

Zeitschrift für angewandte Chemie.

1900. Heft 32.

Vorträge, gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Hannover am 8. Juni 1900.

Ueber die Bedeutung der physikalischen Chemie für die chemische Technik.

Von Dr. Theodor Körner, Freiberg i. S.

Meine Herren! Es ist Ihnen allen bekannt, dass im Laufe der letzten 10—20 Jahre in unserer Wissenschaft eine neue Richtung aufgetreten ist, welche mit dem Namen „physikalische Chemie“ bezeichnet wird. Es soll dieser Name andeuten, dass sie eine Art Vereinigung der Physik und Chemie darstellt oder eine Übertragung der physikalischen Forschungsmethoden auf die Chemie. Daneben wird auch die Bezeichnung „Elektrochemie“ gebraucht, welche davon herröhrt, dass diese Richtung mit besonderem Eifer und Erfolge sich mit den chemischen Wirkungen der Elektricität und der Theorie der Elektricitätserzeugung durch chemische Prozesse befasst. Indessen erscheint mir auch dieser Ausdruck nicht umfassend genug. Denn sie behandelt mit gleichem Erfolge auch solche Vorgänge, bei denen elektrische Erscheinungen nicht in Betracht kommen. Am besten scheint mir der von Ostwald eingeführte Ausdruck „allgemeine Chemie“ das Wesen der Sache zu umfassen, da sie die allgemeinen Gesetze chemischer Reactionen zu erforschen sucht im Gegensatz zur speziellen Einzelbeschreibung. Sie bringt aber damit gleichzeitig eine Erleichterung des Studiums mit sich, indem sie das durch eine langjährige sehr intensive Forschungsarbeit gewaltig angeschwollene Material von einheitlichen Gesichtspunkten aus begreifen lehrt. Ich will übrigens die Bezeichnung „physikalische Chemie“ als die allgemeiner bekannte vorläufig beibehalten. Charakteristisch ist für sie besonders, dass sie sich des mächtigsten Hülfsmittels aller naturwissenschaftlicher Forschung, der höheren Mathematik, in ausgedehntem Maasse bedient. Insofern bietet das Verständniss derselben, wenigstens für die ältere Generation, einige Schwierigkeiten dar, da früher eingehendere mathematische Studien für den Chemiker nicht unbedingt erforderlich waren. Die

neuere Entwicklung dieser Wissenschaft ist wesentlich an drei Errungenschaften geknüpft, nämlich an die Entdeckung des Gesetzes der chemischen Massenwirkung durch Guldberg und Waage, des Gesetzes des osmotischen Druckes durch van't Hoff und die Theorie der elektrolytischen Dissociation von Arrhenius; die Aufstellung und Begründung derselben hängt wiederum aufs engste zusammen mit der Übertragung der Hauptsätze der mechanischen Wärmetheorie auf die Probleme der Chemie. Zeitlich datirt sich ihr Aufschwung ungefähr von dem Erscheinen des grossen Lehrbuches von Ostwald im Jahre 1888 an. Ostwald hat das grosse Verdienst, in diesem Werke neben seinen eignen wissenschaftlichen Arbeiten zuerst alles bis dahin bekannte Material gesammelt und weitere Kreise darauf aufmerksam gemacht zu haben. Es lässt sich nun allerdings nicht leugnen, dass die bisherigen Erfolge dieser jungen Wissenschaft mehr auf rein wissenschaftlichem Gebiete liegen mit der weiteren Beschränkung, dass sie vorläufig hauptsächlich das anorganische Gebiet betreffen. Wir alle werden aber trotzdem keinen Augenblick daran zweifeln, dass sie grade deshalb sich in absehbarer Zeit auch für die chemische Technik fruchtbar erweisen wird. Denn ein jeder Fortschritt der reinen Wissenschaft kommt mit der Zeit auch der Praxis zu gute. Grade die unvergleichliche Entwicklung unserer deutschen chemischen Industrie hat dies ja am besten bewiesen. Aber immerhin mehren sich schon jetzt von Tag zu Tag die Fälle praktischer Anwendung der physikalischen Chemie. Auch in unserer Vereinszeitschrift und in den Verhandlungen der Bezirksvereine begegnen wir in letzter Zeit immer häufiger physikalisch-chemischen Discussionen. Es tauchen sogar zum Schrecken einiger meiner näheren Bekannten in unserer Vereinszeitschrift Differentialquotienten und Integralzeichen auf. Ich erinnere Sie an den interessanten, im vergangenen Winter in Frankfurt gehaltenen Vortrag des Herrn Prof. Goldschmidt, und ich habe mit grosser

Befriedigung aus dem damaligen Sitzungsprotocoll ersehen, dass die Ausführungen des Vortragenden das lebhafteste Interesse der Anwesenden erregt haben, welches sich in einer sehr ausgedehnten Discussion äusserte. Die Mannheimer Ortsgruppe des Oberrheinischen Bezirksvereins hat sogar für ihre Mitglieder durch Herrn Prof. Goldschmidt einen ganzen Vortragszyklus über dieses Gebiet abhalten lassen.

Wir können die Aufgaben der chemischen Technik im Allgemeinen so definiren, dass es sich darum handelt, entweder bestimmte, in der Natur fertig vorgebildete Producte in reinem Zustande darzustellen, oder aus irgend welchen Rohmaterialien nach bestimmten Reactionen neue Producte künstlich herzustellen. Beide werden mitunter auch combinirt, nämlich dann, wenn ein Naturproduct vorübergehend in eine neue Verbindung übergeführt wird, als welche es sich leichter von Verunreinigungen trennen lässt. Der Zucker wird z. B. aus der Rübe theilweise direct durch Krystallisation gewonnen, theilweise durch Überführung in gewisse Verbindungen mit Calcium, Strontium, Barium, Blei etc. und nachherige Abscheidung aus denselben, weil er sich unter Umständen in diesen Formen leichter reinigen lässt. Bei allen diesen Processen kommen natürlich bestimmte Reactionen in Betracht. Während nun bisher die Fragen nach der Möglichkeit und den Verlauf solcher Reactionen in den allermeisten Fällen auf rein experimentellem Wege entschieden wurden, sucht die physikalische Chemie diese Möglichkeit auf theoretischem Wege, und zwar hauptsächlich auf Grund thermodynamischer Betrachtungen vorzubestimmen. Sie sucht ferner diese Reactionen nicht allein in Hinsicht auf ihre Zwischen- und Endproducte, sondern auch in Bezug auf ihren Verlauf, insbesondere ihren zeitlichen Verlauf, d. h. die Reactionsgeschwindigkeit und die Umstände, welche auf diese Reactionsgeschwindigkeit von Einfluss sind, zu ergründen und mathematisch zu formuliren. Grade die Verfolgung des zeitlichen Verlaufes der Reactionen ist für die physikalische Chemie in höchstem Maasse charakteristisch. Es hat sich da als Naturgesetz von sehr ausgedehnter Anwendbarkeit herausgestellt, dass diese Reactionsgeschwindigkeit in bestimmter hier nicht näher zu erörternder Weise abhängig ist von der Concentration der reagirenden Substanzen und der Reactionsproducte, dabei aber vielfachen Änderungen unterworfen ist bei Änderungen der Temperatur, der Lösungsmittel, beim gleichzeitigen Vorhandensein anderer an der Reaction selbst nicht betheiligter Körper etc. Sie werden ohne weiteres verstehen, dass

diese Verhältnisse auch für die in der Technik im Grossen sich abspielenden Reactionen von erheblicher Bedeutung sein müssen. Denn Zeit ist in der Technik Geld, und es besteht das grösste Interesse dafür, die Reactionen in möglichst kurzer Zeit zu Ende zu führen. Es hängt dies aber auch noch aufs engste mit den praktisch erzielbaren Ausbeuten zusammen. Es kann nämlich der Fall vorkommen, und diese Fälle sind häufiger, als man gewöhnlich anzunehmen geneigt ist, dass eine Reaction zwar nach sehr langer Zeit vollständig zu Ende kommt, aber mit fortwährend abnehmender Geschwindigkeit, so dass schliesslich die zur Vollendung nötige Zeit in keinem Verhältniss steht zu den erzielbaren Ausbeuten und dass man sich deshalb aus praktischen Gründen genötigt sieht, die Reaction vorzeitig abzubrechen. Von diesen Gesichtspunkten aus, nämlich von den Verschiedenheiten in Bezug auf Temperatur und deren Ausgleich, Einflüssen der Gefässwände, Durchmischung etc., werden auch die häufig in der Technik beobachteten Unterschiede im Verlauf von Reactionen je nach dem kleineren oder grösseren Maassstab, in dem sie ausgeführt werden, verständlich. Ein anderer Fall, der auch sehr oft in Betracht kommt, ist der, dass mehrere Reactionen neben einander verlaufen, und zwar so, dass das erste Reactionsproduct unter den obwaltenden Umständen sogleich neue Reactionen eingeht. Verlaufen die folgenden Reactionen mit derselben Geschwindigkeit, wie die erste, so wird im Endzustand nur das Product der letzteren vorhanden sein, bei geringerer Geschwindigkeit ein Gemisch verschiedener Reactionsproducte. Ein solcher Fall ist z. B. neuerdings bekannt geworden beider Reduction des Nitrobenzols zu Anilin. Hierbei bildet sich, wie Sie wissen, als Zwischenproduct Phenylhydroxylamin, welches unter den Umständen der technischen Reduction mit grosser Reactionsgeschwindigkeit und deshalb so gut wie vollständig in Anilin übergeht. Aus diesem Grunde ist es ein halbes Jahrhundert übersehen worden. Die physikalische Chemie ist aber durch das Studium der Reactionsgeschwindigkeit und der sie beeinflussenden Umstände öfters in der Lage, und wird es voraussichtlich in Zukunft noch mehr sein, dieselbe in irgend einem Sinne, der technisch wünschenswerth ist, zu verändern, beispielsweise durch die Wahl passender Lösungsmittel, durch Anwendung von Katalysatoren, Änderungen der Temperatur etc. Darin liegt meiner Ansicht nach ihr grosser Werth für die Technik, und diese wird sich eines so mächtigen Hülfsmittels auf die Dauer nicht entrathen können. Nicht vergessen wollen

wir aber auch die Neuauffindung und Verbesserung der analytischen Methoden, welche infolge der neueren elektrochemischen Theorien, durch das Studium der Zersetzungsspannungen, des Einflusses der Stromdichte etc. eingetreten sind, und welche ja der Technik unmittelbar zu gute kommen. Auch die Analyse organischer Körper, wobei ich nicht die Elementaranalyse, sondern die Unterscheidung einander nahe stehender Körper derselben Gruppe im Auge habe, dürfte aus der ausgedehnteren Benutzung der physikalischen Constanten, ferner der Constanten, welche sich aus den Gleichungen für die Reactionsgeschwindigkeiten ergeben, noch grossen Nutzen ziehen. Solche Constanten sind für die betreffenden Substanzen ebenso charakteristisch als die gewöhnlich benutzten des Schmelzpunktes, des Siedepunktes etc. Es sind aber durch die elektrochemische Theorie, sowie ihre Erweiterung durch die Theorie der complexen Ionen, durch die Theorie der Lösungen und anderes mehr eine solche Fülle neuer Gesichtspunkte auch für technische Processe geschaffen, dass deren Ausnutzung von der allergrössten Bedeutung für die Technik zu werden verspricht. Um Ihnen einen kurzen Überblick darüber zu geben, wird es vielleicht am besten sein, wenn ich aus allen Gebieten der Technik einige Beispiele herausgreife und im Lichte der physikalischen Chemie kurz bespreche, soweit dies im Rahmen eines solchen Vortrags möglich ist.

Beginnen wir mit der Betrachtung der Brennstoffe und deren Verwendung zur directen Feuerung und zur Verarbeitung auf Destillationsproducte oder Vergasung, so haben wir eine ganze Anzahl sehr complicirter Reactionen vor uns, deren Endproducte sowohl von der Natur der Ausgangsmaterialien, als auch von der Temperatur abhängt. Im Sinne der physikalischen Chemie kommen hauptsächlich in Betracht: die Gleichgewichtszustände zwischen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenoxyd, Kohlensäure und Wasserdampf, die Dissociation von Kohlenoxyd in Kohlensäure und Kohlenstoff und von Kohlensäure in Kohlenoxyd und Sauerstoff, worüber besonders von Le Chatelier umfangreiche Untersuchungen vorliegen, ferner die Bedingungen der Bildung von Kohlenwasserstoffen verschiedener Sättigungsstufen etc. Diese Untersuchungen bieten besonderes praktisches Interesse in Bezug auf die Wärme-gewinnung und Ausnützung und soweit es sich um Beleuchtung handelt, auf die Leuchtkraft. Für die Trennung der festen und flüssigen Destillationsproducte kommt in Betracht die Theorie der fractionirten Destillation.

Bei der Darstellung der Metalle haben wir zu unterscheiden die älteren Methoden auf trockenem Wege und die neueren auf nassem Wege. Bei den ersten kommen vom physikalisch-chemischen Standpunkt in Betracht die aufzuwendende Energie in Gestalt von Brennstoff und dann die Natur der Schlacken in Bezug auf ihre Schmelzbarkeit, spec. Gewicht und Zusammensetzung. Die physikalische Chemie ist ganz besonders geeignet über diese complicirten Verhältnisse Licht zu verbreiten, und zwar kommen hierbei in Anwendung die Gesetze der Gefrier- und Schmelzpunktserniedrigung, der elektrolytischen Dissociation, die Theorie der Phasen, der eutektischen Mischungen, welche sämmtlich für feurig-flüssige Gebilde ebenso gut gelten, wie für gewöhnliche Lösungen. Sie kommen ferner in Betracht für die Eigenschaften der technischen Metalle. Allgemein bekannt ist welchen grossen Einfluss die Verunreinigungen und Beimischungen oft in den allergeringsten Mengen auf die Eigenschaften der Metalle ausüben. Ganz besonders ausgeprägt ist dies bei dem wichtigsten aller Metalle, dem Eisen. Auf diesem Gebiete haben neuerdings Jüptner von Jonstorff und Andere mit Glück den Versuch gemacht, die neueren Lösungstheorien anzuwenden. Ich möchte hierzu erwähnen, dass die Bildung und Ausscheidung der verschiedenen Kohlenstoffformen und Carbide etc. mit verschiedenen Geschwindigkeiten vor sich geht, welche wiederum sehr von der Temperatur abhängig sind. Es kann nun der Fall eintreten, dass irgend ein Zustand sich bei einer bestimmten Temperatur mit erheblicher Geschwindigkeit herstellt, beim langsamem Sinken der Temperatur jedoch einem anderen Platz macht. Man kann nun den ersten einigermaassen dadurch festhalten, dass man die Temperatur plötzlich herabsetzt. Hierauf dürften z. B. die Processe des Stahlhärterns und des Wiederanlassens durch plötzliches Abschrecken und langsames Anwärmen zurückzuführen sein. In ähnlicher Weise werden gewisse Zusätze anderer Metalle, wie Nickel, Chrom, Titan u. a., auf die Bildungsgeschwindigkeit gewisser Formen als Katalysatoren theils beschleunigend, theils verzögernd einwirken. Ähnliche Betrachtungen kommen in Frage bei der Technologie des Glases. Von anderen trocknen metallurgischen Processen will ich nur noch herausgreifen die Trennung von Blei und Silber durch den Pattinsonprocess, bekanntlich ein Krystallisationsprocess, der sich aber nur bis zu einer bestimmten Grenze, nämlich bis zum Auftreten einer sogenannten eutektischen Legirung, fortsetzen lässt, von welcher ab

sich beide Bestandtheile gleichmässig ausscheiden. Für den Zinkentsilberungsprocess nach Parkes kommen die Gesetze der Vertheilung eines Stoffes zwischen mehreren Lösungsmitteln in Betracht, ähnlich dem Ausschütteln einer wässerigen Lösung mit Aether.

Die grössten Erfolge hat aber die physikalische Chemie erzielt auf dem Gebiet der elektrolytischen Metallgewinnung aus wässerigen und feuerflüssigen Lösungen. Es ist allgemein bekannt, wie die Fabrikation der Leichtmetalle, des Aluminiums, des Magnesiums, im grösseren Maassstabe erst möglich geworden ist durch die elektrolytischen Verfahren. Aber auch die Gewinnung der übrigen Metalle, des Kupfers, des Nickels, des Silbers, des Goldes auf diesem Wege spielt heute schon eine gewaltige Rolle, theilweise derart, dass diese Processe dazu dienen, die rohen Metalle zu raffiniren, theilweise auch sie direct aus ihren Erzen zu gewinnen. Daneben sind zu nennen die ebenfalls allgemein bekannten elektrochemischen Processe zur Darstellung von gewissen selteneren Metallen, wie Chrom, von Carbiden und Siliciden etc. Wenn man die Patent- und sonstige Literatur dieses Gebietes verfolgt, so kann man den ungemein fördernden Einfluss, welchen die neueren elektrochemischen Theorien ausgeübt haben, sehr deutlich erkennen.

Gehen wir weiter über zur anorganischen Fabrikindustrie, so kommen zunächst in Betracht die Eigenschaften des Wassers für gewerbliche Zwecke, resp. die Mittel es für solche brauchbar zu machen. Bei der Beurtheilung der Eigenschaften des Wassers und Beurtheilung des Einflusses seiner Verunreinigungen auf verschiedene Fabrikationszweige sind als bedeutungsvoll anzusehen die elektrolytische und hydrolytische Spaltung dieser Bestandtheile, resp. deren Änderung mit der Temperatur und die Erhöhung des osmotischen Druckes durch die gelösten Körper gegenüber reinem Wasser, welche ausserdem durch Änderung der Oberflächenspannungen Änderungen der Benetzungs- und Quellungsfähigkeit gewisser organischer Körper im Gefolge haben können.

Im Mittelpunkte des Interesses stehen augenblicklich die Processe der Schwefelsäurebildung. Diese Processe bilden das klassische Beispiel einer Katalyse. Nach Ostwald's Definition versteht man unter Katalyse die Beschleunigung oder Verzögerung eines Vorganges, der auch an sich freiwillig mit anderer Geschwindigkeit verlaufen würde, durch die Gegenwart anderer Stoffe. Ob sich diese Stoffe unter Bildung von Zwischenproducten an der Reaction betheiligen, ist an sich irrelevant. Im weitesten

Sinne sind zu den katalytischen Wirkungen auch zu rechnen die Beeinflussung der Reactionsgeschwindigkeit durch Lösungsmittel. Über ein Jahrhundert hat als Katalysator die Salpetersäure resp. das Stickstoffperoxyd gedient; neuerdings sucht man aus praktischen Gründen mehr feste Katalysatoren zu benützen, und zwar ist bis jetzt bekanntlich angewandt worden Platin in feiner Vertheilung und Eisenoxyd. Vielleicht haben wir in diesem Falle wieder eine Folge des Massenwirkungsgesetzes vor uns, indem durch die Verdichtung der Gase an der Oberfläche der wirksamen Materialien deren Concentration und damit ihre Reactionsgeschwindigkeit erhöht wird.

Der Process der Ammoniaksodafabrikation bringt ebenfalls Anwendungen des Massenwirkungsgesetzes, ferner der Gesetze der Gasabsorption von Henry-Dalton und der Dissociationsspannung.

Allgemein bekannt ist die neuere, auf elektrolytischen Processen beruhende Entwicklung der Alkaliindustrie mit Benutzung verschiedenartiger Diaphragmen oder Quecksilber etc. Es hat sich bei dem intensiven Studium dieser Processe herausgestellt, dass je nach den Versuchsbedingungen die verschiedenenartigsten Reactionen mit verschiedener Geschwindigkeit neben einander verlaufen und es besteht die Aufgabe, je nach den herzustellenden Producten eine bestimmte Reaction zu begünstigen, die anderen zu hemmen. Inwiefern die moderne Elektrochemie durch das Studium der Einzelreactionen und der Umstände, durch welche deren Geschwindigkeit bestimmt werden, diese Aufgaben gelöst hat, braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden.

Was die Industrie der Kalisalze anlangt, so hat der Altmeister der physikalischen Chemie, van't Hoff, auf Grund seiner Studien über die Bildung von Doppelsalzen zuerst eine umfassende Theorie der Bildung dieser Salze gegeben und voraussichtlich werden diese Lehren auch noch Bedeutung erlangen bei der Verarbeitung derselben. Unbewusst ist dies theilweise bisher schon der Fall gewesen.

Gehen wir weiter über zur organischen Fabrikindustrie, so werden die dabei auftretenden Reactionsproducte vom Standpunkt der physikalischen Chemie als labile Zwischenproducte angesehen, indem die eigentlichen Endreactionen wegen geringer Ionenbildung sehr langsam verlaufen. Herr Prof. Goldschmidt hat in seinem eingangs erwähnten Vortrage an einigen der Farbenindustrie entnommenen Beispielen auseinander gesetzt, inwiefern das Studium der Reactions-

geschwindigkeiten geeignet ist, Aufklärung zu geben über die Natur der Reactionen, und auch Mittel an die Hand giebt, die Geschwindigkeit und damit die Ausbeute zu erhöhen. Noch eins möchte ich bei dieser Gelegenheit erwähnen. Wir bedienen uns z. B. für die Operationen der Oxydation und Reduction bekanntlich der verschiedenartigsten Mittel, wobei jedoch die dabei erhaltenen Producte je nach den angewandten Mitteln ebenfalls verschieden ausfallen. Die physikalische Chemie vermag nun auf Grund elektrochemischer Erwägungen uns Einblick zu verschaffen in die Wirkungsweise der verschiedenen Reagentien. Sie vermag aber ferner durch directe Anwendung elektrochemischer Processe diese Wirkungen viel feiner abzustufen und dadurch mitunter Reactionsproducte zu erzielen, welche mit den gewöhnlich angewandten Processen nicht zu erreichen sind. Herr Prof. Haber hat dies kürzlich in unserer Vereinszeitschrift näher auseinander gesetzt. Auf diesem Gebiete sind der physikalischen Chemie voraussichtlich noch bedeutende Erfolge beschieden.

Eine Körperklasse, die auf den verschiedensten Gebieten der chemischen Technik eine wichtige Rolle spielt, ist die der sogenannten Colloide. Es ist schon seit langer Zeit bekannt, dass an der Oberfläche fester Körper oder in unmessbar geringer Entfernung von ihr besondere Kräfte thätig sind. Diese machen sich naturgemäss bei solchen Körpern hauptsächlich bemerkbar, welche im Verhältniss zu ihrem Volum eine grosse Oberfläche besitzen, und das sind eben die Colloide. Sie sind meistens ausserdem ausgezeichnet durch ein hohes Molekulargewicht und die Unfähigkeit zu krystallisiren. Grade deshalb boten sie bisher der wissenschaftlichen Bearbeitung so bedeutende Schwierigkeiten dar. Denn bei den Körpern, die nicht krystallisiren und nicht destilliren, war bisher gewöhnlich die Kunst des Chemikers zu Ende. Solche Colloide kommen in Betracht in der Industrie des Glases, der Keramik, der Mörtel- und Cementindustrie, ferner in den Ackerböden, dann theilweise bei den Industrien, welche Kohlehydrate verarbeiten, bei der Textilindustrie, der Färberei, Gerberei und Leimfabrikation, der Kautschukindustrie, beim Celluloid, Viskose und ähnlichen Producten u. s. w. Sie zeigen merkwürdige Quellungserscheinungen gegen Wasser und andere Flüssigkeiten, die wieder stark modifizirt werden durch darin aufgelöste Körper, auf welche sie eine Anziehung oder Abstossung ausüben, oder welche sie sogar zu zerlegen vermögen. Gerade diese Zustände sind in allerletzter Zeit sehr er-

folgreich nach physikalisch-chemischen Methoden mit Benutzung der elektrochemischen Theorie bearbeitet worden, und ich hoffe, dass sich diese Forschungen für die Technik noch sehr fruchtbar erweisen werden.

Was die Gährungsvorgänge betrifft, so ist schon vor sehr langer Zeit auf ihre Analogie mit der Katalyse hingewiesen worden. Neuerdings hat sich bei näherer Untersuchung der Wirkung anorganischer Katalysatoren tatsächlich eine weitgehende Ähnlichkeit mit den organischen Fermenten herausgestellt. So wird z. B. das fein vertheilte Platin, welches bekanntlich kräftig katalytisch wirkt, durch Gifte in seiner Wirksamkeit beeinträchtigt; ja die Analogie geht sogar so weit, dass es sich, wenn die Giftwirkung nicht zu stark war, wieder davon erholen kann. Ferner ist nachgewiesen, dass bei der Wirkung der Fermente die Umwandlungen nicht total verlaufen, sondern dass sich nach dem Gesetz der Massenwirkung vorher bestimmte Gleichgewichtszustände einstellen. Damit sind auch diese Vorgänge der physikalisch-chemischen Forschung näher gerückt.

Für die Zuckerindustrie kommen bei der Saftreinigung unter Anderem die Eigenschaften colloidaler Körper in Betracht, für den Krystallisationsprocess die Untersuchungen über die gegenseitige Löslichkeitsbeeinflussung verschiedener Körper, die Krystallisationsgeschwindigkeit etc.

Die Industrie der Sprengstoffe bietet praktische Anwendungen der Untersuchungen über die Bedingungen der Explosibilität, die fortschreitenden Verbrennung und die Explosionswelle u. s. w.

Für die Industrie der Fette, Seifen und Fettsäuren sind von Wichtigkeit die Untersuchungen über die Verseifungsgeschwindigkeit der Ester mehrbasischer Säuren und mehrwerthiger Alkohole, ferner solche über die Oberflächenspannungen. Interessant ist, dass ein wichtiges Problem der physikalischen Chemie, die elektrolytische Dissociation des Wassers zuerst von einem Fettchemiker bearbeitet worden ist, der bei Untersuchungen über die Spaltung der Fette durch Wasser im Autoklaven, welche durch die freien Wasserstoffionen bewirkt wird, darauf geführt wurde.

M. H., vielleicht ist es mir gelungen, an diesen Beispielen auf eine allerdings etwas summarische Art zu zeigen, wie die physikalische Chemie im Stande ist, auf allen Gebieten der technischen Chemie erfolgreich einzutreten, darunter gerade auch solchen, die der bisherigen Forschung schwerer zugänglich waren, und nicht allein, wie man

ofters annimmt, auf solchen, bei welchen direkte elektrolytische Prozesse in Betracht kommen. Ich weiss, dass besonders in den Kreisen der organischen Chemiker theilweise ein gewisses Misstrauen oder gar Geringsschätzung gegenüber der neuen Richtung besteht. Es liegt dies wohl daran, dass man vorzeitig zu grosse Erwartungen in Bezug auf praktische Erfolge gehegt hat. Einer jeden neuen Forschungsrichtung haftet nun einmal der Fluch an, dass sie gleich im Anfang, wenn sie erst einige Erfolge erungenen hat, überschätzt und dann, wenn die hochgespannten Erwartungen nicht alsbald erfüllt werden, unterschätzt wird. Die besondere Eigenthümlichkeit dieser Richtung bringt es mit sich, dass sie sich zunächst mehr mit dem anorganischen Gebiete beschäftigt und hier die ersten Erfolge erzielt hat, auf organischem bis jetzt fast nur, so weit es sich um Körper mit stark ausgeprägter Reactionsfähigkeit, also Säuren und Basen und deren Verbindungen, handelt. Für die Behandlung der übrigen müssen erst noch neue Gesichtspunkte geschaffen werden. Allein ich hege in Übereinstimmung mit hervorragenden Vertretern dieses Faches die feste Überzeugung, dass die Zeit nicht mehr fern ist, wo die physikalische Chemie auch das organische Gebiet erfolgreich in Angriff nehmen wird, so dass, wie Victor Meyer es ausdrückte, „nicht mehr die heiter schaffende Phantasie die vornehmste Triebfeder der Forschung bildet“.

Andererseits ist gar der Vorwurf erhoben worden, die Übertragung der physikalischen Forschungsmethode auf chemische Probleme verleite allzu sehr zu theoretischen Speculationen auf Kosten der experimentellen Forschung und der dazu nöthigen Übung und Geschicklichkeit. Es soll gar nicht geleugnet werden, dass manche Erscheinungen der neuesten Zeit diesem Vorwurf eine gewisse Unterlage zu verleihen geeignet sind. Allein die Berechtigung und die Nothwendigkeit der physikalischen Chemie ist denn doch durch ihre bisherigen Erfolge derart sicher gestellt, dass sie durch solche Auswüchse nie und nimmermehr erschüttert werden kann. An sich erfordert die physikalische experimentelle Forschung sicherlich keine geringere Übung und Geschicklichkeit als die chemische. Sie verleiht aber gleichzeitig infolge der dazu nothwendigen mathematischen Bildung und Schulung ein viel sichereres Urtheil in Bezug auf die Tragweite und den Grad der Zuverlässigkeit der experimentell gefundenen Resultate. Einem so Vorgebildeten kann es nicht passiren, dass er, wie ich es gesehen habe, bei der

Untersuchung einer gefälschten Butter den Betrag an Magarine auf Zehntelprocente oder bei einem rohen Theeröl den Gehalt an Phenol auf 3 Decimalstellen angibt. Ich darf vielleicht etwas aus Erfahrung sprechen. Mein specielles Arbeitsgebiet ist die Gerbereitechnik. Das ist ein Gebiet, dessen Vorgänge wesentlich auf physikalischen Prozessen beruhen, deren Verlauf aber wiederum aufs engste zusammenhangt mit der chemischen Natur der Ausgangsmaterialien. Wir haben also hier ein Beispiel unauflöslicher Verquickung physikalischer und chemischer Materien. Deshalb hat die rein chemische Forschung auf diesem Gebiete bisher wenig Erfolge gezeitigt, wozu in diesem Falle allerdings auch noch die sich entgegenstellenden besonderen Schwierigkeiten mit beitragen. Da habe ich es denn sozusagen aus Noth mit der physikalischen Chemie versucht und ich kann wohl sagen, sie ist mir ein guter Leitstern geworden und wird es wohl auch fernerhin bleiben. Und nun noch eins. Ich erwähnte schon im Anfang, dass sich diese neue Richtung in ausgedehntem Maasse des mächtigen Hülfsmittels der höheren Mathematik bedient. Sie bildet das Bindeglied, welches die beiden so lange getrennt marschirenden schwesterlichen Wissenschaften, Physik und Chemie, wieder vereinigt hat. In dieser Beziehung befinden wir uns aber hier auf klassischem Boden. Denn in der Stadt, deren Gäste wir eben zu sein die Ehre haben, hat der einst ein Leibniz einen grossen Theil seiner Wirksamkeit entfaltet, die für die exacten Wissenschaften so folgenschwer geworden ist. Und so lassen Sie mich zum Schluss gewissermaassen dem Genius loci meine Huldigung darbringen, indem ich den Wunsch ausspreche: Möge der Geist, der einst durch Leibniz von dieser Stadt ausgegangen ist, immer mehr auch Einzug halten in die chemisch-technische Forschung! Lassen Sie mich weiter daran den Wunsch knüpfen, dass unsere deutsche chemische Industrie, deren unvergleichliche Blüthe anerkanntermaassen auf ihrem stetigen innigen Contact mit der reinen Wissenschaft beruht, und mit deren Wohl und Wehe auch das unseres Vereins und seiner Mitglieder so innig verknüpft ist, möge diese deutsche Industrie auch in immer steigendem Maasse diesem neuen Zweige unserer Wissenschaft ihre Aufmerksamkeit mehr als bisher zuwenden und sich seiner mächtigen Hülfe zur Erreichung ihrer Zwecke bedienen, zum Wohle des Ganzen und zum Ruhme deutscher Wissenschaft!