

Die Bedeutung der Chemie für den Weltkrieg

Rede

gehalten beim Antritt des Rektorats
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
am 18. Oktober 1915

von

Richard Anschütz



Bonn
Verlag von Friedrich Cohen
1915

Rf 856.

Hochansehnliche Festversammlung!

Ein langer Zeitraum liegt hinter uns, seit zum letzten mal ein Chemiker, mein berühmter Lehrer August Kekulé, das hohe Ehrenamt bekleidete, zu dem mich das wohlmeinende Vertrauen meiner Kollegen für das beginnende Studienjahr berufen hat. Von dieser Stelle aus sprach Kekulé damals über „die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie“.

Da wäre es heute für mich die wissenschaftlich anziehendste Aufgabe gewesen, zu untersuchen, inwieweit wir den von Kekulé damals gekennzeichneten Zielen näher gekommen sind und inwiefern sich seither neue Richtungen der Chemie herausgebildet haben, die auf neue Ziele hinweisen.

Aber die Erweiterung, die die chemische Wissenschaft inzwischen genommen hat, ist fast nicht übersehbar. Gestatten Sie mir hierzu einige allgemein erläuternde Worte.

In der Chemie der Kohlenstoffverbindungen entwickelte sich, um unmittelbar an Kekulé's Lebenswerk anzuknüpfen, seine Valenztheorie nach verschiedenen Richtungen hin weiter; besonders erfolgreich durch die 1874 von van't Hoff, Kekulé's Schüler, und von Le Bel aufgestellte Theorie vom asymmetrischen Kohlenstoffatom. Diese Theorie gewährt einen tieferen Einblick in die räumliche Verteilung der Atome innerhalb der kleinsten, gesondert existierenden Stoffteilchen, der Molekeln, sie ermöglicht die Erklärung der Verschiedenheit strukturell chemisch gleich zusammengesetzter isomerer Substanzen, die sich durch ihr Verhalten gegen das polarisierte Licht voneinander unterscheiden.

Eine staunenswerte Entwicklung finden wir bei der physikalischen Chemie. Die alte Streitfrage, ob die Materie kontinuierlich zusammenhänge oder aus kleinsten gesonderten Teilchen bestehe, hat sich zugunsten der in der Chemie stets als unentbehrliches Hilfsmittel angesehenen Atomhypothese entschieden. Die reale Existenz der Molekeln ist durch den Versuch fast zur Tatsache geworden. In das Wesen der Aggregatzustände gewannen wir tiefere Einblicke. Die Lehren von van't Hoff über den osmotischen Druck und die auf frühere Gedanken unseres berühmten Bonner Physikers Clausius zurückgehende elektrolytische Dissoziationstheorie von Arrhenius wirkten ganz umwälzend auf unsere Anschauungen über die Natur der Lösungen, über Zustand und Eigenschaften der gelösten Stoffe. Besondere Zustände der Materie, wie der metallische und der kolloidale, wurden mit weittragenden Ergebnissen aufgeklärt. Verwandtschaftslehre und mit ihr Elektrochemie schritten weiter fort auf dem Wege zur Erforschung der allgemeinen Gesetze, nach denen sich der Vorgang der chemischen Verbindung vollzieht. Die Errungenschaften der physikalischen Chemie befruchteten alle übrigen Gebiete unserer Wissenschaft; Forschungsmethoden und Auffassungen der anorganischen Chemie orientierten sich an ihnen gewissermaßen neu; selbst fernerstehende Wissenschaften, wie Mineralogie und Physiologie, zogen aus ihnen reiche Anregung.

Zu solchen, in erster Linie rein wissenschaftlichen Fortschritten gesellen sich Errungenschaften, die mehr oder weniger Beziehungen zu allen Gebieten unseres Lebens aufweisen.

Aus dem Gebiete der anorganischen Chemie erinnere ich an die Auffindung und Erforschung der in der Luft in kleinsten

Mengen vorkommenden sogenannten Edelgase, weiter an die Entdeckung der strahlenden Elemente, besonders des Radiums. Die Eigenschaften dieser strahlenden Substanzen scheinen in wissenschaftlicher Beziehung auf unsere ganze bisherige Anschauung über die chemischen Elemente umstürzend wirken zu wollen, ihre Verwendung zu praktischen Zwecken bietet bis dahin ungeahnte Aussichten. Dazu kommt die künstliche Darstellung zahlreicher merkwürdiger und wichtiger Naturprodukte. So kann man die natürlichen Edelsteine Rubin und Saphir ohne Schwierigkeit in größter Vollkommenheit künstlich darstellen. Manche derartige Ergebnisse der Chemie, wie die künstlich hergestellten Farbstoffe des Krapps und der Indigopflanze, haben weittragende wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Die rastlos fortschreitende Arbeit der Chemiker in der organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen stellt überhaupt eine wahrhaft schöpferische Tätigkeit dar von überwältigendem Umfang. Denn die Zahl der künstlich dargestellten chemischen Verbindungen, von denen es sicher ist, daß sie nie als Produkt der Lebenstätigkeit in Pflanzen und Tieren auftreten werden, übertrifft die Zahl der in der Natur vorkommenden Pflanzen- und Tierstoffe um das Vielhundertfache.

Wer vermöchte einer solchen erdrückenden Fülle von Forschungsergebnissen und neuen Entdeckungen, von denen ich nur einen kleinen Teil andeutungsweise streifte, in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeitspanne auch nur einigermaßen gerecht zu werden. So bleibt denn nur die Beschränkung auf einen Ausschnitt des gewaltigen Gebietes.

Die Zeitumstände bestimmen die Wahl. Seit einem Jahre

2. Warum sind die
Herrn alle Natur
ausgen. Natur?

umtobt der furchtbarste Weltkrieg unser Reich; er beansprucht unsere Hoffnungen und Gedanken, Sorgen und Wünsche so ganz und gar, daß nur das auf erhöhte Anteilnahme rechnen kann, was mit diesem unserem Daseinskampf in inniger Beziehung steht. Dies trifft aber sicher für die Wissenschaft zu, die ich an unserer Universität zu vertreten habe. Erblickt man doch mit Recht gerade im chemischen Können unseres Volkes eine der wichtigsten Grundlagen für den Sieg.

So will ich denn im nachfolgenden versuchen, Ihnen die Bedeutung der Chemie für den Weltkrieg darzulegen.

Lange ehe man in dem Eisen ein chemisches Element erkannte, ehe man wußte, daß es in den Erzen mit dem Element Sauerstoff verbunden ist, dem Element, das in freiem Zustand in der Luft das Leben ermöglicht, hatte man empirisch das Verfahren erfunden, es mittels Kohlenstoff aus seinen Erzen zu reduzieren, ihm den Sauerstoff zu entziehen. Mit dieser tatsächlich chemischen Entdeckung beginnt das eiserne Zeitalter, in dem wir leben. Aber das Eisen, das dem Weltkrieg die Waffen liefert, ist zum großen Teil anders beschaffen, wie das Eisen, mit dem unsere Vorväter kämpften. Das gewöhnliche Eisen hat man eben vielfach ersetzt durch eine andere Form des Metalls, den bedeutend härteren, zäheren Gußstahl. Indem man dem Gußstahl nicht allzu große Mengen anderer Metalle, Nickel, Chrom, Wolfram, Molybdaen und Vanadium zufügte, gewann man in neuester Zeit die sogenannten „Spezialstahle“, deren mechanische Eigenschaften, insbesondere die Härte, so verbessert sind, daß sie augenblicklich auch den höch-

sten Ansprüchen an Waffen, Geschütze und Geschosse genügen.

Noch ein anderes Metall hat der Krieg in großem Maße sich dienstbar gemacht, das silberweiße leichte Aluminium. In den Tonen, dem Material, aus dem unsere Porzellane, Töpferwaren und Ziegelsteine gefertigt werden, ist das Aluminium in großer Menge enthalten und zwar, wie das Eisen in den Eisenerzen, in Form einer festen, das heißt chemisch schwer zerlegbaren Verbindung mit Sauerstoff, der sogenannten Tonerde. Ein halbes Jahrhundert hindurch mühten die Chemiker sich, aus der Tonerde das Aluminiummetall rein und technisch gewinnbringend abzuscheiden. Erst die letzten Jahrzehnte brachten die befriedigende Lösung dieser Aufgabe, nachdem die gleichzeitig bedeutungsvoll vorgeschrittene Elektrotechnik ihre gewaltigen Starkströme der Chemie hierfür zur Verfügung stellen konnte. So ersetzt denn jetzt das in unbeschränkten Mengen lieferbare, spezifisch sehr leichte — Eisen ist spezifisch dreimal schwerer — dabei zähe und dehnbare, jede Form gut annehmende Aluminium in den Feldgeräten die viel schwereren Metalle der früheren Zeiten und entlastet den Krieger eines Teiles seiner Gepäckbürde. Es bildet weiter das starre Gerippe unserer großen Luftkreuzer. Ohne Aluminium wäre vielleicht deren Bau überhaupt kaum möglich gewesen, jedenfalls aber die gewaltige, den Sieg mitbedingende Tragfähigkeit dieser Schrecken unserer Feinde nicht erzielt worden.

Wie bereits angedeutet, erfordert die Gewinnung des Aluminiummetalls aus der Tonerde, das heißt seine Trennung vom Sauerstoff, eine bedeutende Menge elektrischer Energie, die ihrerseits bei diesem Vorgang in das entstehende Metall in Form

chemischer Energie übertritt. Bekommt das fertige Aluminiummetall Gelegenheit, sich mit Sauerstoff zur ursprünglichen Tonerde wieder zu verbinden, so gibt es diese großen in ihm aufgespeicherten Energiemengen, jetzt aber in Form von Wärme, wieder ab. Das geschieht z. B. wenn man Aluminiummetall auf Eisenoxyd, eine Sauerstoffverbindung des Eisens, einwirken läßt. Unter einer Hitzeentwicklung, die die Temperatur des Hochofens bei der Reduktion des Eisens mit Kohle weit hinter sich läßt, scheidet das Aluminium aus dem Eisenoxyd das Eisen metallisch ab und zwar weißglühend in geschmolzenem Zustand. Umhüllt man daher mit einem solchen, unter dem Namen „Thermit“ seit 1895 von Deutschland aus in den Handel gebrachten Gemisch von Aluminiummetall und Eisenoxyd Bruchstellen von Eisenschienen, so gelingt es, diese durch die Reaktionstemperatur ohne weiteres zusammenzuschweißen. Nicht mit Unrecht nennt der Erfinder dieses, auch in anderer wissenschaftlicher Beziehung Aufsehen erregenden Verfahrens, der Chemiker Hans Goldschmidt in Essen, seinen Thermit einen Hochofen in der Westentasche. Wie sehr der Thermit unseren Pionieren und Eisenbahntruppen bei ihren bewundernswerten Wiederherstellungsarbeiten zerstörter Schienenwege und Eisenbahnbauten in Feindesland zustatten kommt, liegt auf der Hand.

So tritt der Anteil der stillen vorbereitenden Arbeit der Chemie an den Kriegshandlungen bereits auf dem ihr anscheinend etwas ferner liegenden Gebiet der Metallverwendungen nach den verschiedensten Richtungen hin deutlich zutage.

Viel unmittelbarer als bei den Waffen tritt uns die Bedeutung der Chemie bei den Explosivstoffen entgegen. Fertig gebildet kommen Explosivstoffe in der Natur nicht vor, sie sind alle das Ergebnis wissenschaftlicher chemischer Arbeit, die uns allmählich mit einer großen Anzahl leicht explodierender, meist Stickstoff enthaltender Verbindungen bekannt gemacht hat. Manche von ihnen zersetzen sich so leicht, daß ihre Herstellung in größerer Menge sehr gefährlich, ihre Aufbewahrung und Handhabung ausgeschlossen ist. Warum gerade diese Substanzen so leicht explodieren, führt die Chemie teils auf eine lose Bindung der in ihren Molekülen enthaltenen Elemente zurück, teils auf eine besondere Lagerung der Atome in den Molekülen, die sich bei nicht explosiven Substanzen nicht findet und die van't Hoff unter dem glücklich gewählten Namen „gezwungene Lagerung“ zusammenfaßt. Andere gleichfalls als Explosivstoffe verwendbare Substanzen brennen, erst auf die Entzündungstemperatur gebracht, heftig ab unter Selbstzersetzung. Die bei der Zersetzung dieser Stoffe unter starker Temperaturerhöhung sich bildenden Gase nehmen das vielhundertfache Volum der ursprünglichen Substanz ein. Erfolgt die Zersetzung in einem geschlossenen Raum, so wächst der Druck der Gase in diesem Raume mit ihrer Masse und gleichzeitig mit der bei dem chemischen Vorgang stattfindenden Temperaturerhöhung. Die Entzündung solcher unter Selbstzersetzung verbrennenden Substanzen kann in verschiedener Weise eingeleitet werden. Meist benutzt man einen sogenannten Initialzündler, das sind Entzündungserreger, die durch einen heftigen Schlag oder Stoß sich leicht zersetzen und so die Selbstzersetzung des Explosivstoffes einleiten.

Soll die Explosion zum Treiben einer Kugel dienen, dann darf die Zersetzung sich nicht zu rasch, momentan, durch die ganze Masse fortpflanzen. Denn die Kugel hat dann keine Zeit zum Ausweichen, sie bietet einen Widerstand wie eine feste Wand, die Feuerwaffe kann den plötzlichen Druck nicht aushalten und wird zerschmettert. Man bezeichnet solche Sprengstoffe als zu „brisant“, um in Feuerwaffen als Treibmittel, als „Pulver“, benutzt zu werden, eine Eigenschaft, die lange Zeit die Einführung der neuen Explosivstoffe an Stelle des Schwarzpulvers hinderte.

Die Ausgangssubstanzen für die Darstellung der vier wichtigsten neuen Explosivstoffe sind das in den Fetten in gebundener Form enthaltene Glycerin, die in sehr reiner Form in der Baumwolle vorliegende Cellulose, sowie die nahe miteinander verwandten, im Steinkohlenteer vorkommenden Substanzen, das Toluol und das Phenol, auch Carbonsäure genannt. Um diese vier Substanzen in Sprengstoffe umzuwandeln, werden sie in geeigneter Weise mit der durch nichts anderes für diesen Zweck zu ersetzenden Salpetersäure behandelt. Dadurch wird der zur Verbrennung des in den Muttersubstanzen enthaltenen Kohlenstoffs und Wasserstoffs nötige Sauerstoff in die neue Verbindung eingeführt. Durch diesen sogenannten Nitrierungsprozeß entstehen dann die Sprengstoffe Nitroglycerin oder Sprengöl, Nitrocellulose oder Schießbaumwolle, Trinitrophenol oder Pikrinsäure und Trinitrotoluol. Das Nitroglycerin erfand 1847 Ascanio Sobrero in Turin. Um dieselbe Zeit lehrten der Württemberger Christian Friedrich Schoenbein in Basel und, unabhängig von ihm, Rudolph Böttger in Frankfurt a. Main die Schießbaumwolle darstellen. In beiden Explosiv-

stoffen liegen Substanzen vor, die, zur Zersetzung gebracht, unter sehr geringer Rauchentwicklung in sich selbst verbrennen, denn sie enthalten genug Sauerstoff, um allen in ihnen enthaltenen Kohlenstoff zu Kohlendioxyd oder Kohlensäure, und den Wasserstoff zu Wasserdampf zu oxydieren, während gleichzeitig der in den Nitrogruppen vorhandene Stickstoff frei wird. Dagegen verbrennt das Schwarzpulver, das aus einem innigen Gemisch von Holzkohle, Schwefel und Salpeter — dem Kaliumsalz der Salpetersäure — besteht, nur unter beträchtlicher Rauchentwicklung.

Der Verwendung des Nitroglycerins oder Sprengöls stellten sich infolge seiner leichten Explodierbarkeit große Schwierigkeiten entgegen, bis 1866 der Schwede Alfred Nobel zeigte, daß man es durch Mischen mit der mehlähnlichen Kieselgur, der z. B. am Südrande der Lüneburger Heide vorkommenden Infusorienerde, in eine viel leichter zu behandelnde knetbare Masse, den Dynamit, jetzt unser mächtigstes Sprengmittel, verwandeln kann. Noch länger dauerte es, bis man die Schießbaumwolle als rauchloses Pulver verwenden lernte. Paul Vieille in Paris zeigte 1886, daß die Schießbaumwolle durch Behandlung mit Essigäther und Aceton, durch die sogenannte Gelatinierung, in eine plastische durchscheinende Masse übergeht, die sich auswalzen und in dünne Blättchen zerschneiden läßt. In diesem Blättchenpulver war die Brisanz der Schießbaumwolle genügend heruntersetzt, und es verdrängte denn auch als viel mächtigeres Treibmittel das Schwarzpulver.

Die Pikrinsäure wurde schon 1771 von Peter Woulfe in London durch Einwirkung von Salpetersäure auf Indigo ent-

deckt, sie ist ein schön grünstichiger gelber Farbstoff, der erst neuerdings zur Füllung der Granaten dient.

Das Trinitrotoluol, von J. Wilbrand 1863 zuerst dargestellt, von Cochius und von C. Haeußermann als Füllmittel für Granaten empfohlen, führte die chemische Fabrik Griesheim Elektron bei Frankfurt a. Main 1909 in den Großbetrieb ein.

Pikrinsäure oder Trinitrophenol sowie Trinitrotoluol entwickeln beide, zur Explosion gebracht, Rauch, da der in ihnen enthaltene Sauerstoff nicht hinreicht, um allen im Molekül enthaltenen Kohlenstoff zu verbrennen.

Als Initialzündler für diese Explosivstoffe verwendet man das 1800 von Edward Howard entdeckte Knallquecksilber, — das zuerst 1815 der englische Büchsenmacher Egg als Füllmasse für die von ihm erfundenen Zündhütchen einführte — sowie das lediglich aus Stickstoff und Blei zusammengesetzte Bleisalz der Stickstoffwasserstoffsäure, das von meinem Amtsvorgänger Theodor Curtius 1890 entdeckte Bleiazid.

Bei der Explosion einer Granate sollen in erster Linie die Sprengstücke zerstörend wirken. Man kann jedoch neben dem Explosionsmittel in der Füllung der Granaten Substanzen unterbringen, die starken Rauch entwickeln, indem sie sich entzünden, oder solche, die Brände hervorrufen. Außerdem liefert die Granatfüllmasse bei der Explosion auch ihrerseits hoch erhitzte, erstickend wirkende Gasmassen. Es lag daher der Gedanke nahe, die Schleimhäute reizende, schwere Gase, ohne Explosion, in mechanischer Weise, weithin auf feindliche Stellungen zu ergießen, um die Kämpfer daraus zu vertreiben. Die Auswahl und Darstellung solcher Gase war Sache der Chemiker. Ebenso hatte die Chemie Schutzstoffe zu er-

mitteln, die, in geeigneter Weise in Gesichtsmasken angebracht, die Atmungsorgane vor dem Einatmen schädlicher Gase schützen.

Für die Aufbewahrung und Versendung solcher unter hohem Druck, 150 Atmosphären, zusammengepreßter Gase haben sich die nach dem wunderbaren Mannesmannschen Verfahren hergestellten, nahtlosen, zylindrischen Stahlflaschen besonders bewährt.

Die vorstehenden Ausführungen über die Explosivstoffe umschließen eine Fülle chemischer Aufgaben. Gemeinsam ist dem Schwarzpulver und dem rauchschwachen Pulver der an Stickstoff gebundene, zur Verbrennung dienende Sauerstoff. Sowohl der Salpeter des Schwarzpulvers als die zur Nitrierung von Glycerin, Baumwolle, Phenol und Toluol nötige Salpetersäure wurden bis vor wenigen Jahren ausschließlich aus dem Natriumsalz der Salpetersäure hergestellt, das sich in ungeheuren Mengen in Chile findet und den Hauptgegenstand der Ausfuhr dieses südamerikanischen Staates bildet. Die Chilesalpeter-vorräte der Provinz Tarapaca sind keineswegs unerschöpflich, da bei dem immer steigenden Bedarf die Ausfuhr mächtig wächst. Es war daher für die Chemiker eine Aufgabe von allergrößter Bedeutung, die Salpetersäure unabhängig vom Chilesalpeter zu gewinnen.

Schon durch Cavendish, den Entdecker des Wasserstoffs, war es seit Ende des 18. Jahrhunderts bekannt geworden, daß beim Durchgang elektrischer Funkenentladungen durch Luft sich Stickstoff und Sauerstoff miteinander zu Stickstoffdioxid

verbinden, das dann mit Wasser Salpetersäure und Stickoxyd, mit Alkalilaugen salpeter- und salpetrigsaure Alkalisalze bildet. Als man daher die Energie fallenden Wassers, die weiße Kohle, billig in elektrische Energie umzuwandeln gelernt hatte, war die Aufgabe, Salpetersäure aus Luft zu gewinnen, technisch lösbar geworden. In der Tat zeigten die Norweger Birkeland und Eyrde, daß man ansehnliche Mengen von Stickstoffdioxyd erhält, wenn man durch den elektrischen, mittels eines Elektromagneten in scheibenförmige Gestalt gebrachten Flammenbogen Luft treibt. Das entstandene Stickstoffoxyd wird durch Zusammenwirken von Luft und Wasser in Salpetersäure und salpetrige Säure übergeführt. Die beiden Säuren werden an Kalk gebunden als ein Gemisch von salpetrig- und salpetersaurem Kalk in den Handel gebracht.

Weit wichtiger aber verspricht für Deutschland, dem es, im Gegensatz zu Norwegen, an großen Wasserfällen zur billigen Herstellung elektrischer Ströme mangelt, die Erzeugung von Salpetersäure aus Ammoniak und Luft zu werden, ein Vorgang, der bei höherer Temperatur, unter Mitwirkung von Platinmetall als reaktionsbeschleunigender Kontaksubstanz, sich verhältnismäßig leicht vollzieht. Für das Ammoniak selbst war bis vor kurzem die einzige Quelle das Gaswasser der Leuchtgasfabriken und Kokereien, in dem das bei der trockenen Destillation der Steinkohlen auftretende Ammoniak sich auflöst, und diese Quelle hätte für den neuen Zweck nicht genügt. Allein Haber hat in jüngster Zeit die Bedingungen ermittelt, unter denen die das Ammoniak zusammensetzenden Elemente, Stickstoff und Wasserstoff, sich zu Ammoniak verbinden lassen. Beide Gase vereinigen sich unter dem Einfluß reak-

tionsbeschleunigend wirkender Metalle, wie Eisen, bei einer Temperatur von 500—550 ° und unter einem Druck von 200 Atmosphären, zu Ammoniak. Für dieses Verfahren hat die Badische Anilin- und Soda-Fabrik in Ludwigshafen am Rhein nicht lange vor Beginn des Weltkrieges eine großartige Betriebsanlage geschaffen.

Zur wirtschaftlichen Verwertung dieser Synthese, dieses unmittelbaren Aufbaus des Ammoniaks aus seinen Elementen, bedarf es natürlich weiter noch einer billigen Gewinnungsart von reinem Stickstoff und Wasserstoff. Für beide Elemente können nur Luft und Wasser hierzu in Betracht kommen. Beide Aufgaben sind in sehr befriedigender Weise gelöst.

Carl von Linde, der Schöpfer der modernen Kälteindustrie, erfand den auf dem Gegenstromprinzip beruhenden Luftverflüssiger. Aus verflüssigter Luft dunstet der bei -194° siedende Stickstoff eher ab, als der 10° höher bei -184° siedende Sauerstoff. Der Stickstoff kann also einfach durch Regulierung der Temperatur vom Sauerstoff abgetrennt und gesondert aufgefangen werden. Lag ursprünglich die technische Bedeutung der Luftverflüssigung in der Gewinnung von fast reinem Sauerstoff, so ist sie jetzt auch für die Stickstoffgewinnung hervorragend wertvoll geworden.

Wasserstoff erhält man aus Wasser unter anderem bei der Einwirkung von Wasserdampf auf glühende Kohle, daneben bildet sich aber auch das gleich große Volum Kohlenoxyd. Dieses Gemisch beider Gase, das zu Heiz- und Leuchtzwecken vielfach angewendete sogenannte Wassergas, läßt sich aber noch leichter in seine Einzelbestandteile zerlegen als flüssige Luft. Denn das Kohlenoxyd verflüssigt sich bei einer 60°

höheren Temperatur als der Wasserstoff. Eine zweite Quelle für reines Wasserstoffgas findet sich in der in deutschen Fabriken in großem Maßstab ausgeführten Elektrolyse konzentrierter Kochsalzlösung, bei der Wasserstoff neben Natronlauge und Chlor erhalten wird. Und endlich hat die chemische Technik es neuerdings verstanden, Lavoisiers 1783 angestellten berühmten Versuch, Wasserstoff aus Wasserdampf mittels glühenden Eisens abzuscheiden, ins Große zu übertragen.

Ich fasse zusammen: Die für die Herstellung der wichtigsten Explosivstoffe nötige Salpetersäure, die früher technisch ausschließlich durch Behandlung von Salpeter, praktisch von Chilesalpeter, mit Schwefelsäure dargestellt wurde, läßt sich neuerdings sowohl aus Luft durch die Hitze des elektrischen Flammenbogens, als auch aus Ammoniak und Luft mittels Platin als Kontaktmetall gewinnen. Das Ammoniak selbst aber ist synthetisch aus Stickstoff und Wasserstoff billig darstellbar. Durch diese erst in allerjüngster Zeit gemachten Fortschritte der technischen Chemie wurde das im Weltkrieg vom Bezug des Chilesalpeters ausgeschlossene Deutschland von diesem für die Herstellung der Explosivstoffe so wichtigen Ausgangsmaterial unabhängig.

Auf eine weitere im Weltkrieg chemisch wertvolle Verwendung des Wasserstoffgases sei hier noch hingewiesen. So schwierig die Vereinigung von Wasserstoff und Stickstoff zu Ammoniak zu erzielen war, so leicht verbindet sich Wasserstoff unter mächtiger Wärmeentwicklung mit Sauerstoff zu Wasserdampf. Eine Wasserstoffflamme, in die man Sauerstoff leitet, ist so heiß, daß man mit ihrer Hilfe dicke eiserne Platten und Träger wie mit einer Säge durchschneiden kann. Auch zum Zu-

sammenschweißen des Eisens lassen sich derartige heiße Gebläseflammen verwenden, eine Aufgabe, die man, wie oben erwähnt, auch mittels Thermit lösen kann. Der Wasserstoff ist weiter als leichtestes Gas das geeignetste Material zur Füllung der Luftballons; er hat, seit man ihn billig herstellen kann, das bis dahin hierfür meist benutzte Leuchtgas völlig verdrängt. Denn das Leuchtgas, das nur etwa 35—50 Proz. Wasserstoff enthält, ist etwa sechsundeinhalbmal so schwer als reiner Wasserstoff.

Im Anschluß an die Erörterung der Leistungen der Chemie für die Waffen und Explosivstoffe möge es mir gestattet sein, kurz die Kleidung unserer Krieger zu erwähnen und einige andere Ausrüstungsstücke, sowie die Rolle, die die Chemie in der Heerbewegung spielt.

Die gesteigerte Fernwirkung, Treffsicherheit und Feuer- geschwindigkeit der heutigen Feuerwaffen geboten die Einführung einer Feldkleidung, deren Farbe sich möglichst dem Schlachtfeld anpaßt. Die Erfindung einer derartigen licht- und wetterbeständigen Farbe war eine Aufgabe, deren Lösung den deutschen Teerfarbenfabriken vorzüglich gelungen ist.

Je verdeckter sich der Feind auf dem Schlachtfeld aufstellt, je größer die Entfernung von den Geschützzielen ist, um so nötiger sind gute Ferngläser. Die deutschen Ferngläser bilden einen Ausfuhrgegenstand Deutschlands, den unsere Feinde entbehren. Besonders in der weltberühmten Glasfabrik von Zeiß in Jena ist durch viele tausend systematisch durchgeführte chemische Versuche die zweckmäßigste Zusammensetzung der

Glasarten für die verschiedenen Ansprüche der daraus herzustellenden optischen Apparate ausgemittelt worden.

Um in völliger Dunkelheit, ohne besondere Lichtquelle, die Zeit feststellen zu können, hat man Leuchtuhren eingeführt, deren Leuchtmasse ein chemisches Präparat ist.

Die Kerze früherer Zeiten ist durch die Metallfaden-Taschenlampe ersetzt. Die durch einen elektrischen Strom zum Leuchten gebrachten Metallfäden bestehen aus sehr hochschmelzenden Metallen, Tantal, Wolfram, Osmium, die von den Chemikern aus den im Mineralreich vorkommenden Verbindungen dieser Elemente mit vieler Mühe herausgearbeitet und der Elektrotechnik zur Verfügung gestellt worden sind.

Für die Aufklärung feindlicher Stellungen sind die von Flugzeugen aus aufgenommenen Momentphotographien von größter Bedeutung. Die Herstellung der äußerst lichtempfindlichen photographischen Platten und Films, sowie die Präparate zur Entwicklung der Photographien verdankt man der Chemie.

Die Bewegung der meisten Motoren wird durch chemische Prozesse bewirkt und zwar durch die Explosionsstöße verbrennender, fein zerteilter Kohlenstoffverbindungen. Besonders hierfür geeignet ist das Benzin, der niedrig siedende Bestandteil des Steinöls. Als daran in Deutschland Mangel eintrat, war es die jetzt erfolgreich gelöste Aufgabe der Chemiker, Ersatzstoffe zu finden.

Für die Autofahrzeuge, die in dem Weltkrieg zur Beförderung der Truppen und der Verwundeten, der Munition und der Nahrungsmittel eine so ungeahnte Wichtigkeit erlangt haben, ist der Kautschuk ein unentbehrliches Material für die elastische Radverkleidung. Eine glänzende wissenschaftliche Lösung

hat die künstliche Herstellung des Pflanzenkautschuks, die auf den Forschungen von Harries fußt, gefunden. Aber die technische Verwendung des Verfahrens gestaltet sich noch viel zu unsicher und kostspielig. Wohl aber ist die Wiederherstellung der Elastizität des im Gebrauch erhärteten Kautschuks auf chemischem Wege gelungen.

Schwer ist durch den Weltkrieg Deutschlands Handel über See getroffen. War es doch die ausgesprochene Absicht Englands, das Deutsche Reich so von aller Zufuhr abzusperren, daß es schließlich aus Mangel an Nahrungsmitteln unter jeder Bedingung Frieden schließen müsse. Auch diese Absicht zu vereiteln hat die Chemie wesentlich geholfen durch ihre hervorragenden Leistungen für das Emporblühen der Landwirtschaft in Deutschland.

Ich weise zunächst auf unsere Rübenzuckerindustrie hin. Ein Chemiker, ein Schüler Stahls, der Berliner Akademiker Andreas Sigismund Marggraf, fand 1747, daß der in der Runkelrübe, *Beta vulgaris*, vorkommende Zucker identisch ist mit dem Zucker des nur in tropischen Gegenden vorkommenden Zuckerrohres. Marggrafs Schüler, Franz Carl Achard, ebenfalls aus Berlin, legte mit Unterstützung König Friedrich Wilhelms III., des Gründers unserer Universität, auf dem Gute Cunern in Schlesien die erste Rübenzuckerfabrik an. Die von Napoleon I. angeordnete Kontinental Sperre half der jungen Industrie auf. Im Laufe der Jahre entwickelte sich der Rübenzucker zu einer reichen Einnahmequelle für den Staat und zu einem Hauptausfuhrgegenstand Deutschlands. Dann führte

einer der ideenreichsten deutschen Chemiker, Justus von Liebig, 1840 eine vollständige Umwälzung in den Anschauungen der Düngelehre herbei. In seiner feurigen Art drang er darauf, daß dem Ackerboden die durch den Pflanzenwuchs ihm entzogenen Stoffe durch geeignete Düngemittel auf Grund chemischer Untersuchungen wieder zugeführt werden müssen, um ihn ertragfähig zu erhalten. Die wichtigsten Düngemittel sind löslicher phosphorsaurer Kalk, Kalisalze, Ammoniumsulfat und Chilesalpeter. Den Bedarf an Phosphorsäure decken wir teils durch Superphosphat, teils durch das Thomasmehl. Darunter versteht man die gemahlene phosphorsäure-haltige Schlacke, die bei dem 1879 von den Engländern Thomas und Gilchrist erfundenen Verfahren, bei der Entphosphorung des Eisens in der mit Dolomit ausgefütterten Bessemerbirne, sich bildet. Ebenso notwendig für den Pflanzenwuchs sind die Kalisalze, die in Deutschland in unermeßlichen Mengen vorkommen. 1857 wurden bei Staßfurt die Staßfurter Abraumsalze entdeckt, die, wie sich allmählich herausstellte, die obere Schicht der weithin sich erstreckenden Steinsalzlager Mitteldeutschlands bilden. Auch im Elsaß hat man neuerdings Kalisalzlager aufgefunden. Bis jetzt ist Deutschland das einzige Land der Erde, in dem sich solche Kalisalzlager aufgeschlossen und in gewaltiger Mächtigkeit befinden. Entstanden durch die Verdunstung von Meerwasser, sind sie einer der wertvollsten Naturschätze des Deutschen Reiches. Die vom Seeverkehr mit Deutschland abgesperrten Länder entbehren die Staßfurter Kalisalze schwer. Eine dritte Art Düngemittel sind das Ammoniumsulfat und der Chilesalpeter. Beide Substanzen führen den Pflanzen den zum Aufbau der Eiweißsubstanzen

nötigen Stickstoff in leicht assimilierbarer Form zu. Noch vor wenigen Jahren war die einzige Quelle für Ammoniumsulfat das bei der Leuchtgas- und Koksbereitung auftretende Ammoniak. Aber sie genügte nicht für das Stickstoffbedürfnis der deutschen Landwirtschaft, und ein großer Teil des eingeführten Chilesalpeters mußte demselben Zwecke dienen. Bei der Besprechung der Herstellung der Salpetersäure hatte ich schon Habers Aufbau des Ammoniaks aus seinen Elementen Stickstoff und Wasserstoff behandelt, der uns jetzt diese Substanz außerordentlich billig liefert. Dazu kommen zwei andere für die Befriedigung des Stickstoffbedarfs der Landwirtschaft wichtige Entdeckungen. Der bei gewöhnlicher Temperatur reaktions-träge Stickstoff wirkt, wie A. Frank und N. Caro fanden, auf das im elektrischen Ofen leicht darstellbare Calciumcarbid bei hoher Temperatur ein; durch Ersatz von Kohlenstoff durch Stickstoff bildet sich das Calciumcyanamid, der sogenannte Kalkstickstoff. Er enthält den Stickstoff ebenfalls in einer für die Pflanzen leicht assimilierbaren Form. Man kann den Kalkstickstoff auch auf Ammoniak und Ammoniumsulfat verarbeiten. Das Präparat wird in einem so großartigen Maßstab technisch hergestellt, daß die Reichsregierung ernstlich seine Monopolisierung erwägt.

Ebenfalls bei hoher Temperatur wirkt bei Gegenwart von Kohlenstoff der Stickstoff auf Tonerde ein. Unter Reduktion von Aluminiumoxyd verbindet sich das Aluminium mit dem Stickstoff. Es bildet sich das Aluminiumnitrid, das seinerseits mit Wasser leicht sich zu Ammoniak und Aluminiumoxyd umsetzen läßt.

Für beide Präparate, Kalkstickstoff und Aluminiumnitrid, ist

die billige Erzeugung hoher Temperaturen, wie sie starke elektrische Ströme herzustellen ermöglichen, Vorbedingung.

Im Vorübergehen sei hier noch des Cyannatriums gedacht, einer Verbindung von Kohlenstoff, Stickstoff und Natrium, das unter anderem bei der Einwirkung von metallischem Natrium auf Ammoniak und Kohle bei hoher Temperatur sich bildet und von Deutschland in großen Mengen ausgeführt wird. Es dient hauptsächlich zur Goldgewinnung in Mexiko, Transvaal und Alaska. Alle diese ausländischen Betriebe leiden jetzt unter dem Fortfall der deutschen Ausfuhr dieses Lösungsmittels für Gold.

Die chemischen Analysen der Ackerböden, die analytische Prüfung der verschiedenartigen Düngemittel auf ihren Gehalt von wirksamer Substanz, die Verfolgung ihrer Wirkung auf die Pflanzen bilden die wichtigsten Aufgaben der über ganz Deutschland verbreiteten landwirtschaftlichen Versuchsanstalten. Die Untersuchung der aus den Erzeugnissen der Landwirtschaft hergestellten Nahrungs- und Genußmittel auf ihre Beschaffenheit wird in den nahrungsmittelchemischen Laboratorien vorgenommen. In bezug auf beide Organisationen übertrifft Deutschland alle anderen Kulturstaaten weitaus.

Alle vorher in ihrer Bedeutung für die Landwirtschaft geschilderten chemischen Entdeckungen fallen vor den Beginn des Weltkrieges, in dem jedoch die erfinderische Tätigkeit der Chemiker keineswegs ruht. Das wenigste der neuen Leistungen wird freilich jetzt schon bekannt sein und über manches, von dem man Kenntnis erlangt hat, wird man nicht reden dürfen.

Hier will ich nur auf ein eigenartiges, mit der Verwertung des in der Melasse enthaltenen Rübenzuckers zusammenhängendes

Verfahren hinweisen, das bezweckt, den Rübenzucker zur Massenkultur der Hefe und damit zur Züchtung eines eiweißhaltigen Futtermittels zu benutzen. Immerhin ist hierbei zu berücksichtigen, daß die Melasse an und für sich bereits als Viehfutter verwendet wird.

Im Hinblick auf den Rübenzucker mag noch bemerkt werden, daß es möglich erscheint, alle zur Ernährung der Bevölkerung Deutschlands nötigen Pflanzen auf deutscher Erde hervorzubringen. Durch den Wegfall eines großen Teiles der deutschen Zuckerausfuhr sind im zweiten Kriegsjahr weite Bodenflächen, die sonst der Zuckerrübenzucht dienten, für den Bau anderer Nährpflanzen frei geworden.

Neben den Kohlenhydraten und den Eiweiß-Substanzen bilden die Fette eines der Hauptnahrungsmittel. Wiederum auf Grund einer katalytischen Reaktion, der reaktionsbeschleunigenden Wirkung eines zugesetzten, feinzerteilten Metalls, des Nickels, ist es Sabatier und Sendérens 1901 möglich geworden, den freien Wasserstoff auf ungesättigte Kohlenstoffverbindungen zu übertragen, die dadurch in gesättigte übergehen. Norman n hat auf Grund dieser Entdeckung 1902 das Verfahren der sogenannten Fetthärtung ausgebildet. Die flüssigen fetten Öle, die Trane, die in viel größerer Menge verfügbar sind wie die festen Fette oder Talge, gehen, mit Wasserstoff und fein verteiltem Nickel behandelt, unter Anlagerung von Wasserstoff in feste Fette über, die ihrerseits einer vielseitigeren und nutzbringenderen Verwendung fähig sind als ihre Muttersubstanzen. Aber erst in den letzten Jahren, als man über die weiter oben geschilderten billigeren Methoden zur Gewinnung von Wasserstoff verfügte, wurde Norman n s Fetthärtungsver-

fahren mit Erfolg ausführbar. Die dadurch gewonnenen festen Fette dienen unter anderem auch in Form von Margarine zur menschlichen Ernährung.

Die niederdrückendsten Begleiterscheinungen jedes Krieges sind die unersetzlichen Verluste an Leben, die schweren Wunden, die er schlägt, die Krankheiten und Seuchen, die er verbreiten hilft. Aber wie die Chemie bei der Herstellung der Materialien für die Waffen und bei den Explosivstoffen an der Zerstörungsbearbeitung des Krieges sich beteiligt, so lindert sie andererseits auf dem Gebiete der Heilmittel seine traurigen Folgen. Seit den ältesten Zeiten werden besondere Pflanzenstoffe als Gifte und als Heilmittel verwendet. Die organische Chemie oder die Chemie der Kohlenstoffverbindungen hat die Aufgabe, nicht nur aus den Pflanzen und Pflanzenstoffen die eigentlich wirksamen Substanzen konzentriert und rein herauszuarbeiten, sondern sie möchte sie auch ganz unabhängig von der Lebendigkeit der Pflanzen darstellen. Ebenso liegt es bei den Tierstoffen. Dazu kommt noch eine weitere Aufgabe, die sich die organische Chemie gestellt hat, Kohlenstoffverbindungen künstlich herzustellen, die sich in der Natur nie bilden werden, die aber als Heilmittel verwendbar sind. Gerade in der Aufindung und technischen Darstellung derartiger Substanzen hat sich die deutsche chemische Wissenschaft der der anderen Kulturstaaten weit überlegen erwiesen.

Untersucht man die Ursache dieser Erscheinung, so finden wir sie in der Entwicklung des Hochschulunterrichts der Chemie in Deutschland und seinem Einfluß auf die Organisation der chemi-

schen, sich mit der Herstellung technisch wichtiger Kohlenstoffverbindungen beschäftigenden Industrie. Wiederum tritt, wie bei der Einführung der Chemie in die Ernährungsphysiologie der Pflanzen und Tiere, der strahlende Name Justus von Liebig auch hier uns entgegen. Er gründete an der Großherzoglich Hessischen Universität Gießen 1826 das erste deutsche chemische Unterrichtslaboratorium und forderte für alle deutschen Hochschulen dieselbe Einrichtung. Ein zum Kämpfen geborener Gelehrter, lenkte er die Aufmerksamkeit der Regierungen auf die uns heute ganz unverständliche Unzulänglichkeit des Hochschulunterrichts der Chemie durch die vernichtenden Aufsätze, die er 1838 über den Zustand der Chemie in Österreich und 1840 über den Zustand der Chemie in Preußen veröffentlichte. Für uns ist eine Stelle aus der zweiten dieser Abhandlungen von besonderem Interesse; sie lautet: „In Halle gibt es kein chemisches Laboratorium, in Bonn ist ein vortreffliches Lokal, was zu allen anderen Zwecken vielleicht, aber nicht für ein Laboratorium passend ist.“ Liebig meint das Poppelsdorfer Schloß. Das half, aber es ging doch nur langsam vorwärts. Die Bonner Universität erhielt 1867/68, die Berliner Universität 1869/70 ein chemisches Institut. Beide rief einer der berühmtesten Schüler Liebig's ins Leben, der ursprüngliche Bonner Privatdozent August Wilhelm von Hofmann, der zu dieser Zeit vom University College Londons erst nach Bonn und gleich darauf nach Berlin berufen wurde. Die anderen Staaten folgten nach. Viele ausländische Chemiker suchten und erhielten bis in die neueste Zeit ihre wissenschaftliche chemische Ausbildung auf unseren Hochschulen, deren Organisation des chemischen Unterrichts Allgemeingut wurde.

Und doch! Si duo faciunt idem, non est idem. Vergleiche würden zu weit führen, ich beschränke mich auf eine kurze Schilderung über die Ausbildung der Chemiker auf unseren Hochschulen. In unseren chemischen Instituten lernen unsere Chemiker in erster Linie selbständig beobachten, sie werden in den Methoden der qualitativen und quantitativen Analyse, der Maßanalyse, der Gasanalyse, der Spektralanalyse ausgebildet, sie beschäftigen sich mit der Darstellung von Präparaten und lernen die physikalisch-chemischen Meßmethoden kennen. Eine weitgehende Gleichmäßigkeit dieser Ausbildung wird gesichert durch eine von dem Verbands der Hochschullehrer der Chemie eingerichtete Prüfung, die sogenannte Verbandsprüfung. Soweit vorgebildet, wenden sich dann die meisten jungen Chemiker der experimentellen Lösung einer neuen wissenschaftlichen Aufgabe zu, die sie auf Anregung und unter Leitung ihrer Lehrer angreifen. Manchmal bietet ein solches Thema unvorhergesehene Schwierigkeiten; es muß gewechselt werden. Aber schließlich wird doch das Ziel, die Lösung, mehr oder weniger vollkommen erreicht. Damit wird für den jungen Chemiker mehr gewonnen als der Fernstehende zu erkennen vermag. Er hat sich vom Schüler schrittweise zum selbständig denkenden Arbeiter entwickelt und bringt dadurch von der Hochschule in seinen künftigen Beruf ein wichtiges Imponderabile mit: die Zuversicht, zur selbständigen Lösung ihm entgegertretender neuer chemischer Aufgaben befähigt zu sein.

Aus Liebigs Gießener Laboratorium kamen die ersten Scharen von Chemikern, die in Deutschland die verschiedenartigsten chemischen Fabriken ins Leben riefen oder be-

reits vorhandenen Betrieben einen neuen Aufschwung verliehen. Besonders blühten, seitdem der Krieg 1870/71 die Weltmachtstellung Deutschlands geschaffen hatte, die Fabriken zur Herstellung technisch wichtiger Kohlenstoffverbindungen immer mehr auf. Denn durch die Ausdehnung der 1858 von ihm aufgestellten Valenztheorie auf die Erklärung des Baues der sogenannten aromatischen Substanzen hatte Kekulé eine feste theoretische Grundlage geschaffen für die systematische experimentelle Bearbeitung auch der verwickeltst zusammengesetzten Kohlenstoffverbindungen. Man fand vor allem neue Methoden zur Herstellung künstlicher Farbstoffe, zu deren Gewinnung im Steinkohlenteer vorkommende, sogenannte aromatische Kohlenwasserstoffe eben die Hauptausgangsmaterialien bilden. Daher nannte man die Fabriken, die sich mit der Gewinnung dieser die natürlichen Farbstoffe an Glanz und Feuer erreichenden oder übertreffenden Substanzen abgaben, Teerfarbenfabriken.

Es liegt auf der Hand, daß gerade für solche Betriebe wissenschaftlich durchgebildete Chemiker unbedingt nötig sind. Als Leiter dieser Fabriken finden wir in Deutschland oft genug Chemiker, die sich einen so guten wissenschaftlichen Namen erworben haben, daß sie dem Lehrstuhl der Chemie an einer Hochschule zur Zierde gereichen würden. Bei der Gewinnung tüchtiger Chemiker stehen besonders die Teerfarbenfabriken denn auch im Wettbewerb mit den Hochschulen und mancher Hochschullehrer wird seinem ursprünglichen Beruf durch glänzende Angebote einer der großen Fabriken entzogen.

Die Organisation der gesamten chemischen Industrie Deutschlands, in erster Linie der Fabriken zur Herstellung organischer

Präparate, gipfelt in ihrem von wissenschaftlich gründlich vorgebildeten Chemikern geleiteten Betrieb. Vorzüglich eingerichtete analytische und Versuchslaboratorien mit einer oft erstaunlichen Zahl akademisch ausgebildeter Chemiker gewährleisten das Höchstmaß der Leistungen. Zur Neueinführung neuer Präparate, zur Ausarbeitung neuer Methoden, zur Übertragung von Laboratoriumsversuchen stehen reiche Mittel zur Verfügung. Zwischen den Forschern auf den Hochschulen, ihren Freunden und Schülern in den Fabriken bilden sich enge vertrauensvolle Beziehungen aus, die der chemischen Industrie zu großem Vorteil gereichen. Auf dieser immer einheitlicher entwickelten wissenschaftlichen Organisation der chemischen Arbeit in den deutschen Fabriken beruht der Sieg über die gleich gerichteten, mit unzulänglichen Kräften unternommenen Bestrebungen des Auslandes. Schon allein das Fehlen der nötigen Zahl wissenschaftlich ausgebildeter Chemiker läßt es für das Ausland unmöglich erscheinen, diese Organisation, wie es wohl möchte, plötzlich zu verpflanzen und den Vorsprung einzuholen. Kommen doch nach der Berechnung eines französischen Hochschullehrers der Chemie, unter Berücksichtigung der Volkszahl, im Verhältnis auf 250 Chemiker in Deutschland 7 in Frankreich und 6 in England.

Wenn wir auch aus den vorhergehenden Ausführungen entnehmen, daß gerade in Deutschland die Ausbildung in der Chemie sich besonderer Pflege erfreut, so könnte trotzdem darin noch viel mehr geschehen. Insbesondere wäre der Chemie in allen auf die Hochschulen vorbereitenden höheren Lehranstalten ein breiterer Raum im Lehrplan zu gewähren, für die Lehrer der Chemie an diesen Anstalten wären erhöhte For-

derungen an ihre praktische chemische Ausbildung zu stellen.

Hoffentlich bringt uns der Weltkrieg, der die gewaltige Bedeutung der Chemie für den Staat im allgemeinen, insbesondere auch für den Offizier, den Verwaltungsbeamten, den Volkswirtschaftler jedem so recht vor Augen rückt, die so dringend nötigen Fortschritte: in den Ausbildungsplan der genannten Klassen von Staatsdienern ist die Chemie aufzunehmen.

Diese, wie oben dargelegt, ursprünglich zur technischen Gewinnung von Farbstoffen aus Steinkohlenteer gegründeten Fabriken waren es hauptsächlich, die auch die technische Herstellung der im Laufe der letzten Jahrzehnte entdeckten Heilmittel unternahmen. Durch reiche Geldmittel und die Zahl ihrer wissenschaftlichen Mitarbeiter waren sie dazu ohne Schwierigkeit imstande.

Schon längere Zeit, ehe das systematische Suchen nach Kohlenstoffverbindungen mit therapeutischer Wirkung in Deutschland begann, hatte eine Anzahl in Pflanzen vorkommender Substanzen, die zu den sogenannten Pflanzenalkaloiden zählten, medizinische Verwendung gefunden. Ich weise hier auf das 1817 von Sertürner in Wittenberg aus dem Opium herausgearbeitete Morphin und das 1820 von Pelletier und Caventou in der Chinarinde entdeckte Chinin hin. Die künstliche Darstellung dieser beiden Stoffe, unabhängig von der Tätigkeit der Pflanzen, ist allerdings, trotz vieler dahin zielender Arbeit den Chemikern bis jetzt noch nicht gelungen. Zu besonderer Bedeutung für die Chirurgie gelangte der im Anfang des 16. Jahrhunderts von Valerius Cordus aus Alkohol und Schwefelsäure bereitete Äther, dessen betäubende Wirkung

1847 Charles Jackson in Boston entdeckte, sowie das 1832 von Justus von Liebig durch Einwirkung von Bleichkalk auf Alkohol dargestellte Chloroform, das Simpson in Edinburg 1847 als Betäubungsmittel einführt. Beide Stoffe ersparen dem in der Narkose liegenden Leidenden die furchtbaren Schmerzen der im Kriege so oft nötigen chirurgischen Operationen und erleichtern dem Arzt sein schweres und verantwortungsvolles Werk. Die Salicylsäure, die die Natur uns nur spärlich liefert, lehrte 1860 Hermann Kolbe synthetisch aus Carbonsäure oder Phenol in unbegrenzter Menge aufbauen. Samt einigen ihrer Abkömmlinge, wie der Acetylsalicylsäure oder Aspirin, ist sie als Fiebermittel und als spezifisch wirkendes Mittel gegen Gelenkrheumatismus jetzt der breitesten Öffentlichkeit bekannt. 1869 erkannte Oskar Liebreich in dem 1832 von Justus von Liebig entdeckten Chloralhydrat ein ausgezeichnetes Schlafmittel.

Allein den Anstoß zu einer ganz neuen Richtung auf diesem Gebiete, nämlich zur systematischen Prüfung künstlich dargestellter Kohlenstoffverbindungen auf ihre physiologischen Wirkungen gab die 1887 durch eine Verwechslung mit Naphthalin herbeigeführte Entdeckung, daß das aus dem Anilin, der Muttersubstanz so vieler prächtiger Farbstoffe, leicht herstellbare Acetanilid zugleich ein Mittel gegen Fieber ist. Es wurde unter dem Namen Antifebrin in den Arzneischatz aufgenommen. Seitdem untersuchte man systematisch viele tausend künstlich dargestellte Kohlenstoffverbindungen in den pharmakologischen Laboratorien der Hochschulen und der deutschen Fabriken auf ihre therapeutische Wirksamkeit; mehr als 5000 derartige Stoffe wurden als Heilmittel empfohlen. Man

fand im Laufe dieser Forschungen eine Reihe gesetzmäßiger Zusammenhänge zwischen dem chemischen Bau der Kohlenstoffverbindungen und ihrer physiologischen Wirkung. Man konnte die Bedeutung einzelner Atomgruppen für diese Wirkung feststellen und lernte die physiologische Wirkung eines chemischen Stoffes durch Einführung oder Herausnehmen bestimmter Atomgruppen nach bestimmter gewünschter Richtung hin beeinflussen.

Allmählich gelang auch die Synthese einer Reihe verwickelt zusammengesetzter, bisher schon als heilkräftig erkannter natürlicher Pflanzen- und Tierstoffe. Ich muß es mir versagen, über diese außerordentlich schwierigen Fragen, über den inneren chemischen Aufbau der für den Krieg wichtigsten neuen Arzneistoffe, auch nur Andeutungen zu geben; die Anführung einiger Namen der in weiten Kreisen bekannt gewordenen muß genügen. Wichtige Fiebermittel sind außer dem Antifebrin das ihm nahe verwandte Phenacetin, ferner Knorr's Antipyrin und dessen Aminoderivat, das Pyramidon. Wirksame Anästhetika sind die Alkaloide Atropin aus der Tollkirsche, *Atropa belladonna*, und Cocaïn aus den Cocablättern; beide Substanzen kann man jetzt künstlich aufbauen. Zu Chloralhydrat gesellten sich andere Schlafmittel, von denen das Sulfonal und das Veronal hervorgehoben seien. Der Campher, dessen Konstitution Julius Brecht, unser früherer Bonner Privatdozent, aufklärte, ein geschätztes Erregungsmittel des Zentralnervensystems, ein Produkt des auf Formosa vorkommenden Campherbaumes, ist durch chemische Umwandlung aus Pinen, dem Hauptbestandteil des Terpentinöls, künstlich erhalten worden. Von neuen Gichtmitteln seien das Piperazin, das Lysi-

din, das Urotropin und das Atophan hervorgehoben. Ein für die Chirurgie höchst wertvolles Arzneimittel ist das den Blutdruck steigernde und gleichzeitig die Gefäßnerven zusammenziehende Adrenalin, das in der Nebenniere des Ochsen vorkommt, heute aber künstlich auf chemischem Wege bereitet wird.

Eine besondere Forschungsrichtung, die auf engster Verbindung von Medizin und Chemie beruhende „Chemotherapie“ suchte und fand chemische Präparate, die bestimmte, mikroskopisch kleine Krankheitserreger vernichten; dazu gehört das Salvarsan.

Besonders wichtig sind auch die Fortschritte, die die Bakteriologie im Verein mit der Chemie zu verzeichnen hat. 1871 zeigte Carl Weigert in Leipzig, daß man die unsichtbaren, pathogenen Krankheitserreger durch Anfärben mit bestimmten Farbstofflösungen sichtbar machen kann. Auf diesem Wege entdeckte man die Erreger von Milzbrand, Ruhr, Pest, Cholera, Genickstarre, Schwindsucht, Influenza, Malaria, Diphtherie, den Erreger der Syphilis u. a. m. In dem Blutserum bilden sich bei diesen Krankheiten gewisse, ihrer chemischen Natur nach vorläufig noch ganz unbekannte Stoffe, die sogenannten Antitoxine für diese verschiedenen Arten von Bazillen. Der längst eingeführten Impfung gegen die schwarzen Blattern und gegen Tollwut stellte die neue sogenannte Serumtherapie eine große Zahl von Heilsera an die Seite, von denen die Höchster Farbwerke über 36 verschiedene herstellen. Im Frieden versorgen sie damit alle Kulturstaaten, im Weltkrieg kommen diese Heilsera fast ausschließlich unseren und unserer Verbündeten Armeen, den von ihnen gefangenen Feinden und besetzten Ländern zugute. Wie gegen Blattern, so werden jetzt alle unsere

Krieger auch gegen Cholera und Typhus geimpft, um so den Ausbruch verheerender Epidemien zu verhindern.

Den Heilmitteln gesellen sich die gleichfalls von der chemischen Industrie gelieferten, im Kriege besonders bedeutungsvollen Desinfektionsmittel zu, das Sublimat, der Chlor- oder Bleichkalk, das Wasserstoffsperoxyd, das Kaliumpermanganat, der Formaldehyd, das Jodoform, das Phenol oder die Carbonsäure, das Lysol u. a. m., ferner die zahlreichen chemischen Mittel gegen Ungeziefer.

So trägt die Chemie ihr ehrliches Teil dazu bei, die Verluste an Menschenleben zu beschränken. Man kann ohne Überhebung behaupten, daß wir in dieser Hinsicht alle feindlichen Nationen übertreffen, und daß sie auch nicht imstande sein werden, den Vorsprung, den Deutschland in der chemisch-technischen Darstellung der Heilmittel zurzeit hat, in kurzem irgendwie einzuholen.

Am Ende meiner Darlegungen angekommen, weiß ich, wie unvollständig sie sind. Allein wenn man sich in einer ganz bestimmten Richtung dem Hochgebirge nähert, so sieht man nicht alle Gipfel und oft ist die Aussicht auf die höchsten Spitzen versperrt. Nur die wichtigsten Ergebnisse der Chemie, die eine unmittelbare Bedeutung für den Weltkrieg hatten, versuchte ich zu schildern. Aber mittelbar beeinflussen viele andere chemische Entdeckungen den Weltkrieg. Hat sich doch seit dem letzten halben Jahrhundert die chemische Industrie von Grund aus geändert. Jahrzehntelang bewunderte Arbeitsmethoden sind in den Hintergrund gedrängt oder durch völlig neue

Methoden ersetzt worden. Wohin wir auch die Blicke wenden, überall sehen wir in der chemischen Industrie die deutschen Chemiker an der Front, sei es, daß sie selbst neuen chemischen Verfahren die Bahn brachen, sei es, daß sie von anderen gefundene Verfahren, sie in ihrer Bedeutung erkennend, entschlossen erwarben oder vervollkommneten.

Diese unhemmbaren Fortschritte der chemischen Industrie im Verein mit den Fortschritten der gesamten anderen Technik in Deutschland beeinflußten auch die Politik besonders Englands. Unter des größten deutschen Staatsmannes wachsamem Auge vollzog sich die Entwicklung Deutschlands zum Industriestaat. Fürst Bismarcks Verdienst war es, durch vernünftige Zölle dem Deutschen Reiche die Landwirtschaft so leistungsfähig zu erhalten, daß, wie wir jetzt erleben, trotz der Abspernung von der Einfuhr von Nahrungsmitteln, das wachsende deutsche Volk durchzuhalten vermag. Wie hoch Bismarck die Leistungen der chemischen Industrie einschätzte, geht aus seiner am 20. April 1894 an Vertreter der nationalliberalen Partei gerichteten Ansprache hervor, der ich nachfolgende Stelle entnehme:

„Es ist weniger die friedliche Gesinnung aller Regierungen, die den Frieden bisher erhält, als die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit der Chemiker in der Erfindung neuer Pulversorten und der Techniker in der Vervollkommnung der militärischen Ballistik, und deshalb die für die Leiter eines kriegslustigen Staates unter Umständen entscheidende Erwägung, daß sie es nicht für erfolgreich halten, loszuschlagen, wenn ihre Heere nicht im Besitze der neuesten Erfindungen sind. Es klingt fast wie eine Satire, ist es aber nicht, daß der Chemiker

bisher die Schwerter in der Scheide hält und durch seine Erfindungen über Krieg und Frieden entscheidet.“

Wie aber ist es, so fragen wir, wenn der kriegslüsterne Staat sich im Besitze der neuesten Erfindungen glaubt, die ihm im Krieg ein unbedingtes Übergewicht zu sichern scheinen? Die Franzosen verfügten 1870 über das dem Zündnadelgewehr weit überlegene Chassepot und über die Mitrailleusen, zwei Tatsachen, die ihren Staatsmännern den Entschluß zum Kriege wesentlich erleichtert haben werden. Im Jahre 1886 hatten die Franzosen das dem Schwarzpulver weit überlegene rauchschwache Blättchenpulver von Vieille eingeführt. Nur die Besonnenheit der damaligen Lenker des französischen Staates vereitelte die Absicht des ehrgeizigen Generals Boulanger, Frankreich zur Erklärung des Krieges an Deutschland zu veranlassen.

Auch den Ausbruch des Weltkrieges hat die chemische Industrie Deutschlands fördern helfen, aber in einer ganz anderen Art, als es Fürst Bismarck damals in Rechnung zog. Bis gegen das Jahr 1870 beherrschte die chemische Industrie Englands nahezu ohne ernsthaften Wettbewerber den Weltmarkt. Dann aber entwickelte sich im geeinigten Deutschen Reich mit überraschender Schnelligkeit die chemische Industrie und verdrängte nicht nur allmählich die meisten Produkte der chemischen Fabriken Englands vom deutschen Markt, sondern eroberte sich dazu weite Absatzgebiete im Ausland. Am augenfälligsten machten sich die Fortschritte der deutschen Teerfarbenfabrikation bemerkbar. Besonders schmerzlich wurde Englands ostindischer Indigobau betroffen. Nach jahrelang durchgeführten scharfsinnigen Versuchen war es Adolf von Baeyer gelungen,

nicht nur die chemische Konstitution des Indigos aufzuklären, sondern ihn auch aufzubauen, allerdings nach Reaktionen, die für die technische Verwendung zu kostspielig waren. Durch die Fachliteratur kannten die Chemiker aller Kulturstaaten die Ergebnisse von Baeyers Arbeiten über Indigo. In einer von verschiedenen deutschen Forschern und den Chemikern einiger unserer größten deutschen Teerfarbenfabriken 17 Jahre lang fortgesetzten Arbeit gelang die Auffindung von technisch brauchbaren Verfahren, um Indigo, von billigen Ausgangsmaterialien ausgehend, völlig rein und mit vortrefflicher Ausbeute darzustellen. Durch Einführung dieses künstlichen deutschen Indigos in den Handel im Jahre 1897 sank der Wert des aus Britisch-Indien ausgeführten Pflanzenindigos von fast 60 Millionen Mark im Jahre 1896/97 auf 3 Millionen Mark im Jahre 1912/13. Im Jahre 1913 betrug der Wert der deutschen Indigoausfuhr über 53 Millionen Mark. Hunderttausende Hektare dem Indigobau gewidmetes Land wurde dem unter englischer Regierung stets an Hungersnöten leidenden Ostindien für den Getreidebau zurückgegeben.

Weniger scharf, aber stets wachsend, machte sich der Wettbewerb von Deutschlands chemischer Industrie auf den meisten Gebieten für England empfindlich bemerkbar. Ich nenne hier nur die hunderte künstlicher Teerfarbstoffe, die künstlichen Riechstoffe, die künstlichen Arzneistoffe, die fast ausschließlich die deutsche chemische Industrie herstellte und auf den Weltmarkt brachte. Aus englischen Besorgnissen erwachsen englische Eifersucht und giftiger Neid auf die Erfolge der chemischen Industrie Deutschlands. Niemand, am wenigsten England, wird in Abrede stellen können, daß der heiße Wunsch,

Deutschlands Industrie im allgemeinen und die deutsche chemische Industrie im besonderen durch einen siegreichen Krieg tödlich zu treffen, einen der mächtigsten Beweggründe für die Beteiligung Englands am Weltkrieg bildete.

Fragt man sich aber vom Standpunkt des Chemikers aus, ob es für Deutschland günstiger gewesen wäre, wenn uns unsere Feinde schon fünf bis sechs Jahre früher zum Krieg gezwungen hätten, so müssen wir wohl die Frage verneinen. Damals hätte uns England, wie heute, den Bezug des Chilesalpeters abgeschnitten, ehe die in Deutschland ausgebildeten technischen Verfahren zur Herstellung von Salpetersäure aus Luft und aus Ammoniak verfügbar waren. Die Folgen, die ein verhängnisvoller Mangel an Salpetersäure zur Herstellung der Explosivstoffe Nitroglycerin, Schießbaumwolle, Pikrinsäure und Trinitrotoluol für Deutschland hätten haben können, wage ich nicht auszudenken.

Eine bedeutungsvolle Erinnerung, die uns unmittelbar zum Ausgangspunkt meiner ganzen Betrachtungen zurückgeleitet, verknüpft sich mit dem heutigen Tage.

Vor 38 Jahren, am gleichen Tage, zu gleicher Stunde wie heute, trat Kekulé von dieser Stelle aus sein Amt als Rektor an und einige Tage später hatte er die hohe Ehre und Freude, den damaligen Prinzen Wilhelm von Preussen als vornehmsten akademischen Bürger in die Schar der Studierenden unserer Universität aufzunehmen. Bei dem tiefen Verständnis für den Wert geistiger Güter, das den jungen Prinzen auszeichnete, zog ihn von den Wissenschaften,

die ihm von unserer Hochschule geboten wurden, nicht am wenigsten die Chemie an. Und wenn in jener Zeit das Eindringen in unsere in rascher Entwicklung begriffene Wissenschaft bei Seiner Königlichen Hoheit Hoffnungen auf weitere gedeihliche Fortschritte erweckte, so darf man heute mit einigem Rechte sagen, daß die Chemie diese Hoffnungen über alles Erwarten hinaus erfüllt hat. Im Frieden und im Krieg erwies sie sich als treue Dienerin und wertvolle Stütze unseres Volkes und unseres Staatswesens.

Wir durchleben eben eine schwere, aber auch unermeßlich große Zeit, eine Zeit, wo jedem erkenntlich, die Weltenuhr aushebt zum Schlage für den Beginn einer neuen Periode des Völkerlebens. Wohl lastet Kummernis auf den deutschen Herzen, doch zugleich schwellt Stolz und freudige Zuversicht unsere Brust. Unser aller Hoffnungen und Wünsche vereinigen sich auf den einen Mann, der, damals unser Kommilitone, jetzt als unser Kaiser dem deutschen Volke in schicksalschwerer Stunde vorangeht. Möchte es ihm vergönnt sein, allem Schrecken und feindlichem Widerstand zum Trotz, sein Deutschland, unser teures Vaterland, durch das Dunkel des tobenden Kampfes hindurchzuführen zum strahlenden Lichte glücklichen Friedens. In dieser feierlichen Stunde geben wir unserer treuen Anhänglichkeit, unserem unerschütterlichen Vertrauen lebendigen Ausdruck in dem Ruf:

Seine Majestät, unser vielgeliebter Kaiser und König, er lebe hoch!