

Herr Dr. Leybold: Ich kann mich dahin aussern, dass bei dem jetzigen Preis in Hamburg das Maximum, welches man für Benzol anwenden kann, 43 Mark für 100 k ist; bei einem höheren Preis ist die Arbeit mit Benzol unvorteilhaft. Das Quantum, das wir verbrauchen, lässt sich nur annähernd berechnen; es werden ja immerhin grosse Quantitäten Cannelkohle verbraucht, um nicht das Benzol allein verwenden zu müssen. Wir haben $\frac{3}{4}$ Jahre ausschliesslich mit Benzol gearbeitet und verbrauchten im Maximum 1200 k pro Tag, im Minimum 700 k. Im Ganzen haben wir in den $\frac{3}{4}$ Jahren etwa 800 t verbraucht.

Stellvertretender Vorsitzender C. Duisberg: Indem ich Herrn Dr. Leybold für seine freundliche Auskunft bestens danke, frage ich noch einmal, ob Jemand das Wort wünscht. Es scheint das nicht der Fall zu sein, und ich bitte nun Herrn Professor Dr. Ferd. Fischer, uns mit seinem Vortrage zu erfreuen.

Ferd. Fischer:

Thermochemie in der chemischen Industrie.

Die brennenden Holzscheite auf dem offenen Herde unserer Vorfahren bilden den Ausgangspunkt jedes Culturlebens. Erst später wurde an einzelnen Orten (bes. Nordwestdeutschland) Torf mit verwendet, während die Verwendung von Mineralkohlen der Neuzeit angehört¹⁾.

Auch jetzt ist Holz noch ein wichtiger Brennstoff. Deutschland hat 14 Millionen ha Waldfläche²⁾. Nun beträgt im Schwarzwalde der jährliche Zuwachs auf 1 ha Bodenfläche im Mittel 3400 k Fichtenholz, in den Vogesen 3650 k Buchenholz. Der jährliche Zuwachs an Holz in Deutschland beträgt darnach etwa 50 Millionen Tonnen, wovon etwa 40 Millionen früher oder später zur Verbrennung kommen.

Die dabei freiwerdende Wärme (bez. das Licht) liefert die Sonne. Verbrennt z. B. Zellstoff:

$C_6 H_{10} O_5 + 6 O_2 = 6 CO_2 + 5 H_2 O$, so werden für je 1 k Zellstoff 4200 w entwickelt. Umgekehrt müssen zur Bildung von 1 k Zellstoff:

$6 CO_2 + 5 H_2 O = C_6 H_{10} O_5 + 6 O_2$, von den Sonnenstrahlen 4200 w gebunden werden.

Darnach entzieht 1 qm Waldfläche den Sonnenstrahlen jährlich durchschnittlich etwa

¹⁾ Vgl. Ferd. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe (Braunschweig, 1897) S. 457.
²⁾ Fischer's Jahresber. 1895, 103.

1400 w, somit, da der Baumwuchs sich wesentlich auf etwa 140 Tage beschränkt, täglich durchschnittlich 10 w. Diese 10 w auf 1 qm oder 100 000 w auf 1 ha Wald entsprechen dem durchschnittlichen täglichen Wärmeunterschied zwischen Wald und öder Fläche, aber auch der Grösse der Nutzbarmachung der Sonnenenergie durch den Wald, welche nur etwa 4 bis 5 Proc. der in unseren Breitengradeu verfügbaren Sonnenenergie (auf 1 qm etwa 30 000 w jährlich) ausmachen. Könnte der Baum alle Sonnenenergie binden, so würde es im Walde finster und kalt sein.

Nach Versuchen von A. Mayer³⁾ bilden unter besonders günstigen Wachstumsverhältnissen die auf 1 qm wachsenden Rüben 1,6 k Trockensubstanz, entspr. etwa 6400 w, oder etwa $\frac{1}{5}$ der verfügbaren Sonnenenergie. Mayer hebt hervor, dass im Grossbetriebe an solche Erträge allerdings nicht zu denken sei.

Nach dem Bericht von C. v. Eckenbrecher⁴⁾ über Kartoffelanbau lieferte die Kartoffel „Silesia“ auf 1 ha bis 85 hk, auf 1 qm somit 0,85 k Stärke. Rechnet man dazu die übrigen Bestandtheile der Kartoffel und das Kraut, so ergeben sich für 1 qm fast 4000 w. Sämmtliche auf 24 Gütern angebaute 17 Kartoffelsorten ergaben i. J. 1896 im Durchschnitt 0,39 k Stärke, entspr. etwa 1800 w, i. J. 1895 aber 0,47 k Stärke oder etwa 2100 w. Die Berliner Rieselfelder⁵⁾ lieferten i. J. 1889 im Durchschnitt auf 1 qm 0,155 k Weizen und 0,221 k, Stroh, entsprechend etwa 1500 w, die anderen Getreidearten nur etwa 1100 bis 1200 w gebundene Sonnenwärme. Im Jahre 1895 lieferte in gewöhnlicher Feldwirtschaft im Durchschnitt⁶⁾ 1 qm in Malchow 0,344 k Roggen und 0,396 k Stroh, entsprechend etwa 3600 w, dagegen Sputendorf nur 0,096 k Roggen und 0,18 k Stroh, entsprechend etwa 900 w Sonnenwärme.

Würden nun durch passende Culturpflanzen auf 1 qm 2400 w gewonnen, somit auf 3 qm soviel als 1 k guter Steinkohle entspricht, so würde 1 ha den Wärmewerth von 3300 k Steinkohle liefern. Deutschland hat 540 504 qkm Fläche; würden hiervon (ausser Wald) 240 000 qkm oder 24 Millionen ha in dieser Weise so angebaut, so würde (ausser 50 Mill. t Holz) der Wärme-

³⁾ Landw. Versuchsstat. 48, 73.

⁴⁾ Zft. f. Spirit. 1897, Ergänzhft. 1.

⁵⁾ Ferd. Fischer: Das Wasser, seine Verwendung, Reinigung und Beurtheilung mit besonderer Berücksichtigung der gewerblichen Abwässer S. 125.

⁶⁾ Verwaltungsber. des Magistrats zu Berlin 1895, 96.

wert von 80 Millionen Tonnen Steinkohle der Sonne entnommen, also soviel, als jetzt der Bergbau liefert. In Wirklichkeit wird diese Aufspeicherung von Sonnenenergie wohl etwas geringer sein, die so erzielten Stoffe sind aber erheblich wertvoller (Kohlehydrate, Fette, Albuminate) als der gleiche Wärmerwerth in der Kohle; sie werden zum weitaus grössten Theil als Nahrungsmittel verwendet und kommen somit als eigentliche Brennstoffe wenig in Betracht. Beachtenswerth ist die Verwendung des aus Kartoffeln oder Melasse erzeugten Spiritus zum Kochen und Beleuchten (vgl. d. Z. 1896, 433).

Über die Mengen des verwendeten Torfes liegen sichere Angaben nicht vor. Für die Industrie sind die Mineralkohlen ganz besonders wichtig, diese gewaltigen Energievorräthe, welche die Sonnenstrahlen in Millionen von Jahren geliefert haben. Die Entwicklung der Kohlengewinnung in den letzten 50 Jahren zeigt nebenstehende graphische Darstellung.

Deutschland förderte somit i. J. 1850 erst 5 Millionen Tonnen Steinkohlen, 1890 schon rund 70 Millionen und 1895 trotz des Rückganges 1891/92 schon 82 Millionen Tonnen⁷⁾, ferner etwa 25 Millionen Tonnen Braunkohlen. Wird der Brennwerth der letzteren auf Steinkohlen umgerechnet, so zeigt die punktierte Linie, dass über 90 Millionen Tonnen gefördert wurden. Auf dem Continente nimmt Deutschland somit weitaus den ersten Platz ein, während Frankreich nur etwa 28 Millionen, Belgien 19 Millionen, Österreich 10 Millionen (und 17 Millionen Braunkohlen), Russland kaum 8 Millionen Steinkohlen fördern. England förderte i. J. 1840 bereits 35 Millionen Tonnen Steinkohlen, 1895, — trotz des Rückganges 1891/92 — über 190 Millionen Tonnen; die Vereinigten Staaten standen i. J. 1875 mit Deutschland gleich, jetzt erreicht die Förderung 175 Millionen Tonnen.

Bei diesen gewaltigen Forderungen ist es nicht zu verwundern, dass die Kohlenvorräthe der heutigen Culturstaaten in 200 bis 800 Jahren erschöpft sein werden⁸⁾. Dass selbst die heutige, geschweige denn eine gesteigerte, Cultur unmöglich zu erhalten ist, wenn kein Ersatz für diese Energievorräthe geschaffen wird, bedarf keines Beweises.

Bessere Ausnutzung der Wasserkräfte, auch Ebbe und Flut oder Wind reichen nicht annähernd dafür aus, wohl aber könnte an die Ausnutzung der Sonnenwärme in den Tropen gedacht werden. Bei passendem

⁷⁾ Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe S. 463.

⁸⁾ Ausführlich daselbst S. 495.

Pflanzenbau wird 1 qm wohl 3600 w Sonnenwärme aufspeichern können, 1 qkm somit eine Wärmemenge, welche 500 t Steinkohlen

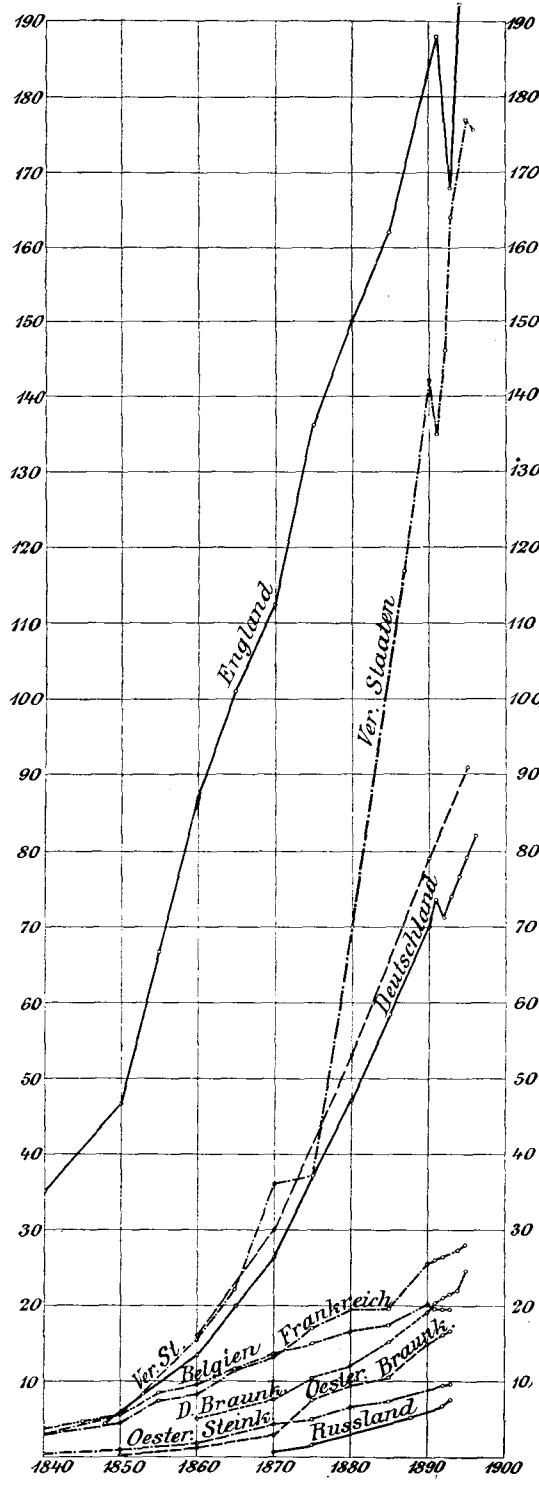


Fig. 155.

entspricht, die Sahara (bewässert) demnach etwa 3000 Millionen Tonnen. Immerhin dürfte die Überführung dieser Wärmeverräthe nach Europa nicht leicht sein. Angenehmer wäre

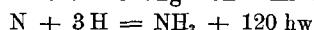
es, wenn Sonnenwärme in einfacher Weise in Elektricität umgesetzt werden könnte. Es könnte dann der Wärmeüberschuss der Tropen nach Europa übergeführt werden, während die Temperatur der Tropen selbst dadurch soweit ermässigt würde, dass sie auch für Europäer erträglich wäre.

Wie weit dieses Ziel erreichbar ist, lässt sich nicht voraussehen. Jedenfalls haben wir alle Ursache, mit unseren Kohlen sparsamer zu sein, als dieses jetzt vielfach der Fall ist^{9).}

Der Chemiker soll aber nicht herumprobiren, ob er hier oder dort an Brennstoff bez. Heizfläche sparen kann, ob und wie stark gekühlt werden muss, er soll zunächst die betreffenden Vorgänge rechnerisch verfolgen, d. h. feststellen, welche Wärmemengen überhaupt erforderlich sind oder frei werden, um darnach die Apparate und Arbeitsverfahren beurtheilen zu können. Die Mittel dazu liefert die Thermochemie.

Man hat nun versucht, auf Grund dieser thermochemischen Erscheinungen auch die chemischen Umsetzungen und Zersetzungsvorauszusagen. Thomsen¹⁰⁾ stellte den Satz auf: „Jede einfache oder zusammengesetzte Wirkung von rein chemischer Natur ist von einer Wärmeentwicklung begleitet.“ Thomsen meinte, die Zersetzung einer chemischen Verbindung sei nur durch solche Vorgänge zu bewirken, welche mehr Wärme entwickeln, als bei der Zerlegung verbraucht werde.

Berthelot fasste im Jahre 1865 dieses Prinzip der grössten Arbeit noch schärfter: „Jede chemische Umwandlung, welche ohne Dazwischenkunft einer fremden Energie stattfindet, strebt zur Bildung desjenigen Stoffes oder Systems von Stoffen, bei welchem die meiste Wärme entwickelt wird.“ Schon Ostwald¹¹⁾ betont, dass der Satz in seiner Strenge falsch ist. Um so auffallender ist es, wenn noch in einer vor wenigen Tagen veröffentlichten Abhandlung¹²⁾ auf Grund dieses Berthelot'schen „Gesetzes“ die Rostbildung und die Spennrath'sche Arbeit über Rostanstriche erklärt bez. vorausgesagt wird. Solche Schlussfolgerungen sind hinfällig, da die Voraussetzung falsch ist. So findet z. B. die Bildung von Ammoniak:



unter starker Wärmeentwicklung statt und doch haben wir kein Mittel, nennenswerthe

⁹⁾ Vgl. Ferd. Fischer: Taschenbuch für Feuerungstechniker. 3. umgearbeitete Aufl. (Stuttgart 1897).

¹⁰⁾ Pogg. Ann. (1854) 92, 34.

¹¹⁾ Ostwald: Chemische Energie (Leipzig, 1893) S. 66.

¹²⁾ Bergh. Zg: 1897, 153 (14. Mai).

Mengen Ammoniak aus den Elementen herzustellen, vielmehr zerfällt Ammoniak durch Elektricität oder Erhitzen in seine Elemente, also genau das Gegentheil von dem, was nach dem obigen angeblichen Gesetz eintreten sollte^{13).}

Die Thermochemie reicht also nicht aus, die chemischen Vorgänge zu erklären oder gar vorauszusagen, sie ist aber trotzdem von hohem Werth für die chemische Technologie, indem sie uns die Mittel liefert, die Wärmevorgänge bei den verschiedenen Fabrikationsverfahren rechnerisch zu verfolgen.

Die bezüglichen Arbeiten von F. Hurter im Journ. Soc. Chem. Ind. sind leider wegen der benutzten englischen Maasse, Gewichte u. s. w. für den deutschen Leser unbrauchbar. Sehr beachtenswerth sind dagegen die thermochemischen Berechnungen von G. Lunge in seinem vortrefflichen Handbuche¹⁴⁾, während in den meisten Lehrbüchern der technischen Chemie die Thermochemie nur wenig oder garnicht berücksichtigt wird. Schon in früheren Auflagen meines Handbuches¹⁵⁾ habe ich verschiedene thermochemische Berechnungen durchgeführt (vgl. d. Z. 1888, 548); bei der bereits begonnenen Neubearbeitung der 15. Auflage geschieht dieses in umfassender Weise. —

Bei der schon so sehr vorgeschriftenen Zeit muss ich leider für heute auf weitere Ausführungen verzichten.

Stellvertretender Vorsitzender C. Duisberg: Indem ich Herrn Professor Dr. Ferd. Fischer herzlichsten Dank sage, eröffne ich die Discussion.

Herr Professor Dr. Delbrück: Ich möchte mir erlauben, nur auf einen Punkt einzugehen, der mir sehr wichtig erscheint. Der Herr Vortragende sagt, dass die Art der Verbrennung von grosser Bedeutung sei, und glaubt deshalb, dem Spiritus eine Zukunft als Brennmaterial voraussagen zu müssen. Ich möchte nur ein Beispiel anführen. Es ist der Firma Körting in Hannover gelungen, eine Maschine herzustellen, die pro Stunde und Pferdekraft nur für 10 Pfg. Spiritus verbraucht, während das Petroleum 9 Pfg. kostet. Es ist das erstaunlich, denn das Petroleum sollte nach seiner Brennkraft das Doppelte leisten, wie Spiritus; es ist

¹³⁾ Vgl. Fischer's Jahresber. 1883, 1306.

¹⁴⁾ G. Lunge: Handbuch der Soda Industrie und ihrer Nebenzweige. 2. Aufl. (Braunschweig 1893 bis 1896).

¹⁵⁾ Ferd. Fischer: Handbuch der chemischen Technologie 14. Aufl. (Leipzig, O. Wigand.)

dies nur dadurch zu erklären, dass die Verbrennung des Spiritus eine sehr vollkommene und plötzliche ist, so dass die Kraftleistung der Explosion dadurch eine verstärkte wird.

Stellvertretender Vorsitzender C. Duisberg: Da sich niemand weiter zum Wort meldet, schliesse ich die Discussion und bitte Herrn Director Lüty, seinen Vortrag zu halten.

Herr Fr. Lüty:

Über die Anwendung von Zwischen-thürmen, speciell Plattenthürmen, in der Schwefelsäurefabrikation.

Das Tagesproblem der modernen Schwefelsäuretechnik strebt die Umgehung der grossen Räume an, die bei der bisher üblichen Anwendung von Bleikammern erforderlich sind. Schon die Geschichte der früheren Jahrzehnte der Schwefelsäurefabrikation weist die Namen hervorragender Fachmänner auf, die sich mit dieser Aufgabe befassten, allerdings ohne wesentliche Resultate erzielt zu haben. Am weitesten gelangte in dieser Hinsicht noch Thyss, der mit seinen, mit durchlochten Bleiplatten ausgesetzten Thürmen bis $7\frac{1}{2}$ mal mehr Schwefelsäure herstellen konnte, als für das gleiche Volumen Kammerraum usuell war; leider konnten die die Reaction befördernden Bleiplatten den chemischen Einwirkungen des Proesses nicht widerstehen. — Für die Herstellung von Schwefelsäure in Bleikammern gilt heute eine Leistung von 3 k 60° Säure (2,34 k H₂SO₄) in 24 Stunden pro Cubikmeter Kammerraum als eine gute Normalleistung; natürlich gibt es noch viele Fabriken, welche diese Ziffer nicht erreichen, während andererseits Fabriken vorhanden sind, welche diese Zahlen nennenswerth überschreiten. Es lässt sich nicht leugnen, dass man im Laufe der Jahre ganz wesentliche Fortschritte gemacht hat in der Ausnutzung des Kammerraumes, aber immerhin bleibt in dieser Beziehung noch sehr vieles zu thun.

Den neuesten Bestrebungen, die Processe der Schwefelsäurebildung in kleineren Räumen durchzuführen, haben die Vorgänge im Gloverthürme die Richtung gegeben. Wir sehen in der Praxis, dass gerade in diesem Apparate wesentliche Bedingungen für eine intensive Schwefelsäureproduction in grösserem Umfange gegeben sind als in den Kammern, von denen namentlich die mit den ärmeren Gasen arbeitenden hintern Kammern eine sehr geringe Produktionsfähigkeit aufweisen.

Lunge verfolgt in seinem klassischen Handbuche die Produktionsvorgänge im Glo-

verthurme an der Hand der Rechnung und kommt zu dem überraschenden Ergebniss, dass die Denitrirungszone des Gloverthurmes 200 mal soviel Säure macht, als ein gleicher Cubus Kammerraum. Thatsächlich zeigt ja die Erfahrung, dass der Gloverthurm einen bedeutenden Theil der Gesamtarbeit des Systems verrichtet, dass er 15 bis 20 Proc. der überhaupt hergestellten Säure eines Systems allein macht.

Es lag daher der Gedanke nahe, ähnlich wirkende Thürme zur Unterstützung der Kammerarbeit heranzuziehen, wodurch eine fortwährende Mischung der Gase erzielt wird und ein ständiges Anprallen an benetzte Oberflächen stattfindet.

Man hat daher wohl hier und da Thürme ähnlicher Construction wie die Gloverthürme zwischen den Kammern eingeschaltet, ja man ist noch weiter gegangen und hat Thürme allein zu einem System vereinigt, um mit totaler Umgehung des Kammerraumes Schwefelsäure zu erzeugen. Seit einer Reihe von Jahren hat die Firma Engelcke & Krause einen Zwischenthurm, construirt nach dem Principe des Gloverthurmes, zwischen der III. und IV. Kammer eines fünfkammerigen Systems eingeschaltet und leistet derselbe trotz der dort armen Gase zwischen 18 und 20 k 60° Säure pro Cubikmeter in 24 Stunden. Dies ist immerhin eine bedeutende Leistung an dieser Stelle.

Das Thonwaarenwerk Bettenhausen hat 1895 bei der chemischen Fabrik Rhenania einen Productionsversuch mit von der genannten Firma in anzuerkennender Weise zur Verfügung gestellten Thürmen ausgeführt, über welchen ich nur einige kurze Bemerkungen machen kann. Diese Anlage wurde nicht eigens für diesen Versuch errichtet, sondern es wurde eine Anzahl von alten Glover- und Gay-Lussacthürmen benutzt, theilweise wie sie dastanden, theilweise mit Bettenhausener Kegel ausgesetzt. Obgleich die Bedingungen des Versuchs nicht allen Anforderungen entsprachen, welche man hätte stellen können, ergab sich doch, dass sämmtliche Thürme mehr oder weniger nitrose Säure lieferten und dass der Salpeterverbrauch ein sehr hoher war. Diese Thatsachen liessen den Versuch schon nach kurzer Zeit als aussichtslos einstellen. Nach einer Mittheilung des Herrn Dr. Plath soll allerdings pro Cubikmeter der 4 Reactionsthürme 130 k 50° Säure erzeugt worden sein, entsprechend 104 k 60° Säure. Ich bin nicht in der Lage, diese Ziffer auf ihre Richtigkeit zu untersuchen; vielleicht entschliesst sich die Rhenania, die interessanten Ergebnisse dieses Versuchs durch Veröffentlichung der genauen