

## Die Chemie der Gegenwart und Kulturaufgaben der Zukunft.

Auf der Rostocker Hauptversammlung vorgetragen

von P. WALDEN.

(Eingeg. 15.6. 1924.)

Denkwürdige, an außerordentlichen Ereignissen reiche Zeitperioden haben oft ihre Vorgängerinnen in der Geschichte der Völker und Staaten. In der Kulturtentfaltung treten oft Rückfälle in vorausgegangene, scheinbar überlebte Formen ein. In der Welt der wissenschaftlichen Ideen kehren einzelne Probleme und Strömungen nach gewissen Zeiträumen wieder. „Die Zeit ist noch nicht aus unserem Gedächtnis verschwunden, wo durch schwere Kriege und Lasten der Wohlstand, die Industrie, der Handel abnahm, wo in den Adern aller Staaten das Blut und die Lebenskraft stockte.“ Diese schmerzerfüllten Worte wurden nicht unlängst, sondern 1840 gesprochen, und der sie sprach, war der große J. v. Liebig<sup>1)</sup>. Doch noch ein anderes fügte er an: „In dieser Zeit der tiefsten Erniedrigung Deutschlands entwickelte sich bei uns die naturphilosophische Schule; die Schätze der eminentesten Geister wurden zum Erjagen von hohen Seifenblasen verschleudert.“... „Die Tätigkeit, das Wirken der Naturphilosophen war die Pestilenz, der schwarze Tod des Jahrhunderts....“ Und wie tief seine Erbitterung gegen diese Abwendung vom Wege echter Forschung war, beweist die Tatsache, daß er 12 Jahre später wieder auf die Naturphilosophie zurückkommt (1852): „Mit einem unendlichen Aufwand von Geist und Scharfsinn schuf man nur Bilder, aber auch die glänzendsten Farben sind, wie Goethe in seiner Farbenlehre behauptete, nur getrübtes Licht....“

Doch Liebig war nicht allein ein Verneiner und Kritiker, viel mehr war er ein gottbegnadeter Reorganisator und Schöpfer in der Chemie. Mit Stolz und Recht konnte er von der Chemie seiner Zeit sagen: „Kaum ist bis jetzt eine Anforderung der Gewerbe, der Industrie, der Physiologie durch die wissenschaftliche Chemie unbefriedigt geblieben. Eine jede Frage, scharf und bestimmt gestellt, ist bis jetzt gelöst worden.“ Mahnend und warnend klingt es aber, wenn er spricht: „... die jetzige Naturforschung legt auf die scharfsinnigsten Erfindungen des Geistes kein Gewicht; sie betrachtet als ihre Aufgabe eine Erkenntnis, welche nur erworben wird durch unermüdliche Arbeit und Anstrengung“ (1852).

Die Chemie von heute als Geistes- und Wirtschaftsmacht ist nicht zum geringsten Teil eine Folgewirkung der von Liebig geschaffenen Schule und der Durchgeistigung der chemischen Forschung. Dieser an der Wirklichkeit gefestigte Geist der reinen und angewandten Chemie dürfte immun geworden sein für Ansteckungen durch naturphilosophische Zeitströmungen. Als Wirklichkeits- und Wirtschaftswissenschaft sollte die Chemie von heute keinen Rückfällen in die Erkrankungen erscheinen von einst zugänglich sein. Denn nicht zu erkennen ist das Wiedererwachen jener spekulativen, mit den scharfsinnigsten Hypothesen arbeitenden Richtung in der modernen Naturforschung. Diese Richtung wirkt um so bestrickender, als sie eine Reihe

von Problemen aus früheren Kulturperioden in neuer Beleuchtung vor dem menschlichen Blick wiedererscheinen läßt, diese Probleme in den Brennpunkt der Forschertätigkeit rückt, sowie mit neuartigen Mitteln und Methoden zu lösen unternimmt. Nicht nur ist es die Erkenntnisheimsucht im Menschen, die hierbei unser Interesse an diesen Problemen fesselt: „Ob nicht Natur zuletzt sich doch ergründe?“

Und wie einst ein Großer in der Chemie, so erhebt heute ein Großer in der Physik — J. Stark<sup>2)</sup> — seine warnende Stimme, indem er einer weitverbreiteten Illusion unserer Zeit entgegenwirken will, der Illusion nämlich, „... welche der menschlichen Eitelkeit schmeichelnd selbstzufrieden spricht: wie herrlich weit haben wir es doch in der Wissenschaft gebracht, die mathematische Weltfunktion ist gefunden, das Weltbild ist fertig, die Welträtsel sind gelöst, natürlich auch das Welträtsel der Struktur der kleinsten Weltbausteine, der chemischen Atome. Welch lächerliches Weltgeschwätz! Fast so alt, als die Menschheit ist.“ So J. Stark.

Und wie einst, ist es auch die große Not der Gegenwart, die zwangsläufig auf die Wissenschaft als die Retterin hinweist. Doch heute kommt noch ein neuer Faktor hinzu. Es ist auch die Sorge um die Zukunft unserer Kultur, die uns von einer höheren Warte aus Umbrüche und Ausblicke zu tun veranlaßt, die aber auch — vielleicht nur halb bewußt — die moderne Atomforschung mit beeinflußt. Und gerade die Atomforschung unserer Zeit will — trotz der Resignation des großen Dichters und Denkers — „ins Innere der Natur“ dringen. Im rosigen Dämmerschein einer nahen Zukunft möchten wir die Wissenschaft als Bezwingerin der Materie, als Herrin, deren Wünschen und Bedürfnissen die Atome, Elektronen und Protonen, sich gefügig erweisen, erschauen. Es ist das uralte Problem von der Urmaterie und der Umwandelbarkeit der Elemente, das der Naturforschung unserer Tage den Stempel aufgedrückt und die Richtung gegeben hat, und das die Chemie besonders aufhorchen läßt, denn jeder wirkliche, in die chemische Arbeitsweise übertragbare Fortschritt der Atomphysik würde alsbald von der angewandten Chemie aufgegriffen, in großen Ausmaßen durchgearbeitet und für die menschliche Kultur zugänglich gemacht werden.

Im Weltbild der modernen Kultur gebührt der Chemie einer der vordersten Plätze, und dasselbe wird um so naturwahrer sein, je mehr in ihm sowohl die theoretischen Ziele, als auch die praktischen Leistungen, sowohl das Streben als auch das tatsächlich jeweils Erreichte zum Ausdruck kommen.

Mit Recht hat unlängst F. Haber<sup>3)</sup> (1921), infolge dieser überragenden Bedeutung der Chemie im Rahmen der Naturwissenschaften, den Geschichtsabschnitt, den wir durchleben, „das Zeitalter der Chemie“ genannt. Segensreich und weit fassend sind ihre Aufgaben und Leistungen in Zeiten friedlicher Lebensbejahung der Menschen, aber gewaltig und gewalttätig kann die Chemie wirken in Zeiten, wo Krieg und Kriegselend die Welt in Brand setzen. So wird die Chemie eine mächtvolle

<sup>1)</sup> J. v. Liebig, Reden und Abhandlungen, Leipzig u. Heidelberg 1874, Winter'sche Verlagshandl. (S. 9, 19, 24, 163, 164, 266, 300).

<sup>2)</sup> J. Stark, Natur der chemischen Valenzkräfte, Leipzig 1922, S. Hirzel (S. 24 f.).

<sup>3)</sup> F. Haber, Fünf Vorträge, Berlin 1924, J. Springer (S. 42).

Beschützerin und gleichzeitig eine Mehrerin der Erungenschaften der menschlichen Kultur der Gegenwart. Doch schon dringen Stimmen an unser Ohr, welche der Chemie Aufgaben in der nahen Zukunft vorzeichnen, welche das Nahen eines erneuten Ringens der Völker künden: „Der chemische Krieg der Zukunft wird noch fürchterlicher sein als der letzte Krieg, es wäre daher falsch, die Waffen fortzuwerfen“, so wurde noch unlängst von dem Ministerpräsidenten eines neutralen Staates (1. Mai 1924, holländische Kammersitzung) öffentlich erklärt.

Neben den Aufgaben und Zielen der Chemie, die in sichtbarer Weise den Pendelschwingungen der Gegenwart und Zeitgeschichte beigeordnet sind, gibt es aber Aufgaben, die man als überzeitliche bezeichnen könnte, da sie über unsere zerrissene Zeit hinausgehen, unabhängig von menschlichen Haßgefühlen und politischen Machtgelüsten sind und ihre Wurzeln gerade in der friedlichen Weiterentfaltung unserer materiellen Kultur selbst haben.

Die Chemie wird damit vor neuartige, ihrer Schwierigkeit nach kaum zu bewältigende, aber in ihrer Bedeutung kaum zu überschätzende Aufgaben gestellt: die Chemie muß die in nicht zu ferner Zukunft eintretende Erschöpfung der notwendigsten Rohstoffe aufhalten, oder an Stelle dieser abgebauten Rohstoffe neue setzen, damit unsere materielle Kultur und die „sittliche Weltordnung“ des Abendlandes vor dem drohenden Untergang bewahrt werden.

Die Kultur der Zukunft — das steht fest — hängt von dem Wollen und Können der Chemie ab. Wenn die Chemie schon jetzt in bewusster, kraftvoller Weise sich diese Aufgabe zu eigen macht und ihre befriedigende Lösung erreicht, wird sie eine Tat von welthistorischer Bedeutung vollbringen. Berufen und befähigt zu dieser Großtat sind reine und angewandte chemische Forschung in gemeinsamer Arbeit.

Noch Liebig unterschied (1865) zwischen der Chemie als Wissenschaft und Chemie als Kunst. Chemie als Wissenschaft sucht — nach Liebig — die Erklärung von Tatsachen, sucht ausschließlich die Wahrheit und einen Grund; die Chemie als Kunst geht einem Zweck nach, sucht ein Ding, aus Einzelnen will sie ein Ganzes herstellen. Doch wer wollte heute leugnen, daß die angewandte oder technische Chemie nicht auch eine Wissenschaft ist, oder die gleichen wissenschaftlichen Forschungswege wandelt, wie die „reine“ Chemie. Sagte noch unlängst der hervorragende Naturphilosoph und Physiker J. J. Thomson (1923): „Niemand kann jetzt mehr zwischen der Wichtigkeit der sogenannten reinen und der angewandten Forschung eine scharfe Grenze ziehen. Beide sind gleich wichtig für den Fortschritt, und wir müssen einsehen, daß ohne blühende Forschungsstätten für die grundlegenden Fragen, sei es an den Universitäten, sei es an anderen wissenschaftlichen Instituten, die technische Forschung am Ende notwendig verkümmern muß.“

Als Schulbeispiele für derartige Meisterleistungen reiner und angewandter chemischer Forschung und verwirklichter technischer Anwendung sei nur aus der jüngsten Zeit an die allbekannten Fälle erinnert: Ammoniaksynthese nach Haber und Bosch, Ammoniaknitrierung nach W. Ostwald, Synthesen aus Acetylen und anderes. Bei ihnen tritt zugleich die Bedeutung der Chemie in ihrer ganzen staatspolitischen und staatswirtschaftlichen Auswirkung entgegen. In ihnen liegt ja die Lösung von Problemen vor, die sowohl die dankbare An-

erkennung der Zeitgenossen verdient haben, als auch bei den Nachfahren eine dauernde Bewunderung hervorrufen und die Namen dieser Forscher den großen Wohltätern der Menschheit beigesellen werden.

Es ist ein eigenartiges Geschick, reich an hochdramatischen Momenten, dem uns die moderne Kultur gegenüberstellt. Wir sehen die Riesenfortschritte in der Beherrschung des Stoffes, wir freuen uns über unsere Machtfülle bei der Veredelung und Durchgeistigung der Materie — der breite Strom der fortschreitenden materiellen Kultur der Menschheit, er ist nicht zum geringsten Teil das Werk der reinen und angewandten Forschung. Dies alles steht auf der einen Seite des großen Hauptbuches unserer Zeitgeschichte. Doch was steht auf der anderen, der Ausgabenseite? Die Erschöpfung und Entartung der Materie: die edelste Solinger Klinge, wie der einfachste Nagel, die Eisenbahnschienen<sup>4)</sup>, wie die Uhrfedern, — sie alle werden zu Staub oder Rost, sie alle gehen ganz oder teilweise für kommende Zeiten und künftige Verwendungen verloren und entarten; je umfassender unsere technischen Fortschritte einerseits sind, um so umfassender und um so tiefer müssen anderseits die Eingriffe in unseren Besitzstand an Rohstoffen sein, um so mehr erschöpfen sich die Rohstoffvorkommen der Erdkruste. Und wie die bitterste Ironie erscheint es uns, daß gerade die Völker, welche am schöpferreichsten sind, welche durch ihre Erfindungsgabe, ihren systematischen Forschungstrieb, ihr technisches Können und ihre wirtschaftliche Regsamkeit und Organisation am meisten bei der Veredelung der Materie mitwirken, am ehesten dem Erschöpfungszustand der Rohstoffe in ihrem Lande gegenüberstehen müssen! Die Kultur des Abendlandes nähert sich dem Untergang, die unausbleibliche Erschöpfung der Bodenschätze wirft schon heute ihre drohenden Schatten auf die blühende materielle Kultur. Der Untergang ist unabwendbar, wenn nicht die reine und angewandte Forschung neue Mittel zur Abwendung und neue Bahnen und Formen für die materielle Kultur schaffen.

Ist es da nicht nabeliegend, tröstend und ermutigend zugleich, an jene von Liebig geschilderte Zeit des Tiefstandes und des darauffolgenden Wiederaufstieges sich zu erinnern und fest zu hoffen, daß wie damals die Chemie aus der tiefsten Not zur neuen Blüte geführt hatte, auch der bevorstehenden Katastrophe gegenüber die Chemie eine Führerin durch „Nacht zum Licht“ sein wird?

Zwei große Fragenkomplexe wollen wir aus der Schar der Probleme der Gegenwartskultur herausheben, um an ihnen die Folgewirkungen der immer weiter sich entwickelnden Technik und die neuartigen Aufgaben der chemischen Forschung zu veranschaulichen. Beide sind ursächlich verknüpft mit den Forderungen der materiellen Kultur des 20. Jahrhunderts; es ist dies der Metallhunger, insbesondere der Eisenhunger, und der Brennstoffhunger unserer Zeit.

Wie erfreulich nimmt sich einerseits die folgende kleine Statistik aus:

<sup>4)</sup> Unlängst hat der englische Ingenieur Dr. Harriman berechnet, daß alljährlich auf den Bahnen der Welt nur von den Schienen 270 000 t Eisen als Staub verlorengeht! Die rollenden Räder der Eisenbahnwagen, der Lokomotiven, und die ungezählten eisernen Maschinen in Fabriken und Werkstätten, wird der durch Reibung berechnete Verlust hier nicht das Mehrfache des obigen betragen? Wird dann der mechanische Verlust nicht schon Millionen Tonnen betragen?

I. Weltverbrauch, bzw. -erzeugung von Roheisen in Millionen Tonnen:

1500	1600	1700	1800	1825	1850	1870
0,05	0,07	0,1	0,8	2	4,8	12
1890	1900	1910	1912	(1923)		
27,9	41,9	66	72	(etwa 130)		

Wert der Weltproduktion von Roheisen im Jahre 1910: 3562 Mill. Mark,

Wert der Weltproduktion von unedlen Metallen im Jahre 1913: 8150 Mill. Mark.

II. Weltproduktion der Steinkohle in Millionen Tonnen:

1845	1870	1903	1913	1923
etwa 53	218	800	1300	>1600

Wert der Weltproduktion von Brennstoffen im Jahre 1913: 23 900 Mill. Mark.

III. Die Gesamtmenge des abbauwürdigen Eisenerzes (60 %) wird auf 1300 Mill. t geschätzt<sup>5)</sup>. Der Weltvorrat der Steinkohle wurde (1913) auf 7 307 553 Mill. t ausgewertet, davon zurzeit wirklich abbaufähig nur 716 154 Mill. t.

Anders und weniger erfreulich gestaltet sich das Bild, wenn wir das Vorkommen z. B. der Kohlevorräte betrachten und das Abendland, bzw. Westeuropa dem Orient und Amerika gegenüberstellen. An den  $7,3 \times 10^{12}$  t Weltvorrat an Steinkohle sind, bzw. waren 1914 beteiligt: Deutschland mit 5,7 %, Großbritannien mit 2,6 %, Österreich mit 0,8 %, Frankreich mit 0,2 %, Belgien mit 0,2 %, Rußland mit 0,8 %, China mit 13,5 %, Canada mit 16,4 %, Nordamerika mit 51,8 %. Während auf Europa etwa 10—11 % entfallen, weist Nordamerika mit Canada rund 68 % des Gesamtvorrats an Steinkohle auf; dabei hat Europa etwa 400 Mill. Einwohner, die Vereinigten Staaten mit Canada nur etwa ein Fünftel davon, d. h. 82 Mill. Bewohner! Der ideelle Besitzstand jedes Bürgers der Vereinigten Staaten an Steinkohle ist demnach etwa 35 mal größer als derjenige jedes Europäers. Die Natur hat also das Abendland in einer auffallend parteilichen Weise zurückgesetzt.

Die nächste inhaltschwere Frage ist nun: Wie lange können diese Vorräte an Eisen und Kohle im Abendlande die Technik und Industrie befriedigen, wann tritt die Erschöpfung ein und was ist die unvermeidliche Folge dieser Erschöpfung?

Unter Zugrundelegung der früheren (Vorkriegs)-Verhältnisse im Besitzstande Deutschlands hatte die Preußische geologische Landesanstalt die zeitliche Reichweite der deutschen Eisenvorräte mit 40—50 Jahren bewertet. Auf dem XI. Internationalen Geologenkongress 1910 in Stockholm gab Sjögren als Resultat seiner Berechnungen an, daß bei dem damaligen jährlichen Verbrauch des Eisens in der Welt der Gesamtvorrat der bekannten anwendbaren Eisenerze in 60 bis höchstens 140 Jahren verbraucht sein würde. Gewiß sind derartige Berechnungen unsicher und enthalten mehrere veränderliche Faktoren; sie rechnen mit gleichbleibendem Verbrauch, trotzdem derselbe von Jahr zu Jahr im Zunehmen begriffen ist; sie gehen von den bisher bekannten Erzvorkommen aus, trotzdem noch unentdeckte oder unerforschte oder ungenügend erforschte Fundstätten in Frage kommen können. Das Abendland als Fundstätte kommt aber hierbei kaum mehr in Betracht; die

<sup>5)</sup> Die Gesamtproduktion des Eisens seit 1500 wird auf etwa 2500 Mill. t, also auf das Doppelte der noch vorhandenen Menge geschätzt.

Lebensdauer seiner Erzreservoir ist vorgezeichnet und wird kaum ein halbes Jahrhundert übertragen.

Und die Steinkohle? Die Berechnungen über die Lebensdauer der Kohlevorräte führen hier zu folgenden Ergebnissen: In England werden die Kohlevorräte bereits nach etwa 50 Jahren dem Erschöpfungszustande nahe sein, in Frankreich (Zentral- und Nord-) nach etwa 100—200 bzw. 300 Jahren, in Belgien nach etwa 600—800 Jahren, im Aachener, Saarbrückener und Ruhrbezirk nach etwa 600—800 Jahren, in Oberschlesien nach mehr als 1000 Jahren, in den Vereinigten Staaten dagegen nach mehr als 1500 Jahren.

Man kann diese Zeiträume eher zu groß, als zu gering bemessen ansehen. Denn nehmen wir die Entwicklung der Steinkohlenförderung während der Periode 1865—1910 als Grundlage an und lassen sie in gleicher Weise weiter forschreiten, so finden wir, daß nach je 15 Jahren der Verbrauch sich fast verdoppelt hat (genauer 1,85 mal größer geworden ist). Nach Ablauf von 150 Jahren, also im Jahre 2070, würde er alsdann einen Weltverbrauch von rund 550 000 Mill. t erreicht haben, also nahe der heute abbaufähigen Menge von 716 154 Mill. t gekommen sein.

Infolge der Gewaltmaßnahmen, die durch den Versailler Frieden bedingt worden sind, hat Deutschland seine führende Stellung als kohlenreichstes Land Europas eingebüßt. Die einstigen Kohlevorräte sind auf etwa ein Siebentel des früheren Wertes oder auf etwa 64 Milliarden t Steinkohle zusammengezerrumpft<sup>6)</sup>. Bei einer Fortdauer der Produktion im selben Maße wie 1913, d. h. bei einer Jahresproduktion von nur 170 Mill. t, würde dieser Restbestand schon nach 400 Jahren erschöpft sein. Naturgemäß würde bei einem Wiederaufblühen und einer Weiterentwicklung der Industrie Deutschlands die Erschöpfung schon viel früher, in wenigen Jahrhunderten, sich bemerkbar machen.

Unter den europäischen Industrieländern nimmt Rußland eine gesonderte Stellung ein. Es ist nicht nur gegenwärtig ein Gegenstand besonderen Interesses seitens der wirtschaftlichen Kreise der ganzen Welt. Oft hören wir von den ungehobenen und unerschöpflichen Mineral- und Kohlenschätzen dieses osteuropäischen Reiches reden. Wie steht es nun damit?

Im Jahre 1910 wurde (von dem Moskauer Prof. Leist) der genau bekannte Vorrat an Eisenerzen auf 387 Mill. t Eisen geschätzt; an 60%igem und höherem Eisenerz waren davon in Rußland nur etwa 99 Mill. t. Im Jahre 1917 gab Prof. Bogdanowitsch diese Gesamteisenvorräte im europäischen Rußland auf rund 800 Mill. t, also etwa doppelt so hoch an. Darunter an sichtbaren und wahrscheinlichen Vorräten (visible ore und probable ore) 387 Mill. t, an möglichen (possible ore) 405 Mill. t, zusammen 792 Mill. t. Die russische Eisenproduktion, die im Jahre 1885 noch  $\frac{1}{2}$  Mill. t (= 31 Mill. Pud) Roheisen betrug, war im Jahre 1913 auf rund 4,7 Mill. t (also auf das Neunfache) gestiegen. Nehmen wir an, daß dieser Verbrauch auch den weiteren technischen Bedürfnissen Rußlands genügen werde, so würde das besagen, daß bereits nach 25 Jahren das eisenreiche Erz (mit 60 und mehr Prozent Eisen) erschöpft sein müßte. Nimmt nun die technische Kultur in Rußland einen Aufschwung, d. h. steigert sich sein Eisenverbrauch erheblich, so wird auch der Höchstwert des Vorkommens (387—800 Mill. t) nur etwa ein Menschenalter vorhalten. Die vielbesprochenen Eisenvorkommen im Gouvernement

<sup>6)</sup> Vgl. Heinz, Ch.-Ztg. 1924, 339.

Kursk haben trotz der vielverheißenden magnetischen Indizien bei den im Jahre 1923 ausgeführten Bohrungen kein hochwertiges Eisenerz ergeben.

Und nun die russische Steinkohle. Das offizielle russische geologische Komitee gab im Jahre 1913 die Kohlevorräte auf 234 000 Mill. t an, d. h. die wirklichen und möglichen Vorräte. Davon entfallen auf das europäische Rußland 60 106 Mill. t, bzw. wirkliche Vorräte nur 69 Mill. t (während auf Sibirien 173 879 Mill. t entfallen, darunter wirkliche, zur Ausbeutung sich eignende Vorräte — sehr wenig). Rechnen wir also nur mit den effektiven Vorräten = 69 Mill. t und stellen wir ihnen den Jahresverbrauch (von 1913) = 45 Mill. t (oder 2745 Mill. Pud) gegenüber, so sehen wir, daß diese Vorräte in Wirklichkeit kaum für zwei Jahre reichen würden. Nehmen wir die Gesamtressourcen des europäischen Rußlands, so könnten dieselben bei gesteigertem Bedarf wohl etwa 200—500 Jahre vorhalten.

Erwägen wir die Möglichkeit, daß Rußland seine Eisen- und Kohlenschätze dem industriellem Westen Europas, etwa seinem Nachbar Deutschland, zur Verfügung stellen würde, wenn das letztere die eigenen Vorräte erschöpft hätte. Welchen praktischen Erfolg hätte dieser Fall? Nehmen wir wiederum das Jahr 1913; Deutschlands Eisenproduktion (also Eisenbedarf) betrug damals 19,3 Mill. t, demnach würde Rußlands Eisenvorkommen nur 5 bzw. im Höchstfalle 40 Jahre ausreichen! Deutschlands Steinkohlenproduktion betrug (1913) etwa 170 Mill. t, demnach könnten sämtliche (wirkliche und wahrscheinliche) Kohlevorräte Rußlands knapp 200 bis 300 Jahre der Anforderung vom Jahre 1913 standhalten.

Für Deutschland liegt ein wichtiger wirtschaftlicher Garantiefonds in den Braunkohlenvorräten (etwa 6000 Mill. t in Mitteldeutschland) und Torfslagern. Während die Braunkohlenförderung Deutschlands 1888 nur 15 Mill. t betrug, war sie 1913 bereits auf rund 90 Mill. t gesteigert worden, betrug demnach etwa die Hälfte der gleichzeitig geförderten Steinkohle (190 Mill. t im Jahre 1913).

Ein weiterer vielbegehrter und vielumstrittener Brennstoff ist das Erdöl (Petroleum, Naphtha). Diese merkwürdige Flüssigkeit diente noch vor etwa sechs Jahrzehnten den Indianern in Amerika als Heilmittel, heute produzieren die Vereinigten Staaten allein etwa 30 Mill. t dieses Produktes und verbrauchen rund 67 % der Weltproduktion desselben. Die von Van Hise vorgenommene Schätzung der Ölressourcen Nordamerikas sagt ihre Erschöpfung schon im Jahre 1935 bis längstens 1953 voraus. Die Vorräte im Kaukasus lassen schon heute die nahende Erschöpfung erkennen.

Unter Zugrundelegung der wirtschaftlichen Verhältnisse von heute (Gewinnungsmethoden und -mengen, Verwendungsformen) muß die Reihenfolge der Erschöpfung der Rohstoffe im Abendlande mit Eisen beginnen und über Erdöl zu Steinkohle fortschreiten. Die Katastrophe wird nach einem halben Jahrhundert hereinbrechen, indem Englands Kohlenvorräte, Deutschlands Eisenvorräte, und allgemein die Erdölquellen erschöpft sein werden. — Es ist nichts Neues, was ich da mitteile, und nicht geschieht dies, um etwa ein Gefühl des Gruselns hervorzurufen.

Wohl mag es Optimisten geben, die sich damit trösten, daß es nicht so schlimm sein werde, wie es gegenwärtig scheint. Egoisten und gewinnstüchtige Spekulanten werden als Augenblicksmenschen den Raub an den kommenden Geschlechtern ruhig fortsetzen, denn für sie gilt ja das berüchtigte Wort: *après nous le déluge!* Die Fatalisten wiederum werden tatenlos und resigniert dem

herannahenden Verderben, vielleicht als einer verdienten Strafe des Himmels für die entartete Menschheit, entgegensehen. Nicht so stehen die nüchtern blickenden Wissenschaftler und Wirtschaftspolitiker diesem Problem gegenüber. Schon seit dem Anbruch des neuen Jahrhunderts haben weitschauende Männer ihre warnende Stimme erhoben und zur größten Sparsamkeit aufgerufen, so z. B. C. Winkler („Wann endet das Zeitalter der Verbrennung“, 1900), Engler (1911), S. Arrhenius (Die Chemie und das moderne Leben, 1922). So schrieb A. Binz (Kohle und Eisen, 1919): „Für den künftigen Wettbewerb der Völker untereinander ist die Frage von Bedeutung, auf wie lange sie noch mit Kohle und Eisenerzen versehen sind, denn diese sind im Gange der Geschichte die Hauptwegzehrung, und ihre Erschöpfung wird dereinst die Welt in einer Weise aufrütteln, daß alles andere, was jemals die Menschheit erregt hat, davor verblassen wird“. Und noch unlängst (Z. ang. Ch. 37, 121 [1924]) sagte derselbe Gelehrte: „Seit 1914 kämpft man um Kohle, Kali, Eisenerz, Erdöl und ihre industriellen Verwendungen“. Wir möchten diesen Satz dahin erweitern, daß zu allen Zeiten das Suchen, die Besitzergreifung und Ausnutzung der Naturerzeugnisse und Bodenschätze eine wesentliche Triebfeder bei der Entdeckung, Eroberung und Aufteilung der Welt gewesen sind.

Ja, dieser Kampf um die Rohstoffe — er findet teils mit den Waffen in der Hand, teils mit Hilfe diplomatischer Künste heute unvermindert in der ganzen Welt statt!

Im Jahre 1916 äußerte sich die von der British Association eingesetzte Kommission folgendermaßen hinsichtlich der Kohle in England: „Es kann kaum bezweifelt werden, daß es die reichlich vorhandene und leicht gewinnbare Kohle war, die die materielle Grundlage für unseren großen Aufschwung in Handel und Industrie während der vergangenen Jahrhunderte gebildet und uns die vorteilhafte Stellung allen anderen Nationen gegenüber gesichert hat, aber es ist ebenso wahr, daß wir uns nicht länger auf einen solchen Vorteil unseren nächsten Konkurrenten gegenüber berufen können“. Dies war mitten im Kriege. Und vor wenigen Wochen, mitten im Segen des sogenannten Weltfriedens und der Weltabrüstung kommt von jenseits des Ozeans die öffentliche Erklärung des amerikanischen Marinesachverständigen, W. Chearer folgenden Inhalts: „Die amerikanischen Brennstoffvorräte, die den Bedarf der Flotte im Falle eines Krieges (!) decken sollen, seien derart gering, daß die Schiffe aus Mangel an Petroleum bereits einige Wochen nach Ausbruch von Feindseligkeiten ihre Operationen einstellen müßten.... Großbritannien habe nicht nur die Kontrolle über die Petroleumquellen der ganzen Welt sich verschafft, sondern auch in den Vereinigten Staaten 241 000 Morgen petroleumhaltigen Geländes und 2114 Petroleumfelder erworben“ (vgl. Telegramm der Tagespresse aus New York vom 28. April 1924).

Oder sollen wir daran erinnern, daß vom 13.—18. April dieses Jahres in Italien (Mailand) ein „Nationaler Kongreß für technische Chemie“<sup>7)</sup> unter Mussolini's Ehrenpräsidium stattfand, wo unter den Vortragsthemen folgende waren: „Die Chemie und nationale Vorbereitung usw.“<sup>8)</sup>, „Über das Problem der nationalen Brennstoffe“, „Der absolute Alkohol als Brennstoff und die nationale Wirtschaft“ usw.

<sup>7)</sup> Vgl. Z. ang. Ch. 37, 323 [1924].

<sup>8)</sup> Hierbei wurde die gesteigerte Bedeutung hervorgehoben, welche den Giftgasen als künftigem Kampfmittel zu kommt.

Hier, wie vorhin, in Italien gleichwie in Amerika und England ist es eine nationale Frage, eine nationale Sorge, die beraten, von Chemikern und Staatsmännern vereint der Lösung zugeführt werden soll. Sie ist aber zugleich ein Weltproblem, dem auf der Ausstellung des Britischen Weltreiches in Wembley bei London vom 30. Juni bis 12. Juli 1924 eine Welt-Kraft-Konferenz gewidmet werden wird. Auf derselben wird eine der größten Autoritäten auf dem Gebiete der Kohlenforschung, F. Fischer, einen Vortrag über „Die Umwandlung der Kohle in Öle“ halten.

Ist das alles nicht wie ein Wetterleuchten vor herannahendem verheerenden Sturm in der Welt? Wo und wann wird die Explosionswelle ihren Anfang nehmen?

Doch nicht der Krieg wird der unvermeidlichen Erschöpfung von Kohle, Petroleum und Eisen vorbeugen. Wohl kann er die Katastrophe für einzelne Völker und Staaten mit Gewaltmitteln auf einige Zeithin-ausschieben, günstiger gestalten, und zwar auf Kosten der anderen Völker. Man wird den Raubbau an den Bodenschätzen in neuer Verteilung weitertreiben, doch es wird nur ein Palliativ mittel sein, das zu neuen internationalen Verwicklungen und gewaltsamen Auseinandersetzungen führen wird: Menschenblut ist nicht das Heilmittel für die sich erschöpfende materielle Kultur des Abendlandes. Nur allein der Schweiß der Edelsten, nur geistiges Schaffen und technisches Befzwingen der Natur kann die Katastrophe an ihrer Wurzel fassen. Eine radikale Abhilfe kann nur auf dem Boden neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse vom Wesen der Materie erwachsen, und diese neuen Erkenntnisse müssen sich ausgestalten zu neuen Formen der materiellen Kultur, die von der Technik dann geschaffen werden.

Der Untergang der Kultur des Abendlandes, von der heute so oft geredet wird, kann nicht allein erfolgen, weil eine einheitliche Weltanschauung fehlt. Viel mehr — vielleicht — wird diese Kultur bedroht, weil die Vorräte des Abendlandes an kulturerhaltenden Rohstoffen, weil die Naturschätze, welche die Industrie und Technik speisen, ihrer Erschöpfung entgegengehen.

Und so stehen wir am Anfang dieser Kulturumwandlung, nicht nur als beschauliche Zeugen, sondern als Mittägige, als berufene Mitschaffende. In erster Reihe ist es gerade die Chemie als die „Wissenschaft und Kunst“ von der Materie, welche bei diesen neuen Aufgaben eine führende Rolle einzunehmen hat. Der bisherigen Entwicklung der materiellen Kultur hat die Chemie ihren Stempel aufgedrückt. Der Erhaltung der materiellen Kultur durch Umgestaltung derselben gilt ihre weitere Sorge. Die reine und angewandte Chemie erhält neben ihren zeitlichen Zielen auch überzeitliche, Zukunftsziele. Die Kultur erhalten und fördern heißt dann auch die Güter seines Volkes und sein Volk selbst erhalten und fördern. Und so nimmt die Chemie für ihr ferneres Wirken neue ethische Ideale auf, sie erfüllt sich mit neuem sittlichen Streben. Mehr als bisher, bewusster als je zuvor wird sie ein nationales Gut und Machtmittel, das des höchsten staatlichen Schutzes und der weitgehendsten staatlichen Förderung würdig ist.

Wir sind bereits am Werk, das Steuer der materiellen Kultur — wenn auch vorsichtig maßvoll — umzuwerfen. Wir sind auf der ganzen Linie der modernen Technik bestrebt, Sparsamkeit in dem Verbrauch des Eisens (bzw. der Metalle) und der Kohle zu üben, trotzdem die technische Entwicklung ihren Lauf im breiten Strom fortsetzt. Nicht allein sind es die vervollkommeneten Ge-

winnungsmethoden der Metalle und die ökonomischere Energieausnutzung der Kohle, vielmehr noch ist der stufenweise Ersatz des Eisens (und teilweise der anderen uralten Metalle) durch neue Elemente, die in unserer Erdrinde reichlich vorkommen und als billiges Rohmaterial zugänglich sind.

Sehen wir uns daraufhin die Zusammensetzung der Erdrinde an. Nach den jüngsten Untersuchungen von F. W. Clarke und H. Washington (1922) ist die Zusammensetzung der Lithosphäre (Dicke = 10 Meilen) + Hydrosphäre + Atmosphäre die folgende:

O %	Si %	Al %	Fe %	Ca %	Na %	K %	Mg %	H %
49,19	25,71	7,50	4,68	3,37	2,61	2,38	1,94	0,87
Ti %	Cl %	P %	C %	Mn %				
0,648	0,228	0,142	0,139	0,108				

Diese 14 Elemente ergeben zusammen 99,517 %.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß es die Elemente Si, Al, Fe, Ca (Na, K) und Mg sind, welche als häufig vorkommende Bestandteile der gewöhnlichen Gesteinsarten unsere Aufmerksamkeit fesseln müssen. Kurz gesagt: Silicium, Aluminium, Calcium und Magnesium müssen diejenigen Elemente sein, zu denen wir greifen müssen, um den wachsenden Metallhunger (bzw. Eisenhunger) zu befriedigen und dem Verbrauch der bisherigen Metalle einen Damm entgegenzustellen.

Eine kleine Vergleichstabelle wird vielleicht die Eigenart dieser Metalle verdeutlichen.

	Fe	Cu	Sn	Al	Mg	Ca	Si
Dichte. . . .	7,85	8,93	7,30	2,66	1,74	1,59	2,49
Härte. . . .	4,5	3,0	1,8	2,9	2,0	1,5	7,0

Das mittlere spezifische Gewicht der ersten Gruppe (bisher gebrauchte Metalle) schwankt um 8, während dasjenige der zweiten Gruppe (Erdalkalimetalle und Silicium) nur 2—2,5 beträgt. Die erste Gruppe stellt demnach Schwermetalle dar, denen die Leichtmetalle mit einem etwa drei- bis viermal geringeren spezifischen Gewicht gegenüberstehen. In dieser Zeit, wo das Leben immer schwerere Lasten uns auferlegt, trachten wir nach immer leichteren Werkzeugen und Abwehrmitteln im Kampfe um das Dasein. Beim allmählichen Ersatz der Schwermetalle infolge der Erschöpfung derselben würde also ein Zeitalter der Leichtmetalle anbrechen. Diese Wandlung würde eine Umwälzung in unserer gegenwärtigen materiellen Kultur einschließen. Denn es müßte das uns heute so unersetzlich erscheinende Eisen aus dem Kulturleben verschwinden oder in seiner Verwendung und Vorherrschaft ganz wesentlich verringert werden.

Es wäre verlockend und eines dichterisch begabten Chemikers und Technikers oder eines technisch orientierten Dichters, heißt er M. Eyth, K. Laßwitz, oder Wells oder J. Verne, wert, dieses Zukunftsbild uns zu entwerfen, eine Kulturwelt zu schildern, die im wahren Sinne des Wortes sich der eisernen Fesseln, die unsere Zeit kennzeichnen, entledigt hat: die eisernen Ringe, welche unsere Erde umspannt halten, sind verschwunden; die unter ihrer schweren Last keuchenden Stahlrosse und eisernen Ozeanriesen, — sie gehören einer entschwundenen Kulturperiode an. Ohne Schienenwege und Brücken durchzehen leichte, riesigen Vögeln gleichende Luftschiffe

den Raum und vermitteln den Verkehr zwischen Ländern und Weltteilen. Leichtmetalle, Holz und Glas — sie sind die Ersatzstoffe des Eisens, das zu den seltenen, d. h. den selten gewordenen oder wirtschaftlich „ausgestorbenen“ Stoffen der Zukunft gehören wird! — In einer phantasievollen Erzählung des vielgenannten italienischen Gelehrten P. M a n t e g a z z a unter dem Titel „Die künftige Menschheit, das Jahr 3000“ (1897) — wird von der Sitte berichtet, daß die Menschen nach ihrem Tode ihren Körper in die einzelnen Elemente zerlegen und das Eisen isolieren ließen, um daraus Erinnerungsmedaillen für die Hinterbliebenen zu fabrizieren. Ohne Maschinen, ohne Eisen und Metalle, ohne Verbrennung und Rauch lebt diese Menschheit mit Hilfe der kosmischen Energie!

Doch kehren wir zur Gegenwart und Wirklichkeit zurück. Diese belehrt uns, daß in der Erforschung der Metalle, sowie in der praktischen Verwendung von neuen Metalllegierungen oder „Metalliden“ unsere Zeit ganz andere Wege geht. Von dem großen B u n s e n wird berichtet, daß er in seinen Vorlesungen bei dem Kapitel „Metalle“ wie hilflos zu sagen pflegte: Was kann man eigentlich von den Metallen sagen? Heute stehen die Dinge jedenfalls ganz anders. Die Metallforschung gehört nicht nur wissenschaftlich zu den reizvollsten und an Überraschungen reichen Gebieten. Statt vieler weitbekannter Forschernamen nennen wir nur einen: G. T a m m a n n. Da sind die Metallforschungsinstitute, wir nennen nur das Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung.

Da sind als reife Früchte dieser Forschung in reiner und angewandter Chemie die Legierungen der Leichtmetalle<sup>9)</sup> zu nennen, die bereits heute eine ausgedehnte Verwendung in der Feinmechanik, Motorenindustrie, Automobilindustrie, für Luftfahrzeuge<sup>10)</sup> oder für elektrische Stromleitung, elektrische Maschinen usw. diesseits und jenseits des Ozeans gefunden haben: Magnesium (Mg-Al), das Griesheimer „Elektron“-Metall (Al-Mg, als deutsche Erfindung, die in Amerika Dow-Metall heißt), Metallin oder Sonnenbronze (Al-Co), Duralumin oder Duralium (Al-Cu, Mg-Mn), Ziskon, Alzen oder Zinkalium (Mg-Zn-Al), Aluminiumbronze (Cu-Al) oder Dizigold (mit 10 % Cu), Kupfer-Aluminium-Eisenbronze (Cu-Al-Fe), Aluminiumstahl und Ferroaluminium (Al-Fe), Aluminium-Mangan (mit 0,5—8 % Mn), Partinium (Al-W), Silumin (Al-Si, mit 11—14 % Si), Korkmetall (Mg-Zn, mit 0,5 % Zn, d = 1,76) usw. Ferromagnetisch sind die Heuslerischen Cu-Mn-Al-Legierungen.

In all diesen Legierungen spielen die Leichtmetalle Aluminium<sup>11)</sup> und Magnesium eine Rolle. Barium und Calcium treten in dem „Lurgimetall“ (mit Blei usw.) auf; ähnlich zusammengesetzt ist das amerikanische „Ferrymetall“. Auch Beryllium findet Verwendung.

Ein anderes Feld der Erfindungen und Verwendungen stellen die Siliciumverbindungen oder -legierungen dar. Hier ist es gerade die Eisen-Siliciumlegierung, in welcher bis zu 21,4 % Si mit Eisen legiert werden können, wie es das Thermisilid Extra von Friedr. Krupp in Essen beweist. Besonders charakteristisch für das Thermisilid ist seine Säurebeständigkeit. Auch die Ferro-Siliciumlegierungen erfreuen sich einer

<sup>9)</sup> Eine wertvolle Übersicht über die Leichtmetalle in Legierungen gibt F. Regelsberger (Z. ang. Ch. 37, 235 [1924]).

<sup>10)</sup> Auf der diesjährigen Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure (Juni 1924) waren die Nichteisenmetalle unter besonderer Berücksichtigung der Luftfahrzeuge ein Gegenstand der Behandlung.

<sup>11)</sup> Die Aluminiumproduktion im Zusammenhange mit dem steigenden Verbrauch wird durch folgende Zahlen veranschaulicht: Produktion 1900: 7300 t, 1913: 68 300 t, 1922: 120 000 t.

Reihe schöner Bezeichnungen, z. B. die amerikanischen Tantiron, Duriron, Ironac. Es gibt auch ein Silico-Mangan und Silicium-Titan-Eisen, die zur Stahlfabrikation dienen, ein Calciumsilicid Ca<sub>2</sub>Si, das als Reduktionsmittel dient usw. Das Kohlenstoffsilicid oder Carborundum (CSi) sei nur nebenbei noch genannt. Die Al-Si-Legierung (Silumin) wird neuerdings in Frankreich als „Alpax“ in den Gebrauch gebracht.

Unzweifelhaft stehen wir hier vor einer Schwenkung oder Richtungsänderung in der bisherigen Metallchemie — von den Schwermetallen in das Gebiet der Leichtmetalle. Und ebenso dürfen wir annehmen, daß wir uns vorerst im Randgebiete der Leichtmetallzeit befinden und neuen Errungenschaften auf diesem Felde der „unbegrenzten Möglichkeiten“, dem Felde neuer Legierungen, hoffnungsvoll entgegensehen können.

Das andere große Arbeitsfeld, das wir schon oben andeuteten, war dasjenige der Steinkohle und der flüssigen Brennstoffe. Hier ist, ebenso wie vorhin, die reine und angewandte Forschung in gleich ernster Arbeit am Werk, ein neues Licht in das Reich der schwarzen Kohle zu bringen. Nicht nur, daß der Scharfsinn deutscher Forscher die Entstehung von Kohle und Erdöl und deren Zusammensetzung zu entschleiern sich bemüht hat und bemüht. Als ein Name unter vielen sei nur der des Altmeisters C. E u g l e r genannt.

Von den zahlreichen und geistvollen Verfahren, die von der angewandten Forschung ausgearbeitet und technisch mit mehr oder weniger Erfolg angewandt worden sind, wollen wir nur einige wenige anführen. Zuerst ist es die Frage nach der künstlichen Kohle oder Veredlung des minderwertigen Torfes. Die Elektroendosmose (Graf Schwerin) erstrebt die Beseitigung der großen Wassermengen aus der gelartigen Torfmasse. Die Vergasung — in Generatoren nach Mond-Frank-Caro, oder nach Ekenberg — erstrebt die Gewinnung von Torfgas, neben Teer, Ammoniak, Holzgeist und Torfkoks.

Weit mannigfaltiger und an Bedeutung noch wichtiger erscheint das Problem der künstlichen Bereitung von Erdöl, d. h. der verschiedenen dem natürlichen Erdöl eigenen Kohlenwasserstoffe, indem als Ausgangsmaterial die Steinkohle und Braunkohle dienen. Zu nennen ist der sogenannte Cracking-Prozeß, der bei höheren Drucken und Temperaturen eine Spaltung der hochsiedenden Kohlenwasserstoffe in niedrigsiedende bewirkt. Die Destillation der Steinkohle unter verminderterem Druck, ebenso wie die Vergasung von Steinkohle bei der relativ niedrigen Temperatur des Mondgasverfahrens (Tieftemperaturteer) führen zu ähnlichen Produkten, wie das Erdöl sie enthält. Die Hydrierung des Naphthalins (nach Schröeter) liefert Tetra- bis Dekahydronaphthalin, die als Petroleum- und Terpentinölersatz weite Verbreitung gefunden haben. Die Extraktion der Steinkohle mit flüssiger Schwefligsäure (F. Fischer) ergibt ein mineralolartiges Produkt. Die Kondensation von Naphthalin mittels Aluminiumchlorid liefert ein petroleumähnliches Öl. Die Wasserstoffdruckdestillation der Steinkohle, d. h. die Anlagerung von Wasserstoff oder Hydrierung der Druckdestillate der Steinkohle (Bergius) vermittelt den Übergang zu niedriger siedenden oder niedrigviscosen Ölen. Wohl mit zu den interessantesten gehören die Ergebnisse der Untersuchungen von F. Fischer und H. Tropsch (1924), die in dem „Synthol“ genannten Produkt einen wichtigen Schritt

vorwärts gemacht haben, indem sie durch Reduktion des Kohlenoxyds aus technischem Wassergas unter (150 Atm. Druck bei 400—500° mittels Eisenspänen) einen synthetischen flüssigen Brennstoff erhalten haben<sup>12)</sup>.

Auch die elektrische Energie (in Form der stillen elektrischen Entladung) ist herangezogen worden, um Rüböl, Tran, Urteeröl einsteils zu verdicken, andernfalls durch Hydrierung mittels Disproportionierung den echten niedriger siedenden Mineralölen zu nähern (Vogel und Eichwald). Ebenfalls aus jüngster Zeit stammen die Versuche, aus Acetylen  $C_2H_2$  und Wasserstoff  $H_2$ , mittels aktiver Kohle als Katalysator direkt Kohlenwasserstoffe (vom Leichtpetroleum bis zum Schweröl) zu synthetisieren (N. Zelinsky, 1924).

Schließlich sei der weit vorgeschriftene Versuche gedacht, gasförmigen Brennstoff in Form von Methan  $CH_4$  aus  $CO$  (oder  $CO_2$ ) und  $H_2$ , mittels Katalysatoren technisch zu synthetisieren (Meister, Lucius & Brüning, Badische Anilin- und Soda-Fabrik).

Doch viele dieser Maßnahmen sind — streng genommen — nur wichtige Palliativmittel, die das Übel nicht an der Wurzel fassen. Sie können den Eintritt der Siechthumsperiode wohl hinausschieben, jedoch vermögen sie nicht die drohende Erschöpfung der festen und flüssigen Brenn- und Kraftstoffe durch Schaffung von neuen oder vollwertigen Ersatzmitteln zu beheben oder zu paralysieren. Sie haben zu ihrem Ausgangspunkt dieselbe Kohle, deren Vorräte aber beschränkt sind. Sollen wir nun etwa den in Gesteinsarten vorkommenden Kohlenstoff, der als Kohlensäure gebunden ist, etwa in Kohlenoxyd überführen und in ein geeignetes Brennmaterial umwandeln? Oder sollen wir die Kohlensäure des Luftmeeres uns dienstbar machen? Oder soll die kommende Zeit den Kohlenstoff als wärme spendendes Element durch ein anderes in noch größeren Mengen in der Erdrinde vorhandenes Element ersetzen<sup>13)</sup>, indem sie den umgekehrten Weg wie bei dem Eisenersatz geht, d. h. von dem Element mit dem kleineren Atomgewicht zu Elementen mit höherem Atomgewicht übergeht, etwa zu Silicium als den nächsten Homologen des Kohlenstoffs? Doch dessen Verbrennungsprodukte sind fest und lästig. Oder sollte der Wasserstoff des Wassers in entsprechender Verdünnung und geeigneter Verwendungsart doch noch ein ungefährlicher Brennstoff der Zukunft werden? — Oder ist es nur ein Rudiment früherer Kulturepochen, wenn wir so hartnäckig am Verbrennungs- oder Oxydationsprozeß als dem Spender von Energie haften? Werden nicht Meereswellen oder Windströmungen und Lichtflutten der Atmosphäre als Energiespenderinmen dienstbar gemacht werden? Oder gibt es noch andere Energiequellen?

<sup>12)</sup> Vgl. auch die soeben erschienene Monographie von F. Fischer, Die Umwandlung der Kohle in Öle, Berlin 1924, Gebr. Bornträger.

<sup>13)</sup> Ein moderner Naturphilosoph (Rüther in seiner Broschüre „Gold und Kohle in Wechselbeziehung zum Weltäther“, 1920) fällt kurzerhand das Urteil, daß Kohlenstoff „überhaupt keinen Anspruch hat, als eigenes Element zu gelten“. „Die Synthese von C und O zu  $CO_2$  ist mithin eine reine Hypothese.“ Er definiert den Kohlenstoff „als das Symbol einer Kraft mit negativer Tendenz..., die entsprechend den mit ihr verbundenen Stoffen durch Wegnahme des halben Gewichts jeweils verschiedene Größen annimmt.... Im kosmischen Sinne wäre sein Wesen etwa folgendermaßen zu schildern: Ist O das Licht, ist C gewissermaßen sein Schatten, wie Kraft und Schwerkraft....“ Es erinnert dies teilweise an die vor 120 Jahren von Crell vertretene Ansicht, daß der Kohlenstoff nur ein abstrakter Begriff (ens rationis) sei.

Damit kommen wir zu den Ausblicken, die uns die Atomphysik eröffnet. Zwei Möglichkeiten kommen hierbei in Betracht. Die erste beruht auf dem Problem der Elemententransmutation, käme also, praktisch gesprochen, darauf hinaus, ein gewünschtes und selten werdendes Element aus einem oder mehreren anderen, reichlich vorkommenden Elementen zu fabrizieren, sei es durch Abbau, oder sei es durch Aufbau. Die andere, theoretisch sich darbietende Möglichkeit ist viel radikaler, indem sie direkt durch gewaltsame Zertrümmerung der Atome, die in ihnen vorhandene Energie befreit — ähnlich wie es freiwillig in den radioaktiven Elementen bereits geschieht, oder aber die Masse der Atome direkt in Energie sich wandeln läßt (wie es nach der Einsteinischen Relativitätstheorie möglich sein sollte). Wir würden hierbei den umgekehrten Weg wie in der bisherigen Kultur beschreiten, indem wir die Energie nicht durch Überführung des Kohlenstoffs (mittels Sauerstoffs) in höhere Verbindungen fabrizieren, sondern durch Desintegration der Elemente selbst diese Energie herstellen.

Das erste Problem läßt vor unserem geistigen Auge die vielverlästerten Alchemisten wiedererstehen, die an eine prima materia glaubten und sich vergeblich abmühten, Gold und Silber aus unedlen Metallen zu fabrizieren. Man möchte fast an einen Kreislauf der Ideen glauben, wenn wir heute — wie vor Jahrtausenden — wiederum zu einer Ein-Grundstoff-Theorie der Materie gelangt sind, nachdem einige Jahrhunderte hindurch die Chemiker sich abgemüht haben, diese Materie in möglichst viele, d. h. in mehr als 80 selbständige Grundstoffe zu zergliedern! Und kann es nicht auch als eine periodische Wiederkehr in den wissenschaftlichen Ansichten bezeichnet werden, wenn wir heute die vor 100 Jahren von dem naturphilosophischen Arzt Trout (1815/16) aufgestellte Hypothese von dem Wasserstoff als Urstoff oder Protyle als Grundlage moderner Atomforschung aufleben sehen: Das positiv geladene Wasserstoffatom (von Sir E. Rutherford „Proton“ genannt, 1921) oder das nicht solvatisierte Wasserstoffion  $H^+$  betrachten wir heute als das Baumaterial der Kerne aller Elemente, seine Masse ist praktisch identisch mit der des neutralen Wasserstoffatoms, und das Proton, sowie das (negative) Elektron stehen heute als Bausteine aller übrigen Elemente an der Spitze des periodischen Systems<sup>14)</sup>.

Die Vorstellung von der Einheit der Materie ist wohl den Urbegriffen des menschlichen Geistes zuzuzählen, insofern sie eine notwendige unumgängliche Form der menschlichen Erkenntnis überhaupt darstellt. Kant lehrt das Vorhandensein der Sätze „a priori“, d. h. solcher Urteile, die den Grundbestandteil der Wissenschaft bilden und dennoch nicht aus der Erfahrung geschöpft sein können. Die stete Wiederkehr der Vorstellung von der Urmaterie, nur den jeweiligen wissenschaftlichen Ausdrucks- und Denkformen angepaßt, bestätigt ihren aprioristischen Charakter, und somit erscheint es verständlich, daß einst wie heute die andere Vorstellung von der Umwandlungsfähigkeit oder Transmutation der chemischen Grundstoffe ihr Dasein behauptet.

Noch ein anderer Umstand ist hierbei bemerkenswert und offenbart den Zusammenhang zwischen Vergangenheit und moderner wissenschaftlicher Forschung.

Bekanntlich war es das Quecksilber, das in den Augen der Alchemisten auf dem Wege zu dem so ehrgeizigen gesuchten philosophischen Stein und zu der künstlichen Goldfabrikation eine hervorragende Rolle spielte. Sagte

<sup>14)</sup> Vgl. z. B. W. Nernst, Theoretische Chemie, 8.—10. Aufl., S. 196, 209, 457 (1921).

doch *Villanova* (im 13. Jahrhundert): „Der Merkur ist der Same aller Metalle....“ Und von *R. Lullus* (um das Jahr 1300) wird das stolze Wort überliefert: „Das Meer wollte ich in Gold verwandeln, wenn es — von Quecksilber wäre!“

Und was hören wir von der modernen exakten Wissenschaft sieben Jahrhunderte nachher? „Es ist kein Grund vorhanden, warum es nicht unter geeigneten Bedingungen möglich sein sollte, (Thallium oder) Quecksilber in Gold zu verwandeln....“

So sprach es der nüchterne Radiumforscher *Soddy* im Jahre 1913 aus. „... Es ist interessant, wie nahe die Wissenschaft der Lösung des Problems der Alchemisten gekommen ist. Wenn wir Thallium dazu bringen könnten, ein  $\alpha$ -Teilchen auszustoßen, oder Quecksilber dazu, ein  $\alpha$ - und ein  $\beta$ -Teilchen auszustoßen, so würde das Produkt isotop mit Gold sein.“ Ja, wenn nur das „Wenn“ und „Aber“ nicht wären! Und wenn nun das „Wenn“ nicht existierte, würden wir dann noch immer dem Goldphantom nachjagen, oder würden wir vielleicht nützlichere Dinge fabrizieren, z. B. Kohlenstoff? Wir wissen<sup>15)</sup> ja (oder glauben es zu wissen), daß der Atomkern des Kohlenstoffs aus drei Heliumkernen (mit je zwei positiven Kernladungen), derjenige des Stickstoffs aus drei Helium- und zwei Wasserstoffkernen und einem Elektron (in Summa mit sieben Ladungseinheiten) besteht. Stickstoff ist ja reichlich in der Atmosphäre vorhanden. Läge es dann nicht im Bereich der Möglichkeit, die Wasserstoffkerne<sup>16)</sup> durch Bombardement herauszuschießen (*Rutherford* hat solches schon 1919 gezeigt) und damit den Stickstoff direkt in Kohlenstoff abzubauen? Oder noch einfacher, beide Spaltungsprodukte (C und H) als Brennstoff zu verwenden oder zu Methan zu synthetisieren? Wäre damit nicht aller Sorge um den Brennstoff der Zukunft ein Ende bereitet! Ja, wie sagt doch *Schiller*: „Kühn durchs Weltall steuern die Gedanken, fürchten nichts — als seine Schranken.“

Oder bleiben wir beim Gold. Dann wollen wir mit *T. H. Svedberg* (Die Dekadenz der Arbeit, 1923, S. 96) hoffen, daß es so sein wird: „Wenn wir erst einmal wissen, wie das Goldatom gebaut ist, wird es sicherlich nicht mehr lange dauern, bis wir es künstlich darstellen können<sup>17)</sup>“. Die sich eröffnenden Perspektiven sind zu großartig und die auf Lösung hindrängenden wirtschaftlichen Probleme zu weitgreifend, als daß wir die Gedankengänge und Forschungsergebnisse der modernen Atomphysik nicht ernstlich beachten und mit Spannung verfolgen sollten. Die Topographie der Elektronen und Protonen im Atom jedes Elementes liegt bereits enthüllt vor uns. Insbesondere ist es die Bohrsche Theorie, welche hier bahnbrechend vorgegangen ist. Nehmen wir die von Bohr gegebene Anordnung der

<sup>15)</sup> G. v. Hevesy u. F. Paneth, Lehrbuch der Radioaktivität 1923, S. 132. Vgl. auch E. Rutherford u. Chadwick, Ch. Zbl. 1924, I, 2492.

<sup>16)</sup> Nach den jüngsten Forschungen scheinen daneben noch  $\alpha$ -Partikeln (Helium) als Zertrümmerungsprodukte des N-Atoms aufzutreten. Vgl. G. Kirsch u. H. Patterson, Naturwissenschaften 23, 464 [Juni 1924].

<sup>17)</sup> Es gibt auch schon Wissende, z. B.: „So bietet das Gold auf der Stufenleiter seines Entwicklungsganges aus Sauerstoff über Eisen hinweg überraschende Ausblicke in eine golderzeugende Zukunft. Denn auch die Zeit wird kommen, wo Verdichtungen von reinen Elementen, sei es im Hochofen oder elektrischen Flammenofen, sei es auf dem Wege der Galvanostegie und elektrischen Metallurgie, ebenso an der Tagesordnung sein werden, wie heutzutage Radium in Helium zerfällt“ (*Rutherford*, 1920)!

Elektronengruppen für die drei Elemente Gold und Thallium mit Quecksilber:

At.-Nr.	1 <sub>1</sub>	2 <sub>1</sub> 2 <sub>2</sub>	3 <sub>1</sub> 3 <sub>2</sub> 3 <sub>3</sub>	4 <sub>1</sub> 4 <sub>2</sub> 4 <sub>3</sub> 4 <sub>4</sub>	5 <sub>1</sub> 5 <sub>2</sub> 5 <sub>3</sub> 5 <sub>4</sub> 5 <sub>5</sub>	6 <sub>1</sub> 6 <sub>2</sub> ...
79 Au	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6 — —	1
80 Hg	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6 — —	2
81 Tl	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6 — —	2 1

Nach der modernen Theorie hängen die chemischen Eigenschaften (chemische Reaktionsfähigkeit, Farbe, Löslichkeit u. a.) nur von den äußeren Elektronenschalen ab. Gold, Quecksilber und Thallium unterscheiden sich aber nur in den 6<sub>1</sub>- bzw. 6<sub>2</sub>-Schalen voneinander. Hiernach bedarf es z. B. nur der Entfernung eines der Außenelektronen des Quecksilbers, um sogleich die Schalenanordnung für ein dem Gold ähnliches Element zu erhalten. Der Kern ist aber hierbei verschieden, und wir müßten, um alle Elemente gleich werden zu lassen, aus dem Thallium zwei, aus dem Quecksilber noch ein Proton entfernen, damit die Kernladung gleich 79 wird. Wann wird der Zeitpunkt des praktischen Könnens anbrechen<sup>18)</sup>?

Vorhin erwähnten wir noch ein zweites Problem, das als Folgeerscheinung der modernen Forschung auftritt. Nach der Einsteinischen Gleichung  $\Delta m = \frac{E}{\lambda^2}$

bedingen relativ geringe Massenänderungen (Massenverluste)  $\Delta m$  ganz gewaltige Energieänderungen  $E$  ( $\lambda$  bedeutet die Lichtgeschwindigkeit). Der Massenverlust von nur 1 g entspricht hiernach 900 Trillionen  $= 9 \times 10^{20}$  Ergs oder rund  $1 \times 10^{13}$  kg/m, d. h. liefert eine Kraft, die eine Last von 1 Mill. t auf die Höhe von 10 km heben kann. Oder in calorischem Maß ausgedrückt: der Massenverlust von 1 g entspricht einer Wärmemenge von  $2,15 \times 10^{13}$  g/cal oder der Wärmemenge, die beim Verbrennen von rund 3000 t Steinkohle erzeugt wird. Nehmen wir an, daß die gesamte im Jahre 1913 gewonnene Steinkohle  $= 1300$  Mill. t zwecks Wärmeproduktion verbrannt worden wäre, so könnte diese ungeheure Wärmemenge ( $=$  rund  $1 \times 10^{16}$  g/cal) gedeckt werden durch einen Massenverlust von etwa 450 kg, d. h. durch die Zertrümmerung der Atome, etwa von  $1/2$  t Sand, könnte der Wärmebedarf der ganzen Weltwirtschaft gedeckt werden (falls der Prozeß der Zertrümmerung nicht an sich ungeheure Energiemengen beansprucht).

Diesen Weg zur Energieerzeugung durch Atomzertrümmerung<sup>19)</sup> kann noch ein zweiter sich an die Seite stellen, nämlich durch Atomauftbau, indem wir etwa von dem Wasserstoff als Urmaterie ausgehen und synthetisch neue schwerere Elemente aufbauen, d. h. statt der Dissoziation, wie vorhin, eine Polymerisation der Protonen und Elektronen eintreten lassen. Beispielsweise betrachten wir die Entstehung des Heliums aus Wasserstoff:  $4 H \rightarrow He$ , oder, da das Atomgewicht von  $H = 1,0077$ , von  $He = 4,00$  ist,  $4 \times 1,0077 \rightarrow 4,00 + 0,0308$  ( $= \Delta m$ ). Dieser Massenverlust  $\Delta m = 0,0308$  g wandele sich in Energie um, er entspricht dann der Wärmemenge

<sup>18)</sup> Während der Drucklegung wurde die aufsehenerregende Mitteilung von A. Miethe, Naturwissenschaften 12, 597 [1924] bekannt, wonach ein Zerfall des Quecksilberatoms unter Goldbildung verwirklicht zu sein scheint.

<sup>19)</sup> Es sei daran erinnert, daß bereits 1921 ein schlauer Menschenkenner eine Maschine konstruiert haben wollte und öffentlich ausstellte, die durch „Zertrümmerung der Atome“ direkt Elektrizität erzeugen sollte. Die Prüfung des geheimnisvollen Apparates in der Physikalisch-technischen Reichsanstalt ergab leider keine Andeutung von Elektrizitätserzeugung, und der Erfinder meldete sich krank! Allzu optimistisch sind wohl auch die meisten populären Darstellungen gefärbt. Man veresse dabei nicht die obige Warnung von J. Stark.

von  $6,62 \times 10^{11}$  g/cal, oder in Arbeitseinheiten = 800 000 KW/st.

Es wird ohne weiteres zugegeben werden können, daß diese Perspektiven direkt atemraubend wirken. Das Zeitalter der Verbrennung hätte sein Ende erreicht; nicht mehr würde die Synthese von zusammengesetzten Verbrennungsprodukten, sondern die Synthese von Atomen und Elementen die Energielieferung besorgen. Die gewinnbaren Energiemengen würden den Menschen nahezu allmächtig machen, und die Evolution der menschlichen Kultur in Bahnen lenken, die unserem heutigen Vorstellungsvermögen unzulänglich sind!

Sind es wissenschaftliche Phantasien, technische Utopien, von denen wir hier reden? Ist es nicht wissenschaftliche Kathederromantik, diese phantastisch-wunderbare Erweiterung des menschlichen Machtbereiches als theoretisch begründet anzusehen und für eine absehbare Zukunft als technisch durchführbar vorherzusagen?

Das Prophezeien ist eine große und dabei heikle Kunst. Das, was uns noch vor einem Vierteljahrhundert etwa als die amüsante, wissenschaftlich verbrämte und kühne Phantasie von Dichtern erschien, ist heute vielfach greifbare oder sogar abgegriffene Wirklichkeit geworden. Sagte nicht schon Meister Helmholz, daß auch der Gelehrte und Forscher etwas vom „Schauen des Dichters“ haben müßte? Doch nüchtern muß die große Tat geboren werden.

Was wir vorhin als dringliche Ziele der menschlichen Kulturgemeinschaft kurz angedeutet haben, wird von ernsten Forschern bereits auf kosmische Vorgänge und Zustände angewandt. Die Erhaltung des Wärmeinhalts der Sonne, die ungeheuren Energiemengen, die das Weltall durchfluten, — sie werden teils mit dem selbsttätigen Zerfall hochatomiger radioaktiver Elemente (W. Nernst, 1921) teils mit der selbsttätigen Synthese höheratomiger Elemente aus Wasserstoff (Edington, Arrhenius, L. Meitner, 1923) verknüpft.

In der Chemie galt von alters her der Stoff als unzersetbar, die Beschäftigung der Chemie betraf daher das ewig Beständige in der Welt. Doch war ihr Ziel, die Stoffe zu veredeln, der menschlichen Kultur zuzuführen, sie wurde eine Meisterin in der ewigen Verwandlung der Stoffe. Wissenschaftliche Phantasie, genaue Beobachtung und technische Beherrschung der Versuchsbedingungen haben im Laufe der Jahrhunderte den Chemiker zu einem Künstler in der Stoffverwandlung und Stoffveredelung gemacht, der im Schaffen von neuen Kulturstoffen eine ungeahnte Vollkommenheit erreicht und das Güteverhältnis zwischen den Stoffen der Natur und ihren chemischen Umwandlungsprodukten ganz enorm gesteigert hat. Die Erdrinde bot in ihren Rohstoffen eine große Mannigfaltigkeit in scheinbar unerschöpflichen Mengen dar. Unverdrossen hat die Menschheit an diesen Vorräten, an der „Substanz“ gelehrt. Die Vorratskammern, die Rohstoffspeicher der Natur veröden aber immer mehr, da eine natürliche Neubildung oder selbsttätige Konzentrierung ausgeschlossen ist. Die gänzliche, in absehbarer Zeit eintretende Erschöpfung der lebenswichtigen Rohstoffe im Abendlande bedeutet aber für die abendländische materielle und geistige Kultur eine Katastrophe von so tiefgehender Auswirkung, daß nicht früh genug und nicht oft genug auf ihr Nahen hingewiesen werden kann. Diese Gefahr muß in das Bewußtsein der gegenwärtigen Naturforschung übergehen.

Worauf es ankommt, ist die Ausprägung des allgemeinen Gedankens nicht nur von dem hohen Trieb nach Erkenntnis des Wesens der Materie, son-

dern vom unmittelbaren Wert dieser Erkenntnis und vom Wert der Rohstoffe für den Fortbestand unserer Kultur; ferner ist es die geschichtliche und weltgeschichtliche Bedeutung der Tatsache von der fortschreitenden Erschöpfung unserer wichtigsten Rohstoffe. Es gilt hier das Wort: „Sein oder Nichtsein, das ist die Frage!“ Es gilt, in den Zielpunkt der Forschung die Frage nach dem Ersatz der heutigen Kulturstoffe zu stellen, damit das historische Geschehen in die Bahnen einer gesicherten Weiterbildung geleitet wird. — Damit entsteht für die Naturforschung und im besonderen für die Chemie eine Reihe neuer gewaltiger Aufgaben von höchstem ethischen Inhalt: den Untergang der abendländischen Kultur nicht nur aufzuhalten, oder nicht nur der drohenden Erstürmung oder Vereindlung der Kultur rechtzeitig entgegenzuwirken und sie zu mildern, sondern mählich eine Neugestaltung und Umbildung dieser materiellen Kultur vorzunehmen. Mögen die Formen der Kultur absterben, die Wissenschaft bleibt ewig lebendig. Einst glaubte man, daß die Natur im Schoß der Erde die Metalle wachsen läßt, heute zeigt uns die Wissenschaft theoretisch die Möglichkeit, künstlich die Elemente zu verändern und zu fabrizieren.

Unsere Tagung ist ein bereites Zeugnis für die koordinierte Leistungskraft der reinen und angewandten Forschung; für sie darf der Begriff „unmöglich“ kein Daseinsrecht haben. Indem sie nach dem „Gesetz der Reaktionsstufen“ vorwärts schreitet, kennt sie nur das Wort „noch nicht möglich“, und indem sie die Grenzen ihres Könnens dauernd vorschreibt und erweitert, wird und muß sie auch aus der Epoche der chemischen Synthese von komplizierten Verbindungen — wenn auch vielleicht nach vielen Enttäuschungen und erst in ferner Zukunft — in eine Epoche der Synthese von Elementen selbst ausmünden. Die Chemie muß damit auch an die Synthese der Zukunft der Kultur schreiten, und die deutsche Chemie muß hierbei — wie einst — eine führende Rolle einnehmen.

Wir schließen mit einem Worte Liebigs, das er (1860) in seiner Rede über „Wissenschaft und Leben“ sprach: „Die Naturwissenschaften im Verein mit der Mathematik erzeugen täglich Neues, Niedagewesenes, sie verjüngen das Menschengeschlecht, ihre täglichen Fortschritte erwecken in uns das Gefühl des Reichtums an edleren Lebensgenüssen, den wir besitzen...“ Doch vergessen wir dabei nicht seine Mahnung, daß all dies nur erworben werden kann „durch unermüdliche Arbeit und Anstrengung“, oder um mit Schiller zu reden:

„Nur dem Ernst, den keine Mühe bleicht,  
Rauscht der Wahrheit tief versteckter Born.“

[A. 142.]

## Über den Düngewert verschiedener Phosphate.

Von H. NIKLAS, A. STROBEL und K. SCHARRER.

Aus dem Agrikulturchemischen Institut der Hochschule für Landwirtschaft und Brauerei Weihenstephan b. München.

(Eingeg. 9.6. 1924.)

Wie bereits von verschiedenen Seiten eingehend dargestellt wurde<sup>1)</sup>), gehört die Versorgung Deutschlands mit einer hinreichenden Menge von Phosphorsäuredüng-

<sup>1)</sup> O. Lemmermann, „Die Bedeutung der Versorgung Deutschlands mit künstlichen Düngemitteln, insbesondere mit Phosphorsäuredüngern, für die Volksernährung“. Z. ang. Ch. 7, 81 [1924]. — P. Krische, „Die Phosphatfrage in der gegenwärtigen Weltwirtschaft“. Z. ang. Ch. 35, 369 [1922];