen, so wird der Ladestromkreis dadurch geschlossen, indem die Leitung jetzt direkt zum negativen Dynamopol zurückkehrt. — Zeigt das letzte Element durch Gasbildung an, dass dasselbe schon voll ist (da es nur kurze Zeit zur Entladung herangezogen wurde), so wird der linksseitige Hebel auf den nächsten unteren Kontakt gelegt und kommt, wenn auch diese Zelle vollgeladen ist, auf den folgenden und zuletzt auf den untersten Kontakt zu stehen. Zeigen dann endlich alle übrigen Elemente Gasblasen, so wird die Ladung dadurch unterbrochen, dass der Hebel des linksseitigen Ausschalters nach unten gedrückt wird.

Sollen die Glühlampen in Funktion treten, so wird einfach der rechtsseitige Ausschalter geschlossen und durch Auf- oder Niederbewegen des Hebels des rechtsseitigen Zellschalters die Lichtspannung reguliert.

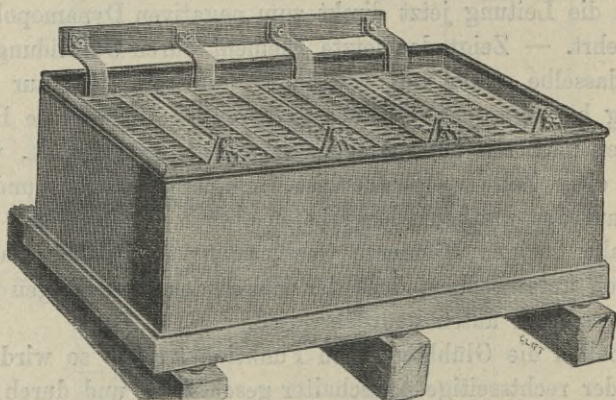
Es lässt sich mit dieser Einrichtung auch gemeinsam mit Dynamo und Accumulator zugleich auf das Lichtnetz arbeiten. Die Stellung der Hebel in Fig. 133 verwirklicht diesen Fall.

Verfolgen wir während eines Tages (24 Stunden) diese Anlage.

Die Batterie ist beim Anfang der Ladung zur Hälfte erschöpft gewesen, da sie seit dem vorhergehenden Abend keine Ladung mehr empfangen und seit letzter Nacht von dem Augenblick an, da die Dynamo abgestellt worden war, allein die Versorgung des Lichtnetzes übernommen hatte. Da beim

Eintritt der Dämmerung die Lampen allmählich in Benützung gezogen werden, geht nur der geringere Teil der vollen Leistung unserer Dynamo in das Lichtnetz und der grösste Stromteil fliesst in die Accumulatoren-batterie, diese aufladend. — Entweder ist seit der letzten Nacht doch nicht so viel Strom, als oben angenommen wurde, aus der Batterie entnommen worden oder der Maschinist hat schon frühzeitig mit der Ladung der Batterie angefangen, vielleicht schon gleich nach Mittag, denn die Lage des Hebels am linksseitigen Zellen-

Fig. 134.



E.-P.-S.-Accumulator in Bleigefäss.

schalter zeigt an, dass die beiden letzten Zellen schon abgeschaltet sind, gewiss, weil dieselben schon Gasentwicklung zeigten. Zeigt auch das drittletzte Element Gasblasen, so wird der Maschinist den linksseitigen Hebel auf den untersten Kontakt stellen und die Batterie fertig laden. Das muss geschehen, solange noch kein Licht gebraucht wird. Beim Eintritt der Beleuchtungszeit ist die Spannung der Batterie so hoch, dass sie derjenigen der Dynamo, welche in Anbetracht der angeschlossenen Glühlampen nicht über 66 Volt getrieben werden darf, das Gleichgewicht hält. Der Dynamoström kann daher nicht in die Batterie treten und wendet

sich ausschliesslich den Glühlampen zu, deren Zahl mit Eintritt der Nacht immer grösser wird und schliesslich die volle Leistung der Dynamo in Anspruch nimmt.

Der Accumulator dient jetzt als Regulator und nimmt keinen Strom auf, sondern gibt solchen an das Lichtnetz ab. Die Dynamo ist zwar gross genug, um alle an das Lichtnetz angeschlossenen Lampen zu speisen, aber der Antriebsmotor zeigt Schwankungen in der Tourenzahl.

Ist der Strombedarf des Lichtnetzes soweit zurückgegangen, dass die im Accumulator aufgespeicherte Elektrizität hinreicht, um nun die Speisung des Netzes bis zum nächsten Nachmittag übernehmen zu können, so unterbricht der Wärter den Dynamostrom und stellt die Maschine ab.

Wie sich zeigen wird, hat zwar die vorliegende Anordnung den Vorteil grosser Einfachheit, aber den Nachteil, dass unausgesetzte Ueberwachung derselben nötig ist, da sonst der Accumulatorenstrom in die Dynamo zurücktreten und der Beleuchtungsbetrieb gestört werden könnte.

Bei Elementen grössten Massstabes tritt, wie Fig. 134 zeigt, an Stelle des Glasgefässes ein Hartbleitrog. Der Boden desselben ist mit dünnen Ebonitblättern, die Wände sind mit Glasscheiben belegt, um Kontakt der Elektroden mit dem Gefäss zu vermeiden. Der Trog enthält vier Accumulatoren der in Fig. 132 gegebenen Grösse, parallel zu einander geschaltet, so dass die Kapazität dieser Zelle um 1000 Ampèrestunden schwankt.

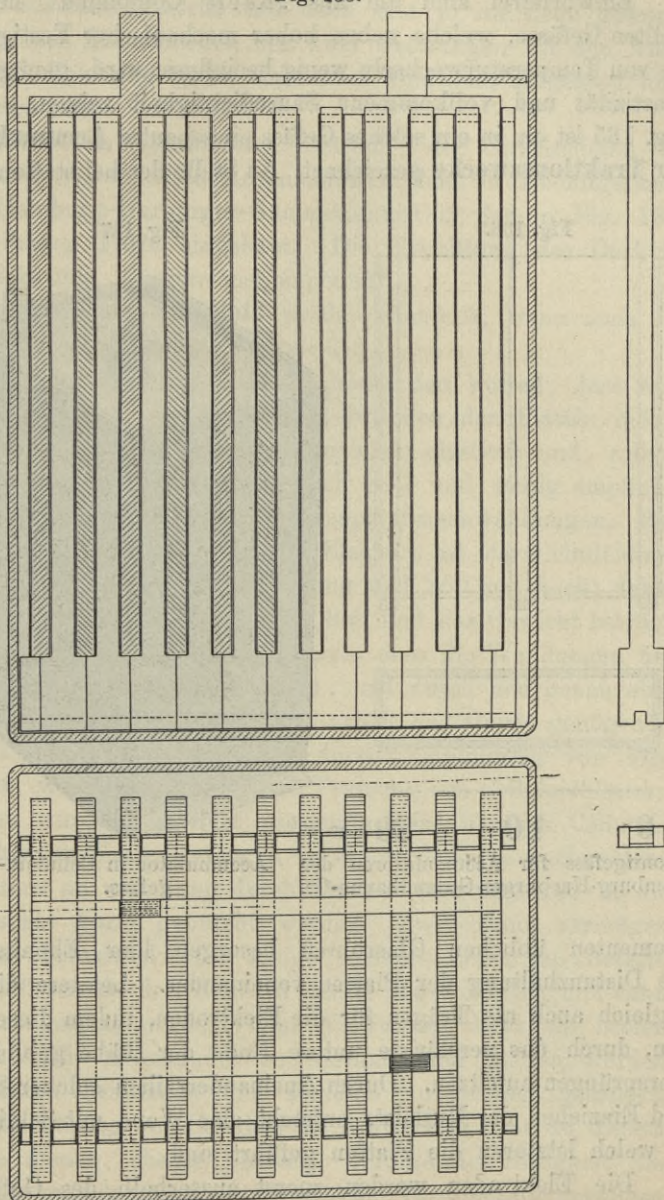
Kapitel VIII.

Transportable Accumulatoren.

In diese Kategorie gehören alle diejenigen Elemente oder Batterien, welche während des Betriebes Ortsveränderungen unterworfen sind, d. h. hin und her transportiert werden. Dadurch entstehen einige neue Anforderungen an solche Accumulatoren, die bei stationären Batterien ausser Betracht fallen, und hauptsächlich den Aufbau oder die Montage betreffen. In erster Linie ist ein transportables Element gegen den Verlust von Säure zu schützen; es muss mit wasserdicht schliessendem Deckel versehen sein, wobei indessen den Gasen, die bei der Ladung nicht zu vermeiden sind, ungehinderter Austritt gewahrt bleiben muss. Ferner kann Glas als Gefässmaterial nicht mehr dienen, da dasselbe zu zerbrechlich ist; auch mit Blei ausgefütterte Holztröge sind, weil zu sehr ins Gewicht fallend, unzweckmässig. Am besten bewährt haben sich **Gefässe aus Ebonit**. Es gibt zwar Ebonitsorten, welche so viel Schwefel und so wenig Kautschuck enthalten, dass Gefässe daraus fast ebenso brüchig sind als gläserne.

Bei niederen Temperaturen ist dieses Material so spröde, dass ein Gefäss beim Fallen auf steinernen Boden zerbricht und in Sommerwärme wird dasselbe Gefäss so weich, dass die Wandungen durch den Flüssigkeitsdruck ausbauchen. Manchmal ist die Ebonitmasse sogar durchlässig für Säure, indem nach längerer Zeit diese durch feine Poren an die Aussenfläche des Kastens dringt.

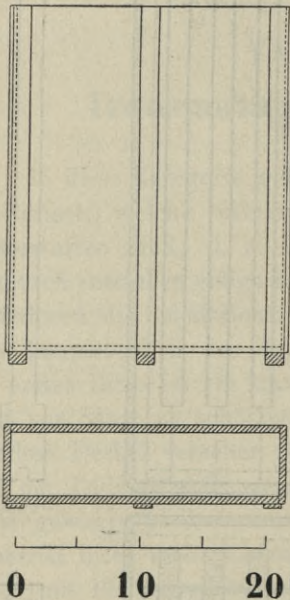
Fig. 135.



Element (transportabel) der American-Battery-Co.

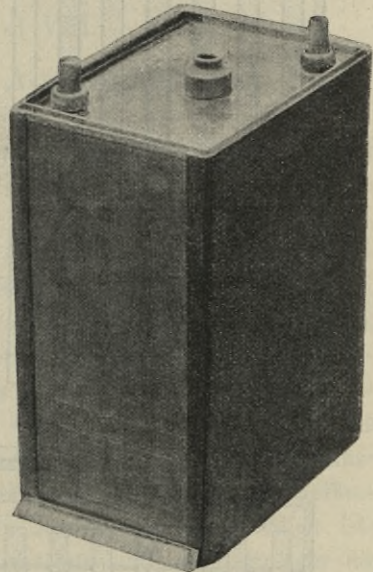
Einwurfsfrei sind die aus „Kiels Compound“ hergestellten Gefäße, welche neben hoher mechanischer Festigkeit, die von Temperaturwechseln wenig beeinflusst wird, genügende Elastizität und vollkommene Säuredichtigkeit zeigen. — In Fig. 135 ist ein in ein solches Gefäß eingebauter **Accumulator für Traktionszwecke** gezeichnet. An Stelle der bei stationären

Fig. 136.



Ebonitgefäß für Accumulatoren der Hamburg-Harburger-Gummikamm-Co.

Fig. 137.



Accumulator in Celluloidgefäß.

Elementen üblichen Glasröhren besorgen hier Ebonitstäbe die Distanzhaltung der Platten voneinander. Letztere dienen zugleich auch als Träger für die Elektroden, indem diese auf den, durch das verstärkte untere Ende der Stäbe gebildeten Vorsprüngen aufsitzen. Durch Aneinanderreihen solcher Stäbe und Einziehen der Nutleiste entsteht eine Wand mit Schlitten, in welcher letzteren die Platten geführt sind.

Die Elektroden werden zuerst ausserhalb des Gefäßes

ausgeführt und erst im Inneren des Gefäßes durch die Nutleiste geführt.

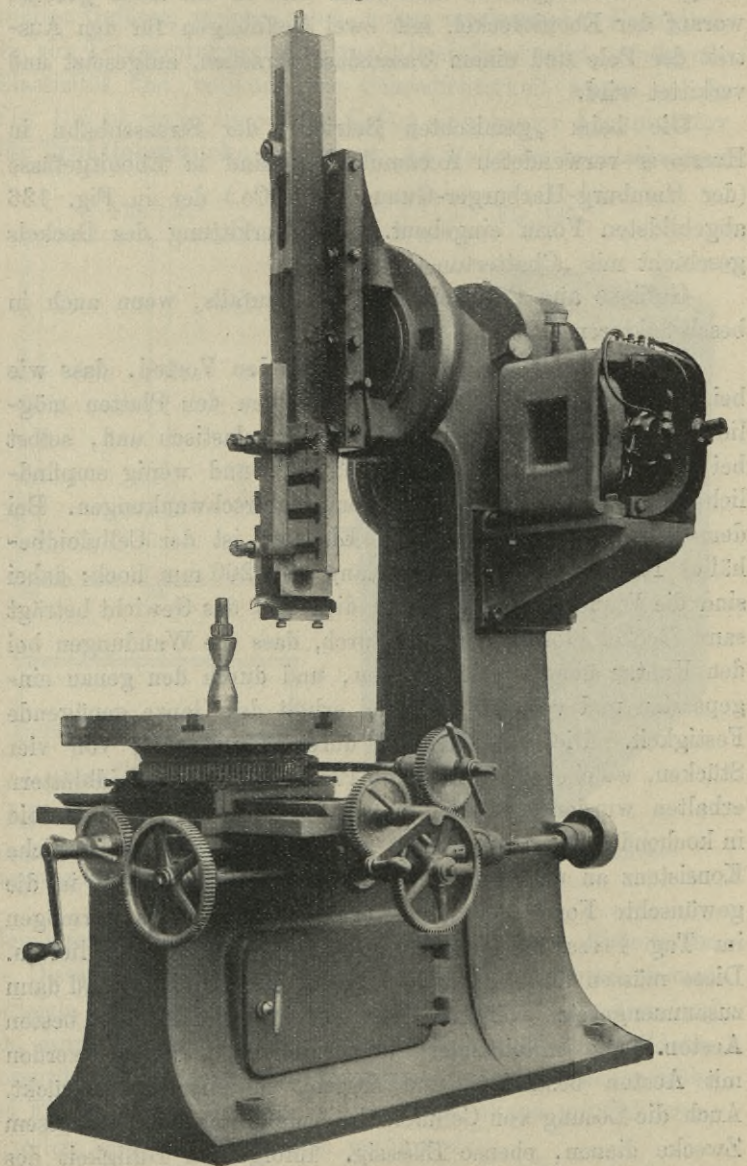
fertig zusammengestellt und dann erst in die Zelle gesetzt, worauf der Ebonitdeckel, mit zwei Oeffnungen für den Austritt der Pole und einem Gasauslass versehen, aufgesetzt und verkittet wird.

Die beim „gemischten Betrieb“ der Strassenbahn in Hannover verwendeten Accumulatoren sind in Ebonitgefässe (der Hamburg-Harburger-Gummikamm-Co.) der in Fig. 136 abgebildeten Form eingebaut. Die Verkittung des Deckels geschieht mit „Chatterton-Compound“.

Gefässe aus Celluloid werden ebenfalls, wenn auch in beschränkterem Umfang, verwendet.

Das durchsichtige Celluloid bietet den Vorteil, dass wie bei Glasgefässen eine Durchsicht zwischen den Platten möglich ist. Zudem ist Celluloid ungemein elastisch und, selbst bei geringer Wandungsdicke, noch steif und wenig empfindlich gegen die vorkommenden Temperaturschwankungen. Bei dem in Fig. 137 abgebildeten Element ist der Celluloidbehälter 105 mm breit, 185 mm lang und 260 mm hoch; dabei sind die Wandungen nur 2 mm dick und das Gewicht beträgt samt Deckel bloss 500 g. Dadurch, dass die Wandungen bei den Kanten übereinander greifen, und durch den genau eingepassten und verlöteten Deckel erhält das Ganze genügende Festigkeit. Dieses Gefäss ist durch Vereinigung von vier Stücken, welche sämtlich durch Pressung von Celluloidblättern erhalten wurden, gebildet worden. Wird nämlich Celluloid in kochendes Wasser getaucht, so nimmt dasselbe wachsweiße Konsistenz an und kann durch Pressen oder Drücken in die gewünschte Form gebracht werden. Zwei Mann vermögen im Tag Pressstücke für einige hundert Zellen zu liefern. Diese müssen an den Rändern genau abgeschnitten und dann zusammengesetzt werden. Zur Verkittung dient am besten Aceton. Die miteinander zu verbindenden Stellen werden mit Aceton bestrichen und sogleich aufeinander gedrückt. Auch die Lösung von Celluloid in Amylacetat kann zu diesem Zwecke dienen, ebenso Eisessig. Infolge der Billigkeit des Materials und der raschen und exakten Verarbeitung desselben

Fig. 138.



Hobelmaschine (Maschinenfabrik Oerlikon).

stellen sich Celluloidgefässe kaum halb so teuer als Ebonitzellen. Günstig ist auch, dass sich dieselben zur Selbstfabrikation eignen, da keine besonderen Einrichtungen dazu erforderlich sind. Die zum Pressen der Stücke erforderlichen Matrizen und Stempel können aus Hartblei gegossen und in der Schlossereiwerkstätte glatt gehobelt werden. Zum Pressen kann eine Excenterpresse (Fig. 18) oder Kniehebelpresse (Fig. 83) benützt werden. Die in Fig. 138 gezeigte Hobelmaschine ist besonders geeignet zur Bearbeitung der Stempel und Matrizen.

Es müsste den Rahmen dieser Arbeit überschreiten, näher auf das Kapitel der Accumulatorentraktion einzugehen. Der „gemischte Betrieb“ bei elektrischen Strassenbahnen besteht darin, dass während des grösseren Teils der vom Wagen zu durchlaufenden Strecke die Elektrizität vom Oberleitungsdraht entnommen und nur gewisse Stücke, auf welchen das Oberleitungssystem perhorresziert wird, durch die im Motorwagen befindliche Accumulatorenatterie überwunden werden. Es ist einleuchtend, dass es nicht vorteilhaft genannt werden kann, die Batterie über den ganzen Weg mitzuschleppen, nur um dieselbe für einen geringen Bruchteil desselben zu benutzen. Vielmehr scheint das Einfachste und Billigste zu sein, von vornherein eine solche Batterie im Wagen zu plazieren, welche hinreicht, die Stromlieferung für den ganzen Tag zu besorgen. Da doch während der Nacht die Wagen im Mittel 8 Stunden still stehen, ist die Wiederladung bequem in dieser Zeit vorzunehmen.

Ohne Zweifel würde sich der „reine Accumulatorenbetrieb“ auch schon eingeführt haben, wenn nicht die Accumulatoren selbst dagegen wären. Dass eine solche Tagesbatterie etwa doppelt so gross zu bemessen ist, als die „Hilfsbatterie“ beim gemischten Betrieb, und daher nur mit der Hälfte der Intensität auf die Gewichtseinheit bezogen beansprucht zu werden braucht, als jene, was unstreitig für die Schonung des Accumulators günstig sein muss, kann den Nachteil, der in der täglichen vollständigen Erschöpfung der

Tagesbatterie liegt, nicht aufwiegen. Der Bleiaccumulator erträgt hohe Beanspruchungen, aber nur für kurze Zeitperioden ungleich leichter — besonders wenn auf die kurze Entladung, welche nur den geringeren Teil der Kapazität in Anspruch nimmt, alsogleich Wiederladung folgt — als langandauernde Entladung, welche fast die ganze Kapazität absorbiert, wenn auch diese mit schwacher Intensität erfolgt. Daher muss reiner Accumulatorbetrieb, bei dem jede, auch die kleinste Pause, zum Laden ausgenützt wird, eher durchführbar sein, als ein solcher mit nur einmaliger, ununterbrochener Ladung. Jener Modus erfordert allerdings ein entsprechendes Kabelnetz, damit bei jeder Haltestelle ohne weiteres Ladestrom entnommen werden kann und zwar automatisch, sobald der Wagen den Ruheplatz erreicht hat. — Bereits wird auch die, beim jedesmaligen Anhalten des Wagens verfügbare lebendige Kraft des Wagens dazu benützt, Ladungsstrom in die Batterie zu senden. —

Leider haften den Celluloidgefässen auch Nachteile an; der grösste besteht in der leichten Brennbarkeit des Materials. Wenn durch irgend einen Umstand ein Lichtbogen, z. B. bei Vorhandensein sehr schlechten Kontaktes zwischen Polen, entsteht, was bei einer Batterie von 500 Volt Spannung wie beim „gemischten Betrieb“ wohl vorkommen kann, werden sämtliche Gefässe, trotz der darin befindlichen Säure, ein Raub der Flammen. Selbst durch etwa abschmelzendes, und auf einen Celluloiddeckel tropfendes Blei kann die Zersetzung herbeigeführt werden, welche auch bei Abschluss der Luft um sich greift. Daher sind Celluloidgefässe nur für Batterien mit niedriger Spannung, nicht über 12 Volt, zulässig und auch dann ist mit grösster Sorgfalt die Benetzung der Deckel mit Säure zu vermeiden und die Aufstellung der einzelnen Elemente mit Zwischenwänden aus Holz oder dergl. vorzunehmen. — Eine weitere Unsicherheit beim Celluloid besteht darin, dass dasselbe, je nach der Fabrikationsweise, nicht vollkommen widerstandsfähig gegen die Schwefelsäure sein kann. Wenn auch nur die Spur eines oberflächlicheren Angriffs des

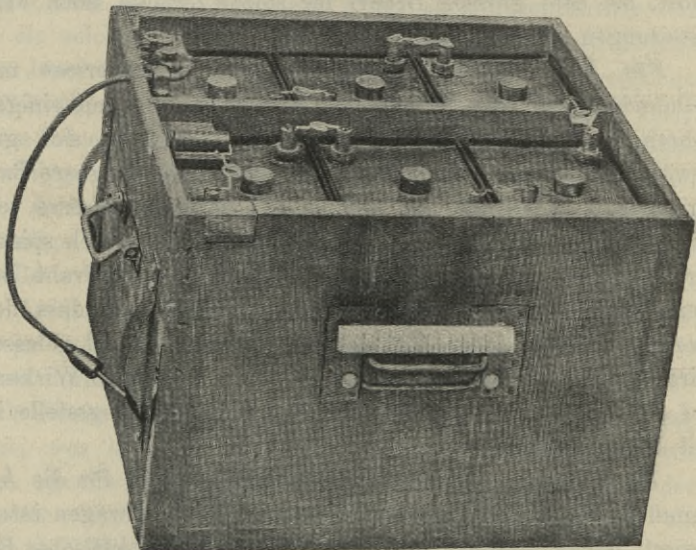
Celluloids durch den Elektrolyt stattfindet, genügt dieser, Nitroverbindungen oder Salpetersäure selbst in Lösung zu bringen, welche raschestens die Zerstörung der Superoxydträger besorgen werden. Nun liesse sich vielleicht durch einen passenden, säurewiderstehenden Anstrich des Kasteninnern diese letztere Gefahr beseitigen, wie auch durch feuerfeste Anstriche des von der Säure nicht gespülten Celluloids die Brennbarkeit gemindert werden könnte. Vielleicht wird auch das Celluloid selbst, bei dem grossen Bedarf für solche Zwecke, noch Verbesserungen erfahren.

Für **Eisenbahnwagenbeleuchtung** sind Batterien mit Celluloidgefässen und 12 resp. 24 Volt Spannung seit einigen Jahren in unausgesetztem Gebrauch und scheinen sich gut bewährt zu haben. Fig. 139 stellt eine solche tragbare Batterie aus 6 Elementen der in Fig. 137 gezeigten Grösse vor. Die Verbindung der Elemente untereinander ist durch spiralförmig gebogene Stücke aus 2 mm dickem Silberdraht bewerkstelligt. Diese Verbindung ist so elastisch, dass den einzelnen Zellen, jeder für sich, ein gewisses Spiel gelassen wird; dabei widersteht das Silber der korrodierenden Wirkung der Säuredämpfe besser als Kupfer. Die Verlötlungsstelle ist mit Bleiweisslack angestrichen.

Die deutsche Reichspost hat sich eingehend für die Accumulatorenbeleuchtung der Paket- und Briefpostwagen interessiert, indem bereits 1200 solcher Wagen mit elektrischer Beleuchtung versehen sind. Die Accumulatorenatterie besteht aus 4 Holzkästen mit Traghenkeln; jeder Kasten enthält 4 Elemente zu je 4 positiven und 5 negativen Platten, in Celluloidgefässe eingebaut. Bei dem Gesamtgewicht der 32 Volt Spannung liefernden Batterie, von 184 kg, ist die Kapazität 120 Ampèrestunden. Die Accumulatoren werden nicht, wie vielfach üblich, in am Wagengestell befestigten Tragkästen untergebracht, sondern im Oberkasten des Wagens selbst. — Für einen Wagen betragen die Einrichtungskosten (Accumulator, Leitungsnetz, Lampenfassungen, Sicherungen, Ausschalter etc. inklusive Installationsarbeiten) je nach der

Grösse 400 bis 600 Mark; die Kosten der Einrichtung für Gasbeleuchtung betragen für dieselben Wagen 1000 bis 1500 Mark. Als Lampen werden 12kerzige Siriuslampen mit 2 Watt Energieverbrauch pro Normkerze verwendet, wobei die durchschnittliche Lebensdauer ca. 200 Stunden entspricht. In einem Bahnpostwagen mittlerer Grösse sind 7 solcher Lampen, wobei eine in der Mitte der Decke, die übrigen

Fig. 139.



Batterie für Eisenbahnwagenbeleuchtung.

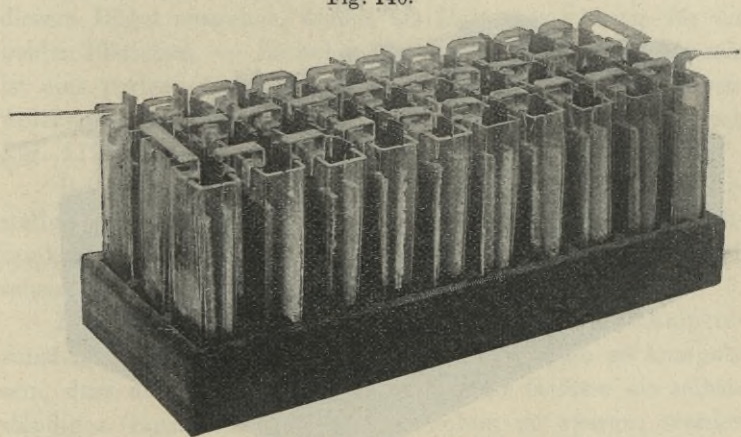
an den Wänden über den Arbeitsplätzen angebracht sind. Wenn alle Lampen brennen, ist der Entladestrom 5 Ampère und die Brenndauer 24 Stunden. Bei der Wiederankunft an der Ladestelle wird die entladene Batterie mit einer frisch geladenen ausgewechselt.

Nachdem, je nach der Jahreszeit und der Rundreise, welche der Wagen zu durchlaufen hat, die Batterien mehr oder weniger entladen werden, also die zur Ladestelle gelangenden Accumulatoren sehr ungleich weit entladen sind,

ist die Ladevorrichtung so zu treffen, dass keine Ueberladung der Elemente stattfindet.

Der einzige Weg hiezu ist, als Ladespannung das konstante Gefälle von 40 Volt zu wählen, eine Potentialdifferenz, welche durch die gegenelektromotorische Kraft einer vollgeladenen Batterie im Gleichgewicht gehalten wird. Noch praktischer dürfte sein, sogar nur mit 10 Volt zu laden, indem die einzelnen Kasten à 4 Zellen parallel geschaltet werden; in solchem Falle brauchen nicht stets dieselben 4 Kasten zu-

Fig. 140.



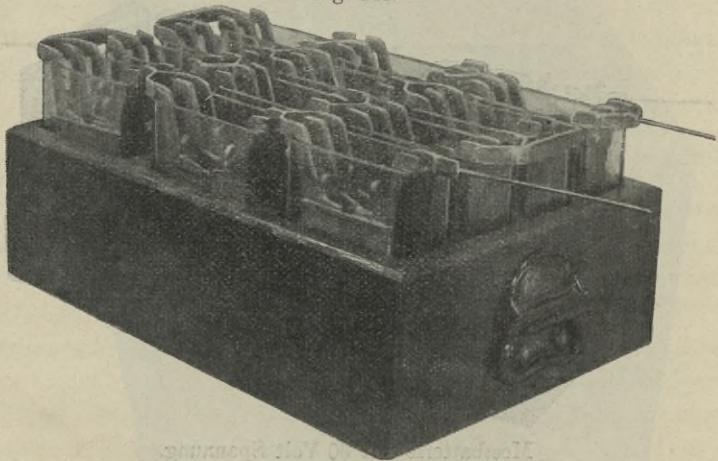
Messbatterie mit 30 Volt Spannung.

sammgehalten zu werden, sondern diese Kontrolle fällt, sofern nur alle Kasten einheitlich beschaffen sind, weg. — Die Kosten der Lampenbrennstunde werden, unter Berücksichtigung aller auflaufenden Ausgaben, auf 3,5 Pfennig berechnet gegenüber 4,5 Pfennig bei der Gasflamme. (El. Bel. der Bahnpostwagen, R. Pohl, Archiv für Post & Telegraphie, Berlin.)

Glasefäße empfehlen sich nur für Batterien aus sehr kleinen Elementen, z. B. für wissenschaftliche Zwecke, Institute etc. Solche **Messbatterien**, wie Fig. 140 veranschaulicht, können bequemerweise in einen mit Handgriffen ver-

sehenen Holzuntersatz gestellt und, da das Gewicht sich innerhalb bescheidener Grenzen hält, hin und her getragen werden. Die 20 Elementen sind sämtlich in Serie geschaltet. Um das Verschütten von Elektrolyt möglichst zu vermeiden, wird auf die Oberfläche der Säure, die wenigstens 3 cm unterhalb des Gefässrandes gehalten wird, eine 3 mm dicke Lage Paraffin gegossen, das sich um die Pole und Gefässwände anlegt und, nach dem Erstarren, einen dauerhaften Deckel bildet, der zwar nicht vollkommen dicht ist, da sich das

Fig. 141.



Tragkasten mit 9 Elementen (18 Volt Spannung).

Paraffin während des Erkaltens etwas zusammenzieht. Auch Staub oder andere, von aussen her andringende Gegenstände werden durch solche Deckel abgehalten, die, zum bequemern Nachfüllen von Wasser, in der Mitte ein kleines Bohrloch erhalten.

Bei der in Fig. 141 gezeigten Messbatterie besteht jedes der 9 Elemente aus drei Platten; die Zellen sind ebenfalls sämtlich hintereinander geschaltet, dadurch, dass immer die zwei Bleischwammplatten durch ein gabelförmiges Bleistück mit der Mittelplatte (Superoxydelektrode) des nächsten Ele-

menten verbunden sind. — Hier hängen die Plättchen direkt auf dem Gefässrand auf und zwei Ebonitgabeln, welche auf jede Mittelplatte gesteckt sind, besorgen die Isolierung.

Bei der Batterie in Fig. 140 enthält jede Zelle nur zwei Plättchen, ein Bleischwamm- und ein Superoxydplättchen, welche nur auf der, einander zugekehrten Seite mit Füllmasse bestrichen sind. Die negative Elektrode des einen Gefässes ist mit der positiven des nächstfolgenden jedesmal mittels eines angelöteten Bleibügels verknüpft.

Zwei kleine, fingerartig abgebogene Ansätze, die von diesem Bügel ausgehen, dienen als Hängevorrichtung für die beiden Plättchen. — Zwischen die Elektroden jeden Elements ist eine perforierte Scheidewand aus Hartgummi eingeschoben, welche die Berührung jener miteinander verhindert (s. auch Fig. 119).

Bei vielen transportablen Batterien erfordert die Herstellung des Holzbehälters für die Elemente mehr Aufmerksamkeit und Einrichtungen, als auf den ersten Blick möglich scheint.

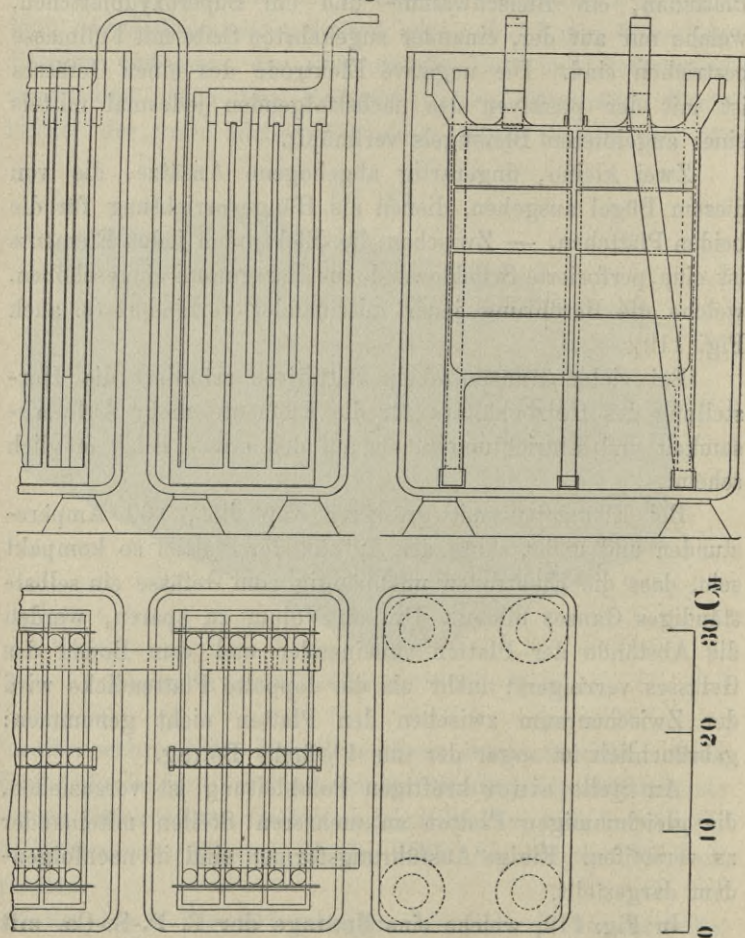
Bei Elementen mit grösserer Kapazität, 100 Ampèrestunden und mehr, muss der Aufbau der Platten so kompakt sein, dass die Elektroden unabhängig vom Gefässe ein selbstständiges Ganzes bilden. Um an Volum zu sparen, werden die Abstände der Platten voneinander und vom Boden des Gefässes verringert; mehr als die doppelte Plattendicke wird der Zwischenraum zwischen den Platten nicht genommen; gebräuchlich ist sogar der nur $1\frac{1}{2}$ fache Betrag.

An Stelle einer kräftigen Polableitung ist vorzuziehen, die gleichnamigen Platten an mehreren Stellen miteinander zu versteifen. Einige Ausführungsformen sind in nachfolgendem dargestellt.

In Fig. 142, welche eine **Montage der E.-P.-S.-Co. mit symmetrischen Stromführungen** zeigt, sind die Bleischwammplatten an allen vier Ecken an gemeinsame, horizontallaufende Hartbleistreifen angelötet, so dass diese Elektrode gegen mechanische Erschütterungen ziemlich unempfindlich ist. Die

Superoxydplatten sind nur mittels zweier, von der Oberkante ausgehender Lappen an zwei gemeinsame Bleileisten angeschlossen, von denen die eine als Stromzuführung dient. Die

Fig. 142.



andere Leiste soll das Einsetzen, resp. Herausnehmen der Superoxydplatten erleichtern und dient, zusammen mit der Stromführungsleiste, als Hängevorrichtung für die Elektrode.

Die positive Sektion hängt auf den negativen Platten, wobei die erwähnten beiden Leisten natürlich nicht direkt auf den oberen Plattenkanten der Bleischwammelektrode liegen, sondern auf Ebonitreitern, die über jene Stellen der Kanten gesteckt, den erforderlichen Abstand der Leisten von den negativen Platten wahren. — Durch zwischen die Platten geschobene Ebonitrohre werden die Superoxydplatten elastisch zwischen die starr verbundenen Schwammplatten eingeklemmt. — Dadurch, dass der Ladestrom bei den oberen Kanten der positiven Platten eintritt und bei einer der die unteren Kanten der negativen Platten verbindenden Leisten abgeführt wird, wird gleichmässige Verteilung des Stromes über die Platten angestrebt und erreicht. Dadurch wird, namentlich bei stärkeren Beanspruchungen, jede Platte und jeder Teil derselben gleichartiger zu den Reaktionen herangezogen.

Denselben Zweck erreicht, vielleicht etwas vollständiger noch, die in Fig. 143 gezeigte Konstruktion der Maschinenfabrik Oerlikon (Schweiz). Hier tritt bei jeder Superoxydplatte der Ladestrom an den beiden oberen Ecken ein und an den zwei unteren Ecken der Bleischwammplatten aus. Die Verbindungsleisten der gleichnamigen Platten vereinigen sich zu einem Polstück, so dass wirklich eine bessere Verteilung des Potentials über die Platten erreicht wird, als bei der sonst üblichen Zu- und Ableitung des Stroms nur an den oberen Plattenkanten. Wird ein, wie zuletzt erwähnt aufgebautes Element geladen, so lässt sich, wenn die Plattenoberflächen gut beleuchtet werden, leicht verfolgen, dass die Gasentwicklung zuerst an der oberen Hälfte der Platte auftritt und erst später auch der untere Teil der Platten Gasblasen abgibt. Dies deutet darauf hin, dass die Stromdichte an den oberen Partien der Platten grösser sein müsse, als an den unteren. In der That hat Ayrton bei der chemischen Untersuchung von Superoxydwürfeln von E.-P.-S.-Platten (wie in Fig. 23) gefunden, dass die in der Mitte und ca. $\frac{1}{3}$ der Höhe von der Unterkante liegende Füllmasse stets hart war und viel Bleisulfat enthielt, während die längs dem dicken

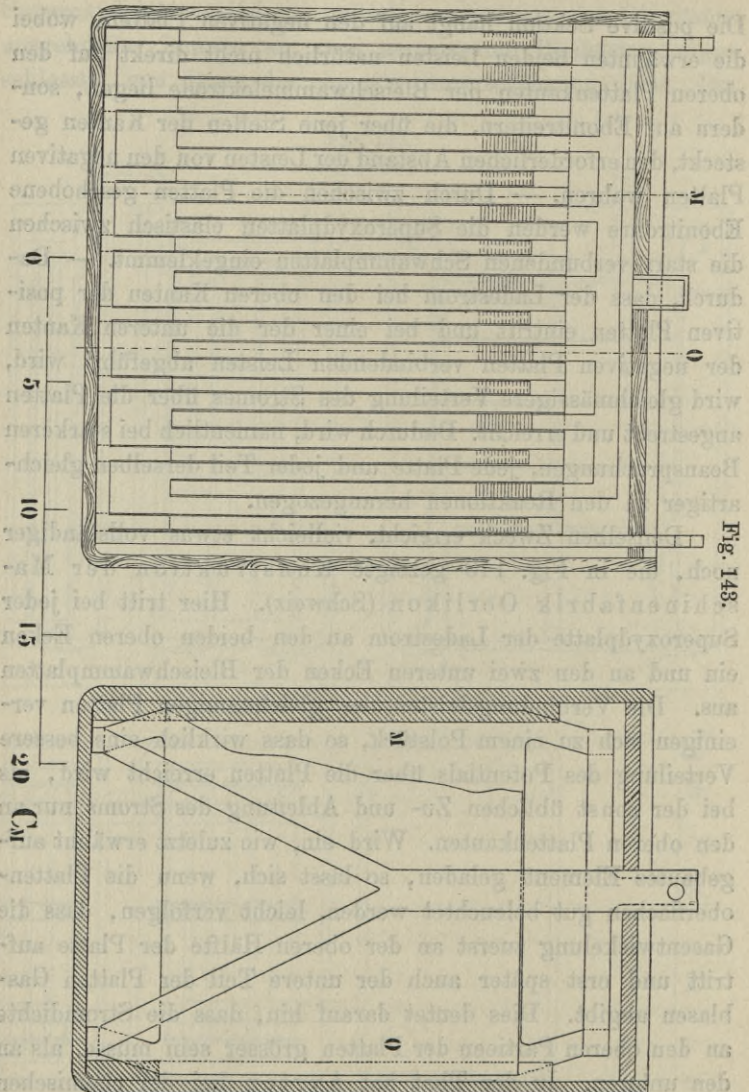


Fig. 143.

Plattenrand und besonders gegen die Oberkante liegende Füllmasse sich weich anföhlte und viel weniger Bleisulfat zeigte. Die Ursache hievon kann nur darin gesucht werden,

dass die mittlere und im unteren Drittel gelegene Plattenpartie sich an den Ladungen und Entladungen wenig oder fast gar nicht beteiligte, weil der Strom während Ladung und Entladung den Weg des geringsten Widerstandes, nämlich von den oberen Plattenkanten durch die Säure wählte und infolge des Widerstandes der dünnen Gitterstäbe in das Platteninnere nicht oder nur spärlich gelangte. — Es ist zu bedenken, dass die treibende Kraft auf den Platten immer nur Bruchteile eines Volt beträgt und im äussersten Fall, bei heftiger Gasentwicklung und Vollladung der Platten, um ein Volt herum schwankt.

Nachdem der Widerstand des Elektrolyten, bei Voraussetzung gleichmässigen Plattenabstandes, überall derselbe ist, muss der kleinste Widerstand für den durchgehenden Strom zwischen den oberen Plattenkanten liegen, wenn nicht durch passende Verteilung der Zu- und Ableitungsstellen dafür gesorgt wird, dass der Gesamtwiderstand überall gleich gross ist. In dieser Hinsicht erscheint am besten, den Strom z. B. in der Mitte der Superoxydplatten zu und an den vier Ecken der Bleischwammplatten abzuführen, wie in Fig. 144 dargestellt ist.

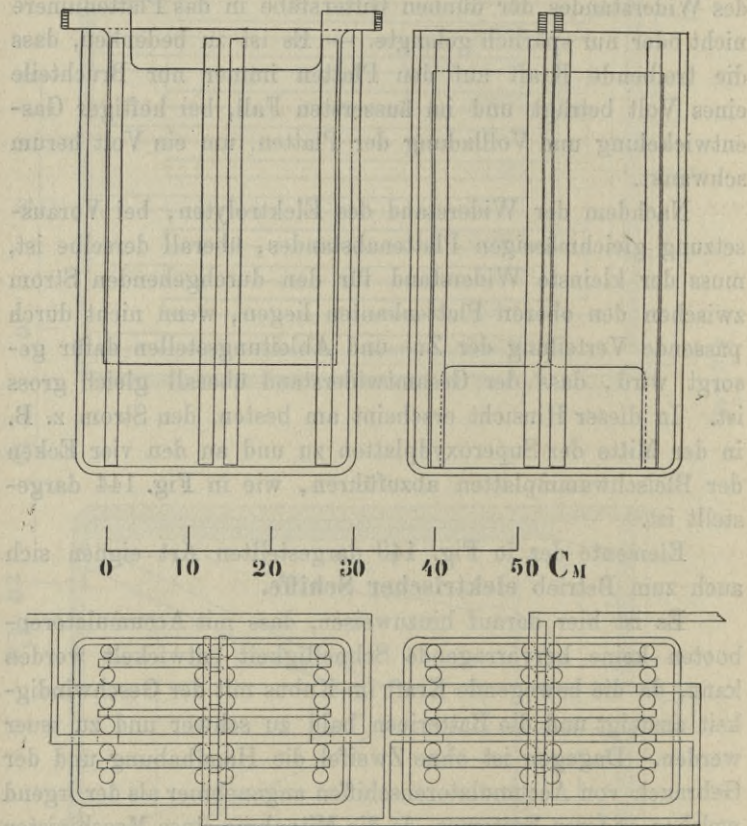
Elemente der in Fig. 143 dargestellten Art eignen sich auch zum Betrieb **elektrischer Schiffe**.

Es ist hier darauf hinzuweisen, dass mit Accumulatorenbooten keine hervorragende Schnelligkeit entwickelt werden kann, da die bewegende Kraft im Kubus mit der Geschwindigkeit ansteigt und die Battereien bald zu schwer und zu teuer werden. Dagegen ist ohne Zweifel die Handhabung und der Gebrauch von Accumulatoren Schiffen angenehmer als der irgend welchen anderen Systemes, da die Mitnahme eines Maschinisten ganz entfällt, und das Regulieren der Richtung und Geschwindigkeit keine besondere Geschicklichkeit voraussetzt. Eine mehrfach ausgeführte Grösse für Vergnügungsschiffe enthält einen Elektromotor von 5 Pferdestärken, dessen Welle durch das Hinterteil des Schiffskörpers mittels wasserdichter Stopfbüchse dringt und am Ende die dreiflügelige Schraube

trägt. Als höchste, noch zulässige Tourenzahl der Schraube können 400 Umdrehungen per Minute genommen werden, wengleich der Nutzeffekt bei nur 200 Umdrehungen besser ist.

Der Motor befindet sich in einem vollkommen wasserdichten

Fig. 144.



Gehäuse, das oben Klappfenster zur Beobachtung, Oelung und Lüftung des Motors hat.

Der Motor ist für 65 Volt und 60 Ampère gebaut mit Ringankerwicklung. Das Gewicht desselben beträgt 200 kg. — Die Batterie besteht aus 32 Elementen, wie in Fig. 143,

welche unter den zwei, den Längsseiten des Schiffes entlang laufenden Sitzbänken untergebracht sind. Je 8 Zellen sind miteinander in Serie verlötet; von den Polen der Teilbattereien gehen Leitungen zu einem Gruppenschalter, welcher entweder sämtliche 4 Gruppen parallel (entsprechend 16 Volt Spannung) oder je 2 Gruppen in Serie und diese dann parallel (entsprechend 32 Volt), oder sämtliche Gruppen in Serie schalten lässt.

Damit lassen sich drei verschiedene Geschwindigkeiten erzielen, welche bei mässiger Personenbelastung und in ruhigem Wasser 6, resp. 9, resp. 12 km Weg pro Stunde erreichen.

Das Schiff ist etwa 12 m lang, 1,5 m breit, $\frac{3}{4}$ m hoch mit $\frac{2}{3}$ m Tiefgang und fasst bis 12 Personen bei der Tragkraft des Bootkörpers von 2200 kg. Der Preis stellt sich, je nach Ausstattung, auf 6 bis 8000 Mark.

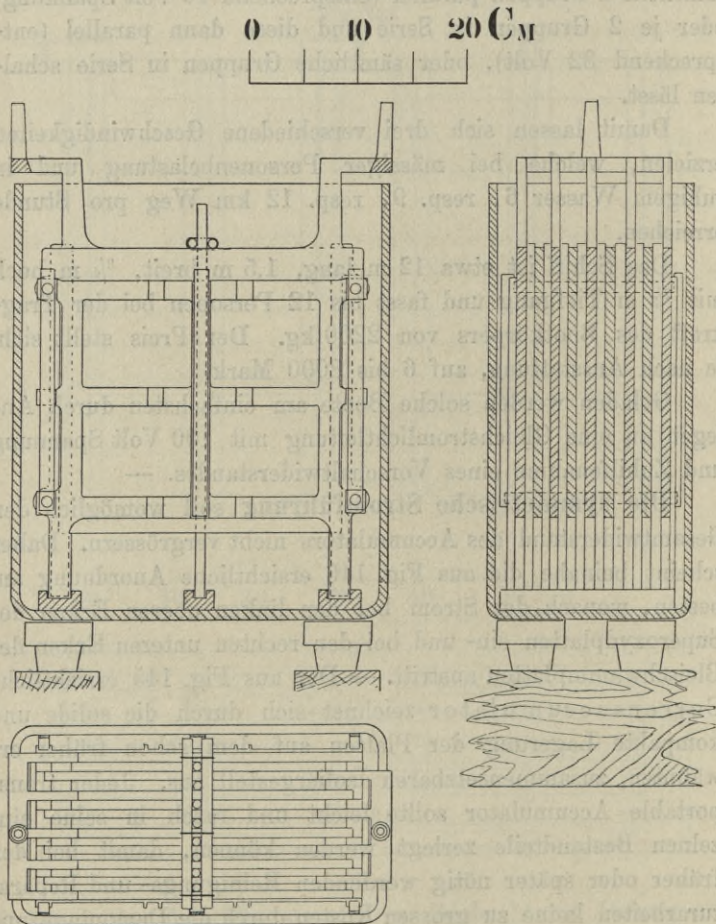
Geladen werden solche Boote am einfachsten durch Anlegen an eine Gleichstromlichtleitung mit 100 Volt Spannung und Zuhilfenahme eines Vorschaltwiderstandes. —

Die symmetrische Stromführung soll womöglich den Gesamtwiderstand des Accumulators nicht vergrössern. Daher scheint beinahe die aus Fig. 146 ersichtliche Anordnung am besten, wonach der Strom bei den linken oberen Ecken der Superoxydplatten ein- und bei den rechten unteren Ecken der Bleischwammplatten austritt. — Der aus Fig. 145 ersichtliche Corrensaccumulator zeichnet sich durch die solide und kompakte Lagerung der Platten auf dem schon früher erwähnten, zusammensetzbaren Isoliergestell aus. Jeder transportable Accumulator sollte leicht und rasch in seine einzelnen Bestandteile zerlegt werden können, damit bei den früher oder später nötig werdenden Reinigungs- und Reparaturarbeiten keine zu grossen Kosten durch die Demontage und Montage entstehen.

Endlich ist noch ein Punkt zu erwähnen, der, mit Ausnahme von Gülcher, sonst noch wenig beachtet worden ist. Beim Laden sinkt die an den Elektroden frei werdende

Schwefelsäure, weil spezifisch schwerer als die umgebende Flüssigkeit, längs der Oberfläche der Platten gegen den Boden der Zelle herab, so dass bei ruhig stehenden Elementen gegen

Fig. 145.

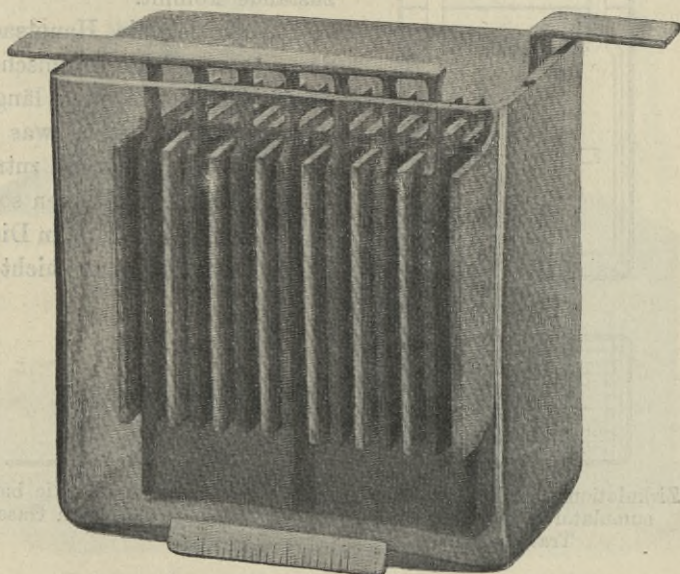


den Schluss der Ladung die Säure am Boden immer viel konzentrierter ist als an der Oberfläche der Flüssigkeit. Wenn am Schluss der Ladung die Gasentwicklung heftig genug

wird, findet dadurch wieder die Mischung der Flüssigkeitsschichten statt. Bei transportablen Accumulatoren wird aus verschiedenen Gründen nicht so liberal geladen, als bei stationären Batterien; die Säureentmischung erhält sich und hat, wie unter „Konzentrationskette“ angeführt ist, Uebelstände im Gefolge.

Dafür lässt sich je nach Art der Benützung, manchmal

Fig. 146.



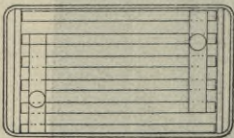
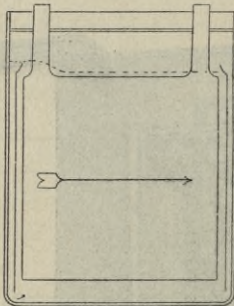
Accumulator mit symmetrischer Stromführung.

die Anordnung des Elementes so treffen, dass automatische Zirkulation des Elektrolyts eintritt. Um die wichtigste Verwendungsart, nämlich zum Betrieb von Tramwagen, als Beispiel zu nehmen, ist aus der Skizze Fig. 147 ersichtlich, dass jedesmal, wenn der Wagen anfährt, in jedem Element der Batterie eine Flüssigkeitswelle nach der einen Richtung und beim Anhalten des Wagens eine solche in entgegengesetzter Richtung auftreten wird. Durch Abfangen dieser Wellen ver-

mittelst der etwas über das Flüssigkeitsniveau ragenden Scheidewände wird kontinuierlich Flüssigkeit von der Oberfläche nach dem Boden des Gefäßes geführt.

Hier findet die Zirkulation allerdings während der Entladung statt, aber auch bei dieser ist es wünschenswert, indem dadurch, dass Wasser von den Plattenflächen an die

Fig. 147.

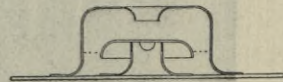


Zirkulationseinrichtung für Accumulatoren in elektrischen Tramwagen.

Oberfläche steigt, dass dasselbe Endresultat wie bei der Ladung zustande kommt.

Auch ist die Hauptsache, dass, wenn solche Entmischung stattfindet, dieselbe nicht längere Zeit bestehen bleibt, was für den angenommenen Fall zutrifft, da gewöhnlich die Wagen sofort nach beendeter Ladung in Dienst gestellt werden, wenn nicht so-

Fig. 148.



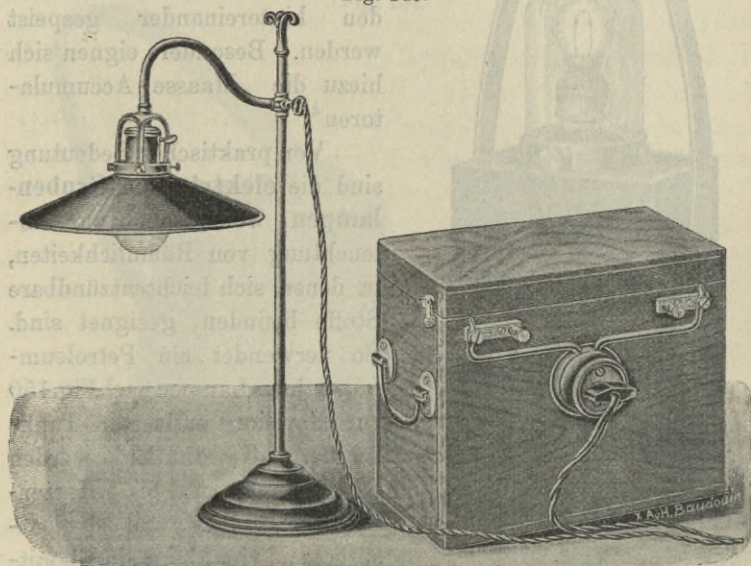
Washvorrichtung für die beim Laden entweichenden Gase.

gar, was am vorteilhaftesten für den Accumulator ist, die Ladung in mehreren Abschnitten über die Betriebszeit verteilt wird. In anderen Fällen liesse sich auch die Gasentwicklung an den Platten rationeller als bisher zur Mischung der gebildeten Schichten verwenden, doch stehen Verf. hierüber keine ausgeführten Versuche zur Verfügung.

Wenn die Ladung des Accumulators in dem Wagen resp. Vehikel selbst stattfindet, was stets als nützlich anzuempfehlen ist — da doch der „transportable“ Accumulator sich um so besser hält, je weniger oft derselbe von seinem Stand-

ort entfernt wird — ist es angezeigt, das bei der Ladung entweichende Gas von den mitgerissenen Säurenebeln zu befreien. Dies kann durch kleine Aufsätze, **Waschvorrichtungen**, die auf dem Deckel angekittet werden, bequem erreicht werden. Bei der in Fig. 139 gezeigten Eisenbahnwagenbatterie sind solche Aufsätze sichtbar. Fig. 148 zeigt einen vertikalen Schnitt durch die Mitte des kreisrunden Waschapparates, woraus sich

Fig. 149.



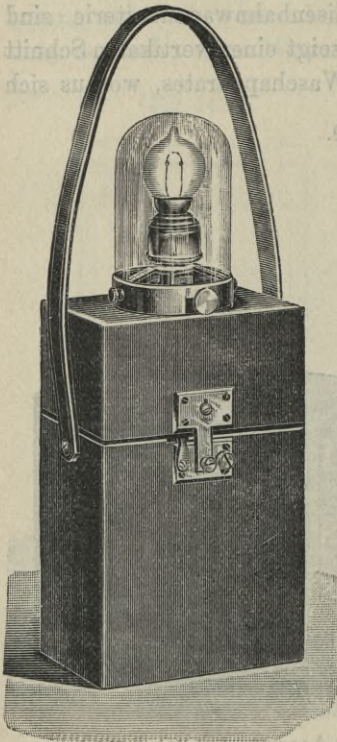
Tragbare Lichtbatterie (Watt-Accumulatorenwerke).

die Funktion des letzteren ohne weiteres erkennen lässt. Das Ganze besteht aus drei Stücken, welche aus dünnem Celluloidblatt gepresst und dann verkittet worden sind. Es genügt, einige Kubikcentimeter destillierten Wassers bei der Oeffnung einzufüllen, um die Waschung in Gang zu setzen. Nebenbei kann mit diesem Aufsatz auch die Gasentwicklung genauer verfolgt werden.

Tragbare Beleuchtungsbattereien wie Fig. 149 zeigt, mögen in manchen Fällen angenehm sein, so für Aerzte. Be-

dingung dabei ist immer, dass die Ladegerlegenheit bequem sei und der Hin- und Hertransport zu dieser peinlich sorgfältig geschehe. Die meistens verwendeten Glühlampen von 10 bis

Fig. 150.



Elektrische Grubenlampe. Watt-Accumulatorenwerke.

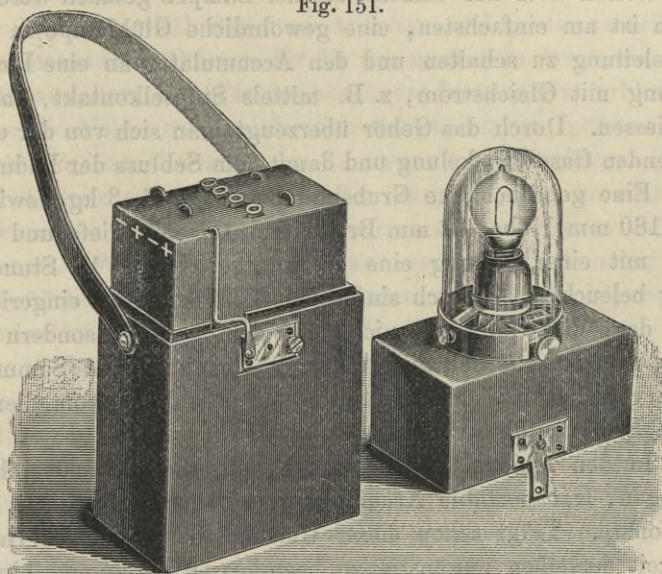
12 Volt Spannung und 10 bis 16 Normalkerzen Lichtstärke können durch eine 20 kg schwere Batterie immerhin mehrere Stunden hintereinander gespeist werden. Besonders eignen sich hierzu die „Maasse-Accumulatoren“.

Von praktischer Bedeutung sind die **elektrischen Grubenlampen**, welche auch zur Ab- leuchtung von Räumlichkeiten, in denen sich leichtentzündbare Stoffe befinden, geeignet sind. So verwendet ein Petroleum- importhaus Lampen nach Fig. 150 zur Revision entleerter Tank- schiffe. Gewöhnlich werden 8 Voltlampen zu 3 bis 5 Kerzen- stärke benützt und dementsprechend vier kleine, in Ebonit- gefässen befindliche Elemente hintereinander geschaltet. An- statt vier einzelne Gefässe zu

benützen, ist ein durch drei Querwände in vier Abteilungen geteilter Ebonitkasten vorzuziehen, vorausgesetzt, dass die Abteilungen vollkommen dicht und bis zum Gefässrand hinauf- geführt sind. Um möglichst grosse Kapazität bei geringstem Gewicht zu erzielen, werden die Plättchen dünn, meistens nur 3 bis 4 mm dick gewählt und oft nur zwei Plättchen pro Element genommen. Das ist zwar zu verwerfen, da das Superoxydplättchen, weil nur einseitig beansprucht, sich leicht

krümmt oder sonst deformiert. Bei der in Fig. 151 dargestellten Konstruktion ist der gemeinschaftliche Ebonitbehälter mit einem stählernen Schutzgehäuse umgeben. Der Deckel ist leicht abzuheben; auf demselben ist die Glühlampe mit wasserdichter Fassung und gläserner Schutzbirne angebracht. Soll der Accumulator geladen werden, so muss der Deckel abgenommen und die Ladeleitung an den auf den zwei Breitseiten befind-

Fig. 151.



Watt-Accumulatorenwerke.

lichen Schlössern angelegt werden. Nach beendiger Ladung kann der Deckel wieder aufgesetzt und durch Anlegen der beiden übergreifenden Metallbänder am Deckel zugleich die Glühlampe mit den Polen des Accumulators in Kontakt gesetzt werden. Die Glühlampenfassung ist mit Hahn und Bleisicherung versehen.

Wenn es sich um die gleichzeitige Ladung einer grösseren Zahl solcher Grubenlampen handelt, wird am besten eine be-

sondere Dynamo mit nur 12 bis 15 Volt Spannung benützt und mit annähernd konstanter Spannung geladen. Dies hat den Vorteil, dass, sobald die Accumulatoren voll geladen sind, durch die dann vorhandene gegenelektromotorische Kraft der Zutritt weiteren Ladestromes abgedämmt, also die Ladung automatisch abgebrochen oder auf ein Minimum reduziert wird.

Sollen aber nur einzelne solcher Lampen geladen werden, dann ist am einfachsten, eine gewöhnliche Glühlampe in die Ladeleitung zu schalten und den Accumulator an eine Lichtleitung mit Gleichstrom, z. B. mittels Stöpselkontakt, anzuschliessen. Durch das Gehör überzeugt man sich von der eintretenden Gasentwicklung und damit dem Schluss der Ladung.

Eine gebräuchliche Grubenlampe hat z. B. 3 kg Gewicht bei 180 mm Höhe, 82 mm Breite und 135 mm Tiefe und erhält mit einer Ladung eine dreikerzige Lampe 18 Stunden lang beleuchtet. Auch sind solche Lampen derart eingerichtet, dass die Glühlampe nicht auf dem Deckel, sondern an einer Kastenseite befestigt und mit Reflektor und Sammellinse versehen ist. Als Zuführung für den Ladestrom dienen dann Steckkontakte.

In den meisten Fällen werden, auf die Gewichtseinheit bezogen, transportable Accumulatoren höher beansprucht als stationäre. Trägt schon dieser Umstand dazu bei, die Haltbarkeit derselben ungünstig zu beeinflussen, so kommt hinzu, dass die Wartung, besonders bei kleineren Anlagen, weniger zuverlässig ist, als bei grossen stationären Battereien, welche die Anstellung eines besonderen Wärters vertragen. Und doch erfordern der Sachlage nach transportable Battereien mehr Mühe und Aufsicht, schon deshalb, weil die Kontrolle und Uebersicht nicht so einfach ist wie z. B. bei Zentralbattereien.

Andererseits ist oft von den Fabrikanten der Fehler gemacht worden, auf Kosten der Solidität möglichst grosse Kapazität in solche transportable Elemente zu bringen und diese zu ähnlichen Preisen wie stationäre Elemente abzulassen.

Kommt dann dazu, dass es sich oft um Probeflieferungen beschränkten Umfanges handelt, so wird begreiflich, dass bis jetzt die Fabrikation transportabler Elemente nirgends als besonders lohnend bezeichnet wird. Die Erschütterungen, denen solche Accumulatoren ausgesetzt sind, bilden den kleinsten Grund zu Befürchtungen; im Gegenteil wirken dieselben dadurch günstig, dass der Entmischung des Elektrolyts vorgebeugt wird.

Handelt es sich daher um Aufträge, welche die Anstellung eines besonderen Wärters für die transportablen Accumulatoren nicht verlohnt, so sollte am besten die Lieferung unterbleiben, denn die Folge würden nur Schwierigkeiten im späteren Betrieb sein, zum Schaden von Lieferant und Abnehmer.

Aehnliche Verhältnisse treffen übrigens auch bei anderen elektrischen Anlagen zu; es sei nur an die elektrischen Bahnen erinnert. Wenn eben nicht eine bestimmte Person für den ungestörten Betrieb interessiert oder verantwortlich gemacht werden kann, ist der Zwischenfälle kein Ende.

Weder über die Plattenkonstruktionen noch die Behandlung ist mehr zu sagen, als dass alle Vorsichtsmassregeln, welche für stationäre Battereien empfehlenswert, es in erhöhtem Masse bei transportablen Accumulatoren sind. Vielleicht das leistungsfähigste, hierher gehörige System ist das von Gülcher, weshalb die betreffende Gebrauchsanweisung angeführt werden soll.

Aus der **Gebrauchsanweisung** laut **Gülcher-Liste 1897**, die ähnlichen Tenor wie alle übrigen hat, seien jetzt nur die abweichenden Angaben hier aufgeführt. — Die Accumulatoren werden, wie es scheint, erst am Ort des Gebrauchs formiert.

„Zum Zwecke des Formierens dürfen die Accumulatoren erst dann mit Säure gefüllt werden, wenn alle Elemente untereinander und die Endpole der Batterie mit der Leitung der Stromquelle verbunden sind. Auch sollen sämtliche Elemente möglichst rasch hintereinander gefüllt und unmittelbar nach der Füllung mit dem Formieren begonnen werden. Dasselbe geschieht bei dem Gülcher-Accumulator in einfacher

Weise dadurch, dass man sie ununterbrochen 48 Stunden lang mit jener Stromstärke ladet, welche unter der Rubrik der betreffenden Type als maximale Ladestromstärke angegeben ist. (Bei dem Element A₁ ist diese 10 Ampère.) Nach dieser ersten, 48stündigen Ladung sind die Accumulatoren fertig formiert und können in Gebrauch genommen werden. Sie erlangen jedoch, wie andere Accumulatoren, ihre volle, in den Tabellen angegebene Kapazität erst nach der 3. bis 5. Entladung.

Die Entladung soll unterbrochen und mit der Ladung möglichst sofort begonnen werden, sobald die Klemmenspannung pro Element bis auf folgende niedrigst zulässige Werte gesunken ist:

6stündiger Entladung,	
1,80 Volt bei	8
1,82 " " "	10
1,83 " " "	12
1,85 " " "	15
1,86 " " "	20
1,87 " " "	30
1,89 " " "	"

Bei säuredicht verschlossenen Elementen müssen während des Ladens die Gummistöpsel aus den Füllröhrchen herausgenommen oder wenigstens so viel gelockert werden, dass die sich entwickelnden Gase entweichen können.

Es empfiehlt sich, die Ladung jedesmal so lange fortzusetzen, bis um 25% Ampèrestunden mehr geladen sind, als vorher entladen worden waren. Dies entspricht zwar (auf Ampèrestunden bezogen) einem Wirkungsgrade von nur 80%, dient jedoch wesentlich zur Erhaltung einer dauernd guten Wirkung der Accumulatoren.

Gegen das Ende der Ladung steigt die Klemmenspannung bei den Gülcher-Accumulatoren bis auf 2,7 Volt. Die mittlere Entladespannung beträgt 1,95 bis 2 Volt.

Wie aus den Listen zu ersehen ist, soll die Dichte der Säure bei den stationären Accumulatoren 24 (höchstens 25),

bei den transportablen 27 (höchstens 28) Grad Beaumé betragen. Da die Dichte der Säure durch das Entladen allmählich geringer wird, sowie auch von der Temperatur abhängt, soll die Säure nur nach beendetem Laden und nachdem sie sich bis auf Zimmertemperatur (ca. 20° C.) abgekühlt hat, mittels eines Aräometers auf ihre Dichte geprüft werden. Sobald die Dichte der Säure über das vorgeschriebene Maximum (25 bezw. 28° B.) gestiegen ist, soll eine entsprechende Menge destillierten Wassers zugesetzt werden. Bei offenen Elementen soll die Säure wöchentlich einmal auf ihre Dichte geprüft werden; bei säuredicht verschlossenen Elementen genügt es dagegen, diese Kontrolle alle ein bis zwei Monate vorzunehmen.

Genauere Befolgung unserer Gebrauchsvorschriften vorausgesetzt, leisten wir für die von uns gelieferten Accumulatoren eine Garantie in der Weise, dass wir innerhalb zweier Jahre einzelne Elektroden sowohl, als auch ganze Elemente ohne Kostenberechnung nachliefern, wenn dieselben in guter Wirkung nachlassen.

Diese Garantie erstreckt sich sowohl auf die stationären, als auch auf die transportablen Accumulatoren.“

Kapitel IX.

Ueber einige Accessorien bei Accumulatorbatterien.

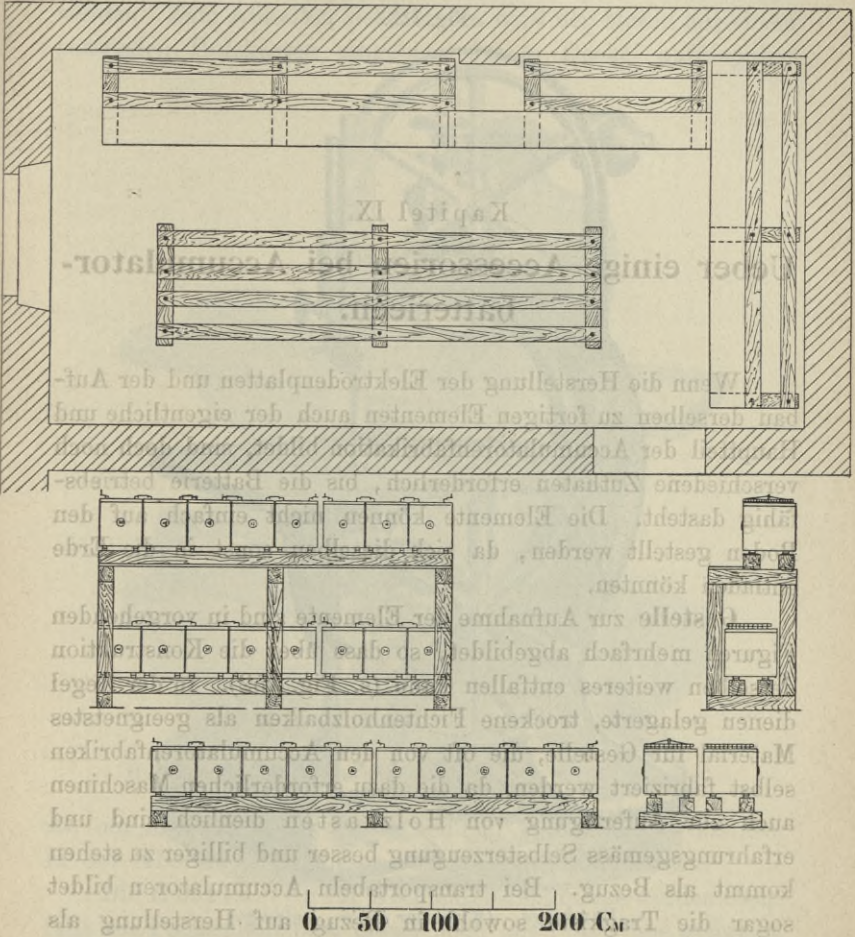
Wenn die Herstellung der Elektrodenplatten und der Aufbau derselben zu fertigen Elementen auch der eigentliche und Hauptteil der Accumulatorenfabrikation bildet, sind doch noch verschiedene Zuthaten erforderlich, bis die Batterie betriebsfähig dasteht. Die Elemente können nicht einfach auf den Boden gestellt werden, da sich dieselben sonst in die Erde entladen könnten.

Gestelle zur Aufnahme der Elemente sind in vorgehenden Figuren mehrfach abgebildet, so dass über die Konstruktion derselben weiteres entfallen kann (s. Fig. 152). In der Regel dienen gelagerte, trockene Fichtenholzbalken als geeignetstes Material für Gestelle, die oft von den Accumulatorenfabriken selbst fabriziert werden, da die dazu erforderlichen Maschinen auch zur Anfertigung von Holzkasten dienlich sind und erfahrungsgemäss Selbsterzeugung besser und billiger zu stehen kommt als Bezug. Bei transportablen Accumulatoren bildet sogar die Tragkiste sowohl in Bezug auf Herstellung als Kosten einen wesentlichen Teil der Batterie. Begreiflicherweise liefern Holzbearbeitungsmaschinen die exakteste und billigste Arbeit.

Die für Holzgestelle bestimmten Balken werden zuerst auf der **Bandsäge** (s. Fig. 153) in Stücke geeigneter Länge ge-

schnitten, eventuell dicke Balken durch Längsschnitte in solche vorgeschriebenen Querschnitts geteilt. Darauf erfolgt auf der

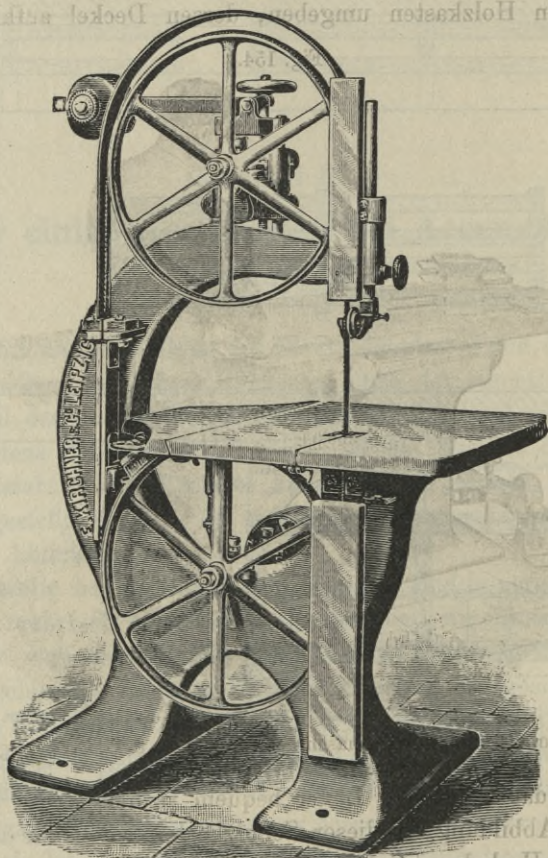
Fig. 152.



Situationsplan und Gestellzeichnung einer Batterie von 60 Elementen. In Fig. 154 gezeigten **Hobel- und Abriechtmaschine** die genaue Formgebung. — Die Balken werden vorzugsweise durch Holzzapfen und Verfugung miteinander versteift, da Schrauben

oder Nägel allein nicht sicher wären, falls die Säure Zutritt zu derartigen Eisenteilen erlangte. In einer Accumulatorenfabrik ist es vorzuziehen, jede Arbeitsmaschine mit eigenem

Fig. 153.

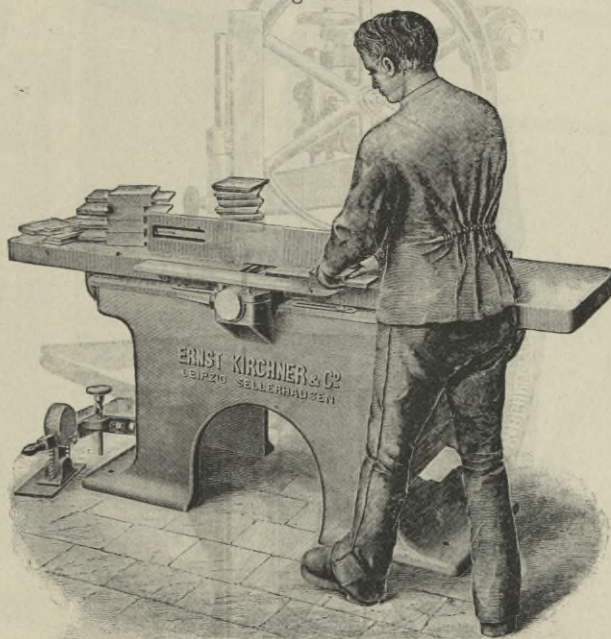


Bandsäge. (Kirchner & Co., Leipzig.)

Elektromotor auszurüsten. Zum Bohren der Zapfenlöcher, sowie auch von Metallstücken ist die in Fig. 155 abgebildete elektrische **Bohrmaschine** ausgezeichnet verwendbar. Die normale Kraft des kleinen Elektromotors ist eine Pferdekraft,

oder bei 110 Volt Betriebsspannung beträgt die erforderliche Stromstärke $7\frac{1}{2}$ Ampère. Die Bohrmaschine kann auch auf einem Fahrgestell befestigt und je nach Bedarf disloziert werden. Zum Abhalten des Staubes wird der Motor mit einem passenden Holzkasten umgeben, dessen Deckel aufklappbar

Fig. 154.



Hobel- und Abrichtmaschine. (Kirchner & Co., Leipzig.)

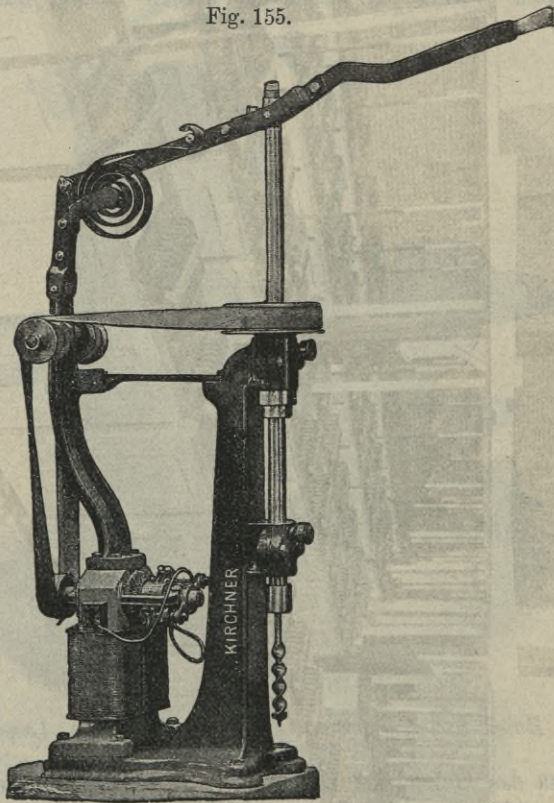
ist, um das Oelen der Lager bequem vornehmen zu können. In der Abbildung ist dieser Schutzkasten weggelassen.

Die Holzkasten für Accumulatorengefäße werden ebenfalls aus Fichtenholz oder besser noch aus Pitch-Pine gefertigt. Bei kleineren Formaten genügen 20 mm Wanddicke und die vier Wände können miteinander durch Verzahnung verbunden werden; der Boden federt in Nuten der Seitenwände und wird durch Bodenleisten noch besonders gesichert. Vor dem Einsetzen der Bleifütterung — welche über passenden Schablonen

zuerst fertig gelötet und dann erst in das Schutzgefäß gesetzt wird — erhält der Holzkasten einen doppelten Theeranstrich. Holzkohlentheer trocknet leichter als Steinkohlentheer.

Bei grösseren Holzkasten empfiehlt es sich, die Seiten

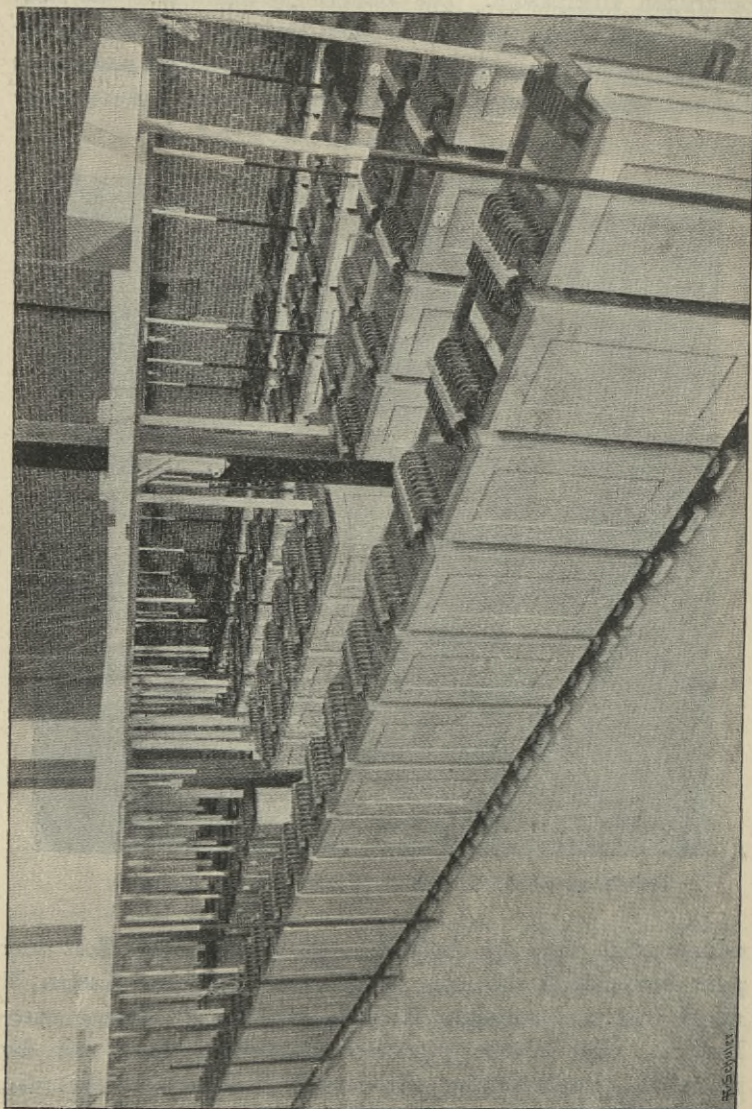
Fig. 155.



Bohrmaschine. (Kirchner & Co., Leipzig.)

mit Füllungen zu versehen, wie bei Thüren. Massive Holzwände werfen sich zu leicht und sind überdies teurer als Füllungen. Die an den vertikalen Kanten des Gefässes zusammenstossenden horizontal laufenden Rahmenstücke werden wieder durch Verzahnung verbunden, die senkrecht stehenden Rahmenstücke aber mittels Nut und Feder in die wagrechten

Fig. 156.

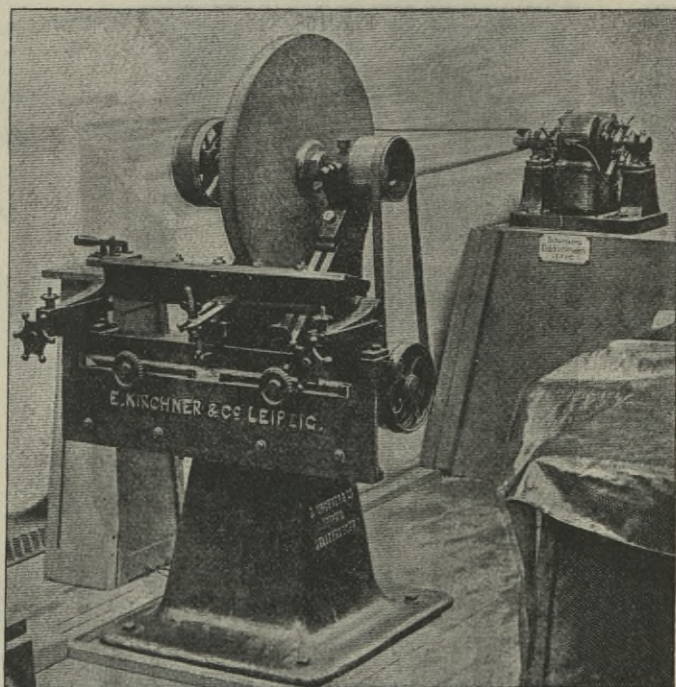


Batterie der Chloride-Accumulator-Co., Philadelphia.

H. Schmidt

Stücke eingesetzt. Fig. 156 veranschaulicht eine Batterie mit derartigen Holzkästen. Die Batterie befindet sich auf dem dritten Stockwerke und ist, um den Boden zu entlasten, vermittelst eiserner, mit Bleirohr umgebener Stangen auf einem Balkentraggerüst aufgehängt. Der blosse Anblick dieser Auf-

Fig. 157.

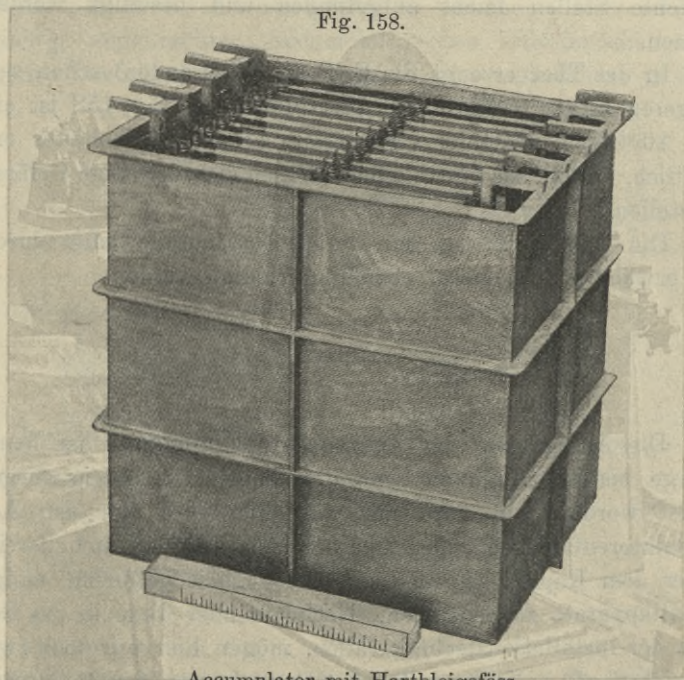


Hobelmesser-Schärfmaschine (Kirchner & Co., Leipzig).

nahme zeigt, dass der Aufwand von bearbeitetem Holz hier ganz beträchtlich ist. Zur Ausführung getäfelter Kästen ist die in Fig. 154 gezeigte Hobel- und Abrichtmaschine unerlässlich. Das Schärfen der Hobelmesser geschieht mit der beistehend verdeutlichten rotierenden Schmirgelscheibe, die, wie Fig. 157 zeigt, von einem frei für sich stehenden kleinen Elektromotor angetrieben wird. Zu diesen Maschinen ist noch

das vollständige Inventar einer Tischlerwerkstätte hinzuzurechnen, um nun die Einrichtung zur Selbstanfertigung der Holzarbeiten zu komplettieren. Nachdem die Arbeiter-Schutz-Gesetzgebung, wenigstens in Deutschland und Oesterreich, die Anwendung von Schutzvorrichtungen gegen Unfälle vorschreibt, genügt hier zu bemerken, dass diese Holzbearbeitungsmaschinen

Fig. 158.



Accumulator mit Hartbleigefäss.

von der Firma Kirchner & Co., welcher Verf. für die freundliche Ueberlassung der Figuren verpflichtet ist, mit den besten Vorkehrungen gegen Unfälle ausgerüstet werden. (In der vieljährigen Erfahrung des Verf. spielte immer der Montag die Rolle des Unglückstages, als Zeichen dafür, dass der vorangegangene Ruhetag nicht immer zweckmässig begangen wurde.) Mit Bleiblech ausgefütterte Holzkasten stellen nach keiner Richtung die befriedigendste Lösung der Frage nach einem

guten Accumulatorengefäß vor. Schon beim Transport erleiden manchmal die Bleieinsätze Risse oder Beschädigungen, welche sich erst, nachdem die Säure eingefüllt worden ist, bemerkbar machen. Das Holz wird zerfressen, die Isolation der Batterie vermindert. Ein nur aus Blei, mit Weglassung des Holzmantels, gefertigtes Gefäß hat den Vorteil, dass undichte Stellen leicht aufgefunden und beseitigt werden können.

In der That erzeugt die E.-P.-S.-Co. (London) schon seit längeren Jahren **Gefäße aus Hartblei**. Aus Fig. 158 ist ein aus 10 %igem Hartblei verfertigter Accumulatorbehälter ersichtlich. Auch aus Hartbleiblech lassen sich derartige Gefäße herstellen.

Die Verpackung der Batteriebestandteile kann durch die erwähnte Schreinerei ebenfalls erledigt werden.

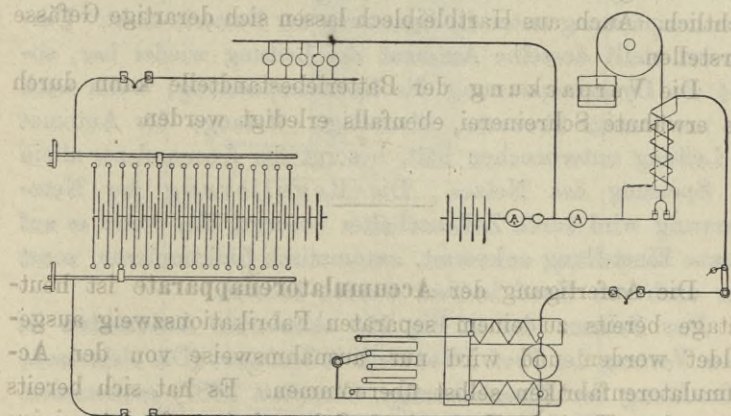
Die Anfertigung der **Accumulatorenapparate** ist heutzutage bereits zu einem separaten Fabrikationszweig ausgebildet worden und wird nur ausnahmsweise von den Accumulatorenfabriken selbst übernommen. Es hat sich bereits unter dem Kapitel „Formation“ Gelegenheit gefunden, einige Schaltapparate zu erwähnen. Nachdem aber diese in das Gebiet der Installationstechnik fallen, mögen hier nur noch zwei Einrichtungen, die nur beim Gebrauch von Accumulatoren zur Verwendung kommen, erwähnt werden, nämlich: der automatische Ein- und Ausschalter und Zellenschalter. Zur besseren Erläuterung soll die Funktion dieser Accessorien an Hand eines **Beispiels** erörtert werden.

Die unbestrittene Nützlichkeit der heutigen Accumulatoren liegt auf dem Gebiete der Regulierungs- und Ausgleichsthätigkeit für elektrische Anlagen aller Art.

Es werde angenommen, dass eine für den Elektrizitätsbedarf eines bestimmten Netzes unzureichende Kraft, z. B. eine

mässige Wasserkraft, zur Verfügung stehe. Die Belastung des Netzes, an welches Lampen und Elektromotoren angeschlossen sind, sei sehr variabel und steige bis auf das fünffache des Betrages der Wasserkraft. Trotzdem sei die Arbeit, welche die Wasserkraft während 24 Stunden zu leisten vermag, genügend gross, um den Tagesbedarf des Netzes, in Arbeit ausgedrückt, zu versehen. Hier wird ein richtig angebrachter Accumulator den erforderlichen Ausgleich bewirken und Kraft abgeben oder aufnehmen, je nach-

Fig. 159.



Schaltungsschema.

dem die Netzbeanspruchung grösser oder kleiner als die Wasserkraft ist.

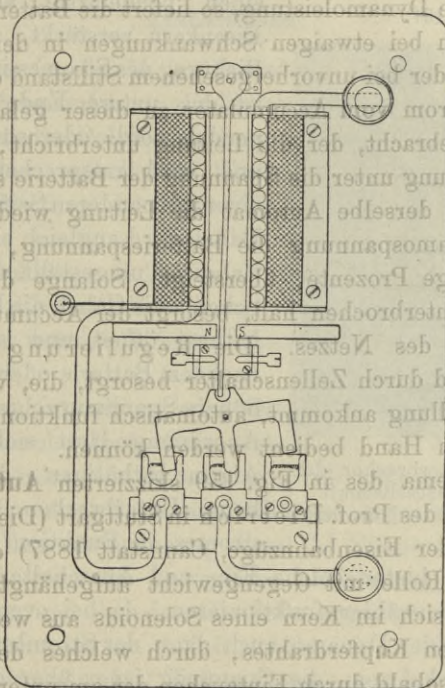
Das Schema Fig. 159 zeigt die passende Anordnung von Dynamo, Accumulator und Netz. Der Dynamosstrom gelangt über eine Bleisicherung und einen Handschalter zu dem automatischen Ein- und Ausschalter und dann an eine Kreuzungsstelle, von wo er sich in den Accumulator und die Netzleitung verteilt. Angenommen, das Netz absorbiere gerade keine Elektrizität, so staut sich der Strom vor dem Accumulator, bis die Dynamospannung soweit angestiegen ist, um die Gegen-

spannung des Accumulators zu überwinden, worauf die ganze Kraft der Dynamo (resp. des Wassermotors) als Ladung in die Batterie fließt. Steigt der Netzbedarf an, so wird ein Punkt eintreten, bei dem gerade der Dynamostrom jenen zu decken vermag; es wird also dieser nicht mehr in den Accumulator, sondern in das Netz abfließen. Uebersteigt aber der Netzbedarf die Dynamoleistung, so liefert die Batterie den Rest. — Damit nun bei etwaigen Schwankungen in der Spannung der Dynamo oder bei unvorhergesehenem Stillstand der Dynamo nicht etwa Strom vom Accumulator zu dieser gelangt, ist ein Automat angebracht, der die Leitung unterbricht, sobald die Dynamospannung unter die Spannung der Batterie sinkt. Umgekehrt stellt derselbe Automat die Leitung wieder her, sobald die Dynamospannung die Batteriespannung, wenn auch nur um wenige Prozente, übersteigt. Solange der Automat die Leitung unterbrochen hält, besorgt der Accumulator allein die Speisung des Netzes. Die Regulierung der Netzspannung wird durch Zellschalter besorgt, die, wenn es auf genaue Einstellung ankommt, automatisch funktionieren, sonst aber auch von Hand bedient werden können.

Das Schema des in Fig. 159 skizzierten Automaten ist einem Vortrag des Prof. Dietrich in Stuttgart (Die elektrische Beleuchtung der Eisenbahnzüge, Cannstatt 1887) entnommen. Ein an einer Rolle mit Gegengewicht aufgehängter Magnetstab befindet sich im Kern eines Solenoids aus wenigen Windungen starken Kupferdrahtes, durch welches der Dynamostrom fließt, sobald durch Eintauchen der am unteren Magnetende befestigten Gabel die leitende Verbindung zwischen zwei Quecksilbernäpfen hergestellt ist. Dadurch, dass dieses Solenoid den Magneten nach unten abstößt, wird die Gabel fest in die Näpfe gedrückt erhalten. Nun ist über diesem Hauptstromsolenoid noch eine zweite, aus dünnem Drahte und mit mehr Windungen ausgeführte Spule angebracht, welche eigentlich das Aus- und Einschalten veranlasst. Das eine Ende dieser Spule ist mit dem positiven Pole der Dynamo, das andere Ende mit dem positiven Pole der Batterie verknüpft.

Ueberwiegt die Dynamospannung diejenige der Batterie, so fliesst ein Strom in der Richtung zur Batterie durch diese Spule, wodurch der Magnet nach unten abgestossen wird. Sinkt aber die Dynamospannung auf das Niveau der Batteriespannung, so tritt ein Ruhepunkt ein, und wenn die Dynamospannung

Fig. 160.



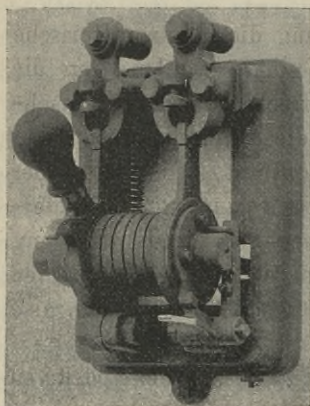
Automat (nach Dietrich-Hospitalier.)

noch weiter sinkt, fliesst jetzt ein Strom in der Richtung zur Dynamo hin durch die Spule und veranlasst Anziehung des Magneten und dadurch Aufsteigen der Gabel aus den Näpfen. Dadurch wird der Hauptstrom unterbrochen. Dieses Spiel wiederholt sich mit grosser Präzision; dabei ist jede Funkenbildung an den Näpfen ausgeschlossen, weil der Apparat so eingestellt werden kann, dass das Unterbrechen stattfindet,

wenn infolge Gleichgewichts der Spannungen der Strom gerade Null ist.

Solche Automaten sind in verschiedenlicher Weise ausgeführt worden; als Beispiel möge die Form von Hospitalier dienen. Bei dieser ist der Magnet nicht beweglich, sondern fest und die Wirkung der Solenoide durch Uebertragung auf

Fig. 161.



Starkstrom-Unterbrecher der Elektrizitäts-Gesellschaft vorm. Schuckert in Nürnberg.

einen pendelartig aufgehängten Eisenkern verstärkt. Je nach der Richtung des Stromes in den Spulen ist das untere Ende des Eisenpendels nord- oder südmagnetisch und wird entsprechend nach der einen oder anderen Seite angezogen. Dabei wird zugleich ein kupferner Balancier umgestellt, der, wie beim Schema die Gabel, die Hauptstromleitung öffnet und schliesst, je nachdem Batterie oder Dynamo die höhere Spannung zeigen. Bei dieser Anordnung lässt sich leicht ein Alarm bethätigen, der jedesmal beim Unterbrechen des Hauptstromes in Funktion tritt. Noch

einen Vorteil bieten solche Ein- und Ausschalter, indem sie auch als Stromwähler funktionieren, da bei eventueller Umpolarisierung der Dynamo auch dann der Stromkreis nicht geschlossen wird, wenn die Spannung jener über die Batteriespannung gestiegen ist, indem in solchem Fall die Stromrichtung in der dünnrahtigen Spule doch immer nach der Dynamo hin geht. Apparate ohne permanente Magnete können diese Aufgabe nicht lösen.

Würde der Apparat so eingerichtet, dass die beiden Solenoide sich nicht unterstützten, wie es bei der besprochenen Anwendungsart der Fall ist, sondern dass sie sich entgegengesetzt bethätigten, so könnte dieselbe Anordnung als **Starkstrom-Unterbrecher** dienen, wobei zweckmässig der dritte

Napf durch einen passenden Widerstand mit der Netzleitung verbunden würde, um nicht vollkommene Unterbrechung (z. B. des Lichts) hervorzurufen.

Der in Fig. 161 gezeigte **Starkstrom-Unterbrecher** vermeidet die unangenehmen Quecksilberkontakte.

Zellenschalter.

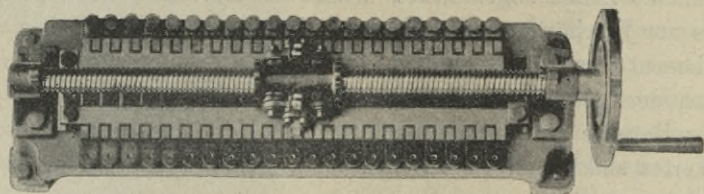
Nachdem im Laufe der Entladung die elektromotorische Kraft des Accumulators allmählich sinkt, werden, um die Spannung an den Polen desselben aufrecht zu erhalten, nacheinander Zellen zugeschaltet. Blicke die Accumulatorspannung bis zur Erschöpfung der Kapazität konstant, z. B. 2 Volt per Element, so genügten für 110 Volt Spannung 55 hintereinander geschaltete Zellen. Da aber bis zur Erschöpfung der Batterie die Entladespannung um 10% des anfänglichen Wertes sinkt, müssen 6 Zellen mehr genommen werden, also im ganzen 61.

Die eine Lichtleitung wird fest, z. B. mit dem positiven Pol der Accumulatorenbatterie verbunden, die andere Lichtleitung aber, wenn der Accumulator voll geladen ist, bei der 55. Zelle oder dem 7. letzten Element angelegt. Ist dann nach einiger Zeit die Spannung dieser 55 Elemente um 2 Volt gesunken, so wird die bewegliche Lichtleitung von der 55. weggenommen und bei der 56. Zelle angelegt. Dadurch ist die Gesamtspannung um 2 Volt erhöht, d. h. wieder auf den früheren Wert von 110 Volt gebracht worden. Auf diese Art werden successive auch die übrigen Reserveelemente bis zum letzten, der 61. Zelle, herangezogen. Um diese Manipulation bequem durchzuführen, dient der **Einfachzellenschalter**. Von jeder der „Zuschaltzellen“ geht eine Kupferleitung zum Schalter. Die Drahtenden können entweder in Form eines Kreises oder in einer Geraden angeordnet sein. In beiden Fällen kann ein Metallhebel, der mit der vordem beweglich genannten Lichtleitung in Verbindung ist, über diese Kontakte geschleift werden, so dass je nach der Stellung

dieses Hebels der Strom bei einem beliebigen Zuschaltelement abgenommen werden kann.

Stehen die Kontakte so weit auseinander, dass der Metallhebel, beim Uebergang von einem Kontakt zum benachbarten, in freie Luft gerät, also von dem vordem besetzten Kontakt ganz abgezogen und mit dem benachbarten doch noch in keiner Berührung ist, so ist der Stromkreis unterbrochen. Deshalb muss das Drehen oder Verschieben des Metallhebels rasch geschehen, indem dann nur ein rasches Zucken im Licht bemerkbar wird. Soll aber auch dieses vermieden werden,

Fig. 162.

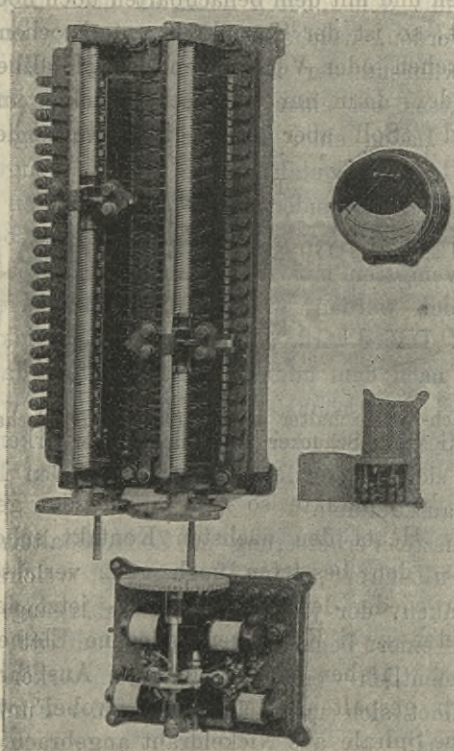


Einfach-Zellenschalter der Elektrizitäts-Gesellschaft
vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg.

dann müssen die Kontakte so nahe aneinander gerückt werden, dass der Hebel den nächsten Kontakt schon berührt, bevor derselbe den besetzten noch ganz verlassen hat. — Das hat aber wieder den Nachteil, dass jetzt das zwischen den betrachteten zwei Kontakten gelegene Element kurzgeschlossen wird. Daher zeigen manche Ausführungen von Zellenschaltern gespaltene Metallhebel, wobei zwischen den Schenkeln eine Spirale aus Nickeldraht angebracht ist. Während der eine Schenkel noch auf dem ursprünglichen Kontakte sitzt, hat im Laufe der Verschiebung der zweite Hebel bereits den Nachbarkontakt erreicht. Es geht nun ein Strom von diesem durch den Nickeldraht zum anderen Schenkel und das zwischen beiden Kontakten gelegene Element erleidet keinen Kurzschluss. Fig. 162 zeigt einen Einfach-Zellenschalter der Elektrizitätswerke vormals Schuckert in Nürnberg, der sich durch tadellose Konstruktion auszeichnet.

Handelt es sich nur darum, lediglich bei der Entladung des Accumulators dessen Spannung konstant zu halten, so genügt ein solcher Zellschalter vollständig. Meistens aber trifft die in Schema Fig. 159 gemachte Annahme zu, dass

Fig. 163.



Doppelzellenschalter mit selbstthätigem Antrieb
der Elektrizitäts-Gesellschaft vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg.

der Accumulator auch regulierend auf das von der Dynamo gespeiste Netz wirken soll. Dabei wird es vorkommen, dass die Batterie, während im Netz die normale Spannung von z. B. 110 Volt erhalten werden muss, zugleich geladen werden soll. Das kann aber nur bei **Doppelzellenschaltern** er-

reicht werden. In dem Schema in Fig. 159 entspricht der untere Teil des schematisch skizzierten Doppelzellenschalters dem „Ladehebel“ und der obere Teil dem „Entladehebel“. Es kann, wenn die Batterie beinahe vollgeladen und infolgedessen die Spannung derselben schon um 20 bis 25% angestiegen ist, mit dem oberen Schlitten doch diejenige Stelle aufgesucht werden, welche der Netzspannung von 110 Volt entspricht, während der Dynamostrom mittels des unteren Kontaktschlittens bei einer anderen Stelle eingeführt werden kann. Beim Laden einer Batterie wird anfangs der Ladestrom beim letzten Kontakt (resp. Element) zugeführt, wodurch sämtliche vorhandenen Elemente in den Stromkreis einbezogen werden. Da die letzten Elemente bei der Entladung am wenigsten mitwirken, indem sie erst am Schluss herangenommen werden, werden diese bald wieder vollgeladen sein. Daher wird, sobald sich Gasentwicklung zeigt, ein Element nach dem anderen ausgeschaltet, dadurch, dass der Ladehebel zum nächsten Kontakt geführt wird. Dieses Abschalten liesse sich auch automatisch bewirken, doch begnügt man sich in der Regel damit, nur den Entladehebel selbstthätig auszubilden.

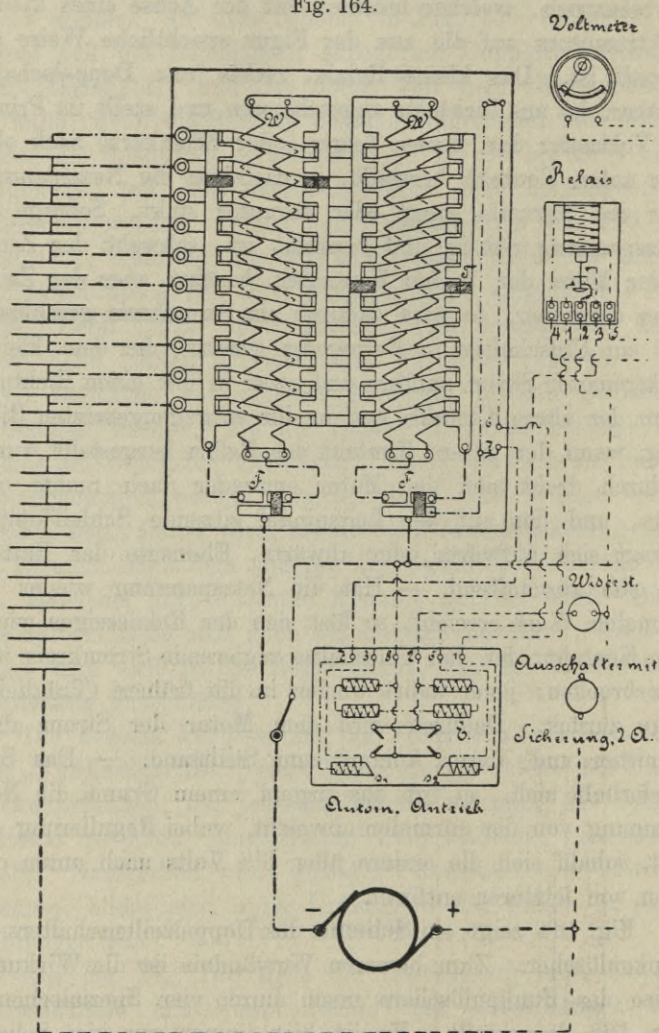
Die neueste Verbesserung an Zellenschaltern besteht in dem „**Funkenlöscher**“, einer Vorrichtung, welche den Unterbrechungsfunken, der jedesmal beim Uebergang des Schleifkontakts zu einer benachbarten Zelle auftritt, unschädlich macht. Namentlich wenn grössere Stromstärken in Betracht kommen, bildet sich unter Umständen der Funke zu einem Lichtbogen aus.

Aus der Fig. 163 geht die Einrichtung eines Doppelzellenschalters mit Funkenlöscher und selbstthätiger Einstellung des Entladeschalters der Elektrizitätswerke vormals Schuckert & Co., Nürnberg, hervor. — Der 21 Kontakte zählende Doppelzellenschalter in Fig. 163 zeigt auf der linken Seite den Ladeschalter, dessen Gleitkontakt durch Drehen einer Handkurbel verstellbar ist. Der rechts davon befindliche Entladeschalter zeigt am unteren Ende ebenfalls einen

Kurbelantrieb, welcher indessen mit der Achse eines kleinen Elektromotors auf die aus der Figur ersichtliche Weise gekuppelt ist. Das kleine Relais, rechts vom Doppelschalter sichtbar, ist ans Lichtnetz angeschlossen und stellt im Prinzip ein Voltmeter dar, dessen Zeiger (oder Eisenkern) nach oben oder unten Kontakt herstellt, je nachdem die Netzspannung über das Normale steigt oder darunter sinkt. Solange die Netzspannung richtig und konstant ist, schwebt der Zeiger in der Mitte der beiden Kontakte; berührt aber der Zeiger einen derselben, so wird dadurch ein Stromkreis geschlossen und ein Umschalter in Bewegung gesetzt, der dem kleinen Elektromotor Strom zuführt und zwar in der einen Richtung, wenn der obere Kontakt, und in der entgegengesetzten Richtung, wenn der untere Kontakt des Relais hergestellt wurde. Dadurch dreht sich der Motor entweder nach rechts oder links, und der auf der Leitspindel sitzende Schleifkontakt bewegt sich aufwärts oder abwärts; Elemente der Batterie zu- oder abschaltend. — Hat die Netzspannung wieder den normalen Wert erreicht, so löst sich der Relaiszeiger wieder vom Kontakt; der den Umschalter regierende Stromkreis wird unterbrochen; jener kehrt wieder in die frühere (Trägheits-) Lage zurück. Dadurch wird dem Motor der Strom abgeschnitten und dieser kommt zum Stillstand. — Das Spiel wiederholt sich, so oft aus irgend einem Grund die Netzspannung von der normalen abweicht, wobei Regulierung eintritt, sobald sich die erstere über $1\frac{1}{2}$ Volts nach unten oder oben von letzterer entfernt.

Fig. 164 zeigt ein **Schema** des Doppelzellenschalters mit Funkenlöcher. Zum besseren Verständnis ist die Wirkungsweise des Funkenlöschers noch durch vier Spezialschemata Fig. 165 dargestellt. Es ist hier immer nur ein Schalter gezeichnet, da die Einrichtung bei beiden Schaltern identisch ist. Die auf der linken Seite der Figuren sichtbaren Kreise bedeuten Anschlussstellen, an welchen die Zellenschalterdrähte einmünden. An jeden dieser Anschlüsse ist ein Kupferband angelötet, das die Bildfläche nach rechts durchquert. Zuerst

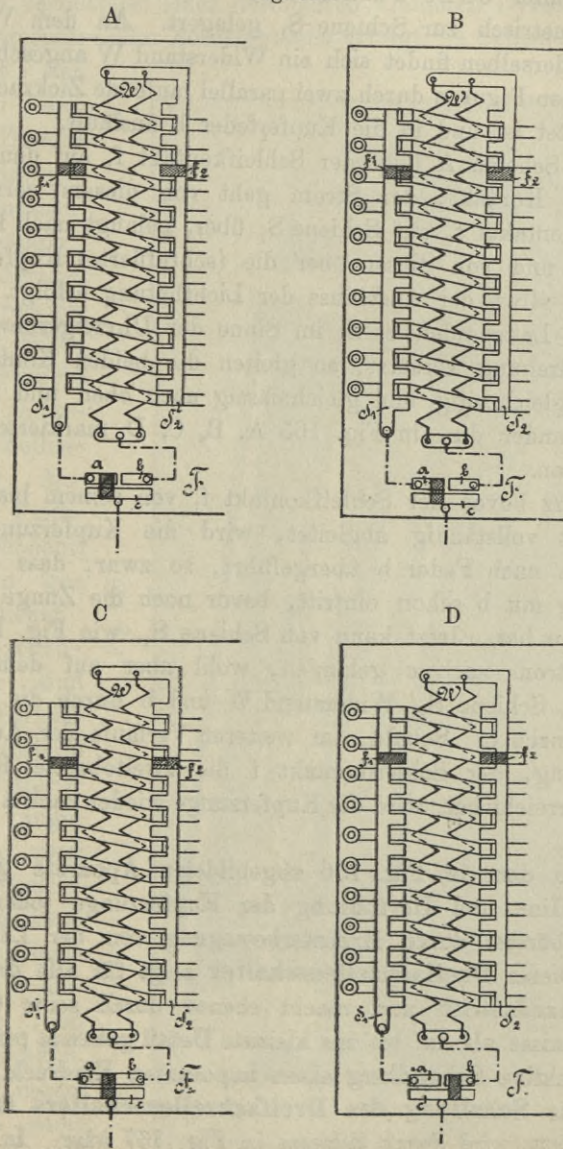
Fig. 164.



Schema des Doppelzellenschalters mit Funkenlöscher
der Elektrizitäts-Gesellschaft vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg.

ist die Richtung dieser Bänder horizontal, dann etwas geneigt und endlich wieder horizontal. Die eigentliche Stromabnehmer-
schiene ist S_1 , welche mit dem zugehörigen Schleifkontakt

Fig. 165.



Spezialschema des Funkenlöschers.

den Schalter ohne Funkenlöscher bildet. Die Schiene S_2 ist symmetrisch zur Schiene S_1 gelagert. An dem Winkelfortsatz derselben findet sich ein Widerstand W angeschlossen, der in den Figuren durch zwei parallel laufende Zickzacklinien angedeutet ist und in die Kupferfeder b ausläuft.

Im Schema A liegt der Schleifkontakt f_1 auf dem dritt-obersten Kontakt; der Strom geht von diesem vermittelt Schleifkontakts f_1 auf Schiene S_1 über, gelangt nach Kupferfeder a und von dieser über die (schraffierte) Kupferzunge nach c , allwo der Anschluss der Lichtleitung erfolgt. Wird nun die Leitspindel, z. B. im Sinne der Uhrzeigerbewegung, in Umdrehung versetzt, so gleiten die beiden Kontakte f_1 und f_2 gleichzeitig und gleichmässig nach oben und nehmen nacheinander die, in Fig. 165 A, B, C, D markierten Stellungen an.

Kurz bevor der Schleifkontakt f_1 von seinem bisherigen Kontakt vollständig abgelenkt, wird die Kupferzunge von Feder a nach Feder b übergeführt, so zwar, dass die Berührung mit b schon eintritt, bevor noch die Zunge a ganz verlassen hat. Jetzt kann von Schiene S_1 , wie Fig. D zeigt, kein Strom nach c gelangen, wohl aber auf dem Wege über f_2 , Schiene S_2 , Widerstand W und b durch die Kupferzunge nach c . Sobald, im weiteren Verlaufe der Aufwärtsbewegung, der Schleifkontakt f die zweitoberste Kontaktstelle erreicht hat, wird die Kupferzunge wieder nach a hinüber gestellt.

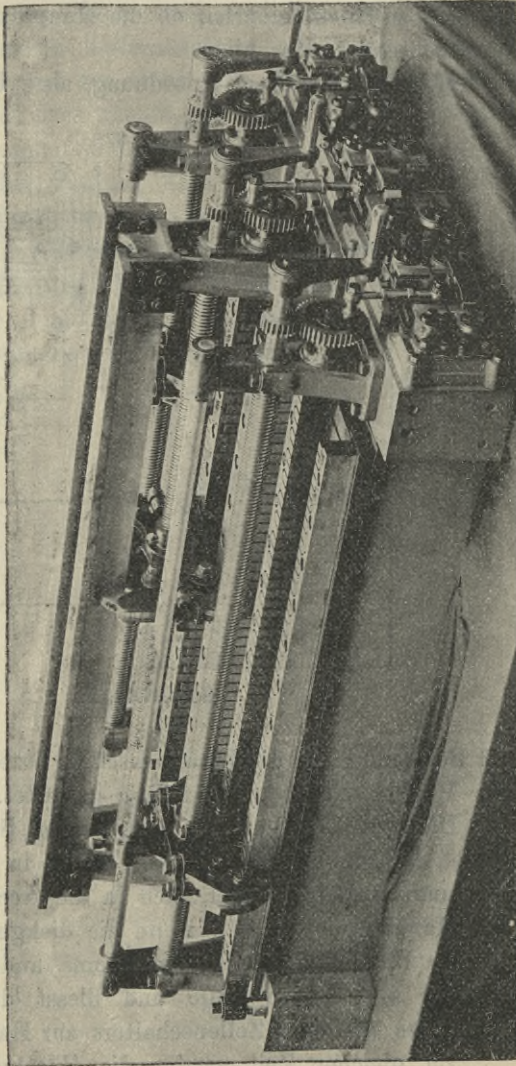
Bei dem in Fig. 166 abgebildeten Apparate geschieht diese Hin- und Herführung der Kupferzunge (oder besser Schleifbürste) durch Excenterbewegung von der Leitspindel aus. Dieser **Dreifachzellenschalter** zeigt für alle drei Spindeln Handantrieb und macht ebenso durch seine Grössenverhältnisse als die bis ins kleinste Detail gehende prachtvolle konstruktive Behandlung einen imposanten Eindruck.

Die **Schaltung des Dreifachzellenschalters im Zweileiternetz** wird durch Schema in Fig. 167 klar. In Schema Fig. 121 ist bereits ein Fall behandelt, wo die Ladung der

Schaltelemente nicht durch den Hauptstrom der Dynamo, sondern vermittelt einer besonderen kleineren Dynamo, einer Komplementär- oder Zusatzdynamo erfolgt. — Schema Fig. 167

zeichnet sich dadurch aus, dass die Zusatzmaschine gewissermaßen unabhängig vom übrigen Stromkreis gestellt ist. Während der rechts seitlich angeordnete Zellen-schalter dieselben Funktionen versieht, wie ein gewöhnlicher Einfachzellen-schalter, sind die oberhalb und unterhalb des Batterie-endes angeordneten zwei Zellen-schalter für die Zusatzmaschine dienlich. Am einfachsten ist, sich zu denken, dass die Zusatzdynamo samt den zwischen

Fig. 166.

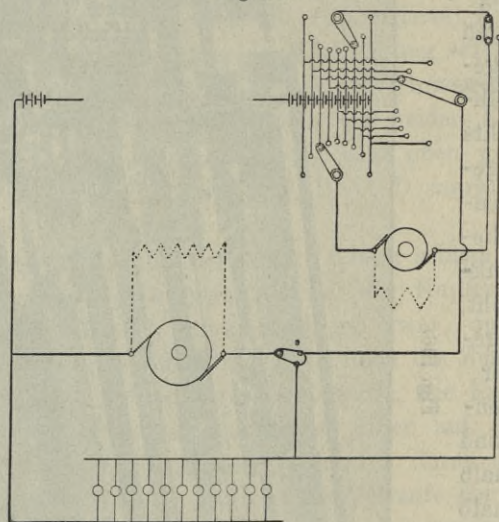


Dreifachzellenschalter der Elektrizitäts-Gesellschaft vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg.

den beiden übereinanderstehenden Zellschalterhebeln eingeschlossenen Zellen einen Stromkreis für sich bilde. Durch entsprechende Stellung dieser beiden Hebel ist es möglich, jede beliebige Zelle bzw. Elementgruppe der Schaltelemente für sich zu laden, einerlei, ob die Hauptdynamo Strom in die Batterie sendet oder nicht.

Man könnte diese Anordnung als „Universalschaltung“

Fig. 167.



Schaltschema.

mit Beziehung auf die Zusatzmaschine bezeichnen, indem jene alle Möglichkeiten durchzuführen gestattet.

Bei der in Fig. 167 acceptierten Stellung der Hebel sendet die Hauptdynamo Strom direkt in das Beleuchtungsnetz und zu gleicher Zeit auch in die Accumulatorenatterie. Der Hauptstrom verlässt, wenn die dickgezogene Leitung die positive Richtung des Dynamostroms andeutet, die Batterie vor der sechszehnten Zelle und fließt durch den (langen) Hebel des seitlichen Zellschalters zur Hauptdynamo zurück.

Zu gleicher Zeit sendet die Zusatzdynamo Strom im

Sinne der Ladung durch vier Elemente, wobei dieser Strom beim sechszweiten Element ein- und vor dem zweitletzten Element austritt. — Die maximale Zahl von Elementen, welche in den Stromkreis der Zusatzmaschine eingeschaltet werden können, ist im Schema acht, und dann erreicht, wenn der Hebel des unteren Zellschalters auf dem äussersten Kontakt nach links und der Hebel des oberen Zellschalters auf dem zu äusserst nach rechts gelegenen Kontakt aufliegt.

Die Zusatzdynamo und der Nebenschluss derselben müssten hier so gewählt werden, dass die Spannung zwischen 22 Volt und 3 Volt variieren kann, bei gleichbleibender Umdrehungszahl der Armatur. — Um das Schema übersichtlicher zu gestalten, sind die, natürlich auch hier nötigen Sicherheitsapparate, namentlich automatische Ausschalter, Sicherungen, Instrumente etc. weggelassen.

Kapitel X.

Kapazität, Nutzeffekt und Widerstand von Bleiaccumulatoren.

Unter **Kapazität** wird, im technischen Sinne, diejenige Strommenge, in Ampèrestunden ausgedrückt, verstanden, welche ein Accumulator bei der Entladung liefert, bis die Klemmenspannung desselben um $\frac{1}{10}$ gefallen ist. — Der Abfall um 10% des Anfangswertes ist deshalb allgemein als Schlusspunkt der Entladung vereinbart worden, weil eine tiefere Entladung oder gar vollständige Erschöpfung im Interesse der Haltbarkeit der Elektroden vermieden werden muss. — Dabei wird stets die Stromstärke angegeben, mit welcher der Accumulator entladen werden soll, um die bestimmte Kapazität zu zeigen. Ein Accumulator hat 200 Ampèrestunden Kapazität bei 5stündiger Entladung oder mit 40 Ampère Entladestromstärke, heisst, dass während 5 Stunden, ohne Unterbrechung, ein Strom von 40 Ampère Stärke aus dem Accumulator entladen werden könne, ohne dass, nach Ablauf dieser Entladung, die Spannung zwischen den Polen des Accumulators tiefer als z. B. 1,80 Volt gesunken ist, wenn dieselbe beim Beginn der Entladung 2 Volt betrug. Dieser selbe Accumulator gibt, mit 100 Ampère Stärke entladen, nicht 2 Stunden, sondern nur $1\frac{1}{2}$ Stunden lang diesen Strom; er liefert, mit 100 Ampère entladen, nur 150 Ampèrestunden, bis die Klemmenspannung um $\frac{1}{10}$ gesunken ist. Je

höher die Stromstärke oder Entladungsintensität steigt, desto tiefer sinkt — und je geringer die Entladungsstromstärke ist, desto höher stellt sich die Kapazität. Diese Veränderlichkeit der Kapazität mit der Entladungsintensität ist für jedes Accumulator-system verschieden, so dass bei genaueren Angaben immer die **Kapazitätskurve** des Accumulators oder wenigstens ein Teil derselben zur Charakterisierung der Kapazität mitgeteilt wird. Um diese Kurve zu erhalten, wird der Accumulator, dessen Kapazität genauer festgestellt werden soll, mit verschiedenen Stromintensitäten (oder, was auf das Gleiche hinausläuft, mit verschiedenen Zeiten der Entladungsdauer) entladen, wobei dafür gesorgt wird, dass die Stromstärke während der ganzen Zeit der Entladung konstant bleibt. Wenn dann die Werte für die Stromstärken als Abscissen, diejenigen für die zugehörigen Kapazitäten als Ordinaten aufgetragen werden, stellt die Verbindung der Punkte eine Parabel — die gesuchte Kapazitätskurve dar.

Bezeichnet C die Kapazität in Ampèrestunden, i die Entladungsstromstärke in Ampère und t die Zeitdauer der Entladung in Stunden, so ist, wenn die Stromstärke i konstant gehalten wird

$$C = i \cdot t$$

oder allgemeiner

$$C = \int_0^t i \, dt$$

Wird der Accumulator nach erfolgter Entladung wieder geladen, und zwar wieder bis zu dem Punkte, bei dem beide Elektroden Gasentwicklung zeigen und die Klemmenspannung nicht mehr steigt, und ist die Ladestromstärke konstant geblieben, so ist die Ladekapazität C^1

$$C^1 = i^1 \cdot t^1,$$

wenn i^1 die Ladestromstärke bedeutet,

oder allgemeiner

$$C^1 = \int_0^{t^1} i^1 \, dt.$$

Das Verhältnis $\frac{C}{C^1} = \frac{i t}{i^1 t^1} = \frac{\int_0^t i \, dt}{\int_0^{t^1} i^1 \, dt}$ ist der elek-

trochemische Wirkungsgrad und gibt an, wieviel von der in den Accumulator bei der Ladung hineingeschickten Strommenge, in Ampèrestunden oder Coulomb ausgedrückt, bei der Entladung realisiert werden kann. — Dieses Verhältnis nähert sich um so mehr der Einheit, je geringer die Stromstärken i und i^1 sind und je höher die Temperatur ist. Es hängt von der Reinheit des aktiven Materials, der Säurekonzentration und der Struktur der Elektroden ab.

Von grösstem Interesse ist es, den **Nutzeffekt** eines Accumulators kennen zu lernen. Derselbe wird durch das Verhältnis der in das Element geladenen Elektrizität zu der, aus demselben bei der Entladung erhältlichen Elektrizität bestimmt. Dabei gilt als Grenze der Entladung der bereits erwähnte, 10% unter der anfänglichen liegende Wert der Klemmenspannung — und als Grenze der Ladung die an beiden Elektroden auftretende Gasentwicklung und der Zeitpunkt, zu welchem sich die Klemmenspannung nicht mehr merkbar ändert. Es ist aber zu berücksichtigen, dass als Anfangswert der Klemmenspannung bei der Entladung nicht etwa der, gleich nach geschehener Vollladung zu beobachtende Wert gilt, sondern derjenige, welcher sich nach Ablauf einiger Minuten der Entladung zeigt. Wird dagegen eine Pause zwischen Ladung und darauffolgende Entladung geschaltet, so gilt, wenn diese 24 Stunden beträgt, schon der anfängliche Wert der Klemmenspannung als Ausgangspunkt. — Fig. 168 zeigt den Abfall der elektromotorischen Kraft bei vollgeladenem Accumulator mit der Zeit und der Säurekonzentration nach Earle.

Ist k die Klemmenspannung des Accumulators während der Entladung, so ist die Elektrizität, welche bei der Entladung der Kapazität $\int_0^t i \, dt$ dem Element entnommen wird

$$\int_0^t k \, i \, dt.$$

Bedeutet k^1 die Klemmenspannung während der Ladung, so wird die vom Element aufgenommene Elektrizität, ent-

sprechend der Kapazität $\int_0^{t^1} i^1 dt$, $\int_0^{t^1} k^1 i^1 dt$ sein und der

$$\text{Nutzeffekt} \frac{\int_0^t k i dt}{\int_0^{t^1} k^1 i^1 dt}.$$

Bei praktischen Proben begnügt man sich, während der Dauer der Entladung etwa 10 oder 12 Ablesungen von k vorzunehmen, wobei die vorgeschriebene Stromstärke i konstant gehalten wird. Es sei z. B. i 40 Ampères, das Zeitintervall t $\frac{1}{2}$ Stunde und k das arithmetische Mittel der Klemmenspannung in Volteinheiten zu Beginn (z. B. 1,97 Volt) und am Schluss (1,95 Volt) der betrachteten $\frac{1}{2}$ Stunde, so ist die auf diesen Zeitabschnitt entfallende Elektrizität

$$40 \times \frac{1}{2} \times 1,96 = 39,20 \text{ Wattstunden.}$$

Die Summe dieser Abschnitte stellt dann die Entladungsarbeit vor.

In gleicher Weise wird bei der Ladung verfahren und der Quotient $\frac{\text{Entladungsarbeit}}{\text{Ladearbeit}}$ stellt den Nutzeffekt des Accumulators bei der Stromstärke i der Entladung und „ „ „ i^1 „ Ladung sowie der Temperatur T während der Probe dar.

Je höher die Stromstärken i und i^1 gewählt werden, desto tiefer sinkt der Nutzeffekt; derselbe sinkt mit fallender Temperatur. Wenn die Stromstärken i und i^1 gleich sind und auch die Zeiten der Ladung und Entladung, so ist das Verhältnis $\frac{k}{k^1}$ ausschlaggebend für die Grösse des Nutzeffekts. Dieses steht aber in engstem Zusammenhang mit dem **Widerstand** des Accumulators. Dieser bewirkt, dass bei der Ladung der Wert von k^1 erhöht und bei der Entladung derjenige von k erniedrigt wird. Bezeichnet w^1 den Widerstand, ε^1 die zur Ueberwindung desselben erforderliche Spannung oder den Potentialabfall über w bei der Stromstärke i^1 , so ist

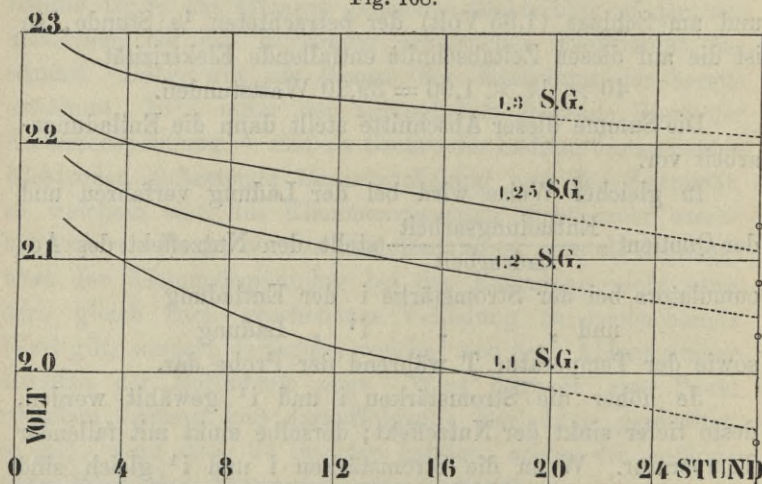
$$w^1 = \frac{\varepsilon^1}{i^1}.$$

Die Klemmenspannung k^1 während der Ladung kann so betrachtet werden, dass dieselbe aus der gegenelektromotorischen Kraft des Accumulators e^1 plus derjenigen Potentialdifferenz, die zur Ueberwindung des Widerstands w^1 erforderlich ist, zusammengesetzt erscheint. Es ist

$$k^1 = e^1 + \varepsilon^1, \quad \varepsilon^1 = k^1 - e^1 \quad \text{und} \quad w^1 = \frac{k^1 - e^1}{i^1}.$$

e^1 ist, nach Versuchen von F. Streintz, identisch mit der Potentialdifferenz, welche der Accumulator unmittelbar

Fig. 168.



Abfall der elektromot. Kraft beim vollgeladenen Accumulator.

nach Unterbrechung des Ladestroms zeigt — wenigstens während des ersten Stadiums der Ladung und wenn diese mit mässiger Intensität erfolgt.

Um daher w^1 zu ermitteln, wird die Klemmenspannung k^1 und die Stromstärke i^1 abgelesen, der Stromkreis unterbrochen und sofort die jetzt vorhandene Potentialdifferenz zwischen den Polen des Accumulators abgelesen. — Angenommen, k^1 habe 2,073 Volt, $i^1 = 15$ Ampère und $e^1 = 2,051$ Volt ergeben, so ist

$$w^1 = \frac{2,073 - 2,051}{15} = \frac{0,022}{15} = 0,00147 \text{ Ohm.}$$

Auf ähnliche Weise ergibt sich der Widerstand w des Accumulators bei der Entladung, wobei $k = e - \varepsilon$ ist, indem ein Teil der elektromotorischen Kraft e des Accumulators dazu verwendet wird, den Widerstand w zu überwinden

$$\varepsilon = e - k; \quad w = \frac{e - k}{i}; \quad \varepsilon = w i.$$

Will man diejenige Arbeit, welche durch den Widerstand w in Wärme übergeführt wird, für sich betrachten, so wird diese durch das Produkt $\varepsilon \cdot i$, dem Potentialabfall über w , mit der Stromstärke i , dargestellt. Setzt man für ε die Funktion $w i$ ein, so resultiert $w i^2$ als Ausdruck für die in Wärme übergeführte Entladungsarbeit, wobei i während der ganzen Dauer der Entladung konstant sein muss.

Allgemeiner dargestellt ist die in Wärme übergehende Arbeit $\int_0^t w i^2 dt$ und die Entladearbeit kann dargestellt werden als Summe:

$$\int_0^t k i dt = \int_0^t w i^2 dt + \int_0^t (k - w i) i dt.$$

Die Ladearbeit in ähnlicher Weise durch:

$$\int_0^{t^1} k^1 i^1 dt = \int_0^{t^1} w^1 i^2 dt + \int_0^{t^1} e^1 i^1 dt.$$

Aus dieser Darstellung geht hervor, dass die im Element selbst in Wärme übergeführte Arbeit in quadratischem Verhältnis mit der Stromstärke ansteigt, der Nutzeffekt also um so geringer ausfallen muss, je höher die Werte von i resp. i^1 sind.

Der Widerstand ist nun keine konstante Grösse, sondern ändert sich mit Zeitdauer, Stromstärke und Temperatur. Nach den Ermittlungen von Ayrton, Lamb, Smith und Woods

(Elektrician, 1870) an Accumulatoren der E.-P.-S.-Co. London steigt der Widerstand des Accumulators im Laufe der Entladung an; umgekehrt fällt er wieder während der Ladung. Den grössten Widerstand zeigt der Accumulator, wenn nach erfolgter Entladung mit geringer Stromstärke derselbe einige Zeit stehen gelassen wird. Am geringsten ist w bei vollgeladenem Accumulator nach einigen Stunden Ruhe. Die weiter unten angeführten Resultate von Hagen-Nernst bilden eine wertvolle Bestätigung der Untersuchungen Ayrtons.

Die grosse Veränderlichkeit des Widerstandes mit den Versuchsbedingungen deutet schon darauf hin, dass w bzw. w^1 eine zusammengesetzte Grösse sein müsse. Im Accumulator kann man von vornherein den Widerstand der zwischen den Platten befindlichen Säure (r), ferner den Widerstand der Elektrodenträger ρ und den als Uebergangswiderstand bezeichneten Anteil r unterscheiden. Je nach der Konstruktion der Elektroden schwankt das Verhältnis dieser Faktoren, wobei z. B. bei dünnen Gitterplatten (r) nur 20 bis 25% des Gesamtwiderstandes ausmacht.

Die Zunahme des Widerstandes während der Entladung lässt sich vermuten. Bei der Entladung wird Schwefelsäure vom Füllmaterial gebunden und dadurch die Konzentration der das aktive Material durchtränkenden Säure verringert. Dadurch wird zugleich die elektromotorische Kraft an der Elektrode erniedrigt. Wenn aber die Verringerung der Säuredichte innerhalb des Füllmaterials nicht gleichartig vor sich geht, sondern derart, dass neben mässig verdünnten Säureschichten sich sehr stark verdünnte Schichten lagern, so kann der Widerstand der Durchtränkungsflüssigkeit sogar sehr bedeutend anwachsen. So zeigt eine Säule 30%iger verdünnter Schwefelsäure von 1 qcm Querschnitt und 10 cm Länge ca. 13 Ohm Widerstand. Wird aber angenommen, dass die Hälfte dieser Flüssigkeitssäule mit 10%iger Säure und die andere Hälfte mit 50%iger Säure gefüllt sei, so ist der Widerstand $3,1 \times 5 + 1,9 \times 5 = 15,5 + 9,5 = 25$ Ohm, also schon doppelt so hoch als bei gleichmässig gemischter

Säure. — Auch das sich bildende Bleisulfat, das ein andert-halbfaches Volum gegenüber dem Bleioxyd, woraus es ent-stand, einnimmt, wird schon dadurch, dass es die kapillaren Flüssigkeitskanäle verengert, zur Widerstandserhöhung bei-tragen.

Es ist bereits dargelegt worden, dass bei der Ermittlung des Nutzeffekts das Verhältnis $\frac{k}{k^1}$ hauptsächlich massgebend sei. Dass k^1 , die Klemmenspannung bei der Ladung, höher als k sein wird, lässt sich zum Teil daraus erklären, dass die durch den Ladungsstrom bewirkte Zersetzung von Blei-sulfat konzentrierte Schwefelsäure liefert, welche die Kon-zentration der die Füllmasse durchtränkenden Säure erhöht und damit auch die elektromotorische Kraft, da, wie Streintz' Ermittlungen (s. S. 429) gezeigt haben, diese mit zunehmen-der Säuredichte ansteigt. — k muss kleiner werden, indem während der Entladung von der Füllmasse Schwefelsäure chemisch gebunden wird unter Bildung von Bleisulfat und daher die Durchträngungssäure schwächer werden muss. In beiden Fällen arbeitet die Diffusion darauf hin, den Ausgleich der innerhalb und ausserhalb der Füllmasse befindlichen Säure zu bewirken.

Neuerdings ist die Ansicht ausgesprochen worden, dass bei verschiedener Säuredichte in den Füllmassekörpern Kon-zentrationsströme entstehen, welche auf den Ausgleich der Säure beschleunigend hinwirken. Es ist wahrscheinlich, dass lokale Konzentrationsströme auftreten, sowohl bei Ladung als Entladung, welche im Sinne einer gegenelektromotorischen Kraft wirken und einen Teil der im Ausdruck $\int_0^t w i^2 dt$ resp. $\int_0^{t^1} w^1 i^{1^2} dt$ enthaltenen Arbeit, bekanntlich als Joule-sche Wärme bezeichnet, in Anspruch nehmen. — Unrichtig erscheint es aber, den Nutzeffekt lediglich als Funktion von Konzentrationsströmen aufzufassen, indem bereits auf S. 411 dargelegt worden ist, dass der elektrochemische Wirkungsgrad bezw. die Kapazität eines Accumulators von verschiedenen

Faktoren beeinflusst wird, besonders von Stromdichte und Temperatur.

Und zwar ist der Einfluss der Temperatur nicht etwa mit dem Temperaturkoeffizienten (s. S. 430) zu identifizieren, denn die diesem entsprechende Erwärmung des Accumulators bei der Ladung und Erkältung, bei der Entladung ist sehr gering. — Vielmehr scheinen hier die Reaktionsgeschwindigkeiten, mit welchen sich die an den Elektroden abscheidenden Ionen mit der Füllmasse verbinden, von massgebendem Einfluss zu sein, weshalb die Ermittlung dieser von hohem Interesse sein müsste.

Der elektrochemische Wirkungsgrad ist für jedes Accumulatorsystem ein anderer und ändert sich mit der Stromstärke ebenfalls in nicht voraussehender Weise, so dass, um ein wahrheitsgetreues Bild eines bestimmten Systems zu erhalten, zahlreiche Versuchsreihen nicht entbehrt werden können (siehe die graphischen Darstellungen weiter unten).

Faktoren beeinflusst wird, besonders von Strömrichte und Temperatur. Und zwar ist der Einfluss der Temperatur nicht etwa mit dem Temperaturkoeffizienten (s. S. 480) zu identifizieren, denn die diesem entsprechende Erwärmung des Accumulators bei der Ladung und Entladung, bei der Entladung ist sehr gering. — Vielmehr scheinen hier die Reaktionsgeschwindigkeiten, mit welchen sich die an den Elektroden abscheidenden Ionen mit der Füllmasse verbinden, von massgebendem Einfluss zu sein.

Kapitel XI.

Vergleichende Untersuchung elektrischer Accumulatoren.

Die Bemühungen, durch Ermittlung der physikalischen Konstanten einen Einblick in die Vorgänge, die sich im Bleiaccumulator abspielen, zu gewinnen, sind so alt wie die technische Verwendung dieser Apparate. Seit den grundlegenden Arbeiten Plantés sind eine beträchtliche Anzahl von Untersuchungen an Accumulatoren veröffentlicht worden. Diese können in zwei Gruppen eingeteilt werden, nämlich erstens in Versuche, welche den Zweck verfolgen, über die chemischen Reaktionen bei der Ladung und Entladung Aufklärung zu erzielen und zweitens in rein physikalische Messungen. Dass weder in der einen, noch in der anderen Richtung ein abschliessendes Ziel erreicht worden ist, darf hier als bekannt vorausgesetzt werden.

Ein Ueberblick über diejenigen Forschungen, welche die Bestimmung der physikalischen Konstanten des Bleisammlers zum Gegenstand haben, zeigt, dass der Accumulator beinahe durchgängig als einheitliches Ganzes betrachtet worden ist. Die von Franz Streintz herrührenden Messungen scheinen zum erstenmal die gesonderte Betrachtung der beiden Elektroden einzuführen und bilden wohl den wertvollsten Beitrag in dieser Hinsicht. Alle übrigen Messungen beschränken sich auf die Ermittlung der „Kapazität“ des ganzen Accumulators, wobei

als Kapazität die Angabe der Ampèrestunden aufgeführt wird, welche dem Sammler bei einer gewissen, konstant gehaltenen Stromstärke der Entladung entnommen werden könnte, bis die zu Anfang der Entladung beobachtete Klemmenspannung um 10% ihres Wertes gesunken ist. Der „Nutzeffekt“ des Accumulators wurde durch Vergleichung der bei der Ladung und Entladung aufgewendeten Elektrizitätsmengen ermittelt und ist bisher überhaupt nicht für die einzelnen Elektroden bestimmt worden.

Für die Vergleichung verschiedener Konstruktionen oder Systeme von Accumulatoren bieten auch die Streintzschens Arbeiten keine genügenden Anhaltspunkte, indem die dazu erforderliche Charakterisierung der Versuchsobjekte immer ganz oder zum Teil fehlt.

Bei der heutigen Verbreitung des elektrischen Sammlers und grossen Varietät der Systeme wird manchmal die Aufgabe gegeben, an einem gegebenen Accumulator festzustellen, ob derselbe „besser“ oder leistungsfähiger sei, als andere im Handel vorkommende Fabrikate. Die Vergleichung verschiedener Accumulatorsysteme untereinander bietet aber nicht allein praktisches, sondern ebenso sehr wissenschaftliches Interesse. — Es soll hier versucht werden, eine Methode und Darstellung der Messresultate zu geben, welche die kritische Vergleichung verschiedener Sammlersysteme ermöglicht.

Die am Schlusse geführte Diskussion der bei den untersuchten Typen gewonnenen Resultate beschränkt sich, da Messungen über längere Zeitintervalle nicht vorliegen, auf die Vergleichung der verschiedenen Systeme zu einem bestimmten Zeitpunkt. Insofern ist die gegebene Charakteristik der Accumulatoren noch nicht vollständig, denn die Veränderung derselben bei längerer Benützung ist nicht verfolgt worden.

Die Frage, welcher Accumulator der „beste“ ist, kann in dieser Allgemeinheit nicht beantwortet werden. Je nach der Verwendungsart, welche der Apparat finden soll, richtet sich auch die Beantwortung, denn es kann z. B. ein gewisser elektrischer Sammler für den Dienst in einer elektrischen

Tramzentrale sehr gut, aber gänzlich untauglich für den automobilen Betrieb von Tramwagen sein. Wenn der Zweck, für welchen der ins Auge gefasste Accumulator dienen soll, bekannt ist, werden die zu vergleichenden Sammlersysteme einer möglichst ähnlichen Beanspruchung, wie für die praktische Benützung in Aussicht genommen ist, unterworfen und die dabei geleisteten Arbeiten bei den Ladungen und Entladungen täglich registriert werden müssen. Die vielleicht jeden Monat wiederholten Messungen (nach untenstehenden Beispielen) lassen dann nicht allein die Brauchbarkeitsfrage exakt beantworten, sondern auch wertvolle Schlüsse auf die Ursachen, weshalb dieser oder jener Sammler hinter anderen zurücksteht, gestatten. Solche **Dauerproben** sind allein im stande, ein wirklich zutreffendes Bild der „Charakteristik“ eines Accumulators zu geben; vorteilhaft werden diese unter Berücksichtigung der Herstellungsweise der Versuchsobjekte geschehen, so dass wohl das Fabrikslaboratorium die geeignetste Stätte dafür bildet.

Von Einfluss auf die Leistung eines Bleisammlers sind:

1. Konstruktion, Oberfläche und chemische Beschaffenheit der Superoxydelektrode.
2. Konstruktion, Oberfläche und chemische Beschaffenheit der Bleischwammelektrode.
3. Konzentration, Masse und Reinheit des Elektrolyts.
4. Abstand der Elektroden voneinander.
5. Besondere Eigentümlichkeiten im Aufbau des Elements (z. B. Isolierwände, Zirkulationsvorrichtungen etc.).

Gewöhnlich sind die Punkte 3., 4. und 5. bei technischen Fabrikaten nicht sehr abweichend, wogegen in Bezug auf Konstruktion, Oberflächenbeschaffenheit und chemische Reinheit der beiden Elektroden bei den verschiedenen Fabrikaten die grösste Verschiedenheit herrscht.

Der Fall, dass die beiden Elektroden einer Zelle dieselbe Kapazität zeigen, trifft selten zu. (Wie sich später zeigen wird, macht der Gülcher-Accumulator eine Ausnahme.)

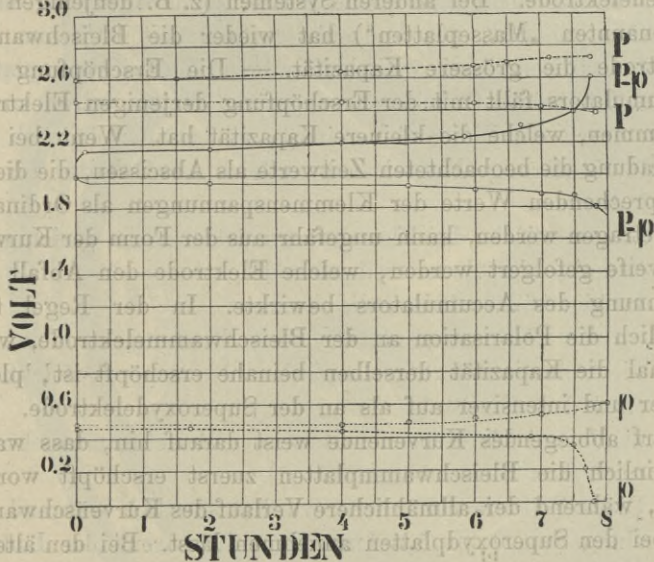
Streintz fand bei einem aus alten, cylindrisch gebogenen Tudor-Platten konzentrisch aufgebauten Accumulator die Kapazität der beiden Elektroden gleich gross, indem auf Grund früherer Ermittlungen die Oberflächen der beiden Elektroden so abgeglichen wurden, dass eben die Kapazitäten derselben gleich gross werden mussten.

Bei einem kleinen Accumulator aus Planté-Platten fand F. Streintz (Wiedemanns Annalen Bd. 27, S. 178 u. f.) die Kapazität der Superoxydelektrode höher als diejenige der Gegenelektrode. Bei anderen Systemen (z. B. denjenigen der sogenannten „Masseplatten“) hat wieder die Bleischwamm-elektrode die grössere Kapazität. — Die Erschöpfung des Accumulators fällt mit der Erschöpfung derjenigen Elektrode zusammen, welche die kleinere Kapazität hat. Wenn bei der Entladung die beobachteten Zeitwerte als Abscissen, die diesen entsprechenden Werte der Klemmenspannungen als Ordinaten aufgetragen werden, kann ungefähr aus der Form der Kurvenschweife gefolgert werden, welche Elektrode den Abfall der Spannung des Accumulators bewirkte. In der Regel tritt nämlich die Polarisierung an der Bleischwammelektrode, wenn einmal die Kapazität derselben beinahe erschöpft ist, plötzlicher und intensiver auf als an der Superoxydelektrode. Ein scharf abbiegendes Kurvenende weist darauf hin, dass wahrscheinlich die Bleischwammplatten zuerst erschöpft worden sind, während der allmählichere Verlauf des Kurvenschwanzes es bei den Superoxydplatten annehmen lässt. Bei den älteren Gitteraccumulatoren trifft dies fast allgemein zu. Es ist aber ebenso leicht möglich, einen Accumulator zu bauen, der das umgekehrte Verhalten zeigt. Zum Beispiel braucht nur die Bleischwammelektrode sehr dick und die Superoxydelektrode von erheblich grösserer Kapazität als jene genommen zu werden.

Bei den Streintzschen Untersuchungen wurde während der Entladung des Versuchselements in regelmässigen Zeitintervallen gemessen: a) die Potentialdifferenz zwischen der Superoxydelektrode und einem Zinkstab; b) desgleichen zwi-

schen der Schwammelektrode und demselben Zinkstab und c) die Potentialdifferenz zwischen den Polen des Elements. Dabei befand sich der als Hilfselektrode dienende Zinkstab in einem ausserhalb des Accumulators befindlichen Gefäss, das mit Zinkvitriollösung gefüllt war und durch einen an beiden Enden mit Pergamentpapier verschlossenen, mit derselben Flüssigkeit gefüllten Glasheber mit der Säure im Accumulator in Verbindung stand.

Fig. 169.



Messungen an Tudor-Platten (von F. Streintz).

Die Potentialdifferenz Zink-Zinksulfat bleibt konstant, so dass die beobachteten Aenderungen der Klemmenspannungen lediglich auf die Potentialdifferenz Superoxydplatte-Schwefelsäure, resp. Bleischwammplatte-Schwefelsäure entfallen, indem auch der schon ohnedies geringe Betrag der Potentialdifferenz Zinksulfat-Schwefelsäure sich nicht merkbar ändert. Die Spannungen wurden von F. Streintz entweder mittels eines Quadrantenelektrometers oder eines Galvanometers mit

1 Megohm vorgeschaltetem Widerstand ermittelt. So wurden kleine Versuchszellen aus Tudor-Platten, aus Platten von Götz und Odendall und der Electrical-Power-Storage-Co. auf die Kapazität der einzelnen Elektroden geprüft. Dabei wurden die erwähnten Potentialdifferenzen während je einer Ladung und einer Entladung verfolgt.

Bei dem von Streintz geprüften Tudor-Element waren beide Elektroden von der in Fig. 54 gezeigten Konstruktion. Die Oberfläche der Superoxydelektrode betrug genau 200 qdm. Diese bildete nicht eine ebene Platte, sondern war zu einem Cylinder gebogen, der konzentrisch und mit $10\frac{1}{2}$ mm Abstand zwischen zwei cylinderförmigen Bleischwammplatten stand. Die beiden Cylinder der negativen Platten waren an der Basis durch ein Bleiband vereinigt, so dass der dadurch gebildete ringförmige Mantelraum zugleich als Behälter für die Säure diente.

Die Oberfläche der Bleischwammelektrode ist gleich gross wie diejenige der Superoxydelektrode.

In Fig. 167 enthalten die Kurven

P—p die Klemmenspannungen des Elements,

P die Potentialdifferenzen zwischen der Superoxydelektrode und dem Zinkstab,

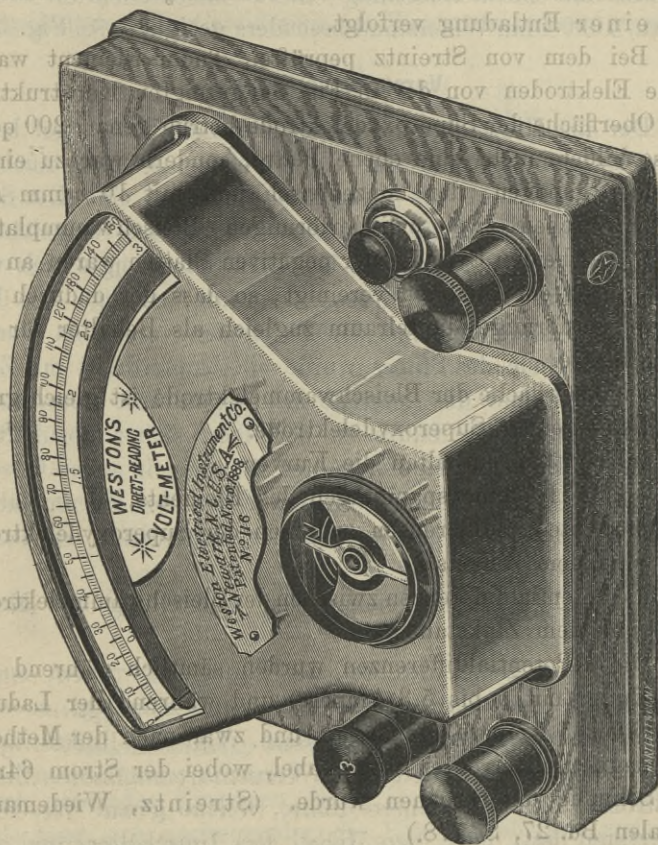
p die Potentialdifferenzen zwischen der Bleischwammelektrode und dem Zinkstab.

Diese Potentialdifferenzen wurden sämtlich während der Entladung (mit 6 bis 5,3 Ampère) und während der Ladung (mit 6 bis 5 Ampère) gemessen, und zwar nach der Methode mit magnetisch erregter Stimmgabel, wobei der Strom 64mal per Sekunde unterbrochen wurde. (Streintz, Wiedemanns Annalen Bd. 27, S. 178.)

Ein genauerer Vergleich der angeführten Accumulator-systeme lässt sich aus den Streintzschen Ermittelungen nicht anstellen, weil, abgesehen von den kleinen Abmessungen der benützten Elektroden und der ganzen Anordnung derselben im Versuchselement, Anhaltspunkte für die Reduktion auf die Gewichtseinheit fehlen. Streintz bezweckte auch weniger die

Vergleichung, als vielmehr Feststellung des allgemeinen Verhaltens der einzelnen Elektroden, und in diesem Sinne bilden seine Arbeiten den ersten bedeutsamen Fortschritt zur näheren Erforschung der einzelnen Elektroden im Accumulator, wohl

Fig. 170.



Weston - Voltmeter.

den grössten, der seit den klassischen Arbeiten Plantiés gemacht worden ist. Für die Untersuchung von Sammlern in der Praxis ist die Versuchsanordnung von Streintz als zu subtil und umständlich nicht angewandt worden. An Stelle des Zinkstabs

als Hilfselektrode hat sich **Kadmium** eingeführt, welches direkt in die verdünnte Schwefelsäure des zu untersuchenden Accumulators eingetaucht wird. Zur Ableseung der Potentialdifferenzen ist das von der Weston Compagnie verfertigte Instrument mit einem Ausschlag von 150 Skalenteilen für 3 Volt und ca. 1000 Ohm Widerstand besonders geeignet. S. Fig. 170.

Versuchsordnung.

Der als Hilfselektrode verwendete Kadmiumstengel hatte 8 mm Durchmesser und war 100 mm lang; 50 mm tauchten in die Schwefelsäure des Versuchsaccumulators ein. Der Stab wurde in der einen Ecke des Accumulatorgefäßes eingehängt; die Lage desselben gegenüber den Elektroden zeigte sich von keinem Einfluss auf die Messungsergebnisse, solange eine Berührung des Kadmiums mit den Elektroden vermieden wurde. Am oberen Ende des Stabes wurde ein Kupferdraht mit Zinn gut angelötet und die Lötstelle mit Asphaltlack überpinselt, um den Zutritt von Säure zu derselben sicher abzuhalten. Das andere Ende des Kupferdrahtes mündete in einen Quecksilbernaf. Ebenso führte von den Polen des Accumulators je ein in gleicher Weise angelöteter Kupferdraht zu einem Quecksilbernaf.

Fig. 171 gibt ein Schema der Aufstellung der Messinstrumente.

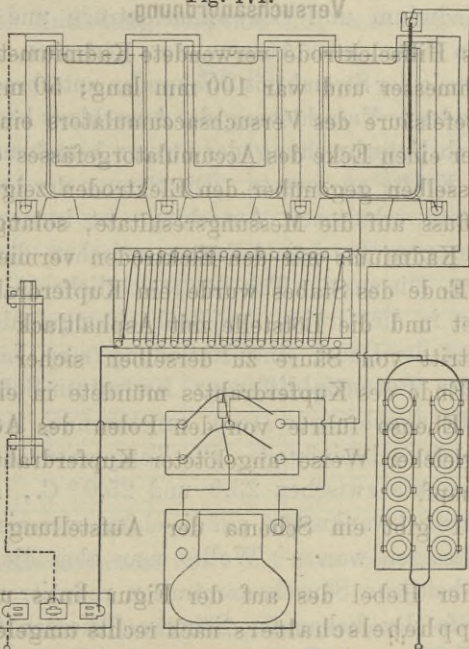
Wird der Hebel des auf der Figur links unten angeordneten Kipphebelschalters nach rechts umgelegt, so wird der Entladestromkreis geschlossen. Von dem linksseitigen Pol der in diesen geschalteten drei Versuchsaccumulatoren fließt der Strom durch die Ampère-Röhre, welche genau $\frac{1}{100}$ Ohm Widerstand hat, nach dem Hebel des Umschalters und von dort über einen Regulierwiderstand zum anderen (rechtsseitigen) Pol der Accumulatorenatterie zurück.

Wird die Wippe nach links übergelegt, wie die Figur dies zeigt, so kann mittels des Weston-Voltmeters der Potentialabfall über das $\frac{1}{100}$ Ohm gemessen werden. Wäre z. B. die Stromstärke 100 Ampère, so würde der Potentialabfall in

der Ampère-Röhre gerade 1 Volt betragen, und da unser Instrument bei 1 Volt 100 Teilstriche Ausschlag zeigt, gibt somit die Ablesung direkt die Stromstärke in Ampère an.

Beim Umlegen der Wippe nach rechts kann die zwischen zwei, am Ende mit Kupferhaken versehenen Kabelschnüren eingeschaltete Potentialdifferenz am Weston abgelesen werden.

Fig. 171.



Versuchsordnung zur Prüfung von Accumulatoren.

Durch passendes Einsetzen dieser Haken in die Quecksilbernapfe lässt sich nacheinander die Potentialdifferenz zwischen Superoxydelektrode und Kadmiumstab, zwischen Bleischwamm-elektrode und Kadmiumstab und zwischen den Polen jedes einzelnen Elements messen, und zwar bei geschlossenem Stromkreis, solange der Hebel umgelegt, und bei offenem Stromkreis, wenn derselbe ausgelöst ist.

Nach beendigter Entladung wird, durch Umlegen des

Kipphebelchalters nach links, der Ladestromkreis geschlossen. Der rechts unten angedeutete Glühlampenwiderstand dient zur Regulierung des einer Lichtleitung entnommenen Ladestroms.

In Zwischenräumen von 10 Minuten bis 2 Stunden, je nach der Entladestromstärke, wurden die Klemmenspannungen zuerst zwischen Kadmium und Superoxydelektrode, dann zwischen Kadmium und Schwammelektrode und schliesslich zwischen den Polen jedes Accumulators gemessen. Nach jeder Ablesung wurde der Stromkreis 2 Sekunden unterbrochen und die dabei stattfindende Verschiebung des Ausschlags beobachtet, um die kurz nach Unterbrechung des Stroms bestehenden elektromotorischen Kräfte zu messen. Die Summe der beiden gegenüber Kadmium erhaltenen Ausschläge ist immer gleich der direkt gemessenen Potentialdifferenz zwischen den Polen des Accumulators. Die aus den Tabellen ersichtlichen Abweichungen hievon fallen in die Grenze der Beobachtungsfehler.

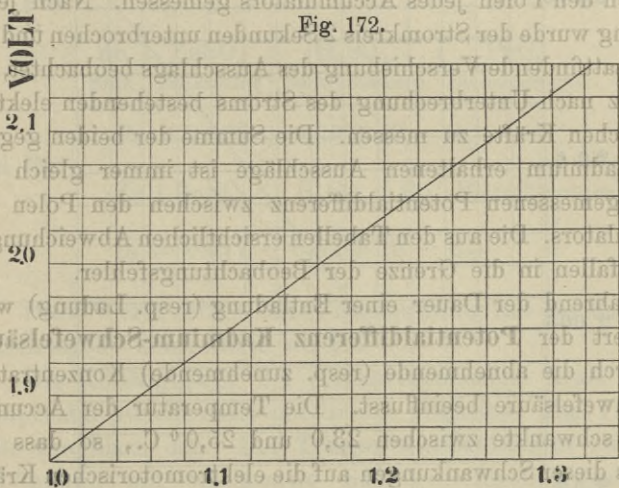
Während der Dauer einer Entladung (resp. Ladung) wird der Wert der **Potentialdifferenz Kadmium-Schwefelsäure** nur durch die abnehmende (resp. zunehmende) Konzentration der Schwefelsäure beeinflusst. Die Temperatur der Accumulatoren schwankte zwischen 23,0 und 25,0° C., so dass der Einfluss dieser Schwankungen auf die elektromotorischen Kräfte zu vernachlässigen war. — Wollte man aber die Messungen auf eine einheitliche Säurekonzentration reduzieren, so würde dies mit Hilfe der bekannten Säurekoeffizienten $\text{Cd} | \text{H}_2\text{SO}_4$, $\text{PbO}_2 \text{ el.} | \text{H}_2\text{SO}_4$ und $\text{Pb-Schwamm el.} | \text{H}_2\text{SO}_4$ zwar wohl durchführbar, aber von keinem merkbareren Einfluss auf die Potentialdifferenzen $\text{Cd} | \text{PbO}_2 \text{ el.}$ und $\text{Cd} | \text{Schwamm el.}$ sein. Die Vernachlässigung der Aenderungen von Temperatur und Säurekonzentration kann um so eher geschehen, als weniger die absoluten Werte der einzelnen Potentiale, als vielmehr die Veränderungen, welche die Elektroden-Potentiale erleiden, wenn geladen oder entladen wird, von hauptsächlichem Interesse sind. Die **Klemmenspannung** des Accumulators (Potential-

differenz zwischen den Polen während des Stromdurchgangs) hängt ab:

1. Von der Summe der elektromotorischen Kräfte, welche zwischen den beiden Polen wirksam sind.
2. Vom Widerstand im Element selbst und dem im äusseren Stromkreis liegenden Widerstand.

Die **elektromotorische Kraft** des Accumulators nimmt während der Entladung langsam ab, was sich zeigt, wenn

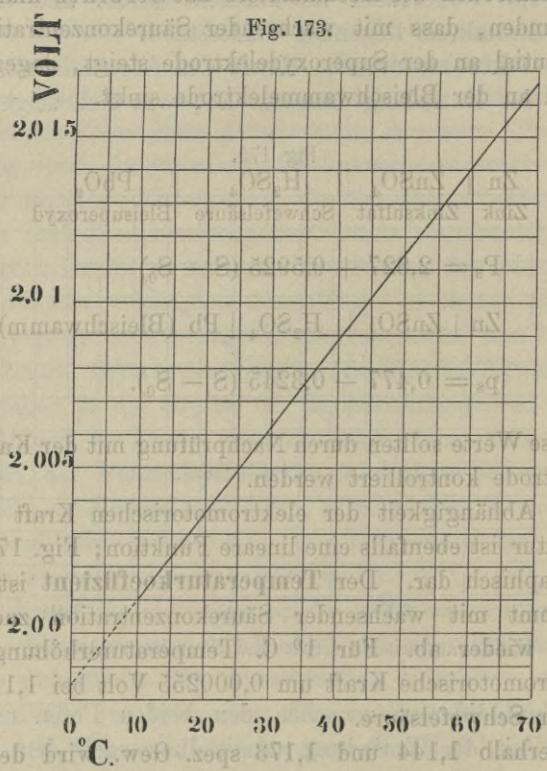
Fig. 172.



Elektromotorische Kraft und Säurekonzentration

die Potentialdifferenz zwischen den beiden Polen nach beliebiger Zeit der Entladung unmittelbar nach dem Oeffnen des Stromkreises gemessen wird. Die Werte liegen um so tiefer unterhalb der vor Beginn der Entladung beobachteten elektromotorischen Kraft, je länger die Entladung schon im Gange gewesen und je grösser die Entladungsstromstärke war. Die einfachste Erklärung dieser Beobachtung ist vielleicht zu sagen, dass die ursprüngliche Konzentration des aktiven Materials in oder an den beiden Elektroden immer mehr abnehmen und daher die elektromotorische Kraft sinken müsse. Ferner, dass durch die Absorption von Schwefelsäure durch

das entladene Material die Konzentration des Elektrolytes innerhalb oder in unmittelbarer Nähe der Elektrodenoberfläche sinken und dadurch ebenfalls ein Abfall der elektromotorischen Kraft eintreten müsse.



Elektromotorische Kraft und Temperatur.

F. Streintz (Wiedemanns Annalen Bd. 46, S. 46 u. 449, 1892) hat die **Säurekoeffizienten** im Bleiaccumulator ermittelt.

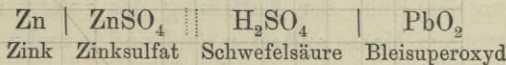
Je konzentrierter die Schwefelsäure im Element ist, desto höher steigt die elektromotorische Kraft desselben, und zwar, wie Fig 172 zeigt, in linearer Funktion, welche letztere durch die Gleichung

$$E_s = 1,850 + 0,917 (S - S_0)$$

ausgedrückt wird. Hierbei bedeutet S das spezifische Gewicht der verdünnten Schwefelsäure und S₀ dasjenige von Wasser derselben Temperatur.

Auch die Verteilung des Säurekoeffizienten auf die einzelnen Elektroden des Accumulators hat Streintz klarge stellt und gefunden, dass mit wachsender Säurekonzentration nur das Potential an der Superoxydelektrode steigt, dagegen das Potential an der Bleischwammelektrode sinkt.

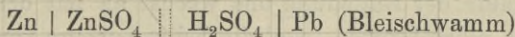
Für



ist

$$P_s = 2,327 + 0,5925 (S - S_0)$$

und für



ist

$$p_s = 0,477 - 0,3245 (S - S_0).$$

Diese Werte sollten durch Nachprüfung mit der Kadmiumhilfselektrode kontrolliert werden.

Die Abhängigkeit der elektromotorischen Kraft von der Temperatur ist ebenfalls eine lineare Funktion; Fig. 173 stellt diese graphisch dar. Der Temperaturkoeffizient ist positiv und nimmt mit wachsender Säurekonzentration zuerst zu, nachher wieder ab. Für 1° C. Temperaturerhöhung steigt die elektromotorische Kraft um 0,000255 Volt bei 1,190 spez. Gew. der Schwefelsäure.

Innerhalb 1,144 und 1,173 spez. Gew. wird der Temperaturkoeffizient durch die Gleichung

$$\frac{dE}{dT} = 357 \cdot 10^{-6} - 0,64 (E - 1,998)^2$$

gegeben.

Die Verteilung des Temperaturkoeffizienten auf die einzelnen Elektroden scheint noch nicht genauer untersucht worden zu sein. Die Kenntnis hiervon müsste bei der Diskussion des Nutzeffekts der einzelnen Elektroden wertvoll sein.

Endlich werden sich in oder an den Elektroden Polarisationsprodukte, wie Wasserstoff an der Superoxydelektrode und Sauerstoff (oder Oxydationsprodukte) an der Schwamm-elektrode ansammeln, um so mehr, je geringer die Konzentration des aktiven Materials geworden ist. (Bei weitgehender Entladung und namhafter Stromdichte treten sogar manchmal diese Produkte an den genannten Elektroden sichtbar in Gasform auf.)

Es werden alle drei Momente gleichzeitig wirksam sein, wobei gegen das Ende der Entladung das zuletzt angeführte in überwiegender Masse auftreten wird und je mehr, je grösser die Stromdichte ist.

Der **Widerstand** des Accumulators ändert sich ebenfalls im Verlaufe der Entladung und wächst an mit der Zeit, schon aus dem einen Grunde, weil die Schwefelsäure verdünnter und weniger leitungsfähig wird. Während F. Streintz (Annalen der Physik und Chemie, Neue Folge, 49 [1893]) höchst sprunghafte und erheblich voneinander differierende Werte für den Widerstand eines und desselben Elements im Verlauf der Entladung und dazwischen geschalteter Ruhepausen findet, ist nach den Untersuchungen von Nernst und Hagen (Zeitschrift für Elektrochemie 1896/97, S. 421) der Widerstand während der Entladung regelmässig anwachsend, und zwar gegen das Ende der Entladung in beschleunigter Zunahme begriffen. Eine Aenderung des Widerstandes bei variabler Stromstärke der Entladung konnte nach der Methode von Nernst (im Gegensatz zu den Streintzschen Ermittlungen) nicht wahrgenommen werden.

Die in vorstehenden Kurven ausgedrückten Widerstandsänderungen mit der Zeit der Entladung sind von Nernst und Hagen nach der Brückenmethode mit Kondensatoren ermittelt worden.

Der Versuchsaccumulator (ein Taschenaccumulator von Pollak mit 2 Ampèrestunden Kapazität) ist allerdings sehr klein und hat daher 10- bis 100mal höheren Widerstand als die üblichen technischen Elemente.

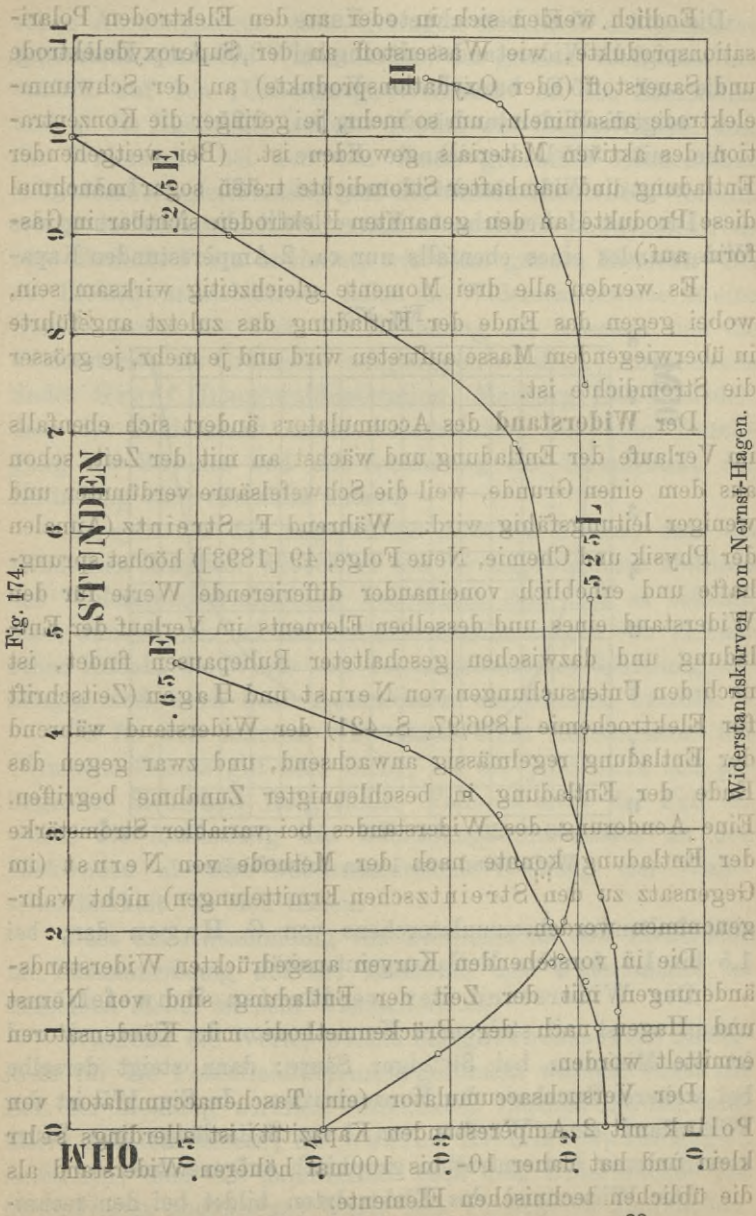


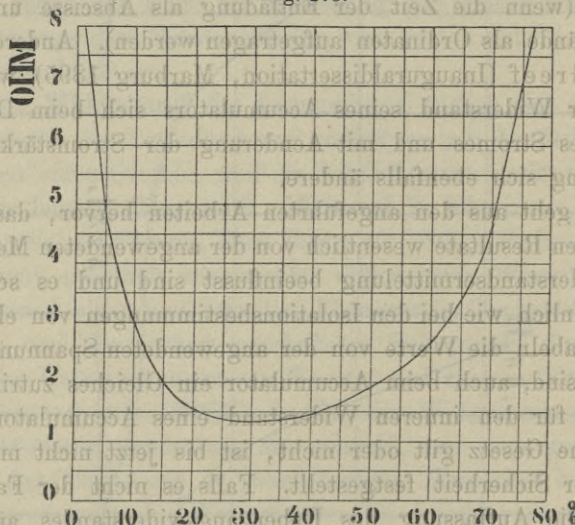
Fig. 174.

Widerstandskurven von Nernst-Hagen.

Die mit .65 E bezeichnete Kurve zeigt die Widerstandsänderung bei 0,65 Amp. Entladung, die mit .25 E bezeichnete Kurve zeigt die Widerstandsänderung bei 0,25 „ „ „ die mit .525 L bezeichnete Kurve zeigt die Widerstandsänderung bei .525 „ „ Ladung.

Die mit H bezeichnete Kurve stellt die Aenderung des Widerstandes eines ebenfalls nur ca. 2 Ampèrestunden Kapa-

Fig. 175.



Widerstand von 1 ccm Schwefelsäure.

azität haltenden Accumulatorchens von G. Hagen dar, bei 1,5 bis 1,1 Ampère Entladungsintensität.

Der Widerstand der verdünnten Schwefelsäure nimmt zuerst mit steigender Konzentration der Säure ab und ist ein Minimum bei 30%iger Säure; dann steigt derselbe bei weiterer Zunahme der Konzentration. In Fig. 175 ist der Widerstand eines Würfels von 1 cm Seitenlänge von Säure verschiedener Konzentration graphisch aufgezeichnet.

Der Widerstand des Elektrolyten bildet bei den techni-

schen Accumulatoren einen geringen Bruchteil des gesamten sogenannten inneren Widerstandes; der grössere Teil desselben entfällt auf den „Uebergangswiderstand“ an den Elektroden und in die Elektroden selbst. Nernst und Hagen finden, dass der Widerstand bei den von ihnen geprüften Elementen sich ziemlich gleichmässig auf die beiden Elektroden verteilt, wobei der Verlauf des Widerstandes an der Superoxydelektrode eine ähnliche Form annimmt, wie beim ganzen Element. Bei der Bleischwammelektrode fallen die Widerstandswerte in eine Gerade (wenn die Zeit der Entladung als Abscisse und die Widerstände als Ordinaten aufgetragen werden). Andererseits findet Greef (Inauguraldissertation, Marburg 1895) wieder, dass der Widerstand seines Accumulators sich beim Durchgang des Stromes und mit Aenderung der Stromstärke der Entladung sich ebenfalls ändere.

Es geht aus den angeführten Arbeiten hervor, dass die erhaltenen Resultate wesentlich von der angewendeten Methode der Widerstandsermittlung beeinflusst sind und es scheint, dass, ähnlich wie bei den Isolationsbestimmungen von elektrischen Kabeln die Werte von der angewendeten Spannung abhängig sind, auch beim Accumulator ein Gleiches zutrifft.

Ob für den inneren Widerstand eines Accumulators das Ohmsche Gesetz gilt oder nicht, ist bis jetzt nicht mit genügender Sicherheit festgestellt. Falls es nicht der Fall ist, würde die Auffassung des Uebergangswiderstandes an den Elektroden als eine condensatorische Wirkung viel Wahrscheinlichkeit für sich haben.

Dass die Ansammlung von Bleisulfat an den Elektroden im Zusammenhang mit der Zunahme des Widerstandes an denselben stehe, ist sehr wahrscheinlich.

Während die Werte, welche bei geschlossenem Stromkreis für die Potentialdifferenzen gefunden werden, einen zur Zeit der Messung wirklich bestehenden Zustand des Accumulators charakterisieren, die wahren Klemmenspannungen darstellen, sind die unmittelbar nach dem Unterbrechen des Stromkreises abgelesenen Werte mit Vorsicht zu gebrauchen.

Den Zustand der Elektroden würde nichts so gut definieren, als die Kenntnis der **elektromotorischen Kraft** an denselben **während des Stromdurchgangs**. Direkt lässt sich nach den bis jetzt bekannten Methoden diese nicht ermitteln; indirekt könnte dies vielleicht dadurch geschehen, dass gleichzeitig mit der Beobachtung der Klemmenspannung die Bestimmung des Widerstandes des Accumulators, z. B. nach Hagen, verbunden und der auf Kosten des letzteren entfallende Potentialabfall zu dem Wert für die Klemmenspannung addiert würde (resp. subtrahiert bei der Ladung). Ob aber bei so kleinen Widerständen wie $\frac{1}{10000}$ bis $\frac{1}{1000}$ Ohm (bei Accumulatoren mittlerer Grösse) brauchbare Resultate erzielt werden, müsste erst noch bewiesen werden.

In Ermangelung etwas Besseren bilden nun diejenigen Werte ein Surrogat für die elektromotorischen Kräfte, welche kurz nach der Unterbrechung des Stromkreises gefunden werden. Je kürzer das Zeitintervall zwischen Unterbrechung und Ablesung genommen werden kann, desto mehr werden sich die Potentialdifferenzen den während des Stromdurchgangs stattgehabten nähern. Wie weiter unten gezeigt ist, ändert sich während des grössten Teils der Entladung die elektromotorische Kraft des Accumulators nach dem Unterbrechen des Stromkreises so langsam, dass ein besonders rasches Ablesen nicht erforderlich ist. Wohl aber steigt bei beginnender Erschöpfung der Elektroden die elektromotorische Kraft beim Unterbrechen des Stromes immer rapider und kann mit gewöhnlichen Elektrometern nicht mehr zuverlässig abgelesen werden. Etwas sicherer ist dann die Anordnung mit Kapillarelektrometer, welche auch allein bei den Messungen während der Ladungen des Accumulators brauchbar ist, wenn man sich nicht mit der Schätzung des Sprunges begnügen will, den ein Weston-Voltmeter im Moment des Stromunterbruchs zeigt.

Das Verhältnis, in welchem die beiden Elektroden an der elektromotorischen Kraft des Bleisammlers beteiligt sind, lässt sich nach den Untersuchungen von F. Exner (Sitzungs-

berichte der k. Akad. d. Wiss. Wien 1874) erkennen. Nach F. Exner ist die Potentialdifferenz zwischen Kadmium und Schwefelsäure von 1,15 spez. Gew. ca. +1,0 Volt.

Nun setzt sich die bei offenem Stromkreis gemessene Spannung zwischen dem Kadmiumstab und den Superoxydplatten zusammen aus:

1. der Potentialdifferenz zwischen der Superoxydelektrode und der diese umgebenden Schwefelsäure,

2. der Potentialdifferenz zwischen dem Kadmiumstab und derselben Schwefelsäure.

Zieht man daher +1,0 Volt von den gefundenen Werten $Cd | PbO_2$ ab, so stellt der Rest den Betrag der elektromotorischen Kraft an der Superoxydelektrode dar.

In analoger Weise wird die elektromotorische Kraft an der Bleischwammelektrode durch Subtraktion der Potentialdifferenz Bleischwamm H_2SO_4 von +1 Volt erhalten.

In den später folgenden Tabellen und Kurven ist die Reduktion der Ablesungen auf die absoluten Werte der elektromotorischen Kräfte unterlassen, sondern der Einfachheit halber das Potential des Kadmiumstabes als Nullpunkt genommen worden.

Untersuchung an einem Marschner-Accumulator.

Das in einem Ebonitkasten befindliche Element enthält

6 positive und 7 negative Platten. Jede Platte ist 275 mm

hoch, 100 mm breit und 5 mm dick. Das Gewicht der 6 posi-

tiven Platten (inklusive des zwar sehr dünnen Verbindungs-

streifens) ist 7,200 kg

das Gewicht der 7 neg. Platten (inkl. Verbindung) 8,400 „

der Schwefelsäure (von 1,150 spez. Gew.) 3,400 „

des Ebonitgefässes mit Deckel 1,000 „

Summa: 20,000 kg

Der Abstand der Platten voneinander ist genau 6 mm.

Nach dem äusseren Augenschein zu urteilen, scheint die Kon-

struktion sämtlicher Platten dieselbe zu sein. Ein Rahmen aus

Hartblei mit U-ähnlichem Profil, ist durch einen in der Mitte

der Höhe befindlichen Quersteg in zwei, beinahe quadratische Felder geteilt. In diesen befindet sich das Füllmaterial, das mit zahlreichen, unregelmässig über die Oberfläche verteilten Nadeldstichen versehen ist. Ein anderer Halt- oder Stützpunkt, als durch den Bleirahmen, scheint der aktiven Masse nicht gegeben zu sein, so dass diese Elektroden zu den sogenannten „Masseplatten“ gehören. (Aehnlich den Fabrikaten von Hammacher, Böse, Lithanode von Fitzgerald.) Nach den Angaben des Fabrikanten und in Uebereinstimmung mit dem D. R.-P. Nr. 12520 (25. Jan. 1896) soll die besondere Eigentümlichkeit dieses Accumulators in der Zusammensetzung und Herstellungsart der Füllmasse bestehen.

Diese soll durch Eintragen von Mennige oder Glätte in eine heisse Lösung von Bernstein in Alkohol und Terpentin, bis die Mischung teigartige Konsistenz erlangt, erhalten werden.

Der solchergestalt dem Massekuchen einverleibte Bernstein soll die dauerhafte Verkittung der Bleioxyde, resp. des daraus entstehenden Bleischwamms und Bleisuperoxyds bewirken und diesen Elektrodenplatten „unbeschränkte“ Dauerhaftigkeit verleihen. Genau nach der Vorschrift oben zitierter Patentbeschreibung hergestellte Plättchen zerfielen (nach dem Trocknen) beim Eintauchen in Schwefelsäure. Die mittels einer Lösung von Bernstein in Schwefelkohlenstoff (als besseres Lösungsmittel für Bernstein) erhaltenen Plättchen zeigten genügende mechanische Festigkeit, blieben aber selbst nach 500stündigem Formieren noch zum grössten Teil unverändert.

Nach Angabe des Ubersenders sollte die Kapazität des Accumulators betragen: 280 Ampèrestunden bei 16stündiger Entladungszeit und 240 Ampèrestunden bei 6stündiger Entladungszeit, welche letztere als normale bezeichnet wurde. Die Ladestromstärke soll maximal 60 Ampère betragen. — Es stellte sich aber bei den ersten Vorversuchen heraus, dass ein Irrtum in obigen Angaben enthalten sein müsse, indem schon bei der, mit 30 Ampère vorgenommenen Ladung und Entladung der Nutzeffekt (zum Teil infolge der sich erwär-

menden Elektrodenableitungen) unter eine, praktisch annehmbare Grenze sank. Als maximale Ladestromstärke scheinen 15 Ampère etwa zutreffend zu sein; auf derselben Höhe ist auch die Entladungsintensität zu halten, falls nicht auf den grössten Teil der Kapazität verzichtet werden soll.

Der Accumulator wurde zunächst während 8 Tagen fortwährend mit ca. 77 Ampère geladen, um etwa vorhandenes Sulfat möglichst zu entfernen. Allein auch nach dieser „Nachformierung“ konnten keine höheren Kapazitätswerte erhalten werden, als vor derselben.

Trotzdem, wie die folgenden Tabellen und die graphische Darstellung der Messresultate zeigen, dieser Accumulator weder die in Aussicht gestellten Werte, noch überhaupt eine, andere Systeme überragende Kapazität (bei den angewandten Entladungsintensitäten) zeigte, erscheint dieses System in mancher Hinsicht interessant. Die Platten waren, nach Beendigung der Versuche, in demselben äusserlichen Zustande, wie zu Beginn der Proben. In Anbetracht der, gegenüber den bisher behandelten Sammlerelektroden, wirklich minimalen Oberfläche des Stromableiters (Rahmen) war kaum zu erwarten gewesen, dass sich diese Platten für höhere Belastung bei der Entladung und noch viel weniger bei der Ladung eignen würden. — Es ist auch nicht wahrscheinlich, dass diese Platten mehr als Spuren von Bernstein enthalten, indem sonst die Leitungsfähigkeit des Bleischwamms bedeutend geringer sein müsste, als sie sich wirklich herausgestellt hat. Ob der, den meisten „Masseplatten“ nachgesagte Nachteil des „Schwindens“ des Bleischwamms auch hier eintreten würde, liess die kurze Dauer der Proben nicht entscheiden.

Accumulator Type IV (Marschner).

Entladung mit ca. 65,5 Ampère.

Datum und Zeit	Dauer der Entladung in Stunden	Stromstärke der Entladung in Ampère	Positive mit negativen Platten		Positive Platten mit Kadmium		Negative Platten mit Kadmium		Bemerkungen
			I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	
			K.S.	E.K.	K.S.	E.K.	K.S.	E.K.	
7.4.97.									
10 ^h 00	0,000	—	—	2,00	—	2,17	—	0,16	Hier müsste die Vorgeschichte des Accumulators hinein.
10.05	0,000	74,0	1,77	1,94	2,00	2,08	0,25	0,16	
10.10	0,083	70,0	1,78	1,94	2,00	2,07	0,20	0,11	
10.17	0,200	67,2	1,78	1,94	2,00	2,08	0,22	0,14	
11.15	1,167	58,0	1,50	1,78	1,75	1,97	0,26	0,18	
11.20	1,250	47,0	1,14	1,60	1,43	1,82	0,24	0,18	

Accumulator Type IV (Marschner).

Entladung mit ca. 14,9 Ampère.

Datum und Zeit	Dauer der Entladung in Stunden	Stromstärke der Entladung in Ampère	Positive mit negativen Platten		Positive Platten mit Kadmium		Negative Platten mit Kadmium		Bemerkungen
			I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	
			K.S.	E.K.	K.S.	E.K.	K.S.	E.K.	
16.4.97.									
9 ^h 12	0,000	—	—	2,240	—	2,400	—	0,160	Spez. Gewicht der Säure 1,125. Temperatur 18,0°.
9.15	0,000	17,20	2,116	2,140	2,324	2,340	0,196	0,168	
9.30	0,250	15,54	1,928	1,968	2,138	2,190	0,240	?	
9.40	0,417	15,20	1,930	1,970	2,126	2,140	0,200	0,170	
10.00	0,750	15,20	1,929	1,969	2,126	2,140	0,196	0,170	
10.40	1,417	15,00	1,928	1,968	2,120	2,130	0,194	0,168	
11.20	2,083	14,84	1,926	1,960	2,120	2,130	0,192	0,172	
12.00	2,750	14,70	1,920	1,960	2,108	2,128	0,192	0,168	
		15,50	—	—	—	—	—	—	
1.40	4,417	15,24	1,904	1,940	2,104	2,120	0,200	0,172	
2.20	5,083	15,00	1,900	1,940	2,094	2,108	0,200	0,174	
3.00	5,750	15,00	1,890	1,930	2,090	2,110	0,200	0,176	
4.00	6,750	14,86	1,880	1,920	2,088	2,108	0,200	0,180	
4.45	7,500	15,00	1,872	1,920	2,080	2,100	0,200	0,180	
5.30	8,250	14,0	1,864	1,920	2,074	2,100	0,206	0,180	
6.30	9,250	14,9	1,850	1,900	2,056	2,080	0,206	0,180	6h 30' unterbrochen bis 9h15 am 17.4.97.

Datum und Zeit	Dauer der Entladung in Stunden	Stromstärke der Entladung in Ampère	Positive mit negativen Platten		Positive Platten mit Kadmium		Negative Platten mit Kadmium		Bemerkungen
			I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	
			K.S.	E.K.	K.S.	E.K.	K.S.	E.K.	
17.4.97.									
9 ^h 15	9,250	—	—	1,990	—	2,160	—	0,170	
9.15	9,250	15,30	1,904	1,960	2,100	2,120	0,194	0,160	
9.45	9,750	14,96	1,870	1,920	2,080	2,100	0,204	0,180	
10.15	10,250	15,04	1,854	1,914	2,054	2,080	0,206	0,176	
10.45	10,750	14,96	1,840	1,900	2,052	2,080	0,208	0,178	
11.15	11,250	14,80	1,828	1,892	2,040	2,060	0,210	0,180	
12.15	12,250	14,56	1,800	1,860	2,016	2,056	0,216	0,180	
1.20	13,333	14,10	1,732	1,820	1,954	2,010	0,220	0,188	
1.50	13,833	13,50	1,660	1,780	1,888	1,980	0,220	0,194	
2.05	14,083	12,70	1,560	1,720	1,784	1,916	0,220	0,200	
2.07	14,116	12,00	1,468	1,660	1,690	1,860	0,220	0,200	
2.10	14,167	11,00	1,350	1,610	1,500	1,810	0,220	0,200	

Accumulator Type IV (Marschner).
Entladung mit ca. 78,7 Ampère.

Datum und Zeit	Dauer der Entladung in Stunden	Stromstärke der Entladung in Ampère	Positive mit negativen Platten		Positive Platten mit Kadmium		Negative Platten mit Kadmium	
			I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
			K.S.	E.K.	K.S.	E.K.	K.S.	E.K.
24.4.97.								
3 ^h 10	0,000	88,00	1,764	1,940	2,010	2,080	0,270	0,160
3.15	0,083	84,00	1,770	1,950	2,036	2,104	0,260	0,150
3.20	0,167	83,00	1,760	1,940	2,008	2,084	0,250	0,150
3.30	0,333	82,00	1,740	1,930	2,004	2,090	0,260	0,160
3.35	0,416	84,00	1,720	1,920	(1,940)	(2,040)	(0,240)	(0,140)
3.40	0,500	80,00	1,700	1,900	1,970	2,080	0,264	0,164
3.45	0,583	80,00	1,674	1,900	1,946	2,070	0,280	0,176
3.50	0,667	79,00	1,644	1,888	1,920	2,060	0,280	0,176
3.55	0,750	77,60	1,610	1,860	1,884	2,040	0,280	0,180
4.00	0,833	74,00	1,550	1,830	1,826	2,020	0,280	0,184
4.05	0,917	69,00	1,410	1,760	1,680	1,960	0,274	0,190
4.10	1,000	50,00	1,060	1,580	1,310	1,760	0,256	0,200

Accumulator Type IV (Marschner).

Entladung mit ca. 29,3 Ampère.

Datum und Zeit	Dauer der Ent- ladung in Stunden	Strom- stärke der Ent- ladung in Ampère	Positive mit negativen Platten		Positive Platten mit Kadmium		Negative Platten mit Kadmium		Bemerkungen
			I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	
			K.S.	E.K.	K.S.	E.K.	K.S.	E.K.	
21.4.97.									
11 ^h 00	—	—	—	2,204	—	2,370	—	0,160	Spez. Gewicht der Säure 1,170.
11.10	0,00	30,00	2,030	2,080	2,230	2,300	0,208	0,172	
11.20	0,167	28,00	1,904	1,960	2,110	2,130	0,204	0,164	Mittlere Tempera- tur 17,0°.
11.30	0,333	27,80	1,904	1,970	2,108	2,130	0,204	0,168	
11.50	0,666	29,00	1,900	1,960	2,106	2,132	0,200	0,164	
12.00	0,833	28,60	1,900	1,960	2,100	2,120	0,200	0,166	
12.10	1,000	28,30	1,900	1,960	2,100	2,120	0,200	0,168	12h 10 unterbrochen bis 12h 15.
12.15	1,083	30,00	1,900	1,960	2,100	2,120	0,200	0,166	
12.30	1,333	28,50	1,896	1,960	2,100	2,120	0,200	0,166	12h 30 unterbrochen bis 1h 38.
1.35	—	—	—	2,008	—	2,170	—	0,164	
1.38	—	30,00	—	—	—	—	—	—	Um 5h 35 wurde unterbrochen und die Erholung bei- der Elektroden ge- messen.
1.50	1,533	28,00	1,900	1,976	2,104	2,124	0,202	0,160	
2.00	1,700	29,20	1,900	1,960	2,100	2,124	0,202	0,166	
3.00	2,700	28,60	1,864	1,940	2,080	2,100	0,212	0,170	
3.05	2,783	30,60	1,856	1,940	2,070	2,100	0,216	0,172	
3.25	3,116	30,20	1,840	1,920	2,060	2,096	0,220	0,174	
4.00	3,700	29,40	1,816	1,904	2,040	2,080	0,220	0,180	
4.15	3,925	29,00	1,800	1,900	2,030	2,080	0,224	0,180	
4.16	—	30,80	1,792	1,900	2,020	2,070	0,230	0,180	
4.40	4,366	30,40	1,770	1,880	2,000	2,060	0,232	0,180	
5.00	4,700	30,00	1,732	1,860	1,974	2,040	0,240	0,188	
5.20	5,033	29,00	1,646	1,810	1,888	2,000	0,240	0,190	
5.35	5,283	28,00	1,530	1,760	1,768	1,950	0,240	0,200	
							Zeit	Pos. Platten mit Kadn.	Neg. Platten mit Kadn.
							h m sec	E.K.	E.K.
							5.35	1.720	—
							36	—	—
							37	—	—
							38	—	—
							39	—	—
							40	—	—
							6.40.00	1.800	—
							15	1.940	—
							30	1.980	—
							45	2.000	—
							6.41.00	2.012	0.190
							42	2.035	—
							43	2.040	—
							45	2.050	0.183
							50	2.064	—
							22.4.97		
							9.20	2.160	0.174

Die Erholung der elektromotorischen Kraft an der Superoxyd-
elektrode geht langsamer vor sich als an der Schwammeelektrode. Der
blosse Ausgleich der Säure in- und ausserhalb der Platten genügt für
sich allein nicht, diese Erholung zu erklären.

Accumulator Marschner. Ladung mit 15 Ampère.

Datum und Zeit	Dauer in Stunden	Positive mit negativen Platten		Positive Platten mit Kadmiun		Negative Platten mit Kadmiun		Stromstärke in Ampère	Säurestand
		I. K.S.	II. E.K.	III. K.S.	IV. E.K.	V. K.S.	VI. E.K.		
22.4.97.									
9 ^h 10	0,000	2,072	2,040	2,240	2,220	0,160	0,170	14,20	Temperatur 13,5° C. 1,128 Säuregewicht.
9.15	0,250	2,140	2,100	2,290	2,270	0,156	0,170	15,16	
10.00	0,833	2,136	2,100	2,284	2,270	0,150	0,170	15,96	
11.00	1,833	2,130	2,100	2,274	2,260	0,148	0,168	16,00	
12.30	3,333	2,136	2,100	2,280	2,270	0,146	0,166	15,80	
1.35	4,416	2,140	2,110	2,280	2,270	0,140	0,160	15,48	
2.15	5,250	2,142	2,120	2,280	2,270	0,140	0,160	14,40	
3.45	6 750	2,164	2,130	2,304	2,290	0,140	0,160	14,40	
4.25	7,316	2,180	2,140	2,304	2,290	0,134	0,160	14,28	
5.00	7,833	2,200	2,160	2,332	2,320	0,132	0,160	15,40	
5.30	8,333	2,226	2,180	2,340	2,330	0,124	0,160	15,40	
5.45	8,588	2,224	2,190	2,366	2,340	0,120	0,160	15,20	
6.00	8,833	2,224	2,190	2,364	2,350	0,124	0,156	13,40	
6.30	9,333	2,334	2,240	2,414	2,400	0,088	0,140	15,40	
7.25	10,250	2,550	2,500	2,496	2,480	0,056	0,140	15,80	Unterbrochen.

An beiden Elektroden ist lebhafte Gasentwicklung.

23.4.97.									
10 ^h 10	10,250	—	2,028	—	2,192	—	0,164	—	Temperatur 15,5° C. 1,164 Säuregewicht.
10.18	—	2,340	2,300	2,306	2,300	0,040	0,010	14,00	
10.26	—	2,570	2,520	2,484	2,480	0,070	0,020	13,40	
10.30	10,588	2,610	2,520	2,520	2,500	0,090	0,020	15,80	Unterbrochen.

Untersuchung an einem Austria-Accumulator.

Die Platten dieses Sammlers bestehen zu etwa zwei Drittel des Gewichts aus Füllmasse und der metallische Träger macht nur ein Drittel aus. Die folgenden Daten sind der Preisliste der Accumulatorenfabrik Wüste und Rupprecht (Juli 1896) entnommen, speziell einem darin enthaltenen Gutachten des Herrn Professor Arnold an der Technischen Hochschule in Karlsruhe. „Der mit 3Z bezeichnete Accumu-

lator enthält 7 Platten, jede 165 mm breit, 191 mm hoch und 6 mm dick. Die leitende Unterlage bei den positiven

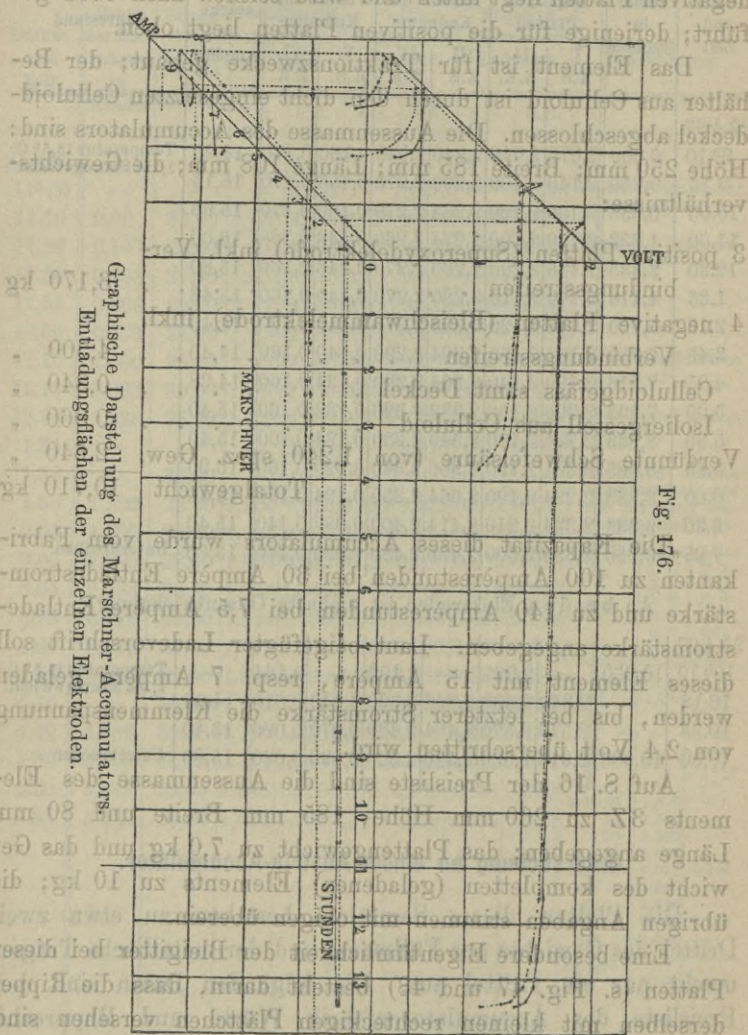


Fig. 176.

Graphische Darstellung des Marschner-Accumulators.
Entladungsfächen der einzelnen Elektroden.

Platten ist ein Bleigitter, das durch senkrecht sich kreuzende Stäbe in (18) rechteckige Unterabteilungen geteilt ist, in

welchen die aktive Masse eingebettet ist. Der Abstand der Platten voneinander ist 10 mm; der Verbindungstreifen der negativen Platten liegt unten und wird seitlich nach oben geführt; derjenige für die positiven Platten liegt oben.

Das Element ist für Traktionszwecke gebaut; der Behälter aus Celluloid ist durch den dicht eingesetzten Celluloiddeckel abgeschlossen. Die Aussenmasse des Accumulators sind: Höhe 250 mm; Breite 185 mm; Länge 108 mm; die Gewichtsverhältnisse:

3 positive Platten (Superoxydelektrode) inkl. Verbindungstreifen	3,170 kg
4 negative Platten (Bleischwammelektrode) inkl. Verbindungstreifen	4,500 "
Celluloidgefäß samt Deckel	0,340 "
Isoliergestell aus Celluloid	0,060 "
Verdünnte Schwefelsäure (von 1,240 spez. Gew.	2,640 "
Totalgewicht	10,710 kg

„Die Kapazität dieses Accumulators wurde vom Fabrikanten zu 100 Ampèrestunden bei 30 Ampère Entladestromstärke und zu 140 Ampèrestunden bei 7,5 Ampère Entladestromstärke angegeben. Laut beigefügter Ladevorschrift soll dieses Element mit 15 Ampère, resp. 7 Ampère geladen werden, bis bei letzterer Stromstärke die Klemmenspannung von 2,4 Volt überschritten wird.“

Auf S. 16 der Preisliste sind die Aussenmasse des Elements 3Z zu 260 mm Höhe, 185 mm Breite und 80 mm Länge angegeben; das Plattengewicht zu 7,0 kg und das Gewicht des kompletten (geladenen) Elements zu 10 kg; die übrigen Angaben stimmen mit obigen überein.

Eine besondere Eigentümlichkeit der Bleigitter bei diesen Platten (s. Fig. 47 und 48) besteht darin, dass die Rippen derselben mit kleinen rechteckigen Plättchen versehen sind, welche dazu dienen, das Füllmaterial vor dem Herausfallen aus den Gittermaschen zu schützen. Es ist ferner das Füllmaterial mit ca. 800 Durchbohrungen von kreisförmigem

Querschnitt, welche senkrecht zur Plattenoberfläche durch die Masse dringen und stark einen Millimeter Durchmesser haben, durchsetzt. Durch diese Kanäle soll der Zutritt des Elektrolyten zum Bleischwamm und Bleisuperoxyd erleichtert werden und es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass der Zweck wirklich erreicht wird. Möglich ist auch, dass durch die vielen Ecken, welche die nietartigen Plättchen auf den Gitterrippen bieten (ca. 600) eine Art „Spitzenwirkung“ beim Uebergang des Stroms aus dem Gitter in das Füllmaterial stattfindet und dadurch zum Teil die sonst geringe Kontaktfläche zwischen Leiter und aktiver Masse ausgeglichen wird.

Seite 3 der Preisliste ist aus der Figur des mit 4R bezeichneten Typus die Konstruktion der Platten näher zu ersehen und obige Angaben daraus entnommen worden.

Aus den Seite 25 gegebenen Ladungs- und Entladungskurven des Accumulators 3Z, sowie den nachfolgenden Messresultaten ergibt sich, dass der Widerstand sich in den üblichen Grenzen bewegt. Die Kapazität ist eine aussergewöhnlich hohe und wird, wie sich bei der späteren Diskussion der Flächen zeigt, von keinem der betrachteten Systeme übertroffen.

Als **Hilfselektrode** wurde bei der untenstehenden Versuchsreihe die Kombination **Quecksilber-Quecksilberoxydulsulfat** benützt: „Auf den Boden des Zellengefässes wurde zunächst eine 5 mm hohe Quecksilberschichte gegossen und diese mit einer ebenso hohen Quecksilberoxydulsulfatschichte bedeckt. In das Quecksilber tauchte ein, durch Glasröhrchen bis zum Kontakt mit dem Quecksilber geschützter Platindraht. Ein Blatt Pergamentpapier, welches auf das Quecksilberoxydul zu liegen kam, wurde durch eine perforierte Paraffinplatte darauf festgehalten. Der Abstand der unteren Plattenkanten von dieser Hilfselektrode betrug 20 mm. — Das zur Messung der Potentialdifferenzen benützte Weston-Voltmeter hatte 294 Ohm Widerstand; 100 Teilstriche Ausschlag entsprachen 1,5 Volt. Nachdem das Verhalten des, ebenfalls untersuchten Accumulators 4Z ungefähr dasselbe ist, wie des Typus 3Z, möge nachstehende Tabelle Platz finden:

Zeit	Strom- stärke in Ampère	Pb - PbO ₂		Hilfs- elektrode - PbO ₂		Hilfselektrode Pb	
		K.S.	E.K.	K.S.	E.K.	K.S.	E.K.
8 ^h 20	20	2,034	2,204	1,108	1,230	0,932	0,984
9.20	20	2,024	2,080	1,096	1,114	0,936	0,976
10.20	20	2,014	2,064	1,086	1,104	0,932	0,964
11.20	20	2,004	2,058	1,080	1,096	0,930	0,964
12.20	20	1,992	2,048	1,070	1,094	0,930	0,962
1.20	20	1,970	2,034	1,060	1,078	0,926	0,962
2.20	20	1,956	2,016	1,042	1,070	0,920	0,956
3.20	20	1,936	1,996	1,030	1,052	0,916	0,956
4.20	20	1,910	1,984	1,010	1,044	0,910	0,950
5.20	20	1,886	1,962	0,996	1,026	0,900	0,940
6.20	20	1,856	1,938	0,980	1,014	0,890	0,934
7.20	20	1,806	1,900	0,956	0,996	0,860	0,916

Die Kapazität des 3 Z-Accumulators wurde gefunden:
 bei 15 Ampère Entladungsstrom zu ca. 150 130 110 Ampèrestunden
 " 30 " " " " 120 110 95 " "
 " 45 " " " " 95 85 80 " "
 " 60 " " " " 85 75 70 " "
 innerhalb des Abfalls der Kl. Sp. um 10% 7% 5%.

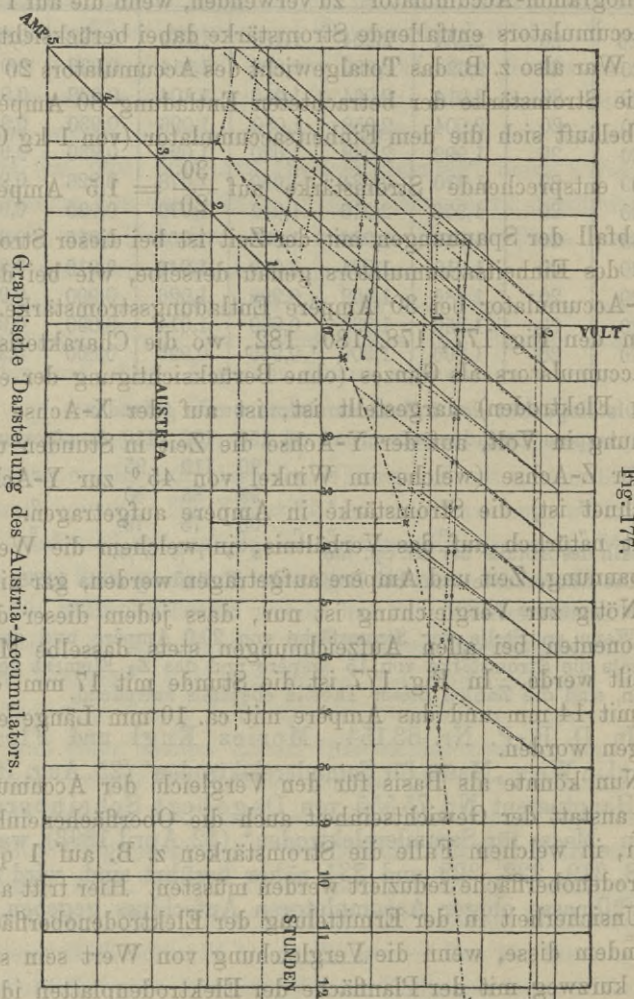
Die Säuredichte war bei Beginn der Entladung stets 1,255, nach Schluss derselben 1,180.

Wenn an Stelle der Stromstärke von 20,0 Ampère und des Z₄ Elements die Stromstärke von 15 Ampère und das Z₃ Element gesetzt werden, sind die Zahlen dieser Tabelle ebenfalls zutreffend.

In D. R.-P. Nr. 83154, Moricz Engl und Floricz Wüstlin Wien „Masse für Sammlerelektroden“ (25. Aug. 1894) und Hauptpatent Nr. 75555 von Dagobert Scheinberger, Berlin „Masse für Sammlerelektroden“ (12. April 1893), welche auf S. 219, 222, 228 und 231 näher berührt sind, wird über die Füllmasse obiger Accumulatoren Aufschluss gegeben.

Bei der **vergleichenden Darstellung** der Messresultate ist die Reduktion auf die Gewichtseinheit gewählt worden. Man denkt sich aus jedem der verschiedenen Accumulatoren ein solches Stück herausgeschnitten, das gerade 1 kg wiegt

und im übrigen in jeder Beziehung dieselben Verhältnisse der einzelnen Teile (Elektroden, Säure, Gefäß, Polableitungen)



zu einander zeigt, wie das ganze Element. Nachdem die elektromotorischen Kräfte unabhängig von der Grösse der Elektroden sind, stimmen die gefundenen Werte für jene auch

ohne weiteres zu dem „Einheitsaccumulator“. Die Werte für die Klemmenspannungen sind ebenfalls unverändert für den „Einkilogramm-Accumulator“ zu verwenden, wenn die auf 1 kg des Accumulators entfallende Stromstärke dabei berücksichtigt wird. War also z. B. das Totalgewicht des Accumulators 20 kg und die Stromstärke der betrachteten Entladung 30 Ampère, dann beläuft sich die dem Einheitsaccumulator (von 1 kg Gewicht) entsprechende Stromstärke auf $\frac{30}{20} = 1,5$ Ampère.

Der Abfall der Spannungen mit der Zeit ist bei dieser Stromstärke des Einheitsaccumulators genau derselbe, wie bei dem 20 kg-Accumulator bei 30 Ampère Entladungsstromstärke.

In den Fig. 177, 178, 180, 182, wo die Charakteristik des Accumulators als Ganzes (ohne Berücksichtigung der einzelnen Elektroden) dargestellt ist, ist auf der X-Achse die Spannung in Volt, auf der Y-Achse die Zeit in Stunden und auf der Z-Achse (welche im Winkel von 45° zur Y-Achse gezeichnet ist) die Stromstärke in Ampère aufgetragen. Es kommt natürlich auf das Verhältnis, in welchem die Werte für Spannung, Zeit und Ampère aufgetragen werden, gar nicht an. Nötig zur Vergleichung ist nur, dass jedem dieser drei Komponenten bei allen Aufzeichnungen stets dasselbe Mass zuerteilt werde. In Fig. 177 ist die Stunde mit 17 mm, das Volt mit 14 mm und das Ampère mit ca. 10 mm Länge eingetragen worden.

Nun könnte als Basis für den Vergleich der Accumulatoren anstatt der Gewichtseinheit auch die Oberflächeneinheit dienen, in welchem Falle die Stromstärken z. B. auf 1 qdm Elektrodenoberfläche reduziert werden müssten. Hier tritt aber eine Unsicherheit in der Ermittlung der Elektrodenoberfläche auf, indem diese, wenn die Vergleichung von Wert sein soll, nicht kurzweg mit der Planfläche der Elektrodenplatten identifiziert werden dürfte.

Zum Vergleich der einzelnen Elektroden im Accumulator ist ebenfalls die Reduktion auf eine „Einheitselektrode“ vorzunehmen. Es ist als Reduktionsbasis die „Superoxyd-

elektrode von 1 kg“ genommen, also in Fig. 176, 179, 181, 183 die Stromstärken, welche auf 1 kg Superoxydplatten entfallen, aufgetragen. Da an der genaueren Vergleichung der Bleischwammplatten deshalb weniger gelegen ist, weil die Entladung dieser Elektroden (mit alleiniger Ausnahme des Gülcher-Accumulators) nicht vollständig durchgeführt werden konnte, entsprechen die in Fig. 176, 179, 181, 183 gleichzeitig eingezeichneten Kurven demjenigen Gewicht Bleischwammelektrode, welches bei jedem Accumulator einem Kilogramm Superoxydelektrode gegenübersteht. Um auf das gebrauchte Beispiel zurückzugreifen: Bei dem Accumulator von 20 kg Gewicht sei das Gewicht der Superoxydelektrode 4,5 kg gewesen; die auf 1 kg Superoxydelektrode entfallende Stromstärke ist dann, wenn der Accumulator wieder mit 30 Ampère entladen wird,

$$\frac{30}{4,5} = 6\frac{2}{3} \text{ Ampère.}$$

Diese Stromstärke würde dann zugleich auf das Kilogramm Bleischwammelektrode zutreffen, wenn beide Elektroden im Accumulator gleich schwer wären. Dies ist aber selten der Fall; ist aber das Gewicht der Bleischwammplatten bei unserem 20 kg-Accumulator 5,3 kg, dann entfallen auf das Kilogramm nur $\frac{30}{5,3} = 5\frac{2}{3}$ Ampère. Nachdem das Gewichtsverhältnis, in dem die beiden Elektroden zu einander stehen, bei jedem Accumulator anders ist, können die in Fig. 176, 179, 181, 183 gezeichneten unteren Flächen nicht dazu dienen, die Bleischwammelektroden miteinander zu vergleichen; eine ungefähre Vorstellung lässt sich immerhin gewinnen. Dafür zeigt unsere Darstellungsweise der Bleischwammelektroden genau, in welchem Verhältnis die beiden Elektroden sich an den im Accumulator auftretenden Spannungen beteiligen und damit, wie sich die Kapazitäten der beiden Elektroden zu einander verhalten. Würde die gleiche Darstellung auch für die „Ladungsfläche“ vorhanden sein, dann liesse sich für irgend eine Stromstärke der Nutzeffekt jeder einzelnen Elektrode bei irgend welchem Zeitpunkt,

Kapazitätsabschnitt oder einer beliebigen Beanspruchungsintensität erkennen.

Der Abstand zwischen den punktierten Linien (welche die Klemmenspannungen enthalten) und den unmittelbar darüber liegenden ausgezogenen Linien (welche die elektromotorischen Kräfte enthalten) gibt ein anschauliches Bild über den Verlauf des scheinbaren Widerstandes im Accumulator (resp. an den einzelnen Elektroden).

Die nachfolgenden Untersuchungen wurden gemeinschaftlich von Herrn Dr. H. Benndorf (Wien) und Verf. vorgenommen.

Es wurde eine ähnliche Versuchsanordnung wie nach Fig. 171 beibehalten, jedoch an Stelle des Weston-Voltmeters ein empfindliches Deprez-D'Arsonval-Galvanometer zur Spannungsmessung benützt. Dieses hatte 200000 Ohm Vorschaltwiderstand und zugleich als Nebenschluss eine 16kerzige Glühlampe für 100 Volt Spannung.

Die Einstellung des Galvanometers erfolgte innerhalb einer Sekunde ziemlich aperiodisch und seine Empfindlichkeit war so reguliert, dass bei der Ablesung (mit Fernrohr und Skala) ein Skalenteil ungefähr 0,01 Volt betrug. Die Aichung des Instrumentes geschah mit einem Normal-Clark-Element. Die Empfindlichkeit des Galvanometers blieb merklich konstant, wie oft wiederholte Kontrollversuche zeigten.

In den Accumulatorstromkreis war ein Strommesser, ein Regulierwiderstand und ein Unterbrecher eingeschaltet. Die Accumulatoren standen auf Paraffinunterlage, ebenso die Quecksilbernapfe.

Bei den Beobachtungen wurde folgender Gang eingeschlagen: Ein Oblasser-, Gülcher- und Tudor-Accumulator waren hintereinandergeschaltet, so dass diese drei Elemente stets genau dieselbe Behandlung erfuhren. Es wurde nach jeder Entladung innerhalb 24 Stunden wieder eine Ladung vorgenommen, und zwar wurde stets mit konstant 7 Ampère

Stromstärke geladen. Diese drei Accumulatoren hatten, wie sich weiter unten zeigen wird, ungefähr dieselbe Kapazität. Zuerst erfolgten einige Ladungen und Entladungen ohne Messung, und zwar mit 15 Ampère, 7 Ampère und 10 Ampère, wobei nach jeder Entladung $\frac{1}{5}$ mehr Elektrizität geladen, als vordem entnommen wurde. Nun erfolgten hintereinander sechs Entladungen, nämlich mit 21, 16, 7, 3, 31 und 11 Ampère (in dem Zeitraum vom 6. bis 18. August 1897). Von den auf jede dieser Entladungen folgenden Ladungen (immer mit 7 Ampère) wurden bei zwei Ladungen Messungen vorgenommen und in derselben Art verfolgt wie die Entladungen (am 12. und 14. August).

Accumulator der A.-F.-A.-G. in Baumgarten bei Wien.

Der untersuchte Sammler ist für stationäre Zwecke bestimmt und daher bei der Konstruktion desselben keine Rücksicht auf möglichste Gewichtersparnis gelegt worden, wie dies bei zwei anderen, gleichzeitig geprüften Accumulatoren der Fall ist. Die Gewichtsverhältnisse sind:

Sektion aus zwei positiven Platten . . .	4,470 kg
„ „ drei negativen Platten . . .	5,300 „
5,45 l Schwefelsäure von 1,165 spez. Gew. . .	6,350 „
Glasgefäß mit zwei Stützscheiben . . .	3,700 „
Acht Glasröhren, vier Holzleisten . . .	0,480 „
Summa	20,300 kg.

Die zwei Superoxydplatten stellen massive, an der Oberfläche horizontal gerippte Bleitafeln vor, bei welchen die Furchen zwischen den Rippen mit Superoxyd ausgefüllt sind. Die Furchen sind ca. $2\frac{1}{2}$ bis 3 mm tief und ca. $1\frac{1}{2}$ mm weit, entsprechend der bekannten Tudorplattenkonstruktion (S. 138). Die Bleischwammplatten haben dagegen als leitende Unterlage ein Gitter, dessen Maschen Rechtecke von 10 mm Länge und 5 mm Höhe bilden (S. 90). Die mittlere Bleischwammplatte ist 8 mm dick. Die positiven Platten sind dagegen nur

7 mm dick. Sämtliche Platten haben 194 mm Höhe und 162 mm Breite. Der Abstand der Platten vom Gefässboden ist 80 mm; der Abstand der Platten untereinander, welcher durch

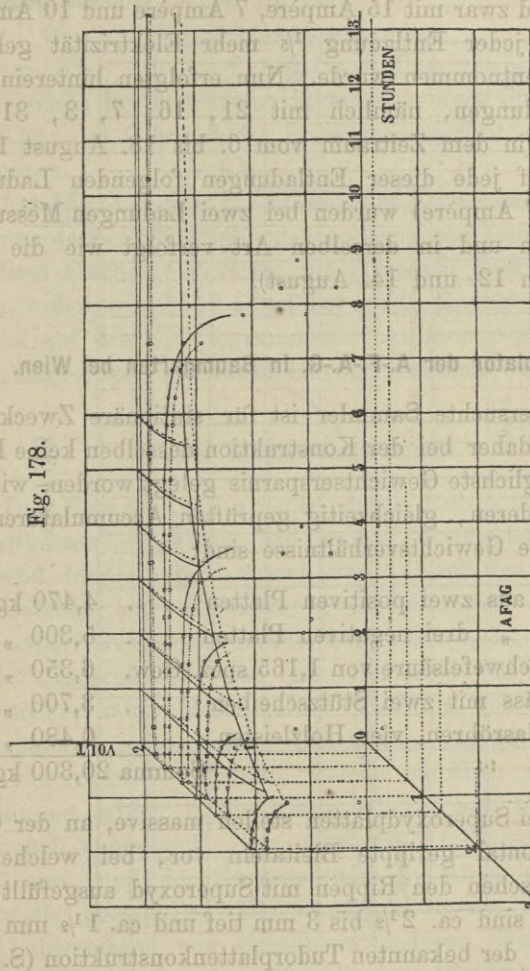


Fig. 178.

Graphische Darstellung des A-F-A-G-Accumulators.

zwischengesteckte Glasrohre gesichert wird, beträgt $12\frac{1}{2}$ mm. Die Innenmasse des Glasgefässes sind: 215 mm Länge, 117 mm Breite und 305 mm Höhe. (Die Aussenmasse betragen $224 \times$

128 × 310 mm.) Der Einbau der Platten ist wie in Fig. 130 (S. 348); jede Platte hat an der oberen Kante zwei Ansätze, sogenannte „Nasen“, welche auf die beiden Glasstützscheiben

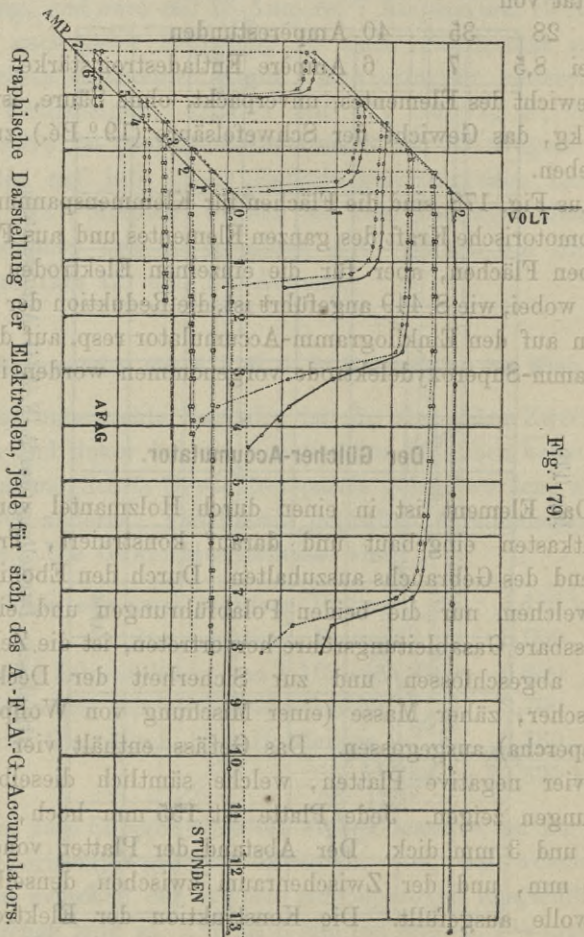


Fig. 179.

Graphische Darstellung der Elektroden, jede für sich, des A.-F.-A.-G.-Accumulators.

aufzuliegen kommen, so dass dadurch die Platte schwabend zwischen den Stützscheiben sitzt. Die Stützscheiben sitzen auf zwei am Gefässboden liegenden Bleirinnen auf.

Als Ladestrom ist vom Fabrikanten 7 Ampère, als maxi-

maler Entladestrom 8,5 Ampère angegeben worden. Das Element entspricht daher der in der Preisliste (1894) unter Nr. I angeführten Grösse. Diese hat eine garantierte Kapazität von

28	35	40 Ampèrestunden
bei 8,5	7	6 Ampère Entladestromstärke.

Das Gewicht des Elementes, unverpackt, ohne Säure, ist darin zu 13 kg, das Gewicht der Schwefelsäure (19° Bé.) zu 9 kg angegeben.

Aus Fig. 178 sind die Flächen für Klemmenspannung und elektromotorische Kraft des ganzen Elementes und aus Fig. 179 dieselben Flächen, aber für die einzelnen Elektroden zu ersehen, wobei, wie S. 449 angeführt ist, die Reduktion der Stromstärken auf den Einkilogramm-Accumulator resp. auf die Einkilogramm-Superoxydelektrode vorgenommen worden ist.

Der Gülcher-Accumulator.

Das Element ist in einen durch Holzmantel versteiften Ebonitkasten eingebaut und darauf konstruiert, Transport während des Gebrauchs auszuhalten. Durch den Ebonitdeckel, aus welchem nur die beiden Polabführungen und eine verschliessbare Gasableitungsröhre hervortreten, ist die Zelle luftdicht abgeschlossen und zur Sicherheit der Deckel mit elastischer, zäher Masse (einer Mischung von Wollpech mit Guttapercha) ausgegossen. Das Gefäss enthält vier positive und vier negative Platten, welche sämtlich dieselben Abmessungen zeigen. Jede Platte ist 155 mm hoch, 105 mm breit und 3 mm dick. Der Abstand der Platten voneinander ist 5 mm, und der Zwischenraum zwischen denselben mit Glaswolle ausgefüllt. Die Konstruktion der Elektroden ist total abweichend von sämtlichen anderen Systemen, indem jede Platte aus einer Art Gewebe von Bleidraht und feinsten Glaswolle besteht. Die Bleidrähte von ca. 2 mm Dicke laufen in vertikaler Richtung parallel miteinander und bilden die „Kette“, während die Glaswolle in horizontal laufenden

Strähnen den „Schuss“ durch diese Bleidrähte bildet. An den Enden sind die Bleidrähte an zwei dünne Bleileisten verlötet,

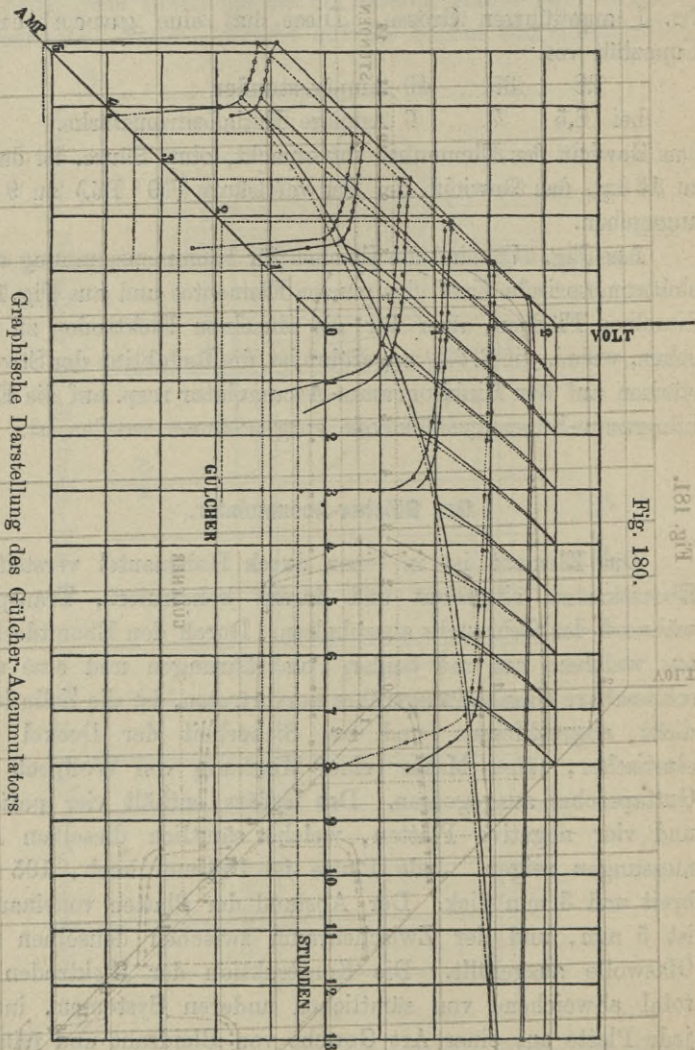
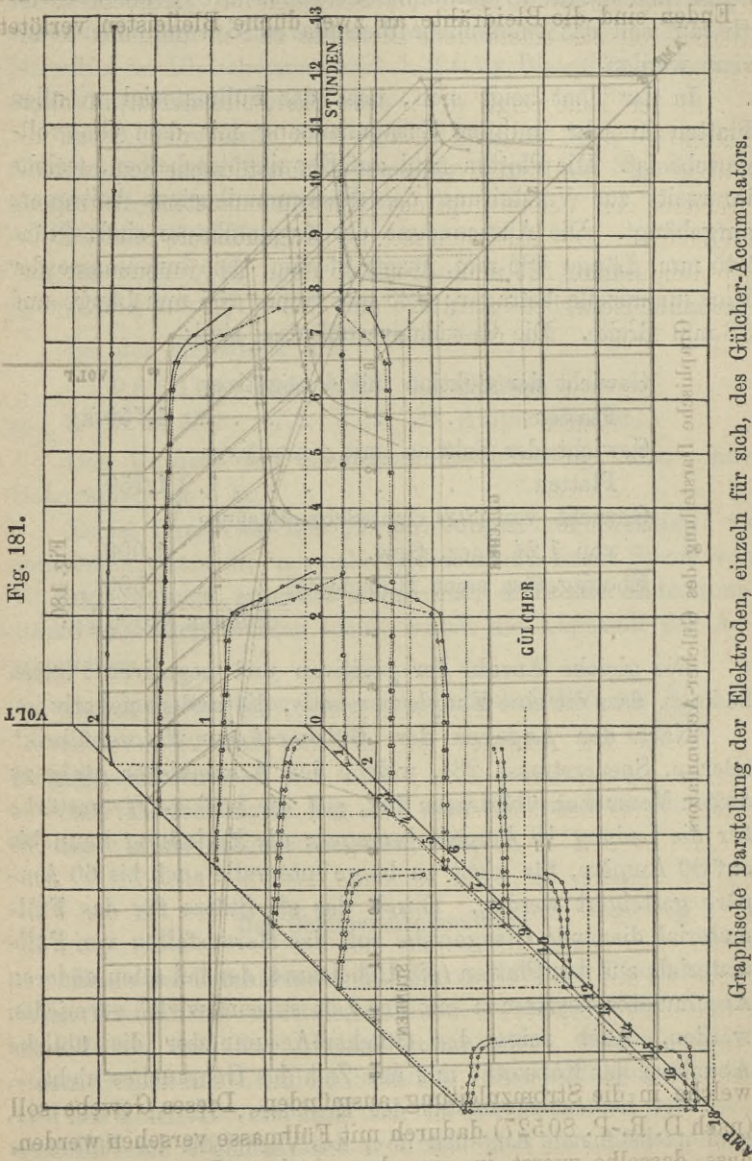


Fig. 180.

welche in die Stromzuleitung ausmünden. Dieses Gewebe soll (nach D. R.-P. 80527) dadurch mit Füllmasse versehen werden, dass dasselbe zuerst in eine konzentrierte Lösung von Blei-



Graphische Darstellung der Elektroden, einzeln für sich, des Gölcher-Accumulators.

acetat und darauf in verdünnte Schwefelsäure getaucht wird. Hierauf soll das entstandene Bleisulfat zu Schwammblei reduziert werden.

In der That zeigt sich, dass das Füllmaterial in allen Platten in sehr innigem Zusammenhang mit dem Glaswollgewebe ist. Die Platten sind auf Ebonitstützscheiben, welche ihrerseits zur Versteifung des Hartgummikastens beitragen, aufgehängt. Die Aussenmasse des Accumulators sind: Höhe 245 mm, Länge 185 mm, Breite 85 mm. Die Innenmasse der Hartgummizelle betragen: 225 mm Höhe, 155 mm Länge und 58 mm Breite. Die Gewichtsverhältnisse sind:

Gewicht der Sektion mit 4 negativen	
Platten	1,750 kg
Gewicht der Sektion mit 4 positiven	
Platten	1,750 "
Gewicht von 800 ccm Schwefelsäure	
von 1,24 spez. Gew.	1,000 "
Ebonitgefäss samt Holzmantel	1,500 "
	<hr/>
	Summa 6,000 kg.

Die gleiche Anzahl der positiven und negativen Platten bedingt, dass die eine Endplatte positiv, die andere negativ ist.

Nach den Angaben der „Gülcher-Accumulatorenfabrik“ (Berlin, Spenerstrasse 23), welche den Accumulator gütig zu diesen Versuchen überlassen hat, soll die höchste Stromstärke für die Ladung 10 Ampère betragen; die Entladung kann bis auf 30 Ampère, für nicht zu lange Intervalle auch bis 60 Ampère gesteigert werden. Durch das als Stütze für das Füllmaterial dienende Glasgewebe soll das Herausfallen von Füllmaterial aus den Platten (ein Uebelstand, der bei allen anderen Accumulatorenssystemen mit der Zeit störend wirkt) vermieden werden. Auch zeige der Gülcher-Accumulator die übliche Abnahme der Kapazität mit der Zeit des Gebrauches nicht.

Der Liebenswürdigkeit des Erfinders, Herrn Gülcher, sind nachstehende Angaben über das Verhältnis der Füllmasse zum Elektrodengewicht zu verdanken. Eine Platte wiegt vor

der Einbringung der Füllmasse 0,165 kg; nach dem Imprägnieren 0,331 kg, so dass in dem untersuchten Element 1,324 kg Bleisulfat in Bleischwamm und 1,324 kg Bleisulfat in Superoxyd umgewandelt worden sind.

In der Preisliste vom April 1897 ist der untersuchte Accumulator unter den transportablen Typen als A_4 mit folgenden Kapazitäten verzeichnet:

Bei der Entladung mit
 8,33 6,75 5,70 5,00 4,33 3,65 2,73 Ampère
 zu 50 54 57 60 65 73 82 Ampèrestunden.

Bei der Entladung mit
 9,6 11,4 13,8 18,8 31 Ampère
 zu 48 45,5 41,5 37,5 31 Ampèrestunden.

Das Gewicht des Elementes, betriebsfähig, aber ohne Holzmantel, ist 5 kg.

Es ist ferner aus den „Erläuterungen zur Preisliste“ zu entnehmen, dass die normale Ladezeit mit einem Strom von 10 Ampère auch erheblich abgekürzt, d. h. die Ladestromstärke gesteigert werden kann, wobei die Kapazität des Accumulators

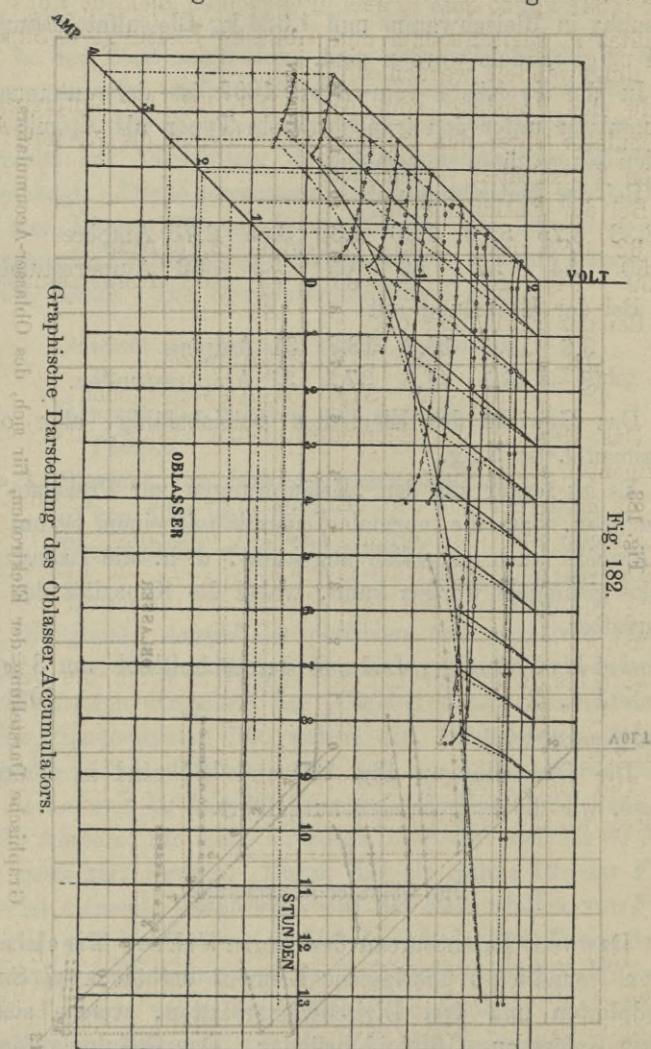
bei 4 bis 5 stündiger Ladezeit durchschnittlich um 3%,
 „ 1 „ 2 „ „ „ „ 10%
 herabgesetzt wird.

Die Darstellungen Fig. 180 und 181 sind in derselben Weise, wie die vorgehenden ausgeführt.

Der Oblasser-Accumulator.

Das vom Patentbureau des Herrn Viktor Tischler in Wien freundlichst überlassene Element enthält zwei Superoxydplatten und drei Bleischwammplatten, welche sich in einem Gefäß aus Celluloid befinden. Das Celluloidgefäß ist 230 mm hoch, 158 mm lang und 105 mm tief, innen gemessen, und hat eine Wandstärke von 1 mm. Auf dem Boden liegen zwei Holzstäbe, auf welchen die Platten aufruhcn, so dass

die unteren Plattenkanten ca. 20 mm vom Boden abstehen. Aus dem dicht aufge kitteten Celluloiddeckel ragen die beiden



Pole heraus; ausserdem ist ein Rohransatz zum Austritt der Gase und Nachfüllen der Flüssigkeit am Deckel angebracht. Alle Platten haben dasselbe Format und sind 155 mm

hoch, 135 mm lang und 12 mm dick. Die besondere Eigentümlichkeit dieser Elektroden besteht darin, dass sie voll-

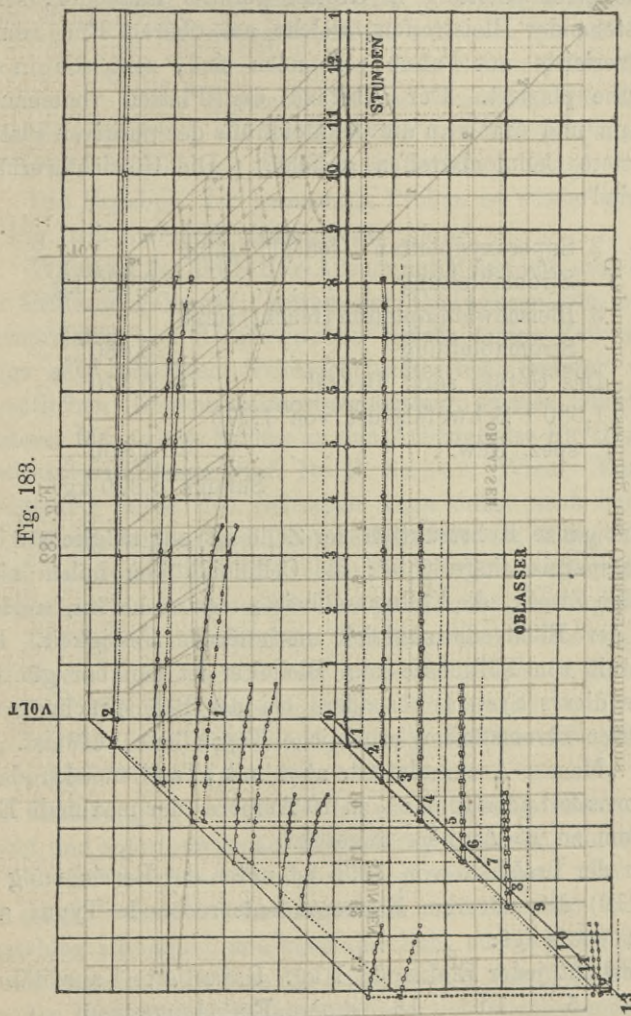


Fig. 183.

Graphische Darstellung der Elektroden, für sich, des Oblasser-Accumulators.

kommen von einer Hülle aus perforiertem Celluloid von 1 mm Dicke umschlossen sind (so dass die eigentliche Plattendicke

10 mm beträgt). Nach der Patentbeschreibung (Oestr. Patent Nr. 62639) wird die Celluloidhülle mit Füllmasse angefüllt und die Stromzuleitung in Gestalt parallel laufender, senkrecht stehender Bleistreifen, welche am oberen Ende durch eine Querleiste mit Fahne verbunden sind, zentrisch in der Füllmasse plaziert. Der Abstand der Platten voneinander ist 4 mm und durch an die Celluloidhülle der positiven Platten angekittete Celluloidstreifen gesichert. Die Gewichtsverhältnisse sind:

2 Superoxydplatten (feucht) samt Stromableitung	2,420 kg
3 Bleischwammplatten (feucht) samt Stromableitung	3,680 "
Das Gefäss samt Deckel	0,470 "
1,680 l Schwefelsäure von 1,170 spez. Gew.	1,800 "
	<u>Summa 8,370 kg.</u>

Die ganze Konstruktion der Zelle ist auf möglichste Gewichtersparnis eingerichtet; die Celluloidhüllen haben nicht allein den Zweck, die Füllmasse beisammen zu halten, sondern geben der Elektrode zugleich mechanische Festigkeit. Das Verhältnis von Füllmasse zum Bleileiter ist denkbar günstig, so dass dieses System besonders bei der Beanspruchung mit geringeren Stromstärken erhebliche Kapazitäten aufweist. Es ist ein „Maasse-Accumulator“, aber mit „Taschenelektroden“. Der normale Ladestrom ist zu 10 Ampère, der maximale Entladestrom zu 15 Ampère angesetzt.

In der Preisliste von 1896 ist unter der Bezeichnung A_5 (Seite 10) der unserem Elemente entsprechende Typus aufgeführt wie folgt:

Gewicht jeder Elektrode 1 kg. Garantierte Kapazität bei			
5	10	15	Ampère Entladungsstrom
100	90	75	Ampèrestunden.

Aeussere Dimensionen $130 \times 190 \times 240$ mm. Dabei gilt, dass der Spannungsabfall des Elements bei

20 9 5 stündiger Entladungszeit
auf 1,80 1,75 1,70 Volt normiert werde.

Die Ladung soll vorzugsweise 9 bis 10 Stunden beanspruchen. Die Entladungsintensität soll auch bis auf 40 Amperè gesteigert werden können, ohne Nachteil für den Accumulator. Diese Elemente werden besonders für fahrbare Dienste empfohlen, wie zur Traktion von Tramwagen, Eisenbahnwagenbeleuchtung, elektrische Schiffe u. dergl.

Das Ergebnis der gemachten Proben ist wieder graphisch in Fig. 182 und 183 niedergelegt.

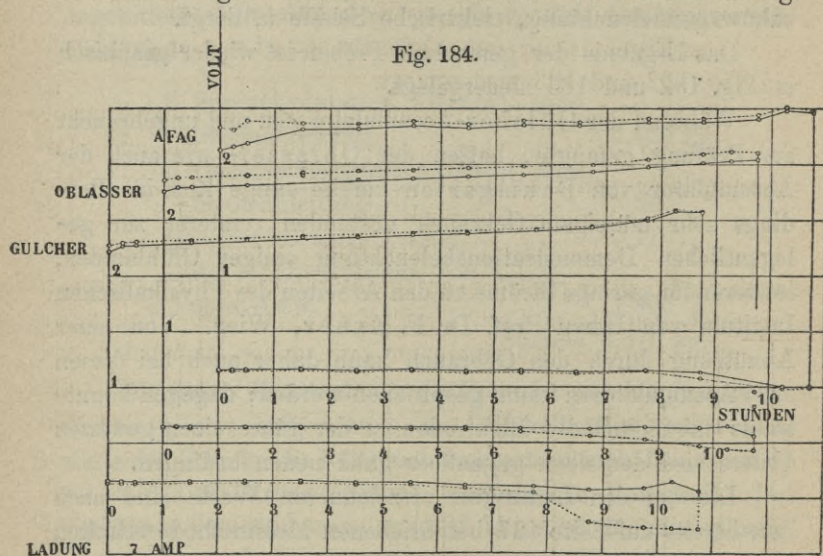
Während der Gülcher-Accumulator neu und ungebraucht zur Prüfung gelangte, hatten der Oblasser- wie auch der Accumulator von Baumgarten bereits einige Zeit in allerdings sehr mässigem Gebrauch gestanden, ersterer zur gelegentlichen Demonstrationsbeleuchtung einiger Glühlampen, letzterer für geringe Ströme zu den Arbeiten des Physikalischen Instituts von Herrn Prof. Dr. F. Exner, Wien. Von einer Abnützung durch den Gebrauch kann daher auch bei diesen zwei Accumulatoren kaum gesprochen werden; dagegen könnte selbst das Stehen der Elektroden in der Säure einen gewissen Unterschied derselben gegenüber ganz neuen bedingen.

Die bei den **Ladungen** verzeichneten Werte sind nach der, bereits auf Seite 427 beschriebenen Messmethode erhalten worden. Die Klemmenspannungen sind genau, nicht so die, unmittelbar nach der Unterbrechung des Stromes gemachten Ablesungen. Der Ausschlag ändert sich hier nicht wie bei den Entladungen, wo die Nadel einen Sprung nach aufwärts macht und sofort stationäre Einstellung annimmt, die sich erst im Verlauf mehrerer Sekunden merkbar ändert. Im Gegenteil sinkt, wenn der Ladungsstrom unterbrochen wird, der Ausschlag allmählich und kontinuierlich, zuerst plötzlich, dann immer langsamer, so dass die Lage, welche dem z. B. 1 Sekunde von der Stromunterbrechung an wirklich statthabenden Wert entspricht, nur geschätzt werden kann.

Zu Beginn der Ladung und bei geringeren Stromstärken ist die Schätzung noch ziemlich genau, während gegen das

Ende, und bei höheren Stromstärken schon viel früher die Schätzung roh und unzuverlässig ausfällt. (Auch bei den Entladungen sind die in den Zeichnungen eingetragenen letzten Punkte der Kurven über die elektromotorischen Kräfte unsicher.)

Um die **Ladung** besser zu verfolgen, dient die in beistehender Figur schematisch skizzierte Versuchsanordnung.



Elektromotorische Kräfte und Klemmspannungen an den einzelnen Elektroden bei 7 Ampère Ladung.

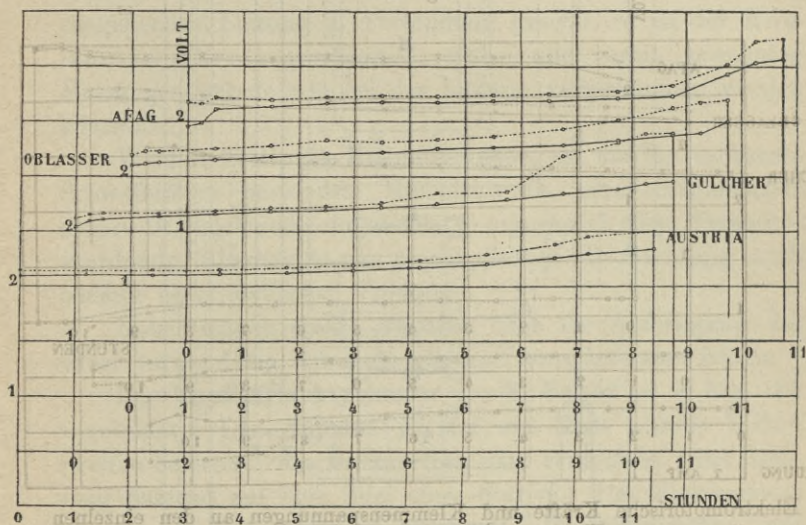
Die Potentialdifferenzen werden hier nach der Kompensationsmethode gemessen, mit dem Kapillarelektrometer als Nullindikator.

Es wird der zu messenden elektromotorischen Kraft eine andere, gleich grosse, aber entgegengesetzt gerichtete gegenübergestellt. Bleibt das Elektrometer im Moment des Stromunterbrechens unbeweglich, so war Gleichgewicht vorhanden, und die elektromotorische Kraft ist gleich dem bekannten Wert der entgegengesetzt gerichteten Potentialdifferenz.

Dem Schema Fig. 186 der Versuchsanordnung ist die

Annahme zu Grunde gelegt, dass dem Prüfenden keine technischen Messinstrumente zur Verfügung stehen, dieser sich vielmehr die nötigen Apparate selbst anfertigen wolle. Als Stromquelle zur Ladung des Accumulators M diene eine Accumulatorenbatterie aus drei hintereinander geschalteten, genügend grossen Elementen. — Durch Einsetzen der beiden Kupferbügel (9) werden die beiden Pole der Stromquelle in

Fig. 185.



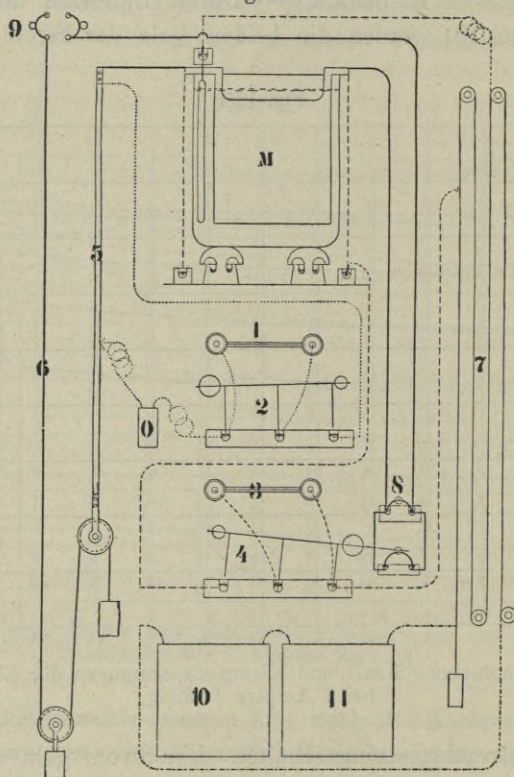
Elektromotorische Kraft und Klemmspannungen der Elemente bei 7 Ampère Ladung.

den Ladestromkreis eingeschaltet. Der Strom geht dann über den Regulierwiderstand (6) und den Messwiderstand (5) nach einer Elektrode des zu prüfenden Accumulators M, verlässt diesen bei der anderen, um über die beiden Schalter (unterhalb 8) nach der Stromquelle zurückzukehren. — Zur Ermittlung der Stromstärke dient Messband (5) zusammen mit Normalelement O, Kapillarelektrometer (1) und dem dazu gehörenden Schlüssel (2).

Zur Bestimmung der Potentialdifferenzen — zwischen den

Polen des Accumulators M, ferner zwischen Hilfselektrode (Kadmiumstab) und negativem Pol, sowie zwischen Hilfselektrode und positivem Pol des Accumulators M, sowohl bei offenem als geschlossenem Stromkreis — dient der Mess-

Fig. 186.



Versuchsordnung bei der Ladung.

draht (7) im Verein mit Kapillarelektrometer (3) und dem dazu gehörigen Schlüssel (4). Die beiden hintereinandergeschalteten Accumulatoren (10 und 11) dienen lediglich dazu, ein während der Versuchsdauer konstant bleibendes Potentialgefälle über dem Messdraht 7 zu erhalten.

Die Klemmspannungen ergeben sich bei eingesetztem

Kupferbügel (8), die elektromotorischen Kräfte bei abgehobenem Bügel (8). Dadurch, dass der Schlüssel (4) mit einem zweiten Kupferbügel in der aus Fig. 186 ersichtlichen Art verkuppelt ist, wird bei der Messung der elektromotorischen Kräfte jedesmal zuerst der Hauptstromkreis unterbrochen, bevor das Kapillarelektrometer eingeschaltet wird.

Wird das Kupferbügelpaar bei (9) entfernt und dafür durch Einsetzen eines dieser Bügel in die beiden unteren Kontakte der Regulierwiderwand (6) direkt mit der von (8) ausgehenden Leitung in Verbindung gesetzt, so ist der Entladestromkreis geschlossen, wobei alle vorhin erwähnten Messungen gerade wie bei der Ladung vorgenommen werden können.

Wird an Stelle des Kadmiumstabes, als die für verdünnte Schwefelsäure passendste Hilfselektrode, eine entsprechende andere Hilfselektrode eingesetzt, so eignet sich diese Versuchsanordnung überhaupt zur physikalischen Beobachtung auch anderer elektrolytischer Vorgänge.

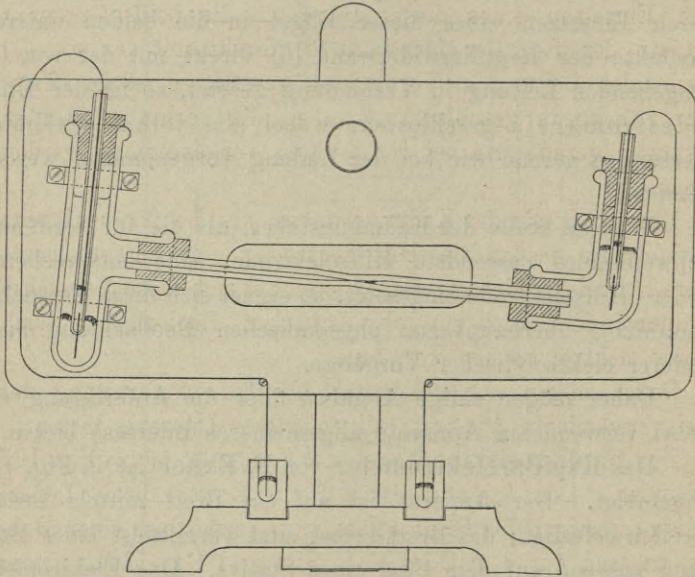
Daher mögen einige Angaben über die Anfertigung der dabei verwendeten Apparate allgemeineres Interesse bieten.

Das **Kapillarelektrometer** von **F. Exner** ist in Fig. 187 abgebildet. Der Apparat ist auf ein Brett mittels Lederstreifen befestigt; das Brett selbst sitzt vermittelst einer Bohrung passend auf dem Stiel eines Stativs. Das Elektrometer ist aus 3 Teilen zusammengesetzt. Die linksseitige, mit einem Ansatz versehene, unten rund abgeschmolzene Glasröhre hat etwa 20 mm inneren Durchmesser. Durch einen passenden Gummipfropfen, aus welchem das eine Ende der Kapillare noch etwas hervorragt, wird die seitliche Oeffnung verschlossen.

Die Kapillare wird aus einem 10 bis 12 cm langen, vielleicht 7 mm dickem Glasrohre mit etwa 2 mm starkem Lumen dadurch gefertigt, dass die Mitte desselben über einer Flamme erweicht, und dann das Glasrohr so weit ausgezogen wird, dass eine verschwächte Stelle von ca. 3 cm Länge entsteht, und das Licht der Kapillare auf $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ mm Durchmesser (an der dünnsten Stelle) reduziert wird. Auf das andere Ende

der Kapillare wird wieder ein Gummistöpsel aufgesetzt und auf diesen das knieartig gebogene Glasrohr (in Fig. 187 rechts). In dieses rechtsseitige Rohr wird so viel Quecksilber gegossen, dass eine 2 bis 3 cm hohe Säule darin stehen bleibt. Durch Drehen des Brettes im Sinne des Uhrzeigers wird die Kapillare

Fig. 187.



Kapillar-Elektrometer von F. Exner, Wien.

so schief gestellt, dass das Quecksilber nicht durch dieselbe fließen kann.

Ebenso wird jetzt in den linksseitigen Schenkel etwa 2 cm hoch Quecksilber gegossen und jetzt in jedem Schenkel ein Ableitungsdraht eingesetzt. Dieser ist am besten dadurch zu erhalten, dass in ein enges Glasrohr ein 2 cm langes Stück Platindraht von $\frac{1}{2}$ mm Stärke so eingeschmolzen wird, dass die Hälfte des Drahts ausserhalb der Röhre vorstehen bleibt. Das Innere der engen Glasröhre wird mit Quecksilber angefüllt und die Röhre mittels eines durchbohrten Korkzapfens

fest auf den Schenkel aufgesetzt. — Es erübrigt noch, in den linksseitigen Schenkel verdünnte Schwefelsäure (von 1,25 spez. Gew.) einzufüllen, dadurch, dass der Kork auf dieser Seite etwas gelüftet und die Säure durch einen kleinen Trichter eingegossen wird, bis auf 3 cm Abstand vom oberen Ende. Es ist darauf zu achten, dass der Platindraht mit der Säure nicht in Berührung komme.

Wird nun das Brett so gedreht, dass sich die linke Seite des Apparates senkt, so fließt Quecksilber durch die Kapillarröhre in den Schenkel mit der Säure und beim Zurückstellen des Apparates in die frühere Lage wird Säure in die Kapillare gesaugt. Man richtet die Lage so ein, dass der Quecksilberfaden beinahe an der dünnsten Stelle der Kapillare, aber etwas rechts davon sich einstellt. Nun ist das Instrument fertig zum Gebrauch. — Da sich, bei offenem Stromkreis, immer eine kleine Potentialdifferenz einstellt, muss das Elektrometer stets in sich kurzgeschlossen erhalten werden. Man bedient sich zu diesem Ende einer Wippe, welche in der Ruhelage die beiden Ableitungsdrähte des Apparates in leitende Verbindung miteinander setzt und beim Umlegen diese Konnexion unterbricht und dafür das Elektrometer in die Messleitung einschaltet.

Beim Gebrauch des Instruments ist darauf zu achten, dass das Quecksilber auf der rechten Seite Kathode wird, sich also Wasserstoff am Meniskus in der Kapillare abscheidet. Ist zufällig die Stromrichtung entgegengesetzt, so oxydiert sich der Meniskus und die Empfindlichkeit des Instruments geht verloren. Die Exnersche Form des Kapillarelektrometers gestattet nun, ungemein leicht und rasch die Empfindlichkeit wieder herzustellen, indem einfach durch entsprechendes Drehen des Apparates ein Tropfen Quecksilber aus der Kapillare in den linksseitigen Schenkel treten gelassen und dann auf die ursprüngliche Lage zurückgegangen wird. Dadurch ist ein frischer, unoxydierter Meniskus an Stelle des alten getreten, der sofort die gewünschte Empfindlichkeit zeigt.

Auf gleiche Weise wird verfahren, wenn dadurch, dass

ein zu starker Strom durch das Instrument ging, eine Gasblase an der Kuppe des Meniskus entstanden ist. Länger als einen geringen Bruchteil einer Sekunde braucht das Elektrometer nicht in die Messleitung eingeschaltet zu werden, da in dem Moment der Einschaltung der Meniskus zurückgeht und gerade dieses Zucken von freiem Auge leicht beobachtet werden kann.

Die Exnersche Form gibt noch bei $\frac{1}{1000}$ Volt Spannung, zwischen den beiden Polen leicht erkennbares Zucken. Wird der Meniskus durch ein kleines Mikroskop beobachtet, so zeigen sich Potentialdifferenzen von $\frac{1}{10000}$ Volt noch an. Voraussetzung ist dabei, dass das verwendete Quecksilber rein (im Vacuum destilliert) sei.

Herstellung des Ein-Volt-Normal-Elementes (Helmholtz-Carhart).

Die dem Element zu Grunde liegende Kombination Quecksilber-Quecksilberchlorür-Chlorzinklösung-Zink ist zuerst von Helmholtz bekannt gegeben worden (1882). Carhart bestimmte später diejenige Konzentration der Chlorzinklösung, welche die elektromotorische Kraft der Kombination genau auf 1 Volt bringt. Damit, bei 15° C., das Element gerade 1 Volt zeige, muss die Chlorzinklösung 1,397 spez. Gew. haben. In Fig. 188 ist der Aufbau eines Normalelementes nach Carhart gezeigt. — Für unsere Zwecke genügt es, einer etwa $\frac{1}{4}$ Liter haltenden Flasche den Boden abzusprengen und diese, mit dem Hals nach unten, in einen grossen Korkzapfen passend einzusetzen. Ein Gummistöpsel, durch welchen ein 1 mm dicker Platindraht dringt, verschliesst den Hals. Zuerst wird eine 15 bis 20 mm hohe Schichte reines Quecksilber in die Flasche gegeben, dann darauf eine ebenso hohe Schichte von Kalomelpaste. Diese selbst wird durch Zusammenreiben in einer Porzellanreibschale von 3 Gewichtsteilen Quecksilberchlorür (Kalomel), 1 Gewichtsteil Quecksilber und so viel Chlorzinklösung von 1,391 spez. Gew., dass eine Paste von honigartiger Konsistenz entsteht, erhalten. Auf

die Paste kommt eine Asbestscheibe, welche vorher mit Chlorzinklösung gekocht und dann mit destilliertem Wasser ausgewaschen worden war.

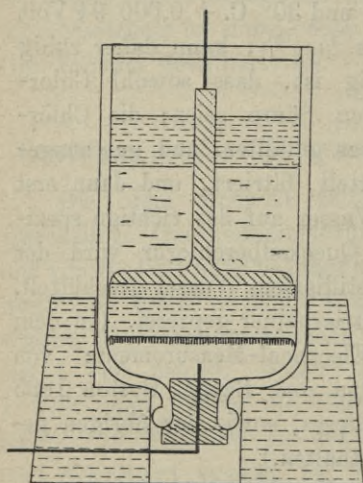
Es erübrigt noch das Aufsetzen der Zinkelektrode und Eingiessen von so viel Chlorzinklösung von 1,391 spez. Gew., bis die Flüssigkeitsschichte ca. 4 cm hoch steht. Um Verdunstung der Lösung zu verhindern und die Lage des Zinks zu fixieren, wird eine durchbohrte Korkscheibe über die Zinkstange geschoben und schliesslich der hermetische Abschluss durch Aufgiessen einer geschmolzenen Mischung von Guttapercha, Burgunderpech und Balsam erreicht. — Der Temperaturkoeffizient beträgt zwischen 10° und 30° C. + 0,000 94 Volt oder für jeden Grad Celsius etwa $\frac{1}{100}$ 0/0, kann daher ruhig vernachlässigt werden. Wichtig ist, dass sowohl Chlorzinklösung, als Kalomel frei von Säure seien; die Chlorzinklösung wird deshalb mit etwas gefällttem und gut ausgewaschenen Zinkhydroxyd geschüttelt, filtriert, und dann erst durch Zusatz von destilliertem Wasser auf das richtige spezifische Gewicht gebracht. Das Quecksilberchlorür wird der Sicherheit halber zweimal mit destilliertem Wasser geschüttelt, dann abfiltriert und zwischen Filtrierpapier gepresst. (In dem sehr empfehlenswerten Buche „Electrical-Measurements“ von Carhart und Patterson, Allyn und Bacon, Boston 1895 ist die genaueste Beschreibung dieses, sowie der übrigen gebräuchlichen Normalelemente enthalten.)

Das in Fig. 189 skizzierte **Kupfervoltmeter** besteht aus einem kleinen Accumulatoren-Glasgefäss, in dem drei $\frac{1}{2}$ mm dicke Kupferbleche hängen und das mit Kupfervitriollösung von 1,15 spez. Gew. angefüllt ist. Das mittlere der Kupferbleche dient als Kathode, die beiden anderen bilden die Anode. — Die Vitriollösung wird durch Auflösen von zweifach umkrystallisiertem Kupfervitriol, bis die Dichte 1,15 erreicht ist und Zufügen von 1 Gewichtprozent der Lösung konzentrierter Schwefelsäure erhalten. Das mittlere Kupferblech wird vor Beginn der Elektrolyse derart befeilt, dass alle scharfen Kanten und Ecken entfernt werden. Dann wird das Blech mit feinem

Glaspapier blank geschleudert und mit Tuch abgerieben. Zuerst soll ein roher Versuch ausgeführt und dadurch ein elektrolytischer Ueberzug auf diesem Blech erzeugt werden. Die Stromdichte wird dabei so gewählt, dass pro Ampère 100 qcm Oberfläche des Kathodenbleches entfallen. Der Strom kann etwa $\frac{1}{2}$ Stunde wirken.

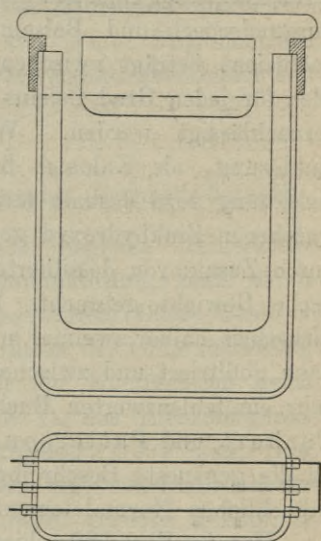
Wenn ein Accumulator als Stromquelle dienen, wird das mittlere Kupferblech mit den Bleischwammplatten und die

Fig. 188.



Normalelement (Helmholtz-Carhart).

Fig. 189.



Kupfervoltameter.

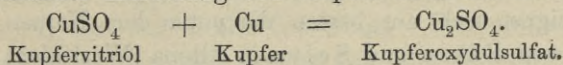
beiden anderen Bleche mit der Superoxydelektrode in Verbindung gebracht. Nach beendigter Elektrolyse wird das Kathodenblech herausgenommen, rasch in schwach angesauertem destilliertem Wasser, darauf in reinem destilliertem Wasser geschwenkt und endlich zwischen Fliesspapier sanft gepresst. Durch schwaches Erwärmen vor einem Feuer oder Ofen wird der letzte Rest von Feuchtigkeit auf dem Blech entfernt und dasselbe nach dem Erkalten gewogen. — Erst jetzt kann die erste genaue Messung gemacht werden, indem

das Blech wieder in das Gefäss eingesetzt und nun unter exakter Beobachtung der Zeitdauer und Konstanthaltung der Stromstärke die Elektrolyse vorgenommen wird. Nach Unterbrechung derselben wird das Kathodenblech genau so, wie eben beschrieben, behandelt und zur Wägung gebracht.

1 Coulomb (Sekunden-Ampère) schlägt 0,3286 mg Kupfer nieder; einer Ampèrestunde entsprechen 1,1838 g Kupfer.

Oettel empfiehlt eine Lösung von 15 Gewichtsteilen Kupfersulfat, 5 Gewichtsteilen konzentrierter Schwefelsäure, 5 Gewichtsteilen Alkohol und 100 Teilen Wasser als Elektrolyt.

Nach Förster (Zeitschrift für anorganische Chemie 14, S. 106) sind die Fehler, welche das Kupfervoltmeter zeigt, auf die Entstehung von Kupferoxydulsulfat im Elektrolyt zurückzuführen. Bleiben die Kupferbleche längere Zeit in neutraler Kupfervitriollösung hängen, so zeigen sich an der Oberfläche der Bleche verstreute glänzende Kryställchen von Kupferoxydul (Cu_2O). Auch in angesäuerter Vitriollösung bildet sich an der Oberfläche des Kupfers Kupferoxydulsulfat unter entsprechender Auflösung von Kupfer nach der Formel:



Da bei der Berechnung des Kupferniederschlags im Voltmeter die Annahme gemacht wird, dass nur CuSO_4 , nicht aber Cu_2SO_4 zersetzt werde, muss die Bildung des Cu_2SO_4 möglichst vermieden werden. — Es wäre ein Fehler, nach beendeter Elektrolyse die Kupferbleche einfach in der Lösung hängen zu lassen; im Gegenteil sind alle jedesmal herauszunehmen, mit Wasser abzuspülen, zu trocknen und erst bei Vornahme einer neuen Elektrolyse wieder einzusetzen. Ist längere Zeit seit Vornahme der letzten Elektrolyse verstrichen, so empfiehlt es sich, das Kathodenblech zuerst frisch zu galvanisieren, resp. zwei Elektrolysen hintereinander vorzunehmen und der ersten keine besondere Genauigkeit beizulegen. — Bedingungen für die Elektrolyse (resp. die Vermeidung von Kupferoxydulsulfat) sind:

1. die Stromdichte betrage nicht unter 1 Ampère pro Quadratdecimeter Kathode;

2. die Temperatur sei niedrig, da sich desto mehr Kupferoxydulsulfat bildet, je wärmer die Lösung ist;

3. die Konzentration der Kupfervitriollösung sei nicht zu gross, da desto mehr Kupferoxydulsulfat in derselben bestehen kann, je höher die Konzentration ist;

4. Zusatz von Alkohol (nach Oettel) erhöhe die Genauigkeit der Messung, da durch denselben die Bildung von Kupferoxydulsulfat erschwert werde. (Die Annahme Oettels, dass der zugesetzte Alkohol die an der Kupferanode auftretende Ueberschwefelsäure vernichte und dadurch eine Fehlerquelle beseitige, ist vielleicht in dieser Form unzutreffend. Wohl aber ist es nicht unmöglich, dass, während sich an der Kupferkathode die niedrigere Oxydationsstufe Kupferoxydulsulfat bildet, an der Kupferanode eine noch unbekanntere höhere Oxydationsstufe des Kupfers, als dem Kupfervitriol entspricht, bilden könnte, welche durch den Alkohol zu normalem Kupfersulfat reduziert würde.)

Zur Anfertigung der **Widerstände** für unsere Messzwecke eignet sich am besten die unter dem Namen „Constantan“ von Basse und Selve in Altena (Westfalen) in den Handel gebrachte Legierung. Das in Draht- oder Blechform gebrachte Metall zeichnet sich vor anderen Kompositionen wie Nikelin, Neusilber etc. dadurch aus, dass die Leitfähigkeit desselben innerhalb weiter Temperaturgrenzen konstant ist; der Widerstand beträgt bei Draht von

	0,05	0,07	0,10	0,15	0,24	0,36	mm Durchmesser
beträgt	250	130	62	28	11	4,8	Ohm
	0,50	0,70	1,00	1,50	2,40	3,60	mm Durchmesser
	2,5	1,3	0,62	0,28	0,11	0,048	Ohm

per laufenden Meter.

Ein Blechstreifen von 1 cm Breite, 1 m Länge und

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	mm Dicke,
hat ca.	0,47	0,24	0,15	0,12	0,94	Ohm Widerstand

0,6	0,7	0,8	0,9	1,00 mm Dicke
0,08	0,067	0,6	0,053	0,047 Ohm Widerstand.

Die maximale Belastung des Drahts von

0,1 0,25 0,50 0,7 1,0 1,5 2,4 3,6 mm Durchmesser
kann bis 0,2 1,0 3 5 7 14 30 50 Ampère

betragen, ohne dass Glühen eintritt.

Die Schmelztemperatur des Konstantans liegt oberhalb derjenigen von Hartlot, so dass die Verbindungen hart gelötet werden können. Das Metall lässt sich schmieden und wird nicht brüchig in Glühhitze. Bei der Verwendung für Starkströme soll die Dicke des Konstantanbandes so gewählt werden, dass sich dasselbe nicht über 100° C. erhitzt, während bei Widerständen für Schwachstromleitungen (bei Spannungsmessungen) die Erwärmung kaum die Hälfte obigen Betrages erreichen sollte.

Den **Widerstand zur Spannungsmessung** stellt man sich aus Draht von ca. $\frac{1}{3}$ mm Durchmesser dadurch her, dass ein ca. 3 m langes Stück mit dem einen Ende an eine Messingklemme angelötet und diese so auf einer Wand befestigt wird, dass der Draht frei hängt. Das untere Drahtende wird ebenfalls durch Lötung mit einer Klemme verbunden, und diese noch mit Gewichten beschwert, so dass der Draht straff angezogen bleibt. Die Zu- und Ableitung des Schwachstroms erfolgt bei den Klemmen. Ein Stück zum Winkel gebogenen, federnden Kupferdrahtes, das an die vom Elektrometer kommende Messleitung angeschlossen ist, versieht die Stelle eines verschiebbaren Kontaktes, womit der Nullpunkt aufgesucht wird.

Die Ablesung der Drahtlängen wird dadurch erleichtert, dass hinter dem Draht ein, mit Millimeterteilung versehener Messstab an die Wand genagelt und der Draht direkt auf diesem aufliegen gelassen wird. Nachdem die Gesamtlänge des Drahtes bekannt ist, genügt das Ablesen des kürzeren Stücks. Die Reduktion der Längen auf die Spannung ist in dem untenstehenden Beispiel angegeben.

Als **Regulierwiderstand** für stärkere Ströme dient am einfachsten ein dünnes Konstantanband, einige Meter lang, das an einem Ende eine kräftige Klemmschraube aufgelötet hat, vermittelt welcher dieses zugleich aufgehängt werden kann.

Bei der, in Fig. 186 angedeuteten Anordnung läuft dieses Band über zwei mit Gewichten beschwerte Messingrollen und wird dadurch stets straff angezogen. Durch Verstellen der beweglichen Rolle kann die Länge des, in den Stromkreis eingeschalteten Bandes variiert und dadurch die Stromstärke reguliert werden.

An der festen Rolle ist, wieder mit Bezugnahme auf Fig. 186, das eine Ende des **Messbandes** angelötet, welches aus etwas dickerem Konstantanband gewählt wird, um zu grosse Erwärmung zu vermeiden. An das obere Ende dieses Bandes ist ebenfalls eine kräftige Messingklemme angelötet. Zur bequemen Ablesung kann eine Millimeterteilung auf dieses Band aufgeklebt oder auch direkt die den Ampèreeinheiten entsprechende Teilung eingeritzt werden.

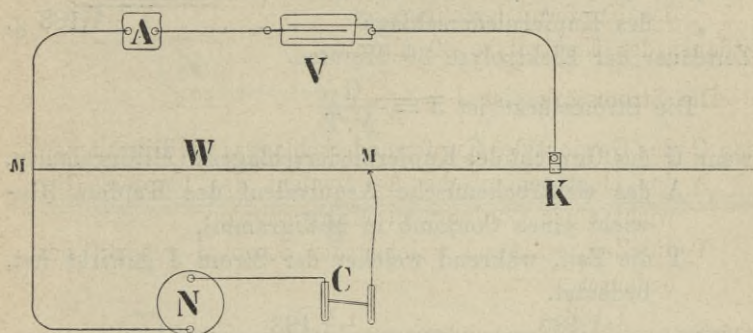
Kalibrierung des Messbandes.

Fliesst ein Strom von bekannter Stärke über einen Widerstand, und ist der Potentialabfall über diesen bekannt, so lässt sich die Grösse des Widerstands nach dem Ohmschen Gesetz ausrechnen. Das Schema in Fig. 190 verdeutlicht das Experiment näher. Von dem Accumulator A, der den konstanten Strom liefern muss, fliesst dieser über M und das Messband W nach dem verstellbaren Kontakt K. Von dort geht der Strom weiter nach der Anode des Kupfervoltameters V und tritt bei der Kathode des Voltameters aus, um nach der Stromquelle A zurückzukehren. Der Potentialabfall über das Messband wird, da das Kupfervoltameter nur einige Zehntelvolt gegenelektromotorische Kraft zeigt, und der Strom mässig im Verhältnis zur Kapazität des Accumulators ist, um $1\frac{1}{2}$ Volt herum betragen. Zwischen den Punkten MM ist nun ein Normalelement N mit angehängtem Kapillarelektro-

meter angelegt. Die Distanz zwischen den Punkten M und M wird durch Verschieben des einen Kontaktes M so gewählt, dass Gleichgewicht eintritt, d. h. das Elektrometer keinen Ausschlag gibt. Es ist dann die Potentialdifferenz zwischen den beiden Punkten M M gleich gross wie die elektromotorische Kraft des Normalelementes, das so am Messband anliegt, dass der positive Pol des Normalelementes mit dem positiven Pol des Accumulators bei M (links) zusammenstösst.

Der Potentialabfall über unseren Widerstand, resp. das zwischen M M gelegene Stück ist also bekannt, nämlich genau

Fig. 190.



Schema für die Kalibrierung des Messbandes (Ampère).

1,00 Volt, und es ist nur durch eventuelles Verschieben des Kontaktes K dafür zu sorgen, dass diese Potentialdifferenz während der ganzen Dauer des Versuchs konstant bleibe, d. h. das Elektrometer keinen Ausschlag gebe.

Wenn aber der Potentialabfall über dem unveränderlichen Stück M M sich nicht ändert, muss auch die Stärke des Stroms konstant sein. Es erübrigt dann noch die Zeit, während welcher die Elektrolyse dauert, genau zu notieren, um nun aus der Gewichtszunahme des Kathodenblechs die stattgehabte Stromstärke, und dadurch die dritte Grösse, den Widerstand zwischen M M, berechnen zu können.

Ist das Konstantanband W durchgehend von gleichmässiger

Dicke, so kann vom Widerstand der Länge $M M$ derjenige jedes beliebigen Stücks abgeleitet werden. Ob das Widerstandsblech gleichmässig ist, darüber gibt eine zweite Elektrolyse Aufschluss, bei welcher entweder zwei Normalelemente hintereinander als balancierende Kraft oder das Messband doppelt genommen werden, dadurch, dass bei einem Stück von der doppelten Länge $M M$ der Strom an den beiden Enden eingeleitet und genau in der Mitte abgeleitet wird.

Beispiel:

Gewicht der Kupferkathode vor dem Versuch 54,370 g
 " " " nach " " 55,553 "
 " des Kupferniederschlags 1,183 g.
 Zeitdauer der Elektrolyse 30 Minuten.

$$\text{Die Stromstärke ist } J = \frac{G}{A \cdot T}$$

wenn G das Gewicht des Kupferniederschlags in Milligrammen,
 A das elektrochemische Aequivalent des Kupfers (Gewicht eines Coulomb in Milligramm),
 T die Zeit, während welcher der Strom J gewirkt hat, bedeutet.

$$\text{Oder } \frac{1,183}{0,3286 \times 900} \text{ oder } \frac{1,183}{1,183 \times 0,5} = 2 \text{ Ampère.}$$

Der Widerstand ist

$$W = \frac{E}{J}, \text{ wobei in unserem Beispiel } \begin{array}{l} E = 1,00 \text{ Volt} \\ J = 2,00 \text{ Ampère war,} \end{array}$$

also $\frac{1}{2} = 0,500 \text{ Ohm (int.)}$.

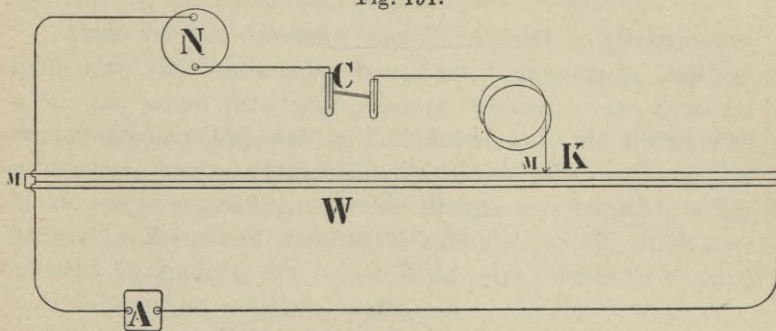
Das Stück $M M$ war 2000 mm lang, so dass die Länge von
 2000 1000 500 200 100 50 etc. Millimeter
 2 4 8 20 40 80 „ Ampère entspricht.

Kalibrierung des Messdrahtes für Spannungsmessungen.

Im Schema Fig. 191 ist W ein Konstantendraht von $\frac{1}{3}$ mm Durchmesser und 3 m Länge. Vom Accumulator A ,

welcher etwa 100 Ampèrestunden Kapazität haben mag, fließt ein Strom durch den Draht W. An dem einen Ende dieses Drahtes ist, wie im vorigen Fall, ein Normalelement mit Kapillarelektrometer angeschlossen, wobei gleichnamige Pole bei M einander gegenüberstehen. Wird der Kontakt K solange verschoben, bis das Elektrometer in Ruhe bleibt, so ist das Potentialgefälle von M über das Drahtstück bis K gleich gross wie die elektromotorische Kraft des Normalelementes, also 1 Volt. Bei gleichmässigem Querschnitt des Drahtes lässt sich aus der Länge M K der zutreffende Potentialabfall für jede beliebige Länge ableiten, da die Klemmenspannung

Fig. 191.



Schema für Spannungsmessung.

der Stromquelle A bei der geringen Entladungsintensität während der Dauer des Versuchs als unveränderlich betrachtet werden darf. Durch Anlegen des Normalelements an zwei anderen Stellen des Messdrahtes kann das Potentialgefälle über ein anderes Stück gemessen und die Gleichartigkeit des Drahtes verifiziert werden.

Bei den Spannungsmessungen nach Versuchsanordnung Fig. 186 tritt an Stelle des Normalelements der Versuchaccumulator, und die Länge des zwischen den punktierten Messleitungen liegenden Messdrahtes ist das Mass für die zwischen jenen befindliche Potentialdifferenz. Bei Beginn und am Schluss einer Versuchsreihe (Ladung oder Entladung) wird

diejenige Drahtlänge ermittelt, welche bei der Gegenüberstellung eines Normalelements Gleichgewicht hervorbringt, wobei dann die Quotienten der gemessenen Längen mit dieser die Potentialdifferenzen in Volts ausgedrückt ergeben.

Wenn dafür gesorgt wird, dass die beiden als Stromquelle dienenden Accumulatoren stets in gleichem Zustand zur Verwendung kommen (was durch Nachladen der, aus denselben geflossenen Elektrizität erreicht werden kann), kann am Messdraht direkt die empirisch ermittelte Teilung mit Volteinheiten angebracht werden, wodurch Umrechnung entfällt.

Kapitel XII.

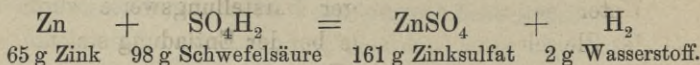
Theoretische Anschauungen über die elektrochemischen Vorgänge im Bleiaccumulator.

Dass die Entwicklung von Elektrizität in galvanischen Elementen von bestimmten chemischen Umsetzungen begleitet wird, ist schon frühzeitig erkannt worden. Das Zink im Daniell-Element löst sich in der Masse auf, als Elektrizität entnommen wird. — Durch die Oxydation (Verbrennung) des Zinks, wurde angenommen, werde Energie frei gemacht, welche letztere in Form von Elektrizität austrete, sobald durch metallische Verbindung der beiden Elektroden, Zink und Kupfer, dazu Gelegenheit gegeben werde.

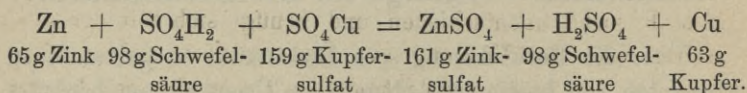
Favre und Silbermann fanden, dass die beim Auflösen eines bestimmten Gewichts Zink in Schwefelsäure erzeugte Wärmemenge fast genau so gross ist, als die Wärme, welche erhalten werden konnte, wenn dasselbe Gewicht Zink im Smee-Element aufgebraucht und die dabei entwickelte Elektrizität durch einen Metallwiderstand in Wärme übergeführt wurde.

Es wurde nun umgekehrt gefolgert, dass die aus galvanischen Elementen erhältliche Elektrizität ausschliesslich von den chemischen Prozessen, welche sich in diesen abwickeln, abhängig sei; dass chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt werde. — Für je 1,219 g Zink, die sich auflösen, wird ein Strom von 1 Ampère Stärke genau 1 Stunde lang unterhalten.

Wenn sich Zink in verdünnter Schwefelsäure auflöst, werden die bei diesem Vorgang auftretenden Gewichtsverhältnisse durch die Formel wiedergegeben:



Der Wasserstoff tritt als Gas aus und die Lösung nimmt eine 37,364 Kalorien betragende Wärmemenge auf. Wenn aber dasselbe Gewicht Zink, 65 g, im Daniell-Element aufgelöst, d. h. in Zinksulfat übergeführt wird, erwärmt sich die Lösung nicht messbar und es tritt kein Wasserstoffgas auf, sondern Kupfer schlägt sich nieder, nach der Formel:

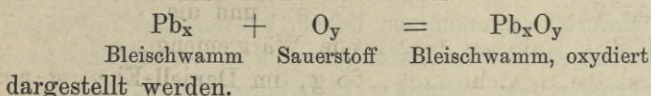


Beim vollgeladenen Bleiaccumulator ist, wie schon Sinsteden angenommen hatte, auf der einen Elektrode Bleisuperoxyd vorhanden, während die andere Elektrode, nach Planté, mit schwammförmigem Blei bedeckt ist. Ausser diesen beiden Körpern enthalten die Elektroden allerdings noch metallisches Blei, das die Substanz der leitenden Unterlage, der Elektrodenträger, ausmacht. Nachdem diese Träger sich jedoch an den chemischen Umsetzungen nicht beteiligen, können dieselben bei dieser Betrachtung der chemischen Vorgänge im Accumulator ausser acht gelassen werden. — Bleischwamm und Bleisuperoxyd werden treffend als „aktives Material“ bezeichnet, da eben nur diese zwei Substanzen an den Elektroden chemische Veränderungen erleiden.

Plantés Deutung der chemischen Prozesse, welche beim Austritt von Elektrizität, bei Entladung eines Accumulators, sich vollziehen, war folgende: Das schwammige Blei, Blei in feinsten Verteilungsform, strebe danach, Sauerstoff aus der Lösung, resp. dem Wasser, an sich zu ziehen, sich zu oxydieren. Noch heftiger aber sei das Bestreben des Bleisuperoxyds, Wasserstoff aus der Lösung, resp. dem Wasser, anzuziehen und Sauerstoff abzugeben. Auf jeder Elektrode spielten

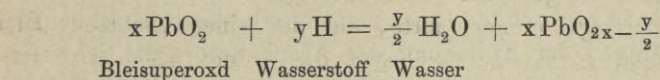
sich daher, sobald nur die Pole des Accumulators leitend verbunden würden, chemische Prozesse ab, welche als Quelle der Elektrizitätsentwicklung zu betrachten seien.

Unter Beibehaltung obiger Darstellungsweise würde der auf der Bleischwammelektrode bei der Entladung stattfindende chemische Prozess durch die Formel



Wieviel ein bestimmtes Gewicht Bleischwamm Sauerstoff aufnehme, oder anders gesagt, in welche chemische Verbindung der Bleischwamm bei der Sauerstoffaufnahme übergehe, lässt Planté unentschieden und benützt sich mit der qualitativen Seite des Vorganges.

Auf der Superoxydelektrode stellt sich der bei der Entladung abspielende Prozess durch die Formel

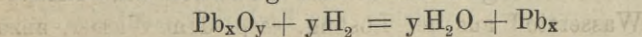


dar.

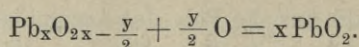
Planté lässt sich auch hier, nach der vorsichtigen und gewissenhaften Art dieses Forschers, nicht näher über die Oxydationsstufe, in welche das Bleisuperoxyd bei der Wasserstoffaufnahme (Reduktion) übergeht, aus.

Bei der Ladung wird nach Planté durch den in den Accumulator gesandten Strom Wasser in seine chemischen Bestandteile, Wasserstoff und Sauerstoff, zerlegt, wobei die Superoxydelektrode den vorher bei der Entladung abgegebenen Sauerstoff wieder aufnimmt, sich regeneriert, und die Bleischwammelektrode eine äquivalente Menge Wasserstoff absorbiert, wobei sämtlicher von derselben bei der Entladung angenommene Sauerstoff in Wasser übergeht, also reiner Bleischwamm wieder regeneriert wird.

Der chemische Prozess an der Bleischwammelektrode während der Ladung wäre darzustellen:



und derjenige an der Superoxydelektrode durch:



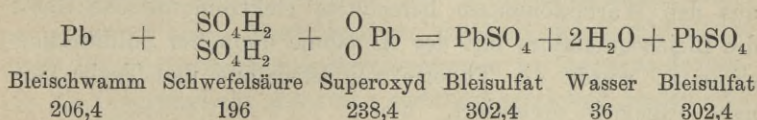
Nichts erscheint natürlicher, als bei der Ladung anzunehmen, dass Wasser durch den Strom zersetzt werde, denn die verdünnte Schwefelsäure liefert, solange die beiden als Elektroden dienenden Bleibleche noch keine Schichten von aktivem Material angenommen haben, bei der Elektrolyse annähernd quantitativ Wasserstoffgas und Sauerstoffgas. Auch mit Elektroden aus Platin, Palladium, Gold, Antimon, Wismut, überhaupt allen in verdünnter Schwefelsäure unlöslichen Metallen lässt sich die Knallgasentwicklung bei der Elektrolyse genannter Lösung beobachten.

Der Frage, welche Bleioxyde bei der Entladung entstehen, traten die Engländer Gladstone und Trybe durch eine Reihe sorgfältiger Untersuchungen näher. Die zwar schon von Planté beobachtete, aber nicht interpretierte Erscheinung, dass während der Entladung des Accumulators die Schwefelsäurelösung in demselben spezifisch leichter wurde, und bei der Ladung wieder zunehmend, schliesslich die ursprüngliche Dichte erreichte, liess vermuten, dass Schwefelsäure von den Elektroden absorbiert und in Form von Bleisulfat festgehalten werde.

Bei der chemischen Analyse der entladenen Superoxydmasse zeigte sich ein Sulfatgehalt, der ungefähr im Verhältnis zu den entladenen Ampèrestunden stand. Ebenso konnte im entladenen Bleischwamm um so mehr Bleisulfat nachgewiesen werden, je weiter die Entladung desselben vor sich gegangen war.

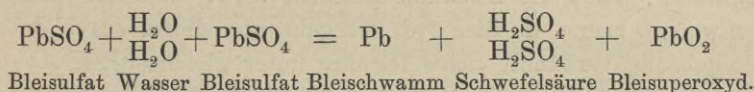
Nach Gladstone und Trybe würde nicht, wie Planté meinte, bei der Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure Wasser zersetzt, sondern Schwefelsäure. Bei der Entladung werde an beiden Elektroden direkt Bleisulfat gebildet, und die Sulfatbildung sei als derjenige chemische Prozess zu betrachten, welcher der Elektrizitätsentwicklung zu Grunde liege.

Die Entladung würde durch die Formel



gegeben.

Bei der Ladung werde Bleisulfat auf beiden Elektroden zersetzt, Schwefelsäure und Bleischwamm, bezw. Bleisuperoxyd zurückgebildet nach folgender Formel:



Der einer Ampèrestunde entsprechende Strom zersetzt 5,65 g Bleisulfat, wobei 3,86 g Blei und 1,83 g Schwefelsäure entstehen. Da die Zersetzung von Bleisulfat an beiden Elektroden gleichzeitig stattfindet, werden im Accumulator für jede hineingesandte Ampèrestunde $2 \times 1,83 = 3,66$ g H_2SO_4 frei gemacht. Umgekehrt wird bei der Entladung dasselbe Gewicht Schwefelsäure von den Elektroden absorbiert. — Ist das Gewicht der verdünnten Schwefelsäure in einem Element bekannt und wird das spezifische Gewicht derselben vor Beginn und nach Schluss der Entladung gemessen, so lässt sich leicht auf Grund der im Anhang enthaltenen Tabelle über die Prozentgehalte verdünnter Schwefelsäuren berechnen, wie viel Schwefelsäure von den Elektroden absorbiert worden ist.

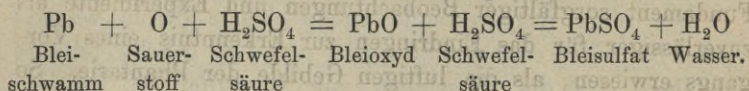
In der That fanden verschiedene Beobachter, dass die verdünnte Schwefelsäure ungefähr um den vorhin angegebenen Betrag von 3,66 g Schwefelsäure für jede Ampèrestunde der Entladung ärmer an Gehalt wurde.

Von anderen Seiten konnten wieder keine übereinstimmenden Resultate erhalten werden, was in Anbetracht des Umstandes, dass sich nicht mit Sicherheit entscheiden liess, welche Konzentration die im porösen Material der Elektroden aufgesaugte Säure zur Zeit der Messungen haben mochte, nicht verwunderlich erschien.

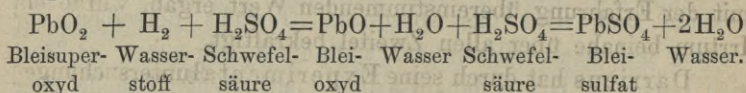
Als aber Tscheltzow den Nachweis leistete, dass die aus den Wärmetönungen berechnete elektromotorische Kraft des Bleiaccumulators mit der Annahme doppelter Sulfatierung stimmte, wurde die Theorie von Gladstone und Trybe beinahe allgemein acceptiert.

Die Frage nach den Oxydationsstufen des Bleies in den entladenen Elektroden schien erledigt, denn das Bleisulfat entspricht der dem Bleioxyd zukommenden Oxydationsstufe.

Dasselbe Endergebnis der doppelten Sulfatation wird eintreten, wenn die Annahme gemacht wird, dass der Bleischwamm zuerst in Bleioxyd übergehe und dieses durch die umgebende verdünnte Schwefelsäure unter gleichzeitiger Abspaltung von Wasser in Bleisulfat übergeführt werde:



Analogerweise lässt sich die Sulfatation der Bleisuperoxydelektrode so zerlegen, dass zuerst durch den bei der Entladung sich an derselben abscheidenden Wasserstoff das Superoxyd zu Bleioxyd reduziert werde, das sich ebenfalls mit der umgebenden verdünnten Schwefelsäure in Bleisulfat umsetze:



F. Streintz hält Plantés Ansicht vom Auftreten von Wasserstoff und Sauerstoff an den Elektroden aufrecht, aber nun dahin präzisiert, dass die sich bildende Oxydationsstufe an der Bleischwammelektrode sowohl als das an der Superoxydelektrode entstehende Reduktionsprodukt definitiv als Bleioxyd erkannt wird.

Der von Streintz geführte Nachweis, dass bei dieser Annahme der aus den betreffenden Wärmetönungen abgeleitete Wert für die elektromotorische Kraft ausgezeichnet mit dem thatsächlichen Wert übereinstimmt, weit besser, als dies Tscheltzows Arbeit gelang, schien die Frage nach den chemischen Prozessen im Accumulator endgültig zu erledigen.

In der elektrochemischen Forschung hat die Methode, zuerst gewisse Annahmen über den noch unbekanntem Vorgang irgend einer Elektrolyse zu machen und darauf rückwärts an den beobachteten Erscheinungen so lange zu deuten, bis die ursprüngliche Annahme gesichert erscheint, ungewöhnliche Verbreitung erlangt. Wollten die Umstände, dass die gemachten Voraussetzungen richtig waren, dann müssten solche Deduktionen zur Aufklärung über den betrachteten Vorgang führen. Waren aber die vorausgefassten Ansichten falsch, dann ist begreiflich, dass auch die darauf basierten Schlüsse meistens unrichtig sein müssen.

Zwar sind auch richtig gemachte Beobachtungen schon oft falsch ausgelegt worden, doch hat sich noch immer das Fundament sorgfältiger Beobachtungen und Experimente als zuverlässiger für das Eindringen zur Erkenntnis eines Vorgangs erwiesen, als die luftigen Gebilde der Phantasie. So auch hier.

Dadurch, dass die falsche Annahme gemacht wurde, die beim Entladungsvorgang auftretende Oxydationsstufe sei Bleioxyd und die Ableitung der elektromotorischen Kraft aus den bei dieser Annahme auftretenden Wärmetönungen zufällig einen mit der Erfahrung übereinstimmenden Wert ergab, wurde ein Irrtum beinahe über allen Zweifel bekräftigt.

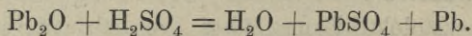
Darrieus hat durch seine Experimentaluntersuchungen neues Licht über den Chemismus des Bleiaccumulators verbreitet. Danach und mit Zuziehung der durch Ayrton und andere erhaltenen Resultate lässt sich nachfolgendes als feststehend betrachten:

1. Die geladene Bleischwamm-elektrode enthält neben dem Träger lediglich reines Blei in Schwammform — als allotropischen Zustand des gewöhnlichen metallischen Bleies —, das mit verdünnter Schwefelsäure durchtränkt ist. In der Regel finden sich dem Bleischwamm noch Spuren von Bleisulfat beigemischt. Unmittelbar nach beendeter Ladung enthält derselbe auch etwas Wasserstoff occludiert.

2. Die geladene Superoxydelektrode enthält neben dem

Träger hauptsächlich Bleisuperoxyd (elektrisches) — nebst ebenfalls geringen Mengen Bleisulfat —, das mit verdünnter Schwefelsäure imprägniert ist.

3. Bei der Entladung bildet sich auf der Bleischwamm-elektrode Bleisuboxyd (Pb_2O), das indessen mit dem Elektrolyt momentan in Bleisulfat und Blei zerfällt nach der Gleichung:



4. Bei der Entladung wird von der Füllmasse der Bleisuperoxydplatten Sauerstoff abgegeben, aber nicht gleichzeitig Schwefelsäure von der Elektrode aufgenommen.

Die Elektrizitätsentwicklung des Bleiaccumulators hat als zu Grunde liegende Reaktionen die Verbrennung (Oxydation) allotropischen Bleies zu Bleisuboxyd und die Sauerstoffgabe (Reduktion) seitens des elektrolytisch gebildeten Bleisuperoxyds (das vermutlich nicht identisch mit dem auf rein chemischen Wege erhältlichen Bleisuperoxyd ist, sondern eine isomere Modifikation desselben darstellt).

Ad 1. Wenn eine vollgeladene Bleischwammplatte mit einem blank geschabten Bleiblech zusammen in verdünnte Schwefelsäure gestellt wird, ist zwischen diesen beiden Elektroden eine Potentialdifferenz von ca. $\frac{1}{4}$ Volt zu beobachten. —

Zwischen einer geladenen Superoxydplatte — welche zur Entfernung von Spuren Ueberschwefelsäure, die sich nach beendigter Ladung vorfinden können, mit destilliertem Wasser ausgelaugt wurde — und einer geladenen Bleischwammplatte wurde, wenn beide in verdünnte Schwefelsäure gestellt waren, 1,93 Volt Potentialdifferenz konstatiert, dagegen nur 1,60 Volt, wenn die Schwammplatte durch frisch geschabtes Bleiblech ersetzt wurde.

Ad 3. Wenn aus einem vollgeladenen Accumulator unter entsprechenden Vorsichtsmassregeln die Schwefelsäurelösung abgezogen und durch neutrale Glaubersalzlösung ersetzt wird, ist nach der Entladung auf keiner der beiden Elektroden Bleisulfat nachzuweisen und die Konzentration der Glaubersalzlösung zeigt keine Abnahme.

Reines Bleisulfat lässt sich, mit Blei als leitendem Träger, in verdünnter Schwefelsäure durch Elektrolyse praktisch weder in Bleischwamm noch in Bleisuperoxyd überführen, wohl aber in inniger Mischung mit wenigstens dem dreifachen Gewicht Bleioxyd, Mennige oder Bleistaub. Die glatte Ueberführung des Sulfats auf den Schwammplatten bei der Ladung ist dadurch zu erklären, dass bei der Umsetzung des Bleisuboxyds neben jedes Molekül Bleisulfat sich ein Bleiatom lagert, welches letzteres die Leitfähigkeit des entladenen Schwammes aufrecht erhält (Darrieus).

Ad 2. Wird eine vollgeladene Superoxydplatte, noch während der Ladung, rasch aus dem Element herausgehoben und in destilliertes Wasser getaucht, so entwickeln sich zahlreiche, sehr kleine Sauerstoffbläschen, woraus Darrieus schliesst, dass diese durch Zersetzung von in der Superoxydmasse vorhandener Ueberschwefelsäure entstehen. — Die Sauerstoffbestimmung der von anhängender Schwefelsäure befreiten Masse aus vollgeladenen Superoxydplatten ergab um 5% zu hohe Werte gegenüber dem der Formel PbO_2 entsprechenden Sauerstoffgehalt. — Auf chemischem Wege erhaltenes Bleisuperoxyd, in Bleigitter gepresst und einer geladenen Schwamm-elektrode in verdünnter Schwefelsäure gegenübergestellt, gibt eine Kombination, die geringere elektromotorische Kraft, Klemmenspannung und Kapazität zeigt, als ein Bleiaccumulator mit denselben Bleischwammplatten, aber elektrolytisch gebildeter Superoxydmasse. — Elektrisches Superoxyd wirkt energischer oxydierend, z. B. auf Mangansulfatlösung, als chemisches Superoxyd, indem ersteres schon bei gewöhnlicher Temperatur Mangansäure bildet, letzteres aber erst bei höherer Temperatur oder nach längerer Zeit.

Ad 4. Bei der Entladung des Accumulators wird von der Schwammelektrode die theoretisch geforderte Menge von 1,82 g Schwefelsäurehydrat pro Ampèrestunde Entladung absorbiert und das spezifische Gewicht des Elektrolytes sinkt dementsprechend. — Bei der Superoxydelektrode aber bildet sich, im Verlaufe der Zeit, aber nicht im Verhältnis zur

entladenen Elektrizitätsmenge, Bleisulfat, wobei die zwischen dem entstandenen Bleioxyd mit dem noch unveränderten elektrischen Superoxyd wirkende Kette als Ursache der Bleisulfatbildung zu betrachten ist (Darrius).

Nach Ermittlungen von Darrius sind die den „Lokalaktionen“ zu Grunde liegenden Potentialdifferenzen zwischen den einzelnen in den Elektroden vorkommenden Substanzen in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

Negativ	Positiv	Potentialdifferenz	sämtlich in verdünnter Schwefelsäure als Elektrolyt.
Bleischwamm	Bleisuperoxyd (el.)	1,96 Volt	
Blei (met.)	Bleisuperoxyd (el.)	1,60 „	
Bleischwamm	Bleioxyd	0,51 „	
Bleischwamm	Blei (met.)	0,36 „	
Bleioxyd	Bleisuperoxyd	1,04 „	

Haben Darrius' Arbeiten Plantés Ansichten vom Entladungsvorgang präzisiert und die Reaktionen auf reine Oxydations- und Reduktionsprozesse (Wasserzersetzung) zurückgeführt, so ist damit zugleich die Frage nach dem Chemismus beim Ladungsvorgang beinahe sicher beantwortet und ebenfalls auf Oxydation und Reduktion, d. h. Wasserzersetzung, zurückgeführt, denn es ist nicht wahrscheinlich, dass die mit so hohem Wirkungsgrad verlaufende Regeneration durch andere als dieselben chemischen Reaktionen zu stande gebracht werden könnte.

Ueber die verdünnte Schwefelsäure im Bleiaccumulator.

Die Rolle, welche die Schwefelsäurelösung im Accumulator spielt, wird voll erkannt werden, wenn die Frage, auf welche Art sich die Elektrizität in Elektrolyten überhaupt fortbewegt, gelöst worden sein wird. Die Schwefelsäurelösungen für sich und ohne Zusammenhang mit der Elektrisierung sind am eingehendsten von L. Pfaundler untersucht worden. Aus den Aenderungen der Gefrierpunkte, Siede-

punkte, Verbindungswärmen mit Wasser schliesst Pfaundler auf die Existenz verschiedener Hydrate, ausser dem Monohydrat (H_2SO_4), wie des Dihydrates ($\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), des Septahydrates ($\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) und des Hydrates ($\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), wobei aber diese Hydrate stets gemischt miteinander vorkommen, so zwar, dass bei Schwefelsäuren bis zu $12\frac{1}{4}\%$ H_2SO_4 -Gehalt besonders das letztere Hydrat, bei solchen zwischen $12\frac{1}{4}$ und 33% H_2SO_4 -Gehalte besonders das Septahydrat vorwiegend ist. —

Das elektrische Leitungsvermögen von Schwefelsäurelösungen verschiedenster Konzentration ist von Friedrich Kohlrausch auf das genaueste ermittelt worden.

Fig. 175 auf S. 434 enthält die Widerstandsänderung mit variabler Konzentration graphisch dargestellt. Bei weit getriebener Verdünnung zeigt sich, dass die Leitfähigkeit weniger rasch ab-, als die Verdünnung zunimmt und zuletzt das „spezi-fische Leitvermögen“ — die auf den Quotienten aus Leitvermögen und Molekulargehalt bezogene Leitfähigkeit — sich dem Grenzwert für die Leitfähigkeit einbasischer Säuren nähert. Fr. Kohlrausch zieht daraus den Schluss, dass die Konstitution der Schwefelsäure in sehr grosser Verdünnung (1:1 000 000) eine andere sein müsse, als in Lösungen mässiger Konzentration. In Analogie zur Gastheorie kann angenommen werden, dass das Schwefelsäuremolekül dissoziiere, zerfalle, und die Bruchteile oder Hälften sich ähnlich der Einheit, woraus sie entstanden, verhalten.

Die solide Unterlage der Kohlrauschschen Ermittlungen musste als Basis für anscheinend luftige Hypothesen über die Konstitution von Schwefelsäurelösungen dienen. So hätte, nach Annahmen verschiedener Anhänger der „freien Ionen“, die gewöhnliche verdünnte Schwefelsäure im Accumulator folgende Atome resp. Atomkomplexe als Ionen zu enthalten: SO_4 , SO_4H , H , OH , O .

Unter Hinzuziehung der Elektroden im Bleiaccumulator sollen, ebenfalls nach den Spekulationen obiger Elektrochemiker, als Ionen noch in Betracht kommen: $\text{Pb}(\text{SO}_4)_2$,

PbSO_4 , PbO_2 , Pb (zweiwertig und vierwertig). — Als Wegleitung für die Auswahl unter diesen Atomkomplexen (deren Existenz von der Mehrzahl auf eine, wissenschaftlichen Anforderungen entsprechende Art noch nicht bewiesen werden konnte) ist der Satz ausgegeben worden: „In einer Lösung sind alle diejenigen Ionen, welche sich überhaupt bilden können, auch thatsächlich vorhanden.“

In der That enthalten nur die allerdings mühsamen und zeitraubenden, aber zuverlässigen Arbeiten Darrieus' Material, aus dem fruchtbringende Anregungen geschöpft werden können, während die Phantasterei mit den „freien Ionen“ bis jetzt nicht den geringsten Anhaltspunkt zu wirklichem Fortschritte — auf dem Gebiet der elektrischen Accumulatoren — geliefert hat.

Vielmehr erscheinen die von Clausius und Helmholtz über die Elektrolyse verbreiteten Ansichten eher geeignet, über den elektrolytischen Hergang im Accumulator befriedigendere Vorstellungen zu geben.

Nach Clausius' Ansichten würde bei der Lösung von Schwefelsäure in Wasser der Verband der Atome im Schwefelsäuremolekül gelockert, vielleicht um so weitergehend, je grösser die Menge des zugesetzten Wassers ist. Man darf aber annehmen, dass nicht nur die Anwesenheit des Wassers auflockernd auf die Schwefelsäuremoleküle wirke, sondern umgekehrt auch die Schwefelsäuremoleküle ähnlich lockernde Wirkung auf den Verband der Wasserstoffatome mit dem Sauerstoffatom des Wassers ausüben.

Dieser letztere Vorgang scheint wesentlicher für die prinzipielle Erklärung der Elektrolyse im Bleiaccumulator zu sein. Wird nämlich die Schwefelsäure im Accumulator durch eine andere Säure, wie z. B. verdünnte Phosphorsäure, ersetzt, dann behält dieser seine Haupteigenschaften bei (Kapazität; Regenerierfähigkeit nach der Entladung mit ähnlichem Wirkungsgrad wie bei verdünnter Schwefelsäure; Höhe der elektromotorischen Kraft), was wenig wahrscheinlich erschiene, wenn diese charakteristischen Merkmale durch die Schwefelsäure bedingt wären. Die Wasserstoffatome eines Wassermoleküls

vertauschen ihre Plätze gegen diejenigen, welche von den Wasserstoffatomen eines benachbarten Moleküls eingenommen werden. Dabei ist jedoch die Zeit, während welcher sich die Plätze vertauschenden Wasserstoffatome auf dem Wege befinden, ungemein klein, so dass trotz der fortwährenden, zahlreichen Platzwechsel die Flüssigkeit doch immer nur ganze Moleküle enthält.

Etwas allgemeiner wird Clausius' Hypothese durch die Annahme, dass die „Molekularsphären“ der benachbarten Wasser- und Schwefelsäuremoleküle ineinander greifen, so dass die Umlagerung der Wasserstoffatome gewissermassen intramolekular wird, d. h. die Wasserstoffatome sich bei der Umlagerung nicht über die Wirkungssphäre des Doppelmoleküls zu entfernen haben.

In gleicher Weise wechselt auch das Sauerstoffatom im Wassermolekül seinen Platz. In dem Molekularverband, welcher durch das Ineingreifen der Wirkungssphären des betrachteten Wassermoleküls und eines benachbarten Schwefelsäuremoleküls entsteht, kann sich das Sauerstoffatom umlagern, ohne dass bei diesem Vorgang freie Atome auftreten, da eben die Anziehung nur die Richtung wechselt, aber fortwährend vorhanden ist.

Wird in solche Schwefelsäurelösung eine Bleischwammplatte gebracht, so übt an den Stellen, wo sich diese Platte mit der verdünnten Säure berührt, an der benetzten Oberfläche, auch noch der Bleischwamm seinen Einfluss auf die Lagerung der Atome in der Lösung aus. Negativ-elektrische Sauerstoffatome werden vom Bleischwamm angezogen, wobei erstere ihre negativ-elektrischen Ladungen an die Bleiplatten abgeben, indem sie sich gleichzeitig mit Bleischwammolekülen zu Bleisuboxyd verbinden. Ist die Bleischwammplatte dergestalt genügend negativ-elektrisch geladen worden, so bildet sich ein Gleichgewichtszustand aus, der die Bindung weiterer Sauerstoffatome seitens der Bleischwammplatte verhindert. Erst dadurch, dass die negative Ladung von der Platte abgeleitet wird, ist von neuem Anlass zum Eintritt von

Sauerstoffatomen, Bindung derselben unter Entstehung von Bleisuboxyd und gleichzeitiger Abgabe negativer Elektrizität an diese Bleischwammplatte, gegeben.

Gleichzeitig und ganz analoger Weise übt die der Bleischwammplatte gegenüberstehende Superoxydelektrode eine Anziehung auf die Wasserstoffatome der dieselbe benetzenden Schwefelsäurelösung aus. Diese, durch Sauerstoff des Bleisuperoxyds gebunden, werden unter gleichzeitiger Abgabe der positiven Ladungen der betrachteten Wasserstoffatome in Wasser übergeführt. Ist die Superoxydelektrode derart genügend stark positiv-elektrisch geladen, so tritt ebenfalls ein Gleichgewichtszustand ein, bei dem keine Anziehung von positiv-elektrischen Wasserstoffatomen seitens der Superoxydelektrode mehr stattfindet. Durch Ableitung der positiven Ladung der Superoxydelektrode, am einfachsten durch metallische Verbindung derselben mit der Bleischwammelektrode, wird wieder Gelegenheit zur Absorption von Wasserstoffatomen unter gleichzeitiger Abgabe von positiver Elektrizität gegeben. — Solange also die beiden Elektroden, voneinander isoliert, in der Lösung stehen, hört jede chemische Reaktion und Elektrizitätsentwicklung auf. Sobald dagegen von den elektrisch geladenen Elektroden Elektrizität abgeleitet wird — was im Gebrauche dadurch geschieht, dass dieselben durch einen passenden Widerstand (Kohlenfaden einer Glühlampe etc.) miteinander elektrisch in Verbindung gebracht werden — beginnt sofort die mit entsprechender Elektrizitätsentwicklung verbundene geschilderte chemische Aktion an den Elektroden.

Damit während der Entladung des Accumulators die geschilderte Absorption von Wasserstoffatomen und Sauerstoffatomen stets in gleicher Kontinuität erfolgen könne, ist erforderlich, dass immer neue Lösung an die Oberfläche der Elektroden gelange, dass die „Grenzschichten“ fortwährend regeneriert werden. Der Accumulator ist entladen, wenn die auf den Elektroden enthaltene reaktionsfähige Füllmasse vollkommen chemisch umgewandelt worden ist. Dass aber die Elektrizitätsentwicklung schon lange Zeit vor diesem End-

punkt träge wird, d. h. dass die elektromotorische Kraft des Accumulators sinkt, bevor noch alles wirksame Material herangezogen worden ist, kann durch die als „Massenwirkung“ bekannte Erscheinung erklärt werden, wonach die Intensität einer chemischen Reaktion nicht nur von den ins Spiel tretenden Atomen, sondern auch von dem relativen Mengenverhältnis derselben zu einander beeinflusst wird. Solange die Elektroden überwiegend Bleischwamm resp. Superoxyd enthalten, kommt die Masse dieser Substanzen mit einem die Reaktionsintensität erhöhenden Einfluss zur Geltung.

Damit wäre der Entladungsvorgang physikalisch betrachtet worden.

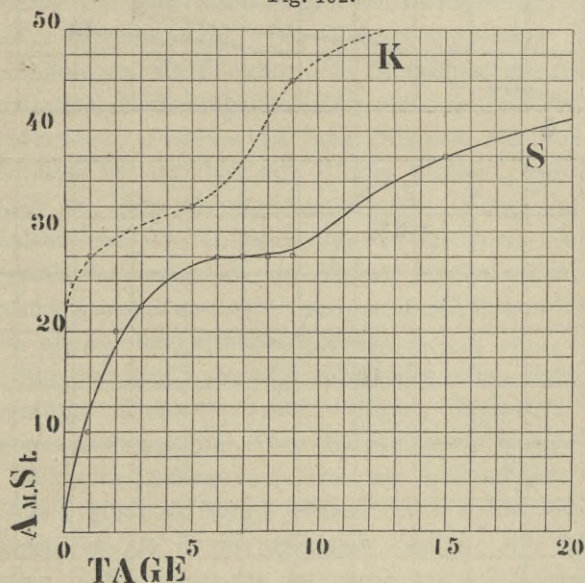
Die Ladung des Accumulators stellt sich als eine in umgekehrter Richtung vor sich gehende Abwicklung der eben geschilderten Vorgänge dar. Durch die Zufuhr von Elektrizität wird die Bleischwammplatte derart elektrisch geladen, dass Wasserstoff angezogen und die früher absorbierten Sauerstoffatome eliminiert werden. Diese treten, wieder negativ-elektrisch geladen, in die Lösung über. Bei der Superoxydelektrode wird durch die Zufuhr positiver Elektrizität Sauerstoff aus der „Grenzschicht“ angezogen, der unter entsprechender Abgabe negativer Elektrizität sich mit dem während der Entladung gebildeten Bleioxyd zu Superoxyd verbindet. — Dies ist eine physikalische Deutung der Ladung. Dabei ist aber, ebenso wenig als bei der Betrachtung der Entladung, der von den Elektroden absorbierten, bzw. wieder abgegebenen Schwefelsäure gedacht worden. Dass diese „Sulfatbildung“ auf sekundären, dem prinzipiellen Wesen des Accumulators fernstehenden Prozessen beruht, ist bereits dargelegt worden.

Mit L. Pfaundler werde angenommen, dass die bei Accumulatoren übliche Schwefelsäure von 1,20 spez. Gew. Schwefelsäurebihydrat ($H_2SO_4 \cdot H_2O$) enthalte. Die Umlagerung der Atome, welche mit dem gleichzeitigen Transport oder der Fortpflanzung von Elektrizität verbunden ist, wird vielleicht durch nachstehendes Formelbild versinnlicht:

Schade ist, dass durch die neuere Richtung, welche die elektrochemische Forschung genommen hat, das Interesse von Problemen, welche nicht nur wissenschaftlich, sondern auch technisch interessant sind, abgelenkt wurde.

Es ist eine wohlbekannte Erscheinung, dass die Bleiträger der Superoxydelektroden im Verlauf der Zeit selbst in

Fig. 192.

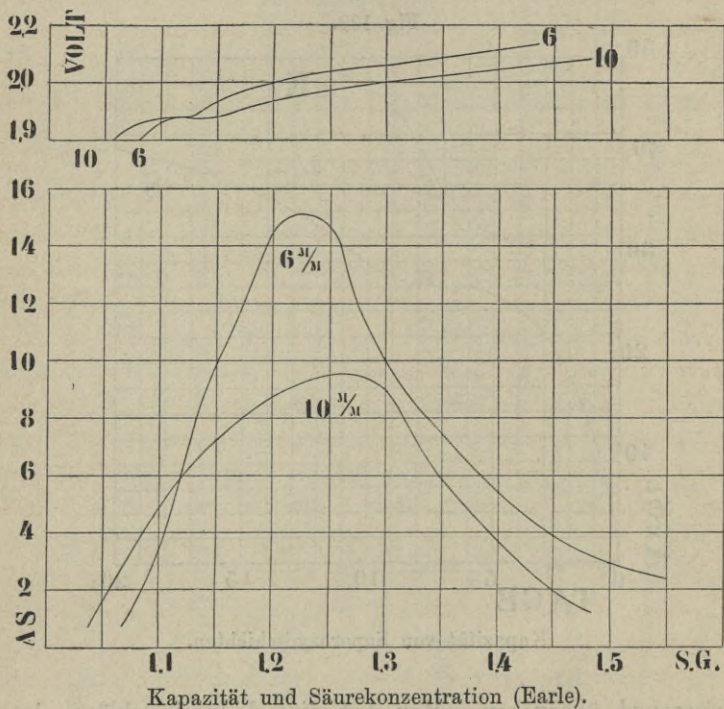


Kapazität von Superoxydschichten.

Superoxyd übergehen. Man hat dies dadurch erklärt, dass man sagte, das Superoxyd bilde mit dem darunter liegenden Blei und der anwesenden verdünnten Schwefelsäure eine Kette, deren Tendenz die Oxydation des Bleies sei. Die näheren Eigenschaften dieser Kette sind aber noch wenig bekannt. Ein Widerspruch scheint dabei noch darin enthalten, dass Bleianoden in reiner, mässig verdünnter Schwefelsäure, wenn die Elektrolyse ununterbrochen andauert, länger der Superoxydation widerstehen, als solche, die z. B. nach Planté

formiert werden. — Fig. 192 gibt das Fortschreiten der Superoxydbildung bei zwei Versuchen an, wobei in dem durch Kurve S bezeichneten 25 %ige Schwefelsäure und in dem durch Kurve K bezeichneten Falle gesättigtes Kalkwasser als Elektrolyt diente. Stromstärke, Temperatur, Elektrodenoberfläche etc.

Fig. 193.



waren in beiden Fällen identisch und der ganze Unterschied nur in der Verschiedenheit des Elektrolyten bestehend.

Ueber den Einfluss der Säurekonzentration auf die Kapazität hat Earle an Elementen der Chloride-Accumulator-Co. (s. S. 212) Versuche gemacht mit zwei verschiedenen Plattendicken. Die Resultate sind in Fig. 193 graphisch aufgezeichnet. Die Stromstärke der Entladung betrug ca. 1,00 Amperè pro Kilo Plattengewicht; auf das Gewicht Füllmaterial

bezogen war die Stromstärke bei beiden Elementen, demjenigen mit 6 mm dicken und dem mit 10 mm dicken Platten, gleich gross. Dagegen war die Oberfläche bei dem dünnplattigen Element entsprechend grösser.

Maximale Kapazität, ca. 15 Ampèrestunden pro Kilo Plattengewicht, zeigt das Element mit dünnen Platten bei 1,23 spez. Gew. der Schwefelsäure, während die maximale Kapazität bei dem dickplattigen Accumulator mit 1,27 Säuregewicht erreicht wird. Die Klemmenspannung der beiden Accumulatoren als Funktion der Säurekonzentration (bei der betreffenden Entladungsintensität) ist ebenfalls in Fig. 193 aufgezeichnet. Dieselbe ist beim Element mit 6 mm Platten stets höher als bei dem mit 10 mm Platten, was daraus erklärlich ist, dass die dünneren Platten infolge der grösseren Planoberfläche der Diffusion des Elektrolyten eine grössere Angriffsfläche boten als die dicken Platten und daher die Durchträngungssäure sich entsprechend konzentrierter einstellte als bei den dickeren Platten.

Nur bei den schwächeren Säuren zeigt sich, dass das dickplattige Element sowohl höhere Kapazität als auch Klemmenspannung hat, was Earle damit erklärt, dass in den dickeren Platten noch von der Ladung her eine entsprechend grössere Menge konzentrierter Schwefelsäure sitzen geblieben sei als in den dünneren Platten, was wieder vollkommen im Einklang mit der verringerten Diffusionsfähigkeit der dickeren Platten steht.

Leider hat Earle seine Untersuchungen nicht auf die Elektroden, jede einzeln für sich betrachtet, ausgedehnt. Derartiges Vorgehen müsste einen ungleich besseren Einblick in die Verhältnisse erlauben, als dies jetzt der Fall ist.

Kapitel XIII.

Andere reversible galvanische Kombinationen.

Bleischwamm-Schwefelsäure-Bleisuperoxyd ist die einzige Kombination, welche sich als technisch gebrauchsfähig erwiesen hat. Von anderen umkehrbaren Ketten ist in erster Linie der Zink-Kupfer-Accumulator zu erwähnen, die Kombination Zink-Kalilauge-Kupferoxydul. Bei der Entladung löst sich Zink auf und das Kupferoxydul wird zu Schwammkupfer reduziert. Die Ladung bewirkt Regeneration der erwähnten Körper, welche indessen nicht mit so hohem Wirkungsgrad resp. Nutzeffekt, wie beim Bleiaccumulator verläuft. Eine genauere Betrachtung dieses Accumulators findet sich im III. Teil der „Sekundär-Elemente“ (Knapp, Halle a./S.) und kann daher hier um so eher unterbleiben, als derselbe keine praktische Anwendung mehr findet.

Die elektromotorische Kraft des geladenen Elements ist 0,90 Volt, wenn die Kalilauge, welche als Elektrolyt dient, mit Zinkoxyd beinahe gesättigt ist. Die Klemmenspannung bei der Entladung schwankt, entsprechend der Entladungsintensität, zwischen 0,85 und 0,75 Volt am Anfang der Entladung und kann am Schluss derselben auf die Hälfte des Anfangswertes sinken. Bei der Ladung mit mässiger Stromstärke bewegt sich die Klemmenspannung um 0,95 am Anfang und 1,05 Volt am Schluss der Operation. Dabei ist sowohl während der Entladung als Ladung die Temperatur des Elektro-

lyts auf ca. 55° C. zu erhalten, da bei niedrigeren Temperaturen die chemischen Prozesse nicht mehr in dem Grade reversibel sind, als für den Gebrauch des Elementes wünschenswert ist.

Die Kapazität eines vom Verfasser geprüften Accumulators — System Wadell-Entz (New York) — betrug bei 20 Ampère Entladung und 10 Ampère Ladung, 80 Ampèrestunden oder 61 Wattstunden, wobei die mittlere Entladungsspannung 0,77 Volt betrug. Mit 11 Ampère entladen, zeigte der Accumulator 0,81 Volt mittlere Klemmenspannung und 100 Ampèrestunden oder 81 Wattstunden Kapazität. Die Gewichtsverhältnisse dieses Elementes waren:

Kupferelektrode (Anode)	1,276 kg
Gegenelektrode (2 Stahlbleche)	0,482 „
Elektrolyt (Lösung von Zinkoxydkali)	1,644 „
Gefäß aus Eisenblech	0,737 „
Totalgewicht	4,139 kg.

Pro Kilogramm Zellgewicht entfallen 15 bis 20 Wattstunden Kapazität, eine Leistung, die jetzt von mehreren Blei-Accumulatorsystemen nicht nur erreicht, sondern sogar übertroffen wird. — Es ist versucht worden, an Stelle des Zinks Kadmium zu setzen und die Kombination Kadmium-Kalilauge-Kupferoxydul zu verwenden, ebenfalls ohne Erfolg.

Aehnliches Schicksal ist dem Zink-Blei-Accumulator zu Teil geworden. Jener wird erhalten, wenn an Stelle der Schwammelektrode im Bleiaccumulator Zinkplatten gesetzt werden und die verdünnte Schwefelsäure etwas Zinksulfat und Quecksilbersulfat zugesetzt erhält. — Bei der Entladung löst sich Zink auf, bei der Ladung wird Zink wieder niedergeschlagen. Die Superoxydelektrode verhält sich wie im gewöhnlichen Blei-Accumulator. Die elektromotorische Kraft des Elementes ist ca. 2,45 Volt, die Klemmenspannung, entsprechend der Entladungsintensität 2,30 Volt, und niedriger. Die Kapazität solcher Accumulatoren stellt sich, infolge der höheren elektromotorischen Kraft und des geringeren Gewichtes der Zinkelektroden (im Verhältnis zu den Bleischwamm-

platten), etwas höher als bei gewöhnlichen Blei-Accumulatoren. Andererseits ist der Nutzeffekt dieser Kombination niedriger als bei letzteren und die Ladung, resp. Umkehrbarkeit der Zinkelektrode ist praktisch mangelhaft. Dies rührt besonders davon her, dass der Elektrolyt, wenn auch nur minimale Spuren, Blei (als Sulfat) aufgelöst enthält und dadurch alsbald Spuren von Blei auf dem Zink niedergeschlagen werden. Diese genügen, um lebhafte Lokalaktion, d. h. Auflösung des Zinks auch bei offenem Stromkreis, herbeizuführen, wodurch die Zinkelektrode sich selbst entladet. Die Ladung an der Zinkelektrode ist, wenn der Betrag der Lokalaktion entsprechend hoch ist, dann nicht mehr möglich.

Ein Antimon-Blei-Accumulator ist in neuester Zeit (*Eclairage électrique*, 1898, S. 555) von Darrieus hergestellt und untersucht worden. Bei diesem ist die Bleischwamm-elektrode im gewöhnlichen Sammler durch eine Elektrode aus Antimonschwamm ersetzt worden.

Die elektromotorische Kraft dieser Kombination ist circa 1,64 Volt. Mit mässiger Stromstärke entladen, stellt sich die Klemmenspannung anfänglich auf 1,45 Volt ein und sinkt in derselben Weise, wie beim gewöhnlichen Accumulator allmählich ab, um, bei 1,20 Volt angekommen, rasch abzufallen.

Ein kleines Element mit zwei Superoxyd- und drei Antimonplättchen von je 1 qdm Oberfläche zeigte, mit 1,75 Ampère entladen, 1,45 Volt mittlere Klemmenspannung und 59 Ampèrestunden Kapazität. Wurden die Antimonplatten durch gewöhnliche Bleischwammplättchen desselben Formats ersetzt, so sank die Kapazität des Elementes auf 36 Ampèrestunden (bei 1,92 Volt mittlerer Klemmenspannung). Ein Antimonplättchen (von 6 mm Dicke) wog 316 g, wovon 200 g auf den Antimonschwamm und 116 g auf den Bleiträger entfielen.

Nachdem die Bleischwammplättchen etwa das anderthalbfache Gewicht haben, stellt sich die Kapazität des Antimon-Accumulators höher als die des Bleisammlers. Dagegen ist

der Nutzeffekt nach Darrieus so gering (57% im Maximum), dass dadurch schon die technische Verwendbarkeit dieser Kombination entfällt. — Die Vorgänge auf der Superoxydelektrode während der Ladung und Entladung sind dieselben wie beim Bleisammler. Von den Antimonschwammplatten wird bei der Entladung Sauerstoff aufgenommen, aber keine Schwefelsäure, auch nur in nachweisbarer Menge.

Wird der geladenen Antimonplatte eine Bleischwammplatte in verdünnter Schwefelsäure gegenübergestellt, so zeigt sich die elektromotorische Kraft zu 0,34 Volt. Dieser Wert, zu demjenigen für die elektromotorische Kraft des Antimon-Accumulators (1,64) addiert, ergibt die Zahl 1,98, welche der elektromotorischen Kraft des Bleisammlers entspricht. Es geht hieraus die Analogie zwischen dem Antimon- und Bleisammler hervor, aus welcher andererseits wieder eine weitere Bekräftigung der von Darrieus aufgestellten Theorie resultiert.

Ebenso hat Darrieus einen Wismut-Accumulator aufgebaut und näher betrachtet und findet die elektromotorische Kraft zu 1,65 Volt, die Klemmenspannung bei mässiger Entladungsintensität 1,42 Volt. Bei der Entladung dieser Kombination: Wismutschwamm-Schwefelsäure-Bleisuperoxyd sinkt die Säuredichte ebensowenig als beim Antimon-Accumulator, und der entladene Wismutschwamm enthält vermutlich Wismutoxydul, keinesfalls aber Sulfate.

Ueber die Kette Platinschwamm-Schwefelsäure-Bleisuperoxyd macht Darrieus die Angabe, dass die elektromotorische Kraft 0,35 Volt betrage, bei der Ladung die Klemmenspannung aber alsbald auf 2,48 Volt ansteige, wobei an beiden Elektroden Gasentwicklung stattfindet. Nach Unterbrechung des Ladestroms sinkt die Potentialdifferenz zwischen den Polen dieser Kombination sprunghaft auf 1,90, 1,69, 0,68 Volt und dann allmählich auf 0,35 Volt. —

Damit erscheinen diejenigen galvanischer Kombination, welche vermöge ihrer Reversibilität noch am ehesten Aussicht auf praktische Verwendung boten, erschöpft. Bei sämtlichen ist der Nutzeffekt im Verhältnis zum Bleisammler gering,

während die meisten nur unter besonderen Vorsichtsmassregeln überhaupt regeneriert werden können. (Beim Zink-Kupfer-Sammler ist der Elektrolyt zu erwärmen.)

Eine grössere Zahl galvanischer Kombinationen findet sich noch in der Litteratur als reversibel angeführt.

Sinsteden (Pogg. Ann., Bd. 92, S. 19) gibt schon bekannt, dass Silberbleche und Nickelbleche nächst Bleiblechen die stärksten sekundären Ströme liefern; es sind dies die Kombinationen:

Silber-Schwefelsäure-Silbersuperoxyd.

Nickel-Schwefelsäure-Nickelsuperoxyd.

Ueberhaupt meint Sinsteden, seien alle die Metalle, welche Superoxyde bilden, zur Abgabe von Polarisationsströmen geeignet. In der That finden sich auch diese Superoxyde fast vollzählig in den später zu Tage geförderten Kombinationen. Es kommen in Betracht neben den schon genannten Superoxyden: Wismutsuperoxyd, Kupfersuperoxyd, Mangansuperoxyd, Baryumsuperoxyd, Kobaltsuperoxyd, welche in neutralen oder alkalischen Elektrolyten beständig sind.

Von anderen Oxydationsstufen, die immerhin guten Depolarisatoren entsprechen, sind zu nennen: Kupferoxydul, Kupferoxyd, Quecksilberoxyd, Silberoxyd, Zinnsäure, Eisenoxyduloxyd, Wolframsäure, Phosphormolybdänsäure, Lithiumsuperoxyd.

Als Salze sind für denselben Zweck in Vorschlag gekommen: Quecksilberoxydulsulfat, Chlorsilber, Chromate, Manganate, während für die Gegenelektrode ausser den schwammförmigen Metallen Blei, Wismut, Antimon, noch Zink, Kadmium, Eisen, Quecksilber oder Amalgam, Kupfer, Zinn, Aluminium, Magnesium, Mangan genannt worden sind. Hierbei soll der Elektrolyt immer so gewählt werden, dass sich bei der Entladung womöglich unlösliche Verbindungen an den Elektroden bilden.

Als Elektrolyte sind Lösungen von Schwefelsäure, Borsäure, Phosphorsäure, Chromsäure, Alkalibisulfate, Zinksulfat, Salmiak, Chlorcalcium, Chlorzink,

Chromaten, Boraten, Phosphorsalz, Jodzink, Molybdaten, Wolframaten, Kupfersulfat; ferner Kalilauge, Natronlauge, Ammoniak, Barythydrat, Zinkoxydkali, Bleioxydkali, Wasserglas, Ammonkarbonat, Jodammonium, rotes Blutlaugensalz, Eisenchlorid erwähnt.

Kohle, Graphit, Koks finden sich sehr häufig als leitende Unterlagen für Accumulatorelektroden in Patentschriften aufgeführt, doch können diese Materialien wohl niemals in reversiblen Kombinationen verwendet werden, da Sauerstoff sich mit denselben chemisch verbindet, und die entstandenen Körper denselben nicht mehr abgeben.

Reversible Elemente lassen sich auch erhalten, wenn die chemisch aktiven Substanzen an den Elektroden löslich sind. So ist von Roberts vorgeschlagen worden, Eisenbleche als leitende Elektroden mit Eisenchlorürlösung zu umgeben. Bei der Ladung dieser Kombination soll sich einerseits Eisenchloridlösung bilden und andererseits Eisen neben freier Salzsäure. Bei der Entladung entsteht an beiden Elektroden Eisenchlorür.

Besteht die eine Elektrode aus Platinblech, welches mit Mangansäurelösung, die andere Elektrode ebenfalls aus Platinblech, das mit Manganchlorürlösung umgeben ist, so entsteht bei der Entladung an beiden Blechen dieselbe Oxydationsstufe des Mangans, und bei der Ladung wird der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt.

Die Geschichte des Zink-Kupfer-Accumulators, sowie des Zink-Blei-Sammlers lehrt, dass mehrere günstige Umstände zusammentreffen müssen, damit eine reversible Kombination zur Aufspeicherung von Elektrizität mit Vorteil benützt werden kann. Schon diejenigen unter den bekannten galvanischen Ketten sind selten, deren Reversibilität mit acceptablem Nutzeffekt durchgeführt werden kann. Abgesehen von den edeln Metallen, deren Preis an und für sich allgemeinere Verwendung für Accumulatoren ausschliesst, sind aber die Metalle, von denen Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung von Sauerstoff oder Ozon erwartet werden darf, selten. Solange aber

wässrige Lösungen als Elektrolyte in Betracht kommen, muss diese Beständigkeit der Elektrodenleiter vorhanden sein, was immer auch die Natur des im Wasser gelösten Elektrolytes sein möge.

Nachdem die geschmolzenen, heissflüssigen Salze ebenfalls wenig verlockende Aussichten bieten, würde erst dann die Frage der Elektrizitätsaufspeicherung in ein neues Stadium treten, wenn an Stelle des Wassers andere Lösungsmittel zur Herstellung des Elektrolyten dienen.

Die chemischen Vorgänge, welche die Quelle der Elektrizitätsentwicklung und Stromspeicherung sind, bilden zu gleicher Zeit die Quelle des nach kürzerer oder längerer Zeit eintretenden Zerfalles der Elektroden, so dass man treffend von der „Lebensdauer“ oder dem voraussichtlichen „Alter“ von Accumulatoren spricht.

Prozentgehalt und spezifisches Gewicht verdünnter
Schwefelsäure bei + 15 Grad C. (Kolb).

Grad Beaumé	Spezifisches Gewicht	Anhydrid SO ₃	Schwefel- säure H ₂ SO ₄	Säure von		Grad Beaumé	Spezifisches Gewicht	Anhydrid SO ₃	Schwefel- säure H ₂ SO ₄	Säure von	
				60°	53°					60°	53°
0	1,000	0,7	0,9	1,2	1,3	34	1,308	32,8	40,2	51,5	60,0
1	1,007	1,5	1,9	2,4	2,8	35	1,322	33,8	41,6	53,3	62,1
2	1,014	2,3	2,8	3,6	4,2	36	1,332	35,1	43,0	55,1	64,2
3	1,022	3,1	3,8	4,9	5,7	37	1,345	36,2	44,4	56,9	66,3
4	1,029	3,9	4,8	6,1	7,2	38	1,357	37,2	45,5	58,3	67,9
5	1,037	4,7	5,8	7,4	8,7	39	1,370	38,3	46,9	60,0	70,0
6	1,045	5,6	6,8	8,7	10,2	40	1,383	39,5	48,3	61,9	72,1
7	1,052	6,4	7,8	10,0	11,7	41	1,397	40,7	49,8	63,8	74,3
8	1,060	7,2	8,8	11,3	13,1	42	1,410	41,8	51,2	65,6	76,4
9	1,067	8,0	9,8	12,6	14,6	43	1,424	42,9	52,2	67,4	78,5
10	1,075	8,8	10,8	13,8	16,1	44	1,438	44,1	54,0	69,1	80,6
11	1,083	9,7	11,9	15,2	17,8	45	1,453	45,2	55,4	70,9	82,7
12	1,091	10,6	13,0	16,7	19,4	46	1,468	46,4	56,9	72,9	84,9
13	1,100	11,5	14,1	18,1	21,0	47	1,483	47,6	58,3	74,7	87,0
14	1,108	12,4	15,2	19,5	22,7	48	1,498	48,7	59,6	76,3	89,0
15	1,116	13,2	16,2	20,7	24,2	49	1,514	49,8	61,0	78,1	91,0
16	1,125	14,1	17,3	22,2	25,8	50	1,530	51,0	62,5	80,0	93,3
17	1,134	15,1	18,5	23,7	27,6	51	1,540	52,2	64,0	82,0	95,5
18	1,142	16,0	19,6	25,1	29,2	52	1,563	53,5	65,5	83,9	97,8
19	1,152	17,0	20,8	26,6	31,0	53	1,580	54,9	67,0	85,8	100,0
20	1,162	18,0	22,2	28,4	33,1	54	1,597	56,0	68,0	87,8	102,4
21	1,171	19,0	23,3	29,8	34,8	55	1,615	57,1	70,0	89,6	104,5
22	1,180	20,0	24,5	31,4	36,6	56	1,634	58,4	71,6	91,7	106,9
23	1,190	21,1	25,8	33,0	38,5	57	1,672	59,7	73,2	93,7	109,2
24	1,200	22,1	27,1	34,7	40,5	58	1,671	61,0	74,7	95,7	111,5
25	1,210	23,2	28,4	36,4	42,4	59	1,691	62,4	76,4	97,8	114,0
26	1,220	24,2	29,6	37,9	44,2	60	1,711	63,8	78,1	100,0	116,6
27	1,231	25,3	31,0	39,7	46,3	61	1,732	65,2	79,0	102,3	119,2
28	1,241	26,3	32,2	41,2	48,1	62	1,753	66,7	81,7	104,6	121,9
29	1,252	27,3	33,4	42,8	49,9	63	1,774	68,7	84,1	107,7	125,5
30	1,263	28,3	34,7	44,4	51,8	64	1,796	70,6	86,5	110,8	129,1
31	1,274	29,4	36,0	46,1	53,7	65	1,819	73,2	89,7	114,8	138,8
32	1,285	30,5	37,4	47,9	55,8	66	1,842	81,6	100,0	128,0	149,3
33	1,297	31,7	38,8	49,7	57,9						

Element	Verbindungsreihe	Atomgewicht	Aequivalentgewicht	Elektroch. Aequivalent p. Sek.-Amp. (mg)
Aluminium	—	27,04	9,01	0,0938
Antimon	a.-ige Säure	119,6	39,87	0,4151
Arsen	a.-ige Säure	74,9	24,97	0,260
Baryum	—	136,9	68,45	0,7123
Beryllium	oxyd	9,08	4,54	0,0473
Blei	—	206,4	103,2	1,0744
Bor	—	10,9	3,63	0,0378
Brom	—	79,75	79,75	0,8303
Calcium	—	39,91	19,95	0,2077
Chlor	—	35,37	35,37	0,3682
Chrom	oxydul	52,4	26,2	0,2728
	oxyd	52,4	17,47	0,1819
Eisen	oxydul	55,88	27,94	0,2909
	oxyd	55,88	18,63	0,1940
Fluor	—	19,1	19,01	0,1989
Gold	oxyd	196,7	65,57	0,6827
Jod	—	126,54	126,54	1,3174
Kadmium	—	111,7	55,85	0,5814
Kalium	—	39,03	39,03	0,4064
Kobalt	oxydul	58,6	29,3	0,3050
	oxyd	58,6	19,53	0,2033
Kohlenstoff	—	11,97	2,99	0,03113
Kupfer	oxydul	63,18	63,18	0,6578
	oxyd	63,18	31,59	0,3289
Lithium	—	7,01	7,01	0,07298
Magnesium	—	24,30	12,15	0,1265
Mangan	oxydul	54,8	27,4	0,2853
	oxyd	54,8	18,27	0,1902
Natrium	—	23,0	23,0	0,2394
Nickel	oxydul	58,6	29,3	0,3050
	oxyd	58,6	19,53	0,2033
Palladium	oxydul	106,2	53,1	0,5528
Phosphor	ph.-ige Säure	30,96	10,32	0,1074
Platin	oxyd	194,3	48,77	0,5078
	oxydul	199,8	199,8	2,080
Quecksilber	oxyd	199,8	99,9	1,040
Sauerstoff	—	15,96	7,98	0,08308
Schwefel	—	31,98	15,99	0,1664
Selen	s.-ige Säure	78,0	39,5	0,4112
Silber	—	107,66	107,66	1,1183
Silicium	—	28,3	7,07	0,0736
Stickstoff	Salpet. Säure	14,01	4,67	0,0486
Strontium	—	87,3	43,65	0,4545
Tellur	t.-ige Säure	125	62,5	0,651
Thallium	—	203,7	101,85	1,0604
Titan	—	48	12	0,102
Wasserstoff	—	1	1	0,010411
Wismut	oxyd	207,3	69,1	0,7194
Zink	—	65,1	32,55	0,3389
Zinn	oxydul	118,8	59,4	0,6184



Register.

A.

- Accumulator der A.-F.-A.-G. Berlin**
142. 348.
- der American-Battery-Co.* 359.
- der Austria-Accumulatorfabrik**
377. 394.
- der Chloride-Accumulator-Co.**
110. 212. 351.
- Correns, Erich** 339. 376.
- Elektrizitätsgesellschaft Geln-
hausen* 163.
- Electrical Power Storage-Co.**
352. 356.
- -Fabrik Oerlikon* 372.
- Frankfurter Accumulatoren-
werke** 151. 341.
- von Hladik-Grünwaldt* 113.
- von Kabath* 129.
- von Kayser & Co., Berlin** 334.
376.
- der Kölner Accumulatorenwerke*
344.
- konzentrischer* 308.
- mit porösen Thonzellen* 307.
- mit symetrischer Stromführung*
370.
- der Watt-Accumulatorenwerke*
110.
- Actives Material, s. Bleischwamm
resp. Superoxyd.
- Aequivalentgewichte 508.
- Ampèremessung** 427. 465. 478.
- A.-F.-A.-G.-Accumulator, Ent-
ladungsbilder** 453. 454.
- Ladungskurven* 464.
- Verhältnisse beim 452.

- Allotropisches Blei 487.
- Aluminium-Elemente als Trans-
formatoren 277.
- Antimon-Accumulator 502.
- Eigenschaften, Analyse, Roh-,
raff. 12.
- Aräometer* 270.
- Atomgewichte 508.
- Austria-Accumulator, Entladungs-
bild* 448.
- Ladungskurven* 464.
- Messungen am 447.
- Verhältnisse beim 445.
- Automatischer Ein- und Ausschalter
397.
- Unterbrecher 259.

B.

- Bandsäge* 388.
- Batterie der Chloride-Accumulator-
Co.* 391.
- für Eisenbahnwagenbeleuch-
tung* 366.
- der Hafencentrale Mannheim*
346.
- Bedienungsvorschrift der A.-F.-A.-G.,
Berlin 349.
- der E.-P.-S.-Co., London 353.
- der Frankfurter Accumulatoren-
werke 342.
- der Kölner Accumulatorenwerke
345.
- der Tudor-Ges., Brüssel 350.
- von Kayser & Co., Berlin 336.
- Bindemittel für Füllmassen 217.
- Blei, Erz-, Analyse 7.

Blei, Hart-, quantitative Untersuchung 7. 10.
 — Nachweis von Kupfer, Silber, Mangan in 11.
 — Roh-, Prüfung, Analyse 7. 8.
 — Weich-, Analyse, Prüfung, Eigenschaften 7. 10.
 — Werk-, Untersuchung 8.
 Bleiglätte, Nachweis von Kieselsäure, Chlor, Mangan, Kupfer 15. 16. 17.
 — Unreinheiten in, Prüfung von 13. 15.
 Bleihobeln 65.
 Bleilötung mit Wasserstoff 269.
 Bleilot 61.
 Bleiorange 14.
 Bleiprägen nach Klüppel 57.
 Bleipressen, hydraulische, F. Krupp* 53.
 — nach Berks-Renger* 55.
 Bleisäure (Bleisuperoxydhydrat) 198.
 Bleischaber* 242.
 Bleischaum 156.
 Bleischmelzöfen** 49. 50.
 Bleistanze* 64.
 Bleistaub, Herstellung von* 18.
 Bleistreifen, gestanzte* 63.
 Bleisuboxyd 19.
 Bleisulfat, Elektrolyse von 489.
 Bleisuperoxyd, Leitfähigkeit von, Konstitution 125. 199.
 — (s. Träger für) 122.
 Bleiwalzen nach Pollak* 60.
 Bleiweiss, Unreinheiten in 22.
 Bleiwolle* 156.
 Bohrmaschine, mit elektrischem Antrieb* 390.

C.

Carhart, Electrical-Measurements 471.
 Celluloidgefässe* 360.
 Chemische Prüfung, s. Glätte, Blei, Schwefelsäure.
 Chromsäure-Accumulator 504.
 Correns-Gitter* 95.

D.

Dreieckgitter mit Hohlkehlen* 174.
 Diffusionsgeschwindigkeit 208.
 Diffusion beim Gülcher-Accumulator 237.

Doppelzellenschalter* (Schuckert) 401.
 — automatischer 403.
 — — mit Funkenlöscher* 404.
 — — — Schema für* 405.
 Dreifachzellenschalter* 407.
 — Schema für* 408.
 Dynamo-Schaltung* 321. 354. 395.

E.

Ebonitgefässe* 360.
 Einfachzellenschalter* 400.
 Einheits-Accumulator, Reduktion auf 449.
 Einheits-Elektrode, Reduktion auf 450.
 Eisen-Accumulator 505.
 Eisenbahnwagenbatterie, Ladung von 367.
 Eisenbahnwagenbeleuchtung 365.
 Elektrochemische Aequivalente 508.
 — Reinigungsmethode 20.
 — Wirkungsgrad 411.
 Elektrische Leitfähigkeit von Bleisuperoxyd 195.
 — Schiffe 373.
 Elektroden nach Kabath* 128.
 — nach Planté 126.
 — Gerippe (s. Träger, Gitter), Anforderungen an 33.
 Elektrolyte, verschiedene 286. 504.
 Elektromotorische Kraft 429.
 — — Abfall der* 413.
 — — Messung der 436.
 — — Verteilung der 437.
 Entladung in Glaubersalzlösung 488.
 — Bilder 444. 448. 454. 457. 462.
 — Versuchsanordnung zur** 427. 466.
 Entwicklung des Tudor-Accumulators 136.

F.

Fahrgestell* 254.
 Formation 240.
 — autogene (Swan, Epstein, Reckenzaun, Sellon) 288.
 — beschleunigte (Hering, Swinburne, Pfüger, Schoop) 289.
 — in Bittersalzlösung 275.
 — gleichzeitige beider Elektroden 275.

Formation mit Kalichlorat, Beispiel 290.
 — mit konstanter Spannung 270.
 — Patent Nr. 84423, Nachprüfung des 298.
 — Raum für* 253.
 — Schaltschema für* 257.
 — Schalttafel für* 262.
 — Schema für Wechselstrom* 276.
 — Uebersicht der D. R.-P. über 291.
 — — — — Bemerkungen dazu 297.
 — von Schwammplatten (E.-P.-S.) 241.
 — — — — Beispiel 244.
 — von Superoxydplatten 247.
 — — — — Beispiel 248.
 Formiereinrichtungen 250.
 Formiergefäße** 263. 277.
 — Anordnung der* 243.
 Formiertabelle 273.
 Formierversuche* 282.
 Fräse mit elektrischem Antrieb* 173.
 Füllmassen 175.
 — aus Bleiglätte und Bittersalz 182.
 — — — — und Glycerinschwefelsäure 179.
 — — — — und Schwefelsäure 176.
 — — — — und Zinkvitriol 194.
 — aus Bleistaub und Wasser 180.
 — aus Mennige und Glycerinschwefelsäure 180.
 — — — — und Pyridin 194.
 — — — — und Schwefelsäure 178.
 — Perforieren von 207.
 — Porosität von 195.
 — Uebersicht der D. R.-P. über 218.
 — — der Bemerkungen dazu 226.

G.

Galvanische Verbleiung (s. Formierpatent Höpfner).
 Gegenelektromotorische Kraft 467.
 Gelatinöse Kieselsäure 310.
 Gelatinierte Schwefelsäure 311.
 — — Füllung von Accumulatoren mit 312.
 Gemischter Betrieb bei Tramwagen 363.
 Gleichrichter für Wechselstrom 276.
 Giessen von Gittern 37.
 — von Trägern nach A. Reckenzaun 35.

Gitter, A.-F.-A.-G. Berlin 1894* 90.
 — — — — 1895* 116.
 — — — — 1897* 90.
 — der Austria-Accumulatorenfabrik, negativ* 114.
 — — — — positiv* 115.
 — der Kölner Accumulatorenwerke* 97.
 — Gewichtsverhältnisse verschiedener 118.
 — Sechseck-, von Swan* 89.
 — spanisches* 92.
 — Uebersicht der D. R.-P. über 119.
 — Bemerkungen dazu 118.
 — von Bleiwerk, Morian & Co. 105.
 — — — — E. Correns* 195.
 — — — — Dreieck, Oerlikon 84.
 — — — — E.-P.-S., negativ* 76.
 — — — — — positiv* 77.
 — — — — für Traktion* 82.
 — von Hartung* 103.
 — von Hladik-Grunewaldt* 112.
 — von Schulze, Strassburg* 116.
 Graphische Darstellung (s. Entladungsbilder).
 Grubenlampe, elektrische* 380. 381.
 — — Ladung von 382.
 Gülcher-Accumulator, Gebrauchsanweisung 384.
 — Entladungsbilder vom* 457.
 — Ladungskurven vom* 464.
 — Verhältnisse beim 456.
 Gummiwalze* 176.
 Gussformen für Volkmar-Gitter** 38.
 — von E. Correns** 41.
 — D. R.-P. über 46.
 Guss, Weichblei, Eigenschaften 34.
 — Hartblei, Eigenschaften 33.

H.

Handpastung 176.
 Hartbleigefäss* 394.
 Hebelschalter (Schuckert*) 258.
 Hobelmaschine mit elektrischem Antrieb* 362.
 Hobelmesser-Schärfmaschine* 392.
 Hobel- und Abrichtmaschine* 389.
 Holzgestelle* 387.
 Holzkasten mit Bleiausschlag 383.
 Horizontale Lage der Füllmasse 318.
 Hilfselektrode aus Kadmium 426.
 — aus Hg | Hg₂SO₄ 446.
 — Potentialdifferenz der 428.

I.

- Imprägnierung der Platten 272.
Isomeres Bleisuperoxyd 488.
Isolator* 255.

K.

- Kammersäure 23.
Kapazität und Porosität 305.
— des Antimon-Accumulators 502.
— des Oerlikon-Accumulators 84.
— eines Accumulators von Schulze 116.
— eines Pollak-Accumulators 151.
— eines Tudor-Accumulators 134.
— und Plattendicke 86.
— und Säurekonzentration 497.
— von Accumulatoren der A.-F.-A.-G. (1897) 143. 147.
— — — der Chloride-Accumulator-Co. 111.
— — — der Elieson-Accumulator-Co. 165.
— — — E.-P.-S.-Co., London 79.
— von Masseplatten 109.
— von Platten von Kayser & Co., Berlin 96.
— — — der Watt-Accumulatorenwerke 100.
— von Superoxyd-Zackenplatten 154.
— von Zink-Kupfer-Accumulatoren 501.
Kapillar-Elektrometer* 468.
Kapselelektroden 304.
— nach Woodward 306.
— Uebersicht der D. R.-P. über 312.
— — — Bemerkungen dazu 317.
— von Morian & Co.* 310.
— von Oblasser* 307.
— von Willard* 156.
Klemmenspannung 428.
Kniehebelpresse* 187.
Kupfervoltmeter* 472.

L.

- Ladung, Versuchsordnung zur* 466.
— einer Pufferbatterie 328.
Leitfähigkeit von Bittersalzlösungen 278.
Lichtbatterie, transportable* 379.

- Lokalaktionen in Blei-Accumulatoren 490.
Lötapparat, Wasserstoff* 325.
Luftgasometer* 267.

M.

- Marschner-Accumulator, Entladungsbild* 444.
— Messungen am 440.
— Verhältnisse beim 437.
Maschinenraum der Kölner Accumulatorenwerke* 251.
Masseplatten der Berliner Accumulatorenfabrik* 108.
— von A. Böse* 106.
— von Marschner* 107.
Mechanisches Einpressen der Füllmasse 186.
Mennige 14.
Messband 476.
Messbatterie** 367.
— Tragkasten für* 368.
Messdraht, Kalibrierung* 479.
Messungen, vergleichende Darstellung der 449.
Minium 14.
Misch- und Knetmaschine** 183.184.

N.

- Negative Platten, s. Schwammplatten.
Neutralisierapparat* 268.
Normalelement, Helmholtz-Carhart* 471.
Nutzeffekt 412.

O.

- Oblasser-Accumulator, Entladungsbilder** 460.
— Ladungskurven* 464.
— Verhältnisse beim 462.
Oxyde, verschiedene 504.

P.

- Pasteinrichtung* 189.
Pastmaschinen 184.
Pastung für Bleischwamm 161.
Pastvorschrift für neutrale Mischungen 204.
Patentfrage 2.

- Patentübersicht, s. Füllmassen, Formation etc.
 Perforiermaschine** 214.
 Perforierte Platte* 209.
 Platin-Bleisuperoxyd 503.
 Platte, Superoxyd- der A.-F.-A.-G. Berlin* 139.
 — — der Electrochemical St.-B. Co.* 155.
 — — der El. Ges. Gelnhausen* 164.
 — — mit Zacken* 153.
 — — von Main* 131.
 — — von Winkler* 166.
 Polarisation, Messung der 436. 442.
 Poröse Scheidewände 304.
 Porosität von Bleischwammplatten 201.
 — von Superoxydplatten 203.
 Positive Platten, s. Platten, Träger.
 Potentialabfall, Messung des* 477. 478.
 Potentialdifferenz 428.
 Prüfungsbescheinigung 210.
 Pufferbatterie, Apparate für eine 322.
 — Aufstellung einer* 327.
 — Element für* 323.
 — Entladung 330.
 — Materialliste für eine 324.
 — Schaltschema für* 321.
 Pyrobleisäure 199.
- Q.**
- Quecksilberhilfselektrode, Messung mit 446.
 Quecksilber, Zusatz von, zum Accumulator 228.
- R.**
- Reckenzaun-Platte* 35.
 Reduktion, s. Formation.
 Registrierender Ampèremesser* 260.
 — Voltmesser* 261.
 Reservoir für neutrale Lösungen* 279.
 Reversible galv. Kombinationen 500.
 Rohmaterialien 6.
- S.**
- Säurekoeffizient* 429.
 Schaltschema* mit Doppelschalter* 395.
 Schoop, Handbuch der elektrischen Accumulatoren.
 Schaltschema der E.-P.-S. Co.* 354.
 Schwammplatten, Formation von 280.
 Schwefelsäure, verdünnte, elektrische Leitung in 493.
 — — — durch Umlagerungen 495.
 — — — — nach Clausius 492.
 — — — — nach Helmholtz 494.
 — — elektrolytische Reinigung von 25.
 — — Ionen in 491.
 — — Leitfähigkeit, stark verdünnter 491.
 — Hydrate nach Pfaundler 490.
 — Prüfung auf Chlor 23.
 — — auf Salpetersäure, Arsen 24.
 — — Prozentgehalt 507.
 Selbstentladung von Elektroden 27.
 — durch Platin, Palladium, Silber 28.
 — durch Eisen- und Mangansalze 29. 31.
 Siebmaschine* 181.
 Spannung, s. Klemmspannung.
 Stanzen von Blei 62.
 Starkstromunterbrecher* (Schuckert) 398.
 Stromstärke, Ermittlung der 478.
 Stromverteilung auf den Elektroden 281.
 Stromführung, symmetrische* 323. 374.
 Stützscheiben von E. Correns 335.
 Sulfion 197.
 Superoxydation von Blei* 497.
 Superoxyd, elektrisches 489.
 — -Elektrode, Bleisulfat in 489.
 — — der A.-F.-A.-G. Berlin* 140.
 — -Platten, Formation von 281.
 — — perforierte* 213.
 — -Träger der A.-F.-A.-G. Berlin 1891* 138.
 — — — — 1894*, 1896*, 1897* 144. 145. 146.
 — — von Berks-Renger** 158.
 — — von A. de Khotinsky** 159.
 — — von Pollak* 149.
 — — Vergleichung verschiedener 169.
 — — verschiedene 502.
 — — Vorbereitung der 172.
 — — Uebersicht der D. R. P. über 170.

T.

- Telegraphen-Accumulator* 309.
 Temperatur-Koeffizient* 430.
 Theorie von Darrius 487.
 Träger für Elektroden 67.
 — Anforderungen an 68.
 — — — für Bleischwamm 69.
 — nach E. Volkmar 74.

U.

- Ueberschwefelsäure 197. 489.
 Umschalter 260.
 Untersuchung, Dauerproben 421.
 — vergleichende, von Accumulato-
 ren 419.
 — eines Planté-Elements (Streintz)
 423.
 — eines Tudor-Elements (Streintz)*
 425.

V.

- Versuchsanordnung* 427. 466.
 Voltmeter-Kupfer* 472.
 Voltmeter-Weston* 425.

W.

- Waschvorrichtung* 378.
 Walzerei* 60.
 Wasser, destilliertes, Prüfung 25.
 Wasserstoffentwickler* 265.
 Wasserstofflötung 263.
 Widerstand von Accumulatoren nach
 Streintz 414, 432.
 — — — nach Hagen-Nernst* 433.
 — — — Verteilung des 416.
 — von 1 ccm Schwefelsäure* 434.
 Widerstände, Anfertigung der 474.
 — Kalibrierung* 478.
 Wismut-Accumulator 503.

Z.

- Zinkbleisammler 501.
 Zinkkupfersammler 500.
 Zirkulation, Accumulator mit* 378.
 Zusatz von Bimstein 161.
 Zusätze zum Elektrolyten 285.
 Zwickzange* 270.

S. 61

S-98

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-5371

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294757