

Die experimentellen Stützen zur naturgesetzlichen Auffassung der Atomistik.

Von R. EHRENFELD.

Aus bestimmten logischen Antrieben des menschlichen Naturdenkens entspringt jene materialistisch-mechanistische Auffassung des Naturgeschehens, wie sie mit der Regeneration der Naturwissenschaften im 17. Jahrhundert einsetzt und bis zum heutigen Tage zielweisend vorherrscht. Jenseits aller unmittelbaren sinnlichen Wahrnehmungen sind die Atomie die metaphysischen Träger aller Naturvorgänge, und das uralte Stoffproblem hat in der Atomistik, einer Hypothese, seine praktische Lösung gefunden. Jedoch mit der zunehmenden Verfeinerung der optischen Hilfsmittel zur Erforschung der Stoffe in den Zuständen ihrer feinen und feinsten Verteilung, wie sie von den Aufschlammungen bis zur Lösung reichen, sind grundlegende Tatsachen laut geworden, welche berufen erscheinen, die Atomistik ihres hypothetischen Charakters zu entkleiden, mit anderen Worten jenen Beweis für die diskontinuierliche Beschaffenheit des Stoffes zu erbringen, welchen die Denker und Forscher vergangener Jahrhunderte oft so mächtig ersehnten. Zu diesen Tatsachen, wie sie der durch das Ultramikroskop geschärzte Einblick vornehmlich in die Natur der Lösungen kolloider Stoffe lehrte, treten Erscheinungen bei elektrischen Entladungen in Gasen, die noch später zu beleuchtende „Keimwirkung“ der Ionen, und schließlich die Ergebnisse der physikalischen Erforschung der sog. Brown'schen Molekularbewegung, jener Bewegung, die sichtbar wird, wenn eine feinteilige Aufschlammung eines Stoffes unter dem Mikroskop zur Beobachtung gelangt. Angesichts des umwälzenden Einflusses, den die Gesamtheit dieser Tatsachen auf unsere Auffassung von der Atomistik, diesem dem urältesten Naturdenken der Menschheit entsprungenen Geistesgebilde gewinnt, erscheint es vielleicht nicht unzeitgemäß, im Rahmen eines kurzen geschichtlichen Referates jene Arbeiten zu kennzeichnen, denen wir die Erforschung dieser für unser gesamtes Naturerkennen so weit ragenden Tatsachen verdanken.

Unsere Darlegungen mögen vom Begriffe und Wesen der „Lösung“ ihren Ausgang nehmen. Als das Hauptkriterium der typischen Lösungen, d. h. der Lösungen kolloider Stoffe, gilt die völlige Homogenität, so daß eine derartige Lösung ein System darstellt, welches in allen seinen mechanisch isolierbaren Teilen die gleiche chemische Zusammensetzung und dieselben physikalischen und chemischen Eigenschaften aufweist. Diese Homogenität jedoch ist nur eine relative, denn sie hängt von der Kleinheit der in der Löslichkeit befindlichen Moleküle, sowie von der Unzulänglichkeit unserer Beobachtungsmittel ab. Weist ein System Inhomogenität auf, dann muß ein durchgesandter Lichtstrahl infolge zahlreicher Reflexionen an den heterogenen Teilchen diffus zerstreut und polarisiert werden, ein Effekt, der nach seinem Entdecker der Tyndallsche Effekt genannt wird. Dieser Effekt ist so überempfindlich, daß es einer intensiven Forschungsarbeit bedurfte, um die Mittel

ausfindig zu machen, „optisch leere“ Lösungen krystalloider Stoffe herzustellen. Wir verdanken hauptsächlich den Arbeiten W. Spring¹⁾ die Erkenntnis, daß optisch leere Flüssigkeiten nur durch Niederreißen der feinen Fremdteilchen (Staub) mittels eines in der Flüssigkeit bei vollkommenem Luftabschluß entstehenden gelatinösen Niederschlags (Hydroxyde des Eisens, Aluminiums oder Zinks) herzustellen sind. Die über dem Koagulum stehenden Lösungen von Alkali- und Erdalkalisalzen sind tatsächlich „optisch leer“. Im Gegensatz zu diesen „optisch leeren“ Lösungen stehen die krystalloiden Lösungen von Saccharose (Rohrzucker), Raffinose (dem Rohrzucker verwandt) und der Phosphormolybdänsäure. C. A. L o b r y d e B r u y n und L. H. W o l f f fanden, daß diese letztgenannten Lösungen einen intensiven Lichtkegel aufweisen. Ganz abgesehen von dem spaltenden Einfluß des Wassers, der Hydrolyse, deren Einfluß noch später zu erörtern sein wird, ist der bedeutende Unterschied der Molekulargrößen des lösenden und der gelösten Stoffe die Quelle für die Polarisation des durchfallenden Lichtstrahles. Mit Hilfe des Tyndallschen Phänomens sind somit die Moleküle der drei genannten Stoffe sozusagen sichtbar gemacht worden, und ist die vorhin betonte Abhängigkeit der Homogenität der krystalloiden Lösung von der Kleinheit der Moleküle des gelösten Stoffes ad oculos demonstriert. Jedoch auch von noch einer anderen Seite her ist der relative Charakter der Homogenität krystalloider Stoffe mit dem direkten Experiment beleuchtet worden. Van C a l e a r und L o b r y d e B r u y n²⁾ konnten durch Anwendung von Zentrifugalkräften in Salzlösungen (Jodkalium, Rhodankalium usw.) beträchtliche Konzentrationsänderungen hervorrufen und aus einer gesättigten Lösung von Magnesiumsulfat drei Achtel des gelösten Stoffes an der Peripherie des rotierenden Behälters zur Krystallisation bringen. Wären somit die Lösungen krystalloider Stoffe homogen im strengsten Sinne des Wortes, in allen Punkten physikalisch und chemisch gleich zusammengesetzt, dann wäre die Erzeugung derartiger Konzentrationsunterschiede auch durch die größte Rotationsgeschwindigkeit der Zentrifuge undenkbar.

An die krystalloiden Lösungen schließen sich ohne scharfe Grenze die kolloidalen Lösungen an. Ihr Hauptcharakteristikum besteht in der optischen Inhomogenität, trotzdem sie, mit freiem Auge betrachtet, völlig homogen erscheinen. Es können dies Lösungen hochmolekularer organischer Stoffe, wie der Eiweißstoffe, sein, oder auch Lösungen anorganischer Stoffe, welche durch bestimmte Vorgänge in einer Flüssigkeit, die sonst nicht lösend auf dieselbe wirkt, so fein verteilt sind, daß das entstehende System ein homogenes Aussehen erlangt. So weisen beispielsweise die neutralen Lösungen der Salze des Aluminiums, Chroms, Eisens, Kupfers, Quecksilbers und Bleies den Tyndallschen Effekt auf, weil durch den spaltenden

¹⁾ Literatur hierüber siehe A. Müller: Allgemeine Chemie der Kolloide, Band 8 von Bredig's Handbuch der angewandten physikalischen Chemie. Ferner R. Zsigmondy: Zur Erkenntnis der Kolloide.

²⁾ Recueil trav. chim. Pays-Bas. 23, 218.

Einfluß des Wassers, die schon vorhin genannte Hydrolyse, das Hydroxyd des betreffenden Metalles entsteht und, in kolloidaler Form gelöst, als „Hydro-sol“ vorliegt. Wird durch den Zusatz einer geringen Menge freier Säure die Hydrolyse aufgehoben, dann verschwindet auch der optische Effekt. Es ist nun die Konstitution dieser kolloidalen Lösungen, ihr inneres Gefüge, dessen Studium neues Licht auf die Frage nach der atomistischen Struktur der Materie geworfen hat. Die optische Inhomogenität der kolloidalen Lösungen wird durch das Tyndall'sche Phänomen demonstriert, da jedoch dieses Phänomen in seiner Überempfindlichkeit schon durch die geringsten Beimengungen feinstster Fremdteilchen hervorgerufen wird, so konnte mit seiner Hilfe die Frage nach der optischen Inhomogenität als Hauptcharakteristikum der kolloidalen Lösungen trotz vielfacher Forschungsbemühungen nicht zum Antrag gebracht werden. Ein erfolgreiches Studium der inneren Zusammensetzung kolloidalen Lösungen war erst mit dem Momente angebahnt, da Siedentopf und Zsigmondy ihre Methode zur Sichtbarmachung von Teilchen erdacht hatten (1903), die das menschliche Auge mit Hilfe des Mikroskops allein nicht zu fassen vermag. Die „ultramikroskopische“ Methode besteht im Wesen in der hellen Beleuchtung der Teilchen durch einen so starken Lichtstrahl, daß im seitlich abgebeugten Lichte Beugungsscheibchen entstehen, welche innerhalb der Grenzen der Sichtbarkeit liegen, wobei die Beleuchtung senkrecht zur Beobachtungsrichtung gewählt wird, so daß das Gesichtsfeld möglichst dunkel bleibt, während die Beugungsteilchen hell erscheinen. Im Falle „optisch leerer“ Flüssigkeiten bleibt das Gesichtsfeld natürlich dunkel; handelt es sich jedoch um kolloidale Lösungen, dann entsteht in jedem Falle ein intensiver Lichtkegel, welcher sich bei starker Verdünnung der Flüssigkeit entweder in deutlich sichtbare helle Einzelteilchen auflöst oder allmählich verschwindet, falls die Einzelteilchen zu klein sind, um eine genügende Lichtmenge abzugeben. Die im Ultramikroskop bei entsprechender Verdünnung der Lösung sichtbaren Teilchen nennt Siedentopf die „Submikronen“, jene kleineren Teilchen, welche nur die Entstehung eines mit zunehmender Verdünnung allnächlich verschwindenden Lichtkegels veranlassen, die „Amikronen“. Durch Aggregation zu größeren Teilchen können die Amikronen zu Submikronen werden. Das größte Interesse knüpft sich nun an die Teilchengröße und speziell an die untere Grenze der Submikronen. Bei Anwendung von hellstem Sonnenlicht an völlig klaren Tagen liegt diese untere Grenze bis gegen $5 \mu\mu$ (10^{-6} mm)³⁾ hinab. Jedoch noch unterhalb dieser Grenze konnte Zsigmondy⁴⁾ eine vorläufige Ermittlung der Amikronengröße in der Art treffen, daß eine kolloidale Goldlösung von amikroskopischer Verteilung des Goldes zu einem Goldreduktionsgemische (Goldchlorid und Formaldehyd) hinzugefügt wurde, in welchem dann die Goldamikronen eine gewisse Keimwirkung zum Ansatz immer größerer Aggregate entfalteten,

wodurch es möglich wurde, die Zahl und Größe der Amikronen selbst zu ermessen, deren Lineardimensionen mit etwa $1,7-3 \mu\mu$ angegeben sind. Wie nahe das Ultramikroskop an die Grenzen der wirklichen „molekularen Dimensionen“ rückt, mag aus den folgenden Angaben ersichtlich werden⁵⁾:

1. Mittlere Entfernung der nächsten Moleküle in Gasen $3-4 \mu\mu$
2. Kleinste Dicke von Metallschichten, welche ihre elektromotorische Kraft auf Platin zeigen $1-3$ „
3. Durchmesser von Wasserstoffmolekülen $0,11-0,14$ „
4. Mittlere Entfernung der nächsten Molekularzentra in Flüssigkeiten $0,02-0,07$, „
5. Untere Grenze der Gasmoleküle $0,02$ „

Im allgemeinen berechnen sich aus den Oberflächenspannungen die „molekularen Dimensionen“ rund zu $6 \cdot 10^{-9}$ bis $6 \cdot 10^{-8}$ ccm⁶), während das Ultramikroskop die Grenze seiner Leistungsfähigkeit bis zu $5 \cdot 10^{-7}$ cm erstreckt.

Neben dieser direkten Messung der Teilchengrößen von fast molekularen Dimensionen mit Hilfe des Ultramikroskops hat das Studium der kolloidalen Lösungen noch eine zweite Tatsache zutage gefördert, die als experimentelle Stütze zur atomistischen Auffassung des Stoffes von einschneidender Wichtigkeit ist. Es betrifft diese Tatsache den schon vorhin berührten allmählichen Übergang zwischen den Suspensionen (Aufschlämmungen von gepulverten Stoffen), den kolloidalen Lösungen und schließlich den krystalloiden Lösungen. Wie innerlich, ist das Tyndall'sche Phänomen von den krystalloiden Lösungen der Saccharose, Raffinose und der Phosphormolybdänsäure unzertrennlich, nähern sich daher diese drei Lösungen infolge des relativ großen Molekelkomplexes in diesem Belange den kolloidalen Lösungen. Aus der Fülle der Tatsachen, die für diesen allmählichen Übergang sprechen, seien nur die bezeichnendsten hervorgehoben. So fand F. Krafft im Vereine mit seinen Schülern⁷⁾, daß wässrige Lösungen von Natriumsalzen höherer Fettsäuren (Stearat, Palmitat, Oleat) bei einer etwa 20—25%igen Lösung annähernd denselben Siedepunkt besitzen wie reines Wasser. Durch Ausfrieren oder Aussalzen scheiden sich aus diesen Lösungen die gelösten Stoffe (Seifen) aus, sie repräsentieren somit kolloidale Lösungen. Natriumsalze niederer Fettsäuren hingegen erleiden bei ähnlichen Konzentrationen hydrolytische Spaltung und erhöhen den Siedepunkt des Wassers, verhalten sich demnach wie Krystalloide. Übergänge zwischen diesen beiden Gruppen von fettsauren Salzen bilden das Natriumanonylat und -laurinat, Salze der Fettsäuren mit neun, resp. mit zwölf Kohlenstoffatomen. Ähnliche Erscheinungen weisen die Lösungen der Amine auf, so daß niedrige Amine von geringerer Molekulargröße sich wie Krystalloide verhalten, dagegen Amine von größerem Molekulkomplexe, wie Hexadecylaminchlorhydrat ($C_{16}H_{33}$

⁵⁾ Vaubel: Lehrbuch der theoretischen Chemie I, 138.

⁶⁾ Ostwald: Grundriß der allgemeinen Chemie, 4. Aufl. S. 542.

⁷⁾ A. Müller, loc. cit. 179.

³⁾ $1 \mu\mu = 0,000\,001$ mm.

⁴⁾ Z. physikal. Chem. 1906, 56/63.

NH_2HCl) oder Methylammoniumpalmitat ($\text{C}_{16}\text{H}_{31}\text{O}_2\text{NH}_3\text{CH}_3$), letzteres eine Verbindung von organischer Base und organischer Säure, den Siedepunkt des Wassers nicht erhöhen und somit den kolloidalen Lösungen, speziell den Seifenlösungen, naherücken. Sehr instruktiv ist auch ein Versuch, der von A. Müller angegeben und von W. Biltz⁸⁾ der ultramikroskopischen Beobachtung unterzogen wurde. Glycerin löst bedeutende Mengen frisch gefällten Cerohydroxyds auf; diese Lösungen werden bei Wasserzusatz hydrolytisch gespalten, wobei sie sich ganz graduell trüben und schließlich das koagulierte Hydroxyd: das „Gel“ ausfallen lassen. Die ultramikroskopische Beobachtung dieses Vorganges läßt deutlich die kontinuierliche Abscheidung des Cerohydroxyds erkennen. Anfänglich sind ultramikroskopisch nur ganz wenige Teilchen vorhanden, im Verlaufe der zunehmenden mikroskopischen Trübung nimmt jedoch die Zahl der Teilchen ungemein zu. Es vollzieht sich somit, makroskopisch sichtbar und besonders deutlich im ultramikroskopischen Bilde der graduelle Übergang von der wahre[n] Lösung zur kolloidalen Lösung und schließlich zum kolloidalen Gel. Von ganz besonderem Interesse sind endlich die nach verschiedenen Methoden von Zsigmondy⁹⁾ dargestellten Goldlösungen, welche, in tabellarischer Übersicht eine mittlere Teilchengröße von ca. $6 \mu\mu$ bis $130 \mu\mu$ aufweisen, wobei noch Lösungen vorangehen, die beinahe optisch leer sind. So versinnbildlicht die Tabelle dieser Goldlösungen die aufsteigende Reihenfolge in dem Übergange von kolloidalen Goldlösungen mit ultramikroskopisch nicht mehr sichtbaren Teilchen (Amikronen) bis zu Teilchen von solchen linearen Dimensionen (von $60 \mu\mu$ ab), bei deren Vorhandensein die Goldlösung zumeist unbeständig wird und das „Gel“ sich in größeren Flocken ausscheidet. Schließlich sind auch makroskopisch getrübte Zer teilungen mit Goldteilchen von $1-3 \mu$ herzustellen.

Mit diesen Übergängen von den Aufschlammungen gepulverter Stoffe bis zu den „optisch leeren“ Lösungen hin ist für den Gedanken an eine graduelle diskontinuierliche Beschaffenheit aller Materie der feste experimentelle Boden geschaffen. Jedoch weisen die kolloidalen Lösungen noch eine weitere Erscheinung in ganz besonders lebhafter Art auf, deren näheres Studium neuerdings zu einer weiteren Stütze der Atomistik geworden ist. Es ist die altbekannte und auch sonst sehr verbreitete Brown-sche Molekularbewegung. So läßt das Ultramikroskop beispielsweise in einer kolloidalen Goldlösung eine unaufhörliche Bewegung der Goldteilchen von so staunenswerter Lebhaftigkeit erkennen, daß sie mit einem „Schwarm tanzender Mücken im Sonnenschein verglichen wurden¹⁰⁾. „Das ist ein Hüpfen, Tanzen, Springen, ein Zusammenprallen und Voneinanderfliehen, daß man Mühe hat, sich in dem Gewirre zurecht zu finden.“ Die Brown-sche Molekularbewegung, von dem Botaniker R. Brown entdeckt (1827), ist eine Erscheinung so allgemeiner Natur, daß sie mit Hilfe des

Mikroskopes in jeder Aufschlammung von genügender Teilchenfeinheit zu beobachten ist. Die gleichen tanzenden Bewegungen sind auch in Nebeln und Staub, Rauch, Salmiak, Säuredämpfen usw. beobachtet worden. Neben dieser Allgemeinheit ist die Unveränderlichkeit mit der Zeit, sowie die Unabhängigkeit von äußeren Umständen mit Ausnahme der Temperaturerhöhung, welche die Beweglichkeit der Teilchen erhöht, für das Brown-sche Phänomen charakteristisch. Aus diesen Kriterien folgt, daß diese Art von Bewegung, die weder fortschreitend noch schwingend ist, sondern in unregelmäßigen Zickzackbewegungen erfolgt, nur in einer inneren Energiequelle ihren Ursprung haben kann, und so ist auch von zahlreichen Forschern die innere Wärmeenergie als das eigentliche kinetische Agens betrachtet worden; das „Wimmeln“ der Teilchen entsteht infolge der zufälligen Zusammenstöße mit den schwingenden Flüssigkeitsmolekülen. Bekanntlich fassen wir die Wärme als die ungeordnete Bewegung der Körpermolekülen auf. Hat diese kinetische Auffassung der Wärme durch Physiker, wie Clausius, Maxwell, Boltzmann theoretisch, namentlich in bezug auf Gase, eine ein dringende Ausbildung erfahren, so fehlte dennoch bis vor kurzem der direkte experimentelle Beweis für die Notwendigkeit, die Wärme kinetisch zu erklären. Nunmehr ist von Einstein (1905)¹¹⁾ und von Smoluchowski (1906)¹²⁾ auf verschiedenen Wegen die Bewegung eines in einer Flüssigkeit suspendierten Teilchens auf Grund der kinetischen Wärmehypothese berechnet worden, wobei sich eine bis auf einen Zahlenfaktor übereinstimmende Formel ergab. The Svedberg¹³⁾ hat auf Grund einer ultramikroskopischen Methode die Eigenbewegung der kolloidalen Platinpartikel in verschiedenen Medien gemessen (1906). Die berechneten und die tatsächlich beobachteten Werte sind nun von so analoger Art, daß das Brown-sche Phänomen als augenscheinlicher Beweis der molekular-kinetischen Auffassung der Wärme betrachtet werden muß. Eine noch bestimmtere Form nimmt diese Gleichsetzung der Brown-schen Bewegung mit der hypothetischen Wärmebewegung der kleinsten Massenteilchen durch die Messungen von Perrin¹⁴⁾ an (1908). Es gelang diesem Forscher, ultramikroskopisch in einer zentrifugierten und entsprechend verdünnten Gummitumulsion die kolloidalen Teilchen in verschiedenen Niveauhöhen zu zählen. Hierbei ergab sich mit steigender Niveauhöhe eine geometrische Zunahme der Teilchen und eine Gleichgewichtsverteilung, welche einem Gase entspricht, das sich unter der Wirkung der Schwere im Gleichgewichte befindet. Und der osmotische Druck dieser kolloidalen Lösung ist in befriedigender Übereinstimmung gleich dem Druck eines Gases mit gleicher Molekelnzahl und gleichem Volumen, d. h. gleich $\frac{nRT}{N}$

¹¹⁾ Ann. d. Physik [4] 17, 549; 19, 371.

¹²⁾ Ann. d. Physik [4] 21, 756.

¹³⁾ Z. f. Elektrochem. 12, 853 u. Z. f. physik. Chem. 59, 451.

¹⁴⁾ Compt. r. d. Acad. d. sciences 146, 967; 147, 475, 530.

⁸⁾ loc. cit. 188.

⁹⁾ Zsigmondy: Zur Erkenntnis der Kolloide 104.

¹⁰⁾ loc. cit. 107.

wobei n die Anzahl der Moleküle in der Volumeneinheit, N die Anzahl der Moleküle in einer Grammmolekel bedeuten.

Neben den bisher geschilderten ultramikroskopischen Beweisen für die atomistische Struktur des Stoffes eröffnen sich jedoch noch in einem ganz andersartigen Gebiete weitere Erscheinungen, die ebenfalls eine diskrete Anordnung von Massenteilchen im submikroskopischen Gebiete erkennen lassen. Es sind dies die Erscheinungen, welche sich bei der elektrischen Entladung in Gasen darbieten, speziell die Auflösung der Wasserdampfkondensation durch Gasionen. Schon Helmholz hatte erkannt (1887), daß ein ausströmender Dampfstrahl durch die Annäherung einer elektrisch geladenen Spitz e eine sehr verstärkte Nebelbildung, d. h. eine Kondensation erfährt, und neuere Forschungen haben diese Erscheinungen als spezifische Wirkung elektrischer Gasionen erkannt gelehrt. Wird Luft, die mit Wasserdampf gesättigt ist, einer plötzlichen Ausdehnung unterworfen, so wird sie durch die hierbei erfolgende Abkühlung an Wasserdampf übersättigt, der sich an den vorhandenen Staubteilchen als Nebel abscheidet. Analog wirken bei genügender Übersättigung Gasionen als Kondensationskerne. Auf dieser Keimwirkung der Gasionen beruht bekanntlich die geniale Methode J. J. Thomson's, die absolute Ladung eines Ions zu bestimmen. Wird eine gemessene Menge Ionen (z. B. mittels Röntgenstrahlen) mit dampfgesättigter Luft vermischt, und durch Unterkühlen die Übersättigung hervorgerufen, dann kann aus dem Grade der Unterkühlung die Menge des kondensierten Wassers bestimmt werden, während die Größe des einzelnen Nebeltröpfchens aus der Geschwindigkeit abzuleiten ist, mit welcher es zu Boden sinkt. Indem so auch die Anzahl der Nebeltröpfchen folgt, ergibt die durchgesandte, gemessene Elektrizitätsmenge, durch diese Anzahl geteilt, die Ladung für das Einzelion. Durch diese Nebelwirkung kann somit jedes einzelne Gasion, das sonst seiner Kleinheit wegen dem Auge unsichtbar bliebe, sichtbar gemacht, „individualisiert“ werden. Die Nebelbildung, durch die Gasionen ausgelöst, ist so gleichsam ein „physisches Mikroskop“¹⁵⁾, durch dessen Zustandekommen die Untersuchung des Einzelions ermöglicht wird. Speziell ist die keimweise Nebelbildung bisher das einzige Mittel zum experimentellen Nachweise der individuellen Existenz der Elektronen, jener negativen Elementarquanten der Elektrizität, die bekanntlich im Gesichtskreise der Radioaktivitätsforschung unserer Tage als die letzten Realitäten der Stoffwelt figurieren.

Nur in ganz flüchtigen Zügen ist in den voranstehenden Zeilen von einem Stück zeitgenössischer Geschichte der Naturwissenschaften ein Bild entworfen worden, in welchem der Hypothesencharakter der Atomistik sichtbar verblichen ist und das aus der sinnenvollen Erscheinungswelt abstrahierte Naturgesetz an seine Stelle sich drängt. So ist das atomistische Weltbild, wie es die beiden abderitischen Weisen fast zwei und ein halbes Jahr-

tausend vor unserer Zeitrechnung ersannen, in seiner nie versiegenden Lebenskraft nicht nur die Quelle der Wiedererweckung der Naturwissenschaft in vergangenen Zeiten gewesen, es scheint gerade in unseren Tagen mit der technischen Verfeinerung der Beobachtungsmittel neue Nähräfte aus dem untrüglichen Boden des Experimentes zu ziehen. Nicht mehr ist die Atomistik nur rein das begriffliche Produkt aus dem logischen Antriebe des menschlichen Geistes alle Formen des Naturgeschehens auf ein einfaches und anschauliches Bild zurückzuführen, denn in dem ultramikroskopischen Befunde über das innere Gefüge der kolloidalen Lösungen, wie über die Natur der Brown'schen Bewegung, in der Untersuchung der Gasionen schließlich liegen direkt nachweisbare räumliche Verschiedenheiten im Aufbau der Stoffe vor, welche mit Annahme einer stetigen Raumerfüllung unvereinbar sind. [A. 87.]

Brünn, k. k. technische Hochschule.

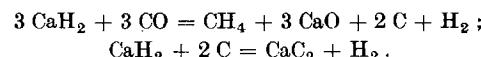
Fortschritte der organischen Chemie im Jahre 1908.

Von E. WEDEKIND-Tübingen.

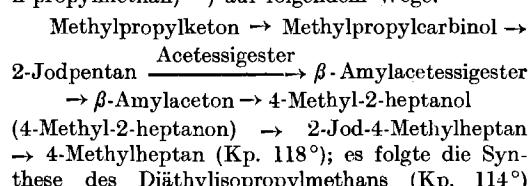
(Fortsetzung von S. 1309.)

Verbindungen der Fettreihe.

Aliphatische Kohlenwasserstoffe sind verschiedentlich neu dargestellt und untersucht worden. M. Mayer und V. Altmayer¹³⁶⁾ führten Methan synthesen mit Hilfe von Calciumhydrid aus; leitet man Kohlenoxyd über letzteres, so bildet sich von 400° an Methan. Die Umsetzung erfolgt nach den Gleichungen:



Andererseits kann Kohlenstoff allein durch Calciumhydrid zu Methan reduziert werden, ebenso Kohlendioxyd. Die thermische Zersetzung von Methan, Äthan, Äthylen und Acetylen verfolgten W. A. Bone und H. F. Coward¹³⁷⁾. Feuchtes Methan wird unter dem Einfluß der stillen elektrischen Entladung in einen Körper von der Zusammensetzung $(\text{C}_9\text{H}_{16}\text{O})_x$ und ein Gemisch von höheren Fettsäuren umgewandelt¹³⁸⁾. Von 18 denkbaren Octanen waren bisher nur 5 bekannt; La tham Clarke hat einige der fehlenden Isomeren synthetisiert, zunächst das 4-Methylheptan (Methyldi-n-propylmethan)¹³⁹⁾ auf folgendem Wege:



¹³⁶⁾ Berl. Berichte 41, 3074.

¹³⁷⁾ J. chem. soc. 93, 1197.

¹³⁸⁾ W. Löb, Berl. Berichte 41, 87.

¹³⁹⁾ Am. Chem. J. 39, 87.

¹⁵⁾ W. Ostwald: Grundriß der allgemeinen Chemie, 4. Aufl. S. 602.