

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

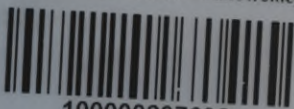


L. inw.

3367

4215600

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297638

xx
399

Wärme- und Brennmaterialien,
ihre Anwendung für industrielle Zwecke
und
Beschreibung der besten Rauchverbrennungs-Anlagen.

~~~~~  
**Ein Handbuch**

für

**Brennereien, Brauereien, Färberei- und Druckerei-**  
**besitzer, Mineralöl-, Gas-, Zucker-, Stearinkerzen- und**  
**Seifenfabriken**

so wie

überhaupt für industrielle Etablissements jeder Art.

Mit Benutzung der neuesten Literatur und nach eignen Erfahrungen  
für den praktischen Gebrauch bearbeitet

von

**H. Perutz**

technischem Chemiker und Fabriksdirigenten.



Mit 36 in den Text gedruckten Holzschnitten.

*Invent. sub Litt. D. I. № 227.*

Berlin, 1864.

Verlag von Julius Springer.

XX  
399

Wärme- und Brennstoffmaterialien  
ihre Anwendung für industrielle Zwecke

und

Beschreibung der besten Rauchverbrunnungs-Anlagen.

Ein Handbuch

von

Brennereien, Bränerien, Färbereien und Druckerien-  
besten, Mineralöl-, Gas-, Zucker-, Stearinkerzen- und  
Seifenfabriken

so wie

überhaupt für alle industriellen Anlagen der Art.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA

KRAKÓW

Mit Benutzung der neuesten Literatur und nach eigenen Erfahrungen  
für den praktischen Gebrauch bearbeitet

7933 II

H. Peritz

technischen Chemiker und Fabrikdirektor



Mit 80 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Verlag von Julius Springer

Berlin, 1884.

Verlag von Julius Springer

Alc. Nr.

347149

## Vorwort.

Der Zweck, welchen ich bei Abfassung dieser Abhandlung im Auge hatte, ist, auch dem mit der wissenschaftlichen Technik weniger Vertrauten ein vollständiges, leicht verständliches Handbuch des Nothwendigsten aus dem Gebiete der Pyrotechnik zu liefern, welches alle an dasselbe gerichtete Fragen genügend beantwortet. Die rationelle Anwendung der Wärme für industrielle Zwecke setzt eine genaue Kenntniss der hierbei zutreffenden Gesetze der Chemie, Physik und Mechanik voraus, welche bei Nichttechnikern in vielen Fällen nicht vorhanden ist.

Hinsichtlich der chemischen Gesetze ist es hauptsächlich nothwendig, den rein chemischen Process der Verbrennung zu kennen, in Folge dessen unsre Brennmaterialien, wie Holz, Torf, Kohlen etc. die verlangte Wärme liefern.

In physikalischer Beziehung hat man besonders vier Eigenschaften der Wärme zu kennen, da nur in diesem Falle eine rationelle Benutzung derselben möglich ist. Es sind dies die specifische, latente, Schmelz- und Verdampfungswärme der Körper.

Da endlich die Wärme zu so verschiedenen Zwecken verwendet wird, z. B. zum Trocknen, Schmelzen, Verdampfen, Heizen etc., zu welchen Manipulationen verschiedene Feuerungsanlagen und

Apparate angewendet werden, welche namentlich in neuerer Zeit vielfach vermehrt und verbessert sind, so ist eine Kenntniss dieser Apparate gleichfalls nothwendig.

Diese eben angeführten Punkte habe ich in dem vorliegenden Werkchen nach den besten Quellen und den darüber in neuerer Zeit gemachten Erfahrungen besprochen und meine eigenen mehrjährigen praktischen Erfahrungen beigefügt. In dem Kapitel über Feuerungsanlagen habe ich nur das beschrieben, was mir als das Beste bekannt geworden ist. Ich habe jedoch diejenige Literatur, deren Kenntnissnahme mir vortheilhaft erschien, im Anhange mit angeführt.

Bei Benutzung der vorliegenden Abhandlung wird selbst derjenige Industrielle, welcher nur wenige theoretische Kenntnisse hat, im Stande sein, Unvollkommenheiten in Feuerungsanlagen zu finden und zu verbessern, und sich erforderlichen Falls selbstständig eine Feuerungsanlage zu construiren.

Ich gebe mich deswegen der Hoffnung hin, in dieser Abhandlung ein zur Hebung der Industrie nützlich Material geliefert zu haben.

**Der Verfasser.**





# Inhalts-Verzeichniss.

## I. Abschnitt.

### Wärme und Eigenschaften derselben.

|                                                                                                                  | Seite |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Construction der Thermometer . . . . .                                                                           | 2     |
| Tabelle zur Vergleichung der Thermometergrade von Baumé, Celsius und<br>Fahrenheit . . . . .                     | 3     |
| Alkoholthermometer . . . . .                                                                                     | 4     |
| Pyrometer . . . . .                                                                                              | 4     |
| Specifische Wärme . . . . .                                                                                      | 5     |
| Bestimmung der specifischen Wärme . . . . .                                                                      | 6     |
| Specifische Wärme der Körper in höheren Temperaturen . . . . .                                                   | 7     |
| Wärmecapacität bei verschiedner Ausdehnung der Körper . . . . .                                                  | 7     |
| Wärmecapacität der Gase . . . . .                                                                                | 8     |
| Latente Wärme der Körper, Schmelzwärme . . . . .                                                                 | 9     |
| Bindung der Wärme beim Auflösen fester Körper in Flüssigkeiten . . . . .                                         | 10    |
| Kältemischungen . . . . .                                                                                        | 11    |
| Freiwerden der gebundenen Wärme beim Uebergang der flüssigen Körper<br>in den festen Zustand . . . . .           | 12    |
| Verdunstung von Flüssigkeiten . . . . .                                                                          | 12    |
| Sieden der Flüssigkeiten . . . . .                                                                               | 13    |
| Bildung der Dampfblasen . . . . .                                                                                | 14    |
| Stossweises Sieden . . . . .                                                                                     | 15    |
| Verhältnisse, von welchen der Siedepunkt einer Flüssigkeit abhängig ist<br>Druck der Luft. Barometer . . . . .   | 15    |
| Manometer . . . . .                                                                                              | 17    |
| Einwirkung des Luftdrucks auf den Siedepunkt der Flüssigkeiten . . . . .                                         | 18    |
| Technische Anwendung des erniedrigten Luftdruckes beim Verdampfen<br>von Flüssigkeiten . . . . .                 | 18    |
| Bestimmung des Siedepunktes . . . . .                                                                            | 19    |
| Siedepunkt von Lösungen und Mischungen . . . . .                                                                 | 19    |
| Tabelle über die Siedepunkte verschiedener Lösungen . . . . .                                                    | 20    |
| Tabelle von Legrand über dasselbe . . . . .                                                                      | 22    |
| Benutzung der Siedepunkte zur Bestimmung der Menge der Bestandtheile<br>einer Lösung . . . . .                   | 24    |
| Einfluss der chemischen Zusammensetzung auf den Siedepunkt . . . . .                                             | 25    |
| Dampfspannung oder elastische Kraft des Dampfes . . . . .                                                        | 27    |
| Maximum der Spannkraft der Dämpfe . . . . .                                                                      | 27    |
| Tabelle über die Spannkraft, Druck und Dichtigkeit des Wasserdampfes<br>bei verschiedenen Temperaturen . . . . . | 29    |
| Tabelle über die Spannkraft der Dämpfe anderer Flüssigkeiten . . . . .                                           | 30    |
| Spannkraft der Dämpfe von Gemengen flüchtiger Flüssigkeiten . . . . .                                            | 31    |
| Latente Verdampfungswärme . . . . .                                                                              | 31    |
| Tabelle über die Verdampfungswärme des Wasserdampfes . . . . .                                                   | 33    |
| Verdampfungswärme einiger anderer Flüssigkeiten . . . . .                                                        | 34    |
| Leitung und Fortpflanzung der Wärme . . . . .                                                                    | 35    |
| Wärmeausstrahlungsvermögen der Körper . . . . .                                                                  | 35    |
| Absorbtion der Wärmestrahlen . . . . .                                                                           | 36    |
| Reflexion der Wärmestrahlen . . . . .                                                                            | 37    |
| Durchstrahlbarkeit der Körper durch die Wärme oder Transmission . . . . .                                        | 38    |
| Leitung der Wärme . . . . .                                                                                      | 39    |
| Wärmeleitung von Brennmaterialien . . . . .                                                                      | 40    |
| Wärmeleitung der Flüssigkeiten . . . . .                                                                         | 41    |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| Die Destillation, trocken | Seite |
| do.                       | 41    |
| do.                       | nasse |
|                           | 42    |

## II. Abschnitt.

### Brennmaterialien.

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Der Verbrennungsprocess                        | 45 |
| Eintheilung der Hölzer nach ihrem Aeusseren    | 46 |
| Specifisches Gewicht der Hölzer                | 47 |
| Wassergehalt                                   | 48 |
| Aschengehalt der Hölzer                        | 49 |
| Zusammensetzung der Asche                      | 50 |
| Gehalt der Hölzer an brennbaren Bestandtheilen | 51 |
| Chemische Zusammensetzung der Hölzer           | 52 |

#### Torf.

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Eintheilung nach dem Aeusseren     | 54 |
| Specifisches Gewicht des Torfes    | 55 |
| Wassergehalt                       | 55 |
| Aschengehalt                       | 56 |
| Zusammensetzung der Asche          | 56 |
| Organische brennbare Bestandtheile | 57 |

#### Braunkohlen.

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Wasser- und Aschengehalt | 59 |
| Brennbare Bestandtheile  | 59 |
| Aschenbestandtheile      | 62 |
| Specifisches Gewicht     | 62 |

#### Steinkohlen.

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Specifisches Gewicht und Aschengehalt                                                   | 63 |
| Aschenbestandtheile                                                                     | 65 |
| Brennbare Bestandtheile Preussischer Steinkohlen                                        | 66 |
| do. ausländischer Steinkohlen                                                           | 67 |
| Verringerung des Heizeffects an Braun- und Steinkohlen beim längeren Liegen an der Luft | 69 |

#### Anthracit.

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Wasser-, Aschengehalt und brennbare Bestandtheile                                         | 70 |
| Ueber Entstehung der fossilen Brennstoffe und Vergleichung der chemischen Zusammensetzung | 71 |

#### Verkohlte Brennstoffe.

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| Process der Verkohlungs                     | 72 |
| Tabelle über die Zusammensetzung der Kohlen | 73 |
| Aschen- und Wassergehalt                    | 73 |

#### Künstlich gepresste Brennstoffe

|  |    |
|--|----|
|  | 73 |
|--|----|

## III. Abschnitt.

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Einwirkung der Wärme auf die Brennmaterialien                 | 74 |
| Flammenbildung der Brennstoffe                                | 75 |
| Die Verbrennung und Verhalten der Bestandtheile bei derselben | 75 |
| Bestimmung der Heizkräfte der Brennstoffe                     | 76 |
| Tabelle über den Wärmeeffect der Hölzer nach Rumpford         | 77 |

|                                                                                               | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Berthier's Methode zur Bestimmung der Heizkraft der Brennstoffe . . . . .                     | 77    |
| Berechnung der Heizkraft aus dem nöthigen Sauerstoff . . . . .                                | 81    |
| Berechnung des Heizeffectes aus der Elementaranalyse . . . . .                                | 82    |
| Tabelle über die Wärmemenge, welche gleiche Gewichte verschiedner Brennstoffe geben . . . . . | 84    |
| Gesetze, von welcher die bei der Verbrennung auftretende Wärme abhängig ist . . . . .         | 85    |
| Temperaturen, welche durch Verbrauch der Brennstoffe erzielt werden können . . . . .          | 86    |
| Temperatur beim Verbrennen in reinem Sauerstoff . . . . .                                     | 87    |
| do. beim Verbrennen in der einfachen Luftmenge . . . . .                                      | 88    |
| do. do. in der doppelten Luftmenge . . . . .                                                  | 89    |
| Berechnung des Heizeffectes nach Pecelet . . . . .                                            | 90    |
| Wirkliche Leistungsfähigkeit der Brennstoffe beim praktischen Gebrauch . . . . .              | 92    |
| Praktische Resultate der Heizeffecte von verschiedenen Brennstoffen . . . . .                 | 94    |
| Tabelle der möglichen Heizeffecte von preussischen Brennstoffen von Dr. Brix . . . . .        | 96    |
| Tabelle der Heizeffecte englischer Brennstoffe . . . . .                                      | 100   |
| do. do. amerikanischer Brennstoffe . . . . .                                                  | 100   |

## IV. Abschnitt.

### Ueber die Anlage von Feuerungen.

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Allgemeine Bedingungen, welche bei der Anlage von Feuerungen erfüllt werden müssen . . . . . | 102 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

#### Rost.

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| Anlage des Rostes . . . . .                                   | 102 |
| Dimensionen des Rostes und der Roststäbe . . . . .            | 103 |
| do. für Braunkohlenfeuerungen . . . . .                       | 103 |
| do. für Torffeuerungen . . . . .                              | 104 |
| do. für Holzfeuerungen . . . . .                              | 104 |
| Material für Roststäbe . . . . .                              | 104 |
| Dimensionen der Roststäbe . . . . .                           | 104 |
| Ausdehnung derselben . . . . .                                | 105 |
| Grösse der Rostfläche . . . . .                               | 105 |
| Entfernung des Rostes von dem zu erhitzenden Körper . . . . . | 106 |
| Feuerbrücke . . . . .                                         | 108 |

#### Züge und Dimensionen derselben.

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| Querschnitt der Züge . . . . . | 109 |
| Länge der Züge . . . . .       | 109 |

#### Heizfläche.

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| Directe und indirecte Wirkung der Wärme auf die Heizfläche . . . . . | 110 |
| Grösse der Heizfläche . . . . .                                      | 111 |

#### Schornstein.

|                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Zweck des Schornsteins nebst Berechnung der Luft und Gasmengen, welche er fortleitet . . . . .                                                                   | 111 |
| Tabelle über die Verbrennungsproducte, welche durch den Schornstein entweichen, nach Pecelet berechnet . . . . .                                                 | 116 |
| Tabelle über die Luftmengen, welche bei Verbrennung preussischer Brennstoffe zutreten und entweichen, aus der Elementaranalyse berechnet nach Dr. Brix . . . . . | 117 |
| Berechnung der Geschwindigkeit, mit welcher die Verbrennungsproducte durch den Schornstein entweichen . . . . .                                                  | 120 |

|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Berechnung der Höhe des Schornsteins, aus der Menge der entstehenden Verbrauchsproducte und der Geschwindigkeit womit letztere entweichen . . . . . | 123 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

### Praktische Ausführung der Schornsteine.

|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Querschnitt der Schornsteine . . . . .                                                                | 123 |
| Form der Schornsteine . . . . .                                                                       | 124 |
| Höhe do. . . . .                                                                                      | 125 |
| Material do. . . . .                                                                                  | 126 |
| Aufbau do. . . . .                                                                                    | 126 |
| Schornstein von Ziegelsteinen . . . . .                                                               | 127 |
| Metallschornsteine . . . . .                                                                          | 129 |
| Mittel um die Esse gegen Wind und Wetter zu schützen . . . . .                                        | 130 |
| Reinigung der Schornsteine . . . . .                                                                  | 130 |
| Tabelle über die Vortheile und Nachtheile eiserner und gemauerter Schornsteine, nach Scholl . . . . . | 131 |
| Kostenanschläge von Schornsteinen . . . . .                                                           | 132 |

### Register-Schieber.

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Verschiedne Formen der Register . . . . .                                                         | 133 |
| Vorrichtung zur Verhütung des Eintritts kalter Luft bei vertikalen Schiebern von Perutz . . . . . | 134 |
| Klappschieber . . . . .                                                                           | 135 |
| Der Fuchs . . . . .                                                                               | 136 |
| Wirkungen zweier Züge bei ihrem Zusammentreffen . . . . .                                         | 137 |
| Feuerthüren . . . . .                                                                             | 139 |
| Aschenfall . . . . .                                                                              | 141 |
| Beziehungen zwischen Winden und dem Schornstein . . . . .                                         | 142 |
| Atmosphärischer Druck . . . . .                                                                   | 143 |
| Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Temperatur. Wirkung der Sonnenstrahlen auf den Zug . . . . .        | 144 |
| Vorrichtungen um die Esse gegen Wind und Regen zu schützen . . . . .                              | 145 |
| Vorrichtungen um Luft in die Feuerung zu bringen . . . . .                                        | 147 |
| Vorrichtungen und Roste zur vollkommenen Rauchverbrennung . . . . .                               | 148 |
| Treppenrost nach Scholl . . . . .                                                                 | 148 |
| Vorschriften des Königl. Preuss. Bergamts bei Anlage von Treppenrosten                            | 149 |
| Anlageunkosten von Treppen- und Flachrosten . . . . .                                             | 153 |
| Bewegliche Roste . . . . .                                                                        | 157 |
| Feuerung mit Doppelrosten von Hall, Fairbairn und Buzonnière . . . . .                            | 159 |
| Dr. Gall's rauchlose Feuerung . . . . .                                                           | 159 |
| Der Langen'sche Etagenrost . . . . .                                                              | 162 |
| Praktische Resultate über den Langen'schen Etagenrost . . . . .                                   | 165 |
| Versuchsergebnisse von Dr. Stammer mit Etagenrost . . . . .                                       | 166 |
| Gasgeneratoren und Feuerungen mit Gasen . . . . .                                                 | 166 |
| Gasfeuerung von Perutz . . . . .                                                                  | 172 |
| Allgemeine Betrachtungen über Oefen und Betrieb derselben . . . . .                               | 173 |
| Ueber Dimensionen der Zugkanäle . . . . .                                                         | 175 |
| Vorschriften für Heizer . . . . .                                                                 | 176 |
| Apparate zur Messung der Geschwindigkeit des Zuges . . . . .                                      | 179 |
| Anemometer von Combes . . . . .                                                                   | 180 |
| do. von van Heck . . . . .                                                                        | 181 |
| Dr. Schwarz' Ofen zur rauchlosen Verbrennung . . . . .                                            | 181 |
| Literatur über Feuerungsanlagen und Rauchverbrennungsapparate . . . . .                           | 185 |
| Rauchverzehrender Treppenrost von Belleville . . . . .                                            | 186 |
| do. Apparat von George . . . . .                                                                  | 187 |
| Das Metersystem . . . . .                                                                         | 197 |
| Tabelle zur Vergleichung der Fussmaasse mit dem Meter . . . . .                                   | 199 |
| do. von Quadratfussen mit dem Meter . . . . .                                                     | 200 |
| do. von Cubikfussen do. . . . .                                                                   | 201 |

# I. Abschnitt.

## Wärme und Eigenschaften derselben.

### Einleitung.

1) So verschiedene Quellen der Wärme wir auch kennen, so hat die praktische Anwendung derselben in der Industrie nur die Wichtigkeit, welche wir uns durch den chemischen Prozess der Verbrennung schaffen.

Die hierbei entwickelte Wärme, welche sich von einem Körper auf den anderen übertragen lässt, nennen wir freie fühlbare Wärme, die Höhe oder den Grad der Wärme, welchen der dadurch erhitzte Körper annimmt, seine Temperatur. Zur Messung der freien Wärme benutzen wir das Thermometer.

2) Das Princip, welches bei Construirung der Thermometer angewendet wird, ist, die Ausdehnung, welche die Körper durch die Wärme erfahren, dem Auge sichtbar zu machen und als Maas der freien Wärme zu benutzen. Da die Ausdehnung von Flüssigkeiten leicht zu messen ist und gleichmässiger erfolgt als die fester Körper, so benutzt man gewöhnlich nur Quecksilber-, Weingeist- und Luftthermometer.

Bei der Construction derselben wird eine Scala angebracht, welche je nach dem Zwecke 0 bis 100° oder noch höhere Grade anzeigt. Um eine Vergleichung der Temperaturbeobachtungen aller Thermometer zu ermöglichen, hat man für alle einen bestimmten Ausgangspunkt und Maaseinheit festgesetzt. Man benutzt hierzu solche Erscheinungen, welche von äusseren Einflüssen so viel wie möglich unabhängig sind und eine immer constante Temperatur anzeigen, wie z. B. die Blutwärme, welche in allen Jahreszeiten und Klimaten, so wie bei allen Säugethieren eine fast constante ist.

Wird die Blutwärme durch das Quecksilberthermometer gemessen, so dehnt sich die Quecksilbersäule bis zu einem bestimmten Punkte aus, welchen dieselbe nicht übersteigt. Diesen Punkt der Ausdehnung bezeichnet man als die Temperatur des Blutes,

diejenige, welche die freie fühlbare Wärme desselben ausdrückt. Da aber die Veränderung des Aggregatzustandes der Körper noch viel constantere Temperaturen liefert, so sind namentlich diese bei der Construction der Thermometer benutzt worden.

3) Als Ausgangspunkt oder Nullpunkt dient die Temperatur des schmelzenden Eises oder Schnees, als Maaseinheit der Siedepunkt des Wassers bei 760 Millimeter Barometerstand. Bei der Ausführung werden diese beiden Fundamentalpunkte in der Weise auf der Thermometerröhre angebracht, dass man erstens den Stand des Quecksilbers beim Schmelzen des Schnees, und zweitens beim Siedepunkt des Wassers auf derselben markirt. Der Abstand zwischen beiden Punkten bildet die Maaseinheit, und wird in Theile oder Grade getheilt, da letzterer sonst für praktische Zwecke zu gross werden würde.

Die meiste Anwendung haben die Thermometer von Celsius, Reaumur und Fahrenheit gefunden. Bei dem Celsius'schen Thermometer ist der Abstand zwischen Eis- und Siedepunkt in 100 Grade getheilt, bei den Reaumur'schen in 80 und bei dem Fahrenheit'schen in 180. Der Eispunkt der Thermometer von Reaumur und Celsius ist mit 0 bezeichnet, die Grade unter Null sind von denen über Null durch ein Minuszeichen getrennt.

Bei dem Fahrenheit'schen Thermometer ist der Eispunkt mit 32, der Siedepunkt mit 212 bezeichnet, der Nullpunkt der Theilung liegt daher 32 Grad unter dem Eispunkte.

Bei der Vergleichung der Grade von Celsius, Reaumur und Fahrenheit ist daher zu berücksichtigen, dass

$$100^{\circ} \text{ Celsius} = 80^{\circ} \text{ Reaumur} = 212^{\circ} \text{ Fahrenheit}$$

$$\text{oder } 5^{\circ} \quad \text{,,} \quad = 4^{\circ} \quad \text{,,} \quad = 9^{\circ} \quad \text{,,}$$

$$\text{,, } 1^{\circ} \quad \text{,,} \quad = 0,8^{\circ} \quad \text{,,} \quad = 1,8^{\circ} \quad \text{,,}$$

Da bei dem Fahrenheit'schen Thermometer Eis- und Nullpunkt nicht gleich sind, und der Nullpunkt 32° unter dem Eispunkt liegt, so muss man bei Umwandlung von Graden nach Fahrenheit, welche über dem Nullpunkt liegen, in Graden von Celsius oder Reaumur zuvor 32° abziehen, will man umgekehrt Grade von Reaumur oder Celsius in solche von Fahrenheit verwandeln, aber 32 zum Produkt zuaddiren. Gesetzt man wolle 77 Grade Fahrenheit in Grade nach Celsius verwandeln, so setzt man

$$77 - 32 = 45.$$

$$9^{\circ} \text{ Fahrenheit sind} = 5^{\circ} \text{ Celsius,}$$

$$45^{\circ} \text{ Fahrenheit daher } (45 : 9) = 5 \times 5 = 25^{\circ} \text{ C.}$$

Umgekehrt bei der Verwandlung von 25° C. in solche nach Fahrenheit.

$$25 : 5 = 5 \times 9 = 45 + 32 = 77$$

oder allgemein ausgedrückt t°\*) Celsius sind

$$= \frac{8}{10} t^{\circ} \text{ Reaumur} = \frac{9}{5} t^{\circ} + 32^{\circ} \text{ Fahrenheit,}$$

oder t° Fahrenheit sind

$$= t^{\circ} - 32 \cdot \frac{5}{9}^{\circ} \text{ C. oder } \frac{4}{9}^{\circ} \text{ Reaumur.}$$

Nachfolgende Vergleichungstabelle ergibt die Vergleichungsergebnisse von — 40° C. bis 360° C.

#### 4. Vergleichungstabelle.

| C.    | R.    | F.    | C.    | R.    | F.     | C.     | R.     | F.     |
|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| — 40° | — 32° | — 40° | + 95° | + 76° | + 203° | + 230° | + 184° | + 446° |
| — 35  | — 28  | — 31  | 100   | 80    | 212    | 235    | 188    | 455    |
| — 30  | — 24  | — 22  | 105   | 84    | 221    | 240    | 192    | 464    |
| — 25  | — 20  | — 13  | 110   | 88    | 230    | 245    | 196    | 473    |
| — 20  | — 16  | — 4   | 115   | 92    | 239    | 250    | 200    | 482    |
| — 15  | — 12  | + 5   | 120   | 96    | 248    | 255    | 204    | 491    |
| — 10  | — 8   | 14    | 125   | 100   | 257    | 260    | 208    | 500    |
| — 5   | — 4   | 23    | 130   | 104   | 266    | 265    | 212    | 509    |
| 0     | 0     | 32    | 135   | 108   | 275    | 270    | 216    | 518    |
| + 5   | + 4   | 41    | 140   | 112   | 284    | 275    | 220    | 527    |
| 10    | 8     | 50    | 145   | 116   | 293    | 280    | 224    | 536    |
| 15    | 12    | 59    | 150   | 120   | 302    | 285    | 228    | 545    |
| 20    | 16    | 68    | 155   | 124   | 311    | 290    | 232    | 554    |
| 25    | 20    | 77    | 160   | 128   | 320    | 295    | 236    | 563    |
| 30    | 24    | 86    | 165   | 132   | 329    | 300    | 240    | 572    |
| 35    | 28    | 95    | 170   | 136   | 338    | 305    | 244    | 581    |
| 40    | 32    | 104   | 175   | 140   | 347    | 310    | 248    | 590    |
| 45    | 36    | 113   | 180   | 144   | 356    | 315    | 252    | 599    |
| 50    | 40    | 122   | 185   | 148   | 365    | 320    | 256    | 608    |
| 55    | 44    | 131   | 190   | 152   | 374    | 325    | 260    | 617    |
| 60    | 48    | 140   | 195   | 156   | 383    | 330    | 264    | 626    |
| 65    | 52    | 149   | 200   | 160   | 392    | 335    | 268    | 635    |
| 70    | 56    | 158   | 205   | 164   | 401    | 340    | 272    | 644    |
| 75    | 60    | 167   | 210   | 168   | 410    | 345    | 276    | 653    |
| 80    | 64    | 176   | 215   | 172   | 419    | 350    | 280    | 662    |
| 85    | 68    | 185   | 220   | 176   | 428    | 355    | 284    | 671    |
| 90    | 72    | 194   | 225   | 180   | 437    | 360    | 288    | 680    |

\*) Wo t° immer beliebige Grade von Celsius, Reaumur und Fahrenheit bezeichnet.

5. Die Alkoholthermometer werden besonders bei Temperaturen unter  $-40^{\circ}$  C. benutzt, weil das Quecksilber hierzu unbrauchbar ist, indem dasselbe bei  $-40^{\circ}$  erstarrt.

6. Die Grenze, bei welcher mit dem Quecksilberthermometer noch genaue Temperaturbestimmungen möglich sind, liegt in der Nähe des Siedepunktes des Quecksilbers, also bei  $+350-360^{\circ}$  C. Man benutzt daher zur Messung von sehr hohen Hitzgraden andre Instrumente, welche unter dem Namen Pyrometer bekannt sind.

Die mittelst der Pyrometer ausgeführten Temperaturbestimmungen sind ungenauer, als solche, welche mit anderen Thermometern für niedrigere Wärmegrade erhalten werden, für die Praxis sind sie jedoch ausreichend.

Die genauesten Resultate hat bis jetzt das Luftpyrometer gegeben, ausserdem das Daniel'sche Pyrometer, dieselben sind jedoch, weil sie theilweis aus Platin construiert sind, ziemlich theuer. Für nicht allzuhohe Temperaturen kann man sich auch der Metalle und Metalllegirungen bedienen, von denen der Schmelzpunkt bekannt ist. Die Legirung wird zu diesem Zwecke in eine eiserne Röhre gebracht und auf dieselbe ein beweglicher eiserner Stab gestellt. Der untere Theil der Röhre, worin die Legirung befindlich ist, wird dann in den Raum gesetzt, dessen Temperatur bestimmt werden soll. Die Wärme schmilzt das Metall oder die Legirung, der darauf ruhende bewegliche Eisenstab sinkt ein, und zeigt dadurch die Temperatur des Raumes an.

Zu derartigen Pyrometern kann man z. B. benutzen:

|         |              |                  |
|---------|--------------|------------------|
| Blei    | schmilzt bei | $+334^{\circ}$   |
| Zink    | „            | „ $423^{\circ}$  |
| Antimon | „            | „ $425^{\circ}$  |
| Bronze  | „            | „ $900^{\circ}$  |
| Silber  | „            | „ $1000^{\circ}$ |

### Wärmegeetze.

7. Alle Körper dehnen sich in der Wärme aus, daher ist die Ausdehnung das erste äussere Anzeichen von der Einwirkung der Wärme gegen die Anziehung der kleinsten Theilchen, gegen die Cohäsion, welche letztere das Bestreben hat, das Volumen der Körper zu verkleinern.

Beim Erkalten ziehen sich die Körper wieder zusammen und verringern ihr Volumen, das Erkalten unterstützt daher die Anziehung der kleinsten Theilchen. Diese Beziehungen der Wärme



zu den Körpern finden sowohl bei starren, flüssigen, wie auch gasförmigen Körpern statt.

### Specifiche und latente Wärme der Körper.

8. Namentlich sind es zwei Eigenschaften der Körper bei ihrem Verhalten gegen die Wärme, welche man berücksichtigen muss, wenn das Erwärmen derselben nach rationellen Grundsätzen stattfinden soll. Die erste Eigenschaft ist die specifiche Wärme der Körper, auch Wärmecapacität genannt. Die zweite die latentante Wärme, auch gebundene, nicht freie Wärme der Körper, genannt.

#### Specifiche Wärme.

Die specifiche Wärme oder Wärmecapacität der Körper ist diejenige Eigenschaft, vermöge welcher gleiche Gewichtsmengen verschiedener Körper verschiedener Wärmemengen bedürfen, um auf eine und dieselbe Temperatur erhitzt zu werden.

Die Wärmemenge, welche nothwendig ist, damit eine bestimmte Gewichtsmenge eines Körpers dieselbe Temperatur annehme, wie ein andrer gleich schwer wiegender Körper, nennt man seine specifiche Wärme.

Für eine und dieselbe Wirkung ist stets dieselbe Wärmemenge nothwendig; um 1 Pfund Eis zu schmelzen, oder um 1 Pfund Eisen um  $5^{\circ}$  zu erwärmen, gebraucht man immer dieselbe Wärmemenge. Will man ferner 100 Pfund Eisen um  $1^{\circ}$  erwärmen, so gebraucht man 100 mal so viel Wärme, als wenn man 1 Pfund Eisen um  $1^{\circ}$  erwärmen wollte. Daraus geht hervor, dass die Wärmemenge dem Gewicht der zu erwärmenden Substanzen proportional ist. Wenn die Wärmecapacität bei zwei Körpern gleich ist, so gebraucht man in allen Fällen dieselbe Wärmemenge, um gleiche Gewichte der Körper gleich hoch, z. B. um  $1^{\circ}$  zu erwärmen; gebraucht man aber zu diesem Zweck bei dem einen Körper 2, 3 oder 4 mal so viel Wärme als bei dem anderen, so ist auch seine Wärmecapacität 2, 3 oder 4 mal so gross als die des andern.

Mischt man 1 Gewichts-Theil Wasser von  $70^{\circ}$  mit 1 Gew.-Thl. Wasser von  $0^{\circ}$ , so erhält man ein Gemisch, dessen Temperatur das Mittel von beiden =  $35^{\circ}$  ist.

Mischt man aber verschiedene Körper, so wird das Verhalten derselben anders sein. Mischt man z. B. 1 Gew.-Thl. Eisen von  $60^{\circ}$  C. und 1 Gew.-Thl. Wasser von  $20^{\circ}$  C., so wird die Tem-

peratur nicht das Mittel beider Temperaturen =  $40^{\circ}$  sein, sondern nur  $24^{\circ}$ . Um daher das Wasser von  $20^{\circ}$  auf  $24^{\circ}$  zu erhitzen, musste das Eisen  $36^{\circ}$  Wärme abgeben. Die  $36^{\circ}$  Eisenwärme sind nur =  $4^{\circ}$  Wasserwärme, oder, was dasselbe ist, dieselbe Wärmemenge, welche nothwendig ist, das Wasser um  $1^{\circ}$  zu erwärmen, erwärmt das Eisen um  $9^{\circ}$  C., oder auch, damit 1 Gew.-Thl. Eisen um  $1^{\circ}$  erwärmt werde, gebraucht man nur den  $\frac{1}{9}$  Theil = 0,111 der Wärme, als man zur Erwärmung eines gleichen Gew.-Thl. Wasser gebraucht.

9. Die Wärmecapacität wird entweder dem Volumen oder dem Gewichte der Körper nach bestimmt, im ersteren Falle bezeichnet man sie als relative, im letzteren Falle als spezifische Wärme. Um die spezifische Wärme der verschiedenen Körper vergleichen zu können, hat man die des Wassers als Einheit gewählt, sie ist daher entweder grösser oder geringer als 1. Bestimmt man z. B. die spezifische Wärme des Eisens durch die Methode des Eisschmelzens, und findet dabei, dass 4 Kilogramm Eisen von  $100^{\circ}$  C. 586 Gramm Eis schmelzen und sich dabei auf  $0^{\circ}$  abkühlen, so ergibt sich die spezifische Wärme des Eisens, wenn man untersucht, wie viel Eis durch 4 Kilogramm Wasser von  $100^{\circ}$  geschmolzen wird, und beide so erhaltenen Gewichte des geschmolzenen Eisens mit einander vergleicht.

1 Kilogramm Wasser von  $79^{\circ}$  schmilzt 1 Kilogramm Eis und erkaltet dabei auf  $0^{\circ}$ .

4 Kilogramm Wasser von  $100^{\circ}$  schmelzen daher 5,06 Kilogramm Eis. Die Wärmemengen, welche beim Erkalten des Eisens und Wassers von  $100^{\circ}$  bis  $0^{\circ}$  austreten, sind daher nicht gleich. Dieselben verhalten sich zu einander wie die geschmolzenen Gramme Eis, also wie 5,06 Kilogramm = 5060 Gr. zu 586 Gr. = 0,11. Bei dem Erkalten des Eisens von  $100^{\circ}$  auf  $0^{\circ}$  ist daher nur 0,11 der Wärmemenge ausgetreten, wie beim Erkalten des Wassers von  $100^{\circ}$  auf  $0^{\circ}$ . Oder auch, um gleiche Gewichtsmengen Eisen und Wasser auf  $100^{\circ}$  zu erwärmen, ist dem Eisen 0,11 mal mehr Wärme zuzuführen, wie dem Wasser: Die spezifische Wärme des Eisens ist daher 0,11.

### Specifiche Wärme der Körper bei höheren Temperaturen.

10. Bei den zwischen  $0^{\circ}$  bis  $20^{\circ}$  liegenden Graden kann die spezifische Wärme des Wassers als constant angesehen werden.

In höheren Temperaturen ändert sich sowohl beim Wasser, wie bei andern Körpern die Wärmecapacität, und zwar steigt dieselbe. Es ist daher mehr Wärme nothwendig, einen schon auf 100° erhitzten Körper, um noch 100° zu erhitzen, als wenn derselbe von 1—100° erhitzt wird. Folgende Tabelle zeigt die specifische Wärme des Wassers von 0—180°.

| Grad | Specifische Wärme | Grad | Specifische Wärme |
|------|-------------------|------|-------------------|
| 0°   | 1,0000            | 100° | 1,0050            |
| 20   | 1,0005            | 120  | 1,0067            |
| 40   | 1,0013            | 140  | 1,0087            |
| 60   | 1,0023            | 160  | 1,0109            |
| 80   | 1,0035            | 180  | 1,0133            |

Die specifische Wärme des Wassers von 0°—180° nimmt daher um 1,0133 zu.

**Wärmecapacität einiger anderer Körper in höheren Temperaturen.**

| Namen<br>der<br>Körper. | Wärmecapacität                       |                                      |
|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                         | im Mittel zwischen 0°<br>und 100° C. | im Mittel zwischen 0°<br>und 300° C. |
| Quecksilber . . . . .   | 0,0330                               | 0,0350                               |
| Platin . . . . .        | 0,0335                               | 0,0355                               |
| Antimon . . . . .       | 0,0507                               | 0,0549                               |
| Silber . . . . .        | 0,0557                               | 0,0611                               |
| Zink . . . . .          | 0,0929                               | 0,1015                               |
| Kupfer . . . . .        | 0,0949                               | 0,1013                               |
| Eisen . . . . .         | 0,1098                               | 0,1218                               |
| Glas . . . . .          | 0,1770                               | 0,1900                               |

Die Zunahme der specifischen Wärme zeigt sich bei starren Körpern in der Nähe der Temperatur, bei welcher dieselben in den tropfbarflüssigen Zustand übergehen, besonders in dem Falle, wenn die Körper schon mehrere Grade unter ihrem Schmelzpunkte erweichen. Es muss daher die specifische Wärme eines Körpers immer so angegeben werden, dass die Temperatur oder das Temperaturintervall, für welche dieselbe den mittleren Werth ausdrücken soll, mit hinzugesetzt wird, z. B.:

Specifische Wärme zwischen 0° und 100° C.

- von Blei . . . . . 0,0314
- „ Holz . . . . . 0,0324
- „ Holzkohle . . . . . 0,2415.

Von Platin zwischen

- 0° und 100° . . . . . 0,03350
- 0° „ 300° . . . . . 0,03434

Von Platin zwischen

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| 0° und 500° . . . . . | 0,03518  |
| 0° „ 700° . . . . .   | 0,03602  |
| 0° „ 1000° . . . . .  | 0,03728  |
| 0° „ 1200° . . . . .  | 0,03818  |
| 0° „ 1500° . . . . .  | 0,03938. |

11. Im tropfbar flüssigen Zustande ist die Wärmecapacität grösser als im starren; so ist z. B. die des Wassers unter 0° im starren Eiszustande = 0,502; im tropfbarflüssigen von 0° — 20° = 1. Die Wärmecapacität des starren Bleies von 0° — 100° = 0,0314, des geschmolzenen tropfbarflüssigen Bleies aber von 350° — 450° C. = 0,0402.

12) Die spezifische Wärme wechselt endlich bei einem und demselben Körper je nach dem Grade seiner Ausdehnung, oder, was dasselbe ist, je nach der Veränderung des Abstandes seiner kleinsten Theilchen. Solche Veränderungen können z. B. bei dem Zucker, dem Schwefel und den Metallen vorkommen, und dann nimmt die spezifische Wärme gewöhnlich mit der grösseren Dichte ab.

| z. B.                        | Dichte          | Specifiche Wärme |
|------------------------------|-----------------|------------------|
| Holzkohle . . . . .          | 0,300 . . . . . | 0,2415           |
| Graphit . . . . .            | 2,300 . . . . . | 0,2027           |
| Dramant . . . . .            | 3,500 . . . . . | 0,1469           |
| weiches Kupfer . . . . .     | 8,788 . . . . . | 0,0951           |
| gehämmertes Kupfer . . . . . | 8,878 . . . . . | 0,0935.          |

13. Für die spezifische Wärme der Gase sind von de la Roche, Berard und Regnault folgende Zahlen gefunden.

| Namen der Gase.            | Specifiche Wärme        |           |                         |           |
|----------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
|                            | gleicher Gewichte.      |           | gleicher Volumen.       |           |
|                            | de la Roche und Berard. | Regnault. | de la Roche und Berard. | Regnault. |
| Kohlensäure . . . . .      | 0,2187                  | 0,2164    | 0,3358                  | 0,3308    |
| Stickstoffoxydul . . . . . | 0,2369                  | 0,2238    | 0,3604                  | 0,3413    |
| Sauerstoff . . . . .       | 0,2421                  | 0,2182    | 0,2606                  | 0,2412    |
| Atmosphär. Luft . . . . .  | 0,2669                  | 0,2377    | 0,2669                  | 0,2377    |
| Kohlenoxyd . . . . .       | 0,2740                  | 0,2479    | 0,2760                  | 0,2399    |
| Stickstoff . . . . .       | 0,2754                  | 0,2440    | 0,2669                  | 0,2370    |
| Wasserdampf . . . . .      | 0,8370                  | 0,4750    | 0,5198                  | 0,2950    |
| Wasserstoff . . . . .      | 3,8793                  | 3,4046    | 0,2411                  | 0,2356    |

Regnault's Untersuchungen haben durchschnittlich kleinere Werthe für die spezifische Wärme obiger Körper ergeben.

14. Beim Uebergange der Körper aus dem tropfbarflüssigen in den dampf- oder gasförmigen Zustand findet eine Abnahme der specifischen Wärme statt, dieselbe verhält sich daher hierbei umgekehrt wie beim Uebergange der Körper von dem starren in den tropfbarflüssigen Zustand. Zur Vergleichung diene folgende Tabelle:

| Namen der Körper.         | Specifische Wärme. |            |
|---------------------------|--------------------|------------|
|                           | Tropfbar.          | Gasförmig. |
| Wasser . . . . .          | 1,000              | 0,475      |
| Schwefelkohlenstoff . . . | 0,329              | 0,1575     |
| Terpentinöl . . . . .     | 0,426              | 0,506      |
| Benzol . . . . .          | 0,450              | 0,3754     |
| Essigäther . . . . .      | 0,496              | 0,4008     |
| Aether . . . . .          | 0,503              | 0,481      |
| Aceton . . . . .          | 0,530              | 0,4125     |
| Alkohol . . . . .         | 0,644              | 0,451      |

Bei allen diesen Körpern nimmt die specifische Wärme im gasförmigen Zustande ab, mit alleiniger Ausnahme des Terpentinöls.

### Latente Wärme. Schmelzwärme.

Wenn starre Körper durch Erwärmen in den flüssigen Zustand übergeführt werden, so wird durch den schmelzenden Körper eine gewisse Wärmemenge gebunden, welche durch das Thermometer nicht nachweisbar ist und für das Gefühl verloren geht; diese verloren gegangene Wärme nennt man latente oder gebundene Wärme.

Wenn 1 Pfund Eis von 0° und 1 Pfund Wasser von 79° gemischt werden, so erhält man 2 Pfd. Wasser von 0°. Die 79° Wärme, welche das Wasser enthielt, sind verschwunden und haben dazu gedient, 1 Pfd. Eis von 0° in Wasser von 0° zu verwandeln, den starren Zustand des Eises in den tropfbarflüssigen überzuführen. Die Schmelzwärme des Eises ist daher 79°. Diese Eigenschaft, beim Uebergange vom starren in den tropfbarflüssigen Zustand, beim Schmelzen Wärme zu binden kömmt allen Körpern zu.

Folgende Tabelle enthält die Schmelzpunkte einiger Körper.

| Namen.                 | Schmelzpunkt. | Namen.                     | Schmelzpunkt. |
|------------------------|---------------|----------------------------|---------------|
| Quecksilber . . . . .  | — 40°         | Wismuth . . . . .          | + 270         |
| Brom . . . . .         | — 20          | Blei . . . . .             | + 334         |
| Terpentinöl . . . . .  | — 10          | Zink . . . . .             | + 423         |
| Eis . . . . .          | — 0           | Antimon . . . . .          | + 425         |
| Olivenöl . . . . .     | + 2           | Bronze . . . . .           | + 900         |
| Talg . . . . .         | + 33          | Silber . . . . .           | + 1000        |
| Phosphor . . . . .     | + 44          | Kupfer . . . . .           | + 1090        |
| Stearin . . . . .      | + 50—60       | Gold . . . . .             | + 1250        |
| Stearinsäure . . . . . | + 70          | Weiss. Gusseisen . . . . . | + 1050        |
| Schwefel . . . . .     | + 115         | Graues „ . . . . .         | + 1200        |
| Zinn . . . . .         | + 235         | Stahl . . . . .            | +13—1400      |

15. Nicht allein beim Schmelzen, auch beim Auflösen fester Körper in Flüssigkeiten wird Wärme gebunden. Bringt man fein gepulverten Salpeter, Kochsalz, Chlorammonium mit Wasser zusammen und beschleunigt die Auflösung durch schnelles Umrühren, so sinkt die Temperatur des Wassers um einige Grade.

Ebenso wird Wärme gebunden, wenn ein Körper durch eine chemische Kraft flüssig wird, z. B. wenn man schwefelsaures Natron, Chlorammonium, salpetersaures Kali und verdünnte Salpetersäure mischt.

Auf das Binden von Wärme beim Auflösen fester Körper in Flüssigkeiten beruhen die künstlich dargestellten Kältemischungen.

Nachstehende Tabelle enthält Vorschriften für künstliche Kältemischungen. Die Salze und das Eis, welche dabei angewendet werden, müssen krystallisirt und so viel wie möglich fein vertheilt sein.

| Kältemischungen mit Schnee.         |                           |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Namen und Gewichtstheile.           | Das Thermometer fällt auf |
| Kochsalz . . . . . 1                | } . . . . . — 20°         |
| Schnee . . . . . 2                  |                           |
| Kochsalz . . . . . 2                | } . . . . . — 25°         |
| Salmiak . . . . . 1                 |                           |
| Schnee . . . . . 5                  | } . . . . . — 32°         |
| Kochsalz . . . . . 5                |                           |
| Salpetersaures Ammoniak . . . . . 5 |                           |
| Schnee . . . . . 12                 |                           |

Kältemischungen mit Schnee.

| Namen und Gewichtstheile.                | Das Thermometer fällt auf |
|------------------------------------------|---------------------------|
| Concentrirte Salpetersäure . . . . . 4   | } von . . . 0° bis — 35°  |
| Schnee . . . . . 7                       |                           |
| Krystallisirtes Chlorcalcium . . . . . 5 | } von . . . 0° bis — 40°  |
| Schnee . . . . . 4                       |                           |
| Krystallisirtes Chlorcalcium . . . . . 3 | } von . . . 0° bis — 45°  |
| Schnee . . . . . 2                       |                           |
| Salpetersaures Ammoniak . . . . . 1      | } von . + 10° bis — 15°   |
| Wasser . . . . . 1                       |                           |
| Salpetersaures Ammoniak . . . . . 1      | } von . + 10° bis — 22°   |
| Kohlensaures Natron . . . . . 1          |                           |
| Wasser . . . . . 1                       |                           |
| Schwefelsaures Natron . . . . . 3        | } von . + 10° bis — 15°   |
| Verdünnte Salpetersäure . . . . . 2      |                           |
| Schwefelsaures Natron . . . . . 6        | } von . + 10° bis — 25°   |
| Salpetersaures Ammoniak . . . . . 5      |                           |
| Verdünnte Salpetersäure . . . . . 4      |                           |
| Phosphorsaures Natron . . . . . 9        | } von . + 10° bis — 30°   |
| Salpetersaures Ammoniak . . . . . 6      |                           |
| Verdünnte Salpetersäure . . . . . 4      |                           |
| Schwefelsaures Natron . . . . . 8        | } von . + 10° bis — 18°   |
| Salzsäure . . . . . 5                    |                           |
| Schwefelsaures Natron . . . . . 5        | } von . + 10° bis — 16°   |
| Verdünnte Schwefelsäure . . . . . 4      |                           |

Die Schwefelsäure wird in der Weise angewendet, dass man die gewöhnliche 66° Schwefelsäure mit ihrem gleichem Gewicht Wasser verdünnt, und nach dem Erkalten benutzt. Die Salpetersäure in der Weise, dass man von der unter dem Namen doppeltes Scheidewasser vorkommenden Säure 2 Gewichtstheile mit 1 Gewichtstheil Wasser mischt.

Auf solche Kältemischungen hin ist der Eis-Apparat von Gruteaud construiert, in welchem Wasser bequem zum Gefrieren gebracht wird.

16. Während beim Uebergang der festen Körper in den flüssigen

Zustand Wärme gebunden wird, beobachtet man beim Uebergang der Körper vom flüssigen in den starren Zustand, dass die beim Schmelzen gebundene Wärme wieder frei wird und dass das Erstarren der Körper bei derselben Temperatur stattfindet, bei welcher sie schmelzen.

17. Die bei dem allmöglichen Erstarren flüssiger Körper frei werdende Wärme ist bei der gewöhnlichen Erstarrungstemperatur nicht wahrzunehmen.

Betrachtet man z. B. das Gefrieren des Wassers, so findet man, dass dasselbe gleichzeitig an verschiedenen Punkten stattfindet; die hierbei erstarrenden Wassertheilchen theilen ihre frei werdende Wärme den benachbarten flüssigen Theilchen mit, und bewirken dadurch ein etwas längeres Flüssigbleiben der letzteren. Daher kommt es, dass das unter gewöhnlichen Verhältnissen gefrierende Wasser nach längerer Zeit die Temperatur von  $0^{\circ}$  behält (wenn auch die Lufttemperatur kälter ist), so lange noch flüssiges Wasser vorhanden ist. Da die Eisbildung nur allmählig stattfindet, kann auch die latente Wärme nur allmählig verschwinden, und das plötzliche Erstarren der auf  $0^{\circ}$  abgekühlten Wassermasse ist dadurch unmöglich.

Das Freiwerden der Wärme beim Erstarren der flüssigen Körper wird sichtbar beim sogenannten Ueberschmelzen. Gefriert nämlich Wasser langsam bei etwas höherem Luftdruck in vollkommener Ruhe, so kann man es bis zu  $15^{\circ}$  abkühlen, ohne dass es starr wird. Die geringste Erschütterung bewirkt aber sofortiges Erstarren und Freiwerden der latenten Wärme, wodurch das Thermometer von  $-15^{\circ}$  bis auf  $0^{\circ}$  steigt.

18. Ein Freiwerden der latenten Wärme beobachtet man ferner, wenn sich ein flüssiger Körper mit einem anderen zu einem festen Körper vereinigt, z. B. wenn sich Wasser mit gebranntem Kalk zu Kalkhydrat verbindet. Dasselbe ist der Fall, wenn ein Körper aus einer Flüssigkeit auskrystallisirt.

### Sieden. Verdunsten.

18. Unter Verdunsten versteht man diejenige Erscheinung, durch welche Flüssigkeiten, welche in offenen Gefäßen an der Luft stehen, nach und nach verschwinden, indem sie sich in Dampf verwandeln, ohne dass eine künstliche Zufuhr von Wärme stattgefunden. Die Verdunstung, wie man diese Erscheinung nennt,



geht immer von der Oberfläche der Flüssigkeit aus, und findet um so schneller statt, je grösser die Oberfläche ist, sie findet ferner bei jeder Temperatur statt, und um so leichter, je niedriger der Siedepunkt der verdunstenden Flüssigkeit ist.

Bei jeder Verdunstung wird endlich Wärme gebunden und der tropfbarflüssige Zustand des verdunstenden Körpers in den elastisch flüssigen übergeführt. Durch das Binden von Wärme kühlen sich verdunstende Flüssigkeiten ab, und wenn die Verdunstung schnell genug vor sich geht, so dass die verdunstenden Dämpfe mehr Wärme binden, als der Flüssigkeit von Aussen zugeführt wird, so sinkt die Temperatur der letzteren unter die der Umgebung.

Sehr befördert wird die Verdunstung durch Luftströmungen, da hierdurch die sich über der Flüssigkeit ansammelnden Dämpfe, deren Ansammlung die Verdunstung verlangsamen, ja endlich ganz hemmen würde, fortgeführt werden. Von der durch die Verdunstung entstehenden Abkühlung kann man sich leicht überzeugen, wenn man eine mit einem Stück Zeug oder Baumwolle unwickelte Thermometerkugel mit Wasser oder Aether befeuchtet. Durch die sofort eintretende schnelle Verdunstung dieser Flüssigkeiten wird dem Thermometer Wärme entzogen, dadurch das Volumen des Quecksilbers verkleinert, und die Quecksilbersäule zum Fallen gebracht.

### Sieden.

19. Wird eine Flüssigkeit in einem Gefässe über Feuer bis zum Sieden erhitzt, so wird die Verdunstung durch die schnellere und intensivere Zufuhr von Wärme so beschleunigt, dass die Flüssigkeit in sehr kurzer Zeit verschwunden und in Dampf verwandelt ist. Beobachtet man diese Erscheinung in einem Glasgefässe, so sieht man, wie sich an den erwärmten Gefässwänden Dampfblasen bilden, in die Höhe steigen, und dabei die ganze Flüssigkeit in Wallung, oder wie man gewöhnlich sagt, zum Kochen oder Sieden bringen.

Das Sieden oder das Uebergehen flüssiger Körper in den dampfförmigen Zustand, geht unter ähnlichen Wärmeerscheinungen, wie beim Uebergehen der festen Körper in den flüssigen Zustand beim Schmelzen, vor sich. Ebenso wie man (sich Seite 9) beim Schmelzen eine feste Temperatur und das Latentwerden von Wärme beobachtet, so geht auch das Sieden der Flüssigkeiten nur bei

einer bestimmten Temperatur vor sich. Wenn eine Flüssigkeit bis zum Sieden erhitzt werden soll, so findet bis zum eintretenden Sieden eine fortwährende Zunahme der Wärme statt, das Thermometer steigt fortwährend. Ist aber der Siedepunkt erreicht, so bleibt die dann stattfindende Temperatur constant, das Thermometer steigt nicht mehr und zeigt z. B. beim Wasser  $100^{\circ}$  C.

Wird dann noch weiter gekocht, also noch Wärme zugeführt, so nehmen die Dämpfe keine höhere Temperatur an, sondern alle über  $100^{\circ}$  zugeführte Wärme dient dazu, um Wasser von  $100^{\circ}$  in Dampf von  $100^{\circ}$  zu verwandeln. In dieser Weise wird sämtliche über  $100^{\circ}$  zugeführte Wärme gebunden. Es wird also beim Verdampfen ebenso wie beim Schmelzen Wärme latent, welche letztere in diesem Falle latente Verdampfungswärme genannt wird.

Der erhitzte Dampf zeigt eine der Luft ähnliche elastisch dünnflüssige Beschaffenheit und besitzt Ausdehnbarkeit, Elasticität oder Spannung, durch welche Eigenschaft er im Stande ist, einem äusseren Druck das Gleichgewicht zu halten und denselben zu überwinden, wie z. B. beim Kochen des Wassers, der aus dem letzteren sich entwickelnde Dampf, den Druck der Flüssigkeit und den der Luft überwindet und die zurückbleibende Flüssigkeit durchbrechend, sich in der Luft frei verbreitet und ausdehnt.

20. Die Dampfblasen bilden sich in den Flüssigkeiten gewöhnlich von festen Körpern aus, entweder solchen, welche in der Flüssigkeit suspendirt sind, oder von den Wandungen des Gefässes aus. Besonders sind eckige Körper, welche in der Flüssigkeit oder an den Gefässwandungen befindlich sind, im Stande, die Dampfbildung zu begünstigen.

21. Unter gewissen Umständen kann es kommen, dass eine Flüssigkeit eine höhere Temperatur annimmt, als ihrem Siedepunkte entspricht, wenn nämlich keine eckigen Körper und keine Luft darin enthalten sind und dadurch die Adhäsion der Flüssigkeit an den Gefässwandungen eine grössere ist.

Dies ist besonders der Fall, wenn die Glaswandungen von eingeschmolzenen Sandkörnern ganz freie glatte Flächen bilden, oder mit Schwefelsäure, welche wieder entfernt ist, vorher ausgescheuert sind. In solchen Fällen kann das Wasser oft bis  $106^{\circ}$  erhitzt werden, bevor es siedet.

Beginnt dann aber das Sieden, so erfolgt dasselbe in stürmischer Weise; sämtlicher Wärmeüberschuss, welcher in der über ihren Siedepunkt erhitzten Flüssigkeit enthalten, wird auf einmal

zur Dampfbildung verwendet; die Flüssigkeit wird oft unter starkem Aufschäumen aus dem Gefäss geschleudert, während letzteres durch das hierdurch eintretende stossweise Sieden sehr erschüttert wird. Das stossweise Sieden beobachtet man namentlich beim Erhitzen von Holzgeist oder Schwefelsäurehydrat in Glasgefässen. Besonders heftig wird dasselbe, wenn in der kochenden Flüssigkeit feste Körper, wie Natron, oder manche Salze, wie neutrales weinsaures oder schwefelsaures Kali etc. aufgelöst sind. Vermieden kann dasselbe oft dadurch werden, wenn man in die kochende Flüssigkeit eckige Körper bringt, wie z. B. Metallfeile, Glasstücke, Platindraht oder poröse Körper, wie z. B. reine Kohle, welche die vorher absorbirte Luft in der Flüssigkeit entwickelt, wobei jede aufsteigende Luftblase auch Dampfbildung bewirkt. Auch durch Einleiten von Luft oder durch Erschütterung des Gefässes, worin gekocht wird, kann das stossweise Sieden vermieden oder verringert werden.

Für das fortwährende Sieden ist es nothwendig, dass stets so viel Wärme zugeführt werde, wie bei der Dampfbildung gebunden wird, die Schnelligkeit des Siedens aber ist abhängig von der in einer bestimmten Zeit durch die Wände des Kochgefässes zugeführten Wärme.

22. Der Siedepunkt einer Flüssigkeit ist abhängig von seiner chemischen Zusammensetzung und dem Luftdruck, bei welchem derselbe bestimmt wird. Als Einheit zur Vergleichung verschiedener Siedepunkte hat man den Siedepunkt des Wassers gewählt, welcher bei einem Luftdruck von 760 Millimeter =  $100^{\circ}$  C. ist.

Da der Druck der Luft für den Siedepunkt der Flüssigkeiten mit maasgebend ist, so ist gewiss hier am Platz das Wissenswürdigste über denselben und wie derselbe gemessen wird, anzuführen.

### Druck der Luft. Barometer.

23. Da die Luft Gewicht hat, so muss sie auch auf alle Körper, auf welchen sie ruht, drücken. Um diesen Druck sichtbar zu machen und zu messen, bedient man sich des unter dem Namen Barometer bekannten Instruments. Ein solches Barometer besteht aus einer oben geschlossenen, unten offenen Glasröhre, welche Quecksilber enthält und 30 Zoll lang ist. Das Quecksilber wird so eingefüllt, dass alle Luft aus der Röhre entfernt wird und

die ganze Röhre mit Quecksilber gefüllt ist. Wird nun die Röhre senkrecht mit der offenen Seite nach unten aufgestellt, so sinkt die Quecksilbersäule bis auf 28 Zoll; die 2 Zoll Raum über der Quecksilbersäule in der Röhre sind luftleer, und werden nach dem Erfinder des Barometers, Toricelli, die Toricelli'sche Leere genannt.

Mit Hülfe des Barometers kann man den Druck der Luft in Pfunden berechnen, indem derselbe dem Gewichte der Quecksilbersäule gleich sein muss.

Eine Quecksilbersäule, welche 28 pariser Zoll Höhe und 1 Quadratcentimeter Grundfläche hat, nimmt einen Raum von 76 Cubikcentimeter Wasser ein. 1 Cubikcentimeter Quecksilber wiegt 13,59 Gramm, demnach wiegen 76 Cubikcentimeter =  $76 \cdot 13,59 = 1,033$  Kilogramm.

1,033 Kilogramm sind also das Gegengewicht gegen die auf 1 Quadratcentimeter der Grundfläche des Barometers drückende Luftsäule. Diese Luftsäule wiegt daher auch 1,033 Kilogramm. Nach dem preussischen Gewichtssystem ausgedrückt, beträgt dieser Druck, da 1 Quadratzoll preussisches Maass = 6,8405 Quadratcentimeter =  $6,8405 \cdot 1,033 = 7,066$  Kilogramm oder 14,132 Zollpfund für den Quadratzoll.

24. Das Gewicht einer Quecksilbersäule, welche 1 Quadratcentimeter Grundfläche und 336,9 pariser Linien = 760 Millimeter Höhe hat, nennt man 1 Atmosphärendruck, d. h. der Druck, der auf 1 Quadratcentimeter Grundfläche ruhenden Luftsäule, ist im Niveau des Meeres = 1,033 Kilogramm. Mit der veränderten Grundfläche wird natürlich auch das Gewicht der Luft ein anderes.

Auf 1 Quadratdecimeter beträgt derselbe = 103,33 Kilogramm = 206,66 Zollpfund. Auf 1 Quadratmeter = 10,15187 Rheinl. Quadratfuss 10333 Kilogramm = 20666 Zollpfund. Ebenso ändert sich mit der Barometerhöhe der Luftdruck. Folgende Tabelle, aus Pouillet-Müller entnommen, giebt darüber Auskunft.

| Höhe der Quecksilbersäule in pariser Zollen. | Druck auf 1 preuss. Quadratfuss in preuss. Pfunden. | Höhe der Quecksilbersäule in pariser Zollen. | Druck auf 1 preuss. Quadratfuss in preuss. Pfunden. |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 29                                           | 2254                                                | 24                                           | 1865                                                |
| 28                                           | 2176                                                | 23                                           | 1787                                                |
| 27                                           | 2098                                                | 22                                           | 1710                                                |
| 25                                           | 1943                                                | 21                                           | 1633                                                |
|                                              |                                                     | 20                                           | 1554                                                |

## Manometer.

25. Den Druck der in einem Gefäss eingeschlossenen und auf die Wandungen des Gefässes drückenden Gase und Dämpfe, misst man gleichfalls durch die Höhe einer Quecksilbersäule. Die hierzu gebräuchlichen Instrumente werden Manometer genannt.

Wenn die Dämpfe im Innern eines Gefässes einer Quecksilbersäule von 760 m. m. Höhe = 28 pariser Zoll das Gleichgewicht halten, so zeigt dies an, dass der Druck derselben doppelt so hoch ist, als der der Atmosphäre. Man sagt in diesem Falle die Spannung oder elastische Kraft des Dampfes ist gleich 2 Atmosphären.

26. Es ist nach dem eben Gesagten leicht, die Einwirkung des Luftdruckes auf den Siedepunkt zu erklären, denn da die Luft auf alle Körper, auf welchen sie ruht, mit einem Gewichte drückt, welches der Höhe der Luftsäule entsprechend ist, und beim Sieden die Entwicklung von Dämpfen nur stattfinden kann, indem die Dämpfe den auf der Flüssigkeit lastenden Druck der Luft überwinden, so muss sich natürlich mit der veränderten Höhe dieser Luftsäule der Siedepunkt der Flüssigkeit ändern. Bei grösserem Luftdruck muss auch die Spannkraft der Dämpfe eine grössere sein, wenn dieselben den Luftdruck überwinden sollen, bei geringerem Luftdruck findet das Umgekehrte statt.

Auf hohen Bergen, wo der Luftdruck geringer ist, wird also der Siedepunkt einer Flüssigkeit fallen, beim Wasser z. B. geringer, wie  $100^{\circ}$  sein. In tiefen Schachten, wo der Luftdruck grösser ist, als der mittlere Barometerstand anzeigt, wird der Siedepunkt steigen, der Siedepunkt des Wassers über  $100^{\circ}$  liegen und an der Meeresoberfläche bei 760 m. m. Barometerstand =  $100^{\circ}$  C. sein.

In Quito, welches 2908 Meter über der Meeresoberfläche liegt, ist der mittlere Barometerstand = 527 m. m., und der Siedepunkt des Wassers dem entsprechend nur  $90,1^{\circ}$  C. Auf dem Montblanc in einer Höhe von 4772 Metern und einem mittleren Barometerstand von 417 m. m., kocht das Wasser bei  $84^{\circ}$  C. Die folgende Tabelle enthält die Siedepunkte für einige Orte der Erde:

| Namen der Orte.             | Höhe über der Meeresfläche in Metern. | Mittlere Höhe des Barometers in Millimetern. | Siedepunkt-Grade nach Celsius. |
|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|
| Meierei Antisana . . . . .  | 4101                                  | 454                                          | 86,3                           |
| Minicampa in Peru . . . .   | 3618                                  | 483                                          | 87,9                           |
| Hospiz St. Gotthard . . . . | 2075                                  | 586                                          | 92,9                           |
| St. Remi in d. See-Alpen    | 1604                                  | 621                                          | 94,5                           |
| Madrid . . . . .            | 608                                   | 704                                          | 97,8                           |
| Innsbruck . . . . .         | 566                                   | 708                                          | 98                             |
| München . . . . .           | 538                                   | 710                                          | 98,1                           |
| Salzburg . . . . .          | 452                                   | 718                                          | 98,4                           |
| Gent Freiburg . . . . .     | 372                                   | 725                                          | 98,6                           |
| Regensburg . . . . .        | 362                                   | 726                                          | 98,7                           |
| Moskau . . . . .            | 300                                   | 732                                          | 99                             |
| Turin . . . . .             | 230                                   | 738                                          | 99,1                           |
| Prag . . . . .              | 179                                   | 743                                          | 99,3                           |
| Lyon . . . . .              | 162                                   | 745                                          | 99,4                           |
| Wien . . . . .              | 133                                   | 747                                          | 99,5                           |
| Bologna . . . . .           | 121                                   | 749                                          | 99,5                           |
| Dresden . . . . .           | 90                                    | 752                                          | 99,6                           |
| Berlin . . . . .            | 40                                    | 756                                          | 99,8                           |

27. Die Erniedrigung des Siedepunktes durch Verminderung des Luftdruckes wird bei technischen Operationen vielfach benutzt, wenn Flüssigkeiten destillirt oder eingedampft werden, welche sich bei einer höheren Temperatur oder in Berührung mit der Luft ändern oder zersetzen würden, z. B. beim Eindampfen des Zuckers, des Glycerins oder vegetabilischer Pflanzenextracte.

Da eine Flüssigkeit unter vermindertem Luftdruck bei einer niedrigeren Temperatur kocht, so ist das Sieden an solchen Orten der Erde, die durch ihre höhere Lage einen niedrigeren Siedepunkt haben, nicht gleich gut zu allen häuslichen Zwecken zu verwenden. Das übermässige Kochen bei häuslichen Zwecken ist aber eine nutzlose Brennmaterialverschwendung; denn da es sich bei dem Kochen von Fleisch oder Gemüse nur darum handelt, die Substanzen längere Zeit bei der Siedhitze zu erhalten, jede aber über der Siedhitze zugeführte Wärme nur dazu dient, einen Theil des bei 100° kochenden Wassers in Dampf von 100° zu verwandeln, so ist es augenscheinlich, dass ein Theil der zugeführten Wärme nutzlos verloren geht.

28. Der Siedepunkt einer Flüssigkeit lässt sich nur dann

bestimmen, wenn die Flüssigkeit chemisch rein ist, kein Gemenge mehrerer Substanzen, und in Dampf verwandelt werden kann, ohne Zersetzung zu erleiden. Ein Gemenge mehrerer Substanzen hat keinen bestimmten Siedepunkt; eine Salzlösung, wo ein nicht flüchtiger Körper in einem flüchtigen gelöst ist, siedet nicht als Ganzes, sondern es siedet nur ein Bestandtheil in derselben, und zwar der flüchtigere. Ueberhaupt siedet bei Lösungen und Mischungen immer der flüchtigere Bestandtheil zuerst, und der Siedepunkt steigt, bis derselbe ganz verdampft ist.

29. Der Siedepunkt des Wassers zum Beispiel ändert sich je nachdem es verschiedene Körper in Lösung enthält. Wasser, welches bei 100° siedet, zeigt, mit Alkohol gemischt, welcher bei 78,5° siedet, einen niedrigeren, mit festen Körpern, z. B. Salzen, einen höheren Siedepunkt. Ein Gemisch von Aether und Alkohol hat einen niedrigeren Siedepunkt, als Alkohol allein. Wasser, in welchem Essigsäure und Schwefelsäure gelöst ist, siedet bei einem höheren Siedepunkt, als Wasser allein. Ueberhaupt wird der Siedepunkt einer Flüssigkeit durch Mischen mit einer flüchtigeren erniedrigt, durch Mischung mit einer weniger flüchtigen erhöht.

30. Den richtigen Siedepunkt einer Mischung oder Lösung erhält man nur dann, wenn man das Thermometer in die Flüssigkeit selbst eintaucht, da die Temperatur, welche der Dampf aus solchen Flüssigkeiten hat, oft viel niedriger ist, als die Temperatur der siedenden Flüssigkeit selbst, nämlich nicht höher, als die bei welcher der in Dampf verwandelte Bestandtheil der Mischung für sich allein siedet.

31. Salzlösungen kochen erst über 100°, lassen aber nur Dampf von 100° entweichen. Ueber der Erhöhung der Siedepunkte durch Auflösen fester Körper in Wasser geben folgende Tabellen Aufschluss:

| Namen der Substanzen.      | Menge des Salzes, welche in 100 Theilen der Flüssigkeit enthalten ist. | Siedepunkte. | Beobachter.  |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
| Glaubersalz . . . . .      | 31,5                                                                   | 100,6        | } Griffiths. |
| Sublimat . . . . .         | —                                                                      | 101,1        |              |
| Cyanquecksilber . . . . .  | 35                                                                     | 101,1        |              |
| Krystallis. essigs. Kupfer | 16,5                                                                   | 101,1        |              |
| Weinstein . . . . .        | 9,5                                                                    | 101,1        |              |
| Salpetersaures Baryt . . . | 26,5                                                                   | 101,1        |              |

| Namen der Substanzen.               | Menge des Salzes, welche in 100 Theilen der Flüssigkeit enthalten ist. | Siedepunkte. | Beobachter. |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|
| Schwefelsaures Kali . . . . .       | 17,5                                                                   | 101,7        | Griffiths.  |
| Essigsäures Blei . . . . .          | 41,5                                                                   | 101,7        |             |
| Salpetersaures Blei . . . . .       | 52,5                                                                   | 102,3        |             |
| Eisenvitriol . . . . .              | 64                                                                     | 102,3        |             |
| Kupfervitriol . . . . .             | 45                                                                     | 102,3        |             |
| Schwefels. Kupferoxyd. . . . .      | —                                                                      | —            |             |
| Kali . . . . .                      | 40                                                                     | 102,8        |             |
| Borsäure . . . . .                  | —                                                                      | 103,3        |             |
| Chlorsaures Kali . . . . .          | 40                                                                     | 103,3        |             |
| Ferrocyan-Kalium . . . . .          | 55                                                                     | 103,3        |             |
| Oxalsaures Ammoniak. . . . .        | 29                                                                     | 103,3        |             |
| Kohlensaures Natron. . . . .        | —                                                                      | 104,4        |             |
| Chlorbarium . . . . .               | 45                                                                     | 104,4        |             |
| Alaun . . . . .                     | 52                                                                     | 104,4        |             |
| Zinkvitriol . . . . .               | 45                                                                     | 104,4        |             |
| Oxalsaures Kali . . . . .           | 40                                                                     | 104,4        |             |
| Phosphorsaures Natron . . . . .     | —                                                                      | 105,6        |             |
| Borax . . . . .                     | 52,5                                                                   | 105,6        |             |
| Saures schwefelsaur. Kali . . . . . | —                                                                      | 105,6        |             |
| Schwefelsäure Magnesia . . . . .    | 57,5                                                                   | 105,6        |             |
| Chlornatrium . . . . .              | 30                                                                     | 106,7        |             |
| Dasselbe . . . . .                  | gesättigt                                                              | 109          | Faraday.    |
| Salpetersaurer Strontian . . . . .  | 53                                                                     | 106,7        | Griffiths.  |
| Weinsaures Kali . . . . .           | 68                                                                     | 112,2        | —           |
| Dasselbe . . . . .                  | gesättigt                                                              | 116,7        | Faraday.    |
| Oxalsäure . . . . .                 | gesättigt                                                              | 112,2        | Griffiths.  |
| Schwefels. Nickeloxydul . . . . .   | 65                                                                     | 112,6        | —           |
| Chlorammonium . . . . .             | 50                                                                     | 113,3        | —           |
| Dasselbe . . . . .                  | gesättigt                                                              | 114,4        | Faraday.    |
| Salpetersaures Kali . . . . .       | 74                                                                     | 114,4        | —           |
| Dasselbe . . . . .                  | gesättigt                                                              | 115,6        | —           |
| Weinsaures Kali-Natron . . . . .    | 90                                                                     | 115,6        | —           |
| Essigsäures Natron . . . . .        | 60                                                                     | 124,4        | —           |
| Salpetersaures Natron. . . . .      | 60                                                                     | 119          | —           |
| Kohlensaures Kali . . . . .         | gesättigt                                                              | 140          | —           |
| Kali . . . . .                      | „                                                                      | 157,8        | —           |
| Salpetersaures Ammoniak . . . . .   | „                                                                      | 182,2        | —           |
| Natron. . . . .                     | „                                                                      | 215,5        | —           |

32. Von Legrand sind gleichfalls viele Versuche über diesem Gegenstand gemacht worden, welche nachstehend folgen:



| Namen der Lösungen.             | Siedepunkte. | Quantität des Salzes,<br>welche 100 Theile<br>Wasser sättigen. |
|---------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------|
| Chlorsaures Kali . . . . .      | 104,2        | 61,5                                                           |
| Chlorbarium . . . . .           | 104,4        | 60,1                                                           |
| Kohlensaures Natron . . . . .   | 104,6        | 48,5                                                           |
| Phosphorsaures Natron . . . . . | 106,5        | 113,2                                                          |
| Chlorkalium . . . . .           | 108,3        | 59,4                                                           |
| Chlornatrium . . . . .          | 108,4        | 41,2                                                           |
| Salzsaures Ammoniak . . . . .   | 114,2        | 88,9                                                           |
| Neutrales weinsteinsaures Kali  | 114,67       | 269,2                                                          |
| Salpetersaures Kali . . . . .   | 115,9        | 335,1                                                          |
| Chlorstrontium . . . . .        | 117,6        | 117,5                                                          |
| Salpetersaures Natron . . . . . | 121,0        | 224,8                                                          |
| Essigsäures Natron . . . . .    | 124,37       | 209,0                                                          |
| Kohlensaures Kali . . . . .     | 133,0        | 205,0                                                          |
| Salpetersaurer Kalk . . . . .   | 151,0        | 362,2                                                          |
| Essigsäures Kali . . . . .      | 169,0        | 798,2                                                          |
| Chlorcalcium . . . . .          | 179,5        | 325,0                                                          |
| Salpetersaures Ammoniak . . . . | 180,0        | unendlich.                                                     |

Legrand hat ferner Versuche darüber gemacht, wie viel Salz zu 100 Theilen Wasser gesetzt werden muss, wenn man dem Siedepunkt um 1 oder 2 Grade, bis zur Sättigung, erhöhen will.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate:



33. Die Siedepunkte der Flüssigkeiten benutzt man jetzt oft, um den Gehalt einer, verschiedene Körper in Lösung enthaltenden Flüssigkeit an einem der darin enthaltenen Körper kennen zu lernen. So benutzt man z. B. den Siedepunkt von wässrigem Weingeist, um den Alkoholgehalt daraus zu erfahren. Bei 760 m. m. Barometerstand zeigt nach Pohl ein mit der Kugel in wässrigem Weingeist eintauchendes Thermometer folgende, je nach dem Alkoholgehalt variirende Siedepunkte:

| Alkoholgehalt in 100 Theilen Weingeist. | Siedepunkte. | Alkohol in 100 Theilen Weingeist. | Siedepunkte. | Alkohol in 100 Theilen Weingeist. | Siedepunkte. | Alkoholgehalt in 100 Theilen Weingeist. | Siedepunkte. |
|-----------------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------------|--------------|
| 1                                       | 98,99        | 4                                 | 95,90        | 7                                 | 93,43        | 10                                      | 91,40        |
| 2                                       | 97,82        | 5                                 | 95,02        | 8                                 | 92,70        | 11                                      | 90,83        |
| 3                                       | 96,85        | 6                                 | 94,31        | 9                                 | 92,03        | 12                                      | 90,27        |

Nach Gröning giebt ein wässriger Weingeist folgende, je nach seinem Alkoholgehalt wechselnde Siedepunkte:

| Alkoholgehalt in 100 Theilen Weingeist. | Siedepunkte. | Alkohol in 100 Theilen Weingeist. | Siedepunkte. | Alkohol in 100 Theilen Weingeist. | Siedepunkte. | Alkoholgehalt in 100 Theilen Weingeist. | Siedepunkte. |
|-----------------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------------|--------------|
| 5                                       | 96,3         | 30                                | 86,2         | 55                                | 82,2         | 80                                      | 79,7         |
| 10                                      | 92,9         | 35                                | 85,0         | 60                                | 81,9         | 85                                      | 79,4         |
| 15                                      | 91,0         | 40                                | 84,1         | 65                                | 81,5         | 90                                      | 79,0         |
| 20                                      | 99,1         | 45                                | 83,4         | 70                                | 80,9         | 95                                      | 78,4         |
| 25                                      | 87,5         | 50                                | 83,1         | 75                                | 80,3         |                                         |              |

### Einfluss der chemischen Zusammensetzung auf den Siedepunkt.

34. Ein Körper siedet im Allgemeinen um so leichter, je mehr Atome Wasserstoff er im Verhältniss zu den übrigen Elementen enthält.

Für viele analoge chemische Verbindungen hat sich ergeben, dass einer gleichen Differenz in der chemischen Formel, eine gleiche Siedepunkts-Differenz entspricht.

Kopp hat nachgewiesen, dass bei homologen\*) chemischen Verbindungen eine Verschiedenheit in der Zusammensetzung von der Atomgruppe  $C^2 H^2$  (gleich 2 Aequivalent Kohlenstoff und 2 Aequivalent Wasserstoff oder in Gewichten  $((C^2 = 2 \cdot 6 = 12) + (H^2 = 2 \cdot 1 = 2)) = 14$ ) einem Siedepunkts-Unterschied von  $19^\circ C.$  entspricht.

Diese Regelmässigkeiten in den Siedepunkts-Unterschieden, bei derselben regelmässigen Zusammensetzungs-Differenz, beschränken sich besonders auf gewisse Gruppen von Verbindungen; bei anderen Gruppen zeigen sich für dieselben Differenzen der Formeln andere Differenzen der Siedepunkte. Folgende Beispiele zeigen dies näher.

| Namen der Verbindung. | Chemische Formel.   | Siedepunkte.  | Differenz in der Formel. | Differenz im Siedepunkt. | Berechnung. |
|-----------------------|---------------------|---------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| Methylalkohol . .     | $C_2 H_4 O_2$       | $60^\circ C.$ | —                        | —                        | —           |
| Aethylalkohol . .     | $C_4 H_6 O_2$       | 78,5          | 1. $C_2 H_2$             | 18,5 <sup>o</sup>        | 1.19        |
| Propylalkohol . .     | $C_6 H_8 O_2$       | 96,5          | 2. $C_2 H_2$             | 36,5                     | 2.19 = 38   |
| Butylalkohol . . .    | $C_8 H_{10} O_2$    | 112           | 3. $C_2 H_2$             | 52                       | 3.19 = 57   |
| Amylalkohol . . .     | $C_{10} H_{12} O_2$ | 135           | 4. $C_2 H_2$             | 75                       | 4.19 = 76   |
| Hexylalkohol . . .    | $C_{12} H_{14} O_2$ | 154           | 5. $C_2 H_2$             | 94                       | 5.19 = 95   |
| Oenantylalkohol       | $C_{14} H_{16} O_2$ | 173           | 6. $C_2 H_2$             | 113                      | 6.19 = 114  |

Die diesen Alkoholen entsprechenden Säuren zeigen dieselben Regelmässigkeiten:

| Namen der Säure.  | Chemische Formel.   | Siedepunkte. | Differenz in der Formel. | Differenz im Siedepunkt. | Berechnung. |
|-------------------|---------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| Ameisensäure . .  | $C_2 H_2 O_4$       | $100^\circ$  | —                        | —                        | —           |
| Essigsäure . . .  | $C_4 H_4 O_4$       | 120          | 1. $C_2 H_2$             | 20                       | 1.19        |
| Propionsäure . .  | $C_6 H_6 O_4$       | 137          | 2. $C_2 H_2$             | 37                       | 2.19 = 38   |
| Buttersäure . . . | $C_8 H_8 O_4$       | 156          | 3. $C_2 H_2$             | 56                       | 3.19 = 57   |
| Valeriansäure . . | $C_{10} H_{10} O_4$ | 175          | 4. $C_2 H_2$             | 75                       | 4.19 = 76   |
| Capronsäure . . . | $C_{12} H_{12} O_4$ | 198-209      | 5. $C_2 H_2$             | 98-109                   | 5.19 = 95   |
| Oenanthylsäure    | $C_{14} H_{14} O_4$ | 218          | 6. $C_2 H_2$             | 118                      | 6.19 = 114  |

\*) Homologe Verbindungen nennt man solche, welche bei analogem chemischem Verhalten eine Formel zeigen, welche sich durch ein mehr oder minder Vorhandensein der Atomgruppe ( $C_2 H_2$ ) unterscheiden. Sie werden gewöhnlich in einer bestimmten Reihenfolge aufgeführt, in welcher die nachfolgende Verbindung immer um die Atomgruppe  $C_2 H_2$  grösser ist.

35. Vergleicht man die Formeln und Siedepunkte der Säuren mit den entsprechenden Alkoholen, durch deren Oxydation erstere entstehen, so findet man, was ihre Formel betrifft, dass die Säuren immer 2 Atome Sauerstoff mehr, und 2 Atome Wasserstoff weniger enthalten, was den Siedepunkt anbetrifft, dass die dieser Zusammensetzungs-Differenz entsprechende Siedepunkts-Differenz 40° beträgt, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

| Namen des Alkohols. | Siedepunkt. | Namen der Säure.   | Siedepunkt. |
|---------------------|-------------|--------------------|-------------|
| Methylalkohol . . . | 60°         | Ameisensäure . .   | 100         |
| Aethylalkohol . . . | 78,5°       | Essigsäure . . . . | 120         |
| Buthylalkohol . . . | 112         | Buttersäure . . .  | 156         |

Die Siedepunkts-Differenzen dieser Verbindungen sind 40 : 41,5 : 44, also nahezu 40°.

36. Aetherarten, welche eine gleiche Zusammensetzung haben, haben gleiche Siedepunkte:

| N a m e n .                       | Formel.               | Siedepunkt. |
|-----------------------------------|-----------------------|-------------|
| Essigsäuremethyläther . . . . .   | $\{C_4 H_4 O_4$       | 55,7        |
| Ameisensäureäthyläther . . . . .  | $\{C_4 H_4 O_4$       | 55,5        |
| Ameisensäureamyläther . . . . .   | $\{C_{12} H_{12} O_4$ | 116         |
| Valeriansäureamyläther . . . . .  | $\{C_{12} H_{12} O_4$ | 114         |
| Essigsäureamyläther . . . . .     | $\{C_{14} H_{14} O_4$ | 133,3       |
| Valeriansäureäthyläther . . . . . | $\{C_{14} H_{14} O_4$ | 132,2       |

36. Die angeführten Beispiele, denen sich noch andere anreihen lassen, stellen es ausser Zweifel, dass zwischen Zusammensetzung und Siedepunkt der chemischen Verbindungen gewisse, regelmässige Beziehungen stattfinden. Wenn dies auch fast nur an organischen Verbindungen beobachtet ist, weil letztere bei einer schon viel niedrigeren Temperatur sieden, so muss doch das Stattfinden solcher Regelmässigkeiten auch bei unorganischen Verbindungen angenommen werden, obgleich darüber noch keine ausführlichen Gesetzmässigkeiten nachgewiesen sind.

## Dampfspannung oder elastische Kraft der Dämpfe.

37. Wenn sich aus irgend einer Flüssigkeit Dämpfe entwickeln, so haben dieselben, so lange kein Wärmeverlust stattfindet, so wie die Gase das Bestreben, sich in's Unendliche auszudehnen, sie haben eben so wie letztere, Expansionskraft.

Die Ausdehnung, welche die Flüssigkeiten bei der Verwandlung in Dampf erfahren, ist verschieden.

|                    |                  |                       |
|--------------------|------------------|-----------------------|
| 1 Cubikzoll Wasser | gibt beim Sieden | 1696 Cubikzoll Dampf. |
| 1 „ Alkohol        | „ „ „            | 528 „ „               |
| 1 „ Aether         | „ „ „            | 298 „ „               |
| 1 „ Terpentinöl    | „ „ „            | 193 „ „               |

38. Am wichtigsten für industrielle Zwecke ist die Verwandlung des Wassers in Dampf, indem dasselbe beinahe das 1700fache seines Volumens an Dampf giebt. Deswegen wird der Wasserdampf auch am meisten zur Bewegung der Maschinen benutzt, trotzdem die Wärmecapacität desselben grösser ist, als die jeder anderen Flüssigkeit.

Die Spannkraft des Wasserdampfes steigt und fällt mit der Temperatur. Wasserdampf, welcher sich bei niedrigen Temperaturen entwickelt, wie derselbe z. B. an der Oberfläche des Meeres, von Flüssen und Seen durch Verdunstung entsteht, hat nur eine sehr geringe Spannkraft. Beim Kochen des Wassers, wo die Temperatur  $100^{\circ}$  ist, beträgt derselbe aber schon 1 Atmosphäre.

Ebenso kann beim Sieden des Wassers in offenen Gefässen die Spannung desselben nie höher werden, als dem herrschenden Luftdruck entspricht, wird dasselbe dagegen in verschlossenen Gefässen erhitzt, wo immer neuer Dampf erzeugt wird, welcher eine höhere Temperatur annimmt, ohne entweichen zu können, so wird die Spannung zuletzt so gross, dass die stärksten Gefässe zertrümmert werden.

## Maximum der Spannkraft der Dämpfe.

39. Wie schon angeführt, haben die Dämpfe ebenso wie die Gase, das Bestreben, sich bis in's Unendliche auszudehnen, und demzufolge verbreitet sich selbst die kleinste Menge Dampf in einem leeren, wenn auch noch so grossen Raume, nach allen Seiten hin unter Ausübung eines grösseren oder geringeren Druckes

auf die Wände. Die Dämpfe unterscheiden sich aber durch eine charakteristische Eigenschaft von den Gasen, man kann nämlich ihre Spannkraft nicht durch verstärkten Druck, wie bei den Gasen, vermehren.

Während nämlich die Elasticität der Gase wächst in dem Verhältniss, wie ihr Volumen bei der Comprimirung verkleinert wird, gelangt man bei der Comprimirung von Dämpfen zu einem Punkte, bei welchem jede noch stärkere Comprimirung den Dampf in den flüssigen Zustand zurückführt. Diese Grenze des Widerstandes, bei welcher der Dampf in den flüssigen Zustand zurückkehrt, ohne dass die Spannkraft vermehrt wird, heisst das Maximum der Spannkraft (oder Tension) des Dampfes, oder auch der Sättigungszustand für eine bestimmte Temperatur. Auch durch Abkühlung einer im Spannungsmaximum befindlichen Dampfmenge, wird ein Theil derselben in flüssiger Form niedergeschlagen und die Spannkraft erniedrigt.

Die Dämpfe kehren hiernach in den flüssigen Zustand zurück, sowohl durch Verdichtung, bis zu einem von ihrer Temperatur abhängenden Druck, wie auch durch Abkühlung unter eine von ihrer Spannkraft abhängigen Temperatur.

40. Ueber die Spannkräfte des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen sind von Dulong und Arago genaue Untersuchungen angestellt. Dieselben ergeben, dass in dem Verhältniss wie die Temperatur steigt, weniger Wärme erforderlich ist, um eine gleich grosse Kraft hervor zu bringen.

Nimmt man die Spannkraft des Wasserdampfes, welche bei  $100^{\circ}$  gleich 1 Atmosphäre ist, als Einheit, so ist sie bei  $112,2^{\circ}$   $1\frac{1}{2}$  Mal, bei  $121,4^{\circ}$  2 Mal, bei  $135,1^{\circ}$  3 Mal so gross. Um daher die Spannkraft des Wasserdampfes gleich 1 Atmosphäre zu machen, ist eine Temperatur von  $100^{\circ}$  nothwendig, um dieselbe aber auf 2 und 3 Atmosphären zu bringen, sind nur  $21,4^{\circ}$  und  $35,1^{\circ}$  nothwendig. Die Spannkraft steigt daher viel schneller, als die Temperaturzunahme.

41. Folgende Tabelle ergiebt die Spannkraft, den Druck und die Dichtigkeit des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen, ferner Dichtigkeit und Volumen desselben, wenn man die Dichtigkeit und das Volumen des Wassers bei  $0^{\circ}$  zur Einheit wählt.

Nach Pouillet-Müller.

| Temperatur nach Celsius. | Spannkraft in Atmosphären. | Spannkraft nach Zollen Quecksilbersäule. | Druck auf 1 Quadrat-zoll preuss. in Zoll-pfund. | Specifisches Gewicht des Dampfes, das des Wassers = 1. | 1 Cubikfuss Wasser = 66 Pfd. von 0° giebt Dampf. Cubikfuss. | 1 Pfund Wasser von 0° giebt Dampf in Cubikfuss. |
|--------------------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 100                      | 1                          | 28,984                                   | 14,132                                          | 0,00058955                                             | 1696                                                        | 25,7                                            |
| 112,2                    | 1½                         | 43,476                                   | 21,198                                          | 0,0008563                                              | 1167,8                                                      | 17,6                                            |
| 121,4                    | 2                          | 57,968                                   | 28,264                                          | 0,0011147                                              | 897,09                                                      | 13,6                                            |
| 128,8                    | 2½                         | 72,460                                   | 35,330                                          | 0,0013673                                              | 731,39                                                      | 11,07                                           |
| 135,1                    | 3                          | 86,952                                   | 42,396                                          | 0,0016150                                              | 619,19                                                      | 9,38                                            |
| 140,6                    | 3½                         | 101,444                                  | 49,456                                          | 0,0018589                                              | 537,96                                                      | 8,15                                            |
| 145,4                    | 4                          | 115,936                                  | 56,528                                          | 0,0020997                                              | 476,26                                                      | 7,21                                            |
| 149,1                    | 4½                         | 130,428                                  | 63,594                                          | 0,0023410                                              | 427,18                                                      | 6,47                                            |
| 153,1                    | 5                          | 144,920                                  | 70,660                                          | 0,0025763                                              | 388,16                                                      | 5,88                                            |
| 156,8                    | 5½                         | 159,412                                  | 77,736                                          | 0,0028091                                              | 355,99                                                      | 5,39                                            |
| 160,2                    | 6                          | 173,904                                  | 84,792                                          | 0,0030402                                              | 328,93                                                      | 4,99                                            |
| 163,5                    | 6½                         | 188,396                                  | 91,868                                          | 0,0032683                                              | 305,98                                                      | 4,64                                            |
| 166,5                    | 7                          | 202,886                                  | 98,924                                          | 0,0034911                                              | 286,12                                                      | 4,33                                            |
| 169,4                    | 7½                         | 217,380                                  | 105,990                                         | 0,0037217                                              | 268,82                                                      | 4,07                                            |
| 172,1                    | 8                          | 231,872                                  | 113,056                                         | 0,0039434                                              | 253,59                                                      | 3,85                                            |
| 177,1                    | 9                          | 260,856                                  | 127,188                                         | 0,0043865                                              | 227,98                                                      | 3,45                                            |
| 181,6                    | 10                         | 289,840                                  | 141,320                                         | 0,0048226                                              | 207,36                                                      | 3,13                                            |
| 186                      | 11                         | 318,824                                  | 155,452                                         | 0,0052557                                              | 190,27                                                      | 2,88                                            |
| 190                      | 12                         | 337,808                                  | 169,584                                         | 0,0056834                                              | 175,96                                                      | 2,67                                            |
| 193,7                    | 13                         | 366,892                                  | 183,716                                         | 0,006107                                               | 163,74                                                      | 2,5                                             |
| 197,2                    | 14                         | 395,876                                  | 197,848                                         | 0,006527                                               | 153,10                                                      | 2,3                                             |
| 200,5                    | 15                         | 424,860                                  | 211,980                                         | 0,006944                                               | 144,                                                        | 2,2                                             |
| 203,6                    | 16                         | 453,844                                  | 226,112                                         | 0,007359                                               | 135,90                                                      | 2,05                                            |
| 206,6                    | 17                         | 482,828                                  | 240,244                                         | 0,007769                                               | 128,71                                                      | 1,95                                            |
| 209,4                    | 18                         | 511,812                                  | 254,376                                         | 0,008178                                               | 122,28                                                      | 1,85                                            |
| 212,1                    | 19                         | 540,796                                  | 268,508                                         | 0,008583                                               | 116,51                                                      | 1,75                                            |
| 214,7                    | 20                         | 569,780                                  | 282,640                                         | 0,008986                                               | 111,28                                                      | 1,69                                            |

42. Für den Siedepunkt unter gleichem Luftdruck haben die Dämpfe aller Flüssigkeiten gleiche Spannung. Bei einem gleichen Temperaturabstand über oder unter dem Siedepunkte besteht aber diese Gleichheit nicht mehr, so zeigen z. B. die Dampfspannungen von folgenden Flüssigkeiten 24° über dem Siedepunkt

bei Aether = Siedepunkt 60 = 1730,3 Millimeter

„ Alkohol = „ 102 = 1800 „

„ Wasser = „ 124 = 1690,8 „

43. Folgende Tabelle giebt die Dampfspannungen einiger anderer Flüssigkeiten in Millimetern Quecksilbersäule, welche sich leicht in Zolle verwandeln lassen, da



760 Millimeter = 29, Rhl. Zoll oder 28 paris. Zoll

26,1552 „ = 1 „ „

1 „ = 0,459 „ „

Der Druck lässt sich dann gleichfalls leicht nach Seite 6 berechnen:

Nach Graham - Otto.

| Temperatur. | Wasser.<br>Millimeter. | Alkohol.<br>Millimeter. | Aether.<br>Millimeter. | Schwefelkohlenstoff.<br>Millimeter. | Chloroform.<br>Millimeter. | Terpen-<br>tinöl.<br>Millimeter. |
|-------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| + 10        | 9,165                  | 24,08                   | 286,5                  | 199,3                               | 130,4                      | 2,3                              |
| 20          | 17,391                 | 44,0                    | 434,8                  | 298,3                               | 190,2                      | 4,3                              |
| 30          | 31,548                 | 78,4                    | 637,0                  | 434,6                               | 276,1                      | 7,0                              |
| 40          | 54,906                 | 134,1                   | 913,6                  | 617,5                               | 364,0                      | 11,2                             |
| 50          | 91,982                 | 220,3                   | 1268,0                 | 852,7                               | 524,3                      | 17,2                             |
| 60          | 148,791                | 350,0                   | 1730,3                 | 1162,6                              | 738,0                      | 26,9                             |
| 70          | 233,093                | 539,2                   | 2309,5                 | 1549,0                              | 976,2                      | 41,9                             |
| 80          | 354,643                | 812,8                   | 2947,2                 | 2030,5                              | 1367,8                     | 61,2                             |
| 90          | 525,450                | 1190,4                  | 3899,0                 | 2623,1                              | 1811,5                     | 91,0                             |
| 100         | 760,000                | 1685,0                  | 4920,4                 | 3321,3                              | 2354,6                     | 134,9                            |
| 110         | 1075,370               | 2351,8                  | 6249,0                 | 4136,3                              | 3020,4                     | 187,3                            |
| 116         | —                      | —                       | 7076,2                 | —                                   | —                          | —                                |
| 120         | 1491,200               | 3207,8                  | —                      | 5121,6                              | 3818,0                     | 257,0                            |
| 130         | 2030,28                | 4331,2                  | —                      | 6260,6                              | 4721,0                     | 347,0                            |
| 140         | 2717,63                | 5637,7                  | —                      | —                                   | —                          | 462,3                            |
| 150         | 3581,22                | 7257,8                  | —                      | —                                   | —                          | 604,5                            |
| 152         | —                      | —                       | —                      | —                                   | —                          | —                                |
| 160         | 4651,62                | 7617,3                  | —                      | —                                   | —                          | 777,2                            |
| 170         | 5961,66                | —                       | —                      | —                                   | —                          | 989,0                            |
| 180         | 7546,39                | —                       | —                      | —                                   | —                          | 1225,0                           |
| 190         | 9442,70                | —                       | —                      | —                                   | —                          | 1514,7                           |
| 200         | 11688,96               | —                       | —                      | —                                   | —                          | 1865,6                           |
| 210         | 14324,80               | —                       | —                      | —                                   | —                          | 2252,2                           |
| 220         | 17390,36               | —                       | —                      | —                                   | —                          | 2690,3                           |
| 222         | —                      | —                       | —                      | —                                   | —                          | 2778,5                           |

### Spannkräfte von Gemengen flüchtiger Flüssigkeiten.

44. Wenn sich die Dämpfe aus einem Gemisch von Flüssigkeiten, in einem geschlossenen Raume von constanter Grösse entwickeln, so ist die Grösse der Spannung der Summe der Spannungen der einzelnen Flüssigkeiten gleich, wenn sich letztere nicht

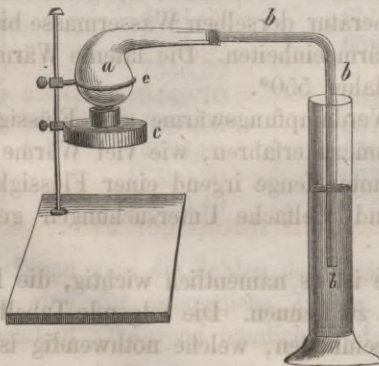
lösen, wie z. B. Wasser und Photogen, Theer, Terpentinöl oder Schwefelkohlenstoff.

Die Spannung des Wassers bei  $120^{\circ}$  ist 1491,28 m. m., die des Schwefelkohlenstoffs 5126 m. m. Erhitzt man daher beide in einem geschlossenen Raume bis  $120^{\circ}$ , so ist die Grösse der Spannung gleich der Summe beider Spannungen, hier also  $1491,28 + 5126 = 6611,28$  Millimeter. Entwickeln sich aber Dämpfe aus Gemengen von Flüssigkeiten, welche sich in allen Verhältnissen lösen, so ist die Dampfspannung manchmal kleiner, als diejenige der flüchtigsten Substanz, mitunter etwas grösser, als die der weniger flüchtigen Flüssigkeit.

Von den Mischungen solcher flüchtiger Flüssigkeiten, welche sich nicht in allen Verhältnissen, sondern nur in einigen lösen, sind nur über Mischungen des Aethers und Wassers Untersuchungen gemacht worden, wobei gefunden wurde, dass die Spannung des Gemenges kaum so gross war, als die des Aethers allein.

### Latente Verdampfungswärme.

45. Schon früher, Seite 1, wurde die latente Verdampfungswärme als diejenige Wärme bezeichnet, welche dem Wasser über seinen Siedepunkt von  $100^{\circ}$  zugeführt wird, wenn dasselbe kochen soll, ferner, dass diese Zufuhr der Wärme durch das Thermometer nicht nachweisbar ist, sondern einzig und allein dazu dient Wasser von  $100^{\circ}$  in Dampf von  $100^{\circ}$  zu verwandeln. Um das Binden von Wärme bei der Dampfbildung anschaulich zu machen, kann folgender, wenn auch nicht ganz genaue Resultate gebender Versuch benutzt werden.



Figur 1.

In der Retorte *a* der beistehenden Fig. 1 bringe man Wasser zum kochen. Die sich dann bildenden Dämpfe werden durch das Glasrohr *b* nach dem mit kaltem Wasser gefüllten Cylinder *c* entweichen, und hier verdichtet werden. Hierbei wird natürlich die Wärme, welche in *a* gebunden, wieder frei, und das

Kühlwasser in  $c$  in demselben Maasse erwärmt werden, wie erstere frei wird. Man kann daher von der Temperaturerhöhung in  $c$  auf die in dem Wasserdampfe enthalten gewesene Wärme schliessen. Setzt man das Kochen in der Retorte  $a$ , nachdem die Luft ausgetrieben, so lange fort, bis das Wasser in  $c$  zu kochen anfängt, und unterbricht in demselben Augenblick den Versuch, so erfährt man die Menge der in  $a$  gebundenen Wärme auf folgende Weise. —

Angenommen, der Cylinder  $c$  habe beim Beginn des Versuchs  $5\frac{1}{2}$  Cubikzoll Wasser enthalten, so wird derselbe bei Beendigung des Versuchs  $6\frac{1}{2}$  Cubikzoll enthalten; die Menge des Wassers hat sich daher in demselben um 1 Cubikzoll vermehrt. Dieser eine Cubikzoll, welcher in  $a$  verdampft und in  $c$  verdichtet worden, hat in  $a$  so viel Wärme gebunden und in  $c$  wieder frei werden lassen, dass  $5\frac{1}{2}$  Cubikzoll Wasser in  $c$  von  $0^\circ$  bis  $100^\circ$  erhitzt wurden.

Die Wärmemenge, welche daher von 1 Cubikzoll Wasser bei seiner Verdampfung gebunden wurde, genügte, um  $5\frac{1}{2}$  Cubikzoll Wasser von  $0^\circ$  bis  $100^\circ$  zu erhitzen, oder allgemeiner ausgedrückt, die Wärmemenge, welche nothwendig ist, um eine bestimmte Menge Wasser von  $100^\circ$  in Dampf von  $100^\circ$  zu verwandeln, reicht hin, um eine  $5\frac{1}{2}$  Mal so grosse Menge Wasser von  $0^\circ$  bis  $100^\circ$  zu erwärmen, oder auch um Wasser von  $100^\circ$  in Dampf von  $100^\circ$  zu verwandeln, gebraucht man  $5\frac{1}{2}$  Mal so viel Wärme, als um dieselbe Menge Wasser von  $0^\circ$  bis  $100^\circ$  zu erwärmen.

Als Einheit zur Bestimmung der Wärme hat man diejenige Wärmemenge angenommen, welche nothwendig ist, die Temperatur von 1 Pfund Wasser um  $1^\circ$  zu erhöhen, um die Temperatur von  $5\frac{1}{2}$  Pfund Wasser um  $1^\circ$  zu erhöhen, gebraucht man daher 5,5 und um die Temperatur derselben Wassermasse bis  $100^\circ$  zu erhöhen, 550 solcher Wärmeeinheiten. Die latente Wärme von 1 Pfund Wasserdampf ist daher  $550^\circ$ .

46. Um die latente Verdampfungswärme der Flüssigkeiten zu bestimmen, d. h. also, um zu erfahren, wie viel Wärme nothwendig ist, um eine bestimmte Menge irgend einer Flüssigkeit in Dampf zu verwandeln, sind vielfache Untersuchungen gemacht worden.

Für industrielle Zwecke ist es namentlich wichtig, die latente Wärme des Wasserdampfes zu kennen. Die folgende Tabelle enthält die Anzahl der Wärmeeinheiten, welche nothwendig ist, um 1 Kilogramm Wasser von  $0^\circ$  in Dampf von der Temperatur  $t^\circ$  der

ersten Spalte zu verwandeln, die letzte Spalte C enthält dagegen diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, um 1 Kilogramm Wasser von  $t^\circ$  in Dampf von  $t^\circ$  zu verwandeln. Dieselbe ist aus den Versuchsergebnissen der Spalte B berechnet, indem man die aus der bekannten spezifischen Wärme des Wassers hervorgehenden Wärmemengen abzieht, welche verbraucht werden, um 1 Kilogramm Wasser von  $0^\circ$  C. auf  $t^\circ$  zu erwärmen. Die Spalte C enthält daher die eigentliche Verdampfungswärme.

Gr. Otto's Lehrbuch.

| Temperatur.<br>$t^\circ$ | Spannkraft in M. M. |       | Totalwärme. |    | Verdampfungswärme. |    |
|--------------------------|---------------------|-------|-------------|----|--------------------|----|
|                          | A.                  | B.    | C.          | D. | E.                 | F. |
| 0                        | 4,60                | 606,5 | 606,5       |    | 606,4              |    |
| 10                       | 9,16                | 609,5 | 609,5       |    | 599,5              |    |
| 20                       | 17,39               | 612,6 | 612,6       |    | 592,6              |    |
| 30                       | 31,55               | 615,7 | 615,7       |    | 585,7              |    |
| 40                       | 54,91               | 618,7 | 618,7       |    | 578,7              |    |
| 50                       | 91,98               | 621,7 | 621,7       |    | 571,6              |    |
| 60                       | 148,79              | 624,8 | 624,8       |    | 564,7              |    |
| 70                       | 233,09              | 627,8 | 627,8       |    | 557,6              |    |
| 80                       | 354,64              | 630,9 | 630,9       |    | 550,6              |    |
| 90                       | 525,45              | 633,9 | 633,9       |    | 543,5              |    |
| 100                      | 760,00              | 637,0 | 637,0       |    | 536,5              |    |
| 110                      | 1075,37             | 640,0 | 640,0       |    | 529,4              |    |
| 120                      | 1491,28             | 643,1 | 643,1       |    | 522,3              |    |
| 130                      | 2030,28             | 646,1 | 646,1       |    | 515,1              |    |
| 140                      | 2717,63             | 649,2 | 649,2       |    | 508,0              |    |
| 150                      | 3581,23             | 652,2 | 652,2       |    | 500,7              |    |
| 160                      | 4651,62             | 655,3 | 655,3       |    | 493,6              |    |
| 170                      | 5961,66             | 658,3 | 658,3       |    | 486,2              |    |
| 180                      | 7546,39             | 661,4 | 661,4       |    | 479,0              |    |
| 190                      | 9442,70             | 664,4 | 664,4       |    | 471,6              |    |
| 200                      | 11688,96            | 667,5 | 667,5       |    | 464,3              |    |
| 210                      | 14324,80            | 670,5 | 670,5       |    | 456,8              |    |
| 220                      | 17390,36            | 673,6 | 673,6       |    | 449,4              |    |
| 238                      | 20926,40            | 676,6 | 676,6       |    | 441,9              |    |

41. Wenn man die Zahlen der Spalte B und C vergleicht, so zeigt sich eine für sämtliche Zahlen der Tabellen zutreffende Regelmässigkeit. Während nämlich die Totalwärme von  $10^\circ$  zu  $10^\circ$  Wasser-Dampfwärme um  $3^\circ$  zunimmt, oder für  $1^\circ$  um  $\frac{3}{10}^\circ$ , nimmt

die Verdampfungswärme von 10° zu 10° um 7° ab, oder für 1° um 0,7. Um daher Dampf von einer um 1° höheren Temperatur zu erzeugen, gebraucht man fast immer 0,3° Totalwärme mehr und 0,7° Verdampfungswärme weniger.

| Temperatur. | Total-Wärme. | Differenz<br>nahezu | Verdampfungs-<br>wärme. | Differenz<br>nahezu |
|-------------|--------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| 0°          | (606,5)      | —                   | (606,5)                 | —                   |
| 10°         | (609,5)      | + 3                 | (599,5)                 | — 7                 |
| 20°         | (612,6)      | + 3,1               | (592,6)                 | — 6,9               |
| 30°         | (615,7)      | + 3,1               | (585,7)                 | — 6,9               |
| 40°         | (618,7)      | + 3                 | (578,7)                 | — 7                 |
| 50°         | (621,7)      | + 3                 | (571,6)                 | — 7,1               |
| 100         | (637,0)      | —                   | (536,5)                 | —                   |
| 110         | (640)        | + 3                 | (529,4)                 | — 7,1               |
| 120         | (643,1)      | + 3,1               | (522,3)                 | — 7,1               |
| 130         | (646,1)      | + 3                 | (515,1)                 | — 7,2               |
| 180         | (661,4)      | —                   | (479)                   | —                   |
| 190         | (664,4)      | + 3                 | (471,6)                 | — 7,4               |
| 200         | (667,5)      | + 3                 | (464,3)                 | — 7,3               |

Aehnliche Regelmässigkeiten bei der Einwirkung der Wärme auf die Körper beobachtet man auch bei manchen anderen Erscheinungen.

42. Tabelle über die Verdampfungsflüssigkeiten einiger andrer Flüssigkeiten.

| N a m e n .           | Siedepunkt. | Ver-<br>dampfungs-<br>wärme. |
|-----------------------|-------------|------------------------------|
| Terpentinöl . . . . . | 157°        | 68,73                        |
| Wasser . . . . .      | 100         | 536,50                       |
| Alkohol . . . . .     | 78          | 208,92                       |
| Essigäther . . . . .  | 74          | 105,80                       |
| Holzgeist . . . . .   | 66,5        | 263,86                       |
| Aether . . . . .      | 35,0        | 91,11                        |

Nimmt man die Verdampfungswärme des Wassers als Einheit, so ist die des Terpentins

$$\frac{536,50}{68,73} = 7,82,$$

die des Alkohols

$$\frac{536,5}{208,92} = 2,57 \text{ u. s. w.}$$

### Leitung und Fortpflanzung der Wärme.

43. Die Fortpflanzung der Wärme geschieht durch Leitung und Strahlung. Die strahlende Wärme durchdringt hierbei die Körper ähnlich wie das Licht durchsichtige Körper durchdringt.

Die Sonnenwärme z. B. wird nicht bis zur Erde geleitet, sondern gelangt durch Strahlung dahin, indem die Sonnenstrahlen die Atmosphäre grösstentheils durchdringen und in gerader Linie bis zur Erde fortgehen, wo sie von der Erdoberfläche aufgesaugt werden und dieselbe erwärmen, während die höher gelegenen Luftschichten kalt bleiben. Wenn man sich einem stark erwärmten Ofen nähert, so empfindet man die Hitze desselben schon in einer der stattfindenden Temperatur entsprechenden Entfernung, obgleich die Luft, welche zwischen der sich nähernden Person und dem Ofen befindlich ist, gar nicht so hoch erwärmt ist, denn wenn man einen Ofenschirm dazwischen bringt, so verschwindet die Hitze fast augenblicklich, was nicht möglich wäre, wenn die ganze Luftmasse, welche die dem Ofen sich nähernde Person umgiebt, eine so hohe Temperatur hätte, wie sie von derselben empfunden wurde.

Die Eigenschaft Wärmestrahlen auszusenden, kommt nicht allein der Sonne und den künstlich erhitzten Körpern, sondern allen Körpern zu und bei jeder Temperatur.

Die Wärmestrahlen werden hierbei von der Oberfläche der Körper, welche sie treffen, theilweise absorbirt, theilweise durchgelassen, theilweise zurückgeworfen.

### Strahlungsvermögen der Körper.

Die Zeit, welche ein erwärmter Körper zum Abkühlen gebraucht, bezeichnet sein Strahlungsvermögen, letzteres ist hauptsächlich abhängig von der Beschaffenheit der Oberfläche des die Wärme ausstrahlenden Körpers.

Im Allgemeinen strahlen die Oberflächen der mehr dichten Körper unter sonst gleichen Verhältnissen weniger Wärme aus, als die Oberflächen der weniger dichten Körper. Wird eine Kugel von polirtem Zinn mit Wasser von einer bestimmten Temperatur gefüllt, so gebraucht dieselbe nach Leslie 156 Minuten Zeit, während dieselbe mit Lampenruss geschwärzt nur 81 Minuten Zeit gebraucht, um bis auf denselben Punkt zu erkalten. Das Ueberziehen mit Russ hat daher das Ausstrahlungsvermögen verdoppelt.

Das Austrahlungsvermögen vieler Körper ist durch Melloni mittelst des Thermomultiplikators bestimmt worden. Derselbe fand folgende Resultate:

| Substanzen.           | Strahlungsvermögen. | Substanzen.                                                      | Strahlungsvermögen. |
|-----------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Kienruss . . . . .    | 100                 | Leim und Mennige .                                               | 80                  |
| Schreibpapier . . . . | 98                  | Graphit . . . . .                                                | 75                  |
| Harz . . . . .        | 96                  | Gummilack . . . . .                                              | 72                  |
| Siegellack . . . . .  | 95                  | Angelaufenes Blei .                                              | 19                  |
| Glas (Crown-Glas). .  | 90                  | } Polirtes verzinn-<br>Eisenblech, Gold,<br>Silber, Kupfer . . . | 12                  |
| Tusch . . . . .       | 88                  |                                                                  |                     |
| Eis . . . . .         | 85                  |                                                                  |                     |

Da das Ausstrahlungsvermögen des Kienrusses das grösste ist, so hat man es als Einheit gewählt und mit 100 bezeichnet. Demnach ist das Ausstrahlungsvermögen einer Kupferplatte nur  $12 : 100 = 0,12$ .

Durch Ueberziehen der Metalle mit einer Oxydschicht wird das Wärmestrahlungsvermögen der Körper verstärkt. Angelaufenes Blei strahlt die Wärme  $2\frac{1}{2}$  Mal so schnell aus wie polirtes. Es giebt aber auch Körper wie Glas und Porzellan, welche auch bei glatter und glänzender Oberfläche die Wärme schnell ausstrahlen.

Die unter der Oberfläche befindlichen Körper haben auf das Ausstrahlungsvermögen keinen Einfluss, ein Glasgefäss, schwach vergoldet, verhält sich ganz so wie ein goldenes.

### Absorbtion der Wärmestrahlen.

45. Die Eigenschaft, Wärmestrahlen, welche von einem anderen Körper kommen, zu absorbiren, ist allen Körpern eigen, ist aber ungleich und bei dem einen grösser wie bei dem anderen.

Es geht dies schon aus der Ungleichheit des Ausstrahlungs-

vermögens hervor, denn Körper, welche die Wärme schneller austrahlen, müssen die Wärme auch schneller absorbiren wie andere. Ein Thermometer, bei welchem die Kugel mit Kienruss geschwärzt ist, wird höher steigen als ein solches, wo dies nicht der Fall ist, weil die erstere mehr Wärmestrahlen absorbirt als die letztere. Will man daher einen Körper möglichst stark erwärmen, so muss man denselben mit einem Ueberzug versehen, welcher die Wärmestrahlen stark absorbirt. Diejenigen Wärmestrahlen, welche nicht absorbirt werden, werden entweder reflektirt oder unabsorbirt durchgelassen.

Ueber die Absorbtionsfähigkeit verschiedener Körper sind von Melloni vielfache Versuche mit verschiedenen Wärmequellen angestellt, dieselben ergaben

|                       | Wärmequellen.                         |                   |                       |                              |
|-----------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|------------------------------|
|                       | Strahlen einer frei brennenden Lampe. | Glühendes Platin. | Kupferblech von 400°. | Gefäss mit siedendem Wasser. |
| Kienruss . . . . .    | 100                                   | 100               | 100                   | 100                          |
| Bleiweiss . . . . .   | 53                                    | 56                | 89                    | 100                          |
| Hausenblase . . . . . | 52                                    | 54                | 64                    | 91                           |
| Tusche . . . . .      | 96                                    | 95                | 87                    | 85                           |
| Schellack . . . . .   | 43                                    | 47                | 70                    | 72                           |
| Blankes Metall . . .  | 14                                    | 13,5              | 13                    | 13                           |

Um die Absorbtionsfähigkeit verschiedener Körper vergleichen zu können, ist die des Kienrusses auch hier als Einheit gewählt und = 100 angenommen, hiernach ist die Absorbtionsfähigkeit einer durch die Wärmestrahlen einer Lampe erwärmten Metallfläche nur  $14 : 100 = 0,14$  von der einer mit Kienruss bedeckten Oberfläche.

### Reflection der Wärmestrahlen.

46. Ebenso wie die Lichtstrahlen wird auch ein Theil der Wärmestrahlen, welche einen Körper treffen, reflektirt. Vorausgesetzt dass ein Körper keine Wärmestrahlen durchlässt, muss die Summe der reflektirten und absorbirten Wärmestrahlen gleich der Totalsumme der ihn treffenden Wärmestrahlen sein.

Im Allgemeinen kann man annehmen, dass das Reflectionsvermögen eines Körpers um so grösser, je glatter seine Oberfläche ist, und umgekehrt um so geringer, je rauher dieselbe ist. Polirte Metallflächen reflectiren daher viel, solche, welche mit Russ überzogen sind, gar keine Wärmestrahlen.



## Durchstrahlbarkeit der Körper durch die Wärmestrahlen.

47. Ebenso wie die Lichtstrahlen von festen Körpern, wie z. B. Glas, durchgelassen werden, so können auch Wärmestrahlen durchgelassen werden. Diese Eigenschaft kömmt aber nicht allen Körpern zu und unterscheidet man die Körper deshalb in diathermane und athermane. Erstere sind solche, welche die Wärme frei durch sich hindurch gehen lassen, letztere aber solche, welche die Wärmestrahlen aufhalten, eben so wie undurchsichtige Körper die Lichtstrahlen aufhalten, indem sie dieselben absorbiren oder reflectiren.

Von allen Körpern ist das Steinsalz der vollkommenste diathermane Körper, denn von 100 Strahlen, welche dasselbe treffen, gehen 92 frei hindurch, mag nun die Steinsalzplatte  $\frac{1}{4}$  oder 2 bis 3 Zoll stark sein.

Ueber die Durchstrahlbarkeit der Körper sind mittelst des Thermomultiplikators viele Versuche gemacht, und haben sich folgende Resultate ergeben:

| Namen der Körper.                   | Wärmequellen.        |                         |                                               |                                               |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                                     | Locatellische Lampe. | Glühende Platinspirale. | Geschwärtztes bis 400° erwärmtes Kupferblech. | Geschwärtztes bis 100° erwärmtes Kupferblech. |
| Freie Strahlung der Wärme . . . . . | 100                  | 100                     | 100                                           | 100                                           |
| Steinsalz . . . . .                 | 92                   | 92                      | 92                                            | 92                                            |
| Wasserheller Flussspath . . . . .   | 78                   | 69                      | 42                                            | 33                                            |
| Spiegelglas . . . . .               | 39                   | 24                      | 6                                             | 0                                             |
| Krystallisirter Gyps . . . . .      | 14                   | 5                       | 0                                             | 0                                             |
| Alaun . . . . .                     | 9                    | 2                       | 0                                             | 0                                             |
| Eis . . . . .                       | 6                    | 0                       | 0                                             | 0                                             |
| Schwarzes Glas 1 Millimeter dick .  | 26                   | 25                      | 12                                            | 0                                             |

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die Körper die Wärmestrahlen verschiedener Wärmequellen nicht in gleicher Menge durchlassen, wie z. B. beim schwarzen Glase und Spiegelglase. Das schwarze Glas lässt von den Wärmestrahlen, welche von einer Locatellischen Lampe kommen, 26 Procent durch, während es nur 12 Procent Strahlen durchlässt, welche von einer bis 100° er-

hitzten Kupfertafel kommen. Aehnlich verhält sich das Spiegelglas. Nur das Steinsalz lässt die Wärmestrahlen aller Körper gleich gut durch.

Die Wärmestrahlen, welche von verschiedenen Quellen kommen, müssen also verschieden sein, denn sonst würden sie von allen Körpern in gleicher Menge durchgelassen werden.

### Leitung der Wärme.

48. Ausser durch Strahlung kann sich die Wärme auch durch Leitung fortpflanzen, andern Körpern mittheilen und durch ihre ganze Masse verbreiten. Die Fortpflanzung durch Leitung geschieht aber viel langsamer als durch Strahlung. Bei einem Metallstabe z. B., welchen man an einem Ende erwärmt, gebraucht die Wärme längere Zeit, bis sie sich zu dem andern Ende fortpflanzt, als wenn die Erwärmung durch Strahlung geschehen würde.

Die Mittheilung der Wärme an andre Körper durch Leitung ist bei den verschiedenen Körpern verschieden, es giebt solche, welche die Wärme leicht mittheilen, gute Wärmeleiter, und solche, welche dieselbe schlecht leiten, schlechte Wärmeleiter. Eine an einem Ende glühende Metallstange kann man am anderen Ende nicht berühren, ohne sich zu verbrennen, während man ein an einem Ende brennendes Stück Holz von gleicher Länge bequem am anderen Ende anfassen kann, ohne sich zu verbrennen.

Im Allgemeinen leitet ein Körper die Wärme um so besser, je dichter, also je schwerer er ist, wie z. B. die Metalle, während umgekehrt die leichten und porösen Körper, wie Asche, Seide, Wolle, Stroh, Haare etc. die Wärme schlecht leiten.

Die Eigenschaft mancher Körper, die Wärme schlecht zu leiten, benutzen wir, viele Körper vor dem Erkalten zu schützen, so z. B., um unsere Körperwärme nicht so schnell der Luft mitzutheilen. Die Kleider selbst wärmen nicht, sondern halten nur als schlechte Wärmeleiter die Wärme zusammen.

Die schlechte Wärmeleitung von Stroh benutzen wir, um im Winter Bäume und Sträucher vor dem Erfrieren zu schützen, die von Torfgruss, Asche und Luft, um unsre Eiskeller im Sommer vor dem Zutritt der Wärme zu schützen und das Schmelzen desselben zu verhindern.

49. Die besten Wärmeleiter sind die Metalle, weshalb selbige

auch in der Industrie meistens zur Uebertragung der Wärme auf andre Körper verwendet werden.

Die Untersuchungen über die Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle ergaben folgende Resultate nach Despretz:

|                  | Wärmeleitungsfähigkeit. |
|------------------|-------------------------|
| Gold . . . . .   | 1000                    |
| Silber . . . . . | 973                     |
| Kupfer . . . . . | 898,2                   |
| Platin . . . . . | 381                     |
| Eisen . . . . .  | 374,3                   |
| Zink . . . . .   | 363                     |
| Zinn . . . . .   | 309,9                   |
| Blei . . . . .   | 179,6                   |

50. Die Wärmeleitung vermindert sich, sobald ein Körper pulverisirt wird, indem dann die kleinsten Theilchen durch einen der schlechtesten Wärmeleiter durch die Luft getrennt sind, pulverisirtes Glas, Sägespähne oder Eisenfeile leiten die Wärme nicht so gut, wie Glasstücke, Holz oder Eisenstücke. Körper, welche von allen Seiten mit Luft umgeben sind, erwärmen sich und erkalten nur sehr langsam. Diese schlechte Wärmeleitungsfähigkeit der Luft wird zu manchen Zwecken benutzt, z. B. zur Erhaltung der Zimmertemperatur durch Doppelfenster.

### Wärmeleitungsfähigkeit von Baumaterialien.

Dieselbe wurde von Hutchinson untersucht, derselbe fand das Wärmeleitungsvermögen des Schiefers, = 100 angenommen, folgende Resultate.

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| Gyps und Sand . . . . .      | 18,70 |
| Keenes Cement . . . . .      | 19,01 |
| Gyps . . . . .               | 20,26 |
| Römischer Cement . . . . .   | 20,88 |
| Birkenholz . . . . .         | 22,44 |
| Holz und Gyps . . . . .      | 25,55 |
| Fichtenholz . . . . .        | 27,61 |
| Eichenholz . . . . .         | 33,66 |
| Asphalt . . . . .            | 45,19 |
| Weiche Kreide . . . . .      | 56,38 |
| Napoleon-Marmor . . . . .    | 58,27 |
| Ziegel . . . . .             | 60,14 |
| Sandstein von Bath . . . . . | 61,08 |

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Feuerfeste Steine . . . . .       | 61,70  |
| Sandstein von Painswich . . . . . | 71,36  |
| Lünelle-Marmor . . . . .          | 75,4   |
| Sandstein von Norfolk . . . . .   | 95,36  |
| Schiefer . . . . .                | 100    |
| Blei . . . . .                    | 521,34 |

### Wärmeleituug von Flüssigkeiten.

Tropfbare und gasförmige Flüssigkeiten sind im Allgemeinen schlechte Wärmeleiter. In Flüssigkeiten verbreitet sich die Wärme besonders durch Strömungen, und zwar in der Weise, dass die kleinsten Theilchen der von unten erwärmten Flüssigkeit Wärme einsaugen, dadurch specifisch leichter werden und in die Höhe steigen, um den in den oberen Schichten befindlichen kühleren Flüssigkeiten Platz zu machen, welche letztere dann am Boden wieder Wärme aufnehmen, wieder in die Höhe steigen, bis dass nach und nach die Flüssigkeit zum Sieden kömmt. Wird eine tropfbare Flüssigkeit oder ein Gas nicht von unten, sondern von oben erwärmt, in welchem Falle keine Strömungen von unten nach oben stattfinden, so theilt sich die Wärme den unteren Flüssigkeiten nur äusserst langsam mit, und ist dies der beste Beweis für die schlechte Wärmeleitungsfähigkeit der Flüssigkeiten.

### Die Destillation.

Die Destillation ist ein Verfahren, durch welches flüchtige Körper von nicht oder weniger flüchtigen getrennt werden. Die flüchtigen Körper werden hierbei durch Verdampfen aus den letzteren ausgetrieben, und durch Abkühlung in besonders dazu construirten Kühlgefässen wieder in den tropfbarflüssigen Zustand übergeführt. Man unterscheidet zwei Arten von Destillationen, nasse und trockne Destillationen. Bei der ersteren werden entweder schon fertig gebildete Körper nach ihren Siedepunkten geschieden, wie z. B. ein Gemisch von Alkohol und Terpentinöl oder Alkohol und Wasser, oder der zu destillirende Körper wird erst durch einen chemischen Prozess gebildet, wie bei der Darstellung der Salpetersäure, Essigsäure etc.

Die trockene Destillation, auch zerstörende Destillation genannt, ist derjenige Prozess, bei welchem organische Körper unter Luftabschluss durch Wärme zersetzt, und in flüchtige,

oder minder flüchtige Körper verwandelt werden. Da die sich bildenden Producte hierbei überdestilliren, so wird der Prozess trockne Destillation genannt.

Bei jeder Destillation unterscheidet man zwei Apparate, in dem einen wird der zu destillirende Körper in Dampf verwandelt und verflüchtigt, in dem andern werden die verflüchtigten Dämpfe durch Abkühlung wieder in flüssiger Form aufgefangen. Solche Destillationsapparate sind in grosser Menge construirt worden, und sind in Murratt's technisch-chemischer Encyclopädie, Otto's Lehrbuch der landwirthschaftlichen Gewerbe, sowie Peclet's Handbuch der Wärme beschrieben.

#### A. Nasse Destillation.

Enthält die zu destillirende Flüssigkeit feste und flüssige Körper, und lassen sich letztere durch Destillation ganz abscheiden, so ist letztere eine einfache, wie es z. B. beim Wasser der Fall ist; enthält sie aber zwei verschieden verdampfbare, also bei verschiedenen Temperaturen siedende Flüssigkeiten, wie z. B. Alkohol und Terpentinöl oder Alkohol und Wasser, so ist die Destillation eine complicirtere und erfordert demgemäss auch complicirtere Apparate. Das Material, welches zur Darstellung solcher Destillirapparate benutzt wird, ist verschieden und richtet sich nach dem zu destillirenden Körper. Am meisten werden thönerne, guss- und schmiedeeiserne, zinnerne, kupferne, und für manche Zwecke, z. B. für die Destillation von Schwefelsäure Destillirapparate von Platina angewendet.

Die Dimensionen der einzelnen Theile des Destillationsapparates hängen von der Menge der in einer bestimmten Zeit darzustellenden Destillate ab. Hieraus kann man sowohl das Brennmaterial, die Heizoberfläche des Destillirapparates, wie auch die anderen einzelnen Theile des Kühlapparates berechnen.

Gesetzt man wolle in der Stunde 100 Pfund Alkohol destilliren, so ergibt sich das nöthige Brennmaterial nach folgender Berechnung: Die Verdampfungswärme, welche beim Sieden des Alkohols gebunden wird, beträgt  $208,92^\circ$ , während  $78^\circ$  freie Wärme angezeigt werden. Die specifische Wärme des Alkohols ist  $= 0,644$ .

Um daher 1 Pfund Alkohol in Dampf zu verwandeln, gebraucht man  $(78 \cdot 0,644) + 208,92 = 259,15^\circ$ . Die Verdampfungswärme des Wassers ist  $= 536,5$ , die freie Wärme beim Sieden desselben  $= 100^\circ$ , die Gesamtwärme, welche daher gebraucht

wird, um 1 Pfund Wasser in Dampf zu verwandeln, beträgt  $536,5 + 100 = 636,5^\circ$ . Zur Verwandlung des Alkohols in Dampf gebraucht man also nur  $\frac{259}{637} = 0,4$  der Wärme, als man zur Verwandlung des Wassers in Dampf gebraucht.

Da 1 Pfund Steinkohle von mittlerer Beschaffenheit durchschnittlich 6 Pfd. Wasser in der Stunde verdampft, und zur Verdampfung von 1 Pfd. Alkohol nur  $\frac{1}{4}$  Wasserwärme nothwendig sind, so werden durch 1 Pfund Steinkohle  $\frac{6 \cdot 10}{4} = 15$  Pfund Alkohol verdampft werden.

Bei guten Dampfapparaten, welche 6 Pfund Dampf durch 1 Pfd. Steinkohle entwickeln, werden auf jeden Quadratfuss Heizfläche 3 bis 4 Pfd. Wasserdampf entwickelt. Die hierbei auf den Quadratfuss Heizfläche verbrauchte Wärmemenge würde daher nach dem eben Gesagten genügen, um  $\frac{4 \cdot 10}{4} = 10$  Pfd. Alkohol zu verdampfen.

Für 1000 Pfd. Alkohol würden demnach  $\frac{1000}{10} = 100$  Quadratfuss Heizfläche gebraucht werden, wozu pr. Stunde  $\frac{1000}{15} = 67$  Pfd. Steinkohle verbraucht werden würden.

Wird, wie es in den Spiritusbrennereien der Fall, ein Gemenge von Alkohol und Wasser verdampft, und die Menge des Alkohols verhält sich zu der des Wassers wie 1 zu 24, so muss man, um den ganzen Alkohol zu erhalten, 0,22 Theile der alkoholischen Mischung verdampfen, und erhält man in diesem Falle 0,22 Gewichtstheile Destillat von  $17^\circ$  Baumé, welches aus 0,042 Alkohol und 0,178 Wasser zusammengesetzt ist.

Um 1000 Pfd. dieses Spiritus zu rectificiren, würden 220 Pfd. der alkoholischen Flüssigkeit verdampft werden müssen, worin 42 Pfd. Alkohol enthalten sein würden. An Brennmaterial würden gebraucht werden, zur Verdampfung von

|                                                                                  |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 42 Pfd. Alkohol . . . . .                                                        | 42 : 15 = 2,8 Pfd. |
| 178 „ Wasser : . . . . .                                                         | 178 : 6 = 29,66 „  |
| Zur Erwärmung der zurückbleibenden<br>Flüssigkeit von 780 Pfd. auf $100^\circ$ ) | 780 : 39 = 20,00 „ |
|                                                                                  | 52,46 Pfd.         |

Da durch 1 Pfund Steinkohle 6 Pfd. Wasser verdampft werden,

so verdampfen 52,46 Pfd. Steinkohle  $52,46 \cdot 6 = 314,76$  Pfd. Wasser.

Hieraus lässt sich die für obige Menge Spiritus nothwendige Heizfläche leicht berechnen.

Da nach oben durch 1 Pfd. Steinkohle auf 1 Quadratfuss Heizfläche per Stunde 4 bis 5 Pfd. Wasser verdampft werden, so gebraucht man hier  $\frac{314,76}{4} = 78,69$  Quadratfuss Heizfläche.

Auf ähnliche Weise kann man die Heizfläche jedes Destillationsapparates und die zur Verdampfung nothwendige Brennmaterialmenge für jeden flüchtigen Körper berechnen (unter Voraussetzung, dass die Wärmecapacität und die latente Verdampfungswärme bekannt sind).

Durch ähnliche Rechnungen findet man auch die zur Verdichtung der Dämpfe der destillirenden Flüssigkeit nothwendige Kühlfläche. Bei dieser Berechnung sind folgende Bedingungen zu berücksichtigen.

- 1) Die Menge des Dampfes, welcher in einer bestimmten Zeit verdichtet werden soll.
- 2) Die latente Wärme des Dampfes, welche bei der Verdichtung frei wird.
- 3) Die Beschaffenheit der Kühlflüssigkeit.
- 4) Die durch den Quadratfuss Kühlfläche in einer gegebenen Zeit gehende Wärme.

Wenn, wie es meistens der Fall ist, Wasser als Kühlflüssigkeit benutzt wird, so werden nach Peclet pro Stunde auf das Quadratmeter bei einer Temperaturdifferenz von  $1^{\circ} 9$  Kilogr. oder  $1,39$  Kilogr. Wasserdampf verdichtet, je nachdem der Kühler eine kleine Röhre von geringem Durchmesser oder ein Körper von grosser Räumlichkeit ist, so dass die Luft nicht leicht ausgetrieben werden kann. Hiernach kann man, wenn die Wärmecapacität und die latente Wärme irgend eines Dampfes bekannt ist, die Menge desselben, welche unter gleichen Umständen verdichtet werden, leicht berechnen.

Die zweckmässigsten Kühlvorrichtungen sind diejenigen, welche den Liebig'schen Kühlern ähnlich construirt sind, bei welchen die Kühlflüssigkeit mit einer der aus dem Destillationsapparat ausströmenden Dämpfe entgegengesetzten Richtung in den Kühler einströmt.

Bei allen Kühlapparaten ist es nothwendig, dass das aus

dem Kühlapparat abfliessende Wasser ununterbrochen und mit ausreichender Geschwindigkeit ersetzt wird, und dass die Kühlfläche immer etwas grösser genommen wird, als es sich aus der Berechnung ergibt.

## II. Abschnitt.

### Brennmaterialien.

1. Die in den verschiedenen Industriezweigen nöthige Wärme verschaffen wir uns durch die Verbrennung von organischen Substanzen, wie Holz, Kohlen etc.

2. Die Verbrennung ist ein chemischer Prozess, welcher unter Mitwirkung des Sauerstoffs der Luft vor sich geht, wobei sich die Elemente des brennbaren Körpers mit Ersterem verbinden und Wärme und Licht frei werden.

3. Damit sich hierbei Licht zeige, ist es nothwendig, dass der verbrennende Körper wenigstens eine Temperatur von  $400^{\circ}$  C. habe. Bei dieser Temperatur ist dasselbe dunkelroth und wenig sichtbar, dasselbe wird aber mit der steigenden Temperatur heller, und ist bei einer entsprechenden hohen Temperatur hellroth bis weiss.

4. Die Brennstoffe enthalten alle Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und einige Mineralbestandtheile. Bei dem Verbrennen verbinden sich der Kohlenstoff und Wasserstoff mit Sauerstoff, welcher letztere theils von der Luft geliefert wird, theilweise aber auch schon im Brennstoff enthalten ist. Die Producte der Verbrennung sind Kohlensäure und Wasser, welche in Dampfform entweichen, und Aschenbestandtheile, welche zurückbleiben. Da sich die Bestandtheile der Brennstoffe hierbei mit Sauerstoff verbunden haben, so sind natürlich die Producte der Verbrennung schwerer als der verbrannte Körper.

5. Im chemischen Sinne ist ein solcher Prozess eine Oxydation im Grossen, ebenso wie bei der Oxydation von Blei, Kupfer oder Eisen Blei-, Kupfer- und Eisenoxyd entstehen und Wärme dabei frei wird, (welches bekanntlich bei jeder chemischen Verbindung geschieht) ebenso entstehen bei der Verbrennung der Brennstoffe



aus Kohlenstoff und Wasserstoff die Oxyde Kohlensäure und Wasser unter Entwicklung von viel freier Wärme.

6. Für die Industrie haben solche Brennstoffe den meisten Werth, welche erstens nicht zu kostspielig und reichlich vorhanden sind, zweitens bei ihrer Verbrennung eine dem Zweck entsprechende Menge Wärme liefern, drittens deren Verbrennungsproducte weder für den zu erhitzenden Körper, noch für Thiere und Pflanzen nachtheilig sind. Solche Brennmaterialien werden uns durch die verschiedenen Hölzer und durch den Torf, ferner durch die vorweltlichen Ueberreste von Pflanzen wie: Anthracit, Steinkohle und Braunkohle, und endlich durch die beim Erhitzen unter ganzem oder theilweisen Luftabschluss der erwähnten Brennstoffe entstandenen Koke und Holzkohlen, geliefert.

7. Da die Wärme, welche uns die Brennstoffe bei der Verbrennung liefern, von dem Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt derselben abhängig ist, so ist der Gehalt der Brennstoffe an diesen Elementen, sowie überhaupt die chemische Zusammensetzung derselben, bei Beurtheilung ihres Heizwerthes von Wichtigkeit.

#### A. Holzarten.

8. Nach ihren äusseren Eigenschaften werden die Hölzer eingetheilt in harte, halbharte und weiche Hölzer.

Harte Hölzer sind: Eichen, Ulmen, Roth- und Weissbuche, Bucksbaum, Birn-, Pflaumen-, Kastanienholz u. s. w.

Halbharte sind: Ahorn, Akazien, Birken, Eschen, Erlen, Lärchen und Kiefern.

Weiche Hölzer sind: Fichte, Tanne, Linde, Pappel, Weide etc.

9. Frisch gefällt sind fast alle Hölzer leichter als Wasser und sinken daher nicht darin unter. Nur einige Hölzer, bei welchen die kleinsten Theilchen sehr dicht aneinander gelagert sind, daher nur wenig Luft enthalten, zeigen das Gegentheil. Vertheilt man aber die Holzfaser recht fein und lässt sie von Wasser durchdringen, so sinken selbst die leichtesten Hölzer unter und beweisen dadurch ihre grössere Schwere.

Nach Rumpford liegt das specifische Gewicht aller Holzarten zwischen 1,46 — 1,53. Uebrigens ist das wirkliche Gewicht des Holzes selbst bei derselben Holzsorte verschieden, je nach dem Alter und dem Boden, auf welchem sie gewachsen sind. In frisch gefälltem Zustande ist das specifische Gewicht grösser als im lufttrocknen Zustande.

10. Karmarsch hat verschiedene Untersuchungen über das spezifische Gewicht der Hölzer im frischen und trocknen Zustande angestellt, und danach das Gewicht von 1 Cubikfuss trockenen Holzes festgestellt.

| N a m e n<br>der<br>H ö l z e r. | Specificisches Gewicht. Wasser = 1. |                        |               |                                 |                        |               | Gew. von 1 rheinl. Cubikf. im<br>lufttrockn. Holzessim Mittel. |
|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------|---------------|---------------------------------|------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------|
|                                  | Im frischen Zu-<br>stande.          |                        |               | Im lufttrockenen Zu-<br>stande. |                        |               |                                                                |
|                                  | Geringstes<br>Gewicht.              | Höchstes Ge-<br>wicht. | Durchschnitt. | Geringstes<br>Gewicht.          | Höchstes Ge-<br>wicht. | Durchschnitt. |                                                                |
| Ahorn . . . . .                  | 0,843                               | 0,944                  | 0,893         | 0,612                           | 0,750                  | 0,681         | 45                                                             |
| Apfelbaum . . . . .              | 0,960                               | 1,137                  | 1,048         | 0,674                           | 0,793                  | 0,733         | 48                                                             |
| Birke . . . . .                  | 0,851                               | 0,987                  | 0,919         | 0,591                           | 0,738                  | 0,664         | 44                                                             |
| Birnbaum . . . . .               | —                                   | —                      | —             | 0,646                           | 0,732                  | 0,689         | 45                                                             |
| Rothbuche . . . . .              | 0,852                               | 1,109                  | 0,980         | 0,590                           | 0,852                  | 0,721         | 48                                                             |
| Buchsbaum . . . . .              | —                                   | —                      | —             | 0,912                           | 1,031                  | 0,971         | 64                                                             |
| Eiche . . . . .                  | 0,885                               | 1,062                  | 0,973         | 0,650                           | 0,920                  | 0,785         | 52                                                             |
| Erle . . . . .                   | 0,809                               | 0,994                  | 0,901         | 0,423                           | 0,680                  | 0,551         | 36                                                             |
| Esche . . . . .                  | 0,778                               | 0,927                  | 0,852         | 0,540                           | 0,845                  | 0,692         | 46                                                             |
| Fichte (Rothstamm)               | 0,794                               | 0,993                  | 0,993         | 0,376                           | 0,481                  | 0,428         | 28                                                             |
| Föhre (Kiefer) . . .             | 0,811                               | 1,005                  | 0,908         | 0,463                           | 0,763                  | 0,613         | 40                                                             |
| Kirschbaum . . . . .             | 0,928                               | 0,928                  | 0,928         | 0,577                           | 0,715                  | 0,646         | 43                                                             |
| Lärche . . . . .                 | 0,694                               | 0,924                  | 0,809         | 0,473                           | 0,565                  | 0,519         | 34                                                             |
| Linde . . . . .                  | 0,710                               | 0,878                  | 0,794         | 0,439                           | 0,604                  | 0,522         | 34                                                             |
| Nussbaum . . . . .               | —                                   | —                      | —             | 0,660                           | 0,811                  | 0,735         | 49                                                             |
| Pappel . . . . .                 | 0,758                               | 0,956                  | 0,857         | 0,353                           | 0,591                  | 0,472         | 31                                                             |
| Pflaumbaum . . . . .             | —                                   | —                      | —             | 0,754                           | 0,872                  | 0,813         | 54                                                             |
| Rosskastanie . . . . .           | —                                   | —                      | —             | 0,551                           | 0,610                  | 0,580         | 38                                                             |
| Tanne (Weisstanne)               | 0,894                               | 0,894                  | 0,894         | 0,455                           | 0,746                  | 0,600         | 40                                                             |
| Ulme . . . . .                   | 0,878                               | 0,941                  | 0,909         | 0,568                           | 0,671                  | 0,619         | 41                                                             |
| Weide . . . . .                  | 0,715                               | 0,855                  | 0,785         | 0,392                           | 0,530                  | 0,461         | 30                                                             |
| Weissbuche . . . . .             | 0,939                               | 0,137                  | 1,038         | 0,728                           | 0,790                  | 0,759         | 50                                                             |
| Weissdorn . . . . .              | —                                   | —                      | —             | 0,871                           | 0,871                  | 0,871         | 57                                                             |

### B. Zusammensetzung der Holzarten.

Der werthvollste Bestandtheil der Brennstoffe, welcher auch in der grössten Menge darin enthalten, ist die Holzfaser; die anderen, weniger wichtigen Bestandtheile sind: Wasser, Extractivstoffe, Harz, Saft und unorganische Bestandtheile.

C. Wassergehalt des Holzes.

11. Bei älterem und dichtem Holze ist derselbe geringer als bei jungem weniger dichtem; er ist grösser im Splintholze und im Holze jüngerer Aeste und Zweige, als im Kernholz eines alten Stammes, und bei weichen Hölzern gewöhnlich grösser als bei harten. Schübler und Neuffer fanden in 100 Theilen frisch gefälltem Holze:

| Namen der Hölzer.      | Wassergehalt<br>in<br>100 Theilen. | Namen der Hölzer.       | Wassergehalt<br>in<br>100 Theilen. |
|------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Heinbuche . . . . .    | 18,6                               | Kiefer . . . . .        | 37,7                               |
| Saalweide . . . . .    | 26                                 | Rothbuche . . . . .     | 39,7                               |
| Ahorn . . . . .        | 27                                 | Erle . . . . .          | 41,6                               |
| Vogelbeere . . . . .   | 28,3                               | Espe . . . . .          | 43,7                               |
| Esche . . . . .        | 28,7                               | Ulme . . . . .          | 44,5                               |
| Birke . . . . .        | 30,8                               | Rothtanne . . . . .     | 45,2                               |
| Mehlbeere . . . . .    | 32,3                               | Linde . . . . .         | 41,1                               |
| Traubeneiche . . . . . | 34,7                               | Ital. Pappel . . . . .  | 48,2                               |
| Stieleiche . . . . .   | 35,4                               | Lärche . . . . .        | 48,6                               |
| Weisstanne . . . . .   | 37,1                               | Baumweide . . . . .     | 50,6                               |
| Roskastanie . . . . .  | 38,2                               | Schwarzpappel . . . . . | 51,8                               |

12. Der Wassergehalt wechselt ferner nach den verschiedenen Jahreszeiten, derselbe ist im Frühjahr, wo die Saftbildung eintritt, am grössten, im Herbst, wo die Blätter abfallen, geringer und im Winter am geringsten. Diejenigen Hölzer, welche daher im Winter oder Herbst gefällt werden, sind zum Brennen und Verkohlen am tauglichsten, weil sie weniger Wasser enthalten, wogegen solche, welche im Frühjahr gefällt werden, wegen ihres grösseren Wassergehaltes unzweckmässiger zum Brennen sind, indem ein grosser Theil der entwickelten Wärme verbraucht werden würde, um das darin mehr enthaltene Wasser zu verdampfen. Bekanntlich lässt man das Holz, um es zu trocknen, längere Zeit an der Luft liegen, bevor es zum Brennen benutzt wird, wobei ein grosser Theil des Wassers verdunstet.

Da aber die Holzfaser die Eigenschaft hat, aus der Luft Wasser zu absorbiren, so kann man den ganzen Wassergehalt selbst nicht durch jahrelanges Liegen entfernen. Holz, welches  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Jahre vor dem Regen geschützt aufbewahrt wird, enthält immer noch 15—20 Procent Feuchtigkeit. Um den Wassergehalt ganz zu be-

seitigen, würde man das Holz bei 100—150° C. trocknen müssen. Da dies aber zu viel Unkosten verursachen und sich das Holz nicht in diesem Zustande aufbewahren lässt, ohne wieder 15—20 Procent Wasser aus der Luft aufzunehmen, so wendet man ganz wasserfreies Holz nur selten an. Nur dann, wenn dieses künstliche Austrocknen nicht mit grossen Unkosten verknüpft ist und das Holz gleich verbraucht wird, wie z. B. in den Holzleuchtgasfabriken, wo man dasselbe durch die abziehenden Feuerungsgase trocknet, ist dasselbe von Nutzen.

#### D. Aschengehalt der Hölzer.

13. Der Aschengehalt der Holzarten wechselt nicht allein nach den verschiedenen Holzarten, sondern ist auch bei einer und derselben Holzart verschieden, je nachdem die chemische Zusammensetzung des Bodens, auf welchem dieselbe gewachsen, verschieden ist. Er ist ferner verschieden in den einzelnen Theilen der Hölzer. In der Rinde ist mehr Asche als in den Zweigen, in den Zweigen gewöhnlich mehr als im Kernholze. Aus folgender Tabelle ergibt sich der Aschengehalt verschiedner Hölzer.

| N a m e n<br>der<br>H ö l z e r. | Namen der<br>einzelnen Holz-<br>theile. | Aschenmenge in 100 Theilen Holz. |           |           |           |          |             |
|----------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
|                                  |                                         | Karsten.                         | Berthier. | Mollerat. | Saussure. | Hertwig. | Chevaudier. |
| Eiche . . . . .                  | Holz                                    | jung 0,15                        | 3,30      | 1,40      | 0,2       | —        | 1,94        |
|                                  |                                         | alt 0,11                         | —         | —         | —         | —        | —           |
|                                  | Aeste                                   | —                                | —         | —         | 0,4       | —        | 1,49        |
|                                  | Junge Zweige                            | —                                | —         | —         | —         | —        | 1,32        |
|                                  | Rinde                                   | —                                | 6,00      | —         | 6,0       | —        | —           |
| Rothbuche . .                    | Holz                                    | jung 0,37                        | —         | 0,612     | —         | 0,38     | 0,73        |
|                                  |                                         | alt 0,40                         | —         | —         | —         | —        | 1,54        |
|                                  | Aeste                                   | —                                | —         | —         | —         | —        | 0,72        |
|                                  | Junge Zweige                            | —                                | —         | —         | —         | 6,62     | —           |
|                                  | Rinde                                   | —                                | —         | —         | —         | —        | —           |
| Hainbuche . .                    | Holz                                    | jung 0,32                        | —         | 1,14      | 0,6       | —        | —           |
|                                  |                                         | alt 0,35                         | —         | —         | —         | —        | —           |
|                                  | Splintholz                              | —                                | —         | —         | 0,7       | —        | —           |
| Erle . . . . .                   | Rinde                                   | —                                | —         | —         | 13,4      | —        | —           |
|                                  |                                         | Holz                             | jung 0,35 | —         | 1,39      | —        | —           |
|                                  |                                         | alt 0,30                         | —         | —         | —         | —        | —           |

| N a m e n<br>der<br>H ö l z e r. | Namen der<br>einzelnen Holz-<br>theile. | Aschenmenge in 100 Theilen Holz. |           |           |           |          |                  |
|----------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|------------------|
|                                  |                                         | Karsten.                         | Berthier. | Mollerat. | Saussure. | Hertwig. | Che-<br>vandier. |
| Birke . . . . .                  | { Holz<br>Aeste<br>Junge Zweige         | jung 0,25                        | 1,00      | 1,07      | —         | —        | 0,75             |
|                                  |                                         | alt 0,30                         | —         | —         | —         | —        | —                |
|                                  |                                         | —                                | —         | —         | —         | —        | 1,00             |
| Tanne . . . . .                  | { Holz<br>Rinde<br>Nadeln               | jung 0,22                        | —         | —         | —         | —        | —                |
|                                  |                                         | alt 0,25                         | —         | —         | —         | —        | —                |
|                                  |                                         | —                                | —         | —         | —         | —        | —                |
| Fichte . . . . .                 | { Holz<br>Nadeln                        | jung 0,12                        | 0,83      | 1,80      | 1,19      | —        | —                |
|                                  |                                         | alt 0,15                         | —         | —         | —         | —        | —                |
| Espe . . . . .                   | Stamm u. Aeste                          | —                                | —         | —         | —         | —        | —                |
| Linde . . . . .                  | Holz                                    | 0,40                             | 0,59      | 1,45      | —         | —        | 1,44             |
| Weide . . . . .                  | { Holz<br>Aeste                         | —                                | —         | —         | —         | —        | —                |
|                                  |                                         | —                                | —         | —         | —         | —        | —                |
| Pappel . . . . .                 | Holz                                    | —                                | —         | 1,306     | 0,80      | —        | —                |
| Ulme . . . . .                   | Holz                                    | —                                | —         | 2,28      | —         | —        | —                |
| Esche . . . . .                  | Holz                                    | —                                | —         | 2,30      | —         | —        | —                |
| Hollunder . . . .                | Stamm                                   | —                                | 1,64      | 1,39      | —         | —        | —                |

14. Was die Bestandtheile der Asche anbetrifft, so sind dieselben gleichfalls verschieden, je nach der chemischen Zusammensetzung des Bodens. Sie enthält verschiedene Metalloxyde und Säuren, namentlich Magnesia, Manganoxydul, Eisenoxyd, Kalk, Natron und Kali, welche mit Schwefelsäure, Phosphorsäure, Chlor, Kohlensäure, Kieselsäure verbunden sind. Hierzu kommen noch in einigen Pflanzen Kupfer, Zinkoxyd und Jod.

In 100 Theilen Asche sind enthalten:

| Bestandtheile.                | Buchen-<br>holz nach<br>Souchay. | Buchen-<br>holz. | Buchen-<br>rinde. | Tannen-<br>holz nach<br>Hertwig. | Tannen-<br>rinde nach<br>Hertwig. | Tannen-<br>nadeln n.<br>Hertwig. |
|-------------------------------|----------------------------------|------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|                               | 1.                               | 2.               | 3.                | 4.                               | 5.                                | 6.                               |
| Kohlensaures Kali . . . . .   | 14,80                            | 11,72            | } 3,02            | 11,30                            | } 2,95                            | 29,09                            |
| „ Natron . . . . .            | 3,02                             | 12,37            |                   | 7,42                             |                                   |                                  |
| Schwefelsaures Kali . . . . . | —                                | 3,49             | —                 | —                                | —                                 | —                                |
| Chlornatrium . . . . .        | 0,13                             | —                | —                 | —                                | —                                 | —                                |
| Kohlensaurer Kalk . . . . .   | 68,75                            | 49,54            | 64,76             | 50,94                            | 64,98                             | 15,41                            |
| Talkerde . . . . .            | 7,16                             | 7,74             | 16,90             | 5,60                             | 0,93                              | 3,89                             |
| Schwefelsaurer Kalk . . . . . | 1,47                             | —                | —                 | —                                | —                                 | —                                |
| Phosphorsaurer Kalk . . . . . | 2,55                             | 3,32             | 2,71              | 4,43                             | 5,03                              | } 38,36                          |
| „ Talkerde . . . . .          | —                                | 2,92             | 0,66              | 2,90                             | 4,18                              |                                  |
| „ Eisenoxyd . . . . .         | 1,18                             | 0,76             | 0,46              | 1,04                             | 1,04                              |                                  |
| „ Thonerde . . . . .          | —                                | 1,51             | 0,84              | 1,75                             | 2,42                              |                                  |
| „ Manganoxydul . . . . .      | —                                | 1,59             | —                 | —                                | —                                 | —                                |
| Kieselsäure . . . . .         | 0,94                             | 2,46             | 9,04              | 13,37                            | 17,28                             | 12,36                            |

E. Organische Substanzen. Chemische Zusammensetzung der verschiedenen Hölzer.

15. Die organischen Bestandtheile liefern bei dem Verbrennen die eigentliche Wärmequelle und sind deswegen bei der Beurtheilung der Brennstoffe auf den Brennwerth am wichtigsten. Die Elemente, aus welchen die organische Masse des Holzes besteht, sind hauptsächlich Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, wovon die beiden ersten Körper beim Verbrennen die Wärme liefern, während der Sauerstoff einen äquivalenten Theil Wasserstoff zu Wasser oxydirt und als Wasserdampf entweicht. Ausser obigen drei Körpern kommt noch eine ganz geringe Menge Stickstoff mit vor.

Die Zusammensetzung der mit dem Saft stark ausgetrockneten Hölzer ergibt folgende Tabelle.

| Namen der Hölzer.<br>100 Theile enthalten: | Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Sauerstoff. | Beobachter.            |
|--------------------------------------------|--------------|--------------|-------------|------------------------|
| Ahorn . . . . .                            | 49,80        | 6,31         | 43,89       | Schödler u. Petersen.  |
| Birke . . . . .                            | 48,60        | 6,37         | 45,02       | —                      |
| Buche . . . . .                            | 48,53        | 6,30         | 45,17       | —                      |
|                                            | 51,45        | 5,82         | 44,73       | Gay-Lussac u. Thenard. |
|                                            | 54,35        | 6,25         | 39,50       | Payen.                 |
| Eiche . . . . .                            | 49,43        | 6,07         | 44,50       | Schödler u. Petersen.  |
|                                            | 52,54        | 5,69         | 41,78       | Gay-Lussac u. Thenard. |
|                                            | 54,44        | 6,24         | 39,32       | Payen.                 |
| Esche . . . . .                            | 49,36        | 6,07         | 44,57       | Schödler u. Petersen.  |
| Fichte . . . . .                           | 49,94        | 6,25         | 43,81       | —                      |
| Kiefer . . . . .                           | 49,59        | 6,38         | 44,02       | —                      |
| Lärche . . . . .                           | 50,11        | 6,31         | 43,58       | —                      |
| Linde . . . . .                            | 49,41        | 6,86         | 43,73       | —                      |
| Pappel . . . . .                           | 49,70        | 6,31         | 43,99       | —                      |
| Tanne . . . . .                            | 49,95        | 6,41         | 43,65       | —                      |
| Ulme . . . . .                             | 50,19        | 6,43         | 43,39       | —                      |
| Weide . . . . .                            | 48,44        | 6,36         | 44,80       | —                      |
|                                            | 50,00        | 5,55         | 44,44       | Prout.                 |

Nach dieser Tabelle ergibt sich die durchschnittliche Zusammensetzung von 100 Theilen getrocknetem Holze zu:

|                   |             |         |
|-------------------|-------------|---------|
| Kohlenstoff . . . | 43,5 bis 50 | Theilen |
| Wasserstoff . . . | 6,0 „ 6,8   | „       |
| Sauerstoff . . .  | 43,5 „ 45   | „       |

Analysen von Heintz, welche der Berechnung des Heizeffectes durch Dr. Brix zu Grunde liegen.

|                          | Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Sauerstoff. | Asche. |
|--------------------------|--------------|--------------|-------------|--------|
| Kiefernholz . . . . .    | 49,87        | 6,09         | 43,41       | 0,63   |
| Birkenholz . . . . .     | 48,89        | 6,19         | 43,93       | 0,99   |
| Eichenholz . . . . .     | 48,94        | 5,94         | 43,09       | 2,03   |
| Rothbuchenholz . . . . . | 48,29        | 6,00         | 45,14       | 0,57   |
| Weissbuchen . . . . .    | 48,08        | 6,12         | 44,93       | 0,87   |

16. Der Faserstoff, als der für die Verbrennung wichtigste Bestandtheil der Hölzer, hat nach Gay-Lyssac und Thenard bei allen Hölzern, wenn sie bei 100° getrocknet sind, gleiche Zusammensetzung und besteht bei Eichen und Buchenholz aus:

|                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| Kohlenstoff . . . . .   | 52,53 und 51,47 Theilen |
| Wasserstoff } . . . . . | 47,47 „ 48,55 „         |
| Sauerstoff } . . . . .  |                         |

Letztere Beiden im Verhältniss um Wasser zu bilden. Violette, Director der Pulverfabrik zu Esquerdes, fand, dass die Zusammensetzung der bei 100° getrockneten verschiedenen Theile von Hölzern desselben Baumes nicht gleiche Zusammensetzung haben. Die Blätter verloren beim Trocknen 80 Procent, die Zweige 45 Procent Wasser. Folgende Tabelle enthält die Resultate der Untersuchungen Violett's.

|                                         | Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Sauerstoff und Stickstoff. | Asche. |             |
|-----------------------------------------|--------------|--------------|----------------------------|--------|-------------|
| Blätter . . . . .                       | 45,015       | 6,971        | 40,910                     | 7,118  |             |
| Schwache Zweige . . . . .               | 52,496       | 7,312        | 36,737                     | 3,454  | Rindenholz. |
|                                         | 48,359       | 6,605        | 44,730                     | 0,304  |             |
| Mittlere Zweige . . . . .               | 48,855       | 6,342        | 41,121                     | 3,682  | Rindenholz. |
|                                         | 49,902       | 6,607        | 43,356                     | 0,134  |             |
| Starke Zweige . . . . .                 | 46,871       | 5,570        | 44,656                     | 2,903  | Rindenholz. |
|                                         | 48,003       | 6,472        | 45,170                     | 0,354  |             |
| Stamm . . . . .                         | 46,267       | 5,930        | 44,755                     | 2,657  | Rindenholz. |
|                                         | 48,925       | 6,460        | 44,319                     | 0,296  |             |
| Starke Wurzeln . . . . .                | 49,085       | 6,024        | 48,761                     | 1,129  | Rindenholz. |
|                                         | 49,324       | 6,286        | 44,108                     | 0,231  |             |
| Mittlere Wurzeln . . . . .              | 50,367       | 6,069        | 41,920                     | 1,643  | Rindenholz. |
|                                         | 47,390       | 6,259        | 46,126                     | 0,223  |             |
| Haarförmige Wurzeln mit Rinde . . . . . | 45,063       | 5,036        | 43,503                     | 5,007  |             |

Hieraus ergibt sich:

- 1) Dass die Grundbestandtheile des Holzes eines und desselben Baumes ungleich vertheilt sind;
- 2) dass die Blätter und langhaarigen Wurzeln fast gleiche Zusammensetzung haben;
- 3) dass das Holz in allen Theilen desselben Baumes fast die gleiche Zusammensetzung hat;
- 4) die Blätter und die äussersten Wurzeln weniger Kohlenstoff enthalten, als die Rinde und das Holz;
- 5) die Blätter und äussersten Wurzeln mehr Asche enthalten, als die übrigen Theile des Baumes, ebenso alle Rinden mehr als Holz.

17. Der Wasserstoff und Sauerstoff kommen nicht in allen Holzarten stets in dem Verhältniss vor, um Wasser bilden zu können, sondern es ist fast immer ein geringer Ueberschuss von ersterem vorhanden.

Durchschnittlich kann man den Kohlenstoffgehalt des getrockneten Holzes zu 50 Procent annehmen, den des gewöhnlichen lufttrockenen Holzes zu 40 Procent, wobei im letzteren Falle 20 Procent hygroskopisches Wasser vorhanden sind.

18. Aus den eben angeführten Analysen ergibt sich ferner die beinahe gleiche Zusammensetzung aller Holzarten, und sollte man demnach annehmen, dass bei gleichem Feuchtigkeitsgehalt gleiche Gewichte verschiedener Holzarten dieselbe Wärmemenge geben, wenn sie in der für ihre Dichtigkeit angemessensten Weise verbrannt werden.

Verschiedne Ursachen bewirken jedoch ein abweichendes Verhalten, und sind diese namentlich in der verschiedenen Structur und Dichtigkeit der Hölzer zu suchen. Leichte Hölzer, welche wegen ihrer lockeren Beschaffenheit dem Sauerstoff den Zutritt mehr in das Innere gestatten, werden schneller verbrennen, als dichtere harte Hölzer. Ebenso wird an Wasserstoff reicheres Holz eine grössere Flamme ergeben als Wasserstoff ärmeres, fein gespaltenes Holz eine grössere Flamme als grob gespaltenes, weil es der Luft bei gleichem Gewichte eine grössere Oberfläche darbietet. Hartes Holz wird unter gleichen Umständen mehr Wärme und eine höhere Temperatur liefern, als leichtes weiches Holz, weil von ersterem eine grössere Gewichtsmenge auf den Feuerherd gebracht werden kann u. s. w.

19. Will man den Brennwerth einer zum Verkauf aufgeklaf-



terten Holzart genau bestimmen, so ist vor Allem nöthig, den Feuchtigkeitsgehalt und das Gewicht derselben zu kennen. Da hierüber genaue Versuche vorliegen (siehe obige Tabelle), so wäre ausserdem nur noch zu berücksichtigen, dass das Aufklaffern des Holzes verschieden ausgeführt, und ein grosser Raum nicht mit Holz ausgefüllt wird, je nachdem die Holzstücke grade oder krumm sind (ob Scheitholz oder Knüppelholz). Dieser nicht mit Holz ausgefüllte Raum beträgt oft  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  des ganzen Holzhaufens.

Berücksichtigt man diese Punkte und die in der auf Seite 47 angegebenen Dichtigkeiten der Hölzer, so kann man den Werth eines Holzhaufens annähernd beurtheilen.

Nach der Ansicht deutscher Forstmänner enthält die Klafter Scheitholz nur 70 Procent, die Klafter starker Knüppel 60 Procent und die Klafter gewöhnliches Stöckholz nur 50 Procent solide Holzmasse.

### Tor f.

20. Der Torf ist das Zersetzungsproduct verschiedner in Sümpfen und feuchten Orten wachsenden Moose, Heide- und Wasserpflanzen.

Der Torf ist von Karmarsch nach seinen äusseren Eigenschaften in 4 verschiedene Arten eingetheilt, nämlich 1) Rasentorf, 2) junger brauner Torf, 3) Erdtorf, 4) Pechtorf. Der Rasentorf ist die jüngste, der Pechtorf die älteste Gattung. Rasentorf lässt die wenig veränderten Moose und Wasserpflanzen noch deutlich erkennen.

Der junge braune Torf ist schon älter und mehr zersetzt, seine Farbe geht vom Gelbbraunen bis zum Braunschwarzen und hat wenig Dichtig- und Festigkeit. In den einzelnen Varietäten dieses Torfes kommen Wurzeln, Blätter und Holztheile vor.

21. Im Erdtorf ist die ursprüngliche organische Struktur fast vollständig zerstört. Statt der faserigen Textur findet man eine erdähnliche. Die Bruchtheile sind oft glatt, von wachsartigem Glanze und zeigen vollkommen scharfe Kanten, die Farbe steigt vom Braunen bis ins Pechschwarze.

22. Der Pechtorf als älteste Gattung ist sehr dicht und hart, mit glatten, glänzenden Bruchflächen, und hat von allen Torfsorten das grösste specifische Gewicht. Derselbe bildet gewissermassen das Uebergangsglied zwischen den schwarzen Torfsorten und der Steinkohle.

A. **Specificisches Gewicht des Torfes.**

23. Das specificische Gewicht des Torfes wechselt sehr nach seinem Alter, seiner Textur und den Gewichtsmengen der mit ihm gemengten fremden Substanzen.

Nach Karmarsch ist das specificische Gewicht obiger 4 Arten folgendes.

|                                  | Spez. Gewicht. | Gewicht von<br>1 Hännöversch.<br>Cubikfuss. |
|----------------------------------|----------------|---------------------------------------------|
| 1. Rasentorf . . . . .           | 0,113—0,263    | 6—14 Pfd.                                   |
| 2. Junger brauner Torf . . . . . | 0,240—0,676    | 13—36 „                                     |
| 3. Erdtorf . . . . .             | 0,410—0,902    | 22—48 „                                     |
| 4. Presstorf . . . . .           | 0,639—1,039    | 33—55 „                                     |

B. **Zusammensetzung.**

24. Der Wassergehalt des lufttrockenen Torfes beträgt 20—25 Procent. Karmarsch fand in einem Torfe, welcher schon 2 Jahre in einem trockenen Raume lagerte, noch 18 Proc. Wasser.

C. **Aschengehalt.**

Derselbe schwankt zwischen 2 bis 40 Proc. Bei solchen Schwankungen liegt es auf der Hand, dass sich der Werth des Torfes hauptsächlich nach dem Aschengehalt richtet und dass derselbe bei einem Gehalt von 30 bis 40 Proc. Asche kaum noch zu verwenden ist, besonders wenn die Asche viel Schlacke bildet.

Folgende Tabelle ergibt den Aschengehalt in Procenten.

|                        |                                             | Beobachter. |
|------------------------|---------------------------------------------|-------------|
| 25. Torf bei Berlin    | I. Lage . . . . .                           | 9,2         |
| „ „ „                  | II. „ . . . . .                             | 10,2        |
| „ „ „                  | III. „ . . . . .                            | 11,3        |
| Alter schwarzer Torf   | von Möglin . . . . .                        | 14,4        |
| Junger brauner „       | „ . . . . .                                 | 14,4        |
| Torf vom Eichsfelde    | I. Sorte . . . . .                          | 21,5        |
| „ „ „                  | II. „ . . . . .                             | 23,0        |
| „ „ „                  | III. „ . . . . .                            | 30,5        |
| „ „ „                  | IV. „ . . . . .                             | 30,0        |
| 41 verschiedene Sorten | aus dem Erzgebirge . . . . .                | 1—24,0      |
| 3 Sorten               | aus Friesland und Holland . . . . .         | 4,61—5,85   |
| 9 Sorten               | v. Schnaditzer Moor bei Schwemsal . . . . . | 5,3—37,10   |
| 243 Sorten             | aus Hannover . . . . .                      | 0,5—50,0    |

26. Die Bestandtheile der Asche sind nach Dr. Vogel:

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Kieselerde . . . . .      | —30 Proc. |
| Kalk . . . . .            | 20—45 „   |
| Magnesia . . . . .        | 1—10—15 „ |
| Thonerde . . . . .        | 0,2— 5 „  |
| Eisenoxyd . . . . .       | —30 „     |
| Phosphorsäure . . . . .   | —2,5 „    |
| Kali und Natron . . . . . | 2—3,0 „   |

27. Aschenanalysen von Sir Robert Kane und Dr. Sullivan. Dieselben machten 27 Aschenanalysen, von denen hier 5 folgen.

|                                         | 1.     | 2.     | 3.     | 4.     | 5.     |
|-----------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Spec. Gewicht . . . . .                 | 0,297  | 0,355  | 0,476  | 0,655  | 0,984  |
| Kali . . . . .                          | 0,362  | 0,491  | 0,211  | 0,247  | 0,347  |
| Natron . . . . .                        | 1,427  | 1,670  | 0,651  | 0,446  | 0,679  |
| Kalk . . . . .                          | 26,113 | 33,037 | 29,716 | 24,944 | 45,581 |
| Magnesia . . . . .                      | 3,392  | 7,523  | 1,204  | 1,285  | 1,256  |
| Thonerde . . . . .                      | 4,180  | 1,686  | 0,298  | 0,360  | 0,129  |
| Eisenoxyd . . . . .                     | 11,591 | 13,281 | 20,372 | 19,415 | 15,974 |
| Phosphorsäure . . . . .                 | 1,461  | 1,438  | 1,066  | 0,242  | 0,188  |
| Schwefelsäure . . . . .                 | 12,403 | 20,076 | 22,664 | 10,742 | 44,371 |
| Salzsäure . . . . .                     | 1,568  | 1,747  | 0,439  | 0,335  | 0,337  |
| In Säuren lösliche Kieselerde . . . . . | 0,980  | 2,148  | 0,645  | 1,082  | 1,043  |
| In Säuren unlösliche Kieselerde u. Sand | 22,519 | 7,683  | 11,180 | 26,789 | 2,653  |
| Kohlensäure . . . . .                   | 13,695 | 8,340  | 10,782 | 13,890 | 16,120 |

Die Torfarten, deren Aschen analysirt wurden, waren:

- 1) Leichter Torf, obere Lage, gelblich braun, einzelne Moosarten erkennen lassend.
- 2) Leichter Torf, obere Lage gelblich braun, porös und faserig, liess einzelne Pflanzen erkennen.
- 3) Mittlere Lage desselben Moores dunkelröthlich, compact, faserig. Die Struktur des Moores schwierig wahrzunehmen.
- 4) Untere Lage desselben Moores tief schwarzbraun, compact und dicht, mit fast vollkommen muschligem Bruch, liess keine organische Bildung mehr erkennen.
- 5) Pechtorf, hart und fast mit ganz zerstörter organischer Struktur, muschligem Bruch mit harzartigem Glanz. Ist ein gutes Brennmaterial.

D. Organische Bestandtheile des Torfes.

28. Die verschiedenen Torfe zeigen, je nach dem Alter und dem Grade der Zersetzung, eine verschiedene Zusammensetzung. Der Kohlenstoffgehalt ist grösser als der des Holzes, wie es der Vermoderungsprozess, welchen der Torf erleidet, nicht anders mit sich bringt.

Alter, sehr vermoderter Torf enthält im Mittel nach Abzug von Asche und Wasser:

|                       |      |
|-----------------------|------|
| Kohlenstoff . . . . . | 60   |
| Wasserstoff . . . . . | 6    |
| Sauerstoff . . . . .  | 32   |
| Stickstoff . . . . .  | 1— 2 |

Junger, wenig vermoderter Torf:

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| Kohlenstoff . . . . . | 53    |
| Wasserstoff . . . . . | 6, 1  |
| Sauerstoff . . . . .  | 39,40 |
| Stickstoff . . . . .  | 1—2   |

Torf aus den Torfmooren in Laibach in Kärnten enthielt:

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Kohlenstoff . . . . . | 65,69  |
| Wasserstoff . . . . . | 5,60   |
| Sauerstoff . . . . .  | 24,67  |
| Stickstoff . . . . .  | 2,04   |
| Asche . . . . .       | 2,10   |
|                       | 100,01 |

Zusammensetzung des Torfes nach Heintz:

| Torf von Linum Flatow. | Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Sauerstoff. | Asche. |
|------------------------|--------------|--------------|-------------|--------|
| I. Sorte . . . . .     | 50,36        | 4,20         | 34,27       | 11,17  |
| II. „ . . . . .        | 53,69        | 4,84         | 31,73       | 9,74   |
| III. „ . . . . .       | 55,01        | 4,63         | 31,44       | 8,92   |
| Büchfeld Neulangen.    |              |              |             |        |
| I. Sorte . . . . .     | 51,54        | 4,69         | 33,90       | 9,87   |
| II. „ . . . . .        | 50,13        | 5,36         | 35,24       | 9,27   |

Wenn man die Zusammensetzung des Torfes mit der des Holzes vergleicht, so ergibt ersterer einen Ueberschuss von 10 Procent Kohlenstoff und 2 Procent Wasserstoff, vorausgesetzt dass der Wasser- und Aschengehalt derselbe ist.

Von Wiegmann ist der Torf eines Hochmoores bei Braun-

schweig auf seine näheren Bestandtheile untersucht, derselbe fand in 1000 Theilen:

|                                             |      |
|---------------------------------------------|------|
| Humussäure . . . . .                        | 276  |
| Wachs . . . . .                             | 62   |
| Harz . . . . .                              | 48   |
| Erdharz . . . . .                           | 90   |
| Humuskohle . . . . .                        | 452  |
| Wasser . . . . .                            | 53   |
| Salzsaure Kalkerde . . . . .                | 5,15 |
| Schwefelsaure „ . . . . .                   | 2,80 |
| Kieselerde und Sand . . . . .               | 7,20 |
| Alaunerde . . . . .                         | 0,80 |
| Kohlensauren Kalk . . . . .                 | 4,40 |
| Eisenoxyd und phosphorsauren Kalk . . . . . | 2,65 |

### Fossile Brennstoffe.

#### Braunkohlen.

Die Producte der Zersetzung vorweltlicher Pflanzen, welche in mächtigen Lagern vorkommen und als Brennstoffe verwerteth werden, sind nach ihrem Alter und Eigenschaften eingetheilt in:

- 1) Anthracit, das Zersetzungsproduct der frühesten ersten Periode;
- 2) Steinkohle, das Zersetzungsproduct der mittleren zweiten Periode;
- 3) Braunkohle, das jüngste und dritte Glied der fossilen Brennstoffe.

Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch ihren Kohlenstoffgehalt, welcher mit dem Alter wächst, derselbe ist daher beim Anthracit am grössten, weniger gross bei den Steinkohlen und am geringsten bei den Braunkohlen.

Bei der Beurtheilung der fossilen Brennstoffe auf ihren Werth als Heizmaterial ist, wie bei allen andern, der Wasser- und Aschengehalt, so wie der Gehalt an brennbaren Bestandtheilen maassgebend.

#### Zusammensetzung der Braunkohlen.

29. Frisch geförderte Braunkohle enthält 40 bis 50 Procent Wasser (erdiges Braunkohlenmulm bis 60 Proc.), lufttrockne etwa 30 Procent, im Sommer nur 20 Procent.

### Der Aschengehalt der Braunkohle

beträgt 1 bis 50 Procent. Die elementare Zusammensetzung beträgt nach Abzug von Wasser und Asche in 100 Theilen alter Kohle im Mittel:

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| Kohlenstoff . . . . .                     | 67,5 |
| Wasserstoff . . . . .                     | 5,8  |
| Sauerstoff mit etwas Stickstoff . . . . . | 26,7 |

Bei junger Kohle:

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| Kohlenstoff . . . . .                     | 57   |
| Wasserstoff . . . . .                     | 6    |
| Sauerstoff mit etwas Stickstoff . . . . . | 37   |
|                                           | 100. |

Der Wasser- und Aschengehalt, so wie der Gehalt an verbrennlichen Bestandtheilen geht aus folgender Tabelle hervor.

Handwörterbuch d. Chemie v. Liebig u. Poggendorf.

| Fundorte der Braunkohlen. |                                                           | Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Sauerstoff u. Stickstoff. | Asche. | Koks. | Wasser. |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------|--------------|---------------------------|--------|-------|---------|
| 1                         | Erdige stänglige Braunkohle von Meissner . . . . .        | 70,1         | 3,2          | 7,5                       | 15,4   | —     | —       |
| 2                         | Erdige Pechkohle von Meissner . . . . .                   | 65,6         | 4,7          | 27,1                      | 2,4    | —     | —       |
| 3                         | „ „ von Ringkuhl . . . . .                                | 60,8         | 4,3          | 24,6                      | 0,8    | —     | —       |
| 4                         | „ „ vom Habichtswald . . . . .                            | 57,2         | 4,5          | 26,1                      | 1,3    | —     | —       |
| 5                         | Glanzkohle von Ringkuhl . . . . .                         | 66,1         | 4,8          | 18,5                      | 2,7    | —     | —       |
| 6                         | Pechkohlenartige Glanzkohle vom Habichtswald . . . . .    | 54,2         | 4,2          | 27,0                      | 14,6   | —     | —       |
| 7                         | Unterste Schicht von Ringkuhl . . . . .                   | 53,0         | 4,1          | 21,9                      | 4,9    | —     | —       |
| 8                         | Mittlere „ „ „ . . . . .                                  | 55,0         | 4,0          | 22,3                      | 3,2    | —     | —       |
| 9                         | Stillberger „ „ „ . . . . .                               | 50,8         | 4,6          | 21,4                      | 6,9    | —     | —       |
| 10                        | Helmstedt . . . . .                                       | 68,6         | 4,8          | 19,9                      | 8,4    | —     | —       |
| 11                        | Schöningen . . . . .                                      | 63,7         | 5,0          | 22,8                      | 7,8    | —     | —       |
| 12                        | „ „ andere Grube . . . . .                                | 64,8         | 4,5          | 23,1                      | 7,6    | —     | —       |
| 13                        | Lignit von Ringkuhl . . . . .                             | 51,7         | 5,2          | 30,4                      | 1,3    | —     | —       |
| 14                        | „ „ Cöln . . . . .                                        | 63,4         | 5,0          | 27,1                      | 5,5    | 36,1  | —       |
| 15                        | „ „ Usnach . . . . .                                      | 55,3         | 5,7          | 36,8                      | 2,2    | —     | —       |
| 16                        | „ „ Laubach . . . . .                                     | 57,3         | 6,0          | 36,1                      | 0,6    | —     | —       |
| 17                        | Braunkohle von Schönefeldt bei Aussig in Böhmen . . . . . | 61,2         | 5,1          | 21,3                      | 12,3   | —     | 21,2    |
| 18                        | Rauensche geformte bei Fürstenwalde . . . . .             | 55,6         | 4,1          | 19,0                      | 21,1   | —     | 11,0    |
| 19                        | Rauensche in Stücken . . . . .                            | 61,4         | 4,9          | 23,5                      | 10,1   | —     | 38,6    |

| Fundorte der Braunkohlen. |                                                                                       | Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Sauerstoff u.<br>Stickstoff. | Asche. | Koks. | Wasser. |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|------------------------------|--------|-------|---------|
| 20                        | Braunkohle von Frankfurt a. O. . .                                                    | 59,6         | 4,8          | 26,4                         | 9,0    | —     | 16,0    |
| 21                        | „ „ Tollwitz . . . . .                                                                | 63,1         | 5,7          | 20,0                         | 11,0   | —     | 51,4    |
| 22                        | „ „ Zscherben . . . . .                                                               | 64,2         | 5,7          | 17,4                         | 12,5   | —     | 45,3    |
| 23                        | „ „ Biere . . . . .                                                                   | 52,8         | 4,9          | 15,6                         | 26,5   | —     | 31,4    |
| 24                        | „ „ Stechau . . . . .                                                                 | 64,5         | 5,1          | 25,3                         | 4,9    | —     | 43,7    |
| 25                        | „ „ Wittenberge . . . . .                                                             | 64,0         | 5,0          | 27,5                         | 3,3    | —     | 17,3    |
| 26                        | „ „ älterer Formation von<br>Tokodt aus Ungarn . . . . .                              | 67,5         | 4,7          | 27,8                         | 11,0   | 68,7  | —       |
| 27                        | Braunkohle von Csolnock . . . . .                                                     | 71,5         | 5,2          | 23,2                         | 5,6    | —     | —       |
| 28                        | „ „ Sarisap . . . . .                                                                 | 67,8         | 4,9          | 27,2                         | 9,4    | 61,2  | —       |
| 29                        | „ „ Zsemle . . . . .                                                                  | 71,9         | 4,7          | 23,3                         | 4,3    | 59,5  | —       |
| 30                        | „ „ Braunberg bei Oe-<br>denberg.                                                     |              |              |                              |        |       |         |
| 31                        | 1. aus dem Rudolphilager . . . . .                                                    | 70,8         | 4,7          | 24,4                         | 2,4    | 50,9  | —       |
| 32                        | 2. „ „ Josephilager . . . . .                                                         | 71,3         | 5,0          | 23,5                         | 4,6    | 46,0  | —       |
| 33                        | Braunkohle von Wildshut . . . . .                                                     | 53,8         | 4,2          | 25,4                         | 15,5   | 54,7  | —       |
| 34                        | „ „ Thallern . . . . .                                                                | 49,6         | 3,8          | 22,7                         | 19,3   | 63,7  | —       |
| 35                        | „ „ Gloggnitz . . . . .                                                               | 57,7         | 4,4          | 22,1                         | 12,5   | 54,4  | —       |
| 36                        | Pechkohle von Grünbach . . . . .                                                      | 69,6         | 4,2          | 17,4                         | 6,9    | 60,9  | —       |
| 37                        | Braunkohle von Riestedt, Georgen<br>Grube, Provinz Sachsen, Stück-<br>kohle . . . . . | 57,1         | 4,1          | 27,0                         | 11,6   | —     | 33,4    |
| 38                        | Fossiles Holz . . . . .                                                               | 61,1         | 5,1          | 31,0                         | 1,8    | —     | 31,6    |
| 39                        | Erdige Kohle mit fossilem Holz<br>von Voigtstedt . . . . .                            | 49,1         | 4,4          | 32,2                         | 14,1   | —     | 49,2    |
| 40                        | Erdige Kohle mit fossilem Holz<br>von Löderburg . . . . .                             | 45,3         | 4,9          | 31,9                         | 7,8    | —     | 49,5    |
| 41                        | Erdige Kohle von Mertendorf . . . . .                                                 | 49,5         | 5,1          | 22,8                         | 21,5   | —     | 48,6    |
| 42                        | „ „ mit Körzel von Alten-<br>weddingen . . . . .                                      | 57,7         | 4,7          | 22,9                         | 14,6   | —     | 47,3    |
| 43                        | Erdige Kohle von Biere . . . . .                                                      | 55,9         | 4,7          | 22,5                         | 16,8   | —     | 46,9    |
| 44                        | „ „ „ Tollwitz . . . . .                                                              | 57,4         | 5,2          | 25,4                         | 11,8   | —     | 49,6    |
| 45                        | „ „ „ Prezsch . . . . .                                                               | 50,8         | 4,9          | 26,2                         | 18,4   | —     | 50,7    |
| 46                        | „ „ „ Truditz . . . . .                                                               | 54,0         | 5,2          | 27,9                         | 12,8   | —     | 48,6    |
| 47                        | „ „ „ mit Stücken von<br>Brumby . . . . .                                             | 47,8         | 4,2          | 18,4                         | 29,5   | —     | 40,6    |
| 48                        | Erdige Kohle von Zscherben . . . . .                                                  | 57,8         | 5,5          | 24,5                         | 12,1   | —     | 44,5    |
| 49                        | Erdige Kohle v. Runthal (ober. Bau)                                                   | 59,3         | 5,8          | 26,3                         | 8,5    | —     | 50,0    |
| 50                        | „ „ „ „ (unter. Bau)                                                                  | 65,9         | 6,0          | 25,6                         | 2,3    | —     | 48,7    |
| 51                        | Erdige Kohle von Wörschau . . . . .                                                   | 60,7         | 5,5          | 23,1                         | 10,1   | —     | 49,9    |
| 52                        | „ „ „ mit Stücken von<br>Gerstewitz . . . . .                                         | 67,1         | 10,2         | 10,0                         | 12,6   | —     | —       |

| Fundorte der Braunkohlen. |                                                                   | Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Sauerstoff u.<br>Stickstoff. | Asche. | Koks. | Wasser. |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|------------------------------|--------|-------|---------|
| 53                        | Erdige Kohle von Lebendorf . . .                                  | 47,7         | 4,3          | 17,6                         | 30,3   | —     | 42,7    |
| 54                        | „ „ „ „ in wirkliche übergehend . . . . .                         | 59,6         | 8,9          | 17,9                         | 13,7   | —     | —       |
| 55                        | Helle Lignite aus der Grube Alexandria . . . . .                  | 70,2         | 6,4          | 21,4                         | 1,9    | 49,3  | 48,5    |
| 56                        | Helle Lignite aus der Grube Segen Gottes untere Lage . . . . .    | 68,6         | 6,0          | 24,0                         | 1,4    | 40,9  | 48,1    |
| 57                        | Helle Lignite aus der Grube Neue Hoffnung untere Lage . . . . .   | 66,7         | 5,6          | 26,6                         | 1,0    | 48,6  | —       |
| 58                        | Helle Lignite aus der Grube Gute Hoffnung . . . . .               | 65,0         | 5,9          | 27,1                         | 2,0    | 47,3  | 38,6    |
| 59                        | Helle Lignite aus der Grube Nassau obere Lage . . . . .           | 62,1         | 5,2          | 26,9                         | 5,8    | 51,0  | 32,7    |
| 60                        | Dunkle Lignite aus d. Grube Adolph . . . . .                      | 58,2         | 5,9          | 35,1                         | 1,7    | 37,3  | 20,2    |
| 61                        | Pseudolignite von Trieschberg. ob. Lage . . . . .                 | 66,7         | 5,6          | 25,3                         | 2,4    | 52,5  | —       |
| 62                        | Pseudolignite von Kohlensegen, untere Lage . . . . .              | 64,3         | 5,5          | 26,1                         | 4,1    | 51,3  | —       |
| 63                        | Pseudolignite von Nassau, obere Lage . . . . .                    | 60,4         | 4,5          | 26,6                         | 8,4    | 49,8  | 46,6    |
| 64                        | Pseudolignite von Victoria, obere Lage . . . . .                  | 58,8         | 4,5          | 26,7                         | 10,0   | 54,6  | 33,5    |
| 65                        | Pseudolignite von Wilhelmszeche, obere Lage . . . . .             | 56,7         | 4,5          | 27,4                         | 11,3   | 53,6  | —       |
| 66                        | Pseudolignite von Segen Gottes, obere Lage . . . . .              | 54,6         | 4,1          | 27,4                         | 16,9   | 60,0  | 41,3    |
| 67                        | Erdige Conglomerate von Oranien, obere Lage . . . . .             | 55,8         | 4,3          | 18,7                         | 14,0   | 52,7  | —       |
| 68                        | Erdige Conglomerate von Victoria . . . . .                        | 33,9         | 3,1          | 24,4                         | 14,3   | 73,4  | 40,7    |
| 69                        | „ „ „ „ Eduard . . . . .                                          | 41,7         | 3,0          | 19,4                         | 30,7   | 59,4  | —       |
| 70                        | Blätterkohle von Eduard . . . . .                                 | 62,8         | 6,7          | 17,3                         | 11,0   | —     | 24,6    |
| 71                        | Kohle von Burglengelfeld bei Regensburg, heller Lignit . . . . .  | 65,2         | 5,6          | 28,1                         | 1,0    | 46,2  | —       |
| 72                        | Kohle von Burglengelfeld bei Regensburg, dunkler Lignit . . . . . | 63,7         | 5,8          | 29,4                         | 0,9    | 49,8  | 45,6    |

Die Menge der brennbaren Bestandtheile, der Asche und der Koks, welche in dieser Tabelle angegeben ist, ist auf die getrocknete Kohle zu beziehen, der angegebene Wassergehalt dagegen auf grubenfrische Kohlen.

30. Ueber die Bestandtheile der Asche geben folgende zwei Untersuchungen Aufschluss:



| 1. Asche von Braunschweigischen Kohlen nach Varrentrap. | 2. Asche einer Kohle von Artern in Thüringen nach Kremers. |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Kali . . . . . 1,9                                      | Kali . . . . . 1,0                                         |
| Natron . . . . . —                                      | Natron . . . . . 1,7                                       |
| Kalk . . . . . 23,7                                     | Kalk . . . . . 20,5                                        |
| Magnesia . . . . . 2,6                                  | Magnesia . . . . . 2,1                                     |
| Thonerde . . . . . 11,6                                 | Thonerde . . . . . 29,5                                    |
| Eisenoxyd . . . . . 5,8                                 | Eisenoxyd . . . . . 32,8                                   |
| Schwefelsäure . . . . . 33,8                            | Schwefelsäure . . . . . 9,1                                |
| Kohlensäure und Thon . . . 19,3                         | Kieselsäure . . . . . 3,1                                  |

Viele Braunkohlen-Sorten enthalten Schwefel, manchmal 3 bis 4 Proc., welcher theils als schwefelsaures Salz oder, wie es meistens der Fall ist, als Schwefelkies darin enthalten ist. Solche schwefelhaltige Kohle entwickelt beim Verbrennen schweflige Säure, und greift deshalb metallne Körper, welche dadurch erhitzt werden, mehr oder weniger an.

Das specifische Gewicht der Braunkohle ist sehr verschieden, bei Ligniten schwankt dasselbe zwischen 1,2—1,8, bei erdigen Braunkohlen zwischen 1,25—1,45.

31. Diejenige Braunkohle, bei welcher die Struktur der Pflanzen, aus welcher sie entstanden, noch ziemlich erhalten ist, wird Lignit oder fossiles Holz, diejenige, welche keine oder nur selten Pflanzentheile erkennen lässt und einen erdigen Bruch hat, erdige Braunkohle genannt.

Ein grosser Uebelstand bei der Anwendung von Braunkohlen, (welche namentlich auch beim Transport sehr hinderlich ist) ist ihre geringere Cohärenz, wodurch sie bei längerem Aufbewahren resp. Austrocknen in Kohlenklein oder Grus zerbröckeln.

### Steinkohle.

32. Die Steinkohle lässt sich mitunter schwierig von der Braunkohle unterscheiden, durchschnittlich hat sie aber ein grösseres specifisches Gewicht als die letztere, obwohl auch manchmal das specifische Gewicht der letzteren grösser ist.

33. Nach ihrem Aussehen und ihrem Verhalten in der Wärme theilt man die Steinkohlen in England ein in: Backkohlen, Splint- oder harte Kohlen, Kirschenkohlen, und Cannel oder Parrotkohlen.

34. Karsten unterscheidet die Steinkohle nach ihrem Verhalten beim Erhitzen oder Verbrennen in Sand-, Sinter- und Backkohlen.

Die Sandkohlen erweichen nicht beim Erhitzen, weil zu wenig Wasserstoff gegenüber dem Sauerstoff darin enthalten ist und hinterlassen eine pulverige Kohle.

Die Sinterkohle sickert beim Erhitzen zusammen und giebt einen dichten, nicht porösen Coks. Dieselbe enthält mehr Wasserstoff als nothwendig ist, um mit dem vorhandenen Sauerstoff Wasser zu bilden.

Die Backkohlen erweichen beim Erhitzen, schmelzen und liefern einen blasigen Coks. Sie enthalten mehr Wasserstoff als die Sinterkohlen.

35. Nach dem Aeussern unterscheidet man auch Pechkohle, Schieferkohle, Blätterkohle und Grobkohle. Die Pechkohle hat ein tiefschwarzes aber glänzendes Aeussere. Die Schieferkohle spaltet sich beim Bruch in horizontale Flächen.

Die Blätterkohle ist in ganz dünnen horizontalen Schichten spaltbar.

Die Grobkohle hat einen matten Glanz, ist dickschieferig und besitzt einen unebenen, grobkörnigen Bruch.

**Specifisches Gewicht und Aschengehalt der Steinkohle.**

36. Das specifische Gewicht schwankt zwischen 1,2 bis 1,4. Der Aschengehalt zwischen 0,15—28 Procent. Folgende Tabelle enthält die specifischen Gewichte und Aschengehalte einiger Steinkohlensorten.

| Namen und Fundorte der Kohlen. | Specif. Gewicht.                                                   | Asche in 100 Theil. |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Splintkohle .                  | Wylam Banks, Newcastle . . . . .                                   | 1,302 13,912        |
|                                | Kohlenlager bei Glasgow . . . . .                                  | 1,307 1,128         |
| Cannelkohle.                   | Wigan in Lancashire . . . . .                                      | 1,319 2,545         |
|                                | Parrollkohle von Edinburg . . . . .                                | 1,318 14,566        |
| Kirschenkohle                  | Jarrow, Newcastle . . . . .                                        | 1,266 1,676         |
|                                | Hauptmasse der Kohle von Newcastle Garesfield, Newcastle . . . . . | 1,286 1,421         |
|                                | South, Hetton, Durham . . . . .                                    | 1,280 1,395         |
| Backkohle. .                   | Alais, Rochebelle fette und harte Steinkohlen . . . . .            | 1,274 1,519         |
|                                | Rive de Gier p. Henry fette und harte Steinkohlen . . . . .        | 1,322 1,410         |
|                                | Flenu von Mons . . . . .                                           | 1,315 2,460         |
|                                | „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ . . . . .                                  | 1,276 2,10          |
|                                | „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ . . . . .                                  | 1,292 3,68          |

| Namen und Fundorte der Kohlen. |                                                                  | Specif. Gewicht. | Asche in 100 Theil. |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------|
| Backkohle                      | Rive de Gier, Cimetière . . . . .                                | 1,288            | 3,57                |
|                                | ” ” ” ” . . . . .                                                | 1,294            | 2,99                |
|                                | ” ” ” Couzon . . . . .                                           | 1,298            | 2,72                |
|                                | ” ” ” ” . . . . .                                                | 1,311            | 5,32                |
|                                | Lavaysse . . . . .                                               | 1,284            | 5,31                |
| Sinterkohle                    | Epinac . . . . .                                                 | 1,353            | 2,53                |
|                                | Commentry . . . . .                                              | 1,319            | 0,24                |
|                                | Blanzv . . . . .                                                 | 1,362            | 2,28                |
| Sandkohle                      | Rive de Gier, Grand Croix . . . . .                              | 1,298            | 1,78                |
|                                | ” ” ” ” ” Anthracit von Lamure, Département de l'Isère . . . . . | 1,302            | 1,44                |
| Backkohle                      | Anthracit von Macot . . . . .                                    | 1,362            | 4,57                |
| Backkohle                      | Obernkirchen . . . . .                                           | 1,919            | 26,47               |
| Sinterkohle                    | Ceral, Dep. Aveyron . . . . .                                    | 1,279            | 1,00                |
| Sandkohle                      | Norvy, Dep. des Vosges . . . . .                                 | 1,294            | 11,86               |
| Sinterkohle                    | St. Girons . . . . .                                             | 1,410            | 19,20               |
|                                | Belestat . . . . .                                               | 1,316            | 4,08                |
| Backkohle                      | Czernitz, in Oberschlesien . . . . .                             | 1,305            | 0,89                |
|                                | Grube Gnade Gottes, Niederschlesien . . . . .                    | 1,362            | 5,80                |
|                                | Grube Glückhlf . . . . .                                         | 1,285            | 4,65                |
|                                | Sulzbach bei Duttweiler, Saarbrücken . . . . .                   | 1,276            | 0,80                |
|                                | Wettin, Saalkreis . . . . .                                      | 1,258            | 0,15                |
| Sinterkohle                    | Sälzer und Neuack, Westphalen . . . . .                          | 1,466            | 24,40               |
|                                | Potschappel, Sachsen . . . . .                                   | 1,288            | 0,70                |
|                                | Königin Louise, Oberschlesien . . . . .                          | 1,454            | 27,70               |
|                                | Königsgrube . . . . .                                            | 1,280            | 0,2                 |
|                                | Merchweiler, Saarbrücken . . . . .                               | 1,285            | 0,6                 |
|                                | Zeche Trinhauf, Niederschlesien . . . . .                        | 1,282            | 0,9                 |
|                                | Hundsnacken, Westphalen . . . . .                                | 1,518            | 23,4                |
| Sandkohle                      | Beata, Oberschlesien . . . . .                                   | 1,338            | 0,6                 |
|                                | Nr. I. Beaver Creeck, Lucerne County . . . . .                   | 1,383            | 11,9                |
|                                | Nr. II. ” ” ” ” . . . . .                                        | 1,560            | 1,28                |
|                                | Nr. III. ” ” ” ” . . . . .                                       | 1,594            | 4,00                |
|                                | Nr. IV. ” ” ” ” . . . . .                                        | 1,613            | 5,01                |
|                                | Maryland und Pennsylvanien . . . . .                             | 1,630            | 5,063               |
|                                | ” ” ” ” . . . . .                                                | 1,320            | 7,52                |
|                                | ” ” ” ” . . . . .                                                | 1,350            | 9,58                |
| ” ” ” ” . . . . .              | 1,365                                                            | 10,35            |                     |
| ” ” ” ” . . . . .              | 1,385                                                            | 11,75            |                     |
| ” ” ” ” . . . . .              | 1,485                                                            | 14,41            |                     |

Vergleicht man die in dieser Tabelle angegebenen Zahlen, so ergibt sich, dass man für dieselbe Lagerstätten der Kohlen, oder wenn dieselben nahe aneinander gelegen sind, annehmen kann,

dass mit dem specifischen Gewicht auch der Aschengehalt steigt, wie z. B. bei den Kohlen von Beaver Creek oder bei denen von Maryland und Pennsylvanien. Dies ist aber auch oft nicht der Fall, und Kohlen von gleichem specifischen Gewicht können doch ungleiche Mengen von Asche enthalten. Aschengehalt und specifisches Gewicht sind daher nicht von einander abhängig. Gute reine Steinkohle enthält nach Göppert selten mehr wie 5 bis 10 Procent Asche. Da wo der Aschengehalt grösser ist, lässt sich die Kohle nicht mehr zu den gewöhnlichen Steinkohlen rechnen, sondern in den meisten Fällen zu den Schieferkohlen, bei welchen die eigentliche verkohlte Pflanzensubstanz mit unorganischen Stoffen gemengt ist und daher beim Verbrennen viel Asche hinterlässt.

37. Die Aschenbestandtheile sind hauptsächlich Thon, Eisenoxyd, Kalk, Magnesia, sehr geringe Mengen von Alkalien, Kieselerde, Schwefelsäure, Spuren von Phosphorsäure, ausserdem noch ganz geringe Mengen Jod, Brom, Baryt und Silber.

Richardson fand auch Titansäure, Nickeloxydul und Zinkoxyd. Daubrée fand Arsen und Antimon. Vausa Kupfer und Blei.

Folgende Tabelle enthält die Zusammensetzung einiger Steinkohlenaschen. Handwb. d. Chemie v. L. u. P.

|                                         | Kali. | Natron. | Mangan. | Kalk. | Magnesia. | Kieselerde. | Thonerde. | Eisenoxyd. | Phosphorsäure. | Schwefelsäure. | Ganzer Aschengehalt. |
|-----------------------------------------|-------|---------|---------|-------|-----------|-------------|-----------|------------|----------------|----------------|----------------------|
| Engl. Steinkohle.                       |       |         |         |       |           |             |           |            |                |                |                      |
| Fontypool . . . . .                     | —     | —       | —       | 12,0  | Spur      | 40          | 44,8      | 0,7        | 2,2            | 5,5            |                      |
| Bedwas . . . . .                        | —     | —       | —       | 5,1   | 1,2       | 26,9        | 56,9      | 1,7        | 7,2            | 6,9            |                      |
| Porthmawr . . . . .                     | —     | —       | —       | 6,2   | 0,7       | 34,2        | 52        | 0,6        | 4,1            | 2,9            |                      |
| Ebb Vale . . . . .                      | —     | —       | —       | 3,9   | 2,2       | 53,0        | 35        | 0,9        | 4,9            | 14,7           |                      |
| Coleshill . . . . .                     | —     | —       | —       | 6,0   | 1,3       | 59,3        | 29,1      | 0,4        | 3,8            | 10,7           |                      |
| Splint . . . . .                        | —     | —       | —       | 3,7   | 1,1       | 37,6        | 52        | 0,9        | 4,1            | 1,5            |                      |
| Elgin . . . . .                         | —     | —       | —       | 2,6   | 1,7       | 61,6        | 24,4      | 1,2        | 8,4            | 4,0            |                      |
| Amerik. Steinkohle.                     |       |         |         |       |           |             |           |            |                |                |                      |
| Lugar Loaf Co's Anthracit I. . . . .    | —     | —       | 0,2     | 2,8   | 1,0       | 53,6        | 36,7      | 5,6        | —              | —              | 4,8                  |
| Deutsche Steinkohle.                    |       |         |         |       |           |             |           |            |                |                |                      |
| Glanzkohle von Zwickau . . . . .        | 0,6   | 0,3     | —       | 3,8   | 0,5       | 45,1        | 22,5      | 25,8       | —              | 1,0            | 1,9                  |
| Lockere Nusskohle von Zwickau . . . . . | 0,1   | —       | —       | 1,2   | 0,3       | 60,2        | 31,6      | 6,3        | —              | 0,1            | 1,7                  |
| Von Waldenburg . . . . .                | 0,1   | 0,3     | —       | 3,6   | 1,6       | 31,3        | 8,3       | 54,5       | —              | 0,3            | 11,2                 |

In 100 Theilen Asche von sächsischen Steinkohlen fand Stein an löslichen Theilen 0,4 bis 14 Procent.

33. Zusammensetzung der brennbaren Bestandtheile nebst Aschengehalt preussischer Steinkohlen von Heintz.

Handb. d. Chemie v. L. u. P.

| Namen und Fundort der Kohle.             | In 100 Theilen. |              |             |             |        |
|------------------------------------------|-----------------|--------------|-------------|-------------|--------|
|                                          | Kohlenstoff.    | Wasserstoff. | Sauerstoff. | Stickstoff. | Asche. |
| <b>a. Wettiner Revier.</b>               |                 |              |             |             |        |
| Löbgrüner Grube Oberflötz . . . . .      | 81,4            | 3,7          | 3,6         | —           | 10,79  |
| Wettiner „ „ . . . . .                   | 77,5            | 5,1          | 5,3         | —           | 12,04  |
| <b>b. Waldenburger Revier.</b>           |                 |              |             |             |        |
| Segen Gottes Grube, älteres Flötz . . .  | 82,0            | 5,2          | 10,2        | —           | 2,51   |
| Gräflich Hochberg Gruben, zweites Flötz  | 70,9            | 5,6          | 14,3        | —           | 9,10   |
| Glückshilf Grube, zweites Flötz . . . .  | 80,8            | 5,1          | 9,5         | —           | 4,6    |
| David-Grube, Hauptflötz . . . . .        | 79,18           | 4,55         | 11,08       | —           | 5,19   |
| Fuchs-Grube, achtes Flötz . . . . .      | 79,30           | 5,06         | 10,56       | —           | 5,08   |
| Neue Heinrichsgrube, zweites Flötz . .   | 80,82           | 4,96         | 8,14        | —           | 6,08   |
| <b>c. Oberschlesisches Revier.</b>       |                 |              |             |             |        |
| Eugeniens-Glück-Grube . . . . .          | 73,2            | 4,9          | 19,1        | —           | 2,7    |
| Königs-Grube, Gerhardt-Flötz . . . . .   | 79,5            | 4,8          | 12,9        | —           | 2,6    |
| Louisen-Grube, Oberflötz . . . . .       | 70,0            | 4,9          | 14,8        | —           | 10,1   |
| Fausta-Grube, Faustaflötz . . . . .      | 77,2            | 4,5          | 13,3        | —           | 4,8    |
| Königin-Louisen-Grube, Heintz-Flötz .    | 73,9            | 4,8          | 15,1        | 2,5         | 3,6    |
| Morgenroth-Grube, Morgenroth-Flötz . .   | 74,57           | 4,82         | 16,14       | —           | 4,47   |
| Königs-Grube, Heintzmanns-Flötz . . .    | 73,48           | 4,95         | 18,64       | —           | 2,93   |
| Louisen-Grube, Unterflötz . . . . .      | 70,79           | 5,32         | 19,34       | —           | 4,55   |
| Fausta-Grube, Clara-Flötz . . . . .      | 76,63           | 4,98         | 13,92       | —           | 4,47   |
| Hoym-Grube, Hoym-Flötz . . . . .         | 72,96           | 4,38         | 12,12       | —           | 10,54  |
| Leo-Grube, Leo-Flötz . . . . .           | 78,22           | 4,89         | 12,95       | —           | 3,94   |
| Königin-Louise-Grube, Pochhammer-Flötz   | 77,25           | 4,98         | 13,86       | —           | 3,91   |
| „ „ Reden-Flötz . . . . .                | 82,72           | 5,05         | 10,67       | —           | 1,56   |
| Leopold-Grube, Leopold-Flötz . . . . .   | 76,21           | 5,03         | 13,50       | —           | 5,26   |
| <b>d. Saarbrücker Revier.</b>            |                 |              |             |             |        |
| Gerhardt-Grube, Beust-Flötz . . . . .    | 72,4            | 4,4          | 15,0        | —           | 8,1    |
| Heintz-Grube, Blücher-Flötz . . . . .    | 80,5            | 5,0          | 11,9        | —           | 2,5    |
| Duttweiler-Grube, Natzmer-Flötz . . . .  | 83,6            | 5,1          | 9,0         | 0,6         | 1,5    |
| Gerhardt-Grube, Heinrich-Flötz . . . . . | 70,20           | 4,70         | 13,27       | —           | 11,83  |
| Heintz-Grube, Aster-Flötz . . . . .      | 78,97           | 5,10         | 13,22       | —           | 2,71   |
| Duttweiler-Grube, Beier-Flötz . . . . .  | 81,29           | 5,30         | 8,54        | —           | 4,87   |
| <b>e. Inde Revier bei Eschweiler.</b>    |                 |              |             |             |        |
| James-Grube, Flötz Grosskohl . . . . .   | 89,5            | 4,2          | 4,0         | —           | 2,2    |

| Namen und Fundort der Kohle.                           | In 100 Theilen. |              |             |             |        |
|--------------------------------------------------------|-----------------|--------------|-------------|-------------|--------|
|                                                        | Kohlenstoff.    | Wasserstoff. | Sauerstoff. | Stickstoff. | Asche. |
| Centrum-Grube, Flötz Grosskohl . . . .                 | 83,7            | 4,0          | 7,0         | 1,2         | 4,0    |
| „ „ „ Gyr . . . . .                                    | 90,62           | 4,50         | 1,31        | —           | 3,57   |
| „ „ „ Fornegel . . . . .                               | 84,06           | 4,27         | 2,22        | —           | 9,45   |
| f. Wormsrevier bei Aachen.                             |                 |              |             |             |        |
| Neulauer-Weg-Grube, Flötz Furth . . .                  | 88,6            | 4,1          | 4,4         | —           | 2,9    |
| Alte Grube, Flötz Grosslangenberg . . .                | 90,4            | 4            | 4,1         | —           | 1,4    |
| Neulauer-Weg-Grube, Fl. Grossathwerk                   | 89,32           | 3,80         | 2,71        | —           | 4,17   |
| g. Bergamtsrevier Essen.                               |                 |              |             |             |        |
| Zeche Salzer und Neumark, Flötz Röttgersbank . . . . . | 85,6            | 4,6          | 5,9         | 1,71        | 2,1    |
| Zeche Hundsnacken, Flötz Hitzberg . .                  | 88,2            | 3,8          | 3,7         | —           | 4,2    |
| „ Victorie-Mathias, Flötz Anna . . .                   | 86,43           | 5,32         | 5,67        | —           | 2,58   |
| „ Kunstwerk, Flötz Sonnenschein .                      | 89,58           | 4,30         | 4,04        | —           | 2,08   |
| h. Bergwerksrevier Bochum.                             |                 |              |             |             |        |
| Zeche Engelsburg, Flötz Stemmannsbank                  | 85,90           | 4,56         | 4,77        | 1,56        | 3,21   |
| „ Friedrich Wilhelm, Flötz Siebenhandbank . . . . .    | 82,22           | 5,00         | 7,71        | —           | 5,07   |
| Zeche Präsident, Flötz Präsident . . . .               | 79,72           | 4,62         | 11,56       | 0,84        | 3,26   |
| „ Franziska Tiefbau, hangendes Flötz                   | 77,10           | 4,55         | 11,79       | —           | 6,56   |
| Zeche Louise Tiefbau, Flötz Nr. 8 . . . .              | 78,05           | 5,05         | 12,92       | —           | 3,98   |
| i. Bergamtsrevier Ibbenbühen.                          |                 |              |             |             |        |
| Zeche Schafberg, Flötz Alexander . . .                 | 82,02           | 4,16         | 4,53        | —           | 9,29   |
| „ Glücksberg, Flötz Flottwell . . .                    | 77,25           | 4,02         | 8,14        | —           | 10,59  |
| „ „ „ Franz . . . . .                                  | 72,66           | 4,05         | 9,24        | —           | 14,05  |
| „ Laura bei Minden . . . . .                           | 74,81           | 4,35         | 8,76        | —           | 12,08  |

Zusammensetzung der brennbaren Bestandtheile nebst Aschengehalt ausländischer Steinkohlen von Heintz.

| Namen und Fundort der Kohlen.                     | Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Stickstoff. | Sauerstoff. | Schwefel. | Asche. | Koks. | Wasser. |
|---------------------------------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-----------|--------|-------|---------|
| Steinkohlen aus Sachsen.                          |              |              |             |             |           |        |       |         |
| a) Zwickau, Russkohle vom Bürgerschacht . . . . . | 82,1         | 5,3          | 0,6         | 10,4        | 0,3       | 1,1    | —     | 8,0     |
| b) Zwickau, Pechkohle vom Auroraschacht . . . . . | 73,8         | 4,7          | 0,6         | 14,1        | 0,5       | 6,2    | —     | 6,0     |
| Zwickauer Kohlen von Oberhohndorf . . . . .       | 76,0         | 5,0          | 0,2         | 10,0        | 1,5       | 2,8    | —     | 4,5     |

| Namen und Fundort der Kohle.                                 | Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Stickstoff. | Sauerstoff. | Schwefel. | Asche. | Koks. | Wasser. |
|--------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-----------|--------|-------|---------|
| Zwickauer Kohlen von Planitz                                 | 77,3         | 4,2          | 0,2         | 9,3         | 0,5       | 4,0    | —     | 4,8     |
| „ „ „ Zwickau                                                | 72,2         | 4,8          | 0,2         | 12,3        | 1,8       | 2,4    | —     | 6,3     |
| Zwickauer Kohlen von Niederwürschnitz . . . . .              | 71,6         | 4,3          | 0,2         | 10,8        | 1,5       | 4,5    | —     | 7,5     |
| Kohlen des Plauenschen Grundes.                              |              |              |             |             |           |        |       |         |
| Von Hänichen . . . . .                                       | 68,2         | 3,7          | 0,5         | 10,0        | 1,1       | 14,0   | —     | 4,2     |
| „ Potschappel . . . . .                                      | 64,4         | 3,3          | 0,2         | 14,5        | 0,8       | 14,0   | —     | 3,3     |
| „ Königl. Werken . . . . .                                   | 65,4         | 4,2          | 0,1         | 11,0        | 1,3       | 14,6   | —     | 4,3     |
| „ „ „ . . . . .                                              | 56,5         | 3,8          | 0,1         | 10,8        | 3,1       | 23,4   | —     | 4,9     |
| Culmkohle.                                                   |              |              |             |             |           |        |       |         |
| Von Bethelsdorf . . . . .                                    | 54,1         | 3,7          | 0,2         | 10,9        | 2,2       | 27,6   | —     | 3,2     |
| „ Ebersdorf . . . . .                                        | 40,5         | 2,7          | 0,1         | 12,1        | 0,7       | 41,7   | —     | 3,7     |
| Italienische Steinkohle.                                     |              |              |             |             |           |        |       |         |
| Magere Kohle von Monte Massi                                 | 62,0         | 5,0          | 0,9         | 17,8        | —         | 14,2   | 5,7   | —       |
| Fette Kohle von Monte Bomboli                                | 76,5         | 4,8          | 0,9         | 13,0        | —         | 5,7    | 6,1   | —       |
| Steinkohle aus Sardinien, Canton Gonea . . . . .             | 60,0         | 4,7          | —           | 29,4        | —         | 5,8    | 4,4   | —       |
| Belgische Kohlen.                                            |              |              |             |             |           |        |       |         |
| Levant du flénu . . . . .                                    | 82,9         | 5,2          | —           | 10,1        | —         | 1,7    | 66,3  | —       |
| Escoufiaux . . . . .                                         | 85,1         | 4,4          | —           | 7,2         | —         | 2,1    | 72,3  | —       |
| Bellevue . . . . .                                           | 86,4         | 4,4          | —           | 6,0         | —         | 3,1    | 79,9  | —       |
| Mariemont . . . . .                                          | 87,4         | 4,6          | —           | 5,7         | —         | 2,3    | 89,4  | —       |
| Trieu kaisin Charleroi . . . . .                             | 86,4         | 4,2          | —           | 5,3         | —         | 3,5    | 83,8  | —       |
| Sars le Moulins „ . . . . .                                  | 88,7         | 4,2          | —           | 5,2         | —         | 1,8    | 85,3  | —       |
| Französische Kohlen.                                         |              |              |             |             |           |        |       |         |
| Mais, Dep. du Gard . . . . .                                 | 88,5         | 4,8          | 5,1         | —           | —         | 1,4    | —     | —       |
| Flenû von Mont . . . . .                                     | 84,0         | 5,2          | 8,6         | —           | —         | 2,1    | —     | —       |
| Epinac . . . . .                                             | 86,5         | 5,1          | 11,8        | —           | —         | 2,5    | —     | —       |
| Blanzv . . . . .                                             | 76,0         | 5,2          | 16,4        | —           | —         | 2,3    | —     | —       |
| Anthracitkohle Lamure, Dep. de l'Isere . . . . .             | 89,0         | 1,6          | 4,6         | —           | —         | 4,5    | —     | —       |
| Ungarische Kohlen (Baranyaner Comitatz).                     |              |              |             |             |           |        |       |         |
| Fette Backkohlen von der Barbara Grube bei Szabol. . . . .   | 83,7         | 4,9          | 11,2        | —           | —         | 11,4   | 77,8  | —       |
| Fette Backkohlen von der Michaelisgrube bei Vassas . . . . . | 88,7         | 5,0          | 6,2         | —           | —         | 2,9    | 76,8  | —       |

| Namen und Fundort der Kohle.                               | Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Stickstoff. | Sauerstoff. | Schwefel. | Asche. | Koks. | Wasser. |
|------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-----------|--------|-------|---------|
| Kraesoër Comitatz (Banat).                                 |              |              |             |             |           |        |       |         |
| Sinterkohlen, Grube von Purkari . . . . .                  | 85,3         | 5,0          | 9,6         | —           | —         | 1,6    | 73,1  | —       |
| Sinterkohlen, Grube Merkur . . . . .                       | 84,5         | 4,9          | 10,5        | —           | —         | 2,6    | 68,2  | —       |
| „ Simon- und St. Antongrube . . . . .                      | 82,5         | 4,3          | 13,1        | —           | —         | 10,5   | 76,3  | —       |
| Sandkohlen aus der Heiligen Dreifaltigkeitsgrube . . . . . | 83,8         | 4,3          | 11,8        | —           | —         | 8,2    | 78,1  | 3,2     |
| Sandkohlen aus der Emilia-grube . . . . .                  | 78,4         | 3,9          | 17,7        | —           | —         | 1,5    | 70,6  | 7,3     |

Bischof fand als Mittel von 128 Analysen bei Kohlen der älteren Formation nach Abzug von Asche und Feuchtigkeit:

|             |   |       |
|-------------|---|-------|
| Kohlenstoff | = | 82,3  |
| Wasserstoff | = | 5,5   |
| Sauerstoff  | = | 12,2. |

39. Die Steinkohle ist keine einfache chemische Verbindung, sondern ein Gemenge mehrerer Bestandtheile von sauerstoffreicheren (z. B. veränderter Cellulose) mit sauerstoffärmeren Verbindungen oder mit Kohlenwasserstoffen. Beim Liegen an der Luft verliert die Kohle an Brenn- und Heizkraft, weil die in derselben schon fertig gebildeten flüchtigen bituminösen Bestandtheile, welche eine grosse Heizkraft haben, hierbei abgeschieden werden (de Marsylli). Frisch geförderte Steinkohle entwickelt beim Erhitzen auf 50° C. Gas (wahrscheinlich Grubengas  $C_2H_4$ ), beim Erhitzen unter 300° entwickelt sich auch etwas condensirbares Oel (0,001 bis 0,0015), wahrscheinlich Benzol.

Möglicherweise könnte auch die Kohle bei längerem Liegen durch die Aufnahme von Sauerstoff eine Verschlechterung erleiden, oder dass, wie namentlich bei der Braunkohle, durch die Zersetzung die Struktur in einer den Heizeffekt erniedrigenden Weise verändert wird.

40. Die Braunkohle erleidet, sowie dieselbe aus der Grube kommt, Zersetzung, und man zieht es deshalb vor, die Braunkohle im frischen Zustande anzuwenden, selbst wenn der Wassergehalt 50 Procent betragen sollte, wie es oft der Fall ist. Die Untersuchungen, welche Herr Grundmann an der Bergschule zu



Tarnowitz neuerdings mit Steinkohlen aus Preussisch-Schlesien an- gestellt hat, haben diese Ansicht bestätigt. Derselbe extrahirte die Steinkohlen mit Aether und fand, dass das nach der Verdunstung des Aethers zurückbleibende Harz das Doppelte von dem Ge- wichtsverlust der Steinkohlen betrug; es musste daher eine sehr schnelle Oxydation der Extractionsprodukte stattgefunden haben. Derselbe schloss hieraus, dass derselbe Fall, wenn auch lang- samer, beim längeren Liegen der Kohle durch Verwitterung statt- findet, und dass sich daher der Heizwerth der Steinkohlen mit der Länge der Lagerungszeit vermindert.

41. Die Steinkohle hat die Fähigkeit, sich in Berührung mit der Luft (namentlich bei einem Gehalt an Schwefelkies) von selbst zu entzünden, sowohl in den Gruben, wie beim Aufbewahren in grossen Haufen (Halden). Die Braunkohle entzündet sich übrigens auch von selbst, wenn dieselbe lange Zeit an der Luft gelagert und ausgetrocknet ist; in den Gruben kommt dies bei ihrem hohen Wassergehalt nicht vor.

### **A n t h r a c i t .**

42. Anthracit oder Kohlenblende heisst die Kohle der ältesten Periode der Erdbildung, bei welcher der Zersetzungsprozess am weitesten vorgeschritten ist, oder bei deren Bildung eine sehr hohe Temperatur stattgefunden, so dass Sauerstoff und Wasserstoff fast ganz verflüchtigt wurden. Er ist von eisenschwarzer Farbe, starkem Glanz und muschligem Bruch und besitzt eine so dichte Struktur, dass er sich nur schwierig entzünden lässt, daher wird derselbe auch selten und dann fast immer nur unter Anwendung eines Ge- bläses als Heizmaterial benutzt.

#### **Zusammensetzung des Anthracit's.**

Der Aschengehalt beträgt 1 bis 7 Procent, der Wassergehalt ist geringer wie bei Steinkohle.

Die brennbaren Bestandtheile in 100 Theilen sind:

|                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| Kohlenstoff . . . | 92 bis 94 Proc. |
| Wasserstoff . . . | 2 „ 4 „         |
| Stickstoff . . .  | 1 „ 2 „         |
| Sauerstoff . . .  | 2 „ 4 „         |

43. Wenn man die Zusammensetzung der natürlich vorkom- menden Brennstoffe vergleicht, so findet man den meisten Sauer-

stoff und wenigsten Kohlenstoff beim Holze, den meisten Kohlenstoff und wenigsten Sauerstoff beim Anthracit.

Von Holz bis zum Anthracit findet eine allmälige Abnahme von Sauerstoff und Zunahme von Kohlenstoff statt. Es ist dies der beste Beweis für die Entstehung der fossilen Brennstoffe aus holzartigen Stoffen durch allmälige Zersetzung, wie wir es beim Torfe noch heute beobachten.

Bei der allmäligen Zersetzung dieser an Sauerstoff reichen Pflanzen treten Kohlensäure, Grubengas (welches sich in den Steinkohlenbergwerken fortwährend beobachten lässt und unter dem Namen Grubengas oder schlagende Wetter bekannt ist), Kohlenoxyd, Wasser, häufig auch flüssige Produkte wie Erdöl aus. Dadurch wird natürlich die zurückbleibende Masse immer ärmer an Sauerstoff, während der Kohlenstoff in demselben Verhältniss zunimmt. Je weiter daher die Zersetzung vorgeschritten, je älter die Kohle ist, desto grösser ist der Kohlenstoffgehalt.

Am übersichtlichsten ist dies aus folgender Tabelle zu ersehen, in welcher die Zusammensetzung der Brennstoffe vom Holze bis zum Anthracit nach Abzug der Asche angegeben ist. Dieselbe ist von Knapp zusammengestellt.

(Lehrbuch der chemischen Technologie.)

|                                                | Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Sauerstoff. |
|------------------------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Holzfaser . . . . .                            | 52,65        | 5,25         | 42,10       |
| Torf von Vulcaire . . . . .                    | 60,44        | 5,96         | 33,60       |
| Lignit von Kölln . . . . .                     | 66,96        | 5,27         | 27,76       |
| Erdige Braunkohle von Dux . . . . .            | 74,20        | 5,89         | 19,90       |
| Steinkohle von St. Colomb secundair . . . . .  | 76,18        | 5,64         | 18,07       |
| Steinkohle R. de Gier. Corbeyre, Kohlengebirge | 90,50        | 5,05         | 4,40        |
| Anthracit, Mayenne Uebergangsgebirge . . . . . | 92,85        | 3,46         | 3,19        |
| Anthracit von Nordamerika . . . . .            | 94,2         | 2,50         | 3,30        |

Hiernach ergibt sich

|                                            |       |       |
|--------------------------------------------|-------|-------|
| der Kohlenstoffgehalt für die Holzfaser zu | 52,65 | Proc. |
| für Anthracit zu . . . . .                 | 94, 2 | „     |
| der Sauerstoffgehalt für die Holzfaser zu  | 42,10 | „     |
| für Anthracit zu . . . . .                 | 3,30  | „     |

## Verkohlte Brennstoffe.

44. Ausser den bisher besprochenen natürlich vorkommenden Brennstoffen kommen noch verschiedene auf künstlichem Wege dargestellte Brennstoffe zur Anwendung.

Bis jetzt kennt man drei Arten von künstlichen Brennstoffen, nämlich Holzkohlen, Coks und künstlich geformte oder gepresste Kohlensteine.

Die Kohlen und der Coks werden dargestellt durch Erhitzen von Holz, Torf und Steinkohlen unter theilweisem oder gänzlichem Luftabschluss, im ersten Falle nennen wir den Prozess Meilerverkohlung, im letzteren, wo der Prozess in verschlossenen Oefen oder Retorten vorgenommen wird, trockene Destillation.

In beiden Fällen treten der grösste Theil der Elemente des so erhitzten Brennstoffs zu einfacheren Verbindungen, zu Theer, Kohlensäure, Wasser, Kohlenwasserstoffe etc. zusammen, während ein fast nur aus Kohlenstoff und den Aschenbestandtheilen bestehendes Residuum zurückbleibt, welches unter dem Namen Coks bekannt ist.

45. Die Braunkohle eignet sich nicht zu diesem Zwecke, weil dieselbe beim Erhitzen in eine lockere pulverförmige Masse zerfällt.

Nur da wo man keine Steinkohle hat, werden geeignete Sorten derselben benutzt, jedoch weniger verkocht als scharf gedarrt. Das Darren muss jedoch langsam und vorsichtig geschehen, damit die aus dem Innern der Stücke entweichenden Wasserdämpfe die Stücke nicht zersprengen und zerkleinern.

Einige Sorten älterer Braunkohle sollen sich bei richtiger und vorsichtiger Leitung des Verkohlungsprozesses in guten Coks verwandeln lassen, welche jedoch wohl nur da zur Anwendung kommen, wo man keinen Steinkohlencoks hat.

Das Holz giebt eine, die Struktur des Holzes zeigende Kohle; ebenso zeigt die holzartige Braunkohle (Lignit) eine ähnliche Beschaffenheit, ist aber sehr zerbrechlich und zerfällt an der Luft. Die Kohle aus gewöhnlichem Torf ist gleichfalls wegen ihrer Lockerheit sehr zerbrechlich, die aus gepresstem Torf aber weniger.

Die Steinkohle giebt entweder pulverförmigen oder zusammengesickerten Coks, die Backkohlen liefern den besten Coks. Derselbe ist blasig und voluminös.

46. Die Bestandtheile der Kohlen sind Asche, und von den

brennbaren Bestandtheilen hauptsächlich Kohlenstoff; Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff sind nur wenig vorhanden. Der Wassergehalt schwankt zwischen 6—10 Procent.

Folgende Tabelle ergibt die Zusammensetzung der Kohlen nach Abzug von Asche und Feuchtigkeit in 100 Theilen.

Handbuch der Chemie von L. und Pog.

|                                                                        | Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Sauerstoff u.<br>Stickstoff. |
|------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|------------------------------|
| Holzkohle bei 300° C. dargestellt (Rothkohle.)                         | 73,5         | 4,4          | 22,1                         |
| Holzkohle bei 1250° dargestellt . . . . .                              | 89,2         | 1,6          | 9,2                          |
| Buchenholzkohle (Meilerkohle) . . . . .                                | 95,7         | 2,7          | 1,6                          |
| Harte Holzkohle von der Holzessigfabrikation in<br>Cylindern . . . . . | 93,1         | 3,1          | 3,8                          |
| Leichte Holzkohle von Gasfabrikation . . . . .                         | 96,6         | 2,5          | 0,6                          |
| Torfkohle schwach erhitzt . . . . .                                    | 76,2         | 4,8          | 19,0                         |
| Torfkohle stärker „ . . . . .                                          | 84,2         | 4,5          | 11,3                         |
| Saarkoks (Steinkohle) . . . . .                                        | 94,5         | 2,1          | 3,4                          |

Der Aschengehalt des Coks wechselt nach dem Rohmaterial und nach Art der Verkohlung.

Holzkohlen enthalten 1,0— 3 Procent,

Steinkohlen „ 5 —36 „

Der Wassergehalt der Holzkohlen, welche längere Zeit an der Luft gelegen haben, beträgt 6—10 Procent.

Lufttrockner Torf, Braunkohlen- und Steinkohlencoks enthalten 3—5 Procent Wasser.

### Gepresste künstliche Brennstoffe. Kohlensteine.

Man benutzt hierzu das bei dem Steinkohlen- und Braunkohlenbergbau abfallende pulverförmige Material, ferner Sägespähne, benutzte Lohe, extrahirte Farbehölzer etc. In Frankreich zuerst, jetzt überall werden aus dem Abfall von Torfkohle unter Beimengung von etwas Lehmwasser Kohlensteine bereitet, welche unter dem Namen Briquettes bekannt sind.

Neuerdings bereitet man aber die Briquettes, indem man die verschiedenen Stoffe, welche dazu verarbeitet werden, mit Theer oder Pech unter Anwendung von Wärme mengt und dann in der

Wärme unter starkem Druck presst. Hierbei werden die zu pressenden Brennstoffe vor der Mengung mit Pech scharf gedarrt, oder sie werden auch wohl nach dem Pressen verkocht. Nach einem andern Verfahren werden solche Kohlenziegel auch ohne Bindemittel dargestellt, indem der Torf oder sonst ein Brennstoff, welcher dazu verarbeitet wird, in besonders dazu construirten Apparaten erhitzt wird, bis alle Wasserdämpfe ausgetreten sind, und die Brennstoffe sich unter Entwicklung von Theerdämpfen anfangen zu zersetzen, in welchem Augenblick dann eine sehr starke Pressung erfolgt.

Ein anderes Verfahren von Challeton und Exter zuerst ausgeführt, behufs besserer Verwerthung des Torfes, beruht darauf, dass derselbe erst zerkleinert und fein vertheilt wird, worauf alle erdigen Bestandtheile durch Decantiren entfernt werden. Dann wird er durch starkes Pressen (oder in Centrifugalmaschinen) und durch Trocknen von seinem Wassergehalt befreit, worauf er eine sehr compacte feste Masse bildet, welche vor der Benutzung noch geformt wird.

Was den Aschen- und Wassergehalt solcher künstlichen Kohlensteine anbelangt, so lässt sich darüber nichts bestimmtes sagen, da dies ganz von dem dazu verwendeten Rohmaterial und der Darstellungsmethode abhängig ist. Im Allgemeinen kann man die bei der Verkohlung des Holzes und der Steinkohlen über Wasser- und Aschengehalt gegebenen Daten annähernd benutzen.

---

### III. Abschnitt.

---

#### **Verbrennung und Einwirkung der Wärme auf die Brennmaterialien.**

1. Wenn Holz oder Kohlen erhitzt werden, so entzünden sie sich und brennen unter Licht- und Wärmeentwicklung, bis die brennbaren Bestandteile verzehrt sind.

Einer jeden Verbrennung geht eine trockene Destillation voran, wobei sich die Bestandtheile der Brennmaterialien durch die Wärme

zu einfacheren Verbindungen, wie brennbare Gase, Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffe, Theerdämpfe und Wasser zersetzen. Wenn der Wasserstoff, Sauerstoff, so wie ein Theil Kohlenstoff dampfförmig entwichen und verbrannt sind, so bleibt fast nur Kohle zurück, welche ohne Flamme unter Glühen verbrennt. Die Stärke der Flamme und die Menge der zurückbleibenden Kohle wird durch die Bestandtheile, Struktur, Trockenheit, Vertheilung und Schnelligkeit des Verbrennens der Brennstoffe bedingt.

Im Allgemeinen kann man annehmen, dass leichte Hölzer, welche etwas mehr Wasserstoff enthalten, und bei welchen die Luft wegen ihrer grösseren Porosität leichter Zutritt hat, eine schnelle, starke, anhaltende Flamme\*) geben, und unter Zurücklassung von wenig Kohle verbrennen.

Harte und dichte Hölzer, namentlich wenn dieselben viel Wasser enthalten und in grossen Stücken verbrannt werden, zeigen das Gegentheil und geben eine kleine nicht sehr andauernde Flamme unter Zurücklassung von viel Kohle.

Dichter Torf verhält sich leichtem Torf gegenüber ebenso, dichte Braunkohle gegenüber lockerer Braunkohle gleichfalls.

2. Die Steinkohle verlangt wegen ihres hohen Kohlenstoffgehaltes einen starken Luftzug, giebt dann aber eine helleuchtende Flamme. Bei geringem Luftzutritt und starker Abkühlung der Flamme scheidet dieselbe viel Russ ab.

### **Verhalten der brennbaren Bestandtheile bei der Verbrennung.**

3. Der Sauerstoff, welcher in den Brennmaterialien enthalten ist, giebt mit dem darin enthaltenen Wasserstoff und einem Theil Kohlenstoff Wasser und Kohlensäure. Da man denselben schon mit dem vorhandenen Wasserstoff zu Wasser verbunden annimmt,

---

\*) Die Flamme entsteht, indem sich durch die Wärme aus den Brennstoffen Gase entwickeln, welche sich im Feuerraum verbreiten, und hier unter starker Lichtentwicklung verbrennen. Da die Gase bei der hohen Temperatur, in welcher sie sich befinden, leichter als die Luft sind, so werden sie das Bestreben haben, in die Höhe zu steigen, und wird deshalb ihre Verbrennung hauptsächlich über dem Raum stattfinden, wo sich der gasentwickelnde Brennstoff befindet. Die Form der Flamme ist hierbei abhängig von der Form der Feuerungsanlage und von der Richtung und Schnelligkeit des Zuges. Die unverbrennbaren Mineralbestandtheile sämtlicher Brennmaterialien bleiben in Form von Asche zurück.

so findet hierbei keine Wärmeentwicklung statt, eben so wenig wie bei der gleichzeitig gebildeten Kohlensäure. Dieser Vorgang ist daher keine Verbrennung, sondern mehr ein Act der Wahlverwandtschaft, welche Kraft immer thätig auftritt, wenn zusammengesetzte organische Verbindungen erhitzt werden, wobei sie die Umbildung derselben in einfachere Körper anstrebt.

Die Heizkraft der Brennmaterialien wird daher mit dem grösseren Sauerstoffgehalt abnehmen, weil dadurch ein um so grösserer äquivalenter Theil des Kohlenstoffs und Wasserstoffs für die eigentliche Verbrennung als verloren anzunehmen ist und keine Wärme entwickelt. Die Menge des Kohlenstoffs und Wasserstoffs der Brennstoffe, welche allein Wärme liefert, ist die, welche übrig bleibt, nachdem der vorhandene Sauerstoff mit äquivalenten Mengen der ersten beiden Elemente, als Wasser- und Kohlensäure, entfernt ist. Von dieser entwickelten Wärme geht aber noch die ab, welche zur Verdampfung des durch den vorhandenen Sauerstoff gebildeten Wassers oder des mechanisch anhängenden Wassers verloren geht. Es wird daher Coks die meiste Wärme liefern, weil hier nicht allein das mechanisch anhängende Wasser, sondern auch das, was aus den Elementen des Holzes chemisch gebildet wird, entfernt, und der Kohlenstoff gleichsam concentrirt ist.

### Bestimmung der Heizkraft der Brennmaterialien.

4. Um die relative Heizkraft der verschiedenen Brennmaterialien zu bezeichnen, bedient man sich mehrerer Methoden.

- 1) Entweder drückt man die Wärmemenge, welche ein Brennstoff zu erzeugen im Stande ist, dadurch aus, dass man angiebt, wie viel Pfund Wasser durch 1 Pfund des Brennmaterials um  $1^{\circ}$  C. erwärmt werden, oder
- 2) man giebt die Anzahl der Pfunde Wasser an, welche von  $0^{\circ}$  C. bis  $100^{\circ}$  erwärmt werden, oder
- 3) man giebt die Pfunde Wasser von  $100^{\circ}$  oder von  $0^{\circ}$  C. an, welche durch 1 Pfd. des Brennstoffes verdampft werden, oder
- 4) man giebt die Anzahl der Pfunde Eis von  $0^{\circ}$  C. an, welche durch 1 Pfund des Brennstoffs geschmolzen werden. Die erste Methode ist die gebräuchlichste, und drückt nach derselben 1 Grad Wärme oder 1 Wärmeeinheit diejenige Wärmemenge aus, welche nöthig ist, um 1 Pfd. Wasser um 1 Grad des Thermometers zu erhitzen. Die folgende Tabelle ergiebt

die Wärmemengen, welche verschiedene Hölzer im lufttrockenen und getrockneten Zustande nach Rumpford ergeben.

| I Theil des Holzes giebt an   |           | Wärmeeinheiten. |
|-------------------------------|-----------|-----------------|
| Lindenholz, lufttrocken       | . . . . . | 3470            |
| leicht gedörft                | . . . . . | 3883            |
| stark gedörft                 | . . . . . | 4013            |
| Buchenholz, lufttrocken       | . . . . . | 3380            |
| stark gedörft                 | . . . . . | 3647            |
| Eichenholz in dünnen Spänen   | . . . . . | 2627            |
| in dickeren                   | . . . . . | 2475            |
| in gut lufttrockenen          | . . . . . | 2921            |
| Fichtenholz, trocken          | . . . . . | 3032            |
| in Hobelstreifen, lufttrocken | . . . . . | 3400            |
| „ „ „ getrocknet              | . . . . . | 3738.           |

5. Welter stellte, gestützt auf diese Versuche, das Gesetz auf, dass 1 Gewichtstheil Sauerstoff immer gleiche Wärmemengen hervorrufe, gleichviel ob sich derselbe mit Kohlenstoff-, Wasserstoff- oder Kohlenwasserstoffverbindungen vereinigt. Nach Rumpford und Despretz giebt

| 1 Gewichtstheil Sauerstoff<br>beim Verbrennen von | Wärmeeinheiten. |
|---------------------------------------------------|-----------------|
| Kohlenstoff . . . . .                             | 2931            |
| Wasserstoff . . . . .                             | 2955            |
| trockenem Holze . . . . .                         | 3093            |

6. Weiss man die Menge Sauerstoff, welche zur Verbrennung eines Brennstoffs nothwendig ist, so kann man daraus die aus der Verbrennung hervorgehende Wärmemenge berechnen.

Mit Zugrundelegung dieses Principis hat Berthier ein Verfahren angegeben, mittelst welchem man, namentlich für technische Zwecke, ausreichend die Wärmemenge berechnen kann, welche ein Brennstoff bei seiner Verbrennung geben wird.

Er mengt zu diesem Zwecke den fein vertheilten Brennstoff mit überschüssigem Bleioxyd, bringt ihn in einen Tiegel, bedeckt ihn mit noch einer Schicht Bleioxyd und erhitzt den Tiegel in einem Windofen zum Rothglühen. Hierbei wird der Kohlenstoff und Wasserstoff des Brennstoffs durch den Sauerstoff des Bleioxyds verbrannt, das von seinem Sauerstoff befreite Bleioxyd schmilzt, sammelt sich am Boden des Tiegels an und wird nach dem Erkalten gewogen. Das Gewicht des Bleies ergiebt dann die verbrauchte Menge Sauerstoff.



1 Aequivalent Blei (= 103,6 Gewichtstheile) ist mit 1 Aequivalent Sauerstoff (= 8 Gewichtstheile) zu 1 Aequivalent Bleioxyd (= 111,6 Gewichtstheilen Bleioxyd) verbunden.

Damit 1 Aequivalent Kohlenstoff (= 6 Gewichtstheile) zu Kohlensäure = CO<sub>2</sub> verbrenne, gebraucht man 2 Aequival. Sauerstoff = 2 · 8 = 16 Gewichtstheile Sauerstoff.

1 Gewichtstheil Kohlenstoff gebraucht daher bei seinem Verbrennen zu Kohlensäure =  $\frac{16}{6}$  = 2,66 Gewichtsth. Sauerstoff.

Die zur Verbrennung von 6 Gewichtsth. Kohlenstoff nöthigen 16 Gewichtstheile Sauerstoff erhält man von 2 Aequiv. Bleioxyd, welche nach obiger Rechnung 2 · 103,6 = 207,2 Gewichtstheile Blei enthalten. 1 Gewichtstheil Kohlenstoff verbraucht daher  $\frac{207,2}{6}$  = 34,5 Gewichtstheile Blei.

Nach Favre und Silbermann liefert 1 Gramm Kohlenstoff bei seiner Verbrennung zu Kohlensäure 8080 Wärmeeinheiten. Da nun 1 Gramm Kohlenstoff 34,5 Blei giebt, so giebt 1 Gramm Blei  $\frac{8080}{34,5}$  = 234,2 W.-E. So oft man daher 34,5 reducirtes Blei erhält, so oft multiplicirt man den Quotienten 234,2 W.-E. und erhält so den Wärmeeffekt des Brennstoffs, d. h. man weiss wie viel Gramm Wasser durch 1 Gramm des untersuchten Brennstoffs um 1° C. erwärmt werden. Nach dieser Methode sind viele Hölzer, Torfe und Kohlen untersucht, wie folgende Tabelle ergibt.

(Handw. von Liebig und Poggendorf.)

| Ein Gewichtstheil.   | Gewöhnl. lufttrockenes Holz. |                  | Mit 9 Proc. Wasser. |                  | Bei 100° C. getrocknet.             |                  |
|----------------------|------------------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|
|                      | giebt Blei nach Berthier.    | Wärme-Einheiten. | giebt Blei.         | Wärme-Einheiten. | gebr. Sauerstoff i. Gewichtstheilen | Wärme-Einheiten. |
| 1. Holz.             |                              |                  |                     |                  |                                     |                  |
| Eichenholz . . . . . | 12,5                         | 2,900            | 14,0                | 3,248            | 1,353                               | 4,059            |
| Ahorn . . . . .      | 13,1                         | 3,039            | 14,1                | 3,271            | 1,356                               | 4,068            |
| Buchen . . . . .     | 13,7                         | 3,178            | 14,0                | 3,248            | 1,346                               | 4,038            |
| Birken . . . . .     | 14,0                         | 3,247            | 14,1                | 3,271            | 1,356                               | 4,068            |

| Gewöhnl. lufttrockenes Holz.                                   | Mit 9 Proc. Wasser.       |                  | Bei 100° C. getrocknet. |                  |                                     |                  |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|
|                                                                | giebt Blei nach Berthier. | Wärme-Einheiten. | giebt Blei.             | Wärme-Einheiten. | gebr. Sauerstoff i. Gewichtstheilen | Wärme-Einheiten. |
| Ein Gewichtstheil.                                             |                           |                  |                         |                  |                                     |                  |
| Tannen . . . . .                                               | 14,5                      | 3,364            | 13,8                    | 3,201            | 1,408                               | 4,224            |
| Fichten . . . . .                                              | 13,7                      | 3,178            | 13,9                    | 3,225            | 1,392                               | 4,176            |
| Hainbuchen . . . . .                                           | 12,5                      | 2,900            | —                       | —                | —                                   | —                |
| Erlen . . . . .                                                | 13,7                      | 3,178            | —                       | —                | —                                   | —                |
| Kiefern . . . . .                                              | —                         | —                | 13,3                    | 3,085            | 1,393                               | 4,179            |
| 2. Torf.                                                       |                           |                  |                         |                  |                                     |                  |
| Von Ham, Dep. de la Somme . . . . .                            | 12,3                      | 2,853            | —                       | —                | —                                   | —                |
| Vassy (Marne) . . . . .                                        | 13,0                      | 3,016            | —                       | —                | —                                   | —                |
| Framont (Vogesen) . . . . .                                    | 15,4                      | 3,572            | —                       | —                | —                                   | —                |
| Allen (Irland) . . . . .                                       | 15,0                      | 5,800            | —                       | —                | —                                   | —                |
| „ gepresst . . . . .                                           | 13,7                      | 3,178            | —                       | —                | —                                   | —                |
| Erzgebirge von 24 Sorten.                                      |                           |                  |                         |                  |                                     |                  |
| „ der beste . . . . .                                          | 18,8                      | 4,361            | —                       | —                | —                                   | —                |
| „ der geringste . . . . .                                      | 11,9                      | 2,760            | —                       | —                | —                                   | —                |
| Königsbronn (Württemberg) . . . . .                            | 14,3                      | 3,317            | —                       | —                | —                                   | —                |
| Schopfloch, unterste Schicht bei 100° C. getrocknet . . . . .  | —                         | —                | —                       | —                | 1,577                               | 4,731            |
| Sindelfingen bei 100° C. getr. . . . .                         | —                         | —                | —                       | —                | 1,405                               | 4,215            |
| Backtorf von Bremen bei 100° C. getrocknet . . . . .           | —                         | —                | —                       | —                | 1,623                               | 4,869            |
| Backtorf von Oiten bei Bremen bei 100° C. getrocknet . . . . . | —                         | —                | —                       | —                | 1,695                               | 5,085            |
| 3. Braunkohle.                                                 |                           |                  |                         |                  |                                     |                  |
| Gardunne, Bouches du Rhone . . . . .                           | 22,0                      | 5,104            | —                       | —                | —                                   | —                |
| St. Lou, Basses Pyrénées . . . . .                             | 20,3                      | 4,709            | —                       | —                | —                                   | —                |
| Alpheus, Griechenland . . . . .                                | 16,3                      | 3,781            | —                       | —                | —                                   | —                |
| Dux, Frankreich . . . . .                                      | —                         | —                | —                       | —                | 2,102                               | 6,306            |
| Meissner und Cassel, stänglige Braunkohle . . . . .            | —                         | —                | —                       | —                | 2,050                               | 6,150            |
| Ringkuhl, Pechkohle . . . . .                                  | —                         | —                | —                       | —                | 1,285                               | 3,855            |
| „ Lignitkohle . . . . .                                        | —                         | —                | —                       | —                | 1,491                               | 4,473            |
| Helmstedt, Braunschweig . . . . .                              | —                         | —                | —                       | —                | 2,014                               | 6,042            |
| Schöningen . . . . .                                           | —                         | —                | —                       | —                | 1,871                               | 5,613            |
| Laubach bei Giessen, Lignit . . . . .                          | —                         | —                | —                       | —                | 1,647                               | 4,941            |
| Conception Bay (erdige K.) . . . . .                           | —                         | —                | —                       | —                | 2,176                               | 6,528            |
| Schönfeld bei Aussig . . . . .                                 | —                         | —                | —                       | —                | 1,827                               | 5,481            |

| Ein Gewichtstheil.                               | Gewöhnl. lufttrockenes Holz. |                  | Mit 9 Proc. Wasser. |                  | Bei 100° C. getrocknet.             |                  |
|--------------------------------------------------|------------------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|
|                                                  | giebt Blei nach Berthier.    | Wärme-Einheiten. | giebt Blei.         | Wärme-Einheiten. | gebr. Sauerstoff i. Gewichtstheilen | Wärme-Einheiten. |
| Westerwald, erdige . . . . .                     | —                            | —                | —                   | —                | 2,122                               | 6,366            |
| „ Grube Alexandria heller Lignit. . . . .        | —                            | —                | —                   | —                | 2,190                               | 6,570            |
| Westerwald, Grube Adolph dunkler Lignit. . . . . | —                            | —                | —                   | —                | 1,673                               | 5,031            |
| Westerwald, Blätterkohle . . . . .               | —                            | —                | —                   | —                | 2,017                               | 6,051            |
| 4. Steinkohle.                                   |                              |                  |                     |                  |                                     |                  |
| a. Sandkohlen.                                   |                              |                  |                     |                  |                                     |                  |
| Zinsweyer bei Offenburg . . . . .                | 22,2                         | 5,150            | —                   | —                | —                                   | —                |
| Rolduc bei Aachen . . . . .                      | 31,0                         | 7,192            | —                   | —                | —                                   | —                |
| Durham . . . . .                                 | 31,6                         | 7,371            | —                   | —                | —                                   | —                |
| b. Sinterkohlen.                                 |                              |                  |                     |                  |                                     |                  |
| Derbyschire, Cherrykohle . . . . .               | 27,2                         | 6,310            | —                   | —                | —                                   | —                |
| Glasgow, Cannelkohle . . . . .                   | 24,4                         | 5,777            | —                   | —                | —                                   | —                |
| Salin im Jura . . . . .                          | 21,0                         | 4,872            | —                   | —                | —                                   | —                |
| c. Backkohlen.                                   |                              |                  |                     |                  |                                     |                  |
| Rive de Gier . . . . .                           | —                            | —                | —                   | —                | 2,560                               | 7,680            |
| Mons . . . . .                                   | —                            | —                | —                   | —                | 2,611                               | 7,833            |
| Epinac . . . . .                                 | —                            | —                | —                   | —                | 2,597                               | 7,791            |
| Newcastle, Cakingkohle . . . . .                 | —                            | —                | —                   | —                | 2,667                               | 8,001            |
| „ Cherrykohle . . . . .                          | —                            | —                | —                   | —                | 2,559                               | 7,677            |
| Glasgow, Splint . . . . .                        | —                            | —                | —                   | —                | 2,505                               | 7,515            |
| Wales, Durchschnitt v. 36 Proben . . . . .       | —                            | —                | —                   | —                | 2,577                               | 7,731            |
| Newcastle 18 Proben . . . . .                    | —                            | —                | —                   | —                | 2,556                               | 7,668            |
| Lancashire 28 Proben . . . . .                   | —                            | —                | —                   | —                | 2,406                               | 7,218            |
| Derbyschire 7 Proben . . . . .                   | —                            | —                | —                   | —                | 2,414                               | 7,242            |
| Schottland 8 Proben . . . . .                    | —                            | —                | —                   | —                | 2,444                               | 7,332            |
| Der Ruhr . . . . .                               | —                            | —                | —                   | —                | 2,604                               | 7,812            |
| Der Saar (Heinitzgrube) . . . . .                | —                            | —                | —                   | —                | 2,428                               | 7,284            |
| Eschweiler, Centrum-Grube . . . . .              | —                            | —                | —                   | —                | 2,688                               | 8,064            |
| Oberschlesien, Leopold-Grube . . . . .           | —                            | —                | —                   | —                | 2,297                               | 6,891            |
| 5. Kohlen.                                       |                              |                  |                     |                  |                                     |                  |
| a. Holzkohlen.                                   |                              |                  |                     |                  |                                     |                  |
| Pappeln . . . . .                                | 30,6                         | 7,139            | —                   | —                | —                                   | —                |
| Tannen . . . . .                                 | 32,3                         | 7,494            | —                   | —                | —                                   | —                |
| Buchen . . . . .                                 | 33,6                         | 7,795            | —                   | —                | —                                   | —                |

| Ein Gewichtstheil.                                 | Gewöhnl. lufttrockenes Holz. |                  | Mit 9 Proc. Wasser. |                  | Bei 100° C. getrocknet.             |                  |
|----------------------------------------------------|------------------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|
|                                                    | giebt Blei nach Berthier.    | Wärme-Einheiten. | giebt Blei.         | Wärme-Einheiten. | gebr. Sauerstoff i. Gewichtstheilen | Wärme-Einheiten. |
| Fichten . . . . .                                  | 33,5                         | 7,792            | —                   | —                | —                                   | —                |
| 12 verschied. Hölz. im Durchschn.                  | 33,4                         | 7,749            | —                   | —                | —                                   | —                |
| Hartem Holz . . . . .                              | —                            | —                | —                   | —                | 2,460                               | 7,386            |
| Leichtem Holz . . . . .                            | —                            | —                | —                   | —                | 2,507                               | 7,521            |
| b. Torfkohlen.                                     |                              |                  |                     |                  |                                     |                  |
| Ham . . . . .                                      | 18,4                         | 4,269            | —                   | —                | —                                   | —                |
| Framont . . . . .                                  | 26,0                         | 6,032            | —                   | —                | —                                   | —                |
| Aulendorf, Württemberg, schwach verkohlt . . . . . | —                            | —                | —                   | —                | —                                   | —                |
| Auhendorf, Württemberg, stärker verkohlt . . . . . | —                            | —                | —                   | —                | —                                   | —                |
| c. Steinkohlencoks.                                |                              |                  |                     |                  |                                     |                  |
| St. Etienne . . . . .                              | 28,5                         | 6,612            | —                   | —                | 1,785                               | 5,355            |
| Rive de Dier . . . . .                             | 26,0                         | 6,032            | —                   | —                | 2,113                               | 6,339            |
| De Laar . . . . .                                  | —                            | —                | —                   | —                | 2,337                               | 7,011            |
| Gascoks in Paris . . . . .                         | 22,2                         | 5,150            | —                   | —                | —                                   | —                |

7. Im Mittel giebt 1 Gewichtsth. Sauerstoff nach Rumpf und Despretz 3000 Wärmeeinheiten, oder diesem entsprechend 1 Gramm reducirtes Blei = 232 Wärmeeinheiten. Man erhält daher die Wärmemenge eines Brennstoffs, wenn man die aus der Elementaranalyse desselben sich ergebende Menge Sauerstoff, welche 1 Gewichtstheil zum vollständigen Verbrennen gebraucht, mit 3000, oder die durch 1 Gramm Brennmaterial reducirten Gramm Blei mit 232 multiplicirt. Nach diesen Zahlen ist obige Tabelle berechnet worden.

8. Wo es sich um vergleichende Untersuchungen gleichartiger Brennstoffe, wie Torf, Braunkohlen handelt, sind die Resultate der Berthier'schen Methode genügend. Wasserstoffreiche Brennstoffe, wie Steinkohlen, oder wasserstoffarme, wie Kohle und Coks aber sind nicht genau nach dieser Methode zu prüfen.

Mit Zugrundelegung der Elementaranalyse müsste man immer etwas mehr reducirtes Blei erhalten, als in der That nach der Berthier'schen Methode erhalten wird, und nimmt man des-

wegen gewöhnlich an, dass die Heizkraft eines Brennstoffs nach dieser Methode bestimmt, um  $\frac{1}{3}$  niedriger ausfällt, als sich dieselbe nach der Elementaranalyse ergibt.

Enthalten die Aschenbestandtheile Schwefelkies oder unterschweflichtsaure Salze, so kann auch der umgekehrte Fall eintreten, dass man eine grössere Menge Blei erhält, als nach der Elementaranalyse möglich ist, weil obige Körper auch Sauerstoff aufnehmen. In diesem Falle wird daher eine grössere Menge Bleioxyd reducirt, als dem Kohlenstoff und Wasserstoff des Brennstoffs entspricht.

9. Die Annahme, dass der Sauerstoff immer gleich viel Wärme liefere, gleich viel ob er sich mit Kohlenstoff, Wasserstoff oder Kohlenwasserstoffen verbindet, hat sich nach den neueren Untersuchungen gleichfalls als nicht richtig erwiesen.

Diese Untersuchungen gaben folgende Resultate.

|                                                                |      |       |
|----------------------------------------------------------------|------|-------|
| 1 Gewichtstheil Sauerstoff giebt bei der Vereinigung mit       |      |       |
| Wasserstoff . . . . .                                          | 4308 | W.-E. |
| Holzkohle zu Kohlenoxyd verbrennend = CO . . . . .             | 1855 | „     |
| „ „ Kohlensäure „ = CO <sub>2</sub> . . . . .                  | 3030 | „     |
| dichtem Coks aus Gasretorten . . . . .                         | 3016 | „     |
| Kohlenoxyd zu Kohlensäure verbrennend . . . . .                | 4205 | „     |
| Sumpfgas = (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) . . . . .          | 3266 | „     |
| Oelbildendem Gase = (C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> ) . . . . . | 3458 | „     |

Selbst bei isomeren Körpern, welche eine ganz gleiche Zusammensetzung haben, giebt 1 Gewichtstheil Sauerstoff verschiedene Mengen Wärme.

### Berechnung des Wärmeeffektes nach der Elementaranalyse.

Durch die Elementaranalyse erfährt man den Gehalt eines Brennstoffs an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Man berechnet nun, wie viel Wasserstoff nothwendig ist, um mit dem vorhandenen Sauerstoff Wasser zu geben, und erhält so die noch übrig bleibende Menge Wasserstoff, welche dann mit dem vorhandenen Kohlenstoff als allein Wärme gebend in Rechnung gezogen wird.

Nach Scheerer ist der Wärmeeffekt des Kohlenstoffs 8000 Wärmeeinheiten, der des Wasserstoffs = 36000 Wärmeeinheiten, oder 1 Pfund des ersteren erhitzt 80 Pfd. Wasser, 1 Pfd. des

letzteren 360 Pfd. Wasser von 0° bis 100°. Der Wärmeeffekt des Wasserstoffs ist daher noch  $4\frac{1}{2}$  mal so gross als der des Kohlenstoffs. Gesetzt, man wolle nun nach der Elementaranalyse den Wärmeeffekt des Eichenholzes berechnen, so weiss man, dass die Zusammensetzung desselben nach Petersen und Schödler in 100 Theilen folgende ist:

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Kohlenstoff . . . . . | 49,43  |
| Wasserstoff . . . . . | 6,07   |
| Sauerstoff . . . . .  | 44,50. |

Die in dem Eichenholz enthaltenen 44,50 Sauerstoff gebrauchen  $\frac{44,50}{8} = 5,56$  Wasserstoff. Es bleiben daher von den vorhandenen 6,07 Wasserstoff nur 0,51 Gewichtstheile übrig, welche Wärme geben. Da 1 Gewichtstheil Wasserstoff  $4\frac{1}{2}$  mal so viel Wärme entwickelt wie 1 Gewichtstheil Kohlenstoff, so kann man für 0,51 auch  $0,51 \times 4,5 = 2,4$  Kohlenstoff setzen.

Addirt man diese Menge zu den vorhandenen 49,43 Gewichtsth. Kohlenstoff, so erhält man 51,83 Gewichtstheile Kohlenstoff, welche in 100 Gewichtstheilen Eichenholz Wärme liefern.

Da 1 Pfd. Kohlenstoff 80 Pfd. Wasser von 0° bis 100° erhitzen, so erhält man hier  $51,83 \times 80 = 4146,40$  Pfd. Wasser, welche von 0° bis 100° erhitzt werden.

10. Man kann die Rechnung auch so ausführen, dass man den zur Verbrennung aus der Elementaranalyse sich ergebenden Sauerstoff berechnet. Im Eichenholz sind nach obiger Rechnung 49,43 Kohlenstoff und 0,51 Wasserstoff. Zum Verbrennen von 0,51 Wasserstoff sind  $0,51 \times 8 = 4,08$  Gewichtstheile Sauerstoff, zum Verbrennen von 49,43 Kohlenstoff sind  $49,43 \times 2,66 = 131,49$  Gewichtstheile Sauerstoff nothwendig. 1 Gewichtstheil Sauerstoff giebt beim Verbrennen mit Wasserstoff 4500 Wärmeeinheiten, 4,08 Gewichtstheile Wasserstoff daher  $4,08 \times 4500 = 18360$  W.-E. 1 Gewichtstheil Sauerstoff liefert beim Verbrennen mit Kohlenstoff 3000 W.-E. 131,49 Gewichtstheile Kohlenstoff daher  $131,49 \times 3000 = 394470$  W.-E. Addirt man hierzu die durch den Wasserstoff erhaltenen Wärmeeinheiten, so erhält man  $394470 + 18360 = 413830$  Wärmeeinheiten. 1 Pfd. Eichenholz liefert daher 4138 W.-E. oder erhitzt 41,5 Pfd. Wasser von 0° bis 100°.

11. Diese beiden Methoden zur Bestimmung des Wärmeeffektes der Brennmaterialien durch Glühen mit Bleioxyd und

durch die Elementaranalyse sind zwar nicht ganz genau, geben aber für industrielle Zwecke vollkommen genügende Resultate.

12. Geht man bei der Bestimmung des Wärmeeffectes eines Brennstoffs nicht von gleichen Gewichten Sauerstoff, sondern von gleichen Gewichten des Brennstoffs aus, so erhält man für 1 Gewichtstheil derselben folgende Wärmeeinheiten:

|   | 1 Gewichtstheil folgender Körper                                         | giebt | Wärmeeinheiten. |
|---|--------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------|
| 1 | Gramm Wasserstoff . . . . .                                              |       | 34462           |
|   | nach Scheerer . . . . .                                                  |       | 36000           |
| 1 | „ {Kohlenstoff zu Kohlenoxyd = CO}                                       | }     | 2473            |
|   | {Holzkohle . . . . . verbrennend}                                        |       |                 |
| 1 | „ „ zu Kohlensäure = CO <sub>2</sub> verbr.                              |       | 8080            |
| 1 | „ Kohlenoxyd = CO zu Kohlensäure = CO <sub>2</sub> verbrennend . . . . . |       | 2403            |
| 1 | „ dichte Kohle von Gasretorten zu Kohlensäure verbrennend . . . . .      |       | 8047            |
| 1 | „ natürlicher Graphit zu CO <sub>2</sub> verbr. .                        |       | 7797            |
| 1 | „ Hohofengraphit „ „ „ . .                                               |       | 7762            |
| 1 | „ Diamant „ „ „ . .                                                      |       | 7770            |
| 1 | „ Sumpfgas „ „ „ . .                                                     |       | 13063           |
| 1 | „ Oelbildendes Gas „ „ „ . .                                             |       | 11858           |
| 1 | „ Terpentinöl „ „ „ . .                                                  |       | 10852           |
| 1 | „ Aether „ „ „ . .                                                       |       | 9028            |
| 1 | „ Holzgeist „ „ „ . .                                                    |       | 5307            |
| 1 | „ Alkohol „ „ „ . .                                                      |       | 7184            |

13. Die von Karmarsch und Heeren ausgeführten Untersuchungen über die Wärmeeffecte verschiedener Brennmaterialien ergeben im Mittel:

|   | 1 Gewichtstheil Brennstoff         | giebt | Wärmeeinheiten. |
|---|------------------------------------|-------|-----------------|
| 1 | Gewichtstheil Holz circa . . . . . |       | 3000            |
| 1 | „ Torf . . . . .                   |       | 2500—3800       |
| 1 | „ heller leichter Torf . . . . .   |       | 2900            |
| 1 | „ brauner schwarzer Torf . . . . . |       | 3300            |
| 1 | „ Braunkohle . . . . .             |       | 3500—4000       |
| 1 | „ Steinkohle . . . . .             |       | 6000            |
| 1 | „ Holzkohle . . . . .              |       | 7000            |
| 1 | „ Coks . . . . .                   |       | 6000            |

## Gesetze, von welchen die bei der Verbrennung eines Körpers auftretende Wärmemenge abhängig ist.

14. Bei jeder Verbrennung lassen sich drei Faktoren als maassgebend für die dabei entstehende Wärmemenge beobachten.

- 1) Die Vereinigungswärme, d. h. diejenige Wärmemenge, welche durch die chemische Verbindung der Elemente des Brennstoffs mit dem Sauerstoff der Luft entsteht;
- 2) die latente Wärme;
- 3) die spezifische Wärme der bei der Verbrennung wirkenden Körper und entstehenden Verbrennungsproducte.

Tritt zu der Vereinigungswärme noch die latente Wärme der verbrennenden Körper, und ist die spezifische Wärme der Verbrennungsproducte kleiner als die der Bestandtheile, so wird die grösste Wärmemenge auftreten. Wird aber ein Theil der Vereinigungswärme zur Gasbildung benutzt (d. h. wird ein Theil latent) und ist die spezifische Wärme der Verbrennungsproducte grösser wie die der Bestandtheile, so wird die geringste Wärmemenge frei werden. Verbrennt z. B. Natrium zu Natron, so wird die frei werdende Wärme aus der Summe der Vereinigungswärme und der latenten Wärme des Sauerstoffs bestehen, da das Verbrennungsproduct des Natriums fest ist.

Verbrennt Wasserstoff zu Wasser und wird der auftretende Wasserdampf verdichtet, so besteht die auftretende Wärmemenge aus der Vereinigungswärme und latenten Wärme des Sauerstoffs und Wasserstoffs.

Das Volumen des Sauerstoffs, welches bei der Verbrennung von 1 Aequival. Kohlenstoffs zu der gasförmigen Kohlensäure nothwendig ist, ändert sich nicht, der Kohlenstoff bildet daher nach dem Verbrennungsprozess zu Kohlensäure einen Volumenthail des Sauerstoffgases.

Ist aber der Kohlenstoff hierbei auf Kosten des verdichteten Theils Sauerstoff gasförmig geworden, so muss die bei diesem Prozess entstehende Wärmemenge geradezu aus der Vereinigungswärme bestehen, also nach Tabelle Seite 82 aus 8080 W.-E.

Wird aber der Kohlenstoff nur zu Kohlenoxyd verbrannt, so erhält man ein anderes Resultat, weil das Volumen des verbrauchten Sauerstoffs hierbei verdoppelt wird, hierdurch aber Wärme latent wird, welche von der Vereinigungswärme abzuziehen ist.

Das Aequivalent-Gewicht des Kohlenoxyds ist  $\text{CO} = 14$ , oder



im Kohlenoxyd sind 6 Theile Kohlenstoff und 8 Theile Sauerstoff zu 14 Gewichtstheilen vereinigt. 1 Theil Kohlenstoff ist daher in  $\frac{14}{6} = 2\frac{1}{3}$  Kohlenoxyd enthalten, und liefert, da 1 Gewichtstheil Kohlenoxyd (Tabelle Seite 84) 2403 W.-E. giebt,

$$2\frac{1}{3} \times 2403 = 5607 \text{ W.-E.}$$

Bei seiner Verbrennung zu Kohlensäure liefert aber 1 Gewichtstheil Kohlenstoff 8080 W.-E.

Die Wärmemenge, welche 1 Gewichtstheil Kohlenstoff bei seinem Verbrennen zu Kohlenoxyd liefert, wird daher erhalten, indem man die Zahl 5607 (diejenige, welche sich beim Verbrennen von  $2\frac{1}{3}$  Gewichtstheil Kohlenoxyd zu Kohlensäure, und welche 1 Gewichtstheil Kohlenstoff enthält) von 8080 abzieht. Man erhält in diesem Falle 2479 W.-E.

Beim Verbrennen des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd wird daher nur  $\frac{3}{10}$  der Wärme frei, welche man beim Verbrennen von Kohlenoxyd zu Kohlensäure erhält, die in beiden Fällen erhaltenen Wärmemengen verhalten sich wie die Zahlen 8080 : 2473, oder wie 10 : 3. Hieraus geht hervor, dass es vortheilhafter ist, die bei dem Verbrennen von Kohlenoxyd zu Kohlensäure frei werdende Wärmemenge, als die bei Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd frei werdende Wärmemenge zu benutzen, da man im ersten Falle  $\frac{7}{10}$ , im letzteren nur  $\frac{3}{10}$  der überhaupt beim Verbrennen des Kohlenstoffs auftretenden Wärmemenge erhält.

Auf dieses Verhalten des Kohlenstoffs beim Verbrennen hat man ein neues Heizverfahren gegründet, nämlich die Heizung mit Gasgeneratoren, welches später besprochen werden wird.

### Temperaturen, welche durch Verbrennung der Heizmaterialien möglich sind.

15. Die Wirkung, welche ein Brennstoff bei seinem Verbrennen in einem Ofen ausübt, besteht zunächst darin, dass sich das Ofengemäuer erwärmt. Die Temperatur, welche sich dann nach einiger Zeit entwickelt, ist sowohl für die innere Ofen-Oberfläche, für die Oberfläche des Brennmaterials und für die Gase eine gleichbleibende, eben so ist die dann entwickelte Wärmemenge (mit Nichtberücksichtigung der von den Ofengemäuer absorbirten Wärmemenge) von den bei der Verbrennung entstehenden Gasen und dem in den Ofen geströmten Stickstoff der Luft absorbirt.

Die in dem Ofen herrschende Temperatur wird man daher

erfahren, wenn man den Wärmeeffect des Brennstoßs mit dem Gewichte der entstandenen Gase dividirt. Da aber die Wärmecapacität der Gase verschieden ist, so ist es hierbei nothwendig, für jedes Gas erst durch Multiplication mit seiner Wärmecapacität die wirkliche Wärmemenge, welche es aufnimmt, fest zu stellen.

Die Verbrennung der Brennstoffe kann auf dreifache Weise stattfinden, 1) in reinem Sauerstoff, 2) in einer Luftmenge, welche den zur Verbrennung grade nothwendigen Sauerstoff enthält, 3) in einer Luftmenge, welche mehr Sauerstoff enthält, als grade zum Verbrennen nothwendig ist. Der letztere Fall findet bei den meisten Feuerungen statt.

1) **Temperatur, welche bei dem Verbrennen in reinem Sauerstoff erzielt wird.**

1 Pfd. Kohlenstoff gebraucht bei seiner Verbrennung zu Kohlensäure (in welcher 6 Gew.-Thl. Kohlenstoff mit 16 Gew.-Thl. Sauerstoff verbunden sind)  $\frac{16}{6} = 2,66$  Gew.-Th. Sauerstoff und liefert 3,66 Pfd. Kohlensäure. Nach Seite 84 giebt 1 Pfd. Kohlenstoff 8080 W.-E., welche bei Vermeidung aller Wärmeverluste von den entstandenen 3,66 Pfd. Kohlensäure aufgenommen werden, da ja die Verbrennungsprodukte die Träger der Wärme sind.

Die Wärmecapacität der Kohlensäure ist 0,221 (die des Wassers = 1 gesetzt), d. h. die Kohlensäure gebraucht nur  $\frac{2,21}{100}$  der Wärme, um eine ebenso hohe Temperatur anzunehmen, wie das Wasser. Es werden daher die gebildeten 3,66 Pfund Kohlensäure nur  $366 \times 0,221 = 0,80886$  Wärmeeinheiten verbrauchen, und da hier 8080 Wärmeeinheiten von der entstandenen Kohlensäure aufzunehmen sind, so wird ihre Temperatur auch  $\frac{8080}{0,80886} = 9990^\circ$  betragen.

16. Berechnet man ebenso den pyrometrischen Effect des Wasserstoßs, so ergiebt sich: 1 Pfd. Wasserstoff gebraucht bei seiner Verbrennung 8 Pfd. Sauerstoff und giebt 9 Pfd. Wasserdampf. Der Wasserstoff giebt nach Scheerer 36000 W.-E., wovon die latente Wärme des gebildeten Wasserdampfes, hier 9 Pfd., abzuziehen ist. Die latente Wärme des Wasserdampfes ist nach Seite 9 = 550 (eigentlich nur 536), es gehen daher von der erzeugten Wärme  $9 \cdot 550 = 4950$  W.-E. ab und bleiben nur 31050 W.-E., welche von dem gebildeten Wasserdampf aufzu-

nehmen sind. Die specifische Wärme des Wasserdampfes beträgt 0,847 von der des Wassers. Die Temperatur wird daher auch im umgekehrten Verhältnisse grösser sein und wird hier

$$\frac{31050}{9 \cdot 0,847} \text{ oder } \frac{31050}{7,623} = 4073^{\circ}$$

betragen.

## 2) Verbrennung an der Luft, welche den grade zur Verbrennung nöthigen Sauerstoff enthält.

Da die Verbrennung in unsren Feuerungen nicht in reinem Sauerstoff, sondern mittelst Luft stattfindet, so muss der pyrometrische Effect auch niedriger ausfallen, weil der Stickstoff der Luft mit in die Verbrennungsproducte übergeht und einen Theil der entwickelten Wärme absorhirt.

Die atmosphärische Luft besteht in 100 Theilen aus 76,9 Proc. Stickstoff und 23,1 Proc. Sauerstoff, sie enthält also auf 1 Pfd.

Sauerstoff  $\frac{76,9}{23,1} = 3,33$  Pfd. Stickstoff.

Zur Verbrennung von 1 Pfd. Kohlenstoff sind 2,66 Pfd. Sauerstoff nothwendig, welcher, wenn derselbe von der Luft geliefert wird, mit  $2,66 \times 3,33 = 8,88$  Pfd. Stickstoff gemengt ist. Letzterer mengt sich dann mit den entstehenden 3,66 Pfd. Kohlensäure und liefert 12,54 Pfd. Verbrennungsproducte.

Will man daher den pyrometrischen Heizeffect des Kohlenstoffs hier bestimmen, so muss der absolute Wärmeeffect desselben = 8080 W.-E. durch die Summe der Producte der Kohlensäure und des Stickstoffs, beide multiplicirt mit ihren Wärmecapacitäten, dividirt werden. Hiernach erhält man

$$\frac{8080}{(3,66 \times 0,221) + (8,88 \times 0,2754)} = \frac{8080}{3,26} = 2478.$$

Der pyrometrische Effect des Wasserstoffs ebenso berechnet, ergibt

$$\frac{31050}{(9 \times 0,847) + 26,64(\times 0,2754)} = \frac{31050}{14,96} = 2075^{\circ}.$$

Hieraus ergibt sich, dass trotzdem der absolute Heizeffect des Wasserstoffs  $4\frac{1}{2}$  mal so gross ist wie der des Kohlenstoffs, der pyrometrische Effect des Kohlenstoffs doch grösser als der des Ersteren ist, und dass man daher beim Verbrennen des Kohlenstoffs einen grösseren Heizeffect erzielt, als beim Verbrennen von Wasserstoff.

Dies wird noch ersichtlicher beim Verbrennen des Kohlenstoffs und Wasserstoffs in reinem Sauerstoffgas, da hier der pyrometrische Heizeffect des ersteren 9990°, der des letzteren nur 4073° ist.

**3) Pyrometrischer Effect des Kohlenstoffs und Wasserstoffs, wenn mehr Luft hinzutritt, als zur Verbrennung nothwendig ist.**

Bei unsern gewöhnlichen Feuerungen tritt gewöhnlich noch ein Mal so viel Luft zum Feuerheerd, als zur Verbrennung erforderlich ist, dadurch wird der pyrometrische Heizeffect noch mehr erniedrigt, und ergibt sich derselbe dann für Kohlenstoff, wenn die Wärmecapacität des Sauerstoffs nach Berard zu 0,2421 angenommen wird

$$\frac{8080}{(3,26 + (2,66 \times 0,2421) + (8,88 \times 0,2754))} = 1363^\circ$$

für Wasserstoff zu

$$\frac{31050}{14,96 + (8 \cdot 0,2421) + (26,64 \times 0,2754)} = 1281^\circ$$

Man sieht hieraus, wie nothwendig es ist, nicht mehr Luft zutreten zu lassen, als gebraucht wird, um den zur Verbrennung erforderlichen Sauerstoff zu liefern, wenn man eine dieser Sauerstoffmenge entsprechende pyrometrische Wirkung erreichen will.

16<sub>a</sub>. Die Resultate der in den besprochenen drei möglichen Fällen der Verbrennung ergeben sich aus der folgenden Tabelle.

|                       | 1 Gewichtstheil<br>giebt in reinem<br>Sauerstoff. | 1 Gewichtstheil<br>giebt mit der zur<br>Verbrennung<br>überhaupt noth-<br>wendigen Luft-<br>menge. | 1 Gewichtstheil<br>giebt mit der dop-<br>pelten Luftmenge<br>verbrannt. |
|-----------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Kohlenstoff . . . . . | 9990 °                                            | W. E.<br>2478 °                                                                                    | W. E.<br>1363 °                                                         |
| Wasserstoff . . . . . | 4073 °                                            | 2076 °                                                                                             | 1281 °                                                                  |

17. Holz, welches bei 140 bis 150° getrocknet ist, 50 Proc. Kohlenstoff, 1 Proc. Wasserstoff, 46 Proc. Wasserstoff und Sauerstoff, im Verhältniss der Wasserbildung, und 1 Proc. Stickstoff enthält, und mittelst der zur Verbrennung nothwendigen Luftmenge verbrannt wird, giebt hiernach an absoluter Wärme:

50 Pfd. Kohlenstoff à 8080 W.-E. = 404000 W.-E.

1 „ Wasserstoff à 36000 „ = 36000 „

Summa 440000 W.-E.

Der pyrometrische Effect wird nach der Menge der Verbrennungsproducte zu berechnen sein, letztere betragen

|           |                       |         |             |
|-----------|-----------------------|---------|-------------|
| 50 × 3,66 | Kohlensäure . . . . . | = 183   | Pfd.        |
| 9 × 46    | Wasserdampf . . . . . | = 55    | „           |
| 50 × 8,88 | Stickstoff . . . . .  | = 444   | „           |
| 26,64     | „ . . . . .           | = 26,63 | „           |
| 1         | „ an Brennstoff       | = 1     | „           |
|           |                       |         | <hr/>       |
|           |                       |         | 709,64 Pfd. |

Die Wärmecapacität der Verbrennungsproducte beträgt:

|             |          |          |               |
|-------------|----------|----------|---------------|
| Kohlenstoff | = 183    | × 0,221  | = 40,443      |
| Wasserdampf | = 55     | × 0,847  | = 46,585      |
| Stickstoff  | = 461,64 | × 0,2754 | = 129,890     |
|             |          |          | <hr/>         |
|             |          |          | Summa 216,918 |

oder nahezu 217.

Die latente Wärme zur Bildung von 55° Wasserdampf beträgt  $55 \times 550 = 30250$ ; welche von der erhaltenen absoluten Wärme noch abgezogen werden müssen. Die absolute ergibt sich danach zu  $44000 - 30250 = 409750$  W.-E., und in diese Wärmemenge theilen sich die erhaltenen Verbrennungsproducte, welche mit Berücksichtigung ihrer Wärmecapacitäten hier = 217 sind. Die Temperatur beträgt daher hier  $\frac{409750}{217} = 1888^\circ$ .

18. Peclet, welcher seiner Berechnung die von Regnault aufgestellten Wärmecapacitäten zu Grunde legt, welche für

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Kohlensäure . . . . . | 0,2164 |
| Stickstoff . . . . .  | 0,244  |
| Sauerstoff . . . . .  | 0,2182 |
| Wasserdampf . . . . . | 0,4750 |
| Kohlenoxyd . . . . .  | 0,3400 |

betragen und nur 34462 W.-E. als den absoluten Heizeffect des Wasserstoffs annimmt, wovon er noch die latente Wärme der gebildeten Wasserdämpfe abzieht, fand hiernach für Kohlenstoff, Wasserstoff und Kohlenoxyd, je nachdem sie in reinem Sauerstoff in der einfachen oder doppelten Luftmenge verbrannt wurden, folgende Zahlen.

|             | W. E.           | Wasseräquivalent.            |
|-------------|-----------------|------------------------------|
| Kohlenstoff | 8000 : 0,79 =   | 10126° in reinem Sauerstoff. |
|             | 8000 : 2,95 =   | 2715° der einfachen Luft.    |
|             | 8000 : 5,69 =   | 1406° der doppelten Luft.    |
| Wasserstoff | 29512 : 4,27 =  | 6903° in Sauerstoff.         |
|             | 29512 : 10,78 = | 2736° in Luft.               |
|             | 29512 : 19,04 = | 1541° der dopp. Luftmenge.   |
| Kohlenoxyd  | 2400 : 0,34 =   | 7059° in Sauerstoff.         |
|             | 2400 : 0,80 =   | 3000° in Luft.               |
|             | 2400 : 1,38 =   | 1739° in dopp. Luftmenge.    |

Nach diesen Zahlen würde ein Holz von obiger Zusammensetzung, in der zur Verbrennung nothwendigen Luftmenge verbrannt, folgenden Wärmeeffect geben:

|                       |              |               |
|-----------------------|--------------|---------------|
| Kohlenstoff . . . . . | 50 . 2, 95 = | 147,50        |
| Wasserstoff . . . . . | 1 . 10, 78 = | 10,78         |
| Wasser . . . . .      | 46 . 0,475 = | 21,85         |
| Stickstoff . . . . .  | 1 . 0,244 =  | 0,24          |
| Asche . . . . .       | 2 . 0, 20 =  | 0,40          |
|                       |              | <u>180,77</u> |

Gesamter Wärmeeffect

$$(50 \cdot 8000) + 29512 = 429512^*)$$

$$\text{mithin } \frac{429512}{180,77} = 2376^\circ.$$

Auf ähnliche Weise sind die folgenden Zahlen berechnet, wobei vorausgesetzt ist, dass die Verbrennung unter Zutritt der einfach dazu nöthigen Luftmenge stattfindet.

|                                                          |       |
|----------------------------------------------------------|-------|
| Trocknes Holz giebt eine Temperatur von . . . . .        | 2412° |
| Holz mit 30 Proc. Wasser . . . . .                       | 2166° |
| Holzkohle mit 7 Proc. Asche und 7 Proc. Wasser . . . . . | 2774° |
| Trockner Torf mit 5 Proc. Asche . . . . .                | 2484° |
| Torf mit 20 Proc. Wasser . . . . .                       | 2350° |
| Steinkohle von mittlerer Qualität . . . . .              | 2800° |
| Steinkohlencoks mit 5 Proc. Asche . . . . .              | 2755° |
| „ „ 15 „ „ . . . . .                                     | 2735° |

\*) Da die 46 Procent Wasser auch verdampft werden, so ist die hierzu nothwendige latente Wärme noch von dem absoluten Wärmeeffect abzuziehen, hier also noch  $46 \times 550 = 25300$  W.-E. Der pyromtrische Effect würde alsdann nur  $404212 : 181 = 2236^\circ$  sein.

Bei alle diesen Berechnungen ist angenommen, dass kein bedeutender Wärmeverlust durch die Wandungen des Ofens stattfindet und dass dieselben daher ziemlich die Temperatur des Brennstoffs haben, wie es z. B. in den Hüttenwerken meistens der Fall ist. Bei unsern gewöhnlichen Oefen ist diesen Bedingungen nicht entsprochen, weil der über dem glühenden Brennstoff befindliche zu erhaltende Körper zu viel Wärme absorhirt, die Temperatur ist daher hier immer geringer.

### **Wirkliche Leistungsfähigkeit der Brennmaterialien bei praktischen Feuerungsanlagen.**

19. In der Praxis werden die berechneten absoluten Wärmeeffekte nie erreicht, weil bei den letzteren auf die mannigfaltigen Ursachen, welche in der Praxis den Wärmeeffect verringern, keine Rücksicht genommen ist.

Die Totalwärme, welche ein Körper beim vollständigen Verbrennen entwickelt, muss immer gleich sein. Die Temperatur dagegen, welche hierbei erzielt wird, ist verschieden und ist abhängig von der Wärmemenge, welche sich in einem bestimmten Raume und in einer bestimmten Zeit erzeugt. Je grösser die Menge des verbrannten Körpers in einer gewissen Zeit, und je mehr die Verbrennung im Raume concentrirt wird, desto grösser wird die Intensität der Wärme, d. h. desto grösser wird die Temperatur sein.

20. Die Mittheilung der durch das Verbrennen eines Heizmaterials erzielten Wärme an die dadurch zu erhaltenden Körper geschieht theils durch Leitung, theils durch Strahlung. Von der Totalwärme, welche ein Brennstoff entwickelt, beträgt nach Peclet die strahlende Wärme z. B. beim Holze  $\frac{1}{4}$ , bei Holzkohlen  $\frac{1}{2}$ , bei Steinkohlen  $\frac{1}{2}$ , bei Coks  $\frac{2}{3}$ , bei Torf und Torfkohlen ungefähr  $\frac{5}{12}$ .

21. Die Ursachen, welche den absoluten Heizeffect eines Brennstoffs in der Praxis verringern, sind:

1) Die Wärme, welche die zum Verbrennen grösstentheils mit eintretende überschüssige Luft in den Schornstein entführt.

6 Pfund Luft enthalten ungefähr so viel Sauerstoff wie zur Verbrennung von 1 Pfd. lufttrocknem Holze nothwendig ist, nun strömt aber bei unsren gewöhnlichen Feuerungen die Luft so schnell durch den Feuerraum, dass ihr nicht aller Sauerstoff entzogen werden kann, es ist daher die doppelte Luftmenge nothwendig, also 12 Pfd. Nimmt man an, dass die Luft mit einer Temperatur von

20° C. in den Feuerraum tritt und mit einer Temperatur von 120° C. entweicht, so ist die Luft offenbar um 100° erhitzt worden.

Nimmt man die specifische Wärme der Gase nur zu  $\frac{1}{4}$  der specifischen Wärme des Wassers, so würde die zur Erwärmung von 12 Pfd. Luft nothwendige Wärme hinreichend sein, um 3 Pfd. Wasser von 0° bis 100° zu erwärmen.

Die Gase, welche in den Schornstein entweichen, verringern daher den absoluten Heizeffect von 1 Pfd. Eichenholz, welches 41 Pfd. Wasser von 0 bis 100° zu erhitzen im Stande ist, um 3 Pfd. Wasser, es wird daher nur 38 Pfd. von 0 bis 100° erhitzen können.

2) Das Eichenholz enthält im lufttrockenen Zustande noch 20 Proc. Wasser, sein Wärmeeffect ist daher nur  $\frac{4}{5}$  des wasserfreien Holzes, hier also  $= \frac{4}{5} \times 41 = 32,8$  Pfd. Wasser. Der absolute Wärmeeffect wird daher um 8,2 Pfd. Wasser verringert.

3) Zu dem im lufttrocknen Eichenholz enthaltenen  $\frac{1}{5}$  hygroskopischen Wassers kommen noch  $\frac{2}{5}$ , welche auf chemischem Wege entstehen, durch Vereinigung des in demselben enthaltenen Wasserstoffs und Sauerstoffs, in Summa also  $\frac{3}{5}$  Wasser. Diese  $\frac{3}{5}$  Wasser nehmen zu ihrer Verdampfung ebenfalls Wärme in Anspruch.

Da nach Seite 27 zur Verwandlung von 1 Pfd. Wasser von 0° in Dampf von 100° 650 W.-E. nothwendig sind, so werden zur Verdampfung von  $\frac{3}{5}$  Pfd. Wasser 390 W.-E. gebraucht, oder es wird so viel Wärme absorbirt, wie zur Erwärmung von 3,9 Pfd. Wasser von 0° bis 100° nothwendig ist.

Die Wärmeverluste, welche 1 Pfd. Eichenholz beim Verbrennen in den eben besprochenen 3 Fällen erleidet, betragen daher

|                                                           |                   |
|-----------------------------------------------------------|-------------------|
| 1) Wärmeverlust durch überschüssige Luft = 3 Pfd. Wasser. |                   |
| 2) Durch hygroskopisches Wasser . . . = 8,2 „ „           |                   |
| 3) Durch Verdampfung des Wassers . . . = 3,9 „ „          |                   |
|                                                           | 15,1 Pfd. Wasser. |

Der absolute Wärmeeffect von 1 Pfd. Eichenholz verringert sich daher um 15,1 Pfd. Wasser, und ist nur gleich 25,9 Pfd. Wasser, d. h. 1 Pfd. Eichenholz kann nur 25,9 Pfd. Wasser von 0° bis 100° erhitzen.

22. Ausserdem entstehen noch Wärmeverluste, welche sich weniger gut berechnen lassen.

1) Jeder Brennstoff enthält Körper, welche nicht verbrennen und keine Wärme entwickeln, vielmehr solche noch von der durch die brennbaren Bestandtheile entwickelten absorbiren; dies sind



ausser den oben schon besprochenen Wasser hauptsächlich die Aschenbestandtheile, welche glühend auf dem Rost oder im Aschenfall zurückbleiben. Die Wärmecapacität derselben ist nach Pecllet 0,2.

2) Ein fernerer Verlust entsteht dadurch, dass bei den meisten Feuerungen nicht aller Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrennt, sondern ein Theil nur zu Kohlenoxyd, welcher nach Seite 84 nur  $\frac{3}{10}$  der Wärmemenge entwickelt, als bei vollkommener Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlensäure.

3) Ein anderer Theil Kohlenstoff scheidet sich endlich durch Abkühlung als Russ ab, und entgeht der Verbrennung.

4) Das um den Feuerheerd befindliche Mauerwerk absorbiert einen Theil Wärme.

5) Oft tritt noch eine grössere Menge Luft als oben angenommen ist zu.

Durch diese in der Praxis theilweise unvermeidlichen Uebelstände wird der absolute Heizeffect eines Brennstoffs sehr reducirt, und ist deshalb die in der That zur Benutzung kommende Wärme nur 1 Theil der wirklich hervorgebrachten, oder der, welche hätte hervorgerufen werden können, es fällt deshalb der pyrometrische Effect, welchen man durch einen Brennstoff hervorbringen kann, noch niedriger aus, als sich nach obiger Rechnung ergab.

Deshalb haben die theoretisch berechneten Heizeffecte nur einen annähernden Werth, und sind hauptsächlich nur bei der Werthbestimmung gleichmässiger Brennstoffe von Nutzen.

Für viele Zwecke ist es übrigens nicht einerlei, was für einen Brennstoff man anwendet, ferner kann eine bestehende Heizeinrichtung für einen Brennstoff passen, für einen andern, welcher z. B. mehr Luft gebraucht, nicht.

23. Ueber die mit verschiedenen Brennstoffen erzielten praktischen Resultate geben folgende Zahlen Aufschluss. Die Versuche wurden hierzu in der Weise gemacht, dass man feststellte, wie viel Pfd. Wasser von einer bestimmten Menge lufttrocknen Brennstoffes verdampft wurden.

Nach Karmarsch, welcher mehr als 100 Sorten hannöverschen Torf untersuchte, verdampft 1 Pfd. Torf 1,6 bis 2,3 Pfd. Wasser von 0°.

Nach Versuchen des hessischen Gewerbevereins verdampft

|                                                  |                    |
|--------------------------------------------------|--------------------|
| 1 Pfd. Kohlengruss . . . . .                     | 5,201 Pfd. Wasser. |
| 1 „ seit 2 Jahren gefälltes Buchenholz . . . . . | 2,075 „ „          |
| 1 „ Torf . . . . .                               | 1,992 „ „          |

Nach Fyfes Untersuchungen verdampft 1 Pfd. gute englische oder schottische Steinkohle 5,8 bis 6,8 Pfd. Wasser von 0°.

Nach Watt . . . . . 7, 6 Pfd. Wasser.

„ Parkes . . . . . 8,68 „ „

„ Henwood . . . . . 9,69 „ „

Die von Henwood benutzte Kohle war beste New-Castler.

Bei Zimmerheizungen, wo der Rauch mit 75° bis 190° entweicht, werden 100 Pfd. Holz durch 40—50 Pfd. guter Steinkohlen ersetzt, wenn die Oefen gleich construiert sind und dieselbe Sorte Steinkohlen benutzt wird.

Nach Karmarsch geben

1000 Pfd. gelber Torf an ab-

soluter Wärme so viel wie = 946 Pfd. luftrocknes Fichtenholz.

1000 Pfd. brauner Torf . . . = 1076 „ „ „

1000 Pfd. Erdtorf . . . . = 1040 „ „ „

1000 Pfd. Pechtorf . . . . = 1107 „ „ „

Versuche mit bei Berlin gewonnenem Torfe ergaben dieselben Resultate, wobei die Preussische Klaffter Torf = 138,4 Cub.-Fuss = 2200 — 3800 Pfd. Preussisch angenommen war.

Vergleichende Untersuchungen mit Braunkohle und Steinkohle ergeben, dass 3 preuss. Tonnen Braunkohlen (die Tonne zu 4 Schfl. à 2 Ctr. 10 Pfd.) denselben Effect wie 1 Tonne Steinkohlen (à 4 Schfl.) =  $7\frac{1}{9}$  Cub.-Fuss =  $3\frac{1}{2}$  Ctr. haben, oder 1 Gew.-Thl. Steinkohle = 2,86 Gew.-Thl. Braunkohle ist.

22. Der Wärmeeffect von Holz und Torf ist um so grösser, je trockener sie sind, bei Steinkohlen und Coks aber findet das Gegentheil statt, ihr Wärmeeffect wird erhöht, wenn sie etwas angefeuchtet werden, oder wenn man etwas Wasserdampf in die Feuerung treten lässt.

Wo man keinen Wasserdampf hat, ist es am einfachsten, ein mit Wasser gefülltes steinernes oder eisernes Gefäss unter den Rost zu bringen, aus welchem das Wasser mittelst der strahlenden Wärme des Feuers verdampft und durch den Rost in den Feuerraum tritt.

Fyfe hat bei Versuchen im Grossen gefunden, dass wenn von einem Dampfkessel  $\frac{1}{5}$  des erzeugten Dampfes zur Feuerung geleitet werden, 66 Pfd. Steinkohle eben so viel leisten, wie 100 Pfd. derselben ohne Zuleitung von Wasserdampf; es entsteht daher im ersteren Falle eine Ersparniss von 33 bis 40 Proc. an Brennstoff.

Die Ursache dieser Erscheinung liegt wahrscheinlich darin,

dass der Wasserdampf die Verbrennung verlangsamt und dadurch vollständiger macht, und dass die entwickelte Wärme besser von der Oberfläche des zu erhaltenden Körpers aufgenommen wird, weil die Verbrennungsproducte eine grössere retirende Bewegung erhalten. Dass die durch den Wasserdampf mehr erzielte Wärme durch die Verbrennung des Wasserstoffs entstehen könnte, welcher bei der Berührung des Dampfes mit den glühenden Kohlen entsteht, ist nicht gut möglich, da bei der Zerlegung des Wasserdampfs eben so viel Wärme gebunden wird, als bei der Verbrennung des Wasserstoffs wieder frei wird.

23. Ueber die in der Praxis möglichen Heizeffecte der preuss. Brennstoffe sind vom Verein zur Beförderung des Gewerbflusses für Preussen durch Dr. Brix sehr umfassende und lehrreiche Untersuchungen angestellt. Derselbe basirte seine Versuche darauf, wie viel Pfd. Wasser von 0° durch 1 Pfd. Brennstoff in Dampf von 112,5° verwandelt werden. Nach Abzug der Asche und des mittleren Wassergehaltes wurden durch Rechnung folgende Zahlen gefunden.

| Nr.      | Verkehrseinheit.                 |                     | Der Brennstoff enthält in 100 Theil. |         | Nutzbarer Heizeffect für 1 Pfd. Brennstoff. |            |                         | Für 1 Klafter.          |        |
|----------|----------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------|---------------------------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|--------|
|          | Bezeichnung.                     | Gewicht in Pfunden. | Asche.                               | Wasser. | Mittlerem Wassergeh.                        | Wassergeh. | Wasser- und Aschenfrei. | Mittlerem Wassergehalt. |        |
| A. Holz. |                                  |                     |                                      |         |                                             |            |                         |                         |        |
| 1        | Kiefernholz . . .                | Die Klafter         | 2650                                 | 0,6     | 15                                          | 4,19       | 5,11                    | 5,14                    | 11,103 |
|          | Alte Stämme (                    | zu 108              |                                      |         |                                             |            |                         |                         |        |
|          | Junge Stämme)                    | Cubikfuss.          | 2500                                 | 0,6     | 15                                          | 3,83       | 4,68                    | 4,71                    | 9,575  |
| 2        | Birkenholz . . .                 | „                   | 2780                                 | 0,9     | 15                                          | 3,82       | 4,67                    | 4,71                    | 10,425 |
| 3        | Eichenholz . . .                 | „                   | 3125                                 | 1,6     | 15                                          | 3,74       | 4,58                    | 4,65                    | 10,088 |
| 4        | Rothbuchen . . .                 | „                   | 3100                                 | 1,4     | 15                                          | 3,63       | 4,45                    | 4,51                    | 11,253 |
| 5        | Weissbuchen . .                  | „                   | 3100                                 | 1,5     | 15                                          | 3,66       | 4,48                    | 4,55                    | 11,346 |
| B. Torf. |                                  |                     |                                      |         |                                             |            |                         |                         |        |
| 6        | Torf von Linum-Flatow I. Sorte   | Die Klafter         | 3300                                 | 10,0    | 25                                          | 3,66       | 5,22                    | 5,80                    | 12,048 |
|          |                                  | zu 138,4            |                                      |         |                                             |            |                         |                         |        |
| 7        | Torf von Linum-Flatow II. Sorte  | Cubikfuss.          | 2800                                 | 10,5    | —                                           | 3,62       | 5,60                    | 5,77                    | 10,136 |
| 8        | Torf von Linum-Flatow III. Sorte | „                   | 2200                                 | 8,2     | —                                           | 3,65       | 5,07                    | 5,52                    | 8,030  |

| No. | Verkehrseinheit.                                                           | Nutzbarer Heiz-effect für 1 Pfd. Brennstoff. |                                      |         |                          |             |                         |                             | Für 1 Klafter. |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|---------|--------------------------|-------------|-------------------------|-----------------------------|----------------|
|     |                                                                            | Bezeichnung.                                 | Der Brennstoff enthält in 100 Theil. |         |                          |             |                         |                             |                |
|     |                                                                            | Gewicht in Pfunden.                          | Asche.                               | Wasser. | Mit mittlerem Wassergeh. | Wasserfrei. | Wasser- und Aschenfrei. | Mit mittlerem Wassergehalt. |                |
| 7   | Büchfeld Neulangen I. Sorte . .                                            | Die Klafter zu 138,4                         | 3300                                 | 10,5    | —                        | 3,65        | 5,19                    | 5,80                        | 12,045         |
| 8   | Büchfeld Neulangen II. Sorte . .<br>C. Braunkohlen.                        | Cubikfuss.<br>„                              | 2650                                 | 11,0    | —                        | 3,43        | 4,77                    | 5,36                        | 9,090          |
| 9   | Schönfeld b. Auszig in Böhmen.                                             | Tonne zu 4 Schffl.                           | 296                                  | 14,0    | 28                       | 3,92        | 5,84                    | 6,91                        | 1,160          |
| 10  | Perleberg u. Wittenberg an der Elbe . . . . .                              | gelagert frisch gefördert.                   | 267                                  | 5,0     | 24                       | 3,96        | 5,84                    | 6,91                        | 1,057          |
| 11  | Frankfurt a. O. Grube Goldfuchs                                            | Tonne.                                       | 285                                  | 5,0     | 46                       | 2,65        | 5,50                    | 6,06                        | 755            |
| 12  | Rauen Stückkohl.                                                           |                                              | 286                                  | 8,0     | 48                       | 2,41        | 5,55                    | 6,10                        | 690            |
| 13  | Rauen geformte Kohlen . . . . .                                            | 100 Stück.                                   | 300                                  | 8,5     | 50                       | 2,25        | 5,50                    | 6,15                        | 675            |
|     | D. Englische Steinkohlen.                                                  |                                              | 166                                  | 11,2    | 29                       | 2,50        | 3,95                    | 5,10                        | 415            |
| 14  | Hunwiksgrube b. Stocktown am Tees . . . . .                                |                                              | 391                                  | 3,5     | 3                        | 7,42        | 7,68                    | 8,13                        | —              |
| 15  | Hawthorn's Hartley Coal Newcastle . . . . .<br>E. Preussische Steinkohlen. |                                              | 391                                  | 6,0     | 3                        | 7,70        | 7,97                    | 8,60                        | —              |
| 16  | Löbyüner Grube bei Wettin, Oberflötz . . . . .<br>F. Waldenburger Revier.  |                                              | 384                                  | 10,0    | 3,0                      | 7,83        | 8,10                    | 9,26                        | —              |
| 17  | Segen Gottes . .                                                           |                                              | 361                                  | 3,0     | 3,0                      | 7,53        | 7,79                    | 8,26                        | —              |
| 18  | Graf Hochberg Grube . . . . .                                              |                                              | 370                                  | 6,0     | 3,0                      | 7,13        | 7,38                    | 8,15                        | —              |

| No. | Verkehrseinheit.                    | Der Brenn-<br>stoff enthält<br>in 100 Theil. |                      | Nutzbarer Heiz-<br>effect für 1 Pfd.<br>Brennstoff. |         |                             | Für 1 Klafter. |             |                            |
|-----|-------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------|---------|-----------------------------|----------------|-------------|----------------------------|
|     |                                     | Bezeichnung.                                 | Gewicht in<br>Pfund. | Asche.                                              | Wasser. | Mit mittlerem<br>Wassergeh. |                | Wasserfrei. | Wasser- und<br>Aschenfrei. |
| 19  | Neue Heinrichs<br>Grube . . . . .   |                                              | 367                  | 6,0                                                 | 3,0     | 7,18                        | 8,05           | 8,65        | —                          |
|     | G. Oberschle-<br>sisches Revier     |                                              |                      |                                                     |         |                             |                |             |                            |
| 20  | Eugeniens Glück<br>Grube . . . . .  |                                              | 347                  | 2,5                                                 | 3,0     | 6,76                        | 7,00           | 7,44        | —                          |
| 21  | Königs Grube . .                    |                                              | 353                  | 3,0                                                 | 3,0     | 7,56                        | 7,82           | 8,28        | —                          |
| 22  | Louisen Grube<br>Oberflötz . . . .  | Tonne<br>4 Scheffel.                         | 370                  | 10                                                  | 3       | 6,70                        | 6,90           | 7,88        | —                          |
| 23  | Louisen Grube<br>Niederflötz . . .  |                                              | 366                  | 4,6                                                 | 3       | 6,42                        | 6,65           | 7,10        | —                          |
| 24  | Hoym Grube . .                      |                                              | 358                  | 10,5                                                | 3       | 7,00                        | 7,25           | 8,35        | —                          |
| 25  | Königin Louisen<br>Grube a. . . . . |                                              | 364                  | 4,0                                                 | 3       | 7,52                        | 7,78           | 8,38        | —                          |
| 26  | Königin Louisen<br>Grube b. . . . . |                                              | —                    | 2,0                                                 | 3       | 7,23                        | 8,00           | 8,42        | —                          |
|     | H. Saar-<br>brücker Revier          |                                              |                      |                                                     |         |                             |                |             |                            |
| 27  | Gerhardt Grube .                    |                                              | 363                  | 7,5                                                 | 3       | 7,03                        | 7,28           | 8,16        | —                          |
| 28  | Heinitz . . . . .                   |                                              | 365                  | 3,0                                                 | 3       | 7,74                        | 8,43           | 8,01        | —                          |
| 29  | Duttweiler . . . .                  |                                              | 357                  | 2,0                                                 | 3       | 7,95                        | 8,23           | 8,55        | —                          |
|     | I. Inde Revier<br>bei Eschweiler    |                                              |                      |                                                     |         |                             |                |             |                            |
| 30  | James Grube<br>Flötz Grosskohl      |                                              | 350                  | 1,5                                                 | 3       | 8,70                        | 9,00           | 9,28        | —                          |
| 31  | Centrum Grube<br>Flötz Tornegel.    |                                              | 407                  | 6,0                                                 | 3       | 7,96                        | 8,24           | 8,92        | —                          |
|     | K. Wormser<br>Revier bei<br>Aachen. |                                              |                      |                                                     |         |                             |                |             |                            |
| 32  | Neulauer Weg<br>Grube . . . . .     |                                              | 383                  | 5,0                                                 | 3       | 6,97                        | 7,22           | 8,81        | —                          |
| 33  | Neulangenberg<br>Grube . . . . .    |                                              | 381                  | 2,5                                                 | 3       | 7,50                        | 7,76           | 8,82        | —                          |

| No. | Verkehrseinheit.                                 |                     | Der Brennstoff enthält in 100 Theil. |         | Nutzbarer Heizeffect für 1 Pfd. Brennstoff. |             |                         | Für 1 Klafter. |                             |
|-----|--------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------|---------------------------------------------|-------------|-------------------------|----------------|-----------------------------|
|     | Bezeichnung.                                     | Gewicht in Pfunden. | Asche.                               | Wasser. | Mit mittlerem Wassergeh.                    | Wasserfrei. | Wasser- und Aschenfrei. |                | Mit mittlerem Wassergehalt. |
|     | L. Bergamtsrevier Essen.                         |                     |                                      |         |                                             |             |                         |                |                             |
| 34  | Zeche Victoria Mathias . . . . .                 | 4 Tonne Scheffel.   | —                                    | 3,0     | 3                                           | 7,90        | 8,18                    | 8,61           | —                           |
| 35  | Zeche Hundsnacken . . . . .                      |                     | —                                    | 4,5     | 3                                           | 6,83        | 7,07                    | 8,72           | —                           |
|     | M. Bergamtsrevier Bochum                         |                     |                                      |         |                                             |             |                         |                |                             |
| 36  | Zeche Engelsburg                                 |                     | —                                    | 3,0     | 3                                           | 8,16        | 8,45                    | 8,82           | —                           |
| 37  | „ Friedr. Wilhelm . . . . .                      |                     | —                                    | 4,0     | 3                                           | 7,63        | 7,90                    | 8,31           | —                           |
| 38  | Zeche Franziska Tiefbau . . . . .                |                     | —                                    | 4,0     | 3                                           | 7,86        | 8,13                    | 8,55           | —                           |
|     | N. Kohlen und Coks.                              |                     |                                      |         |                                             |             |                         |                |                             |
| 39  | Kiefernholzkohlen . . . . .                      | 3 Tonne Scheffel.   | 64                                   | 2       | 10                                          | 7,04        | 7,93                    | 8,09           | 448                         |
| 40  | Torfkohlen . . . . .                             |                     | 125                                  | 3       | 5                                           | 7,08        | 7,50                    | 7,73           | 885                         |
| 41  | Coks vom Gerhardtflötz der Königsgrube . . . . . | 4 Tonne Scheffel.   | 230                                  | 2,7     | 5                                           | 7,40        | 7,84                    | 8,47           | 1,702                       |
| 42  | Coks vom Faustflötz der Faustgrube . . . . .     |                     | 251                                  | 5       | 5                                           | 7,58        | 8,03                    | 8,64           | 1,899                       |

Im Mittel verdampft nach dieser Tabelle 1 Pfd. trockner, aschenfreier Brennstoff:

|                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| Harzhaltiges Holz . . . . . | 5,1 Pfd. Wasser von 0° |
| Gewöhnliches . . . . .      | 4,6 „ „ „ 0°           |
| Torf . . . . .              | 5,7 „ „ „ 0°           |
| Braunkohle . . . . .        | 6,3 „ „ „ 0°           |
| Steinkohle . . . . .        | 8,4 „ „ „ 0°           |
| Coks . . . . .              | 8,5 „ „ „ 0°           |

24. Nach den Versuchen von Playfair und de la Roche

über die Heizeffekte englischer Steinkohlen verdampft 1 Pfund der folgenden Sorten die unter 1 angegebenen Pfunde Wasser. Die Columnne 2 enthält die aus der Rechnung sich ergebenden Mengen.

| Namen der Gruben.               | 1     | 2    |
|---------------------------------|-------|------|
| Steinkohle von Wales.           |       |      |
| Graigola . . . . .              | 9,35  | 13,5 |
| Old Castle fiery vein . . . . . | 8,94  | 14,9 |
| Ward's fiery vein . . . . .     | 9,40  | 14,6 |
| Binea . . . . .                 | 9,94  | 15,1 |
| Pentrepoth . . . . .            | 8,72  | 14,8 |
| Pentrefelin . . . . .           | 6,36  | 13,8 |
| Duffryn . . . . .               | 10,14 | 15,1 |
| Resoloen . . . . .              | 9,53  | 14,0 |
| Ponty-Pool . . . . .            | 7,47  | 14,3 |
| Ebbu-Vale . . . . .             | 10,21 | 15,6 |
| Coleshill . . . . .             | 8,0   | 12,8 |
| Steinkohlen von Schottland.     |       |      |
| Dalkeith Javel Flötz . . . . .  | 7,08  | 12,3 |
| Wallsend Elgin „ . . . . .      | 8,46  | 13,4 |
| Fordal Splint „ . . . . .       | 7,56  | 13,8 |
| Grangemonth „ . . . . .         | 7,40  | 13,7 |
| Steinkohle aus England.         |       |      |
| Bromhill . . . . .              | 7,30  | 14,8 |
| Park End (Sydney) . . . . .     | 8,52  | —    |

Für Nordamerikanische Steinkohle fand Professor Johnson folgende nutzbare Heizeffekte:

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| Cannelton, Indiana . . . . .      | 6,17  |
| Clover Hill, Virginia . . . . .   | 6,45  |
| Atkinson und Tempettown . . . . . | 8,99  |
| Quins Run . . . . .               | 8,63  |
| Peach Mountam . . . . .           | 8,50  |
| Forest Improvement . . . . .      | 8,45. |

Man sieht, dass die in der Praxis erhaltenen Heizeffekte von der aus der Elementaranalyse berechneten Totalwärme bedeutend abweichen, und dass ein grösser Theil der Wärme unbenutzt verloren geht. Nach Brix werden überhaupt nur 65 bis 70 Proc. der theoretischen Heizkraft nutzbar gemacht, und sind die Resultate bei Holz und Torf am günstigsten.

Die Wärmeverluste steigen natürlich mit der Temperatur der in den Schornstein ziehenden Gase und betragen z. B. bei Coksöfen nach Ebelmen 82 Proc. der Totalwärme, wovon  $\frac{1}{3}$  als freie Wärme der Gase fort geht.

Nach Prechtl beträgt der Wärmeverlust durch die freie Wärme der Gase 7 Proc., wenn dieselben mit einer Temperatur von 150° C. entweichen. Stark getrocknetes Holz giebt 710 Pfd. Verbrennungsproducte, deren Wärmecapacität in Wasseräquivalenten = 217 ist. Nimmt man an, dass die Luft mit 15° ein- und mit 215° austritt, so gehen offenbar

$$215 - 15 = 200 \cdot 710 = 142000 \text{ W.-E.}$$

verloren, oder mit Berücksichtigung ihrer Wärmecapacität

$$\frac{142000 \cdot 217}{1000} = 30814 \text{ W.-E.}$$

Da nun die ganze Totalwärme 409750 W.-E. beträgt, so gehen hier cca. 7,5 Proc. durch die entweichenden Gase verloren.

Entweichen die Gase mit einer Temperatur von 500°, so ergibt sich der Wärmeverlust nach derselben Rechnung zu 19 Proc. der Totalwärme. Im offenen Schmiedefeuer, wo bei heller Glühhitze eine Temperatur von ungefähr 1000° stattfindet, und wo sehr viel überschüssige Luft Zutritt, beträgt der Wärmeverlust 90 Proc. der Totalwärme.

## IV. Abschnitt.

### Ueber die Anlage von Feuerungen.

1. Da bei einer industriellen Feuerungsanlage die bisher besprochenen Gesetze der Wärme und des Verbrennungsprozesses zur Anwendung kommen, und nur dadurch die richtige Anlage der Feuerung, so wie eine vollkommene Verbrennung möglich ist, wodurch wiederum die möglichst grösste Wärmemenge erzielt wird, welche ein Brennmaterial zu liefern im Stande ist, so habe ich in dem folgenden, eigentlich praktischen Abschnitt, die von verschiedenen Pyrotechnikern veröffentlichten praktischen nützlichen Resultate so ausführlich wie möglich wieder gegeben. (Von



der hierher gehörigen Literatur habe ich namentlich Peclet's *Traité de la Chaleur* übersetzt von Dr. Hartmann, *Guide du Chauffeur* von Grouvelle u. Jaunez, Scholl's *Führer des Maschinisten*, Scheerer's *Metallurgie* etc. benutzt.) *Dingl. Journal.*

2. Allgemeine Bedingungen, welche bei der Anlage von Feuerungen erfüllt werden müssen, nach Grouvelle u. Jaunez:

I. Es muss so viel Brennmaterial darin verbrannt werden können, dass man eine genügende, wo möglich grössere Wärmemenge als zu irgend einem Zweck nothwendig ist, in einem gewissen Zeitraum erhält, dass z. B. bei Dampfmaschinen eher mehr wie weniger Dampf geliefert wird.

II. Damit das Brennmaterial bei der höchsten Temperatur verzehrt und den grössten Nutzeffect gebe, muss der Luftzug stark und lebhaft genug sein.

III. Es muss eine möglichst vollkommene Verbrennung stattfinden, um so wenig wie möglich Rauch zu erhalten.

IV. Alle Orte, welche durch Asche und Russ verunreinigt werden, müssen leicht gereinigt werden können.

V. Um gegen Abkühlung und Wärmeverlust geschützt zu sein, müssen die Wände der Feuerung eine genügende Dicke haben.

VI. Die zum Reguliren des Feuers und Abschluss der ganzen Feuerung nach vollbrachter Tagesarbeit vorhandenen Vorrichtungen müssen bequem gehandhabt werden können.

VII. Diesen Bedingungen liesse sich noch hinzufügen, dass die heissen Gase, bevor dieselben durch den Schornstein entweichen, Zeit und Gelegenheit haben, ihre Wärme so viel wie möglich an den zu erheizenden Gegenstand abzugeben.

3. Bei jeder Feuerung lassen sich drei Haupttheile unterscheiden:

A. Der Rost, der Ort, wo die Verbrennung vor sich geht.

B. Die Zugkanäle, welche die Verbrennungsproducte nach den Schornstein führen und die längere Berührung mit dem zu erheizenden Körper vermitteln.

C. Der Schornstein, welcher die Verbrennungsproducte ins Freie führt und den zum Verbrennen nothwendigen Luftzutritt veranlasst.

#### A. R o s t.

4. Auf dem Rost findet die Verbrennung statt, von hier aus verbreitet sich die Wärme, und entsteht endlich der Luftzug durch

die bei dem Verbrennen mit dem glühenden Brennstoff in Berührung stehende Luft, welche letztere sich hierbei durch die Wärme ausdehnt und, nachdem sie ihren Sauerstoff abgegeben, mit den Verbrennungsproducten entweicht, wobei die kalte Luft durch den Rost in dem Maasse nachströmt, in welchem erstere fortzieht.

5. Damit die Luft durch den Rost eintreten und die Verbrennung stattfinden kann, darf der Brennstoff in nicht zu dicken Lagen auf dem Roste lagern und muss daher dem Roste eine entsprechende Ausdehnung gegeben werden.

#### Dimensionen der Roststäbe und Roste.

6. Für Steinkohlen giebt man dem Roste eine Ausdehnung von 1 Quadratfuss, wenn in der Stunde 12 Pfd. Kohle verbrannt werden sollen, während die Summe der Rostspalten  $\frac{1}{4}$  der ganzen Rostoberfläche beträgt.

Für Holz und Torf dagegen lässt man die Summe der Rostspalten nur  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{4}$  der ganzen Rostfläche betragen. Die Rostspalten müssen so gross sein, dass sie die Asche bequem durchfallen lassen, aber nicht zu gross, so dass keine unverbrannte Kohle durchfallen kann, sie dürfen daher für Steinkohlen z. B. höchstens  $\frac{1}{2}$ “ breit sein. Da die Rostspalten  $\frac{1}{4}$  der ganzen Rostoberfläche ausmachen sollen, so nehmen die Roststäbe  $\frac{3}{4}$  der ganzen Rostoberfläche ein, sind also bei  $\frac{1}{2}$  Zoll Rostspalte  $1\frac{1}{2}$  Zoll breit.

7. Die Breite der Roststäbe muss der Länge derselben entsprechend sein, obige Breite von  $1\frac{1}{2}$  Zoll genügt aber selbst für  $4\frac{1}{2}$  Fuss lange Roststäbe. Wendet man kürzere Roststäbe an, so giebt man ihnen nur eine Breite von höchstens 1 Zoll. Die Rostspalten werden in diesem Falle 4“<sup>3</sup>, welches für unreine Steinkohlen oder solche, welche Schlacken erzeugen, der geringste Zwischenraum ist, welchen man mit Vortheil nehmen kann.

#### Braunkohlenfeuerungen.

8. Arbeitet man mit feiner, erdiger Braunkohle in Stücken, welche gewöhnlich viel Asche und Schlacken geben, so giebt man den Stäben eine Breite von  $\frac{3}{4}$ “ bis 1“, den Rostspalten 4“<sup>3</sup> bis 6“<sup>3</sup>.

Je näher die Braunkohle dem Holze steht, desto mehr muss der Rost ähnlich construiert werden wie bei der Holzverbrennung.

Bei erdigen klaren Braunkohlen, welche nicht geformt sind, giebt man den Rosten  $\frac{1}{2}$ “ breite Stäbe bei  $\frac{1}{8}$ “ Rostspalte.

### Torffeuerungen.

9. Dieselben bekommen 1 bis  $1\frac{1}{2}$ “ breite Stäbe, und bei grossem Aschengehalt auch breite Rostspalten.

### Holzfeuerungen.

10. Man wendet  $\frac{3}{4}$ “ breite Stäbe bei  $\frac{1}{4}$ “ Rostspalte an. Besser ist es für alle Feuerungen, möglichst schmale Roststäbe zu nehmen, indem dadurch der Brennstoff an mehr Stellen mit der Luft in Berührung kömmt. Im Winter, wo die Luft viel dichter und der Zug stärker ist, können die Rostspalten für alle Feuerungen etwas enger sein.

11. Für alle gewöhnlichen Feuerungen kann man zu Roststäben Gusseisen verwenden, nur halte man darauf, dass die obere Fläche der Stäbe rein, d. h. frei von Blasen etc. sei, da sonst die Kohlen leicht anbäcken und die Stäbe anfressen.

Die Dauer derselben hängt viel von dem Heizer ab, namentlich davon, dass derselbe den Rost rein und die Rostspalten offen erhalte, so wie davon, dass er passend und stark genug construirt ist. Ingenieur Corbin wendet sehr zweckmässig schmiedeeiserne Roststäbe von 0,30 Meter Höhe an, welche, da sich die Hitze hier von Oben nach Unten viel langsamer mittheilt, auch viel länger halten.

Scholl giebt für Roststäbe folgende Dimensionen an, wobei er aus der Länge  $l$  die übrigen Dimensionen bestimmt.

- A. obere Ansicht,
- B. Längenschnitt,
- C. Querschnitt.

|     |                               |     |                                                      |
|-----|-------------------------------|-----|------------------------------------------------------|
| $h$ | $\frac{1}{8} - \frac{1}{7} l$ | $p$ | $= \frac{1}{10} h$                                   |
| $m$ | $\frac{1}{4} h$               | $q$ | $= 1'' \text{ bis } 1\frac{1}{2}''$                  |
| $n$ | $\frac{1}{3} h$               | $r$ | $= 1'' \text{ 7}'' \text{ bis } 2'' = \frac{4}{3} q$ |
| $o$ | $\frac{1}{2} h$               | $s$ | $= \frac{1}{3} q.$                                   |

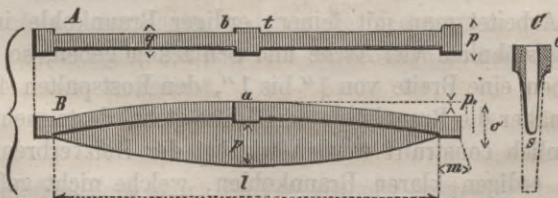


Fig. 2.

Ist der Roststab länger wie 28", so bringt man in der Mitte die Verstärkung *t* an, und macht dieselbe so breit wie *n* und so lang wie *n*. Die Seiten von *m* sollen sich verjüngen, wie es die Punktirung bei *c* angiebt, damit Aschen und Schlacken gleich hindurch fallen können, sobald sie die engste Stelle oben am Rost passirt haben.



Fig. 3.

12. Mitunter erhalten die Stäbe auch oben eine Hohlkehle oder rundliche Furche, welche bestimmt ist, Asche aufzunehmen, und die als schlechter Wärmeleiter den Stab vor zu starker Erhitzung schützt.

13. Ein anderer Roststab, welcher sich gut bewährt hat, ist in Fig. 4 dargestellt. Die Kanten *a* und *b* sind bei demselben abgebrochen und gut polirt.



Fig. 4.

14. Wenn die Länge der Roststäbe  $4\frac{1}{2}$  Fuss übersteigt, so wendet man zwei Lagen von Stäben an, indem man in der Mitte einen Träger anbringt, auf welchen die Köpfe der beiden Roststablagen aufliegen. Eben so ist darauf zu halten, dass die Roststäbe nur lose in ihrem Lager liegen und immer etwas Spielraum haben ( $\frac{1}{8}$ "), da sich die Stäbe bei dem Erhitzen nach jeder Richtung bleibend ausdehnen und ein Verbiegen derselben eintreten würde, wenn kein Spielraum vorhanden wäre.

Nach Dr. Brix' Untersuchungen dehnen sich die Stäbe beim Erhitzen 2 bis  $3\frac{3}{4}$  Procent der Länge nach bleibend aus.

15. Schmiedeeiserne Roststäbe erhalten eine solche Form, dass ihr Querschnitt ein Quadrat bildet. Dieselben werden flach und nicht verschoben auf die Rostlager gelegt, da die letztere Lage das Durchfallen der Schlackentheile verhindert. Da sich die schmiedeeisernen Stäbe leichter biegen, so müssen sie alle 2 Fuss einen Träger erhalten, und müssen öfters gewendet werden, so dass die unterste Seite nach oben kommt.

### Grösse der Rostfläche.

16. Ueber die zweckmässigsten Dimensionen der Rostoberflächen und der Dicke der Brennmaterialschicht lässt sich bei der Verschiedenheit der Brennmaterialien und der Dicke der Stücke schwierig etwas Bestimmtes aufstellen. Im Allgemeinen richtet sich dieselbe danach, wie viel Wärme in einem bestimmten Zeitraum erzeugt werden soll und nach der Beschaffenheit des Brenn-

materials. Ist der Brennstoff staubartig, so muss die Rostfläche grösser genommen werden (weil dann die Brennmaterialschicht dünner sein muss, als bei Stückkohlen, um den Luftzug nicht zu vermindern), wenn man dieselbe Menge Brennstoff verbrennen will, wie bei Stückkohlen.

17. Für Holz und Torf müssen die Roste weit kleiner sein, weil beide nicht so viel Luft gebrauchen wie Steinkohlen und die Rostöffnungen sich nicht so leicht verstopfen.

Nach E. Köchlin gebraucht man zur Verbrennung von 350 Kilogramm (700 Z.-Pfd.) altem Eichenholz per Stunde eine Rostoberfläche von 1 Quadratmeter, wovon  $\frac{1}{4}$  der Oberfläche auf die Zwischenräume kommt, was auf 10 Kilogramm fast 3 Quadratdecimeter giebt. Dasselbe kann man auch für Torf und Lohsteine annehmen.

Bei Coks nimmt man auf 3 bis 4 Kilogramm Brennmaterial pr. Stunde 1 Quadratdecimeter Rost. Bei flammenden Brennstoffen giebt man dem Rost zweckmässig eine Neigung nach hinten.

18. Um die Schlacken von den Rosten zu schaffen, bringt man hinter dem Rost eine mit einem Schieber zu verschliessende Rinne an, von wo dieselbe beim Oeffnen des Schiebers in den Aschenraum fallen kann.

19. Der Raum über dem Rost muss eine hinreichende Ausdehnung zur Aufnahme des Brennmaterials und zur Entwicklung der Flamme haben.

20. Hinsichtlich der Dicke der Brennmaterialschicht muss man berücksichtigen, dass wenn dieselbe zu gering ist, ein Theil Luft durch den Rost strömt, welche der Verbrennung entgeht, andererseits in kurzen Zwischenpausen geschürt werden muss; dass aber, wenn dieselbe zu stark ist, die Luft nicht genügend eindringen kann und sehr viel Kohlenoxyd und brennbare Gase gebildet werden, dass also in letzterem Falle nur eine unvollkommene Verbrennung entsteht.

#### Entfernung des Rostes von dem zu erhaltenden Körper.

21. Ist der zu erhaltende Körper dem Roste zu nah, so kühlt er die Flamme zu sehr ab, ist er zu entfernt, so empfängt er zu wenig strahlende Wärme. Erfahrungsmässig soll man nach Peclet, bei Anwendung von Steinkohlen, den Rost 30—35 Centimeter ( $= 11\frac{1}{2}''$  bis  $13\frac{1}{2}''$ ), bei grossen Kesselöfen 40 Ctmtr. ( $= 15,3''$ )

entfernt von der unteren Fläche des Kessels aufstellen. Soll der Körper rothglühend oder überhaupt sehr erhitzt werden, so erspart man Brennmaterial, wenn man denselben dem Feuer näher rückt; soll derselbe aber nur wenig über 100° erhitzt werden, so entfernt man denselben, namentlich bei flammenden Brennmaterialien. Bei Entfernung von dem zu erhitzenden Körper wird die strahlende Wärme, welche demselben zugeführt werden kann, fast im umgekehrten Verhältniss zum Quadrat der Entfernung vermindert. Man kann dies durch vergrösserte feuerberührte Fläche ausgleichen, da ja die strahlende Wärme, wenn sie nicht durch den Ofen verloren geht, sich auf die Verbrennungsproducte übertragen muss. Ist daher der Raum zwischen Rost und dem zu erhitzenden Körper hinlänglich zur Verbrennung der Gase, und die feuerberührte Fläche gross genug, so dass sich Gase hinlänglich abkühlen können, so wird die grössere Entfernung keine Verminderung des absoluten Heizeffectes hervorbringen. Ist aber die Heizfläche nicht gross genug, so entstehen Wärmeverluste, da die Gase nicht Gelegenheit haben, ihre Wärme abzugeben.

Bei Holz, wo schiefe, nach hinten fallende Roste angewendet werden, giebt man dem Roste hinten 80 Centimeter, vorn 40 Centimeter Entfernungen vom Kessel.

22. Nach Scholl soll die Entfernung des Rostes von der unteren Kesselfläche nie weniger als 13" bei Sinterkohlen und nie mehr als 18" bei Backkohlen betragen, am zweckmässigsten 15—16".

Bei staubigen Braunkohlen, welche nur in dünnen Schichten verbrennen, soll die Entfernung des Kesselbodens vom Rost nur etwa 9" betragen. Bei Braunkohlenligniten 12".

23. Da bei Holz und Torf sich die Flamme schneller entwickelt als bei Steinkohlen, und der Rost durch beide Brennstoffe wenig verstopft wird, so müssen, um aller durch den Rost tretenden Luft den Sauerstoff zu entziehen, die Brennstoffe stark angehäuft werden. Bei Anwendung von Holz und Torf giebt man daher dem Rost nur  $\frac{2}{3}$  der Fläche wie bei Steinkohlen, während die Entfernung von dem Dampfkessel beinahe doppelt so gross sein muss, nämlich 20—24 Zoll.

Nach Grouvelle muss bei einer Feuerung, in welcher per Stunde 150 bis 171 Pfund Holz verbrannt werden sollen, ein Schornstein von 10 Quadratdecimeter = 1 Quaratfuss vorhanden sein.

Die Rostfläche muss für Buchen- und Tannenholz doppelt, für

Eichenholz dreifach so gross sein, wie der Querschnitt des Schornsteins.

Die Höhe der Feuerung vom Rost bis zum Kessel soll für Tannen- und Buchenholz, wenn täglich 600 bis 800 Pfund verbrannt werden,  $31\frac{1}{2}$ " für Eichenholz  $20\frac{2}{3}$  bis 23" betragen.

24. Beim Verdampfen von Flüssigkeiten in offenen Pfannen, z. B. bei Salzlösungen, giebt man dem Rost am zweckmässigsten folgende Abstände vom Pfannenboden:

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| für Holz . . . . .              | 28 bis 30" |
| „ Torf und Braunkohle . . . . . | 22 „ 24"   |
| „ Steinkohle . . . . .          | 26 „ 28"   |

25. Die Grösse der Rostfläche bei Pfannenfeuerungen, überhaupt bei offenen Abdampfungsapparaten, richtet sich nach der Leistung, welche beabsichtigt wird.

Auf den preussischen Salinen erhalten die Roste, je nach Bodenfläche der Pfannen, folgende Dimensionen:

Bei 400 bis 700 Quadratfuss Bodenfläche und

|                                              |                                   |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|
| bei Anwendung von Steinkohlen . . . . .      | $\frac{1}{24}$ bis $\frac{1}{26}$ |
| Torf und Braunkohlen . . . . .               | $\frac{1}{14}$ „ $\frac{1}{18}$   |
| Holz . . . . .                               | — $\frac{1}{8}$                   |
| Gemisch von Braun- und Steinkohlen . . . . . | — $\frac{1}{2}$                   |

der Bodenfläche.

Bei 1000 Quadratfuss Bodenfläche aber für

|                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| Steinkohlen . . . . .            | $\frac{1}{28}$ |
| Holz . . . . .                   | $\frac{1}{28}$ |
| Braun- und Steinkohlen . . . . . | $\frac{1}{27}$ |
| Torf- und Braunkohlen . . . . .  | $\frac{1}{20}$ |

der Bodenfläche.

26. Um die heisse Luft zusammen zu pressen, lässt man den Rost manchmal nach hinten etwas ansteigen bei grossen Feuerungen, wodurch gleichzeitig eine bessere Verbrennung erzielt wird.

Noch leichter wird dies erzielt, wenn man hinter dem Rost eine Feuerbrücke anbringt, welche so nahe wie möglich an den zu erhitzenden Körper gebracht wird, um derselben recht viel Wärme zuzuführen. Bei Dampfkesseln muss man jedoch in diesem Falle ein steinernes Gewölbe aufführen zum Schutz gegen die Stichflamme, durch welche der Kessel an der über der Feuerbrücke gelegenen Stelle sehr leiden würde.

## Z ü g e.

27. Die Züge haben den Zweck, die Verbrennungsproducte nach dem Schornstein zu leiten, sie müssen deshalb gross genug sein, damit sie dies rasch und ohne Hindernisse bewirken können. Die Grösse der Züge richtet sich nach der Menge und dem Volum der Verbrennungsproducte, letzteres ist abhängig von dem stattfindenden Druck und der Temperatur der Gase. Bei gleichbleibenden Druck nimmt das Volum der Gase in dem Verhältniss ab, als die Entfernung vom Rost zunimmt, weil die Gase auf dem Wege zum Schornstein sich fortwährend abkühlen, mithin dichter werden.

### Dimensionen der Züge.

#### A. Querschnitt.

28. Erfahrungsmässig ist es am zweckmässigsten, wenn der Querschnitt der Züge von der Feuerbrücke bis zum Schornstein gleich bleibt; nur wenn grosse Flächen zu erhitzen sind, wie die Salzpflanzen auf den Salinen oder grosse Braupflanzen, lässt man die Züge nach hinten etwas enger werden.

Bei Dampfkesseln bis zu 6 Pferdekräften giebt man ihnen bei Anwendung von gewöhnlicher Steinkohle, wenn auf 1 Quadratfuss Rostfläche 12 Pfund Steinkohle verbrannt werden sollen, einen Querschnitt von 32 bis 36 Quadrat Zoll, für grössere Feuerungen bei derselben Kohlenmenge giebt man ihnen nur 26—30 Quadrat Zoll.\*)

#### B. Länge der Züge,

29. Die Länge der Züge soll 90 Fuss nicht übersteigen. Sollte durch locale Verhältnisse z. B. durch die Lage der Esse oder der Verschiedenheit des Bodens eine grössere Länge nothwendig sein, so

\*) Da der Umfang kleinerer Züge im Verhältniss zu ihrem Querschnitt grösser ist als bei grösseren Zügen, und die Verbrennungsproducte deshalb eine verhältnissmässig grössere Reibung auszuhalten haben, so ist es zweckmässiger, den Querschnitt der Züge lieber etwas grösser wie kleiner zu nehmen. Gesetzt man verbrauchte in einem solchen Falle in der Stunde 132 Pfd. Kohlen, so muss man den Querschnitt  $\frac{132 \cdot 30}{60} = 330$  Quadrat Zoll nehmen.



mache man den Querschnitt der Züge lieber etwas grösser. Ausser dem Zweck, die Verbrennungsproducte nach dem Schornstein zu leiten, dienen die Züge auch dazu, erstere mit der Oberfläche des zu erhitzenden Körpers in Berührung zu bringen, so dass sie Zeit und Gelegenheit haben, ihre Wärme abzugeben.

### Heizfläche.

30. Die Einwirkung der Wärme auf den zu erhitzenden Körper ist zweierlei: dieselbe wirkt erstens durch die strahlende Wärme des Feuers, zweitens durch Leitung, indem die Verbrennungsproducte, welche die Träger der erzeugten Wärme sind, bei ihrem Entweichen durch die Züge mit der Oberfläche des zu erhitzenden Körpers in Berührung kommen und dabei ihre Wärme abgeben. Man unterscheidet deshalb in Berücksichtigung dieser Einwirkung der Wärme directe und indirecte Heizfläche, und versteht unter directer Heizfläche die, welche hauptsächlich durch die strahlende Wärme, durch die Flamme, erwärmt wird, während man unter indirecter Heizfläche die versteht, bei welcher dies durch die freie Wärme der durch die Züge entweichenden Verbrennungsproducte geschieht, welche hierbei durch Leitung auf den zu erhitzenden Körper übergeht.

Man hat es bisher immer für zweckmässiger gehalten, die directe Heizfläche so gross wie möglich zu wählen, da ja hier zur strahlenden noch die Wirkung der leitenden Wärme der Flamme und heissen Gase kommt, während die Züge nur durch die leitende Wärme der Verbrennungsproducte erwärmt werden. Neuerer Zeit hat man jedoch gefunden, dass es vortheilhafter ist, einen Theil der strahlenden Wärme zu opfern, um eine vollkommene Verbrennung zu erzielen, und dass dann die Wärmetransmission mittelst Leitung im Allgemeinen verhältnissmässig eben so günstige Resultate giebt, als die bei directer Benutzung sämmtlicher strahlenden Wärme. Vorausgesetzt, dass die erzeugte Wärme nicht durch die Wände der Feuerung verloren gehen kann, muss sich ja auch die ganze erzeugte Wärme auf die Verbrennungsproducte übertragen, also auch die strahlende, denn wo sollte sie denn sonst hin kommen; deshalb muss aber auch die Uebertragung derselben von den nun entsprechend höher erhitzten Verbrennungsproducten auf die zu erhitzenden Körper durch Leitung eben so günstige Resultate geben, wenn nur die Gase Zeit und Gelegenheit haben, mit dem zu erhitzenden Körper in Berührung zu

bleiben, wenn also genug feuerberührte Fläche vorhanden ist. Wir werden später bei der Besprechung der Gasgeneratoren hierauf wieder zurückkommen.

Man nimmt gewöhnlich bei cylindrischen und Kofferdampfkesseln die Heizfläche gleich der Hälfte der gesammten Kesselfläche, bei den Dampfkesseln mit Siederöhren aber  $\frac{3}{5}$  der Gesamtfläche des Kessels.

Nach Redtenbacher gebraucht man bei Dampfkesseln pr. Pferdekraft

|                     |            |        |             |             |
|---------------------|------------|--------|-------------|-------------|
| bei Landmaschinen . | =          | 15,225 | Quadratfuss | Heizfläche, |
| „ Schiffsmaschinen  | =          | 10,151 | „           | „           |
| 10,151 Quadratfuss  | Heizfläche | geben  |             |             |
| pr. Sekunde . . . . |            | 0,0143 | Pfd.        | Dampf,      |
| „ Minute . . . . .  |            | 0,856  | „           | „           |
| „ Stunde . . . . .  |            | 51,16  | „           | „           |

31. Werden die abziehenden Verbrennungsproducte von Puddings- und Schweissöfen zum Erhitzen von Dampfkesseln benutzt, so gebraucht man 16 Quadratfuss Heizfläche. Sind lange Züge oder Kanäle vorhanden, so wendet man nur 14 Quadratfuss an.

Bei Siedern und Rauchröhren kann man nur  $\frac{2}{3}$  der Fläche als Heizfläche berechnen, da sich Russ und Asche auf denselben ablagern, welche die Wärme schlecht leiten. Bei obigen Heizflächen werden pr. Stunde 50 bis 75 Pfd. Wasser verdampft.

Bei Locomotivfeuerungen werden bei sehr starkem Feuer stündlich 214 bis 257 Pfund Wasser, oder pr. Quadratfuss Heizfläche 22 bis 27 Pfd. Wasser verdampft.

### Schornstein.

32. Die Essen haben den Zweck, die Verbrennungsproducte ins Freie, ausserdem aber die zur Verbrennung nothwendige Luftmenge in den Feuerraum zu führen. Es ist daher bei ihrer Construirung nothwendig, das Volumen der Verbrennungsproducte, welche sie fortführen, und die Luftmengen, welche sie zuführen sollen, annähernd zu kennen. Wie schon früher besprochen, erfahren wir die nöthige Luftmenge aus der Elementaranalyse.

100 Theile Luft enthalten dem Gewichte nach 23,1 Gewichtstheile Sauerstoff und 76,9 Gewichtstheile Stickstoff.

Dem Volum nach 20,9 Sauerstoff und 79,1 Stickstoff. Das specifische Gewicht des Sauerstoffs ist gleich 1,1056.

1 Kubikfuss Luft bei 0° und 760 m. m. Barometerstand wiegt 40 Gramm.

1 Kubikfuss Sauerstoff wiegt her  $40 \cdot 1,1056 = 44,224$  Grm. = 2,65 Loth.

1 Pfund Kohlenstoff gebraucht zum Verbrennen 2,66 Pfd. Sauerstoff = 79,8 Loth, und da 2,65 Loth Sauerstoff gleich 1 Kubikfuss sind, so sind  $79,8 \text{ Loth} = \frac{79,8}{2,65} = 30\frac{1}{3}$  Kubikfuss Sauerstoff.

Da nun die Luft in 100 Theilen 21 Volumen Sauerstoff enthält, so sind obige  $30\frac{1}{3}$  Kubikfuss Sauerstoff in  $30\frac{1}{3} \cdot \frac{100}{21} = 143,5$  Kubikfuss Luft enthalten.

1 Pfund Wasserstoff gebraucht 8 Pfund Sauerstoff zum Verbrennen, dies giebt daher in Kubikfuss Luft:

$$\begin{aligned} 8 \text{ Pfund} &= \frac{240 \text{ Loth}}{2,65} = 906 \text{ Kubikfuss Sauerstoff} \\ &= 90,6 \cdot \frac{100}{21} = 431\frac{1}{3} \text{ Kubikfuss Luft.} \end{aligned}$$

33. Hiernach gebraucht man für Holz, welches bei 140 bis 150° gut getrocknet ist und 50 Procent Kohlenstoff und 1 Procent Wasserstoff enthält

$$\begin{aligned} (50 \cdot 143,5) + 1 \cdot 431\frac{1}{3} \text{ Kubikfuss} &= 76,06 \text{ Kubikfuss Luft,} \\ \text{oder auf 1 Pfund Holz} \dots\dots\dots &= 76,06 \quad \text{,,} \quad \text{,,} \end{aligned}$$

34. Gewöhnlich trocknes Holz mit 30 Procent Wasserstoff verlangt hiernach

$$\begin{aligned} 76,06 \cdot 0,70 &= 53,24 \text{ Kubikfuss Luft, oder} \\ 1 \text{ Pfd. Holz} &= 53\frac{1}{4} \quad \text{,,} \quad \text{,,} \end{aligned}$$

35. Holzkohlen mit 7 Procent Asche und 7 Procent Wasser  
( $86 \cdot 143,5$ ) = 123,41 Kubikfuss Luft,  
oder 1 Pfd. = 123,41 „ „

36. Lohkuchen, vollkommen trocken, mit 48 Procent Kohlenstoff und 1 Procent Wasserstoff

$$\begin{aligned} (0,48 \cdot 143,5) + (1 \cdot 431\frac{1}{3}) &= 73,19 \text{ Kubikfuss Luft,} \\ 1 \text{ Pfund daher} \dots\dots\dots &= 73,19 \quad \text{,,} \quad \text{,,} \end{aligned}$$

37. Gewöhnlicher Lohkuchen mit 30 Procent Wasser  
( $0,70 \cdot 73,19$ ) = 54,03 Kubikfuss Luft,  
1 Pfund . . . = 54 „ „

38. Getrockneter Torf von guter Beschaffenheit mit 58 Proc. Kohlenstoff, 2 Proc. Wasserstoff und 5 Proc. Asche gebraucht:

$$\begin{aligned} (58 \cdot 143,5) + (2 \cdot 431\frac{1}{3}) &= 9185 \text{ Kubikfuss Luft,} \\ 1 \text{ Pfund Torf} \dots\dots\dots &= 91,85 \quad \text{,,} \quad \text{,,} \end{aligned}$$

39. Guter lufttrockner Torf mit 30 Procent Wasser gebraucht zu 100 Pfund

$$0,70 \cdot 9185 = 6429,5 \text{ Kubikfuss Luft,}$$

$$1 \text{ Pfund} \dots = 64,3 \quad \text{,,} \quad \text{,,}$$

40. Torfkohle mit 20 Procent Asche erfordert

$$80 \cdot 143,5 = 11480 \text{ Kubikfuss Luft,}$$

$$1 \text{ Pfund} = 114,8 \quad \text{,,} \quad \text{,,}$$

41. Bei der Steinkohle kann wegen der wechselnden Zusammensetzung die Luftmenge nicht genau bestimmt werden, man nimmt deshalb die Berechnung für den grössten Gehalt an Wasserstoff an, weil der Wasserstoff mehr Sauerstoff gebraucht als der Kohlenstoff. Hier ist eine Steinkohle gewählt, welche 82 Procent Kohlenstoff und 4 Procent Wasserstoff enthält, die Luftmenge beträgt daher:

$$(82 \cdot 143,5) + (4 \cdot 431\frac{1}{3}) = 13492 \text{ Kubikfuss Luft,}$$

$$1 \text{ Pfd. Steinkohle daher} = 134,92 \quad \text{,,} \quad \text{,,}$$

42. Wie schon früher bemerkt wurde, tritt bei allen Feuerungen, namentlich bei Dampfkesselfeuerungen, mehr Luft ein als zur Verbrennung nothwendig ist, nach Peclet durchschnittlich die doppelte Menge (wenn man die aus der Esse entweichenden Gase untersucht, so findet man noch circa 10 Procent Sauerstoff vor), und man hielt es auch bisher für nothwendig, eine grössere Luftmenge zutreten zu lassen, weil man befürchtete, dass zu viel Kohlenoxyd gebildet werde und zu viel brennbare Gase entweichen würden. Bei richtiger Construction der Feuerung, zweckmässiger Rostoberfläche, einer der Form und Struktur entsprechenden, auf dem Rost liegenden dicken Schicht des Brennmaterials, im Verein mit einer entsprechenden hohen Temperatur des Feuerraums, kann aber aller Sauerstoff der Luft verbraucht werden, ohne dass brennbare Gase entweichen. Die Versuche von Ebelmen, welche mit verschiedenen Oefen auf Eisenhütten angestellt wurden, haben dies bestätigt.

### Gasmengen, welche aus der Esse entweichen.

43. Die aus dem Kohlenstoff beim Verbrennen entstehende Kohlensäure zeigt kein grösseres Volumen als der dazu verwendete Sauerstoff. Hätte man es daher in den Brennmaterialien mit reinem Kohlenstoff zu thun, so würde die Menge der ausströmenden Gase gleich der Menge der eingeströmten Luft sein, wie es bei Holzkohle, Torfkohle, Coks und Anthracit der Fall ist. Da

aber die meisten zur Anwendung kommenden Brennmaterialien aussér Kohlenstoff noch Wasser, so wie Sauerstoff und Wasserstoff (in dem Verhältniss um Wasser zu bilden) enthalten, so kann man die aus der Esse strömenden Verbrennungsproducte nicht als Maassstab für die eingeströmte Luft betrachten, da sie um die Menge des mit entstandenen Wasserdampfes abweicht. Derselbe Fall tritt ein, wenn die Brennmaterialien einen Ueberschuss von Wasserstoff enthalten, das Dampfvolum, welches dann entsteht, ist dann auch viel grösser als die Sauerstoffmenge, welche zu seiner Entstehung verbraucht wurde.

Bei Holz und Lohkuchen, welche nur wenig Wasserstoff im Ueberschuss enthalten, braucht man die verbrauchte grössere Sauerstoffmenge nicht in Rechnung zu ziehen; bei Torf und Steinkohlen ist dies aber nothwendig.

44. Bei einer Temperatur von  $100^{\circ}$  und 760 m. m. Barometerstand bildet 1 Pfund Wasser 25,7 Kubikfuss Wasserdampf, auf die Temperatur von  $0^{\circ}$  reducirt, circa von  $\frac{25,7}{1 + 0,365} = 19$  Kubikfuss (eigentlich nur 18,82).

Bei einer Temperatur der Esse von  $t^{\circ}$  und mit Berücksichtigung des Ausdehnungscoefficienten  $a$  der Gase = 0,00365, ist daher das Dampfvolum der Esse = 19 Kubikfuss  $(1 + a t)$ .

1 Pfund Wasserstoff bildet 9 Pfund Wasser, man erhält daher ein Dampfvolum von

$$(9 \cdot 19) (1 + a t) = 171 (1 + a t).$$

Bei trocknen Hölzern mit 46 Procent Sauerstoff und Wasserstoff im Verhältniss der Wasserbildung und 1 Procent überschüssigem Wasserstoff wird daher das Volum des Wasserdampfes auf 1 Pfund Holz betragen:

$$(46 \cdot 19) + (1 \cdot 9 \cdot 19) (1 + a t) = 1045 \text{ Kubikfuss } (1 + a t)$$

oder auf 1 Pfund . . . . . = 10,45 „  $(1 + a t)$ .

45. Bei Holz mit 30 Procent Wasser wird sich das Volum des Wasserdampfes stellen auf:

$$(1055 \cdot 070) + (30 \cdot 19) (1 + a t) = 1301,5 \text{ Kubikfuss } (1 + a t)$$

für 1 Pfund daher . . . . . = 13,01 „  $(1 + a t)$

Lohkuchen geben bei gleicher Trockenheit ein gleiches Dampfvolum.

46. Getrockneter Torf mit 2 Procent überschüssigem Wasserstoff und 35 Procent Wasserstoff und Sauerstoff im Verhältniss der Wasserbildung:

$$(35 \cdot 19) + (2 \cdot 9 \cdot 19) (1 + a t) = 1007 \text{ Kubikfuss } (1 + a t)$$

$$1 \text{ Pfund Torf daher} \dots\dots\dots = 10,07 \quad ,, \quad (1 + a t).$$

47. Torf mit 30 Procent Wasser giebt

$$[(1007 \cdot 0,70) + (30 \cdot 19) (1 + a t)] = 1319 \text{ Kubikfuss } (1 + a t)$$

$$1 \text{ Pfund daher} \dots\dots\dots = 13,19 \quad ,, \quad (1 + a t)$$

48. Steinkohle, welche 4 Procent überschüssigen Wasserstoff und 12 Procent Wasserstoff und Sauerstoff im Verhältniss der Wasserbildung enthält, gebraucht:

$$(12 \cdot 19) + (4 \cdot 9 \cdot 19) (1 + a t) = 912 \text{ Kubikfuss } (1 + a t)$$

$$1 \text{ Pfund daher} \dots\dots\dots = 9,12 \quad ,, \quad (1 + a t).$$

Ueber die eben besprochenen Verhältnisse hinsichtlich der Luftmengen, welche beim Verbrennen der Brennstoffe verbraucht, und der Gasmengen, welche gewonnen werden, giebt folgende Tabelle A. Aufschluss.

Für die Brennstoffe in Preussen sind sehr genaue und umfassende Untersuchungen vom Dr. Brix angestellt, welche in der Tabelle B. folgen. In derselben ist die Sauerstoffmenge und das Gewicht und Volumen der derselben entsprechende Luftmenge für 0° und 28 Zoll Barometerstand festgestellt.

|                                                   | 0°   | 28 Zoll | 0°   | 28 Zoll | 0°   | 28 Zoll |
|---------------------------------------------------|------|---------|------|---------|------|---------|
| Gewicht der Luft bei A.                           | 1080 | 1080    | 1080 | 1080    | 1080 | 1080    |
| Gewicht der gebildeten Kohlensäure in Pfunden.    | 301  | 301     | 301  | 301     | 301  | 301     |
| Gewicht der gebildeten Wasserdampf in Zoll-Pfund. | 48   | 48      | 48   | 48      | 48   | 48      |
| Hilfe des Sauerstoffes im Verbrennen.             | 2408 | 2408    | 2408 | 2408    | 2408 | 2408    |
| Volumen äquivalenter Verbrennung.                 | 1440 | 1440    | 1440 | 1440    | 1440 | 1440    |

Auf 100 Pfund folgender Brennstoffe werden an Luft verbrannt und Verbrennungsproducte gewonnen.

|                                                               | A.                                                                               | B.                                                                                    |                                                                    |                                                                                                                               |                                                                             |                                                      |                                                |                         |                         |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                                               | Volum der Luft, welches zum Verbrennen nach der Elementaranalyse nothwendig ist. | Wirklich eintretende Luftmenge, wovon nur die Hälfte des Sauerstoffs verbraucht wird. | Wasserdampf von 100 Pfund Brennstoff erzeugt auf 0° zurückgeführt. | Volumen sämmtlicher Verbrennungsproducte, beim Ausströmen aus dem Ofen auf 0° zurückgeführt, aller Sauerstoff ist verbraucht. | Gasvolumen auf 0° zurückgeführt, die Hälfte des Sauerstoffs ist verbraucht. | Gewicht des gebildeten Wasserdampfs in Zoll-Pfunden. | Gewicht der gebildeten Kohlensäure in Pfunden. | Gewicht der Luft bei A. | Gewicht der Luft bei B. |
|                                                               | Kubikfuss                                                                        | Kubikfuss                                                                             | Kubikfuss                                                          | Kubikfuss                                                                                                                     | Kubikfuss                                                                   | Zoll-Pfd.                                            |                                                |                         |                         |
| 1. Ganz trocknes Holz . . . . .                               | 7606                                                                             | 15212                                                                                 | 1045                                                               | 8651                                                                                                                          | 16257                                                                       | 55                                                   | 183                                            | 608,5                   | 1217                    |
| 2. Holz mit 30 pCt. Wasser . . . . .                          | 5324                                                                             | 10648                                                                                 | 1301,5                                                             | 6625,5                                                                                                                        | 11949,5                                                                     | 70                                                   | 105                                            | 426                     | 852                     |
| 3. Holzkohlen . . . . .                                       | 12341                                                                            | 24682                                                                                 | —                                                                  | 12341                                                                                                                         | 24682                                                                       | —                                                    | 315                                            | 987                     | 1974                    |
| 4. Getrocknete Lohkuchen . . . . .                            | 7319                                                                             | 14638                                                                                 | 1045                                                               | 8364                                                                                                                          | 15683                                                                       | 55                                                   | 176                                            | 586                     | 1172                    |
| 5. Lohkuchen m. 30 pCt. Wasser . . . . .                      | 5403                                                                             | 10806                                                                                 | 1301,5                                                             | 6704,5                                                                                                                        | 11107,5                                                                     | 70                                                   | 123                                            | 432                     | 864                     |
| 6. Ganz trockner Torf m. 50 pCt. Asche . . . . .              | 9185                                                                             | 18370                                                                                 | 1007                                                               | 10192                                                                                                                         | 19377                                                                       | 53                                                   | 213                                            | 735                     | 1470                    |
| 7. Luftprockner Torf mit 30 pCt. Wasser . . . . .             | 6429,5                                                                           | 12859                                                                                 | 1319                                                               | 7748,5                                                                                                                        | 14178                                                                       | 67                                                   | 149                                            | 514                     | 1028                    |
| 8. Torfkohle mit 20 pCt. Asche . . . . .                      | 11480                                                                            | 22960                                                                                 | —                                                                  | 11480                                                                                                                         | 22960                                                                       | —                                                    | 293                                            | 918                     | 1836                    |
| 9. Steinkohle mit 4 pCt. überschüssigem Wasserstoff . . . . . | 13492                                                                            | 26984                                                                                 | 912                                                                | 14404                                                                                                                         | 27896                                                                       | 48                                                   | 301                                            | 1080                    | 2160                    |

Tabelle von Dr. Brix über die Luftmengen, welche nach der Elementaranalyse der Brennstoffe (von Heintz) eintreten, und der Verbrennungsproducte, welche austreten.

|                                                    | Zur Verbrennung von 100 Pfd. Brennstoff nöthige Luftmenge. |                       | Gewicht des erzeugten Wassers und der Kohlensäure. |              |                   |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------|--------------|-------------------|
|                                                    | Sauerstoff in<br>%                                         | Gewicht der Luft<br>% | Volumen in<br>Kbkfuss.                             | Wasser.<br>% | Kohlensäure.<br>% |
| <b>A. Holz.</b>                                    |                                                            |                       |                                                    |              |                   |
| 1) Kiefernholz . . . . .                           | 136                                                        | 587                   | 6882                                               | 55           | 183               |
| 2) Birkenholz . . . . .                            | 136                                                        | 586                   | 6867                                               | 56           | 179               |
| 3) Eichenholz . . . . .                            | 135                                                        | 581                   | 6813                                               | 53           | 179               |
| 4) Rothbuchenholz . . . . .                        | 132                                                        | 567                   | 6649                                               | 54           | 177               |
| 5) Weissbuchenholz . . . . .                       | 132                                                        | 569                   | 6677                                               | 55           | 176               |
| <b>B. Torf.</b>                                    |                                                            |                       |                                                    |              |                   |
| 6) Linum-Flatow I. Sorte . . . . .                 | 134                                                        | 575                   | 6749                                               | 38           | 185               |
| 7) „ „ II. Sorte . . . . .                         | 150                                                        | 647                   | 7582                                               | 44           | 197               |
| 8) „ „ III. Sorte . . . . .                        | 152                                                        | 656                   | 7691                                               | 41           | 212               |
| 9) Büchfeld-Neulaugen I. Sorte . . . . .           | 141                                                        | 607                   | 7123                                               | 42           | 189               |
| 10) „ „ II. Sorte . . . . .                        | 141                                                        | 609                   | 7137                                               | 48           | 184               |
| <b>C. Braunkohlen.</b>                             |                                                            |                       |                                                    |              |                   |
| 11) Schönfeld bei Aussig . . . . .                 | 182                                                        | 785                   | 9211                                               | 47           | 244               |
| 12) Perleberg und Wittenberg a. E. . . . .         | 194                                                        | 833                   | 9776                                               | 45           | 244               |
| 13) Grube Goldfuchs bei Frankfurt a. O. . . . .    | 172                                                        | 739                   | 8664                                               | 44           | 219               |
| 14) Rauen I. Stückkohle . . . . .                  | 171                                                        | 737                   | 8639                                               | 41           | 220               |
| 15) „ II. Förderkohle . . . . .                    | 168                                                        | 724                   | 8489                                               | 41           | 216               |
| 16) „ III. Geformte Kohle . . . . .                | 162                                                        | 700                   | 8206                                               | 37           | 204               |
| 17) Zscherben . . . . .                            | 200                                                        | 861                   | 10101                                              | 32           | 236               |
| 18) Stechau . . . . .                              | 188                                                        | 810                   | 9499                                               | 47           | 237               |
| 19) Biere . . . . .                                | 165                                                        | 711                   | 8335                                               | 45           | 194               |
| <b>D. Verkohlte Materialien.</b>                   |                                                            |                       |                                                    |              |                   |
| 20) Torfkohlen . . . . .                           | 226                                                        | 974                   | 11418                                              | 36           | 288               |
| 21) Coks v. Gerhardtsflötz d. Königgrube . . . . . | 245                                                        | 1057                  | 12394                                              | 13           | 330               |
| 22) Coks v. Faustflötz der Faustgrube . . . . .    | 241                                                        | 1039                  | 12183                                              | 13           | 322               |
| 23) Coks von Hunwich-Coal . . . . .                | 249                                                        | 1071                  | 12555                                              | 2            | 341               |
| <b>E. Steinkohlen, englische.</b>                  |                                                            |                       |                                                    |              |                   |
| 24) Hunwich-Grube . . . . .                        | 266                                                        | 1145                  | 13423                                              | 45           | 318               |
| 25) Hawthorn's Hartley-Coal . . . . .              | 235                                                        | 1011                  | 11856                                              | 42           | 282               |



|                                                     | Zur Verbrennung von 100 Pfd. Brennstoff nöthige Luftmenge. |                            | Gewicht des erzeugten Wassers und der Kohlensäure. |                   |                        |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------|-------------------|------------------------|
|                                                     | Sauerstoff in $\bar{x}$                                    | Gewicht der Luft $\bar{x}$ | Volumen in Kbkfuss.                                | Wasser. $\bar{x}$ | Kohlensäure. $\bar{x}$ |
| <b>F. Wettiner Revier.</b>                          |                                                            |                            |                                                    |                   |                        |
| 26) Löbgrüner Grube Oberflötz . . . . .             | 244                                                        | 1051                       | 12329                                              | 46                | 300                    |
| 27) Wettiner Grube, Neutzberger Zug .               | 242                                                        | 1044                       | 12243                                              | 47                | 284                    |
| <b>G. Waldenburger Revier.</b>                      |                                                            |                            |                                                    |                   |                        |
| 28) Segen Gottes, 8. Flötz . . . . .                | 250                                                        | 1078                       | 12639                                              | 47                | 301                    |
| 29) David-Grube, Hauptflötz . . . . .               | 236                                                        | 1018                       | 11944                                              | 41                | 290                    |
| 30) Graf Hochberg Grube II. Flötz . .               | 220                                                        | 946                        | 11095                                              | 51                | 260                    |
| 31) Fuchs-Grube 8. Flötz . . . . .                  | 241                                                        | 1040                       | 12192                                              | 46                | 291                    |
| 32) Glückshilf-Grube, 2. Flötz . . . . .            | 247                                                        | 1063                       | 12465                                              | 46                | 296                    |
| 33) Neue Heinrichs-Grube, 2. Flötz . .              | 247                                                        | 1064                       | 12477                                              | 45                | 296                    |
| <b>H. Oberschlesisches Revier.</b>                  |                                                            |                            |                                                    |                   |                        |
| 34) Eugeniens-Glück-Grube, Carolinenfl.             | 216                                                        | 928                        | 10885                                              | 44                | 268                    |
| 35) Morgenroth-Grube, Morgenroth-Fl.                | 221                                                        | 953                        | 11174                                              | 43                | 273                    |
| 36) Königs-Grube, Heintzmanns-Flötz .               | 217                                                        | 934                        | 10955                                              | 45                | 269                    |
| 37) „ „ Gerhardt-Flötz . . . . .                    | 238                                                        | 1025                       | 12022                                              | 44                | 292                    |
| 38) Louisen-Grube, Fausta-Flötz . . . .             | 213                                                        | 916                        | 10946                                              | 45                | 257                    |
| 39) „ „ Unter-Flötz . . . . .                       | 212                                                        | 913                        | 12706                                              | 48                | 260                    |
| 40) Fausta-Grube, Fausta-Flötz . . . . .            | 229                                                        | 987                        | 10580                                              | 41                | 283                    |
| 41) „ „ Clara-Flötz . . . . .                       | 230                                                        | 992                        | 11630                                              | 45                | 281                    |
| 42) Hoym-Grube, Hoym-Flötz . . . . .                | 217                                                        | 937                        | 10984                                              | 39                | 268                    |
| 43) Leo-Grube, Leo-Flötz . . . . .                  | 235                                                        | 1012                       | 11866                                              | 44                | 287                    |
| 44) Reine Louisen-Grube, Pochhammer-Flötz . . . . . | 232                                                        | 999                        | 11717                                              | 45                | 283                    |
| 45) Reine Louisen-Grube, Heinitz-Flötz              | 221                                                        | 951                        | 11150                                              | 44                | 271                    |
| 46) „ „ „ Reden-Flötz .                             | 250                                                        | 1078                       | 12644                                              | 45                | 303                    |
| 47) Leopold-Grube, Leopold-Flötz . . .              | 231                                                        | 995                        | 11667                                              | 45                | 279                    |
| <b>I. Saarbrücker Revier.</b>                       |                                                            |                            |                                                    |                   |                        |
| 48) Gerhardt-Grube, Beust-Flötz . . . .             | 214                                                        | 920                        | 10791                                              | 40                | 265                    |
| 49) „ „ Heinrichs-Flötz . . . . .                   | 211                                                        | 911                        | 10683                                              | 42                | 257                    |
| 50) Heinitz-Grube, Blücher-Flötz . . . . .          | 243                                                        | 1048                       | 12289                                              | 46                | 295                    |
| 51) „ „ Aster-Flötz . . . . .                       | 238                                                        | 1026                       | 12030                                              | 46                | 291                    |
| 52) Duttweiler-Grube, Natzmer-Flötz . .             | 255                                                        | 1100                       | 12903                                              | 47                | 307                    |
| 53) „ „ Beier-Flötz . . . . .                       | 251                                                        | 1079                       | 12657                                              | 48                | 298                    |
| <b>K. Inde-Revier bei Eschweiler.</b>               |                                                            |                            |                                                    |                   |                        |
| 54) James-Grube, Grosskohl-Flötz . . .              | 269                                                        | 1158                       | 13584                                              | 39                | 328                    |

|                                                           | Zur Verbrennung von 100 Pfd. Brennstoff nöthige Luftmenge. |                            | Gewicht des erzeugten Wassers und der Kohlensäure. |                   |                        |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------|-------------------|------------------------|
|                                                           | Sauerstoff in $\bar{z}$                                    | Gewicht der Luft $\bar{z}$ | Volumen in Kbkfuss.                                | Wasser. $\bar{z}$ | Kohlensäure. $\bar{z}$ |
| 55) Centrum-Grube, Centrum-Flötz . .                      | 249                                                        | 1172                       | 12574                                              | 37                | 207                    |
| 56) „ „ Gyr-Flötz . . . . .                               | 276                                                        | 1190                       | 13957                                              | 40                | 332                    |
| 57) „ „ Fornegel-Flötz . .                                | 256                                                        | 1103                       | 12935                                              | 38                | 308                    |
| K. Wormsrevier bei Aachen.                                |                                                            |                            |                                                    |                   |                        |
| 58) Neulauer-Weggr., Fl. Grossathwerk                     | 266                                                        | 1145                       | 13428                                              | 34                | 328                    |
| 59) Neulangenberg, Flötz Furth . . . .                    | 265                                                        | 1140                       | 13366                                              | 37                | 325                    |
| 60) Ath-Grube, Flötz Grosslangenberg.                     | 269                                                        | 1160                       | 13597                                              | 36                | 332                    |
| L. Bergamtsrevier Essen.                                  |                                                            |                            |                                                    |                   |                        |
| 61) Zeche Sälzer und Neuack . . . . .                     | 260                                                        | 1118                       | 13111                                              | 42                | 314                    |
| 62) „ Victoria Matthias, Flötz Anna                       | 267                                                        | 1151                       | 13503                                              | 48                | 317                    |
| 63) „ Kunstwerk, Flötz Sonnenschein                       | 269                                                        | 1160                       | 13598                                              | 39                | 328                    |
| 64) „ Hundsnocken . . . . .                               | 262                                                        | 1130                       | 13256                                              | 45                | 324                    |
| M. Bergamtsrevier Bochum.                                 |                                                            |                            |                                                    |                   |                        |
| 65) Zeche Engelsburg, Flötz Stemmannsbank . . . . .       | 261                                                        | 1123                       | 13171                                              | 41                | 315                    |
| 66) Zeche Friedr. Wilhelm, Flötz Siebenhandbank . . . . . | 252                                                        | 1083                       | 12704                                              | 45                | 301                    |
| 67) Zeche Präsident, Flötz Präsident .                    | 238                                                        | 1025                       | 12020                                              | 42                | 292                    |
| 68) Franziska Tiefbau, hängendes Flötz                    | 230                                                        | 991                        | 11627                                              | 41                | 383                    |
| 69) Louisen Tiefbau, Flötz No. 8. . . .                   | 236                                                        | 1015                       | 11900                                              | 45                | 386                    |
| N. Ibbenbüren.                                            |                                                            |                            |                                                    |                   |                        |
| 70) Zeche Schafberg, Alexander-Flötz .                    | 247                                                        | 1066                       | 12499                                              | 37                | 301                    |
| 71) „ Glücksburg, Flottwell-Flötz.                        | 230                                                        | 991                        | 11616                                              | 36                | 283                    |
| 72) „ „ Franz-Flötz . .                                   | 217                                                        | 934                        | 10956                                              | 36                | 266                    |
| 73) „ Laura bei Minden . . . . .                          | 226                                                        | 971                        | 11391                                              | 39                | 274                    |

Die Volumina der entweichenden Producte der in dieser Tabelle angeführten Brennstoffsorten lassen sich leicht berechnen; da nach Seite 114 1 Pfd. Wasser 19 Kubikfuss Dampf von 0° giebt und 1 Pfund Kohlenstoff (in 2,66 Pfund Kohlensäure enthalten) nach Seite 113 mit dem bei der Verbrennung mit eintretenden Stickstoff 143,5 Kubikfuss Raum einnimmt.

48. Weiss man, wie viel Luft in eine Feuerung einströmt und wie viel Verbrennungsproducte ausströmen, so ist es leicht, die Dimensionen der Esse danach zu bestimmen, wenn man auch die

Geschwindigkeit kennt, mit welcher die Luftmengen ein- und ausströmen. Diese Geschwindigkeit ist abhängig von der Temperatur der ausströmenden Gase, dem Querschnitt und der Höhe des Schornsteins, wobei erfahrungsmässig festgestellt ist, dass, je höher die Temperatur und je höher die Esse, desto grösser die Geschwindigkeit; sie ist ferner abhängig von der Form und dem Material der Esse, so wie endlich von der Weite der Rostspalten. Bei letzteren gilt der Satz: je grösser der Umfang, je unebener und rauher die inneren Wandungen der Esse, je enger die Rostspalten, desto grösser ist die Reibung der Gase und desto geringer ist ihre Geschwindigkeit.

Aus der Geschwindigkeit, mit welcher die Gase aus der Esse gehen, multipliziert mit dem Querschnitt derselben, erfährt man dann die Menge der Gase, welche in der Secunde durch den Schornstein entweichen.

49. Um die Wirkung der Esse anschaulich zu machen, soll beistehende Figur dienen.

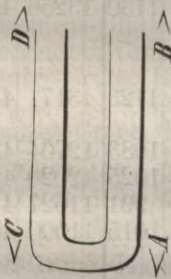


Fig. 5.

Gesetzt der Theil *CD* der Röhre sei mit warmer Luft, der Theil *AB* mit kalter Luft angefüllt, so wird, da letztere specifisch schwerer ist, die warme Luft in *CD* gehoben werden. Dasselbe tritt bei jedem Schornstein ein, indem die äussere kalte Luft die im Innern des Schornsteins befindliche warme Luftsäule emporhebt. Die Geschwindigkeit, mit welcher die warme Luftsäule gehoben wird, kann nur ermittelt werden, wenn

man die Höhe und die Temperaturen der äusseren und inneren Luftsäule kennt. Um dies aber zu erfahren, müsste man erst die Höhe ermitteln, welche die kältere, die gewöhnliche Temperatur  $t^\circ$  habende Luftsäule annehmen würde, wenn ihre Temperatur von  $t^\circ$  auf  $T^\circ$  erhöht würde, z. B. von 10 auf  $200^\circ$ , erst dann kann die Geschwindigkeit ermittelt werden.

Da sich die Luft beim Erwärmen ausdehnt, so wird die Höhe der Luftsäule *CD* um so viel zunehmen, wie es ihre Ausdehnung bei höherer Temperatur mit sich bringt, welche letztere nach neueren Untersuchungen bei constantem Druck 0,00367 ihres Volumens für jeden Grad, um welchen sie erwärmt wird, beträgt.

Ist daher die Temperatur des Schornsteins  $200^{\circ}$  C., die der äusseren Luft  $10^{\circ}$ , die Höhe des Schornsteins 80 Fuss, so wird die Temperatur der äusseren Luft bei ihrem Eintritt um  $200^{\circ} - 10^{\circ} = 190^{\circ}$  erwärmt werden und ihre Höhe um  $190 \cdot 0,00367 \cdot 80 = 55,8$  zunehmen.

Die Geschwindigkeit, welche ein frei fallender Körper am Ende der ersten Secunde annimmt, wird durch den Raum ausgedrückt, welchen er in dieser Zeit durchlaufen hat; dieser ist in Folge genauer Untersuchungen gleich 15,6 Rheinländische Fuss gefunden worden.

Betrachtet man die durch die Ausdehnung entstandene Höhe der Luftsäule von 55,8' als den Fallraum eines frei fallenden Körpers und berechnet dessen Endgeschwindigkeit nach der Formel  $c = 2 \sqrt{g h}$ , worin  $c$  die Geschwindigkeit,  $h$  obigen Fallraum von 55,8 Fuss und  $g$  die Endgeschwindigkeit in der ersten Secunde  $= 15,6$  bezeichnet, so ergibt sich die theoretische Geschwindigkeit  $c = 2 \sqrt{55,8 \times 15,6} = 58,8$ .\*)

In der Praxis erhält man aber nur  $\frac{1}{4}$  dieser berechneten Geschwindigkeit, in dem angenommenen Falle daher nur 14,7' in der Secunde. Der Grund liegt darin, dass erstens ein Theil der Geschwindigkeit sowohl durch Reibung an den Röhrenwänden verloren geht, zweitens darin, dass die aus der Mündung der Esse ausströmende heisse Luftmenge kalte und deshalb schwere Luft zu verdrängen hat, drittens darin, dass sich die Luft durch den Rost und dem darauf ruhenden Brennmaterial durchdrängen muss.

Man muss ferner berücksichtigen, dass die Temperatur der fortziehenden Gase eine ungleiche ist, und dass dieselbe über dem Rost am höchsten, an der Mündung der Esse am kleinsten ist, da die Schornsteinwände und Zugkanäle viel Wärme absorbiren, und dass daher bei gleichbleibendem Querschnitt die Geschwindigkeit der Verbrennungsproducte innerhalb der Züge mit der Temperatur abnehmen muss. Ist die Wärme z. B. hinter dem Rost  $500^{\circ}$ , an der Mündung der Esse  $200^{\circ}$ , so kann man die Durchschnittstemperatur bei der Berechnung auf nicht mehr wie ungefähr  $\frac{500 + 200}{2} = 350^{\circ}$  annehmen.

Mit Nichtberücksichtigung der Reibungswiderstände und den

\*) Ist die Esse keine senkrechte, sondern eine schräge oder gekrümmte, so ist dies bei der Berechnung zu berücksichtigen und dieser schrägen Linie entsprechende senkrechte Höhe zu substituiren.

durch abnehmende Wärme veranlassten Verlust an der ursprünglichen Geschwindigkeit des Zuges, ist das Verhalten des Zuges verschieden hoher Essen wie die Quadratwurzeln aus den Höhen derselben, vorausgesetzt, dass alle bei der Verbrennung mit wirkenden Umstände bei allen ziemlich gleich sind. Ein Esse von 225 Fuss Höhe wird daher drei Mal so stark ziehen, wie eine von 25 Fuss Höhe, denn die Quadratwurzeln sind 15 und 5 oder 1 : 3. Multiplicirt man nun die Geschwindigkeit des Zuges mit dem Querschnitt des Schornsteins, so erhält man die Kubikfuss Luft, welche in der Secunde aus dem Schornstein entweichen; in dem angenommenen Falle würden also, wenn der Querschnitt des Schornsteins 3 Quadratfuss betragen würde,  $3 \cdot 14,7 = 44,1$  Kubikfuss pr. Secunde entweichen, pr. Minute daher  $60 \cdot 44,1 = 2466$  Kubikfuss, pr. Stunde  $60 \cdot 2466 = 158760$  Kubikfuss. Da wir nun aus der Tabelle Seite 116 die Gasmengen kennen, welche 100 Pfund der verschiedenen Brennstoffe geben, so können wir leicht hiernach die Höhe der Esse bestimmen, wenn die Gewichtsmenge des Brennmaterials bekannt ist, welches pr. Stunde verbrannt werden soll.

100 Pfd. trocknes Holz geben nach obiger Tabelle 16257 Kubikfuss Verbrennungsproducte, für obige Essen-Dimensionen würden daher

$$\frac{158760}{16257} \text{ Kubikfuss} = 9\frac{3}{4} \cdot 100 = \text{ca. } 975 \text{ Pfd. Holz}$$

verbrannt werden können pr. Stunde.

Holz mit 30 Procent Wasser

$$\frac{158760}{11950} \text{ Kubikfuss} = 13,3 \times 100 = 1330 \text{ Pfd. Holz.}$$

Ganz trockner Torf

$$\frac{158760}{19377} = 8 \cdot 100 = 800 \text{ Pfd.}$$

Torf mit 30 Procent Wasser

$$\frac{158760}{14178} = 10,7 \cdot 100 = 1070 \text{ Pfd.}$$

Torfkohlen mit 20 Procent Asche

$$\frac{158760}{22960} = 7 \cdot 100 = 700 \text{ Pfd.}$$

Steinkohle mit 4 Procent Wasserstoff

$$\frac{158760}{27896} = 5,7 \cdot 100 = 570 \text{ Pfd.}$$

Wenn 100 Pfund Holz in der Stunde verbrannt werden sollen, welche nur 16257 Kubikfuss Gase geben, so müssten pr. Secunde 4,52 Kubikfuss entweichen. Man würde die Höhe dafür nach dem Ansatz finden: wie gross ist die Höhe, welche man gebraucht, wenn 4,52 Kubikfuss in der Secunde entweichen sollen, da nach Seite 121 80 Fuss Höhe gebraucht werden, damit 44,1 Kubikfuss in der Secunde entweichen; man erhält 8,2 Fuss. Diese Höhe wäre richtig, wenn die Geschwindigkeit bei niedrigen und hohen Schornsteinen gleich wäre. Da sich aber die Geschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus den verschiedenen Höhen verhalten und die Quadratwurzel aus  $8,2 = \sqrt{2,83}$ , die aus  $80 = \sqrt{8,95}$  ist, so stehen hier die Geschwindigkeiten in dem Verhältniss wie  $8,95 : 282 = 3,16 : 1$ , d. h. die Höhe von 8,2 Fuss wäre 3,16 Mal zu klein, wenn in der Secunde 4,52 Kubikfuss Gase entweichen sollen; sie ist daher um  $3,16 \times 8,2 = 25,912$  Fuss höher zu nehmen.

### Praktische Ausführung der Schornsteine.

50. Bei dem Bauen der Schornsteine unterscheidet man hauptsächlich

- 1) den Querschnitt,
- 2) die Höhe,
- 3) das Material, aus welchem derselbe aufgeführt wird.

#### A. Querschnitt.

51. Die Summe der Querschnitte, welche sich durch Addition der Querschnitte sämtlicher Feuerungszüge, welche in den Schornstein münden, ergibt, ist der Maassstab für den Querschnitt des Schornsteins, und zwar soll der Querschnitt des Letzteren gleich der Summe sämtlicher Zugquerschnitte sein.

Nach Pecclet soll der Querschnitt des Schornsteins  $\frac{1}{8}$  von der Rostoberfläche betragen.

Nach Darcet sollen die Essen eine Höhe von 10 Meter  $= 31' 10'' 14'''$ , und einen solchen Durchschnitt haben, dass jedes Quadratcentimeter einem Kohlenverbrauch von 6 bis 6,6 Pfund per Stunde entspricht, ebenso soll die Oberfläche des Rostes drei Mal grösser sein, als der Querschnitt des Schornsteins.

52. Den Querschnitt unten weit und oben eng zu machen ist unzweckmässig, man muss vielmehr den nach dem Querschnitt der Züge berechneten Querschnitt des Schornsteins von Unten bis

Oben beibehalten. Man kann freilich den Querschnitt unten grösser machen, oben muss derselbe aber mit dem berechneten übereinstimmen.

Man giebt namentlich eisernen Schornsteinen, um ihre Festigkeit, Haltbarkeit und Standfähigkeit zu erhöhen, unten einen grösseren Querschnitt wie oben; gewöhnlich lässt man den Querschnitt um  $\frac{1}{8}$ " auf den laufenden Fuss von Oben bis Unten zunehmen (wenn der Schornstein mit Ketten befestigt wird). Ein Schornstein von 64' Länge und 12" oberem Durchmesser wird daher unten  $12 + \frac{64 \times 1}{8} = 20$ " Durchmesser haben.

Wenn keine Kettenbefestigung angewendet wird, so lässt man den Durchmesser auf den laufenden Fuss um  $\frac{1}{7}$ " bis  $\frac{1}{8}$ " zunehmen und wendet auch stärkere Bleche an.

Nach Scholl hat ein Schornstein von 48' Fuss Länge

11 Zoll oberem Durchmesser,

17 „ unteren „

oben  $\frac{1}{8}$ " Plattenstärke,

unten  $\frac{3}{16}$ " „

bei einem Gewicht von 1460 Pfund.

Ein anderer derartiger bestehender Schornstein hat

100 Fuss Höhe,

5 Fuss 4 Zoll unterem Durchmesser,

4 Fuss oberem Durchmesser,

$\frac{3}{8}$  Zoll Plattenstärke unten,

$\frac{1}{4}$  Zoll „ „ oben.

Die Platten haben 19 Pfd. Gewicht pr. Quadratfuss unten,

„ „ „  $12\frac{1}{2}$  „ „ pr. „ „ oben.

### Form des Schornsteins.

53. Mit Berücksichtigung des Reibungswiderstandes ist es eigentlich am zweckmässigsten, den Schornsteinen immer die Form eines Kreises zu geben, weil er unter allen Figuren bei dem kleinsten Umfange die grösste Fläche einschliesst und daher den Verbrennungsproducten die wenigsten Reibungswiderstände entgegensetzt, so wie auch die wenigsten Baumaterialien bei gleichem Querschnitt bedarf. Wollte man den Schornstein z. B. mit einem Querschnitt von 400 Quadrat Zoll aufführen, so könnte man demselben die Form eines Quadrates, eines Rechteckes oder eines

Kreises geben. Diese drei Formen würden bei obigem Querdurchschnitt folgenden Umfang haben:

Ein Rechteck von 18" und 22,22" Seiten hat einen Umfang von 8044.

Ein Quadrat von 20" Seite hat einen Umfang von 80".

Ein Kreis von 22,6" Durchmesser hat einen Umfang von 70,96.

### Höhe der Schornsteine.

54. Je höher die Temperatur ist, mit welcher die Verbrennungsproducte entweichen, desto niedriger können, und umgekehrt, je niedriger die Temperatur ist, desto höher müssen die Schornsteine sein, um einen guten Zug zu haben. Bei manchen Prozessen, wie z. B. bei Glas-, Eisenpuddel-, Schmelzöfen etc., wo es sich nur darum handelt, eine sehr starke locale Hitze zu haben, brauchen die Schornsteine nicht sehr hoch zu sein, wenn schon es vortheilhafter ist, auch hier hohe Essen anzuwenden.

Je höher der Schornstein, desto kräftiger ist bei entsprechender Weite der Zug, und desto leichter wird der bei unvollkommener Verbrennung entweichende Russ und Rauch von der Luft vertheilt und schadet der Umgebung nichts, desto grösser ist ferner der Heizeffect. Bei einer Höhe von 30 bis 36', welche manche Pyrotechniker für genügend halten, um den höchsten Heizeffect zu erlangen, entweichen die Gase bei vollkommener Verbrennung mit einer Temperatur von 400 bis 400°; bei einer Höhe des Schornsteins von 60', welche für Dampfkessel von 4 Pferdekraften ausreicht, entweichen die Gase bei vollkommener Verbrennung mit 180° bis 280°. Es werden also im letzteren Falle 40 bis 60 Procent mehr Wärme gewonnen.

Vergleicht man daher die Vorzüge und Nachtheile hoher und niedriger Schornsteine, so findet man

1) niedrige Essen lassen die Verbrennungsproducte mit einer 400 bis 500° hohen Temperatur entweichen, hohe Essen dagegen nur mit 180 bis 280° C., also Ersparniss von Wärme im letzteren Falle.

2) Niedrige Schornsteine sind billiger herzustellen wie hohe.

3) Niedrige Schornsteine führen den Russ und Rauch nicht so gut ab, wie hohe Schornsteine, wodurch man bei ersteren oft an die Umgebungen Schadenersatz zu leisten hat. Hohe Schornsteine sind daher in den meisten Fällen zweckmässiger. Da aber die Baukosten mit der Höhe steigen, so ist es zweckmässig, nicht



über 120' Höhe zu gehen, da diese Höhe fast für alle Verhältnisse genügen wird, es müsste denn ein derartiger Schornstein in einem Thale liegen, welches von hohen Bergen umschlossen ist.

### Material zu den Schornsteinen.

55. Erhält der Schornstein eine runde Form, so benutzt man gewöhnlich Schmiedeeisen, Gusseisen oder thönerne auf einander zu setzende Cylinder. Wenn man runde Schornsteine aus Steinen aufführen will, so müssen die Steine nach Schablonen gebrannt werden, welche mit der Höhe des Schornsteins andre Dimensionen erhalten müssen, wodurch dieselben natürlich sehr kostspielig werden. Bei Anwendung von Mauersteinen giebt man daher dem Schornstein zweckmässiger eine quadratische oder rechteckige Form. Die steinernen Schornsteine werden aus dreierlei Material aufgeführt: aus Ziegeln, aus Bruchsteinen und aus Quadern oder Blocken.

Die metallnen Schornsteine aus gewalztem Eisenblech, Kupferblech und Gusseisen. Die Benutzung von Bruchsteinen oder Quadern ist natürlich nur in den Gegenden möglich, wo solche vortheilhaft gewonnen werden können, auch werden Thonschiefer, Grauwacke und Sandsteine angewendet; letztere sind am zweckmässigsten, weil sie am leichtesten zu bearbeiten sind und besser im Feuer stehen.

Bei Benutzung von Mauersteinen halte man darauf, nur recht hartgebrannte (Klinker) und keine bleichen Steine anzuwenden.

### Aufbau der Schornsteine.

56. Gewöhnlich giebt man den Schornsteinen im Innern, wenn sie nicht sehr hoch sind, eine prismatische Gestalt, indem sie unten stärker gemauert werden wie oben. Sind sie aber sehr hoch, so giebt man ihnen sowohl innerlich wie äusserlich eine pyramidale Form. Das Fundament muss so fest sein, dass es dem Gewichte der darauf ruhenden Esse nicht nachgiebt, da die Senkung oft ungleich erfolgt, in welchem Falle die Esse umstürzen würde.

Der obere Theil der Esse, das Gesimse, wird aus behauenen Sandstein angefertigt; man macht dasselbe aber auch aus Ziegelsteinen. In diesem Falle muss man es mit einer guss- oder schmiedeeisernen Platte, welche innerlich und äusserlich an den Schornstein

umgebogen ist, bedecken, da sonst bald Regenwasser durch die Fugen eindringen und eine baldige Zerstörung veranlassen würde.

Da hohe Essen durch ihre Höhe und den im Innern befindlichen Russ, welcher ein guter Electricitätsleiter ist, leicht den Blitz anziehen, so ist es zweckmässig, dieselben mit Blitzableitern zu versehen. Bei sehr hohen Essen und bei solchen, bei welchen die Verbrennungsproducte mit einer hohen Temperatur fortgehen, muss man zur Erhöhung der Festigkeit Verankerungen anbringen. (Fig. 6 und 7.)

Um das Krummwer-

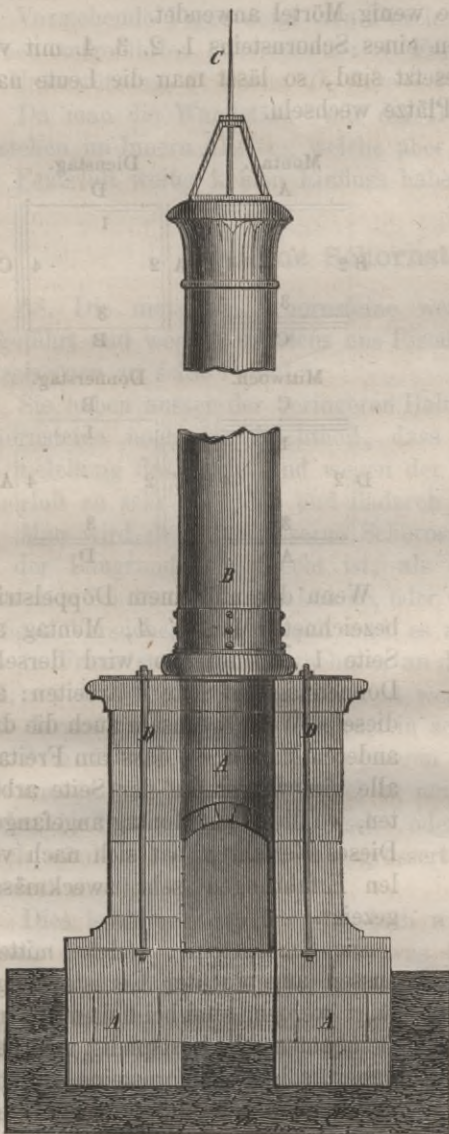


Fig. 6.

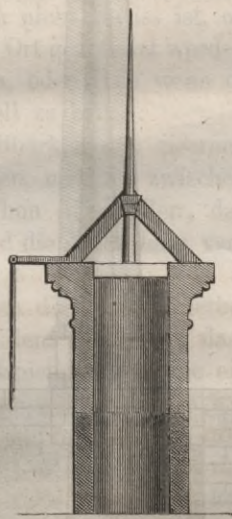


Fig. 7.

den des Schornsteins zu verhindern, wenn sich derselbe nach der Vollendung setzt, ist es vortheilhaft, die Maurer beim Arbeiten wechseln zu lassen, weil dieselben nie gleichmässig arbeiten und der Eine viel, der Andre wenig Mörtel anwendet.

Wenn die vier Seiten eines Schornsteins 1. 2. 3. 4. mit vier Maurern *A. B. C. D.* besetzt sind, so lässt man die Leute nach folgendem Schema ihre Plätze wechseln.

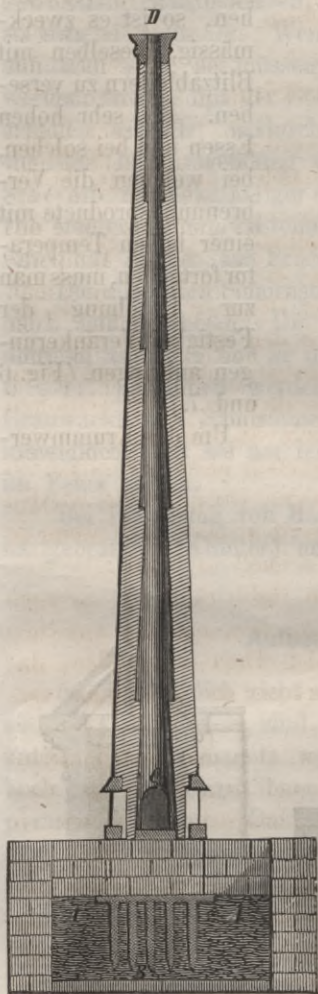


Fig. 8.



Wenn der mit einem Doppelstrich bezeichnete Maurer *A*, Montag auf Seite 1 arbeitet, so wird derselbe Donnerstag auf Seite 4 arbeiten; auf dieselbe Weise wechseln auch die drei anderen Maurer, so dass am Freitage alle vier wieder auf der Seite arbeiten, wo dieselben Montag angefangen. Dieses Verfahren hat sich nach vielen Erfahrungen sehr zweckmässig gezeigt.

Die Schornsteine, welche mittelst aussen angebrachter Gerüste aufgeführt werden, sind bei hohen Schornsteinbauten sehr kostspielig, man baut daher solche Schornsteine billiger, indem man die Materialien mittelst eines im Innern angebrachten Hebezeuges in die Höhe bringt. Diese Art

zu bauen ist zuerst in Lüttich angewendet. Näheres findet man darüber in den Mittheilungen des Gewerbe-Vereins für Hannover, I. Jahrg. 7. Heft.

Vorstehende Figur zeigt den Durchschnitt eines mit Ziegeln aufgeführten Schornsteins: *A.* Fundament mit Holzpiloten als Unterstüzung. *C.* Fuchs. *D.* Gusseiserner Hut.

Da man die Wandstärke mit der Höhe abnehmen lässt, so entstehen im Innern Absätze, welche aber auf die Geschwindigkeit der Feuerluft weiter keinen Einfluss haben.

### Metallne Schornsteine.

58. Die metallnen Schornsteine werden bis zu 150' Höhe aufgeführt und werden meistens aus Eisenblech angefertigt, da die gusseisernen zu schwer sind.

Sie haben ausser der geringeren Haltbarkeit gegen gemauerte Schornsteine noch den Nachtheil, dass sie wegen der besseren Wärmeleitung des Eisens und wegen der Düntheit der Wände die Feuerluft zu sehr abkühlen und dadurch den Zug vermindern.

Man wird deswegen eiserne Schornsteine nur da anwenden, wo der Baugrund zu schlecht ist, als dass er einen schweren steinernen Schornstein tragen könnte, oder wenn derselbe nur zu vorläufigen Versuchen dienen soll und es noch nicht gewiss ist, ob das in Frage stehende Unternehmen an dem Ort gegründet werden soll, wo die Untersuchungen gemacht werden, oder auch wenn es sich darum handelt, einen Schornstein schnell zu bauen.

Scholl schlägt vor, zur grösseren Haltbarkeit den eisernen Schornstein noch mit einem Mantel zu umgeben, und den zwischen beiden bleibenden Raum mit Asche oder Thon auszufüllen, dadurch würde seine Haltbarkeit vergrössert und die Abkühlung vermindert werden.

Dies ist allerdings richtig, jedoch würden die Kosten hierbei beinah doppelt so gross werden, was bei dem Umstande, dass ein eiserner Schornstein schon ohnehin kostspieliger ist, wie ein gemauerter, dagegen spricht.

59. Zum Schutz gegen starke Winde werden die eisernen Schornsteine mit Drahtketten oder Drahtseilen nach drei oder vier Richtungen befestigt. Oder man befestigt sie mittelst eines starken gusseisernen Fussstückes, welches das Rohr einige Fuss hoch umfasst, auf dem Fundament, in welchem Falle sie auch ohne Ketten

stehen. Die Befestigung mit Ketten ist jedoch vorzuziehen, namentlich auf Bergen, wo die Schornsteine den Winden sehr exponirt sind.

60. Zum Schutz gegen die Witterung werden die eisernen Schornsteine spätestens alle zwei Jahre mit Oelfarbe überstrichen, welche auf 2 Mal aufgetragen wird. Steinkohlentheer und Kienruss sind nicht so gut zum Anstreichen. Lässt man aus falscher Sparsamkeit eine längere Frist verstreichen, bevor der Schornstein angestrichen wird, so wird derselbe an den vom Anstrich befreiten Stellen sehr vom Rost angegriffen, und ist dann, wenn das Eisen durchfressen ist, nicht mehr im Stande, sein eignes Gewicht zu tragen. Ich selbst habe einen solchen Fall in einer Fabrik Ober-Oesterreichs erfahren.

Wenn die Gase mit einer sehr hohen Temperatur entweichen, oder, wie z. B. in Eisenwerken, noch flammend den unteren Theil des Schornsteins berühren, wird das Eisen leicht zerstört. Zum Schutz gegen diesen Uebelstand muss der Schornstein unten so weit construirt werden, dass, ohne den berechneten Querschnitt zu verkleinern, auf 20' bis 30' Höhe im Inneren ein feuerfester Mantel von  $\frac{1}{2}$  Steindicke angebracht werden kann.

### Reinigung der eisernen Schornsteine.

61. Die eisernen Schornsteine müssen öfters gereinigt werden, damit sich kein Russ darin absetzen kann, welcher mehrfach nachtheilig ist. Erstens entzündet sich derselbe mit der Zeit, und die dabei aus den Schornstein fliegenden brennenden Russstücke sind für die Fabrik und Umgebung feuergefährlich.

Zweitens geht durch das Ansetzen des Russes der Vortheil der geringeren Reibung, welchen ein eiserner vor einem gemauerten Schornstein hat, verloren und ist der letzteren gleich, weil in solchem Falle weder Stein- noch Eisen-, sondern Russwand vorhanden ist.

62. Wenn die Schornsteine zu hoch sind, als dass ein Essenkehrer hinauf klettern könnte, um denselben zu reinigen, so schlägt Scholl vor, man soll in dem unteren Theile Versuche mit Abbrennen von Schiesspulver machen. Man lässt zu diesem Zwecke den Schornstein abkühlen, schliesst Register und Putzthür und entzündet unten zwei oder drei Mal so viel Pulver, als zu einem guten Büchenschuss erforderlich ist. Durch die Explosion des Pulvers wird die Luftsäule im Schornstein erschüttert, und der Russ fällt

theils von den Wänden, theils wird er hinaus geschleudert. Auch zur Reinigung der Kesselzüge bei sehr starkem Mauerwerk und der Einrichtung, dass der abgefallene Russ leicht fortgeschafft werden kann, lässt sich dieses Mittel anwenden. Um jedoch nicht zu grosse Pulvermengen zu nehmen und durch das Aufschliessen Risse oder sonstige Zerstörungen in den Zügen oder im Schornstein zu bekommen, muss man die zur Reinigung nöthige Pulvermenge erst durch Versuche feststellen und mit ganz geringen Pulvermengen beginnen, welche man allmählig steigert, bis die zum Losreissen des Russes erforderliche Pulvermenge gefunden ist. Für diese Art der Reinigung eignen sich regnerische Tage am besten.

Wenn viel Glanzruss vorhanden ist, welcher ziemlich fest sitzt, so glaube ich nicht, dass diese Reinigung ihren Zweck erfüllt.

63. Die Verhältnisse, welche bei der Wahl eines eisernen oder gemauerten Schornsteins maassgebend sind, ergeben sich aus folgender von Scholl entworfenen Tabelle, in welcher alle vorkommenden Umstände berücksichtigt sind.

| Vergleiche hinsichtlich.            | Steinerne Schornsteine.                                                                                                                              | Eiserne Schornsteine.                                                                                                                          |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Einwirkung auf die Verbrennung.  | Die Abkühlung der Feuerluft ist gering, Regen und Kälte schaden nicht sehr, also günstig.                                                            | Kühlt sehr ab, bedarf also zur Erlangung gleicher Zugkraft höherer Temperatur — also nachtheilig.                                              |
| 2. Reibung der Feuerluft.           | Auf einer Mauerfläche und bei dem meistens angewendeten Quadratquerschnitt, ist dieselbe grösser als bei Eisen — nachtheilig.                        | Ist gering wegen Glätte des Materials und rundem Querschnitt, unter Voraussetzung genügender Reinigung.                                        |
| 3. Die ausführbare Höhe.            | Zur Dampferzeugung 120 bis 130' hoch; für andere Zwecke bis 432' Höhe aufgeführt.                                                                    | 120 — 150' hoch. Letztere Höhe in Eisenpuddlingswerken erfordert freien Platz zum Aufrichten.                                                  |
| 4. Des nöthigen Baugrundes.         | Verlangt einen sehr guten festen Boden, oder muss bei sehr schlechtem Baugrund einen Pilotengrund erhalten, kann also bedeutende Kosten verursachen. | Hat wegen seines kleinen Gewichtes geringere derartige Erfordernisse.                                                                          |
| 5. Der Raumeinnahme an Grundfläche. | Verlangt gewöhnlich etwas mehr als ein eiserner Schornstein.                                                                                         |                                                                                                                                                |
| 6. Dauer der Bauzeit.               | Unstreitig länger hierbei.                                                                                                                           | Ist bald hergestellt, da alle Arbeiten fast gleichzeitig vorgenommen werden können. Um also schnell einen Schornstein zu bauen, sehr geeignet. |

| Verglichen hinsichtlich.                              | Steinerne Schornsteine.                                                                                                                   | Eiserne Schornsteine.                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7. Der Unterhaltung und deren Kosten.                 | Fast gar keine.                                                                                                                           | Bedarf eines wo möglich jährlichen Anstrichs, kostet demnach mehr zu erhalten.                                                                                                                                                                                                                      |
| 8. Der Dauer.                                         | Bei einer guten Konstruktion für immer. Schornsteine für sehr hohe Temperaturen verlangen wenigstens unten einen feuerfesten Kernschacht. | Vergänglich und zwar mehr oder weniger nach der Temperatur der Feuerluft, der Instandhaltung u. s. w.                                                                                                                                                                                               |
| 9. Des Werths eines ausser Dienst gesetzten.          | Ist altes Mauerwerk, giebt wenig brauchbare Steine.                                                                                       | $\frac{1}{8}$ bis höchstens $\frac{1}{4}$ des Anschaffungspreises werth.                                                                                                                                                                                                                            |
| 10. Der Herstellungskosten.                           | Einer grossen Anzahl von Beobachtungen nach ist dieser billiger herzustellen als der eiserne.                                             | Ist kostspieliger, namentlich durch die geringere Haltbarkeit, daher öftere Erneuerung.                                                                                                                                                                                                             |
| 11. Der besonderen Qualification zu gewissen Zwecken. | Für jedes Etablissement, welches für längere Dauer errichtet wird, ist dieser anzurathen.                                                 | Ist es dagegen bei Erbauung nur auf eine lokale Ausbeutung abgesehen, die in einigen Jahren aufhört, oder will man mit dem Etablissement wandern oder sollen nur Versuche auf einem neu zu gründenden Industriezweig gemacht werden, ist der Baugrund sehr ungünstig, so gebührt diesem der Vorzug. |

64. Nach Mittheilungen des Preuss. Gewerbevereins 1840, Seite 165, stellten sich die Kosten eines gemauerten Schornsteins von 80' Höhe,

- A. 31 □" im Lichten, 1385 Thlr., dabei soll man die Mauerdecke noch vermindern und dafür 300 Thlr. abrechnen können.
- B. Ein anderer Ziegelschornstein von 80' Höhe und 22 □" im Lichten kostete 843 Thlr.
- C. Ein eiserner Schornstein von 60' Höhe, 32" im Durchmesser, mit 20' Steinsockel, kostete 1664 Thlr.
- D. Nach Scholl kostete ein steinerner Schornstein, dessen Fundament 13' □ bei 16' Höhe aus Quadern, dessen Schaft unten 12' □, oben 7' □ bei 120' Höhe, aus Ziegeln gefertigt, dessen lichte Oeffnung 4' □ (16 Quadratfuss) hatte, 1920 Thaler.
- E. Ein eiserner Schornstein von 75' Länge, 48" unterem, 36" oberem Durchmesser mit 14' Sockel kostet 1800 Thlr. und wiegt 11000 Pfund.

F. Ein eiserner Schornstein von 60' Höhe, 25" unterem, 16" oberem Durchmesser mit 12' Sockel kostete 700 Thlr.

G. Ein eiserner Schornstein von 48' Länge, 16" unterem, 12" oberem Durchmesser mit 12' hohen gemauertem Sockel kostete 320 Thlr.

Nach Scholl kostete beistehender Schornstein 400 Thlr. (Fig. 9.)

Länge des Rohrs . . 57'

Unterer Durchmesser 16"

Oberer „ 12"

Gewicht des Rohrs 3000 Pfd.

A Fundament aus Ziegeln auf festem Boden aufgeführt. Unten sind 4 starke gusseiserne Platten von 15" □ eingelegt, wodurch die Ankerschrauben *aa* gesteckt und mit Splitten gehalten werden. Der Durchmesser der Ankerschrauben ist 1½", die Länge 16", dieselben gehen in Kanälen von 3" □ durch das ganze Mauerwerk und halten oben mittelst starker Muttern die Platten *B*, mit der das Rohr *C* festgeschraubt ist.

Den Schluss des Fundamentes macht ein Steinblock von 42" □ und 20" Höhe, in dem die lichte Schornsteinöffnung ausgearbeitet ist; *bb* Putzthüren; *DD* Drahtketten von 2" Eisendicke zum Schutz gegen die Winde; *E* Drahtrolle, über welche eine Kette ohne Ende, also von der doppelten Länge des Rohres geht, mittelst welcher der mit dem Reinigen oder Anstreichen beauftragte Arbeiter hinauf gezogen wird. Man braucht nur eine dünne leichte Kette für diese Rolle, um daran ein Seil über dieselbe zu ziehen, wenn das Rohr angestrichen werden soll.

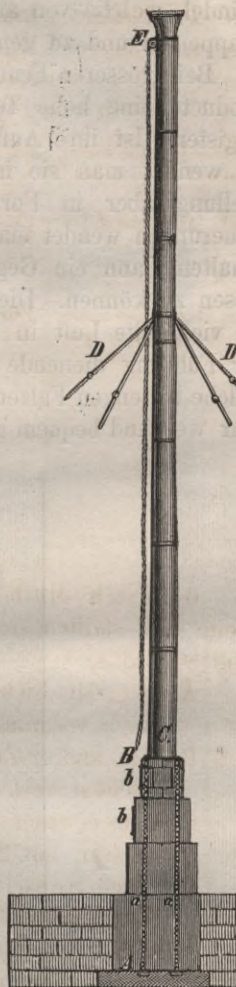


Fig. 9.

### Register.

65. Um im Stande zu sein, den Zug einer Esse beliebig zu vergrößern oder zu verkleinern, und die Esse bei unterbrochenem



Betriebe ganz schliessen zu können, befindet sich zwischen der Feuerung und dem Schornstein im Fuchs ein sogenanntes Register oder Schieber. Die Form desselben ist je nach der Feuerung verschieden. Bei kleinen Füchsen wendet man Drosselklappen von Guss- oder Schmiedeeisen an. Dieselben befinden sich an einer Spindel, welche von aussen einen Griff hat, mittelst welcher die Klappe auf und zu gemacht wird.

Bei grösseren Feuerungen, wo die abziehenden Verbrennungsproducte eine hohe Temperatur haben, benutzt man gusseiserne Register. Ist ihre Auflage und Stellung horizontal oder schräge, so wendet man sie in Form von Schiebern an, bei vertikaler Stellung aber in Form von Klappen. Bei manchen grossen Feuerungen wendet man aber auch vertikale Schieber an, dieselben erhalten dann ein Gegengewicht, um sie leicht auf und nieder lassen zu können. Dieselben haben aber das Unangenehme, dass sie viel kalte Luft in den Zug gelangen lassen, weil der ihnen zur Führung dienende Falz wegen der Ausdehnung des Eisens, welche bei engen Falzen das bequeme Auf- und Abschieben hindert, sehr weit und bequem gearbeitet werden muss. Bei den Horizontal-

schiebern ist dies auch der Fall, man giebt ihnen deshalb einen winkelrechten Schirmdeckel von 4" Breite, welcher, wenn der Schieber zugeschoben ist, fest an der Wand anliegt und dadurch das Eindringen der kalten Luft verhindert. Bei den vertikalen Schiebern habe ich mir dadurch geholfen, dass ich am oberen Ende der Coulisse, in welcher der Schieber läuft, auf jeder Seite des letzteren ein 4" hohes Winkelblech, welches  $\frac{1}{4}$ " stark und in Charnieren beweglich war, anbrachte. Hat man dem Schieber beim Anfeuern irgend eine Stellung gegeben, so klappt man das Winkelblech (in d. beistehenden Fig. 10 mit *b b* bezeichnet)

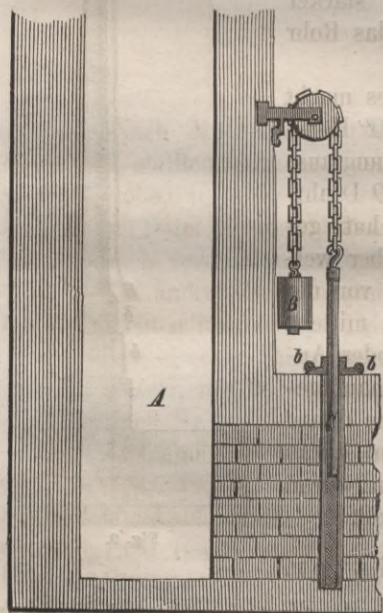


Fig. 10.

um, so dass es an dem Schieber fest anliegt. Die beiden Enden der über die Schieberbreite hinausragenden Winkelbleche wurden durch eine Klemme scharf zusammengepresst, so dass keine kalte Luft eindringen konnte. Kömmt ein Mal durch die Wärme ein Verziehen der Winkelbleche vor, so können dieselben bald wieder gerade gerichtet werden, oder man kann auch die undichte Stelle mit Lehm verschmieren. Auf vorstehender Figur ist die Esse *A* mit dem Schieber *a* versehen; *B* Gegengewicht des Schiebers; *b* Winkelbleche, an dem Schieber anliegend, zum Schutz gegen die kalte Luft.

### Klappenschieber.

66. In der beistehenden Fig. 11 ist *a* der Rahmen, *b b* Thür, *c* Stiel mit Kurbel zum Drehen. Da wo Rahmen und Thür zusammen treffen, im Falze *m* müssen die auf einander liegenden Flächen ganz eben gearbeitet sein, damit ein dichter Schluss entstehe.

Die Thür darf beim Oeffnen keinen Raum im Schornstein einnehmen, weil dadurch der Zug gestört werden würde, und ist deshalb für dieselbe eine Nische in der Fuchswand anzubringen. Ausserdem muss der Kanal auf der Fläche, welche die Registerthür beim Auf- und Zumachen von der Sohle d. Fuchses bestreicht, 3" tiefer sein, damit die Thür beim Bewegen keinen Russ in den Falz des Thürrahmens bringe, wodurch dieselbe nicht mehr fest schliessen würde. So wie der Heizer merkt, dass die Thür nicht mehr ordentlich schliesst, was er aus Erfahrung an der Stellung

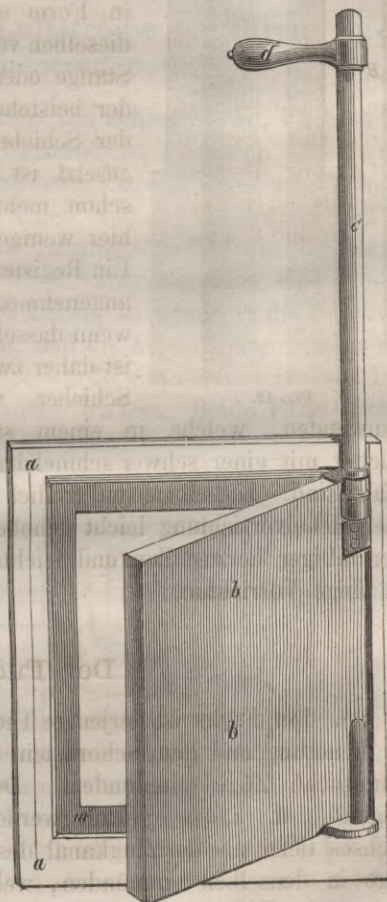


Fig. 11.

des Hebels sieht, muss der Rahmen gereinigt werden. Nach Scholl soll mit Klappregistern, wenn der Betrieb eine Nacht unterbrochen wird, noch 15 Pfund Dampfdruck am anderen Morgen vorhanden sein, während unter denselben Verhältnissen mit Schiebern nur 10 Pfund vorhanden ist.

67. Bei sehr hohen Temperaturen, wo die Luft mit 500 bis 600° und noch mehr entweicht, kann man die gewöhnlichen Schieber

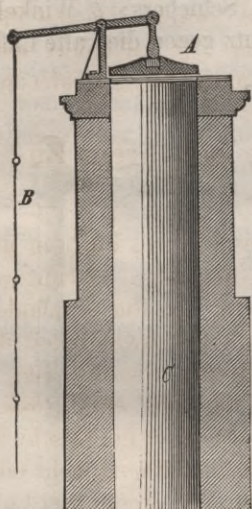


Fig. 12.

nicht mehr mit Vortheil benutzen, weil das Eisen zu bald zerstört werden würde; in diesem Falle kann man die Schieber nach Peclet an der oberen Essenöffnung in Form einer Klappe anbringen, und dieselben von unten mittelst einer eisernen Stange oder Kette reguliren, wie dies aus der beistehenden Fig. 12 hervorgeht. Da der Schieber hier der kühleren Luft ausgesetzt ist und sich die Feuerluft auch schon mehr abgekühlt hat, so wird er hier weniger durch die Hitze angegriffen. Ein Register dieser Art hat aber das Unangenehme, dass man hinaufsteigen muss, wenn dasselbe reperaturbedürftig wird. Es ist daher zweckmässiger, in solchen Fällen Schieber von feuerfesten Thonplatten

anzuwenden, welche in einem starken gusseisernen Rahmen, welcher mit einer schwer schmelzbaren Glasur überzogen ist, eingefalzt sind. Dieselben sind freilich schwerer, können aber mittelst einer Hebelvorrichtung leicht gehoben werden, jedenfalls sind sie aber billiger herzustellen und leichter zu reguliren und repariren, als obige Vorrichtung.

### Der Fuchs.

68. Der Fuchs ist derjenige Theil der Züge, welcher zwischen der Feuerung und dem Schornstein befindlich ist, und in welchen sämtliche Züge einmünden. Derselbe soll nur da hinabsteigend, d. h. so gebaut werden, dass die Mündung des Fuchses tiefer als der Zugkanal des Kessels liegt, wenn mehrere Züge in denselben einmünden, welche, wenn dies bei allen in horizontaler Richtung geschehen würde, das Gegeneinanderstossen

der Verbrennungsproducte zur Folge hätte, wodurch natürlich der eine oder der andere der Züge in seiner Wirkung gehemmt würde. In allen Fällen, wo nur ein Fuchs in den Schornstein mündet, ist es zweckmässig, den Zug gerade in den Schornstein oder nach oben steigend einmünden zu lassen, nur halte man darauf, dass seine Oeffnung 1 bis 2 Fuss über der Sohle des letzteren liege, damit dieselbe nicht durch Russ und Flugasche verstopft werde. Ebenso halte man darauf, dass der Fuchs sowohl wie die Züge keine rechten Winkel bilde, wodurch der Zug gehindert wird, sondern dass alle Ausmündungen soviel wie möglich abgerundet sind.

### Wirkungen zweier Luftströme bei ihrem Zusammentreffen.

69. Ein bei der Construction von Schornsteinen, Füchsen und Zügen wohl zu beachtender Umstand ist folgender. Wenn zwei Füchse in den Schornstein, oder zwei Züge in den Fuchs münden, welche sich genau gegenüber liegen, und die Geschwindigkeit der Feuerluft in beiden bei ihrem Zusammentreffen dieselbe ist, so wird dieselbe gleich 0 sein. Würde aber der eine eine grössere Geschwindigkeit wie der andre haben, so würde er die Geschwindigkeit des anderen verringern, und die Ausflussöffnung mehr oder weniger verschliessen. Dasselbe würde eintreten, wenn zwei Luftströme rechtwinkelig auf einander wirken. Beide Fälle sind in folgenden Figuren anschaulich gemacht.

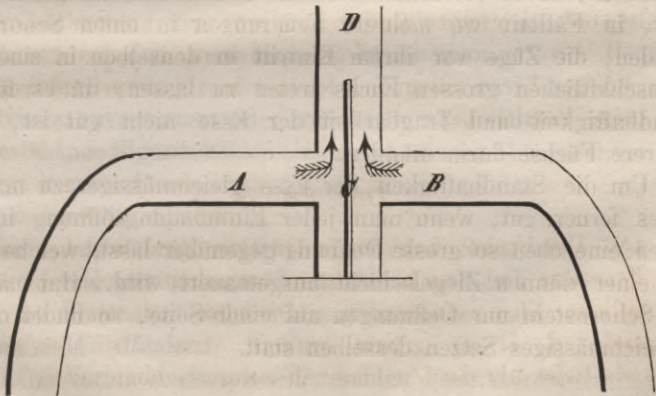


Fig. 13.

In den senkrechten Schornstein *D* Fig. 13 münden zwei Füchse *A* und *B*, welche sich einander genau gegenüberstehen. Wenn *A* eine grössere Geschwindigkeit als *B* hat, so kann es vorkommen, dass der Zug *B* ganz aufhört, indem er durch *A* gleichsam wie durch ein Ventil abgeschlossen wird.

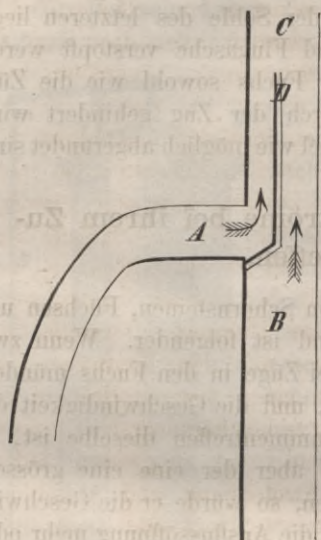


Fig. 14.

Dasselbe kann eintreten, wenn der Zug *A* Fig. 14 horizontal in den senkrechten Schornstein *D* mündet. Wenn die Geschwindigkeit der warmen Luft, welche der Zug *A* einführt, gross genug ist, so kann es vorkommen, dass der Zug in *B* trotz des grösseren Querschnitts ganz aufhört. Ich habe mehrere derartige Fälle beobachtet. Vermieden werden diese Uebelstände dadurch, dass man in der Mitte des Schornsteins zwischen den beiden Luftströmen einen senkrechten Scheider anbringt, welcher in den vorstehenden Figuren mit *D* bezeichnet ist. Hierdurch bewirkt man, dass die in die Esse tretenden Luftströme die nach aufwärts gehende Bewegung der Esse annehmen, bevor sie sich berühren. Am zweckmässigsten ist es aber, in Fällen, wo mehrere Feuerungen in einen Schornstein münden, die Züge vor ihrem Eintritt in denselben in einen gemeinschaftlichen grossen Fuchs treten zu lassen, da es für die Standhaftigkeit und Tragbarkeit der Esse nicht gut ist, wenn mehrere Füchse darin münden.

Um die Standhaftigkeit der Esse gleichmässiger zu machen, ist es ferner gut, wenn man jeder Einmündungsöffnung in derselben eine eben so grosse Oeffnung gegenüber lässt, welche dann mit einer dünnen Ziegelschicht ausgemauert wird. Hat nämlich der Schornstein nur Oeffnungen auf einer Seite, so findet oft ein ungleichmässiges Setzen desselben statt.

## Feuerthüren.

70. Der Zweck der den Feuerraum verschliessenden Thüre ist, den Zutritt der kalten Luft abzuhalten und die Ausstrahlung der Wärme nach ausserhalb des Feuerraums zu verhindern. Die Einrichtung einer guten Heizthür muss ferner so beschaffen sein, dass sie bequem geöffnet und geschlossen werden kann, und dass sie dem Beschütten des Rostes und dem Schüren des Brennstoffs kein Hinderniss in den Weg stellt.

Durch die starke Hitze von Innen und der Abkühlung von Aussen ziehen sich die Thüren krumm und schliessen nicht mehr fest, man versieht sie deshalb zweckmässig mit einer zweiten Schutzthür, welche die äussere Thür vor der zu grossen Einwirkung der Hitze schützt. Diese zweite  $\frac{1}{2}$ " starke Thür ist von der ersten circa 2 bis 4" entfernt und durch 4 bis 6 gusséiserne Zapfen mit derselben verbunden. Das Thürgestell, welches die Thüre trägt, muss mit der Feuerplatte und dem Rostträger verbunden sein, um dadurch dem Ofen einen festeren Halt zu gewähren. Durch die Erfahrung hat sich ferner herausgestellt, dass es nicht gut ist, das Thürgestell aus einem Stück zu giessen, indem dasselbe durch die unregelmässige Ausdehnung und Abkühlung mehr leidet, wodurch dasselbe häufiger springt und auch einen zerstörenden Einfluss auf die vordere Feuerungsmauer ausübt.

Man verfertigt daher die beiden Thürsteher, die obere und untere Deckplatte, allein und verbindet das Ganze durch Schrauben. Die Entfernung zwischen Rost und Feuerthür soll nach Pecclet 30—40 Centimeter, die Thürhöhe 25—30 Centimeter sein; die Breite hängt von dem Rost ab.

Das Innere zwischen den beiden Thüren wird entweder mit Ziegelsteinen ausgemauert oder mit Asche ausgefüllt.

Umstehende Figuren zeigen eine zweckmässige Thürconstruction.

*a a* erste Feuerthür,

*b b* zweite Feuerthür,

*c c* Verbindung zwischen Thür und Rost, aus dicht an einander gelegten Roststäben bestehend,

*d d* Platte, auf welcher die ganze Thüre ruht,

*e e* Thürständer,

*f f* Verbindungszapfen der beiden Feuerthüren,

*g* obere Deckplatte.

Der zwischen Thür und Rost liegende Verbindungsrost *c c* ist

zweckmässiger wie eine Feuerplatte, weil letztere leicht springen und ihre Erneuerung kostspielig und unbequem ist, während ein

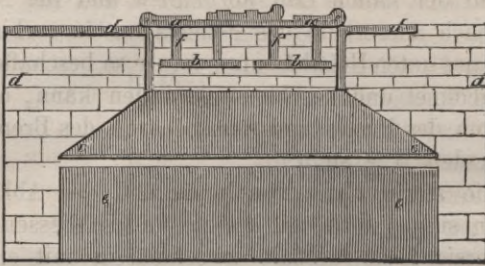


Fig. 15.

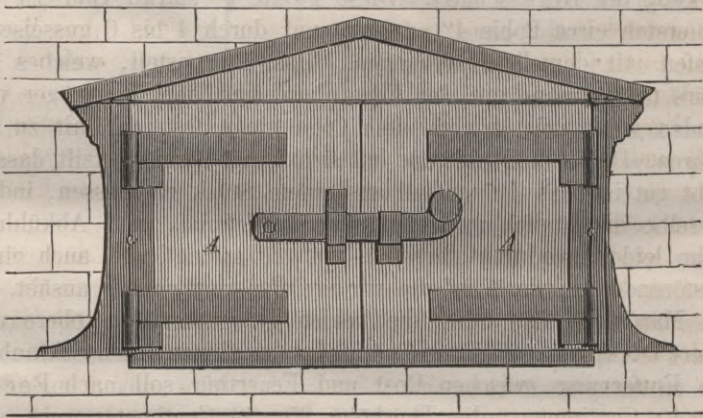


Fig. 16.

Roststab leicht und bequem ersetzt werden kann, wenn er unbrauchbar wird.

71. Da der Torf keine Schlacken bildet und der Rost leicht von unten gereinigt werden kann, so ist es zweckmässiger, die Thür bei demselben fort zu lassen und das Aufschütten des Torfes mittelst eines Trichters und Kanals von oben zu bewerkstelligen. Um aber den Torf hierbei gut auf dem Rost vertheilen zu können, bringt man vorn in der Ebene des Rostes eine mit einer Thür verschliessbare Oeffnung von etwa 4" □ an, durch welche man mit einem Schüreisen bequem durchgelangen kann. Das untere Ende des Kanals mündet mitten auf dem Rost und bildet mit der horizontalen einen Winkel von wenigstens 50°.

## A s c h e n f a l l .

72. Der Aschenfall bildet gewöhnlich auch die Oeffnung, durch welche gleichzeitig die zur Verbrennung nothwendige Luft eintritt.

Um bei eintretender Unterbrechung des Betriebs eine starke Abkühlung der Feuerung zu vermeiden, ist es gut, wenn der Aschenfall mit einer Thür versehen ist, welche in solchen Fällen geschlossen werden kann, und welche im Verein mit den geschlossenen Zugschiebern den Zutritt der kalten Luft hindert. Was die Grösse derselben anbelangt, so soll er mindestens einen eben so grossen Querschnitt haben, dass die zur Verbrennung nothwendige Luft einströmen kann. Wie schon früher berührt worden, enthält der Aschenfall an der Sohle ein metallnes oder gemauertes Becken, in welchem sich Wasser befindet. Das Wasser wird hierbei durch die strahlende Wärme des Rostes erwärmt und verdampft, der Dampf tritt durch die glühende Kohlschicht in die Feuerung, wodurch die Flamme eine grössere Ausdehnung erhält und genährt wird, wenn die ihrer flammenden Bestandtheile beraubten glühenden Kohlen bei trockenem Luftzuge keine Flamme mehr geben würden.

Der Wasserdampf wirkt ferner dadurch günstig, dass er die Verbrennung verlangsamt und die Verbrennungsproducte in innigere Berührung mit dem zu erhitzenden Körper bringt, wodurch letztere Gelegenheit haben, ihre Wärme besser abzugeben.

Ausserdem wirkt das Wasser wohlthätig auf den unteren Theil des Rostes, indem es dessen Temperatur erniedrigt und dadurch vor zu schnellem Verbrennen schützt.

73. Der Aschenfall wird innerhalb und ausserhalb der Gebäude angelegt. Letzteres ist jedoch zweckmässiger, weil der Luftzug dadurch begünstigt wird. Gewöhnlich ist nämlich die Temperatur der äusseren Luft niedriger als in den Gebäuden, und ist deshalb auch der Luftzug hier grösser, als innerhalb der Gebäude auf dem Aschenfall.

Bei der Einführung der Luft innerhalb der Gebäude kömmt es auch vor, dass die eine entgegengesetzte Richtung habenden Winde den Zug verringern, während man bei einer ausserhalb befindlichen Aschenfallöffnung im Stande ist, diesen schädlichen Einfluss ganz aufzuheben.

Um sich überhaupt gegen den schädlichen Einfluss der Winde



auf den Eintritt der Luft zu schützen, genügt es, wenn die Oeffnung des Aschenfalls in einer von den Gebäuden entsprechenden Entfernung angebracht ist. Ich habe in der Praxis mehrere derartige Fälle kennen gelernt, wo eine Verlängerung des Aschenkanals um 20' bis 30' von den Gebäuden genügte, um den bis dahin bei ungünstigen Winden und heissen Tagen unzureichenden Luftzug vollkommen zu machen.

Bei kleineren Feuerungen liegt die Oeffnung des Aschenfalls gewöhnlich unter der Feuerthür. Bei Holzfeuerungen befindet sie sich öfters in der Ebene der Sohle und ist dann mit einem eisernen Rost verschlossen.

### Beziehungen zwischen den Winden und dem Zug der Schornsteine.

74. Sowohl an der Mündung der Esse, wo die Verbrennungsproducte ausströmen, wie an der Einströmungsöffnung der Luft im Aschenfall, ist die Wirkung der Winde von Einfluss, und zwar ist dieselbe, je nach den verschiedenen Richtungen der Winde verschieden.

Man beobachtet weniger vertikale oder horizontale Winde, sondern mehr solche, welche eine geneigte Richtung nach dem Horizont haben. Bei einer rein horizontalen Richtung wird die Ausströmung der Verbrennungsproducte nicht wesentlich gehindert, bei einer mehr geneigten Richtung, wo also der Querschnitt verkleinert ist, lässt sich dies durch die vergrösserte Ausströmungsgeschwindigkeit ausgleichen.

Wenn der Wind von oben nach unten bläst, würde er im Stande sein, den Zug ganz zu hemmen, wenn seine Geschwindigkeit gleich der wäre, welche die abziehenden Gase bei gar keinem stattfindenden Widerstande annehmen würden. Wäre z. B. eine Esse 100 Fuss hoch und entwichen die Verbrennungsproducte mit einer Temperatur von 310° C., bei einer äusseren Lufttemperatur von 10°, so wäre die Ausströmungsgeschwindigkeit gleich

$$230 \cdot 310'' - 10'' = 300 \cdot 0,00375 \cdot 100 \\ = 2 \sqrt{112,5 \cdot 15,625} = 83,8.$$

Die wirkliche Geschwindigkeit nach Abzug aller Widerstände wäre aber nur circa 21' per Secunde. Um daher den ganzen Zug aufzuheben, müsste der Wind von oben nach unten eine Geschwindigkeit von 83,8' annehmen.

Ist die Richtung des Windes von unten nach oben, und ist seine Geschwindigkeit gleich oder kleiner als die der Verbrennungsproducte, so ist sie ohne jede Wirkung auf die Geschwindigkeit der letzteren. Ist sie aber grösser, so vergrössert sie auch die Geschwindigkeit der Feuerluft.

Je mehr sich also die Richtung des Windes von unten nach oben nähert, desto günstiger wirkt dieselbe, vorausgesetzt, dass ihre Geschwindigkeit grösser als die der Feuerluft ist.

Schon früher, Seite 126, wurde erwähnt, dass, wenn Schornsteine in einem Thale von hohen Bergen umschlossen wären, dieselben entsprechend höher gemacht werden müssten. Der Grund ist darin zu suchen, dass, wenn der Wind auf die Oberfläche der im Thale ruhenden Luftschicht trifft, die Richtung dieser Oberfläche annimmt und sich nicht biegt, wodurch natürlich der Zug gehemmt wird, indem der Wind hier ebenfalls gleichsam wie eine Klappe auf den Schornstein drückt.

In Fällen, wo der Wind mehr oder weniger senkrecht auf die Mündung des Schornsteins bläst, ist es oft schwierig, das Feuer in Gang zu bringen, weil die in den Essen und den Kanälen ruhende kalte Luft von dem Winde zurück gedrängt wird, und deshalb kein Zug entstehen kann. In solchen Fällen kommt man oft schnell zum Ziele, wenn auf der Sohle des Schornsteins Stroh oder Reisig angezündet wird, um die im Schornstein ruhende Luftmasse zu erwärmen und dadurch in Bewegung zu bringen.

**Beziehungen zwischen dem atmosphärischen Druck, dem Feuchtigkeitsgehalt, der Temperatur der äusseren Luft und der Sonnenstrahlen auf den Zug.**

#### **A. Atmosphärischer Druck.**

75. Je grösser der Druck der äusseren Luft, je grösser ist im Allgemeinen der Zug, je geringer derselbe ist, je weniger Luft tritt zum Feuerheerd, je schwächer ist also die Verbrennung, mithin auch der Zug. Bei nur  $\frac{3}{4}$  des gewöhnlichen Drucks von 760 m. m. kann die Verbrennung ganz aufhören. Auf hohen Bergen, wo das Barometer nur eine Höhe von 570 m. m. zeigt, brennen Holzkohlen nur durch Anblasen mit dem Blasebalg.

### B. Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

76. Mit dem Druck der Luft steht der Feuchtigkeitsgehalt in innigem Zusammenhang, denn je grösser der Feuchtigkeitsgehalt, desto geringer ist der Druck derselben. Abgesehen hiervon wirkt der Feuchtigkeitsgehalt auch direct schädlich und bewirkt ein schlechtes Brennen des Feuers, also Verminderung des Heizeffectes.

Die Thatsache, dass bei directem Einströmen von Wasserdampf in die Feuerung die Verbrennung lebhafter wird, hat ihren Grund jedenfalls darin, dass in solchen Fällen auch ein sehr starker Zug entsteht, welcher die schädliche Wirkung des Wasserdampfes ausgleicht, während dies bei dem langsamen Zutreten des in der Luft fein vertheilten Wasserdampfes nicht stattfindet.

Bei sehr starkem Feuchtigkeitsgehalt der Luft kann es vorkommen, dass man den Betrieb mancher eine hohe Temperatur verlangender Oefen, z. B. Glasöfen, ganz einstellen muss, wenn man nicht andre Mittel hat, um den Zug zu verstärken, wie Einströmen von gespanntem Wasserdampf oder Gebläseluft.

### C. Temperatur der Luft.

77. Für gewöhnliche Feuerungen ist es zweckmässiger, wenn die Luft kalt Zutritt, da die Erfahrung gelehrt, dass in solchen Fällen die Verbrennung um so besser vor sich geht, je dichter die zutretende Luft ist. Deswegen ist auch der Zug im Winter stärker als im Sommer, und deshalb gebraucht man ein kleineres Volum kalter als warmer Luft für eine und dieselbe Menge Brennmaterial.

Bei vielen Feuerungen, wo die Luft mit grosser Geschwindigkeit auf das Brennmaterial trifft, z. B. bei Hochöfen, überhaupt wo Gebläse angewendet werden, oder bei dem Verbrennen von Gasen, ist es vortheilhafter, erhitzte Luft anzuwenden.

### D. Wirkung der Sonnenstrahlen.

78. Die Wirkung der Sonnenstrahlen ist dann besonders nachtheilig, wenn sie in Schornsteine dringen, welche eine geringe Temperatur haben, z. B. bei Wohnungen; der Zug wird dadurch verringert und der Rauch zurückgedrängt.

Peclet nimmt an, dass der Grund dieser Erscheinung wahrscheinlich darin liege, dass die bei der Esse befindlichen Körper,

wie z. B. die Dächer, stark durch die Sonnenstrahlen erhitzt werden, wodurch warme Luftströmungen von unten nach oben entstehen, und dem zu Folge auch von oben nach unten über den nicht so hoch erhitzten Körper, über die Essen. Man kann sich nach demselben durch um die Essen angebrachte Kappen von Metall oder Thon gegen diesen Uebelstand schützen.

Man beobachtet diese Erscheinungen aber auch bei hohen Fabrikshornsteinen, wo die Temperatur der Verbrennungsproducte eine viel höhere ist, namentlich dann, wenn die Verbrennungsproducte verschiedener Feuerungen darein münden, die Länge der Züge bis zum Schornstein 80 bis 90' beträgt und der Essendurchmesser etwas zu weit ist. Ich habe beobachtet, dass dies namentlich dann stattfindet, wenn die Esse von mehreren Seiten gegen die Sonnenstrahlen geschützt und längere Zeit schönes Wetter war, im Juli und August.

Es lässt sich hier annehmen, dass die den Sonnenstrahlen ausgesetzten Seiten der Esse eine höhere Temperatur in dieser Zeit annehmen, während die Abkühlung der Verbrennungsproducte auf den mehr im Schatten befindlichen Seiten eine stärkere ist, wodurch im Schornstein Gegenströmungen von oben nach unten stattfinden und kalte Luft an den kälteren Seiten des Schornsteins nachdrängen kann. Ich habe ferner beobachtet, dass die den Sonnenstrahlen mehr exponirten Seiten bei einer Lufttemperatur von 25—30° Nachmittags 3 Uhr eine Temperaturdifferenz von 12 bis 16° zeigten gegen die durch Fabrikgebäude mehr geschützten Seiten. Eine solche Temperaturdifferenz muss natürlich von Einfluss auf die Temperatur der Feuerluft, mithin auch auf die Bewegung der Gase sein. Um mich hiervon näher zu überzeugen, erhitzte ich eine 8" Durchmesser habende rechtwinkliche Röhre von Eisenblech auf der einen Seite, so dass ihre Temperatur 50° höher war, als die der anderen, und hielt dann über der oberen Ausmündung der kälteren Seite eine brennende Kerze; dabei fand ich, dass die Flamme meistens in den Cylinder gezogen wurde.

### **Vorrichtungen, um die Esse gegen Wind und Regen zu schützen.**

79. Zu diesem Zwecke sind sehr viele Apparate construirt worden, sowohl feststehende wie bewegliche, welche auf der Spitze der Esse befestigt werden.

Bei den beweglichen Apparaten hat man oft damit zu kämpfen, dass ihre Beweglichkeit nachlässt und dass sie der Einwirkung schwacher Winde nicht mehr Folge leisten, wodurch es manchmal kömmt, dass die Oeffnung, welche den Rauch fortleiten soll, dem Winde gerade entgegengesetzt ist. In solchen Fällen wird natürlich der Rauch in den Schornstein zurückgedrängt, und die Apparate schaden, anstatt dass sie Nutzen bringen.

Manche haben wieder den Nachtheil, dass sie nur dann gut wirken, wenn der Wind von oben nach unten oder horizontal weht, während bei einer Richtung des Windes von unten nach oben die entgegengesetzte Wirkung entsteht, deshalb geben viele den stehenden Apparaten den Vorzug.

Diese Apparate werden am zweckmässigsten von Eisenblech gefertigt, welche entweder mit Steinkohlentheer oder Lack überzogen werden, um sie gegen das Rosten zu schützen.

Der beistehende Apparat wird oft angewendet. Fig. 17.

Auf der Esse ist eine cylindrische Blechröhre angebracht, welche von einer anderen Röhre umgeben, oben geschlossen und rechtwinkelig gebogen und um ihre Achse beweglich ist. Oben auf dem Ausflussrohre befindet sich eine Windfahne *A*, und durch die Ausflussröhre geht eine concentrische Röhre von concentrischem Durchmesser *D*.

Der folgende Apparat, Figur 18, ist von Venants construiert und soll sich sehr gut bewährt haben. Derselbe besteht in einem auf die Esse befestigten Blechrohr *A*, in welchem eine senkrechte Axe *a* angebracht, deren untere, also nach dem Innern der Röhre gekehrte Seite eine Art archimedischer Schraube *b b*

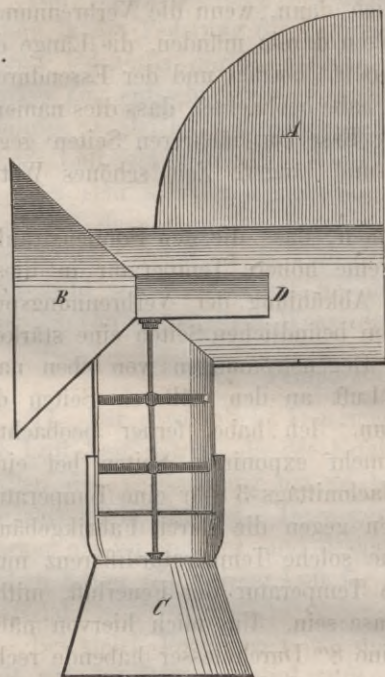


Fig. 17.

trägt. Eine offene Haube *BB*, welche ausserhalb der Röhre auf der Axe *a* befestigt ist und aus Blechstreifen, welche Windmühlenartig zusammengesetzt sind, besteht, dreht sich bei jeder Einwirkung des Windes, und bewegt die Schraube mit, wodurch natürlich ein starker Zug entsteht. (Bulletin de la Société d'Encouragement 1861. Aug.)



Fig. 18.

### Vorrichtung, um die Luft zuzuführen.

80. Da die Winde, welche eine entgegengesetzte Richtung von der Bewegungsrichtung der Verbrennungsproducte haben, mehr oder weniger schädlich wirken, so ist es zweckmässig, den Kanal, welcher die Luft zuführt, so einzurichten, dass der Wind den Zug befördert. Man bringt zu diesem Zwecke um die Luftzuführungsöffnung des Kanals eine unter  $45^\circ$  geneigte bewegliche Klappe an, welche dem Winde entgegengesetzt ist. Diese Vorrichtung

soll sich nach Pecclet sehr gut bewährt haben. Auch kann man für die Luftzuführung ähnliche Apparate benutzen, wie oben für die Mündung der Esse beschrieben wurden.

### Vorrichtungen und Roste zur vollkommenen Rauchverbrennung.

81. Da sich bei der Benutzung von staubartigem Brennmaterial auf Flachrosten sehr viel Rauch entwickelt und durch das häufige Schüren sehr viel unverbrannte Kohle durch den Rost fällt, so hat man, um diesen Uebelstand zu beseitigen, andre Roste construirt, von welchen zuerst der Treppenrost diese Aufgabe ziemlich vollkommen löste.

Für staubartige, nicht backende Steinkohlen, für Braunkohlen, Torfklein etc. haben sich die Treppenroste sehr gut bewährt. Folgende Fig. 19 enthält die Construction eines Treppenrostes für staubige Braunkohle zu einem Dampfkessel von 5' Durchmesser mit  $2\frac{1}{2}'$  Durchmesser des Feuerrohrs nach Scholl.

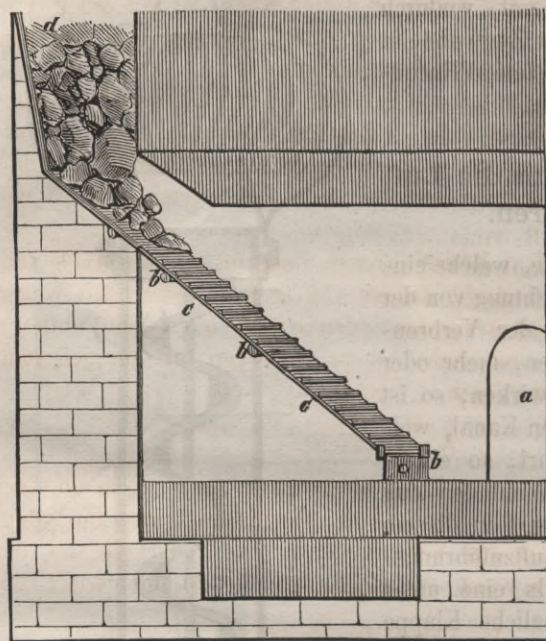


Fig. 19.

*a* Feuerbrücke,  
*b, b, b* drei horizontale Rostträger, auf welche sich 7 Treppenwangen *c* legen. Die Roststäbe sind kurz an die Treppenwangen angegossene Stufen. Der Neigungswinkel des Rostes beträgt  $45^\circ$ . Gewöhnlich nimmt man aber für Braunkohle nur  $38^\circ$  Neigungswinkel, für bakkende Steinkohle  $45^\circ$ . Die Kohle wird in den Trichter *d* gefüllt und fällt von hier auf den Rost.

Bei *e* ist eine Klappthür zum Anzünden des Feuers. Die einzelnen Roststäbe sind hier fest mit einander verbunden, man kann aber auch den Rost so construiren, dass sich die Stäbe einzeln heraus nehmen lassen.

Die Treppenroste bieten vor gewöhnlichen Flachrosten folgende Vortheile.

1) Es fällt keine unverbrannte Kohle durch, sondern alle aufgeschüttete Kohle wird wirklich verbrannt.

2) Geben dieselben eine gleichmäßige Hitze, weil sie stets von einer gleichbleibenden Menge Kohlen bedeckt sind; hierdurch werden die zu erheizenden Körper, z. B. die Dampfkessel, weniger ange-

griffen, während dieselben bei Flachrosten durch den fortwährenden Wechsel zwischen niedriger Temperatur bei und während dem Aufschütten frischer Kohlen, und hoher Temperatur zwischen zwei Aufschüttungen viel mehr leiden.

3) Ersparniss an Brennmaterial dadurch, dass keine überschüssige Luft zu den Feuerungen treten kann, wie es bei Flachrosten beim jedesmaligen Aufgeben von Kohle der Fall ist, wodurch natürlich Wärme absorhirt und unnütz verloren geht.

4) Durch die continuirliche und gleichmässige Kohlenbeschüttung und Verhinderung des Zutritts überschüssiger Luft entsteht eine gleichmässiger und vollkommener Verbrennung, und wird der bei Flachrosten entstehende Rauch vermieden, so wie Brennstoff gespart.

82. Die von dem Königl. Preuss. Bergamt zu Saarbrück veröffentlichten Daten über die Anlage von Treppenrosten sind wegen ihrer Zweckmässigkeit und umfassenden Gründlichkeit dem Publikum bestens empfohlen, und habe ich es deswegen für gut gehalten, selbige hier mit anzuführen.

#### A. Rostfläche.

Die Güte des Brennstoffs ist hierbei maassgebend, je unreiner die Kohlen sind, je grösser muss die Rostfläche sein. Im Allgemeinen nimmt man das Verhältniss der Rostfläche zu der der feuerberührten Fläche wie 1 : 20. Bei reineren Grieskohlen wie 1 : 25.

#### B. Länge des Rostes.

Dieselbe hängt ab, erstens von der Tragfähigkeit der Balken, auf welchen die Stäbe ruhen. Ferner von der Bequemlichkeit, welche zur Bedienung jeder guten Feuerung nothwendig ist. Würde z. B. der Rost zu lang sein, so würde der obere Theil desselben, der Rumpf, zu weit vom Kessel entfernt und bei zu grosser Höhe die Bedienung zu schwierig sein.

Man nimmt daher die schräge Länge des Rostes nicht länger wie 5 Fuss.

#### C. Breite des Rostes.

Die Breite des Rostes wird nach dem vielfachen von 22 Zoll bestimmt, indem sich nämlich die Länge der Roststäbe von 22 Zoll als die zweckmässigste gezeigt hat.

Wenn mehrere Kessel von geringem Durchmesser und grosser



Länge neben einander liegen und die Rostbreite verkleinert werden muss, so ist der zwischen beiden Rosten liegenden Trennungswand eine solche Stärke zu geben, wie die Länge eines feuerfesten Steins beträgt.

#### D. Dimensionen des Rostes mit Rumpf.

Man unterscheidet Rostbalken und Roststäbe. Die Neigung des Rostes wird so genommen, dass sich die Grundlinie der schiefen Rostfläche wie  $\frac{1}{2} : 1$  verhält.

Die Entfernung der Rostbalken im Lichten ist gleich 22 Zoll, die Falze in demselben zum Einlegen der Roststäbe sind jeder 1 Zoll tief; die ganze Länge der Roststäbe beträgt daher 24 Zoll. Da die Stäbe von oben in den Falz geschoben werden, sich in der Wärme ausdehnen und Guss nie ohne Unebenheiten vor sich geht, so nimmt man die Stäbe 23 Zoll lang; die Dicke derselben soll  $\frac{1}{2}$  Zoll und die lichte senkrechte Entfernung soll  $1\frac{1}{4}$  Zoll betragen.

Bei einer Neigung der Rostfläche von  $1\frac{1}{2}$  Fuss liegt die untere Vorderkante des zunächst unter dem obersten liegenden Roststabes um  $1\frac{1}{4} + \frac{1\frac{1}{4}}{2} = 1\frac{3}{8}$  Zoll zurück, und nimmt man deshalb die Breite des Roststabes zu 4 Zoll, um das Durchfallen der kleineren Kohlen zu verhindern.

Zur Unterstützung der Roststäbe ist an jedem Ende und in der Mitte ein Flantschen angegossen, welche in die Falze der Rostbacken passen und  $1\frac{1}{4}$  Zoll hoch sind.

Die Mittelrostbalken erhalten eine Breite von  $2 \times 1 + \frac{1}{2} = 2\frac{1}{2}$ , die Eckstäbe  $1\frac{3}{4}$  Zoll, die Höhe derselben beträgt 3 Zoll. Die Rostbalken legen sich mit je 2 Nasen auf zwei eingemauerte gusseiserne Stäbe, von denen der obere vierkantige 3 Zoll hoch,  $1\frac{1}{2}$  Zoll breit ist. Die Länge dieser Stäbe richtet sich nach der Breite des Rostes, und ist um 1 Fuss grösser als letzterer zu nehmen, damit dieselben auf jeder Seite 6 Zoll in die Seitenwand greifen.

#### E. Aschenraum.

Unter dem untersten Roststabe bleibt ein Raum von mindestens 6 Zoll Höhe, welcher durch 18 Zoll lange und 5 Zoll hohe Bleche geschlossen wird.

Letztere haben für jede Abtheilung hölzerne Stiele, welche

auf eingemauerten gusseisernen Balken ruhen, und dadurch in ihrer Lage erhalten werden.

Um das leichte Herausfallen der Asche zu verhindern, ist vor jedem Roste das Mauerwerk noch 1' breit fortgesetzt und wird dadurch der Verschluss durch die Asche selbst bewirkt, so dass man die Vorsatzblase ganz entbehren kann.

Die Länge des Rostes soll, wie vorher bestimmt, 5' betragen. Die Höhe des Roststabes mit Zwischenraum beträgt  $1\frac{1}{4} + \frac{1}{2} = 1\frac{3}{4}$ ". Bei einer Neigung der Rostfläche von  $1\frac{1}{2}'$  beträgt dieselbe schräg gemessen  $\sqrt{1,75^2 + 2,625^2} = 3,15$ ", es kommen daher auf 60"

Länge  $\frac{60}{3,15} = 19$  Stäbe, wozu noch der untere Roststab, welcher zur Aschenöffnung dient, kommt, im Ganzen also 20 Roststäbe. Der Falz für die Roststäbe beginnt wenigstens 5" über der Sohle des Rostes und erhält zur Aufnahme der Stäbe eine Länge von  $20 \cdot 3,15 = 63$ ". Derselbe wird über die Roststäbe hinaus bis an das Ende des Balkens verlängert, damit die Roststäbe von oben eingeschoben werden können; der Rumpf wird auf die 2" breite obere Fläche des Balkens befestigt.

Damit die Asche leicht entfernt werden und in einem vor die Aschenöffnung gesetzten Wagen fortgeschafft werden kann, wird der Boden des Rostes zweckmässig 2' über dem Fussboden des Kesselhauses angebracht.

Zweckmässig ist es, vor dem Roste vierflügelige Blechthüren anzubringen, welche die beiden gusseisernen Träger als Rahmen haben. Mit Hilfe dieser Thüren ist man im Stande, die durch den Rost strömende Luftmenge zu reguliren, und durch Zuschieben dieser nebst den Essenschiebern das Wasser im Kessel warm und das Feuer im Glühen zu erhalten, so dass letzteres am Morgen beim Oeffnen der Thüren und Schieber wieder leicht in Gang kömmt.

## F. Trichter.

Der Rumpf oder der Trichter über dem Roste, welcher zur Aufnahme der Kohlen benutzt wird, ist so lang wie der Rost breit ist, und 18" breit. Die Seitenwände desselben werden durch die Mauern gebildet. Die vordere gebrochene Seite des Trichters ist aus 2 Platten von Eisenblech angefertigt. Die untere Platte liegt in der Ebene des Rostes und fast auf den oberen Roststab auf. Die lichte Breite derselben wird bei einer Weite des Trichters von

$18'' = \sqrt{1,5^2 + 1^2} = 1,8' = 1,9\frac{1}{2}''$ . Das Blech ist, um es mit dem oberen senkrechten Blech verbinden zu können, 2'' breiter zu nehmen. Zwei Schrauben halten es auf jedem Rostbalken fest, für welche das Muttergewinde in den Rostbalken eingeschnitten ist. Die zwischen dem untersten Trichterblech und dem obersten Roststab befindliche Oeffnung wird mit Thon oder Lehm dicht verschmiert, damit hier keine Luft Zutritt, wodurch das Feuer nach dem Trichter gelangen könnte.

Das oberste senkrecht stehende vordere Blech wird 18'' hoch angefertigt, und wird an einem gusseisernen Stabe mit dem umgebogenen oberen Ende befestigt.

Die hintere Trichterwand wird gleichfalls durch das Gewölbe gebildet, erhält jedoch hier einen gusseisernen Schieber zum Reguliren der Kohlenaufschüttung, denn da bei der grossen Breite der Roste das Gewölbe in der Mitte höher liegt als an den Enden, so ist die Oeffnung in der Mitte grösser, und würde die Kohle hier in Folge dessen in grösseren Mengen auf den Rost fallen, als an den Seiten.

Die lichte Entfernung der Unterkante dieses die Kohlenbeschüttung regulirenden Schiebers soll von dem obersten Roststab nicht weniger wie 4'' und nicht über 6'' betragen. Erstere Oeffnung von 4'' wird bei reinem Kohlengries angewendet, letztere von 6'' wenn der Gries mit Kohlenstücken gemengt ist.

Der gusseiserne Schieber kann durch eiserne Bolzen, welche eingemauert sind, befestigt werden, oder derselbe wird einige Zoll länger gegossen, als die Breite des Rostes beträgt, und an den Seiten eingemauert, oder derselbe wird mittelst einer Kette, an deren Ende ein Gegengewicht befestigt ist, auf und nieder gelassen, indem die beiden Enden in einen gemauerten Falz gleiten.

### G. Dimensionen des Mauerwerks.

Sämmtliche Mauerflächen, welche vom Feuer berührt werden, sind mit einer  $\frac{1}{2}$  Stein starken Schutzmauer von feuerfesten Steinen zu versehen, und sämmtlichen Gewölben ist mindestens auf 1' Länge 1'' Stichhöhe zu geben. Die Mauerarbeit soll von geschickten Maurern unter Fortlassung aller scharfen Ecken ausgeführt werden. Ausserdem ist zu beobachten:

A. Man muss verhindern, dass die Asche nicht in den Zug oder Feuerkanal mit fortgerissen werden kann, selbst wenn sie sich in grösserer Menge ansammeln sollte. Hierzu ist es noth-

wendig, dass der Boden des Rostes mindestens 9" unter der Feuerbrücke liege.

B. Das Gewölbe über dem Boden des Rostes soll eine Höhe von 2 bis 3 Fuss haben, damit ein genügender Raum zum Ansammeln der Asche und für die vollständige Verbrennung der Kohlentheile bleibe. Nach obiger Annahme wird die Höhe im Scheitel des Gewölbes um eben so viele Zolle als der Kämpfer sein, wie die Breite des Rostes in Fussen beträgt.

C. Der horizontale Abstand von der Hinterkante des untersten Roststabes bis zur Vorderkante des Kessels (ohne das feuerfeste Futter zu berücksichtigen) ist gleich der mittleren Höhe des Gewölbes über dem Boden des Rostes,  $2\frac{1}{2}$  bis 3', zu bestimmen.

D. Die Kämpferlinie des Gewölbes ist in der Nähe des Trichters nicht niedriger, als die Unterkante der gusseisernen Platte zu legen, da durch diese die zum Durchfallen der Kohle nöthige Oeffnung gebildet wird. Damit man durch Heben oder Senken der Platte die Oeffnung zum Durchfallen der Kohle höher oder niedriger machen kann, je nachdem man Kohlengruss oder unreine Kohlenstücke anwendet, ist es am zweckmässigsten, die Kämpferlinie eben so hoch zu machen, wie die grösste Höhe der Oeffnung betragen wird. Der Querschnitt der Zugöffnung an der Feuerbrücke ist gleich  $\frac{1}{100}$  der ganzen feuerberührten Fläche des Kessels zu nehmen.

E. Wenn gearbeitet wird, so ist der Trichter wenigstens halb mit Kohlen anzufüllen, damit hier keine Luft durchtreten kann. Nach den vorliegenden Erfahrungen ist es ferner zweckmässig, wenn die Kohlen etwas angefeuchtet werden, was durch eine kleine hölzerne Rinne von der Speiseröhre aus leicht geschehen kann.

#### H. Anlageunkosten von Treppen- und Flachrosten.

In der Dampfsägemühle der Steinkohlengrube Gerhard liegen zwei ganz gleiche Kessel. Jeder hat eine Länge von 10' bei 4' Durchmesser, und zwei Vorwärmer von 12' Länge und 2' Durchmesser, mit zusammen etwa 200 □' feuerberührte Fläche. Der eine der Kessel ist mit einem Treppen-, der andere mit einem Flachroste versehen. Der Treppenrost hat eine Länge von 60" bei 42" Breite; der Flachrost 42" Länge und 42" Breite,

Der Treppenrost kostete:

|                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| für Guss- und Schmiedeeisen . . . | 78 Thlr.         |
| „ Einmauerung mit Material . . .  | 42 „             |
|                                   | <u>120 Thlr.</u> |

Der Flachrost kostete:

|                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| für Guss- und Schmiedeeisen . . . | 77 Thlr.         |
| „ Einmauerung und Material . . .  | 73 „             |
|                                   | <u>150 Thlr.</u> |

### I. Zwei Dampfkessel auf dem Gegenortschacht der Steinkohlengrube Duttweiler.

Dieselben sind ganz gleich und haben einen Hauptkessel von 25' Länge bei 5' Durchmesser und einen Vorwärmer von 22' Länge bei 2½' Durchmesser und circa 360 □' feuerberührte Fläche.

Länge des Treppenrostes 60". Breite 45".

„ „ Flachrostes 60". „ 48".

Der Treppenrost kostete:

|                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| für Guss- und Schmiedeeisen . . . | 72 Thlr.         |
| „ Einmauerung mit Material . . .  | 45 „             |
|                                   | <u>117 Thlr.</u> |

Der Flachrost kostete:

|                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| für Guss- und Schmiedeeisen . . . | 152 Thlr.        |
| „ Einmauerung und Material . . .  | 75 „             |
|                                   | <u>227 Thlr.</u> |

Auf dem Wasserhaltungsschacht der Grube Reden sind drei ganz gleiche Kessel von 20' Länge und 7' Durchmesser; sie enthalten 2 Feuerröhren von 33" Durchmesser, haben daher circa 565 □' feuerberührte Fläche. Ein Kessel ist mit Treppenrost, die beiden andern mit Flachrost versehen.

Länge des Treppenrostes 60". Breite 40".

„ „ Flachrostes 60". „ 2 · 32 = 64".

Der Treppenrost kostete:

|                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| für Guss- und Schmiedeeisen . . . | 72 Thlr.         |
| „ Einmauerung mit Material . . .  | 84 „             |
|                                   | <u>156 Thlr.</u> |

Die Flachroste kosteten jeder

|                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| für Guss- und Schmiedeeisen . . . | 157 Thlr.        |
| „ für Einmauerung . . .           | 74 „             |
|                                   | <u>231 Thlr.</u> |

## K. Verwendetes Brennmaterial auf beiden Rosten unter annähernd gleichen Umständen beim Betriebe.

### Treppenrost Nr. 1.

Während eines Monats wurde 224 Stunden gefeuert, hierbei wurden verbrannt: 500 Ctr. Sägemehl mit 60 Ctr. Praschen, in der Stunde daher 2,23 Ctr. Sägemehl und 0,27 Ctr. Praschen.

### Planrost Nr. 1.

In einem Monate während 570 Stunden Arbeitszeit wurden 570 Ctr. vorzügliche Steinkohlen verbrannt; in der Stunde daher 1,31 Ctr.

### Treppenrost Nr. 2.

In einem Monat bei 422 Stunden Betriebszeit wurden 900 Ctr. Schlammkohlen und kleine Praschen mit 90 Wagen (à 10 Ctr. Steinkohlen-Inhalt) Sägemehl und Sägespäne verbrannt; in der Stunde daher 2,1 Ctr. Schlammkohlen und Praschen und 0,21 Wagen Sägemehl und Sägespäne.

### Flachrost Nr. 2.

Im Laufe eines Monats wurden bei 422 Stunden Betriebszeit 1000 Ctr. gute Kohlen verbrannt; in einer Stunde daher 2,37.

### Treppenrost Nr. 3.

Der Kohlengrus der Grube Reden ist für Treppenroste vorzüglich geeignet; die damit angestellten genauen Versuche ergaben: 1 Pfd. Grieskohle auf Treppenrost verdampft = 5,6 Pfd. Wasser, 1 „ Förderkohle auf Flachrost „ = 6,7 „ „

Die Grieskohle gab 14,28 Proc. Asche,

„ Förderkohle „ 11,5 „ „

Aus allen diesen Daten ergibt sich bei Vergleichung der Treppen- und Flachroste folgendes Verhältniss: die Treppenroste sind billiger wie die Flachroste.

Wenn 100 Pfd. Grieskohlen von der Grube Reden 1 Sgr., 100 Pfd. Förderkohle 4 Sgr. kosten, so kostet die Erzeugung von 100 Pfd. Dampf mit Grieskohlen 2,14 Pfennige, mit Förderkohlen 7,16 Pfennige, man erspart daher mit Grieskohlen 5,2 Pfennige.

Eine Dampfmaschine von 10 Pferdekraft, welche pro Stunde

150 Pfd. Grieskohlen verbraucht, würde in einen Jahre bei 3600 Stunden Arbeitszeit verbrauchen:

Mit Gries von der Grube Reden

$$\frac{3600 \cdot 150 \cdot 1 \text{ Sgr.}}{100 \cdot 30} = 180 \text{ Thlr.}$$

Mit Förderkohlen von der Grube Reden

$$\frac{3600 \cdot 150 \cdot 4 \text{ Sgr.}}{100 \cdot 30} = 720 \text{ Thlr.}$$

Da 1 Pfund Förderkohle stündlich 1,1 Pfund Dampf mehr erzeugt wie 1 Pfd. Grieskohle, so würden 150 Pfd. Förderkohle 165 Pfd. Dampf mehr erzeugen, wie 150 Pfd. Grieskohle.

Da aber der durch 150 Pfd. Grieskohle hervorgebrachte Dampf genügt, um die Maschine zu treiben, so kann man das Aequivalent Förderkohle, welches zur Erzeugung von 165 Pfd. Dampf erforderlich ist, täglich weniger nehmen. 1 Pfd. Förderkohle giebt 6,7 Pfd. Dampf, für 165 Pfd. Dampf werden daher  $\frac{165}{6,7} = 25$  Pfd.

Förderkohle nothwendig sein. Um daher dieselbe Menge Dampf in 3600 Arbeitsstunden zu erzeugen, gebraucht man  $25 \times 3600 = 90000$  Pfd. jährlich weniger, welche à 100 Pfd. 4 Sgr. = 120 Thlr. kosten würden. Die Feuerung mit Förderkohle kostet daher  $720 - 120 = 600$  Thlr.

Diese Zahlen ergeben sich, wenn man eine Dampfmaschine auf der Grube Reden selbst mit Förder- oder Grieskohle betreiben will. Bei grösseren Entfernungen ist zwar das Verhältniss ein etwas anderes, jedoch auch zu Gunsten des Treppenrostes.

In Ludwigshafen kostet die Grieskohle incl. 3 Sgr. Fracht = 4 Sgr.; die Förderkohle 7 Sgr.

Im ersteren Falle kosten daher 3600 Arbeitsstunden, à 150 Pfd. Kohlen,

$$\frac{3600 \cdot 150 \cdot 4}{100 \cdot 30} = 720 \text{ Thlr.}$$

Im letzteren Falle

$$\frac{3600 \cdot 150 \cdot 7 \cdot 5,6}{100 \cdot 30 \cdot 6,7} = 1053 \text{ Thlr.}$$

Die Unterhaltungs- und Reparaturkosten sind bei Treppenrosten nicht grösser als bei Flachrosten, es ist daher die vortheilhaftere Anwendung der Treppenroste gegen Flachroste bei grössern Feuerungen und bei Anwendung von Grieskohlen ausser allem Zweifel.

83. Neuerdings hat Director Pfetsch die Treppenconstruction verbessert. Die Treppenplatten sind in einer Curve angeordnet und mit Schlitten versehen. Um je nach den verschiedenen Kohlenarten die Wände des Fülltrichters in jeder Distanz stellen zu können, ist die eine Wand beweglich. Um den Rost mit Kohlen zu beschicken, ist die zweite Wand nach unten klappenartig geformt und mit einer Handhabe versehen, durch welche die Klappe bewegt werden kann, wenn Kohle auf den Rost gebracht werden soll. (Verhandlungen des Oestreich. Ingenieurvereins 1862.)

### Bewegliche Roste.

84. Seit einigen Jahren werden für nicht zu grosse Feuerungen, namentlich bei schlackigem Brennmaterial, sogenannte Schüttel-

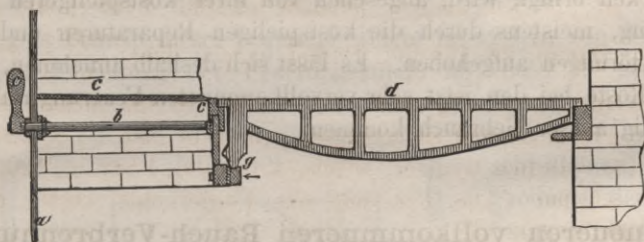


Fig. 20.

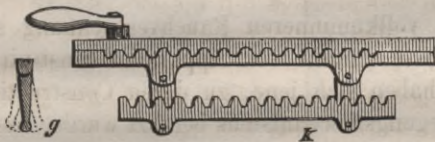


Fig. 21.

roste angewendet. Ihre Construction ergibt sich aus beistehenden Figuren.

Fig. 20. Längenschnitt.

„ 21. Ansicht nach dem Pfeil k.

*a* Thürplatte, *b* Feuerplatte, *c* vorderer an *b* anpassender Rostträger, *d* mit 6 Lücken durchbrochener Roststab.

Damit die Roststäbe pendelartig hin und her bewegt werden können, sind sie da, wo sie aufliegen, nach unten halbcylindrisch abgerundet, eben so die Vertiefungen, in welchen sie ruhen.

Durch das Hin- und Herbewegen werden Krusten und Schlacken zerdrückt und so ihr Durchfallen mit den kleinen Krusten und



Aschentheilen ermöglicht. Jeder Stab hat eine besondere Verlängerung  $g$ , deren Ende in dem cylindrischen Wulst  $g'$  ausläuft. Alle Roststäbe sind durch eine Zahnstange  $h$  verbunden, wodurch bewirkt wird, dass sich dieselben immer parallel bewegen und nicht aus der Lage kommen.

85. Ausserdem werden noch rotirende Roste und verschiedene bewegliche Verbrennungsapparate angewendet. Alle diese Vorrichtungen haben aber das Unangenehme, dass oft Reparaturen im Bewegungsmechanismus vorkommen, welche dadurch entstehen, dass die einzelnen Theile eines solchen Apparates nicht gleichmässig erhitzt und abgekühlt werden, wodurch selbige sich ungleichmässig ausdehnen und krumm werden, was dann natürlich Betriebsstörungen zur Folge hat.

Der Nutzen, welchen die leichtere Entfernung von Asche und Schlacken bringt, wird, abgesehen von ihrer kostspieligeren Einrichtung, meistens durch die kostspieligen Reparaturen und Betriebsstörungen aufgehoben. Es lässt sich deshalb annehmen, dass diese Roste bei den jetzt sehr vervollkommeneten Feuerungsanlagen allmählig ausser Gebrauch kommen.

## **Die neueren vollkommeneren Rauch-Verbrennungsapparate und Feuerungen.**

86. Zur vollkommeneren Rauchverbrennung sind in neuerer Zeit eine grosse Anzahl von Apparaten constuirt worden. Von allen diesen haben sich jene, zu deren Construction ein zu complicirter Bewegungsmechanismus benutzt wurde, aus den oben entwickelten Gründen nicht gehalten. Von allen diesen Rauchverbrennungsapparaten und vollkommeneren Feuerungen haben sich ausser den schon besprochenen sehr zweckmässigen Treppenrosten nur wenige Anerkennung verschafft, namentlich sind dies:

### **Die Feuerung mit Doppelrost von Hall, Fairbairn und Buzonnière.**

87. Das Princip des Doppelrostes besteht darin, dass auf zwei neben oder hinter einander liegenden Rosten gefeuert wird. Sie sind mit Registern versehen, mittelst welcher man die Richtung der Gase und der Flamme in der Weise regulirt, dass, während das auf dem einen Rost ruhende Brennmaterial in der lebhaftesten Verbrennung begriffen ist, die Gase, welche sich von dem eben

mit frischem Brennstoff beschütteten Roste entwickeln, gezwungen werden, durch die glühende Flamme des ersteren zu entweichen. Beim Aufschütten von frischem Brennmaterial wird die Temperatur des Ofens sehr erniedrigt und entwickeln sich viel Gase und Dämpfe, und würde ein grosser Theil dieser Gase unverbrannt entweichen, wenn sie nicht genöthigt wären, durch den andern in voller Glühhitze stehenden Rost zu gehen, wo dieselben sowohl die fehlende Temperatur, wie auch die noch fehlende Luftmenge finden.

Die Verbrennung mit den Doppelrosten von Hall, Fairbairn und Buzonnière ist bei einiger Aufmerksamkeit ziemlich vollständig, doch erfordert namentlich der Apparat von Buzonnière häufige Reparaturen.

### Dr. Gall's rauchlose Feuerung.

Das Princip dieser Feuerung weicht in so fern von den bisherigen Principien der Feuerungskunde ab, dass es gestattet,

Feuerungen ohne Essen, oder mit nur sehr kleinen, um die Producte der Verrennung fortzuführen, zu bauen. Beistehende Figur 22 zeigt den senkrechten Querschnitt einer Gall'schen Feuerung. In dem Keller *B, B* befindet sich der Ofen *A* mit 4 Rosten, welche um den vertikalen, gemauerten Cylinder *C* liegen. Die Entfernung des Rostes bis zum Kessel beträgt 15 bis 20 Fuss. Der Feuerraum ist überwölbt und von dem Feuerkanal *D* durch-

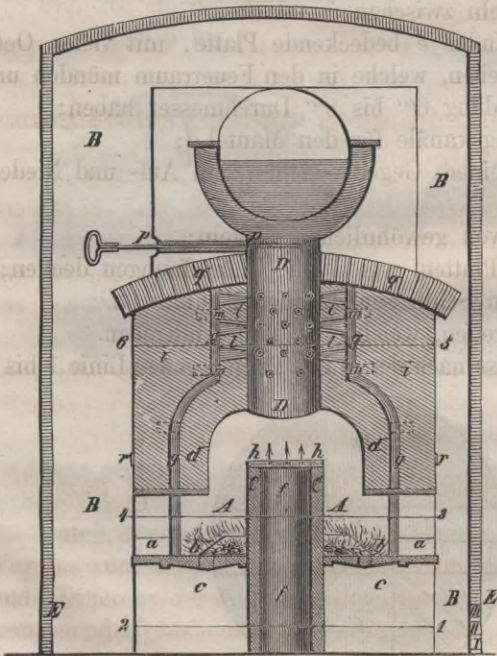


Fig. 22.

brochen. Der zwischen den Rosten befindliche Cylinder *CC* ist oben mit einer feuerfesten durchlöchernten Thonplatte bedeckt, durch welche die Luft in den Verbrennungsraum tritt.

*GG* ist ein Luftkanal, welcher, als schlechter Wärmeleiter, die Wärme verhindert, durch die Wände fort zu gehen, gleichzeitig aber auch warme Luft in den Feuerkanal *D* führt.

### Beschreibung zur Gall'schen Feuerung.

- a a* Oeffnungen zum Schüren;
- b b* die um den Cylinder liegenden Roste;
- c c* Aschenfall;
- d d* Wölbung über den Rosten, aus feuerfesten Ziegeln, kann kuppelförmig und als Kreuzgewölbe aufgeführt werden;
- e e* zwei gusseiserne Röhren, welche in den Kanal *f* Luft führen;
- f* Luftzuführungskanal;
- g g* Luftzuführung für die Kanäle;
- ll* welche in den Feuerschlot *D* münden;
- m m* Verbandziegeln zwischen *i* und *d*;
- h h* die den Cylinder *e* bedeckende Platte, mit vielen Oeffnungen versehen, welche in den Feuerraum münden und an der Mündung 6''' bis 8''' Durchmesser haben;
- h h* Luftzuführungskanäle für den Mantel *l*;
- n* Thüren mit einem Gegengewicht *t* zum Auf- und Niederlassen;
- i i* ein Mantel von gewöhnlichen Ziegeln;
- o o* gusseiserne Platten, welche die Thüröffnungen decken;
- p p* Register zum Schliessen des Feuerschlottes *D*;
- r r* eiserne Zugreifen, welche die Mauer umgeben.

Fig. 23: Grundriss nach der in Fig. 22 gezogenen Linie 1 bis 2.

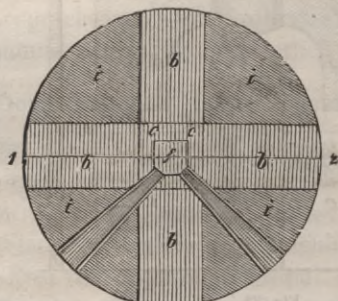


Fig. 23.

Fig. 24: Aeussere Ansicht des Ofens.

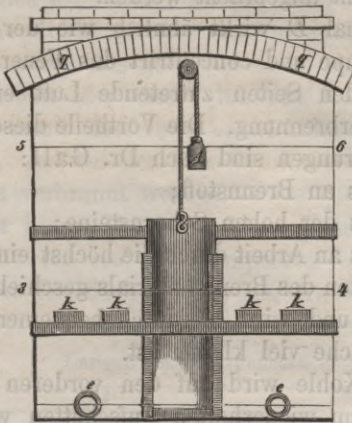


Fig. 24.

Fig. 25: Horizontaldurchschnitt nach der Linie 3 bis 4.

Fig. 26: Horizontaldurchschnitt nach der in Fig. 22 gezeichneten Linie 5 bis 6.

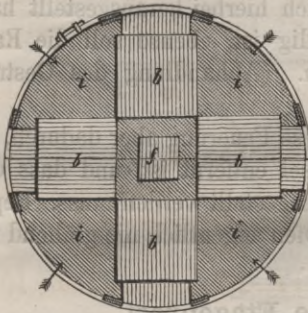


Fig. 25.

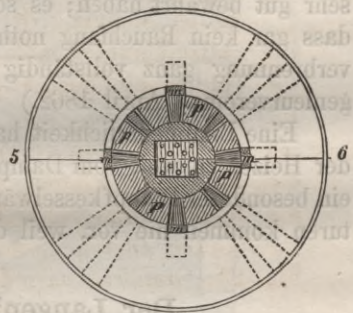


Fig. 26.

Eine genauere Beschreibung erfährt man durch die im Selbstverlage des Herrn Dr. Gall in Trier 1855 erschienene Broschüre.

Durch die tiefe Lage des Rostes hat das Feuer einen langen Weg bis zum Kessel zurückzulegen, dadurch entsteht eine bedeutende Differenz der Luftsäulen, wodurch die Geschwindigkeit der zuströmenden Luft drei mal so gross ist, als die durch einen Schornstein von gleicher Höhe hervorgebrachte. Es sind daher keine hohe Schornsteine nothwendig, eben so können durch den

grösseren Raum etwa noch anzubringende Rauchverbrennungsvorrichtungen leicht angebracht werden.

Der Feuerkanal *D* wirkt ähnlich wie der Gascylinder einer Argand'schen Lampe und concentrirt das Feuer auf einen Punkt. Durch die von den Seiten zutretende Luft entsteht eine vollkommene Rauchverbrennung. Die Vortheile dieser Feuerung gegen gewöhnliche Feuerungen sind nach Dr. Gall:

- 1) Ersparniss an Brennstoff;
- 2) Ersparniss der hohen Schornsteine;
- 3) Ersparniss an Arbeit durch die höchst einfache Behandlung.

Das Aufschütten des Brennmaterials geschieht bei den 4 Rosten nach der Reihe, und wird hierdurch bequemer, weil die zu beschüttende Rostfläche viel kleiner ist.

Die frische Kohle wird auf den vorderen Theil des Rostes geworfen, und beim wiederholten Aufschütten wird die Gluth zurückgeschoben, die vorn liegende Kohlẽ nachgeschoben, welche letztere während dieser Zeit ausgetrocknet und geröstet ist.

Es werden schmiedeeiserne Roststäbe angewendet 4''' stark bei 2½''' Zwischenraum und 4'' Höhe.

Diese Feuerung ist schon mehrfach angewendet und soll sich sehr gut bewährt haben; es soll sich hierbei herausgestellt haben, dass gar kein Rauchfang nothwendig ist, ebenso soll die Rauchverbrennung ganz vollständig sein. (Abhandlung des Oestr. Ingenieurvereins. April 1862.)

Eine Unannehmlichkeit hat diese Feuerung aber dadurch, dass der Heizer zu weit vom Dampfkessel entfernt ist, und dass daher ein besonderer Dampfkesselwärter angestellt werden muss. Reparaturen kommen nie vor, weil der Ofen eigentlich nie glühend wird.

### Der Langen'sche Etagenrost.

88. Dieser Rost hat in neuerer Zeit viel Aufsehen erregt, was nach den Zeugnissen, welche darüber vorliegen, vollkommen gerechtfertigt ist. Nach letzteren bewirkt derselbe eine ganz vollkommene Rauchverbrennung, bei einer Brennmaterialersparniss von 10 bis 15 Proc. (gegen Planrost), und gestattet das staubförmigste Brennmaterial darauf zu brennen.

Umstehende Figuren 27 und 28 enthalten eine vordere Ansicht und Durchschnitt des Rostes.

Die Einrichtung desselben besteht darin, dass der unter einem

Winkel von  $28^\circ$  geneigt liegende Rost in mehrere Etagen abgetheilt ist. Zwischen jeder Etage ist ein leerer Raum von 4" Höhe, durch welchen die Kohle auf den Rost gebracht wird. Die Entzündung des Brennmaterials geht von oben nach unten vor sich.

Dadurch entsteht hier eine glühende Kohlschicht, durch welche die sich unter derselben entwickelnden Gase genöthigt sind, zu passiren, und bei der hier stattfindenden hohen Temperatur vollkommen verbrannt werden.

Da der Rost keine Thüren hat, so kann auch keine überschüssige Luft eintreten und die Temperatur erniedrigen, und da sich ferner auf der Rostfläche immer nur frische Kohlen befinden, so ist der Rost vor Abnutzung durch Verbrennen geschützt.

Langen'scher Etagenrost.

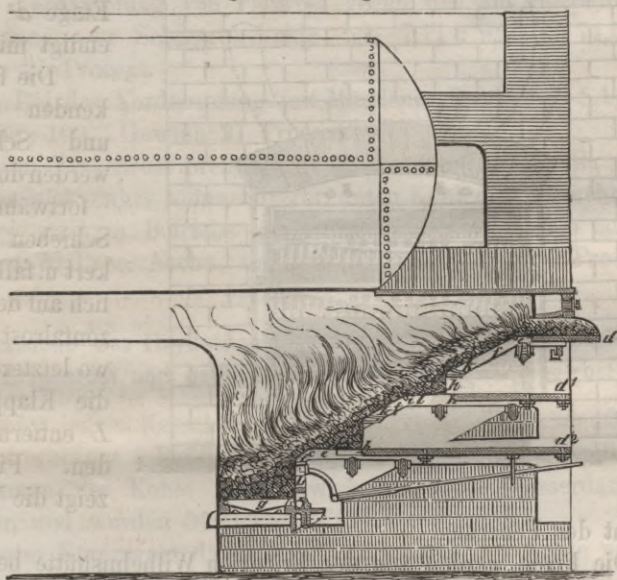


Fig. 27.

Der Betrieb des Rostes ist folgender: Zuerst wird auf der Platte  $d$  Fig. I das Feuer entzündet und die Platte  $d^1$  mit Kohlen beschüttet, welche mit dem Schiebeisen Fig. 3 durch die zwischen der Platte und dem darüber ruhenden Rost befindliche 4" hohe Oeffnung geschoben wird. Das von  $h$  bis  $i$  liegende Brennmaterial wird dadurch weiter geschoben und rutscht von  $i$  bis  $k$ .

Der Theil  $h i$  ist nun mit frischer Kohle angefüllt, welche hier

bleibt, bis sie nach etwa 15 bis 20 Minuten wieder weiter geschoben wird, um frischer Kohle Platz zu machen.

Während dieser Zeit ist dieselbe der Wirkung der darüber ruhenden glühenden Kohlschicht ausgesetzt, wodurch die flüchtigen Bestandtheile derselben abdestilliren und Coks zurückbleibt, welcher, wenn er durch das frisch nachgeschobene Brennmaterial dislocirt wird, auf das darunter liegende frische Brennmaterial der Platte  $d^2$  fällt und dies mit einer glühenden Decke bedeckt.

Bei dem jedesmaligen Nachschieben von Kohle fängt man mit der untersten Etage  $d^2$  an und endigt mit  $d$ .

Die festbackenden Kohlen und Schlacken werden durch das fortwährende Schieben gelockert u. fallen endlich auf den Horizontalrost  $g$ , von wo letztere durch die Klapphüren  $L$  entfernt werden. Figur 28 zeigt die Vorder-

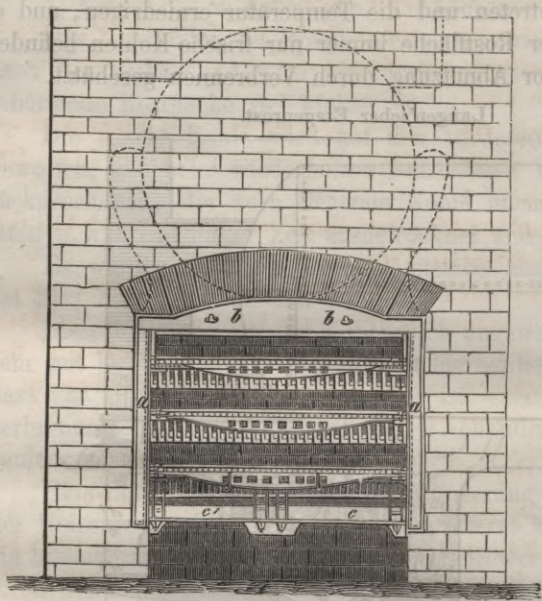


Fig. 28.

ansicht der Feuerung.

Die Roste werden von der Friedrich Wilhelmshütte bei Siegburg für Deutschland angefertigt und sollen bereits 200 Stück aufgestellt sein.

Ausser für Dampfkesselöfen sollen sich dieselben auch für Schweiss-, Flammöfen und Porzellanöfen etc. eignen.

Folgende Versuchs-Resultate über den Langen'schen Etagenrost, welche in technischen Journalen veröffentlicht sind, lassen in der That nichts zu wünschen übrig.

**A. Versuch über den Längen'schen Etagenrost, mitgetheilt vom Fabrikbesitzer F. v. Güllich zu Wertheim bei Hameln.**

1) 1800 Pfd. Westphälische Kohle verdampften 17196 Pfd. Wasser, 1 Pfd. Kohle daher 9,55 Pfd. Wasser.

2) 1900 Pfd. Mündener Kohle verdampften 12289 Pfd. Wasser 1 Pfd. Kohle daher 6,47 Pfd. Wasser.

**Planrost.**

1) 2030 Pfd. Westphälische Kohle verdampften 14444 Pfd. Wasser, 1 Pfd. Kohle daher 7,11 Pfd. Wasser.

2) 2000 Pfd. Mündener Kohle verdampften 10236 Pfd. Wasser, 1 Pfd. Kohle daher 5,11 Pfd. Wasser.

Hieraus ergibt sich die

1) Verdampfung von Planrost gegen die mit Etagenrost bei Anwendung von Schamrokskohle wie  $7,11 : 9,55 = 74,5 : 100$ . Gewinn 25 Procent.

2) Bei der Verdampfung mit Mündener Kohle wie  $5,11 : 6,47 = 79,98 : 100$ . Gewinn 21 Procent.

Beim Etagenrost brennen die Rückstände vollständig aus, es befinden sich daher keine unverbrannten Kohlentheile mehr darin.

Bei starkem Betriebe giebt die Mündener Kohle auf dem Planrost 70 Proc. Asche, auf dem Etagenrost 25—30 Procent.

**B. Versuche des Haydschachtes, Steinkohlengrube Glückshilf, mit Etagenrost und getheiltem Fairbairn Rost (Doppelrost).**

Unter jedem Kessel wurden 12 Schfl. à 90 Pfd. = 1080 Pfd. Kohle verbrannt. Bei dem Planrostkessel währte das vollständige Abbrennen der Kohle mit Entwicklung von Wasserdampf bis  $6\frac{3}{4}$  Uhr, und wurden 5450 Pfd. Wasser verdampft.

Beim Etagenrost dauerte das Abbrennen der Kohle und Verdampfen des Kessels bis  $7\frac{3}{4}$  Uhr und wurden 7360 Pfund Wasser verdampft, hiernach 40 Procent mehr Ausbeute erzielt. Die Bedienung ist weniger beschwerlich als bei einem gewöhnlichen Planrost, und erfordert weniger Geschicklichkeit und Aufmerksamkeit des Arbeiters. Spätere Versuche ergaben, dass auch Staub- und Gruskohlen mit dem besten Erfolg gebrannt werden können.

Was die Dauer anbetrifft, so muss die Erfahrung das Nöthige ergeben, doch ist kein Grund für aussergewöhnliche Abnutzung vorhanden.



### C. Versuchsergebnisse, mitgetheilt von Dr. Stammer.

Derselbe nahm mit vier verschiedenen Rostconstructions Versuche vor. Zu diesem Zwecke wurden auf jedem Roste 2300 bis 3800 Pfund Steinkohle unter einem Kessel gleicher Grösse verbrannt. Der Kessel war  $30\frac{1}{2}'$  lang bei 5' Durchmesser, das Siederohr war  $24\frac{1}{2}'$  lang bei 3' Durchmesser. Es wurde die mit jedem Roste verdampfte Menge Wasser genau bestimmt. Folgende Tabelle enthält die durch gleiche Kohlenmengen erzielten Dampfmengen, und die zur Erzeugung gleicher Dampfmengen nothwendigen Kohlenmengen.

| Bezeichnung der Feuerungen nebst erzielten Resultaten. | Verdampftes Wasser auf 1 Pfd. Kohlen<br>Pfd. | Verdampftes Wasser in einer Stunde<br>Pfd. | Verdampfung für gleiche Kohlenmenge | Kohlenmenge für gleiche Dampfmenge | Kesselfläche für gleiche Dampfleistung. |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
| Gewöhnlicher Planrost                                  | 5,30                                         | 1677                                       | 100                                 | 100                                | 100                                     |
| Gall'sche Feuerung . .                                 | 5,34                                         | 1355                                       | 100,8                               | 99,2                               | 123,7                                   |
| Querrost . . . . .                                     | 5,62                                         | 3323                                       | 106                                 | 94,3                               | 50                                      |
| Etagenrost . . . . .                                   | 6,04                                         | 3234                                       | 113,9                               | 87,8                               | 51,9                                    |

Hiernach ergibt sich für gleiche Dampfmengen bei Treppen- und Etagenrost eine Ersparniss von 6 bis 12 Procent Kohlen gegen Planrost, und verlangen dieselben nur die Hälfte der Kesselfläche wie bei Planrost.

Da aber der Querrost mehr Arbeit verlangt durch häufiges Schüren und Aufwerfen, so ist der Etagenrost vorzuziehen. Jedenfalls erspart man beim Etagenrost  $\frac{1}{10}$  Kohlen und  $\frac{1}{3}$  Kesselfläche.

### Gasgeneratoren und Feuerung mit Gasen.

89. Schön im J. 1812 begann man brennbare Gase zu Feuerungszwecken zu benutzen, und zwar versuchte man zuerst die von den Hochöfen ziehenden Gase zu verwenden, welche bis dahin unbenutzt entwichen waren. Nachdem man hierbei die Erfahrung gemacht, dass die Heizung durch Gasverbrennung viele Vortheile gewähre, fing man an, diese Methode allgemeiner anzuwenden, indem die Brennstoffe direct in gasförmige Producte verwandelt und zu deren Verbrennung besondere Feuerungen construirt wurden.

Die Apparate, in welchen die brennbaren Gase erzeugt wurden, nannte man Gasgeneratoren.

Bei der Darstellung der Gase hat man vorzüglich im Auge Kohlenoxyd zu bilden und durch dessen Verbrennung zu Kohlensäure die eigentliche Heizung zu bewirken. Ausser Kohlenoxyd entstehen natürlich auch noch andere brennbare Gase, wie freier Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe, ob zwar es im Allgemeinen vortheilhafter ist, die Entstehung derselben so viel wie möglich zu verhindern, da, wie schon früher berührt, der pyrometrische Heizeffect derselbengeringer ist als der des Kohlenstoffs. Nach Seite 170 ist der pyrometrische Heizeffect

des Kohlenstoffs = 2478°

„ Wasserstoffs = 2075°

90. Die Gasgeneratoren bestehen gewöhnlich aus senkrechten, den Schachtöfen ähnlichen Oefen mit dicken Mauern, in welchen die Brennmaterialien in dem oberen Theile durch eine hierzu angebrachte Oeffnung aufgegeben werden, während die Gasbildung im unteren Theile stattfindet. In letzterem wird die Verbrennung durch das Verbrennen von Holz und Reisig eingeleitet, und die zur Verbrennung nothwendige Luft tritt entweder ähnlich wie bei gewöhnlichen Feuerungen ein, oder wird durch passende Gebläse wie bei den Hochöfen eingeblasen.

Die Höhe der Brennmaterialschicht hängt von der Beschaffenheit des Brennmaterials und von der Menge und dem Druck der eingeblasenen Luft ab, muss aber jedenfalls so hoch sein, dass aller Sauerstoff der Luft in Kohlenoxyd verwandelt wird; sie wechselt von 3 bis 12' Höhe. Die Gase, welche sich bilden, sind gezwungen, durch das darüber liegende glühende Brennmaterial zu streichen, wobei die entstandene Kohlensäure grösstentheils zu Kohlenoxyd reducirt wird.

Die Wärmemenge, welche erzielt wird, ist die von zwei Processen, nämlich erstens von der Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd, wovon nur wenig zur Benutzung kömmt, zweitens von der Verbrennung des Kohlenoxydgases zu Kohlensäure, welche zur eigentlichen Heizung benutzt wird.

Betrachten wir die beim Verbrennen des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd erzielte Wärme, so ergiebt sich mit Zugrundelegung der von Ebelmen auf der Hütte zu Adincourt ausgeführten Analyse von aus Holzkohlenlüsche gebildeten Gasen folgendes Resultat.

A. Die zur Verbrennung gekommenen Gase, wie dieselben

aus dem oberen Theile des Gasgenerators entwichen, bestanden dem Volum nach aus

|             |   |               |          |
|-------------|---|---------------|----------|
| Kohlensäure | = | 0,50          | Procent, |
| Kohlenoxyd  | = | 33,30         | „        |
| Wasserstoff | = | 2,80          | „        |
| Stickstoff  | = | 63,40         | „        |
|             |   | <u>100,00</u> | Procent. |

Dem Gewichte nach aus

|                                   | Spec. Gew. | Gew.-Thl.     |
|-----------------------------------|------------|---------------|
| $\text{CO}^2 = 0,50 \times 1,529$ |            | $= 0,7645$    |
| $\text{CO} = 33,30 \times 0,967$  |            | $= 32,2010$   |
| $\text{H} = 2,80 \times 0,069$    |            | $= 0,1937$    |
| $\text{N} = 63,40 \times 0,9713$  |            | $= 61,5800$ . |

Die absolute Wärmemenge, welche hierbei erzielt worden, beträgt: 32,201 Kohlenoxyd entsprechen  $\frac{32,201 \cdot 6}{14} = 14$  Theilen

Kohlenstoff. 1 Gew.-Thl. Kohlenstoff giebt beim Verbrennen zu Kohlenoxyd 2473 Wärmeeinheiten; 14 Gew.-Thl. daher 34622°.

Die Wärmecapacitäten der hierbei entstandenen Gase sind mit Zugrundelegung der von Regnault angegebenen Wärmecapacitäten obiger Gase

|             |        |          |   |                |
|-------------|--------|----------|---|----------------|
| Kohlenoxyd  | 32,201 | . 0,248  | = | 7,986          |
| Kohlensäure | 0,7645 | . 0,216  | = | 0,165          |
| Wasserstoff | 0,1937 | . 3,4046 | = | 0,69           |
| Stickstoff  | 61,58  | . 0,244  | = | 15,020         |
|             |        |          |   | <u>23,861.</u> |

Die Temperatur der Gase müsste demnach  $\frac{34,622}{23,861} = 1451^\circ$  sein, und wenn man die durch Bildung von 0,7645 Gew.-Thln.

Kohlensäure entstandene Wärmemenge berücksichtigt, welche

$$\frac{0,7645 \cdot 6}{22} = \frac{6,2 \cdot 8080}{23,861} = 68^\circ \text{ beträgt,}$$

$$= 1451 + 68 = 1519^\circ.$$

Ist der hierbei mit gebildete Wasserstoff aus vorhanden gewesenem Wasser entstanden, und nimmt man an, dass bei der Zersetzung von Wasser eben so viel Wärme gebunden, wie bei Verbrennung von Wasserstoff frei wird, so würden bei der Zersetzung von 1,7433 Gew.-Thln. Wasser, worin gerade 0,1937 Gew.-Theile Wasserstoff enthalten sind,  $0,1937 \cdot 34462 = 6675$  Wärmeeinheiten gebunden werden, welche von obiger Wärmemenge von

34622 W.-E. abgezogen werden muss. Es werden daher nur 27947 W.-E. gewonnen, daher nur

$$\frac{27,947}{23,861} = 1170 + 68 = 1238^\circ.$$

Von dieser Wärmemenge kömmt nun die geringste Menge zur Benutzung, da dieselbe theils durch die Wände des Ofens, theils durch Ableitung während der Strömung der Gase nach dem Ort, wo sie verbrannt werden sollen, verloren geht. Je weiter der Weg ist, welchen die Gase bis dahin zu durchströmen haben, mit einer desto niedrigeren Temperatur müssen sie natürlich ankommen; man kann deshalb die Temperatur derselben auf nicht höher wie 600 bis 800° annehmen oder dem entsprechend zu 19103 Wärmeeinheiten.

**B. Wärmemenge, welche beim Verbrennen des Kohlenoxyds zu Kohlensäure gewonnen wird.**

$$\left. \begin{array}{l} \text{Kohlenoxyd } 32, 201 \cdot 2403 \\ \text{Wasserstoff } 0,1937 \cdot 29512 \end{array} \right\} = 83095.$$

Hierzu die bei der Verbrennung zu Kohlenoxyd entstandenen Wärmeeinheiten = 19103 giebt in Summa 102198°.

Die Verbrennungsproducte, welche bei dem zweiten Prozess gewonnen werden, betragen mit dem zuerst gewonnenen:

|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| Kohlensäure vor der Verbrennung = . . . . .       | 0,50      |
| 32,201 Gew.-Thl. Kohlenoxyd geben an Kohlen-      |           |
| säure = . . . . .                                 | 50,6      |
| 0,1937 Gew.-Thl. Wasserstoff giebt an Wasser-     |           |
| dampf = . . . . .                                 | 1,7433    |
| Stickstoff bei der ersten Verbrennung = . . . . . | 61,5800   |
| Stickstoff bei der Verbrennung des Kohlenoxyd     |           |
| zu Kohlensäure = . . . . .                        | 60,531    |
|                                                   | <hr/>     |
|                                                   | 174,9533. |

Die Wärmecapacität dieser Gase beträgt:

|                                               |        |   |       |   |         |
|-----------------------------------------------|--------|---|-------|---|---------|
| CO <sub>2</sub> vor der Verbrennung . . . . . | 0,7645 | · | 0,216 | = | 0,165   |
| CO <sub>2</sub> nach der „ . . . . .          | 50,6   | · | 0,216 | = | 10,93   |
| O „ „ „ . . . . .                             | 1,7433 | · | 0,475 | = | 0,828   |
| N vor der Verbrennung . . . . .               | 61,58  | · | 0,244 | = | 15,02   |
| N nach der „ „ . . . . .                      | 60,54  | · | 0,244 | = | 14,7    |
|                                               |        |   |       |   | <hr/>   |
|                                               |        |   |       |   | 41,643. |

Die Temperatur der Gase wird daher

$$\frac{102198}{41,643} = 2454^\circ \text{ sein.}$$

Bei dieser Berechnung ist angenommen, dass nicht mehr Luft Zutritt, als zur Verbrennung nothwendig ist. Es ist ferner angenommen, dass nur eine geringe Menge Wasser vorhanden war.

Würde aber ein Brennmaterial viel Wasser enthalten, oder würde man Wasserdampf mit eintreten lassen, wie es bei manchen Apparaten (z. B. die von Thomas und Laurens) geschieht, so müsste der Effect nothwendig ein anderer werden, da das Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird, welcher letztere mit einem Theil Kohlenstoff Kohlenoxyd bildet. Der Prozess würde dann folgender sein. 1 Gew.-Thl. Kohlenstoff giebt 2,33 Gew.-Thl. Kohlenoxyd. Gesetzt die Kohle in dem Generator befände sich im Glühen, und es wird der zur Kohlenoxydbildung nöthige Sauerstoff durch Zersetzung von eingeführtem Wasserdampf bewirkt, so gebraucht man 1,49625 Gew.-Thl. Wasserdampf und erhält dann ausser 2,33 Kohlenoxyd noch 0,16625 Wasserstoff.

Der Wärmeeffect dieser Gase ist  $(2,33 \cdot 2403) + (0,16625 \cdot 29512) = (5599 + 4907) = 10506^\circ$ . Der Wärmeeffect des Kohlenstoffs ist aber  $= 8080$  bei seinem Verbrennen zu Kohlensäure; es beträgt daher die Zunahme der Wärme in diesem Falle nur  $10506 - 8080 = 2426^\circ$ . Da aber das Wasser bei seiner Zersetzung und Wiederbildung keine Wärme liefert, so findet also eine Temperaturerniedrigung hierbei statt, welche durch vermehrtes Einführen von Wasserdampf so steigen kann, dass die Wasserzersetzung ganz aufhört.

Eine Ausnahme hiervon würde nur dann stattfinden, wenn man bis  $500-600^\circ$  überhitzten Dampf einführte, da derselbe dann die zu seiner Zersetzung nothwendige Wärme mit sich führt, obgleich auch hier eine gewisse Grenze nicht überschritten werden darf.

Die Anwendung des Wasserdampfs, wenn Holzkohlen oder Coks zur Gaserzeugung benutzt werden, ist namentlich vortheilhaft, wenn der Weg, welchen die Gase bis zum Heerde zurückzulegen haben, ein sehr langer ist, da man die bei der Zersetzung derselben im Gasgenerator gebundene Wärme bei dem Verbrennen der Gase wieder gewinnt, ohne bei den oft sehr langen Gasleitungen einen Verlust an Wärme befürchten zu müssen. Da nach obiger Rechnung das übermässige Vorhandensein von Wasser die Temperatur des Gasgenerators erniedrigt, so ist es zweckmässig, nur Brennstoffe von einem geringen Wassergehalt anzuwenden, welcher nicht jene Grenze überschreitet, bei welcher die

Wasserzersetzung aufhört. Holz, Torf, Braunkohlen und feuchte Brennmaterialien müssen daher vorher gedarrt werden, damit der grösste Theil oder alles mechanische Wasser entfernt wird.

Wird die Luft mittelst stark erhitzter Dämpfe eingeführt, so soll nach Thomas und Laurens das Gewicht beider in dem Verhältniss von 35 : 1 stehen, wobei dann die durch die Kohlenoxydbildung entstandene Wärme für die Wasserzersetzung genügt, während die Temperatur der Gase 500° ist.

Nach Ebelmen wird, wenn Torf zur Gaserzeugung benutzt wird, keine so gute Zersetzung der Kohlensäure bewirkt, und etwa nur  $\frac{2}{3}$  des Sauerstoffs der Luft zu Kohlenoxyd umgebildet; in solchen Fällen muss man die Brennmaterialschicht höher machen. Bei Gasgeneratoren, welche zur Hervorbringung einer hohen Temperatur dienen, und wo die Gase mit einer grösseren Geschwindigkeit ausströmen sollen, namentlich aber, wenn das Brennmaterial pulverförmig ist, muss die nothwendige Luft immer durch Gebläse eingeführt werden, wo dieses aber nicht der Fall ist, kann man auch die unter gewöhnlichem Druck zutretende Luft benutzen.

Das Princip der Gasflämmöfen lässt sich bei dem grössten Theil der Feuerungen, namentlich aber bei den Dampfkesselfeuerungen benutzen, da vollkommene Rauchverbrennung, sowie manche andre Vortheile dadurch erzielt werden.

Die Vortheile, welche Gasfeuerungen überhaupt bieten, sind:

- 1) vollkommene Rauchverbrennung, daher grösserer Heiz- und Nutzeffect und Ersparniss an Wärme;
- 2) ist man im Stande, die Verbrennung viel leichter zu reguliren;
- 3) braucht weniger geschürt zu werden, daher Ersparniss an Arbeit;
- 4) wird eine hohe Temperatur erzeugt.

91. Für Dampfkesselöfen etc. mit natürlichem Luftzuge lässt sich eine theilweise Gasfeuerung auf folgende Weise ausführen. Umstehende Fig. 29 ergibt das Nähere. Der Ofen *C* enthält zwei Verbrennungsräume *A* und *B*. In *A* ist der Flachrost *a*, auf welchen das Brennmaterial (durch enges Aneinanderlegen der Roststäbe bewirkt) nur unvollkommen verbrannt wird, es entsteht daher hier viel Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoff. Die Gase entweichen durch die beiden Seitenkanäle *b b* und werden im zweiten Verbrennungsraum *B* vollständig verbrannt. In *B* ist ein Luftzug befindlich, in welchen die noch fehlende Luft eingeführt

wird, welchen Zug man durch einen Schieber regulirt. In dem Raum *B*, welcher durch das Gewölbe *D* von *A* getrennt ist, werden die Heerdwände bald hellglühend und entsteht eine hohe Tem-  
 Gasfeuerung von Perutz.

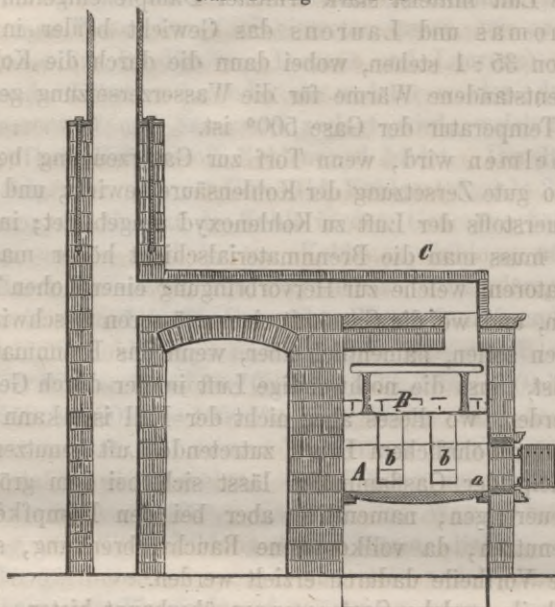


Fig. 29.

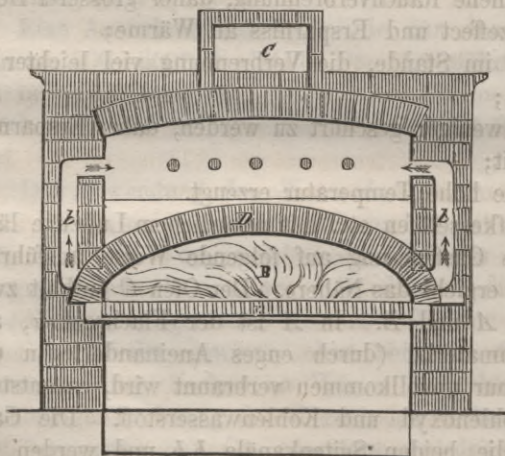


Fig. 30.

entweichen, um hier vollkommen zu verbrennen.

peratur, so dass das Brennmaterial, welches von vorn nach hinten nachgeschoben wird, beim jedesmaligen Aufschütten sehr schnell viel Gase entwickelt, welche, da der Luftzutritt nur genügt, um die Verbrennung zu unterhalten, grösstentheils unverbrannt nach *B*

Nach einiger Zeit werden auch die Kanäle *b b* und der Raum *B* hellglühend, und man ist im Stande, die Temperatur bis nahe zur Weissglühhitze zu bringen. Bei dieser Feuerung geht ein Theil der strahlenden Wärme verloren, um die Heerdwandungen und die Zugkanäle *b b* glühend zu machen; dies wird aber doppelt und dreifach wieder gewonnen durch die ganz vollkommene Rauchverbrennung und durch die bequeme Regulirbarkeit der Verbrennung, vermöge welcher man im Stande ist, jeden Ueberschuss von Luft zu vermeiden. Aus der Esse entweichen nur Kohlensäure, Wasserdampf und Stickstoff. Dadurch, dass der Dampfkessel nicht direct über dem Rost liegt, wird den Gasen hier nicht mehr Wärme entzogen, als sie durch Strahlung an die Heerdwände abgeben, und welche Wärme denselben noch grösstentheils zu Gute kömmt; daher bleibt trotz der unvollkommenen Verbrennung die Temperatur immer hoch genug, so dass die Entwicklung der Gase ungestört vor sich gehen kann.

Ein fernerer Vortheil dieser Feuerung ist, dass die Verbrennungsproducte in dem Augenblicke, wo sie die feuerberührte Fläche des Kessels erreichen, die höchst mögliche Temperatur erreicht haben, da dann sämtliche Gase schon vollkommen verbrannt sind, und dass daher die Transmission der Wärme durch die Kesselwandungen eine viel stärkere ist, während bei den gewöhnlichen Feuerungen ein Theil der Gase erst vollkommen verbrennt, wenn schon ein Theil des Weges an der feuerberührten Fläche zurückgelegt ist.

Die Transmission der Wärme wird ferner dadurch vermehrt, dass die Gase durch die Form der Kanäle *b b* veranlasst werden, eine wirbelnde Bewegung anzunehmen, wodurch immer neue Verbrennungsproducte mit der feuerberührten Fläche in Berührung kommen, welche eine höhere Temperatur haben.

Ich habe diese Feuerung, in der von mir geleiteten Photogenfabrik Wolfsegg in Oberösterreich, so wie in mehreren anderen Fabriken eingeführt, und damit 10 Procent Brennmaterial gegen Flachrost erspart. Die Einrichtung ist einfach, kostet nicht viel mehr als ein gewöhnlicher Flachrost und eignet sich namentlich gut auch für Glasfabriken, in welcher Richtung ich selbst schon einige gelungene Versuche gemacht habe; ferner zum Trocknen nasser Körper, welche der Einwirkung der Verbrennungsproducte direct ausgesetzt werden können, z. B. bei Malz- und Rübenbarren, beim Trocknen des Salzes etc., wobei gegenüber der



Methode, diese Körper mittelst in Röhren erhitzter Luft zu trocknen, viel Brennmaterial erspart wird.

Hierüber, so wie über die zweckmässigsten Dimensionen der Feuerung mit specieller Mittheilung des Betriebes, bin ich gern bereit, auf Verlangen etwas Näheres mitzutheilen.

Figur 30 zeigt einen Querdurchschnitt meiner Feuerung.

### Allgemeine Betrachtungen über Oefen und den Betrieb derselben.

92. Zur vollkommenen Rauchverbrennung ist es nothwendig, dass die Temperatur der verbrennenden Gase nicht unter 450—500° sinke. Die Feuerungsanlage ist deshalb auch so zu machen, dass den brennenden Gasen in dem Augenblicke ihres Entstehens nicht zu viel Wärme entzogen wird, und ist deshalb darauf zu halten, dass das Gefäss, welches erhitzt werden soll, nicht direct über der Feuerung liegt, weil dasselbe viel Wärme absorbirt. Erst dann, wenn man eine kräftige Flamme erzeugt und aller Kohlenstoff der Gase glühend ist, soll denselben ihre Wärme entzogen werden. Aus demselben Grunde ist auch darauf zu halten, dass die Seitenwände des Feuerheerdes nicht zu viel Wärme absorbiren und fortleiten, wozu nothwendig ist, dass dieselben aus schlechten Wärmeleitern angefertigt werden. Die feuerfesten Chamottsteine haben sich erfahrungsmässig zu diesem Zweck am besten bewährt, und wenn dieselben auch kostspieliger sind, als gewöhnliche Mauersteine, so wird dieser Nachtheil doch dadurch aufgehoben, dass die Haltbarkeit derselben eine viel grössere ist; es werden daher jetzt alle Theile der Feuerungsanlage, welche mit dem Feuer in directe Berührung kommen, aus Chamottsteinen angefertigt.

Bei Feuerungen, welche eine hohe Temperatur auszuhalten haben, schleift man die Ziegel auf einander und wendet als Bindemittel derselben Chamottpulver an, welches mit etwas gewöhnlichem Thon, etwas Salz (oder noch besser Natronwasserglas) und etwas Braunkohlen- oder Steinkohlenasche vermischt ist.

Das Salz oder Wasserglas bewirkt, dass das zum Mauern verwendete Bindemittel mit den Steinen zusammenschmilzt und eine festere Masse bildet. Es ist ferner sehr zweckmässig, die Heerdwände mit einer aus Wasserglas, Lehm und Asche oder der folgenden Mischung zu überstreichen: 3 Theile trockenen Lehm,

1 Theil Kochsalz mit schwachem Essig zu einem dünnen Brei angerührt. Durch diesen Anstrich entsteht bei dem Erhitzen eine Glasur, welche die Wärmestrahlen reflectirt, und deren Absorbition durch die Wände vermindert.

Bei der Bereitung der feuerfesten Ziegel ist die grösste Sorgfalt nothwendig, namentlich müssen die zur Darstellung benutzten Rohstoffe gut mit einander gemengt und verarbeitet werden, so dass die Steine beim Durchbrechen keine Knollen und ungleiche Beschaffenheit zeigen.

Es giebt zweierlei feuerfeste Steine, Sand und Thonsteine; die ersteren bestehen hauptsächlich aus Sand und enthalten nur so viel Thon, wie als Bindemittel durchaus nothwendig ist. Der Thongehalt darf aber in vielen Fällen  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{5}$  nicht übersteigen, wenn auch die Masse dadurch schwieriger zu bearbeiten und zu formen ist.

Man stellt die Chamottsteine so dar, dass man den Thon bis zur Verglasung brennt, dann grobkörnig gepulvert mit unverbranntem Thon mengt, zu Steinen formt, trocknet und wieder brennt. Das Verhältniss der Mischung ist auf 1 Theil trockenem ungebranntem Thon  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Theile gebrannten Chamott. Ein sehr gutes Chamottpulver geben Porzellankapseln.

Die besten und berühmtesten englischen Chamottsteine sind die, welche bei Stourbridge in der Nähe von Birmingham gewonnen werden. Dieser Thon hat trocken ein specif. Gewicht von 2,49; zerfällt im Wasser zu einem aus zähen Klümpchen bestehenden Schlamm, welcher erst durch längeres Bearbeiten eine gleichmässige Beschaffenheit annimmt. Er ist hart mit einem unebenen feinsplittrigen Bruch, und hat ein dunkelgraues, fast steinartiges Ansehen. Er besteht aus:

|                      |          |
|----------------------|----------|
| Kieselerde . . . . . | 69,993   |
| Thonerde . . . . .   | 19,050   |
| Wasser . . . . .     | 6,800    |
| Eisenoxyd . . . . .  | 2,702    |
| Verlust . . . . .    | 1,455    |
|                      | <hr/>    |
|                      | 100,000. |

Damit die zwischen den Steinen befindlichen Bindemittel, Mörtel oder Thonpulver, nicht zu stark werden, ist es nothwendig, dass die auf einander zu liegenden Flächen der Ziegel recht grade und winkelrecht auf einander passen. Für gewöhnliche Feuerungen, welche keine sehr starke Hitze auszuhalten haben,

verwendet man einen Mörtel, welcher dieselben verhältnissmässigen Gewichtsmengen Thon und Sand enthält, wie die Steine selbst.

### Ueber Dimensionen der Zugkanäle.

93. Man halte darauf, dass die Züge nicht zu weit sind, da in diesem Fall ein Theil der Heizoberfläche verloren geht, in so fern die Strömung der Gase nur im oberen Theil der Züge vor sich gehen würde. Sehr zweckmässig habe ich es gefunden, den Zügen die Form eines rechtwinkligen Dreiecks zu geben, und zwar so, dass der Stein, welcher den Zug zudeckt, die Hypothese bildet, während die beiden Katheten an der Sohle und der Kesselwand zu liegen kämen, ähnlich wie es vorstehende Fig. 31 ergibt.

$AB$  ist der Stein, welcher den Zug deckt,  $AC$  Sohle des Zuges,  $CB$  Kesselwand.

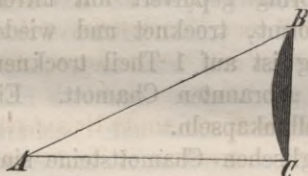


Fig. 31.

Die Reibung der Verbrennungsproducte ist, wenn dieselbe überhaupt grösser ist, nicht viel grösser, als bei gewöhnlichen Zügen, wird aber durch den grösseren Heizeffect aufgehoben, welcher dadurch erzielt wird, dass die Verbrennungsproducte bei ihrer Strömung durch den Zugkanal mehr nach unten und nach der Kesselwand gedrückt werden, dabei eine grössere Bewegung annehmen und der Kesselwandung viel neue Berührungspunkte bieten.

Bei dem direct hinter dem Rost unter dem Kessel liegenden Zugkanal hat der Querschnitt desselben keinen Einfluss, da die Verbrennungsproducte hier der Oberfläche des Kessels folgen.

Da der Rus die Transmission der Wärme hindert, so müssen die Züge von Zeit zu Zeit gereinigt werden.

Unter den unteren Kanälen wird mit Vortheil ein gewölbter Raum angebracht, welcher sowohl die Wärmeleitung in den Boden, wie auch die Anlage und Reparaturkosten vermindert.

Um die durch die Ausdehnung und Verschiebung der Mauersteine und damit verbundene Zerreissung des Gemäuers zu verhindern, befestigt man die Oefen mittelst eiserner Stäbe und Platten, namentlich wenn die Oefen eine hohe Temperatur auszuhalten haben, wie in Soda-, Pottasche-, Blutlaugensalzfabriken etc.

Sehr zweckmässig kann man hierzu alte Eisenbahnschienen benutzen, welche billig zu haben sind.

Wenn mehrere Kessel nebeneinanderstehen, so ist es zweckmässig, sie nicht mit einander zu verbinden, sondern durch kleine Zwischenräume von einander zu trennen. Die Fugen des Feuerungsgemäuers und der Esse müssen sehr gut verstrichen werden, da im andern Falle leicht überschüssige kalte Luft durch dieselbe zur Feuerung tritt, wodurch der Heizeffect geschwächt und der Zug vermindert wird.

### Vorschriften für den Heizer.

94. Wenn eine neu erbaute Feuerung in Betrieb gesetzt werden soll, so darf das Anfeuern nur sehr langsam geschehen, damit die in den Wänden befindliche Feuchtigkeit Zeit hat zu entweichen. Das Feuer wird daher den ersten Tag nur mit Reisig, Stroh und etwas pulverförmigem Brennmaterial unterhalten, auch kann man die Thür etwas öffnen, damit die Luft das Austrocknen befördere. Was die zweckmässige Wahl des Brennstoffes anbetrifft, so ist dies gewöhnlich schon vorher bei Construirung des Rostes bestimmt.

Will man verschiedene Sorten Brennstoff auf ihren Heizwerth untersuchen, so benutze man jede Sorte mindestens 4 Tage wozüglich unter denselben Verhältnissen, und sehe zu, wie viel von jeder verbraucht ist, um dieselbe Menge Dampf zu erzeugen. Manche Brennstoffe geben einen besseren Heizeffect, wenn sie vermischt angewendet werden, z. B. Steinkohle.

Was die Trockenheit der Brennmaterialien anbetrifft, so ist schon früher, Seite 95, das Nöthige gesagt worden, es ist nur noch hier hinzuzufügen, dass staubförmige Braunkohle und Steinkohle dann den grössten Heizeffect geben, wenn sie so weit angefeuchtet werden, dass beide einen steifen Brei bilden, da das trockene Brennmaterial wegen seiner pulverförmigen Beschaffenheit in nicht unbedeutender Menge unverbrannt durch den Rost fallen würde. Natürlich wendet man das feuchte Brennmaterial erst an, wenn durch Verbrennen von Holz oder stückiger Kohle eine hinreichende Gluth auf dem Rost ist.

Ebenso müssen backende Steinkohlen angenässt werden; Holz, Torf und stückige Braunkohlen dagegen nur trocken.

Das Schüren muss regelmässig, mit Sorgfalt und so schnell wie möglich geschehen, damit nicht zu viel kalte Luft in den

Ofen gelangt. Die Dicke der Brennmaterialschicht lässt sich eigentlich erst bestimmen, wenn einige Zeit geheizt ist. Es ist hierbei das schon früher Gesagte, Seite 103 und 106, zu berücksichtigen, man darf weder zu dicke, noch zu dünne Schichten oder zu grosse Stücken anwenden, welche letztere nie grösser wie eine Faust dick sein sollen. Bei zu dünnen Schichten und bei Stückenkohlen dringt zu viel kalte Luft in den Heizraum, bei zu dicken Schichten aber destillirt ein Theil des Brennmaterials über, ohne zu verbrennen, wenn nicht, wie bei den Gasflämmöfen etc., später noch Luft Zutritt.

Bei Stein- und Braunkohle darf die Brennschicht im Allgemeinen 4 bis 6 Zoll Höhe nicht übersteigen; bei Torf 8 bis 15 Zoll; bei Coks 12 bis 15 Zoll.

Hat der Heizer die richtige Dicke gefunden, so muss er darauf halten, dass nie mehr aufgegeben wird, indem er bei solchen Brennmaterialien, welche mit der Schaufel auf den Rost geworfen werden, die Schaufeln, bei Holz die Stücke zählt, bei Torf mit einem Gefäss das nöthige Quantum abmisst oder auch die Stücke zählt.

Gewöhnlich reichen 6—10 Schaufeln in Zwischenzeiten von 10 bis 20 Minuten aufgeworfen hin, um das Feuer in der nöthigen Intensität zu erhalten.

Der Heizer darf ferner das Feuer nicht plötzlich zu lebhaft machen, oder durch Einspritzen von Wasser plötzlich auslöschen, da durch solche plötzliche Temperaturveränderungen nachtheilige Folgen bei der ungleichen Ausdehnung der Kessel und Feuerungskanäle entstehen. Auch bilden sich bei zu heftigem Feuer an der Kesselwandung Oxydschalen, welche sich dann ablösen und die Festigkeit des Kessels schwächen.

Wenn die Feuerung auf kurze Zeit unterbrochen werden soll, so öffne der Heizer die Ofenthür und lasse das Register nieder. Wenn der Betrieb Abends eingestellt wird, so richte sich der Heizer so ein, dass beim Schluss nicht zu viel Gluth auf dem Roste befindlich ist, so dass nacher der Dampfdruck zu stark werden könnte. Nachdem er die Gluth mit Asche bedeckt, wird Register und Asenthür geschlossen.

Bei schlackigem Brennmaterial muss die Schlacke mit dem Schüreisen öfters entfernt, etwaige Schlackenkrusten vor dem jedesmaligem Aufschütten zerstoßen und aufgelockert werden, damit die Luft Zutreten kann. Lässt man die Schlacken zu sehr

ansammeln, so erhitzen sich die Roststäbe zu leicht und verbrennen.

Damit die Luft nicht an dem Einströmen in den Aschenfall gehindert und durch die strahlende Wärme der glühenden Asche zu sehr verdünnt werde, darf man die Asche nicht höher wie bis auf 2 Fuss Entfernung vom Rost ansammeln lassen. Bei einer zweckmässigen, der Beschaffenheit und Form des Brennstoffs entsprechenden Feuerung, dürfen bei guter Abwartung der letzteren keine oder nur eine ganz geringe Menge unverbrannten Brennstoffs in den Aschenfall fallen.

Da die Dampfkessel nur für einen gewissen Ueberdruck construirt sind, so muss der Heizer das Manometer (das Instrument, welches diesen Ueberdruck anzeigt) genau überwachen. Uebersteigt der Druck die vorgeschriebene Grenze, so muss er durch Niederlassen des Registers, mehr oder weniger Oeffnen der Ofenthür den Druck vermindern. Die Sicherheitsventile müssen öfters gehoben werden, um zu sehen, dass sie nirgends festsitzen, und dürfen dieselben nie mit mehr Gewichten als vorgeschrieben ist, belastet werden. Nach neueren Vorschriften müssen die Ventile in eisernen Kästen befindlich sein, welche verschlossen werden können und wovon der Schlüssel in den Händen des Dirigenten des betreffenden Etablissements befindlich sein muss. Auf diese Weise sind die Heizer nicht im Stande, das Ventil stärker zu belasten. Um hierbei das Ventil dann und wann lüften zu können, geht eine eiserne Kette durch den Kasten, welche am Hebel des Ventils befestigt ist.

Hauptsächlich muss aber der Heizer den Wasserstand im Kessel beobachten, damit derselbe nicht zu tief sinke. Die allgemeine Vorschrift ist, dass der Wasserstand im Kessel 6 Zoll über den obersten Zug sei. Die Hähne, welche an dem Wasserstandsapparat befindlich sind, sollen mindestens alle  $\frac{3}{4}$  Stunde geöffnet werden, weil sie sich oft verstopfen und dann den Wasserstand nicht mehr richtig anzeigen.

## Nachträge.

### Apparate zur Messung der Geschwindigkeit des Zuges.

95. Die Apparate, welche man hierzu benutzt, werden Anemometer genannt und sind unter den verschiedenen Constructionen besonders der Apparat von Combes und von van Hecke hervor-

zuheben. Ersterer wird namentlich zur Messung der Geschwindigkeit des Zuges bei Schornsteinen, letzterer namentlich zur Bestimmung der Ventilation grosser Gebäude, wie Hospitäler, Kasernen etc. benutzt.

Ihre Construction ist sehr einfach und besteht in einer Axe, auf welcher mehrere Flügel befestigt sind. Diese Flügel werden in der Richtung des Luftstromes aufgestellt, und durch ihre Umdrehung die Geschwindigkeit des Luftstroms während einer gewissen Zeit festgestellt. Die beistehende Fig. 32 ergibt eine Ansicht des Combes'schen Apparates.

### Anemometer von Combes.

Derselbe besteht aus einer in zwei feine Spitzen auslaufenden Spindel *C C*, welche sich in zwei Agatpfannen drehen, die in den beiden Säulen *S S* angebracht sind; auf der Spindel sind 4 ebene Flügel *A* befestigt, die eine gleiche Neigung zu einer senkrecht auf der Axe stehenden Ebene haben. Die Spindel hat eine Schraube ohne Ende *D*, die in ein Schraubenrad mit 100 Zähnen *B* greift, welches bei jeder Umdrehung der Spindel *C C* um einen

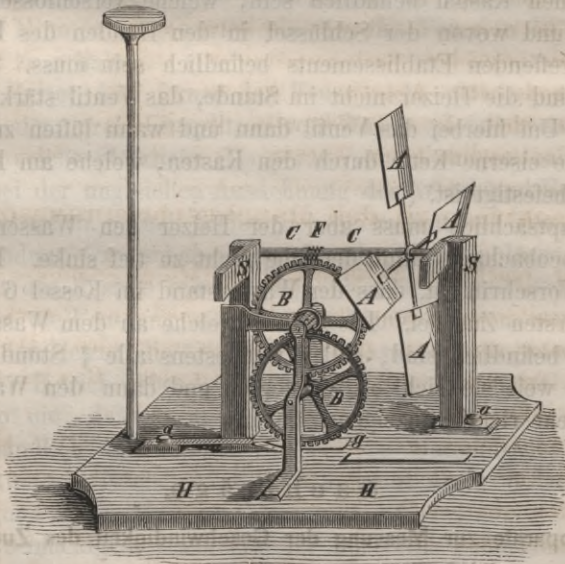


Fig. 32.

Zahn vorrückt. Die Spindel, auf welcher dieses Rad befestigt ist,

hat einen kleinen Daumen, der auf ein Sperrrad *B* von 50 Zähnen einwirken kann. Dieses Sperrrad wird durch eine sehr biegsame Stahlfeder *G*, die an der horizontalen Grundplatte *HH* befestigt ist, fest gehalten. Bei jeder vollständigen Umdrehung des Rades *a* veranlasst der Daumen den Zurücktritt von einem Zahn des Sperrrades. Die beiden Räder sind von 10 zu 10 Zähnen, das erstere von 1—10, das zweite von 1—5 numerirt. Zeiger, welche an den Säulen *S* und *F* angebracht sind, geben die Anzahl der Zähne, um welche jedes Rad vorgerückt ist, und folglich auch die Anzahl der Umdrehungen der Axe an. Mittelst eines Drückers und zweier Schnurren *MM*, welche ihn bewegen, kann man aus der Entfernung die drehende Bewegung der Flügel aufhalten, oder ihnen gestatten, dass sie sich durch die Luft, die auf sie stösst, drehen.

Mittelst des van Heck'schen Apparates, siehe beistehende Fig. 33, ist man im Stande, die Luft zu messen, welche in Minuten, Stunden, Tagen, Monaten und Jahren durch irgend einen Raum strömt.

Zur Messung des in den Schornsteinen herrschenden Drucks bedient man sich besonders dazu construirter Wassermanometer - Apparate. Nähere Angaben über diese findet man in Peclet's Handbuch der Wärme.

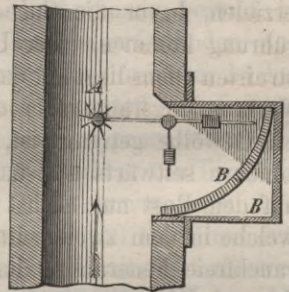


Fig. 33.

### Nachträge zu den Rauchverbrennungsöfen.

**Ofen zur rauchlosen Verbrennung von Dr. H. Schwarz in Breslau.**

Derselbe ist wegen seiner Einfachheit und Zweckmässigkeit aller Beachtung werth und bestens zu empfehlen. Derselbe hat, Fig. 34, folgende Einrichtung. Das Gewölbe *B* wird durch den darunter liegenden Rost *A* bis zum Glühen erhitzt.

Die Gase, welche gezwungen sind, sich dicht unter dem Gewölbe *b* fortzubewegen, kommen dabei mit der glühenden Fläche des-

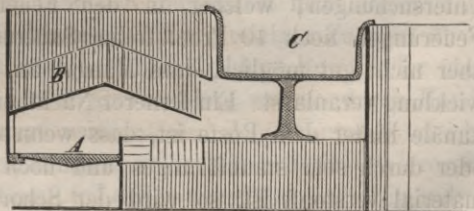


Fig. 34.



selben in Berührung und verbrennen dadurch vollständig. Die Gewölbe *bb'* müssen durch eine dicke Schicht gewöhnliches Mauerwerk vor der Ausstrahlung der Wärme geschützt werden; die Gewölbe selbst müssen von sehr guten feuerfesten Chamottsteinen mit möglichst engen Fugen gemauert werden. Nach den Angaben des Erfinders ist der Effect ein vorzüglicher, so dass die Steinkohlen selbst im Augenblick des Aufwerfens keinen Rauch geben.

Das Princip dieses Ofens ist im Allgemeinen dasselbe, welches ich bei der Construction des von mir construirten Gasflammpfens befolgt habe, welcher Seite 172 im Princip beschrieben ist. Auch hier liegt der zu erhitzende Gegenstand nicht über dem Brennmaterial, damit demselben nicht zu viel Wärme entzogen werde, sondern liegt entsprechend hinter oder über dem Roste; auch hier ist darauf gehalten, den Raum über dem Brennstoff zum Glühen zu bringen und dadurch erst eine vollständige Verbrennung zu erzielen, bevor die Gase mit dem zu erheizenden Körper in Berührung kommen. Der Unterschied dieses und des von mir construirten Ofens liegt nur darin, dass bei meinem Ofen der eigentliche Verbrennungsraum über dem Rost liegt und von letzterem durch ein Gewölbe getrennt ist, so wie dass die Gase nicht nach hinten, sondern seitwärts und nach oben entweichen. Ferner darin, dass auf dem Rost nur höchst unvollkommen verbrannte Gase entstehen, welche in dem zweiten Raum erst vollkommen verbrennen. Ueber rauchfreie Feuerungen hat Dr. H. Schwarz im polytechnischen Journal Bd. 148, S. 133, einen Aufsatz veröffentlicht, welcher die Grundsätze darlegt, welche er bei der Construction von rauchlosen Feuerungen für nothwendig hält, und die bestehenden derartigen Feuerungen einer Kritik unterzieht. Aus der letzteren theile ich hier Einiges als besonders lehrreich mit.

96. Derselbe macht darauf aufmerksam, dass ein grosser Theil der Rauchverzehrungsfeuerungen als Princip festgehalten haben, frische Luft hinter dem Rost einzuführen. Nach Peclet's Untersuchungen, welcher in den Feuerungsgasen der meisten Feuerungen noch 10 Proc. freien Sauerstoff nachgewiesen, ist es aber nicht gut möglich, dass Mangel an Sauerstoff die Rauchentwicklung veranlasst. Ein fernerer Nachtheil solcher Luftzuführungskanäle hinter dem Roste ist, dass wenn der Rost durch Schlacke oder durch sehr staubförmiges und hoch aufgeschichtetes Brennmaterial verstopft ist, so wird der Schornstein die Luft vorzugsweise durch die Luftzuführungskanäle ansaugen, es wird aber dann

eine ähnliche Wirkung eintreten, wie bei geöffneter Ofenthür, in welchem Falle die Luft aufhört durch den Rost zu strömen, und dadurch die Verbrennung ganz oder theilweise stört. Wenn bei einer richtig construirten Feuerung durch Zuführung von Luft durch besondere Kanäle die Rauchentwicklung erniedrigt wird, so ist dies nur scheinbar, da der Rauch in diesem Falle durch die reine Luft nur mehr verdünnt und dadurch weniger sichtbar wird.

Fernere Nachtheile solcher Luftzuführung sind, dass eine grosse Menge Luft unnütz erwärmt in den Schornstein entweicht, und dass die grössere Menge der wenig erhitzten Feuergase bei einer geringeren Heizfläche ihre Wärme nicht genügend abgibt und mit einer zu hohen Temperatur entweicht. Die Transmission der Wärme erfolgt erfahrungsmässig um so schneller, je grösser die Temperaturdifferenzen sind.

Ein andres Princip zur rauchlosen Verbrennung besteht in der gleichmässigen, in nicht zu grossen Mengen erfolgenden Zuführung des Brennstoffs. Um diesen Zweck zu erreichen, ist bei staubförmigem, nicht zusammenbackenden Brennstoff, bei erdigen Braunkohlen und sandigen Steinkohlen der Treppenrost der empfehlenswerthe. Die Erfordernisse bei Anwendung von Treppenrost sind: 1) Die Neigung des Rostes muss genau nach dem Böschungswinkel der Kohle eingerichtet werden; 2) der Brennstoff muss von ziemlich gleichmässiger Grösse sein, damit nicht grössere Stücke durch ihre grössere Schwere zu rasch herabrollen, oder beim Liegenbleiben überflüssige Luftwege eröffnen; 3) der Rost muss durch eine zwischen Füllkasten und Rost angebrachte Flügelwelle gleichmässig gespeist werden. Bei Erfüllung dieser Vorschriften wird man auf eine fast vollkommene Rauchverbrennung rechnen können, denn da der Brennstoff auf seinem Wege von oben nach unten eine immer höhere Temperatur annimmt, wird die Entzündung desselben bewirkt und die Rauchbildung verhindert. Für backende Steinkohlen kann der Treppenrost nicht angewendet werden, weil dieselben in einen compacten teigigen Zustand übergehen. Für diese hat man kreisförmige drehbare Roste, oder über Walzen gespannte Kettenroste angewendet, welche durch Hand- oder Maschinenkraft bewegt wurden, um den Brennstoff gleichmässig zum Feuerheerd zu bringen, wie solche z. B. in der grossen Kerzenfabrik von Price u. Comp. in London eingeführt sind. Ein andres Princip ist die Umkehrung der Zugrichtung gegen das brennende

Brennmaterial, welches eine vorzügliche Rauchverbrennung bewirkt, leider aber selten anwendbar ist. Bei Anwendung dieses Princip durchdringt die Luft das frische Brennmaterial, trocknet es aus und presst alle Gase durch die glühende Kohlschicht, welche bei der hohen Temperatur, der sie hier ausgesetzt sind, vollkommen verbrennen. Das Brennmaterial kömmt ganz gleichmässig zur Verbrennung und verbrennt nur in dünnen Schichten, wodurch von Hause nur wenig Kohlenoxyd entstehen kann. Auf dieses Princip ist der Dumer'y'sche Apparat gebaut, welcher zur Feuerung von Porzellanöfen mit Holz benutzt wird; derselbe ist jedoch sehr complicirt, kostspielig und vielfachen Reparaturen unterworfen.

Das zweckmässigste Princip zur vollkommenen Rauchverbrennung sind die sogenannten Vorfeuerungen, welches auch der oben von Dr. Schwarz angegebenen Feuerung zu Grunde liegt. Derselbe bewundert, dass dasselbe nicht schon lange in der Heizungskunde benutzt sei, da man durch ein in der Beleuchtungskunde schon lange bekanntes Experiment das Abscheiden von Russ, wenn ein kalter Körper in die Lichtflammen gehalten wird, hätte darauf hingewiesen werden müssen.

Wenn in die Flamme einer Oellampe oder eines Stearin- oder Wachslichtes, oder in eine mit absolutem Alkohol gespeiste Spirituslampe ein kalter Körper, z. B. eine Messerklinge oder ein mit kaltem Wasser gefüllter Kessel gehalten wird, bevor die Verbrennung eine vollkommene ist, so scheidet sich an den kalten Körpern Russ ab, weil die Temperatur unter der Entzündungstemperatur des Kohlenstoffs gebracht ist.

Wenn dies aber schon bei solchen sauerstoffhaltigen Körpern der Fall ist, um wie viel mehr muss dies nicht stattfinden bei den Kohlenwasserstoffen, welche sich bei der trockenen Destillation der Steinkohlen und anderer Brennstoffe bilden. Kann man sich da wundern, wenn die unmittelbar über dem Verbrennungsraum gelegenen Dampfkessel Rauch und Russ abscheiden! Der starke Rauch bei Locomotiven, welche mit Steinkohlen geheizt werden, rührt nur davon her, dass der Feuerraum überall von Wasser umgeben ist.

Einen noch schlagenderen Beweis liefert ein Ziegelofen, bei welchem die Russ- und Rauchentwicklung so lange währt, wie die Steine kalt und feucht sind. So wie die Steine glühend werden und die Gase zwischen den glühenden Steinen aufsteigen, ist selbst bei schlechter Heizung fast gar kein Rauch vorhanden.

Dr. Schwarz hebt noch hervor, dass in allen Fällen ein guter Heizer, welcher das Brennmaterial in nicht so grossen Mengen gleichmässig und ohne unnöthigen Zeitverlust auflegt, sehr viel zur vollkommenen Rauchverbrennung beitragen kann. Jeder erfahrene Techniker wird die Richtigkeit der hier bei den Rauchverbrennungsapparaten hervorgehobenen Vortheile und Nachtheile anerkennen, und lässt sich deshalb annehmen, dass das Princip der Vorfeuerung wegen seiner Einfachheit und Zweckmässigkeit eine recht grosse Verbreitung finden wird. Die Ausführung desselben ist übrigens mit viel geringeren Kosten verknüpft, als viele andere Rauchverbrennungsapparate.

97. Literatur über Rauchverbrennungsapparate mit Angabe der Principien, auf welche selbige construiert wurden. 1) Der Apparat von Wye Williams. Dasselbe stützt sich auf das Princip der Argand'schen Lampe: kleine frische Luftströme in den Gasstrom zu führen. Derselbe nahm 1839 ein Patent auf seinen Apparat. (London Journal of Arts. Mai 1854, und im Dingl. Journal Bd. 133, S. 187.)

2) Wagemann's Rauchverbrennung durch hohle Roststäbe. Die Luft wird in diesen Roststäben hoch erhitzt und tritt hinter der Feuerbrücke zu den Verbrennungsproducten. (Dingl. Journal Bd. 150, S. 92.)

3) Mechanische Distributoren von Jukes und Hazeldine. Das Brennmaterial wird bei diesen Apparaten mittelst an der Vorderseite der Feuerung angebrachten, sich bewegenden Stäben vorwärts bewegt. (Pol. Journ. Bd. 107, S. 334.)

4) Apparat von Gray. Princip desselben ist die Theilung der Flamme in zwei Theile, wovon der eine über die Feuerbrücke geht, der andere aber hinter dem Rost durch besondere Oeffnungen, wo er mit frischer erhitzter Luft zusammen trifft und sich dann wieder mit dem anderen Theil vereinigt. (Dingl. Pol. Journal Bd. 133, S. 99.)

5) Scotts Apparat. Princip desselben ist die Anbringung eines Luftkanals in der Feuerbrücke, in welchem Oeffnungen angebracht sind, durch welche Luft aus dem Aschenfall einströmt. (Pol. Journ. Bd. 136, S. 45.)

6) Grards Apparat. Princip desselben ist, dass man den Rauch über oder unter einen Rost fortleitet, auf welchem sich glühendes Brennmaterial befindet. Soll zweckmässig sein. (Pol. Centralbl. 1854. Nr. 18.)

7) Woodcok's Apparat. Derselbe enthält hinter dem Rost eine Kammer, in welchem die Gase mit frischer Luft in Berührung kommen. Bei einem Kessel von 17' Länge und 3' Durchmesser wurden durch diesen Apparat 8,9 Pfd. Wasser von  $5\frac{1}{2}^{\circ}$  C. durch 11 Pfund kleiner Newcastler Kohlen verdampft, bei vollkommener Rauchverbrennung. 1 Pfd. Kohle verdampft noch nicht 1 Pfd. Wasser; der Apparat ist daher unsren heutigen Apparaten gegenüber nicht zu empfehlen. (Génie industriel.)

8) Der Parker'sche Apparat. Princip desselben ist, erwärmte Luft an der Feuerbrücke einzuführen, welche durch einen eisernen Kasten, der auf dem Roste an der Feuerbrücke angebracht ist, strömt, in welchem dieselbe erwärmt wird. (Génie industriel. April 1855, S. 221.)

9) Apparat von Bayliss. Bei demselben strömt gleichfalls Luft durch die Feuerbrücke ein, deren Zufluss durch ein Register regulirt werden kann. (Génie industriel. April 1855, S. 220.)

10) Rauchverzehrender Heerd mit ununterbrochener Selbstschürung vom Ingenieur Tenbrinck bei der französischen Ostbahn. Derselbe beruht auf der Anwendung eines geneigten Rostes, so dass das Brennmaterial durch eignes Gewicht abwärts geht, und die Schürung eine continuirliche wird. Dieses schon alte Princip ist von Tenbrinck in vervollkommneter Weise ausgeführt. (Dingl. Pol. Journ. Bd. 150, S. 188.)

11) Apparat von Galloway. Princip ähnlich wie bei dem Apparat von Bayliss. (Génie industriel. 1855.)

12) Braunkohlenfeuerung mit Rauchverbrennung von Herrn Stephan. Das Princip desselben besteht in der Anwendung der Vorfeuerung. (Polyt. Journ. Bd. 145, S. 412.)

13) Die rauchverzehrenden Dampfkesselöfen des Ingenieur George zu Paris. Das Princip derselben ist Umkehrung des Zuges und Anwendung eines zweiten Rostes mit rückkehrender Flamme und in der Weise veränderten Verbrennung, dass auf denselben das verkohlte Brennmaterial des ersten Rostes geschoben wird, wenn der erstere geschürt werden soll. (Génie industriel.)

14) Rauchverzehrender Treppenrost von Belleville. Das Princip desselben ist im Allgemeinen das unter Nr. 10 beschriebene des Ingenieur Tenbrinck, und wird die Verbrennung mittelst eines unter  $45^{\circ}$  geneigten Treppen- und eines daran anschliessenden Horizontalrostes bewirkt. (Polytechnisches Journ. Bd. 156, S. 175.) Siehe nachstehende Fig. 35.

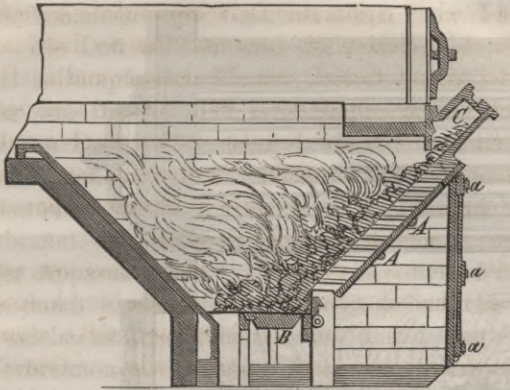


Fig. 35.

15) Rauchverzehrender Rost für Braunkohlenklein vom Pfannhaus-Adjunkten Vogl in Hall. Das Princip desselben beruht auf der Anwendung des Treppenrostes und eines Rittinger'schen Ventilators, und soll namentlich für staubförmiges, schlecht zu verwertendes Brennmaterial sehr gute Resultate geben. (Polyt. Journ. Bd. 169, S. 188; Polyt. Centralblatt 1861. 2.)

16) Rauchverzehrende Feuerung vom Professor Meissner in Zöptau. Die Principien, worauf dieselbe gegründet, sind:

a) Dass eine innige Mischung des abziehenden Rauches mit frischer Luft bewirkt werde und erstere dann so stark erhitzt wird, dass die Verbrennung erfolgen kann. Dass diese Erhitzung nicht aber durch Körper erfolgen darf, welche den Sauerstoff selbst verbrauchen, wie z. B. bei der Durchleitung des Rauches durch einen zweiten Rost, auf welchem ein Kohlenfeuer brennt, welches, da es selbst viel Sauerstoff gebraucht, den zur Verbrennung des Rauches nothwendigen Sauerstoff nicht darbietet.

b) Dass der Feuerraum so klein wie möglich construiert werde, um eine intensive Hitze zu erhalten. (Polyt. Journ. Bd. 149, S. 404.)

17) Rauchverzehrender Apparat von Herr George. Derselbe beruht auf der allmählichen Verkohlung des Brennstoßs, und zwar in der Weise, dass die Verkohlung kurz vor der Verbrennung im Ofen stattfindet. Zu diesem Zweck wird der Brennstoß von unten allmählig auf den Rost geschafft. (Polyt. Journ. Bd. 152, S. 332.) Siehe folgende Fig. 36.

18) Der Apparat von Darcet. Das Princip besteht in der Einleitung eines Luftstroms durch eine in der Feuerbrücke angebrachte Spalte. (Pelet's Handbuch der Wärme.)

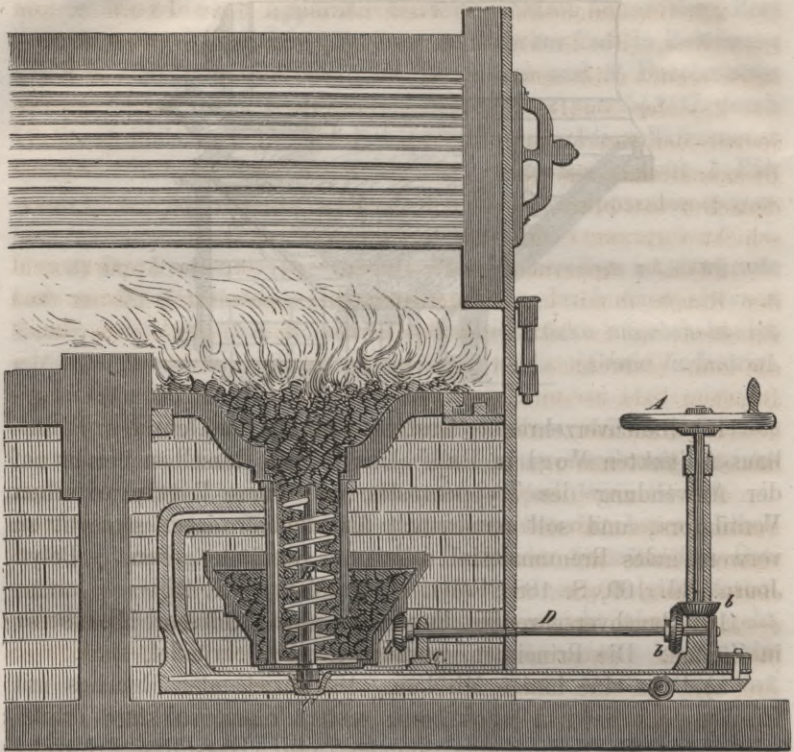


Fig. 36.

19) Der Apparat von Chapman zu Whitbey. Indem die Luft durch hohe Roststäbe strömt, wird sie erwärmt, strömt hinter der Feuerbrücke aus und gelangt von hier aus durch eine horizontale Spalte zur Flamme. Das Schüren geschieht durch einen über den Rost angebrachten Rumpf. (Peclet's Handb. der Wärme.)

20) Apparat von Player, besonders zur Verbrennung des Anthracit's geeignet. Der Anthracit wird durch einen über den Rost angebrachten Rumpf auf den Rost geschafft, und fällt in demselben Maasse nieder, wie er verbrannt wird. (Peclet's Handbuch der Wärme.)

21) Gasöfen von Thomas und Laurens. Die aus den Hochöfen austretenden Gase gelangen in einen Kasten, in welchen sie mit Luft gemischt werden und nach unten ausströmen. Diese Oefen sind für Dampfkessel und Lufteerwärmungsapparate geeignet.

Bei Oefen, welche hohe Temperaturen erzeugen sollen, wird die Luft mittelst Gebläse eingeführt. (Peclet's Handb. d. Wärme.)

22) Gasflämmöfen mit Gasgeneratoren von Thomas und Laurens. Die Luft wird entweder mittelst Gebläse oder mittelst stark erhitzter Dämpfe eingeführt. (Peclet's Handb. d. Wärme.)

23) Der von Dr. Arnott verbesserte Cutler'sche Apparat, so wie der von Dumery beruhen beide auf dem Einbringen des Brennmaterials von unten. Der Brennstoff wird destillirt und bei dem Durchströmen durch die darüber liegende glühende Cokschicht verbrannt. (Peclet's Handb. der Wärme.)

24) Der Apparat von Prunier. Bei diesem Apparat geht der Rauch durch eine hinter dem Rost befindliche Mauer von Bimstein, welche letztere glühend wird und dadurch dem Rauch die zum Verbrennen nothwendige Temperatur darbietet. Da der Bimstein bald zerstört wird, so sind Steine anstatt desselben angewendet worden. Das Princip lässt sich im Allgemeinen auf das der Vorseuerung zurückführen. (Peclet's Handb. der Wärme.)

25) Feuerungsanlage von Johnson. Das Princip derselben besteht in der Anwendung eines Speisetrichters, welcher mit seinem unteren Ende auf den Rost mündet. Letzterer besteht in einer horizontalen Welle, auf welcher der vertical rotirende Rost befestigt, durch endlose Ketten von in geneigter Lage befindlichen Roststäben. Unter diesem beweglichen Rost befindet sich zwischen ersteren und dem Mauerwerk ein fester Rost.

Die Rückseite des Trichters besteht aus einer hohlen Brücke, welche zugleich als Vorderwand des Ofens dient. Um dieselbe gegen die zerstörende Wirkung des Feuers zu schützen, ist dieselbe stets mit Wasser gefüllt, wodurch gleichzeitig das Wasser für den Dampfgenerator vorgewärmt wird.

Durch den unteren festen Rost tritt die Luft ein, wodurch ein starker anhaltender Zug entsteht, welcher die Verbrennungsgase durch die Hitze vereinigt und die Verbrennung vollkommen macht, so dass die Verbrennungsproducte vollständig verbrannt sind, wenn sie mit dem Boden des Kessels in Berührung kommen. (Polyt. Centralblatt. Nr. 510.)

26) Silliman über Verbrennung von nassen Brennstoffen in Thompson'schen Oefen.

Das Princip dieses Ofens besteht in der Anwendung einer besonderen Zersetzungskammer für die Verbrennungsproducte. In dieser Kammer sollen sich die Verbrennungsproducte gegenseitig verzehren, und um diesen Zweck zu erreichen, wird dafür gesorgt, dass keine atmosphärische Luft hin gelangen kann, welche nicht



vorher durch das glühende Brennmaterial gegangen, und dass die Temperatur der Kammer eine sehr hohe ist.

Durch die in der Kammer herrschende hohe Temperatur, welche bis zur Weissglühhitze gesteigert werden kann, wird der Wasserdampf zersetzt. Der Sauerstoff des letzteren tritt mit dem vorhandenen Kohlenstoff und Kohlenoxyd zu Kohlensäure zusammen, während der überflüssige Wasserstoff sich mit Kohlenstoff zu Sumpfgas vereinigt. Durch diesen Process wird nicht allein durch den Sauerstoff des Wasserdampfs die Verbrennung noch nicht verbrannter Producte erzielt, sondern auch ein Theil der latent gewordenen Wärme des Wasserdampfs wieder frei.

Die aus der Zersetzungskammer entweichenden noch etwa unverbrannten Producte kommen beim Passiren der Feuerbrücke mit Luft in Berührung und werden hier vollständig verbrannt.

Für nasse Lohe, Sägespäne, Braunkohlen und Torfmulen ist die Einrichtung dieses Rostes folgende:

Zuerst werden drei mit Rosten versehene Feuerkammern durch drei Arbeitsthüren mit trockenem Brennstoff versehen und dadurch erhitzt. Man giebt nun durch über den Rosten befindliche Oeffnungen auf zwei Rosten nasses Brennmaterial, lässt dieses in vollständiges Brennen kommen und beschüttet dann auch den dritten Rost; die Feuerthüren werden dann fest zugeschlossen. Die sich auf den Rosten bildenden Gase treten aus dem Feuerraum in die Zersetzungskammer, welche hinter den Rosten befindlich ist, und rufen hier die hohe Temperatur hervor, welche dann für den zu erhitzenden Gegenstand verwendet wird.

Die Wirkung dieses Ofens mag eine ganz gute sein, es muss aber bestritten werden, dass durch die Zersetzung des Wasserdampfs in der Zersetzungskammer eine höhere Temperatur erzielt wird, es muss vielmehr das Gegentheil stattfinden, d. h. es muss die Menge des Wassers eine beschränkte sein, wenn der Zersetzungsprocess überhaupt fort dauern soll; es kann daher nicht jedes beliebige Wassermengen enthaltende Brennmaterial hierzu benutzt werden. Für jede 9 Pfund Wasserdampf werden zur Zersetzung  $9 \times 34462 = 310851$  Wärmeeinheiten erfordert, während nur  $9 \times 536,5 = 4828,5$  Wärmeeinheiten gebundene Wärme frei werden; die Differenz beträgt daher 305330 Wärmeeinheiten. Schon Seite 166 bei Besprechung der Gasgeneratoren sind die hierauf passenden theoretischen Grundsätze genügend besprochen worden, und ergibt sich daraus die Unhaltbarkeit des aufgestellten Principis.

Die gute Wirkung des Ofens lässt sich viel leichter auf das Princip der Vorfeuerung zurückführen, indem man annimmt, dass die aus den Feuerkammern entweichenden Verbrennungsproducte in der von Johnson bezeichneten Zersetzungskammer erst eine genügend hohe Temperatur annehmen, um nachher beim Entweichen über die Feuerbrücke, wo sie mit frischer Luft in Berührung kommen, leicht zu verbrennen.

Die Menge Wasserdampf, welche in der Zersetzungskammer zersetzt wird, kann nur äusserst gering sein, wenn der Zersetzungsprocess überhaupt stattfinden und die Feuerung als Vorfeuerung gut wirken soll. (Pol. Centralblatt Nr. 579. Dingler's Pol. Journ. Bd. 169. 2. S. 103.)

27) Apparat zur Holzverkohlung von Christian. Das Holz wird in einen cylindrischen Kasten von Eisenblech gefüllt, welcher letztere auf Eisenbahnschienen in den Ofen geschoben wird. Zur Einfüllung des Holzes befindet sich an dem Kasten eine Thür. Die Feuerung ist auf der anderen Seite des Ofens und auf Rollen beweglich, so dass dieselbe mittelst Eisenbahnschienen von einem Ofen zum andern geschoben werden kann, wenn mehrere Oefen beisammen stehen. Die Verbrennungsproducte ziehen aus der Feuerung in einen Kanal, welcher sie bis über den mit Holz gefüllten Kasten führt, in welchen sie dann oben eintreten und, nachdem sie das Holz verkohlt haben, unten austreten. (Génie industriel. Jan. 1862. S. 47. Polyt. Centralblatt 1862. Bd. 5.)

28) Autier's Holzverkohlungsöfen. Die Principien, welche diesem Ofen zu Grunde liegen, sind:

1. Die Verkohlung aller Theile des Holzes muss stattfinden, ohne dass die Temperatur  $700^{\circ}$  C. überschreitet.

2. Die keinen Werth habenden Abfälle werden zur Hervorbringung von Wärme benutzt.

3. Alle Wärme, welche die fertigen Holzkohlen entweichen lassen bei der vor der Aufbewahrung stattfindenden Abkühlung, wird verwendet. Die Construction der Oefen ist eine sehr einfache und soll einen immer regelmässigen und sichern Betrieb gestatten.

Bei Anwendung dieses Ofens soll man nur 75 Kilogramm  $= \frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{4}$  Cubikmeter gebrauchen, um 1 Cubikmeter  $= 32,346$  preuss. Cubikfuss oder 31,658 Wiener Cubikfuss Holz zu verkohlen; dies entspricht gegen andere Verkohlungsverfahren einer Ersparniss von 60 Procent. Was die Beschaffenheit der Kohle anbelangt,

so soll dieselbe eine grössere Festigkeit und Dichtigkeit haben, weil dieselbe die Verkohlungs-temperatur nur nach und nach erlangt und nie übersteigt. Die Beschreibung des Ofens findet man in Armengaud's Génie industriel. Mai 1861. S. 263, und Dingl. Polyt. Journ. Bd. 171. 2.

29) Dr. Wedding's Gasfang bei der Meilerverkohlung. Derselbe bringt einen mittelst einer gelochten Stange in jeder Stellung zu befestigenden Kolben in die in jedem Meiler befindliche gewöhnliche Esse. In dem Verhältniss, wie das Feuer niedergeht, lässt man den Kolben nach und nach herab, so dass das verkohlte Holz nicht mehr dem Zug ausgesetzt ist, und dass bei Vollendung der Verkohlung der Kolben am Boden angelangt ist. Die Gase werden in Condensationsapparate geleitet, in welchen sich der Theer und Holzessig ansammeln. (Dingl. Pol. Journ. Bd. 171. 6. 430; Wochenschrift des schles. Vereins für Berg- und Hüttenwesen 1861. 32.)

30) Verbessertes Heizungssystem von Dr. Fr. Mohr. Das Princip desselben ist, die Feuerluft nicht durch den Kamin, vielmehr durch eiserne Röhren in einen [quadratischen Raum abzuleiten, der durch Klappen mit einem Zimmer in Verbindung steht. (Dingl. Polyt. Journ. Bd. 169. 3. 209.)

31) Hitzapparat für Feuerarbeiter, welche mit Gebläseluft arbeiten, von O. Kropf u. Co. Die Luft wird hierbei bis 250° C. erhitzt, bevor sie zum Schmiedefeuer gelangt. Zu diesem Zwecke circulirt dieselbe in einem Kasten, welcher sich neben dem Schmiedefeuer befindet. (Deutsche Gewerbe-Zeitung Nr. 20. 1861.)

32) Das Krümmen der Roststäbe zu verhindern. Um diesen Zweck zu erreichen, wird der Roststab an dem einen Ende hakenförmig umgebogen, am anderen Ende aber in einen Neigungswinkel von 45° gebogen. Das mit einem Haken versehene Ende greift in eine in dem Rahmen befindliche Vertiefung ein, das schräge Ende liegt auf einer Abschrägung des Rahmens. Bei der Ausdehnung des Stabes in der Hitze rutscht er auf der Abschrägung des Rahmens nach aufwärts, und wird das Biegen dadurch verhindert. (Polyt. Centralblatt. 653.)

33) Rauchverzehrender Apparat von Prideaux, mit selbst verschliessendem Ventil. Das Princip dieses Apparates besteht darin, dass ausser der durch den Rost tretenden Luft noch auf einem zweiten Wege Luft zugeführt wird. Die Eintrittsöffnungen der Luft für den letzteren Fall verengen sich zunehmend, und der

Luftzutritt nimmt in dem Verhältniss ab, als die Verbrennung vorschreitet und das Brennmaterial verkohlt, derselbe hört endlich ganz auf, wenn die Luft, welche durch den Rost zum Feuerheerd tritt, genügend ist, um allen entstehenden Rauch zu verbrennen.

Für den sich im Ofen bildenden Rauch tritt nie mehr Luft zu, als gerade zur Verbrennung nothwendig ist, deshalb wird natürlich ein grösserer Heizeffect erzielt und Brennstoff erspart. Das Schüren findet wie bei allen anderen Oefen statt.

Dieser zweite Weg, durch welchen die Luft eintritt, befindet sich in der Ofenthür selbst. Es sind deshalb an der äusseren Fläche derselben Platten angebracht, die sich ähnlich wie die Platten einer Jalousie um eine horizontale Axe drehen. Hinter diesen beweglichen Platten sind drei Reihen von dünnen befestigten Platten angebracht, welche senkrecht und parallel neben einander stehen, und zwischen denen sich leere Räume befinden. Die beiden ersten Plattenreihen stehen in schiefen Ebenen in Bezug auf die vordere Thürseite, und beide Plattenreihen stehen sich in entgegengesetzter Richtung gegenüber. Die dritte Plattenreihe, welche dem Feuerheerde am nächsten ist, enthält breitere Platten als die beiden ersten, und sind erstere auf der Ebene der Thür vertical angebracht.

Der Zweck dieser Einrichtung ist, die Luft zu erwärmen, bevor sie in den Feuerheerd tritt, und den Durchgang der strahlenden Wärme durch die Thüröffnungen, welche Luft eintreten lassen, zu verhüten. Ausserdem aber auch zu verhindern, dass die vordere Thürfläche eine hohe Temperatur annehme, wodurch Wärmeverluste entstehen und das Schüren beschwerlicher ist. Vor der Ofenthür befindet sich ein mit Wasser gefüllter Cylinder, in welchem ein Kolben auf- und niedergeschoben werden kann. Dieser Kolben wird mittelst eines an der Ofenthür angebrachten und um einen festen Zapfen beweglichen Hebels bewegt. Die Jalousien an der Thüre sind mittelst einer Vorrichtung in Verbindung und werden daher bei jeder Bewegung des Kolbens nach oben oder unten geöffnet oder geschlossen, welche Bewegung nach dem Standpunkt der Verbrennung langsamer oder schneller bewerkstelligt werden kann. Der Apparat soll eine sehr gute Rauchverbrennung geben. (Génie industriel.)

34) Ueber Kalköfen, von Heusinger von Waldegg. Der Verfasser beschreibt einen Ofen, welcher folgende Dimensionen hat: 20 Fuss Länge, 9 Fuss Breite,  $16\frac{1}{2}$  Fuss Höhe. Der Ofen

steht zur Hälfte in der Erde, ist mit einem Spitzbogengewölbe verschlossen und enthält 2 Schornsteine von 18 Zoll Durchmesser. Die Arbeitsgewölbe liegen auf den beiden Längenseiten des Ofens, sind durch 4 Fuss breite Thüren zu betreten, und sind beinahe in der Erde versenkt. Ein jedes Arbeitsgewölbe enthält in der Mitte einen 15 Zoll Durchmesser habenden Dunstschornstein.

Die Schürflöcher haben 20 Zoll Durchmesser und sind davon auf jeder Langseite 5 Stück angebracht; sie enthalten eine 11 Zoll breite und 6 Zoll hohe Oeffnung zum Nachwerfen des Brennmaterials, welche nach jeder Beschüttung durch einen davor zu setzenden Mauerstein wieder geschlossen wird.

In dem Schürloch, welches mit feuerfesten Steinen überwölbt ist, befinden sich 11 Roststäbe von  $2\frac{1}{2}$  Zoll Länge und  $\frac{3}{4}$  Zoll im Quadrat haltenden Walzeisen; als Stützpunkt derselben dient ein eingemauerter eiserner Rachen, auf welchen sie vorn und hinten auffassen. Sollen die Roste während oder nach einem Brande gereinigt werden, so können die Roststäbe von den Arbeitsgewölben aus leicht herausgezogen werden.

Zum Ein- und Ausbringen der Steine befinden sich an beiden Breitseiten über dem Fussboden die Sandthüren, wovon die eine in den Fahrweg, die andere in ein luftdicht geschlossenes Magazin mündet. Um den Ofen bis unter den Scheitel des Gewölbes füllen zu können, befinden sich noch zwei kleine  $1\frac{1}{2}$  Zoll weite Einsatzöffnungen in der Spitze des Gewölbes. Soll der Ofen beschickt werden, so setzt man von den einander gegenüber liegenden Schürthüren 11 Zoll breite und 2 Fuss hohe Gassen an und schliesst dieselben gewölbeförmig durch grössere Schlusssteine. Damit sich die Feuerluft von den einander gegenüber liegenden Rosten nicht gegenseitig hindere und den Zug störe, ist in der Mitte dieser Gassen eine  $1\frac{1}{2}$  Fuss starke Scheidewand aufgeführt.

Die anderen Räume werden bis zum oberen Theile der Sandthüren, oder bis da, wo das Gewölbe beginnt, mit 3 bis 6 Zoll grossen Kalksteinen locker ausgesetzt, wobei man sich aber hüten muss, die Feuerzüge zu beschädigen.

In dem oberen Theile des Gewölbes bis in die Spitze werden gewöhnliche Mauersteine, hochkantig im Stromschichtenverband mit 1 Zoll weiten Zwischenräumen aufgestellt. Ein solcher Ofen soll circa 200 Ctr. Kalk und 7000 bis 8000 Mauersteine bei einem Brennmaterialverbrauch von 40 Malter Steinkohlen fertig brennen. Bei der periodischen Calcinirung, wo das Material lagenweis ein-

gefüllt wird, bei kleiner Flamme erhalten die Oefen die Form eines abgesetzten, verkehrten Kegels oder Pyramide. Letztere sind nach dem Verfasser bequemer zu bauen, und liefern auch einen gleichmässiger gebrannten Kalk. Man bringt zuerst Reisigbündel in den Ofen, auf welche eine Steinkohlen- oder Torfschicht gegeben wird, dann kommen Kalksteine, welche mit Steinkohlen- oder Torfschichten bis oben hin abwechseln. Bevor die letzten Schichten im Ofen aufgegeben werden, wird derselbe angezündet. Nachdem dann die Flamme den ganzen Ofen durchdrungen, werden alle Stellen, wo dieselbe zum Vorschein kömmt, mit einer Erdschicht bedeckt, bis sich die Gluth über die ganze Oberfläche verbreitet hat. (Polyt. Central-Halle. 1862. 12; Dingl. Pol. Journ. Bd. 172. 415.)

35) Rauchverzehrende Feuerung für den Haushalt, von Boquillon. Das Princip, welches der Construction dieser Feuerung zu Grunde liegt, ist, die Verbrennungsproducte zu nöthigen, durch glühenden Coks zu ziehen, welcher von einer früheren Beschüttung resp. Verbrennung übrig bleibt, um dadurch denselben die zur Verbrennung nothwendige Temperatur zu verschaffen: Es ist dies also ein Princip, was wir oben bei vielen anderen Feuerungen angewendet finden, und ist hier nur durch den Apparat, welcher dasselbe zur Anwendung bringt, verschieden. Der Apparat wird in 2 Arten benutzt.

Der eine ist ähnlich wie eine Heuraufe für Pferde, dreht sich um zwei horizontale Zapfen und besteht aus einer Anzahl von Gittern, welche eben so viele Thüren vorstellen und sich auch um Zapfen bewegen. Diejenigen Thüren, welche sich am oberen Theile des Apparates befinden, liegen durch ihr eignes Gewicht auf den Stirnplatten des Cylinders, die am unteren Theil befindlichen werden aber durch zwei Kreisbogen festgedrückt, welche an den die Cylinderzapfen haltenden Ständern fest gemacht sind. Auf diese Weise befindet sich an dem oberen Theile des Cylinders stets eine Thür, welche sich öffnen lässt.

Der Betrieb desselben ist folgender: Gesetzt, dass in dem Apparat die Verbrennung einer Kohlenbeschüttung so weit vollendet, dass nur noch glühende Coks vorhanden sind, und es sollen frische Kohlen nachgegeben werden, so öffnet man durch eine Feuerzange die obere Thür und giebt Kohlen nach und dreht den Apparat mittelst der Zange in der Weise, dass der Rauch durch einen Theil der glühenden Coks streichen muss, bevor er

in den Schornstein gelangen kann. Dadurch erhält derselbe die zum Verbrennen nothwendige Temperatur und verbrennt vollständig mit Flamme. Diese Form des Apparates wird benutzt, wenn derselbe in einem Kamin angebracht werden soll. Damit derselbe aber für Zimmerheizung besser benutzt werden kann, erhält derselbe folgende Einrichtung:

Man bringt den cylindrischen Rost in ein Gefäss, welches, dem Mantel oder Kropf eines mittelschlägigen Wasserrades ähnlich, gerinnenartig geformt ist und dessen Boden als Aschenfall dient. Die heissen Gase müssen durch mehrere blecherne Züge streichen, welche letztere eine Art Ofen bilden, und geben hierbei den grössten Theil ihrer Wärme an das Zimmer ab, bevor sie in den Schornstein gelangen.

Um die Wärme noch mehr auszunutzen, kann man auch noch auf und vor dem Heerde in gleicher Axenhöhe desselben zwei Flachroste aufstellen, auf welchen Gefässe erwärmt werden können.

Entfernt man von diesem Apparat ein oder mehrere Thüren, so hat man einen gewöhnlichen Heerd, dessen hinteres Stück wie eine Schale geformt ist. Will man an der Vorderseite Kohlen nachschüren, so senkt man das hintere Stück, wodurch der glühende Coks nach hinten fällt. Giebt man nun vorn Kohle auf und hebt den hinteren Theil des Heerdes wieder hoch, so rollt ein Theil des glühenden Coks über erstere, bedeckt sie und bewirkt vollkommene Verbrennung.

Die Zweckmässigkeit dieses Apparates wird sehr gerühmt, wie dies aus dem Bericht des Herrn Silbermann an die Sociéte d'Encouragement hervorgeht.

36) Ueber die beste Form der Essen, von Dr. L. F. Levoir. Derselbe liess unter zwei Essen, welche eine verschiedene Form hatten, zwei Gasflammen brennen und beobachtete die Länge der Flammen; hierbei ergab sich die conische Form als die beste, wenn das engere Ende des conischen Rohres unten befindlich war.

Giebt man zwei neben einander und aus demselben Rohr brennenden Gasflammen gleiche Austrittsöffnungen mit einem sehr niedrigen Druck, so ist die Länge der Flamme gleich, wenn beide in dieselbe horizontale Ebene gebracht sind. Die Länge einer solchen Flamme steigt aber, wenn man die eine höher stellt als die andere, und zwar aus dem Grunde, weil der Druck höher in der Atmosphäre vermindert ist.

Wird über eine der Flammen ein conisches Rohr circa 3 Fuss

lang gestellt, so wird, wenn dieselben gleich brennen, ein stärkeres Saugen stattfinden, wenn das enge Ende des conischen Rohrs unten, das weite oben ist. Der Verfasser bemerkt zugleich, dass das stärkere Saugen nicht etwa durch die höhere Temperatur erfolgt, welche das engere Ende des Rohrs erhält, weil es sich der Flamme am nächsten befindet, denn wenn man um das Rohr kaltes Wasser strömen lässt, so bleibt die Flamme doch grösser, als die, auf welcher das conische Rohr nicht in der Weise angebracht ist. (Dingl. Polyt. Journ. 171. 6.; Polyt. Central-Halle. 1861. 48.)

### Das Metersystem.

Da in der vorliegenden Abhandlung das Metermaass oft benutzt ist, und da selbiges bei technischen Bauten und Manipulationen wegen seiner Bequemlichkeit immer mehr Anwendung findet, so halte ich es im Interesse einzelner Leser, welchen keine andern Handbücher zu Gebote stehen, um sich darüber zu informiren, für zweckmässig, dasselbe hier mit aufzuführen.

Das Metersystem ist in Belgien, in den Niederlanden und der Lombardei unverändert eingeführt. In Baden und der Schweiz liegt es dem eingeführten Maasse ebenfalls zu Grunde. 1 schweizerische oder badische Ruthe = 10 Fuss sind = 3 Meter. Jeder Fuss ist in 10 Zoll, der Zoll in 10 Linien getheilt.

In Hessen-Darmstadt sind 12' = 3 Meter. 1' = 10". 1" = 10''' . 10' sind = 1 Klafter. In Preussen ist 1' = 313,8535 Millimeter. In Oestreich ist 1' = 316,1109 Millimeter.

England 1 englische Meile = 7760 Yard = 1609,315 Meter = 5307 preuss. Fuss. 1 engl. Seemeile = 5562 Meter.

Russland hat englisches Maass. 3500 russische Fuss = 1500 Arschinen = 1 Werst = 3400 rheinl. Fuss.

#### Längenmaass.

1 Meter = 1000 Millimeter.

|                   |                      |                   |
|-------------------|----------------------|-------------------|
| Baden . . . . .   | 1' = 12" = 300 m. m. | 1 Meter = 3,3333' |
| Baiern . . . . .  | 1' = 12" = 291,8592. | 1 „ = 3,4263'     |
| Belgien . . . . . | Metersystem.         |                   |
| Braunschweig . .  | 1' = 12" = 285,3624. | 1 „ = 3,5043'     |
| Bremen . . . . .  | 1' = 12" = 289,3507. | 1 „ = 3,4560'     |
| England . . . . . | 1' = 12" = 304,7945. | 1 „ = 3,2808'     |



|                  |                           |                   |
|------------------|---------------------------|-------------------|
| Frankfurt a. M.  | 1' = 12" = 284,6000.      | 1 Meter = 3,5149' |
| Hamburg          | 1' = 12" = 286,4903.      | 1 „ = 3,4905'     |
| Hannover         | 1' = 12" = 292,0947.      | 1 „ = 3,4235'     |
| Hessen-Darmstadt | 1' = 10" = 250,0000.      | 1 „ = 4,0000'     |
| Hessen-Cassel    | 1' = 11" rhl. = 287,6991. | 1 „ = 3,4758'     |
| Lübeck           | 1' = 12" = 291,0000.      | 1 „ = 3,4364'     |
| Nassau           | 1' = 12" = 287,8400.      | 1 „ = 3,4758'     |
| Niederlande      | Metersystem.              |                   |
| Norwegen         | 1' = 12" rheinländisch.   |                   |
| Oestreich        | 1' = 12" = 316,1109.      | 1 „ = 3,1634'     |
| Oldenburg.       | 1' = 12" = 295,8700.      | 1 „ = 3,3797'     |
| Paris            | 1' = 12" = 324,8394.      | 1 „ = 3,0784'     |
| Preussen         | 1' = 12" = 313,8535.      | 1 „ = 3,1861'     |
| Rom              | 1' = 295,9000.            | 1 „ = 3,3797'     |
| Russland         | 1' = 12" = 304,7945.      | 1 „ = 3,2808'     |
| Sachsen          | 1' = 12" = 283,1901.      | 1 „ = 3,5311'     |
| Sachsen-Weimar   | 1' = 12" = 281,9787 m. m. | 1 „ = 3,5462'     |
| Schweden         | 1' = 12" = 296,9010       | 1 „ = 3,3681'     |
| Schweiz          | 1' = 10" = 300,0000       | 1 „ = 3,3333'     |
| Spanien          | 1' = 12" = 282,6553       | 1 „ = 3,5378'     |
| Württemberg.     | 1' = 10" = 286,4903       | 1 „ = 3,4905'     |

1 Meter ist = 10 Decimeter.

do. = 100 Centimeter.

do. = 1000 Millimeter.

1 Meter = 3,1861 rhl. Fuss = 3' 2" 2,8"

1 Decimeter = 3" 9,882"

1 Centimeter = 4,588"

1 Millimeter = 0,459"

1 Rheinl. Fuss ist = 0,3138535 Meter.

1 Rheinl. Zoll ist = 0,26154 Decimeter.

1 do. = 2,6154 Centimeter.

1 do. = 26,154 Millimeter.

# Vergleichung von Fussaassen unter einander.

(Hülse, Sammlung mathematischer Tafeln.)

| Meter.    | Rheinl. F. | Preussen. | Dänemark. | Bayern.   | Hannover. | Sachsen.  | Braunschweig. | Hessen-Cassel. | Württemberg. | Baden.    | Schweiz. | Wiener F. | Frankfurt a. M. | Hessen-Darmstadt. |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|----------------|--------------|-----------|----------|-----------|-----------------|-------------------|
|           | Fuss.      | Fuss.     | Fuss.     | Fuss.     | Fuss.     | Fuss.     | Fuss.         | Fuss.          | Fuss.        | Fuss.     | Fuss.    | Fuss.     | Fuss.           | Fuss.             |
| 0,318535  | 1          | 1,075359  | 1,074492  | 1,108279  | 1,099842  | 1,390909  | 1,095512      | 1,046178       | 0,9928588    | 1,102788  | 1,255414 |           |                 |                   |
| 0,2913592 | 0,9299217  | 1         | 0,9991937 | 1,030612  | 1,022767  | 1,014460  | 1,018740      | 0,9728640      | 0,9232809    | 1,025506  | 1,167437 |           |                 |                   |
| 0,2920947 | 0,9306721  | 1,000807  | 1         | 1,031444  | 1,023592  | 1,015279  | 1,019562      | 0,9736491      | 0,9240260    | 1,026334  | 1,168379 |           |                 |                   |
| 0,2831901 | 0,9023000  | 0,9702968 | 0,9695144 | 1         | 0,9923874 | 0,9843273 | 0,9884803     | 0,9439668      | 0,8958565    | 0,9950460 | 1,132760 |           |                 |                   |
| 0,2853624 | 0,9092216  | 0,9777400 | 0,9769516 | 1,007671  | 1         | 0,9918781 | 0,9960630     | 0,9512081      | 0,9027287    | 1,002679  | 1,141590 |           |                 |                   |
| 0,2876991 | 0,9166667  | 0,9857460 | 0,9849513 | 1,015922  | 1,008188  | 1         | 1,004219      | 0,9589969      | 0,9101206    | 1,010890  | 1,150796 |           |                 |                   |
| 0,2864903 | 0,9128154  | 0,9816046 | 0,9808131 | 1,011654  | 1,003953  | 0,9957986 | 1             | 0,9549678      | 0,9062968    | 1,006642  | 1,145961 |           |                 |                   |
| 0,3000000 | 0,9558598  | 1,027593  | 1,027064  | 1,059339  | 1,051297  | 1,042756  | 1,047156      | 1              | 0,9490339    | 1,054107  | 1,200000 |           |                 |                   |
| 0,3161109 | 1,007193   | 1,083094  | 1,082221  | 1,116250  | 1,107753  | 1,098756  | 1,103391      | 1,053703       | 1            | 1,110720  | 1,264400 |           |                 |                   |
| 0,2846000 | 0,9067924  | 0,9251274 | 0,9443447 | 1,004979  | 0,9973285 | 0,9892282 | 0,9934017     | 0,9486667      | 0,4003168    | 1         | 1,138400 |           |                 |                   |
| 0,2500000 | 0,7965497  | 0,8565775 | 0,8558867 | 0,8827992 | 0,8760790 | 0,8689635 | 0,9726297     | 0,8333333      | 0,7908615    | 0,8787345 | 1        |           |                 |                   |

Vergleichung von Quadratfussen mit einander und mit dem Quadrat-Meter.

| Meter.  | Preussen.<br>Dänemark.         | Baiern.                        | Hannover.                      | Sachsen.                       | Braunschweig.                  | Hessen-Cassel.<br>Nassau.      | Württemberg.<br>Hamburg.       | Baden.<br>Schweiz.             | Oesterreich.                   | Frankfurt a. M.                | Hessen - Darm-<br>stadt.       |
|---------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1       | <input type="checkbox"/> Fuss. | <input type="checkbox"/> Fuss. | <input type="checkbox"/> Fuss. | <input type="checkbox"/> Fuss. | <input type="checkbox"/> Fuss. | <input type="checkbox"/> Fuss. | <input type="checkbox"/> Fuss. | <input type="checkbox"/> Fuss. | <input type="checkbox"/> Fuss. | <input type="checkbox"/> Fuss. | <input type="checkbox"/> Fuss. |
| 0,10652 | 10,15187                       | 11,7396                        | 11,72067                       | 12,46936                       | 12,28023                       | 12,08156                       | 12,18372                       | 11,11111                       | 10,00739                       | 12,35479                       | 16,00000                       |
| 0,09290 | 1,07123                        | 1,23877                        | 1,23677                        | 1,31578                        | 1,29582                        | 1,27485                        | 1,28564                        | 1,17245                        | 1,05599                        | 1,30277                        | 1,68833                        |
| 0,09850 | 0,94310                        | 1,09060                        | 1,08885                        | 1,15840                        | 1,14083                        | 1,12373                        | 1,13186                        | 1,03222                        | 0,92968                        | 1,14695                        | 1,48640                        |
| 0,08518 | 1                              | 1,15640                        | 1,15453                        | 1,22828                        | 1,20965                        | 1,19008                        | 1,20015                        | 1,09449                        | 0,98577                        | 1,21614                        | 1,57606                        |
| 0,08532 | 0,86475                        | 1                              | 0,99839                        | 1,06316                        | 1,04805                        | 1,02913                        | 1,03783                        | 0,94646                        | 0,85245                        | 1,05166                        | 1,36290                        |
| 0,08020 | 0,86615                        | 1,00162                        | 1                              | 1,06387                        | 1,04774                        | 1,03079                        | 1,03951                        | 0,94800                        | 0,85382                        | 1,05336                        | 1,36511                        |
| 0,08143 | 0,81415                        | 0,954148                       | 0,93396                        | 1                              | 0,98483                        | 0,96890                        | 0,97709                        | 0,89107                        | 0,80256                        | 0,99505                        | 1,28315                        |
| 0,08277 | 0,82668                        | 0,95598                        | 0,97013                        | 1,01540                        | 1                              | 0,98382                        | 0,99214                        | 0,90480                        | 0,81492                        | 1,00536                        | 1,30291                        |
| 0,08208 | 0,91367                        | 0,97170                        | 0,96200                        | 1,03210                        | 1,01644                        | 0,99161                        | 1,00846                        | 0,91196                        | 0,82137                        | 1,02190                        | 1,32433                        |
| 0,09000 | 0,83323                        | 0,96355                        | 0,96200                        | 1,02344                        | 1,00792                        | 1,08734                        | 1,09654                        | 1                              | 0,82832                        | 1,01333                        | 1,31323                        |
| 0,09993 | 0,91367                        | 1,05656                        | 1,05486                        | 1,12224                        | 1,10522                        | 1,29726                        | 1,21747                        | 1                              | 0,82137                        | 1,11114                        | 1,44000                        |
| 0,08100 | 0,92227                        | 1,17310                        | 1,17120                        | 1,24601                        | 1,22712                        | 0,97857                        | 0,98685                        | 1,11029                        | 1                              | 1,23366                        | 1,59182                        |
| 0,06250 | 0,73372                        | 0,73372                        | 0,73254                        | 0,77934                        | 0,76751                        | 0,75510                        | 0,76148                        | 0,89997                        | 0,81057                        | 1                              | 1,29504                        |
|         |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |

1 Quadrathmeter = 1462 Quadratzoll Rheinl.  
 1 Quadrathdecmeter = 14,62 " "  
 1 Quadrathentimeter = 0,1462 " "  
 " " = 21,052 Quadrathlinien.

1 Quadratzoll Rheinl. = 0,0683405 Decimeter.  
 1 Quadrathfuss = 9,85032 " "  
 1 Quadratzoll = 6,8405 Centimeter.  
 1 Quadrathfuss = 985,0000 " "

**Vergleichung einiger Cubikfusse unter einander und mit dem Cubikmeter.**

| C.-Meter. | Preussen. | Dänemark. | Batern.  | Hannover. | Sachsen.  | Braunschweig. | Hessen-Cassel. | Württemberg. | Baden.    | Schweiz. | Oesterreich. | Frankfurt a. M. | C.-Fuss. | Hessen-Darmstadt. |
|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|--------------|-----------|----------|--------------|-----------------|----------|-------------------|
|           | C.-Fuss.  | C.-Fuss.  | C.-Fuss. | C.-Fuss.  | C.-Fuss.  | C.-Fuss.      | C.-Fuss.       | C.-Fuss.     | C.-Fuss.  | C.-Fuss. | W. C.-F.     | C.-Fuss.        | C.-Fuss. | C.-Fuss.          |
| 1         | 32,34587  | 40,22350  | 40,12627 | 44,03176  | 43,03380  | 41,99374      | 42,52752       | 37,03704     | 31,65785  | 43,42333 | 64,00000     |                 |          |                   |
| 0,030916  | 1         | 1,24354   | 1,24054  | 1,36128   | 1,330426  | 1,298272      | 1,314774       | 1,145031     | 0,9787291 | 1,34137  | 1,98317      |                 |          |                   |
| 0,024861  | 0,80415   | 1         | 0,99758  | 1,094678  | 1,06987   | 1,04401       | 1,05728        | 0,92078      | 0,787048  | 1,078486 | 1,59111      |                 |          |                   |
| 0,024921  | 0,80610   | 1,00242   | 1        | 1,097330  | 1,07246   | 1,04654       | 1,05984        | 0,92300      | 0,78896   | 1,08111  | 1,59496      |                 |          |                   |
| 0,022711  | 0,73460   | 0,91351   | 0,91130  | 1         | 0,9773355 | 0,953715      | 0,96584        | 0,84114      | 0,71898   | 0,98521  | 1,45349      |                 |          |                   |
| 0,023238  | 0,75164   | 0,93470   | 0,93244  | 1,02319   | 1         | 0,975832      | 0,98824        | 0,86065      | 0,73565   | 1,008058 | 1,48720      |                 |          |                   |
| 0,023813  | 0,77025   | 0,95785   | 0,95553  | 1,04853   | 1,024767  | 1             | 1,012711       | 0,88197      | 0,76387   | 1,03302  | 1,52404      |                 |          |                   |
| 0,023514  | 0,76059   | 0,94582   | 0,94354  | 1,03537   | 1,011905  | 0,987449      | 1              | 0,87090      | 0,74441   | 1,02005  | 1,50491      |                 |          |                   |
| 0,027000  | 0,87334   | 1,08603   | 1,08341  | 1,188357  | 1,16191   | 1,133831      | 1,14824        | 1            | 0,8547619 | 1,17126  | 1,72800      |                 |          |                   |
| 0,031588  | 1,02173   | 1,27057   | 1,26750  | 1,390864  | 1,35934   | 1,326488      | 1,34335        | 1,16991      | 1         | 1,370228 | 2,021615     |                 |          |                   |
| 0,023052  | 0,74563   | 0,92722   | 0,924983 | 1,015011  | 0,99223   | 0,96803       | 0,98034        | 0,85377      | 0,72977   | 1        | 1,47376      |                 |          |                   |
| 0,015625  | 0,50540   | 0,62850   | 0,626973 | 0,687996  | 0,67240   | 0,656152      | 0,66449        | 0,57870      | 0,49465   | 0,67854  | 1            |                 |          |                   |

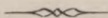
Das Cubikmeter wird Stere genannt und wird als Einheit des französischen Holzmaasses benutzt.  
 0,001 Cubikmeter = 1 Cubikdecimeter, als Einheit des metrischen Holzmaasses unter dem Namen Litre benutzt.



## Druckfehler.

---

|         |         |          |       |             |                                       |
|---------|---------|----------|-------|-------------|---------------------------------------|
| Seite 1 | Zeile 4 | von oben | lies  | hat für die | statt hat die.                        |
| „ 5     | „ 9     | „        | „     | „           | latente statt latentante.             |
| „ 7     | „ 14    | „        | „     | „           | 0,0133 statt 1,0133.                  |
| „ 15    | „ 29    | „        | „     | „           | ist es gewiss statt ist gewiss.       |
| „ 30    | „ 4     | „        | „     | „           | Seite 16 statt 6.                     |
| „ 44    | „ 32    | „        | „     | „           | wird statt werden.                    |
| „ 82    | „ 12    | „        | unten | „           | aus statt nach.                       |
| „ 83    | „ 3     | „        | oben  | „           | aus statt nach.                       |
| „ 89    | „ 4     | „        | „     | „           | wenn doppelt so viel statt wenn mehr. |
| „ 90    | „ 7     | „        | „     | „           | im Brennstoff statt an Brennstoff.    |
| „ 121   | „ 3     | „        | „     | „           | — 10 statt = 10.                      |



ae. 9

## Druckfehler.

| Seite 1 |    | Kette 4 von oben lies hat für die statt hat die |       |
|---------|----|-------------------------------------------------|-------|
| 6       | 6  | latente statt latents.                          |       |
| 7       | 14 | 0.0133 statt 1.0133.                            |       |
| 15      | 29 | ist es gewisse statt ist gewisse.               |       |
| 20      | 4  | Solie 18 statt 8.                               |       |
| 44      | 32 | wird statt worden.                              |       |
| 82      | 12 | aus statt nach.                                 | unten |
| 82      | 3  | aus statt nach.                                 | oben  |
| 83      | 4  | wenn doppelt so viel statt wenn mehr.           |       |
| 90      | 7  | im Brenner statt an Brenner.                    |       |
| 191     | 2  | -- 10 statt -- 10.                              |       |









Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297638