

Zeitschrift für angewandte Chemie

40. Jahrgang S. 1497—1520

Inhaltsverzeichnis: Siehe Anzeigenteil S. 13

15. Dezember 1927, Nr. 50

Atombau und Quantentheorie III.

Die Physik des Atomkernes.

Von Prof. Dr. H. MARK, Ludwigshafen.

(Eingeg. 29. September 1927.)

In den beiden vorangegangenen Aufsätzen war versucht worden, darzustellen¹⁾, zu welchen Anschauungen über die Elektronenhülle des Atoms die Interpretation der Erfahrungstatsachen nach der Bohrschen Quantentheorie geführt hat: stationäre Zustände mit diskreten Energie- und Drehimpulswerten, Emission von scharfen Spektrallinien beim Übergang des Atoms aus einem Zustand in einen anderen. Hier soll einiges über den anderen Hauptbestandteil des Atoms mitgeteilt werden, über den Atomkern. Wie schon erwähnt²⁾, haben die Ablenkungsversuche mit α -Strahlen Rutherford zu der Überzeugung gebracht, daß die positive Ladung und die Hauptmasse eines Atoms auf einen sehr kleinen Raum — von der Größenordnung 10^{-12} cm — zusammengedrängt sein müsse, während die negativen Ladungen in größerer Entfernung diesen Kern umgeben. Die Elektronenhülle bestimmt alle für den Chemiker wesentlichen Eigenschaften eines Elementes — Wertigkeit, Ordnungszahl, Stellung im periodischen System usw. — bis auf eine: das Atomgewicht. Dieses ist eine Eigenschaft des Atomkernes und ist bedingt durch seine Masse und seine Ladung.

Beide Daten sind experimentell bestimmbar: die absolute Masse des Kernes aus dem relativen Atomgewicht und der Loschmidt'schen Zahl, die Ladung aus den (im ersten Abschnitt beschriebenen) Versuchen über die Ablenkung der α -Strahlen. Der Vergleich der beiden Daten hat ergeben, daß die Ladung gleich ist der Größe des elektrischen Elementarquants (4,77 · 10^{-10} stat. E.), multipliziert mit der Ordnungszahl des Elements im periodischen System, während die Masse — in grober Annäherung und mit Ausnahmen — beim Durchschreiten des periodischen Systems von Element zu Element etwa um die Masse des H-Atoms wächst.

Diese näherungsweise gültige Regel war es, welche schon Prout in den frühesten Zeiten der Atomtheorie auf die Idee führte, es könnten die Atome aller Elemente aus Wasserstoffatomen aufgebaut sein, eine Hypothese, die man jetzt so formulieren müßte: Die Kerne der höheren Elemente sind kein unteilbares Ganzes, sondern bestehen aus Protonen (Wasserstoffkernen). Der erste Teil dieser Annahme ist durch die Entdeckung des radioaktiven Atomzerfalls und durch die Versuche über Atomzertrümmerung bestens bestätigt worden, der zweite würde fordern, daß die Atomgewichte aller Elemente genaue Vielfache des Wasserstoffatomgewichtes sind. Das ist aber in Wirklichkeit keineswegs der Fall.

Es gehört zu den schönsten Ergebnissen der neueren Experimentalforschung, diese Frage gelöst zu haben. Denn man hat zeigen können, daß die Elemente, die ein von der Ganzzahligkeit stark abweichendes Atomgewicht haben, aus mehreren chemisch nicht mehr trennbaren Atomsorten bestehen, die ihrerseits der

Ganzzahligkeitsbedingung genügen. So hat Chlor z. B. das Atomgewicht 35,46, und es hat sich herausgestellt daß es zwei „Sorten“ Chlor gibt, eine vom Atomgewicht 35 und eine vom Atomgewicht 37, die in der Natur in einem Mischungsverhältnis von etwa 3 : 1 vorkommen und deshalb den Eindruck erwecken, als gäbe es eine Atomsorte Chlor vom Gewicht 35,46. Trotzdem aber kann man von einem chemischen „Element“ Chlor sprechen, denn, wie schon gesagt, diese beiden Atomsorten sind chemisch einander vollständig gleich; man nennt sie Isotope.

Isotope haben also gleichgebaute Elektronenhüllen und deshalb auch gleiche Kernladung und gleiche chemische Eigenschaften, jedoch verschiedene Kernmasse. Wie war es trotz der chemischen Untrennbarkeit möglich, die verschiedenen Isotopen nachzuweisen?

Daß es Atome gleicher Ladung, aber verschiedener Masse überhaupt gibt, zeigte sich zuerst bei der chemischen Untersuchung der radioaktiven Substanzen. Das radioaktive Radium D zeigt z. B. die gleichen chemischen Eigenschaften wie das gewöhnliche nicht radioaktive Blei. Waren diese beiden Elemente einmal miteinander vermischt, so erwies es sich als unmöglich, sie wieder zu trennen oder auch nur ihr Konzentrationsverhältnis merklich zu verschieben; kurz, sie verhielten sich als einheitliches Element. Und doch war die eine Atomsorte radioaktiv, die andere nicht; außerdem hatten sie verschiedene Atomgewichte. Dieselbe Erscheinung fand man auch bei sehr vielen anderen radioaktiven Substanzen.

Diese Entdeckung zeigte, daß bei gleicher Kernladung verschiedene Masse vorkommen kann und daß durch den radioaktiven Zerfall derartige isotope Atomsorten auseinander hervorgehen. Nun war die Aufgabe von höchstem Interesse, die in der Natur vorkommenden Elementen auf Isotope hin zu untersuchen, d. h. festzustellen, ob sie aus einer oder mehreren Atomsorten bestehen, oder noch genauer: wirkliche Atomgewichtsbestimmungen zu machen, nämlich Atomgewichtsbestimmungen an einzelnen Atomen. Denn bei den üblichen Bestimmungen hat man ja immer eine große Menge von Atomen und bestimmt deshalb in Wirklichkeit nur ein mittleres Atomgewicht.

Nun kann man zwar ein einzelnes Atom leider nicht auf der Wage abwiegen, aber Thomson und Aston einerseits, Broensted und Hevesy andererseits ist es gelungen, ohne Wage die Gewichte der einzelnen reinen Atomsorten zu bestimmen. Die Methode von Thomson und Aston ist im wesentlichen die gleiche, wie sie in dem ersten Aufsatz für die Bestimmung des Verhältnisses $\frac{e}{m}$ von Ladung zu Masse der Elektronen dargestellt worden war. Sie beruht darauf, daß man Strahlen von Molekül- oder Atomionen der zu untersuchenden Substanz herstellt, sogenannte Kanalstrahlen, und diese durch ein magnetisches und ein elektrisches Feld ablenkt. Die Größe der Ablenkung, die man messen kann, ist dabei abhängig von der

¹⁾ Ztschr. angew. Chem. 40, 16 u. 645 [1927].

²⁾ I. c. erster Abschnitt.

Masse, der Ladung und der Geschwindigkeit der Ionen. Wenn man also zwei von diesen Größen kennt, kann man die dritte bestimmen. Nun ist die Größe der Ladung bis auf einen kleinen ganzzahligen Faktor bekannt; sie kann nämlich nur gleich dem elektrischen Elementarquantum oder dem Doppelten oder Dreifachen dieses Quantums sein. Von der Geschwindigkeit aber ist die Ablenkung im elektrischen Feld quadratisch, im magnetischen Feld linear abhängig, so daß man aus gleichzeitiger Ablenkung im magnetischen und im elektrischen Feld die Geschwindigkeit und damit auch die Masse der zu untersuchenden Ionen bestimmen kann.

Thomson ließ ein fein ausgeblendetes, paralleles Kanalstrahlbündel zwischen den Polen eines starken Elektromagneten hindurchgehen, dessen Polschuhe außerdem elektrisch aufgeladen waren. Durch das elektrische Feld wird dann ein Teilchen in Richtung der Verbindungsleitung der Polschuhe, und zwar proportional zu seinem $\frac{e}{m}$ (Verhältnis von Ladung zu Masse) und umgekehrt proportional zum Quadrat seiner Geschwindigkeit abgelenkt, durch das magnetische Feld dagegen senkrecht dazu, und zwar ebenfalls proportional zu $\frac{e}{m}$, aber der Geschwindigkeit linear proportional. Man stellt nun in der Richtung der beiden Ablenkungen, also senkrecht zur ursprünglichen Strahlrichtung, eine photographische Platte auf und erhält auf dieser eine Anzahl Parabeln, denn nach dem Gesagten liegen ja die Teilchen von gleichem $\frac{e}{m}$ auf einer Parabel (quadratische bzw. lineare Ablenkung mit der Geschwindigkeit), und jedes $\frac{e}{m}$ liefert eine solche. Thomson untersuchte auf diese Weise zuerst die in der Luft enthaltenen Gase und konnte feststellen, daß das Neon zwei Parabeln lieferte, entsprechend den Atomgewichten 20 und 22.

Nach der Thomson'schen Methode registriert die Platte also sowohl die Geschwindigkeiten, die von den Versuchsbedingungen abhängen, wie die Massen. Durch eine geistreiche Abänderung konnte Aston die Geschwindigkeiten ganz eliminieren und die Ionen gleicher Masse, aber beliebiger Geschwindigkeit auf einen Punkt fokussieren, was natürlich mit einer großen Steigerung der ausgenutzten Intensität der Strahlen verbunden ist. Aston erreichte dies dadurch, daß er die beiden Kräfte — elektrische und magnetische — nicht senkrecht zueinander wirken ließ, sondern entgegengesetzt, so daß der durch das elektrische Feld auseinandergezogene Strahl zum Teil wieder so vereinigt wurde, daß die Teilchen gleicher Masse, aber verschiedener Geschwindigkeit an die gleiche Stelle der photographischen Platte, die verschiedener Masse aber an verschiedene Stellen gelangten. Er erhält also dadurch direkt ein „Spektrum“ der zu untersuchenden Substanzen, das nach Massen oder genauer nach den Verhältnissen von Ladung zu Masse geordnet ist. Aston hat auf diese Weise mit seinem „Massenspektrographen“ fast alle Elemente untersucht und gezeigt, daß alle Elemente mit unganzzähligen Atomgewichten aus isotopen ganzzahligen Elementen zusammengesetzt sind.

In neuester Zeit allerdings konnten mit Hilfe einer sehr verfeinerten Versuchsordnung systematische Abweichungen festgestellt werden, die ihren Grund darin haben, daß beim Zusammentreten positiver und negativer Elementarladungen eine Energieabnahme stattfindet, die nach der von der Relativitätstheorie ge-

forderten Proportionalität von Masse und Energie auch eine — allerdings sehr kleine — Massenabnahme zur Folge haben. Diese nunmehr experimentell sichergestellten „Packungsdefekte“ bilden ein Maß für die bei der Entstehung des Atomkerns auftretende „Reaktionswärme“. Aston hat sie in einer bewundernswerten Präzisionsuntersuchung für eine große Zahl von Elementen bestimmt.

Durch die Thomson-Aston'sche Anordnung werden zwar die Isotope vollständig getrennt, aber man erhält auf diese Weise nur Substanzmengen, die unter dem liegen, was man zur chemischen Analyse braucht. Die Methoden von Broenstedt und Hevesy dagegen liefern zwar große Substanzmengen, gestatten aber keine vollständige Trennung der Isotope, sondern nur eine Verschiebung der „natürlichen“ Mischungsverhältnisse um einige Prozente. Sie beruhen darauf, daß nach der kinetischen Gasttheorie sich die mittleren Geschwindigkeiten von im Temperaturgleichgewicht stehenden Molekülen umgekehrt proportional verhalten wie die Wurzeln aus ihren Massen. Die leichteren Moleküle sind also die schnelleren; der Dampf einer leichteren Atomsorte wird also in regerem Austausch mit der Bodenflüssigkeit stehen als der einer schwereren. Nun macht sich das zwar bei gewöhnlicher Destillation kaum bemerkbar, weil dabei nur ein kleiner Bruchteil der während der gleichen Zeit in Austausch befindlichen Atome kondensiert wird, bei einer „idealen Destillation“ aber, bei der alle austretenden Atome sofort kondensiert werden, ohne mit anderen zusammenzustoßen, also bei geringem Druck und kurzem Destillationsweg, wird das Destillat sich mit der leichteren Atomsorte anreichern. Auf diese Weise konnten Broenstedt und Hevesy normales Quecksilber und Chlor in Fraktionen von verschiedenem Atomgewicht zerlegen.

Auch beim Ausströmen eines Gases aus einer engen Öffnung macht sich die größere Beweglichkeit der leichteren Atomsorte bemerkbar. (Trennung durch Effusion.) Die leichteren Teilchen kommen öfter an die Öffnung, und wenn man verhindert, daß sie wieder zurückdiffundieren können, werden sich in der diffundierten Menge relativ mehr leichte Atome befinden als in der ursprünglichen. Auch auf diesem Wege konnten Aston, Broenstedt und Hevesy eine teilweise Entmischung von Isotopen erreichen.

Durch diese Versuche ist nun einerseits eindeutig gezeigt worden, daß ein Einwand gegen die Prout'sche Hypothese sich nicht mit Recht auf die mangelnde Ganzzahligkeit der chemischen Atomgewichte stützen kann. Das Gesetz der ganzen Zahlen hat sich als fundamental für die Atomgewichte erwiesen. Andererseits aber zeigt die Existenz der Isotope, daß der Aufbau des Kerns aus nur einer Sorte von Elementarteilchen unmöglich ist, denn dann könnte es nicht Kerne gleicher Ladung von verschiedenem Gewicht oder auch Kerne von gleicher Ladung und verschiedener Ladung („Isobare“; auch solche haben sich bei den genannten Untersuchungen gefunden) geben.

Eine positive Aussage über die Art der den Atomkern aufbauenden Teilchen lassen aber diese Befunde nicht zu. Hierzu müssen wir vielmehr die wichtigsten Quellen von Erkenntnissen über den Atomkern heranziehen: den radioaktiven Zerfall und die künstlichen Atomzertrümmerungen. Erst diese Erscheinungen liefern den bündigen Beweis der Zusammengesetzung der Atomkerne.

Fassen wir kurz die grundlegenden Tatsachen der Radioaktivität zusammen: Unter den Atomsorten mit hohem Atomgewicht gibt es eine ganze Anzahl, die man als radioaktiv bezeichnet. Ihre Kerne haben die Eigenschaft, spontan unter Aussendung von α -, β - oder γ -Strahlen zu zerfallen. Die γ -Strahlen, die mit sehr kurzweligen Röntgenstrahlen identisch sind, treten nie allein auf, sondern stets in Verbindung mit α - oder β -Strahlen. Die α -Strahlen sind rasch bewegte Heliumkerne, also zweifach positiv ionisierte Heliumatome, die β -Strahlen sind Elektronen.

Daß es der Kern ist, der bei seinem Zerfall diese Strahlen aussendet, folgt aus dem Vergleich mit den Eigenschaften der Hülle. Wir wissen ja, daß die Hülle aus Elektronen besteht, und daß auch aus ihr Elektronen- oder Röntgenstrahlen emittiert werden können. Aber wir kennen auch die Energien, die diesen Elektronen bzw. den Röntgenstrahlen zur Verfügung stehen, und finden, daß die Energien der β - und γ -Strahlen sehr viel größer sind als jene.

Es werden, wie besonders von L. Meitner überzeugend bewiesen wurde, von den radioaktiven Substanzen auch β - und γ -Strahlen ausgesandt, die durch sekundäre Prozesse in der Elektronenhülle entstehen, sei es, daß ein Kern- γ -Strahl in der Hülle des eigenen Atoms quantenhaft absorbiert wird und ein Elektron freimacht, sei es, daß ein α - oder β -Teilchen einen γ -Strahl (Röntgenstrahl) auslöst. Diese Strahlen lassen sich durch ihre Energieverhältnisse von den Kernstrahlen unterscheiden; wir richten unser Hauptaugenmerk hier auf die vom Kern selbst ausgehenden Strahlen.

Wir wollen nun betrachten, welche Konsequenzen es für ein Atom haben muß, wenn sein Kern ein α -Teilchen, also die vierfache Masse des Wasserstoffatoms und zwei positive Elementarladungen, oder ein β -Teilchen, also eine negative Elementarladung (während man die Masse des Elektrons gegenüber der Gesamtmasse des Atoms vernachlässigen kann), verloren hat.

Es wurde schon früher dargelegt, daß die Masse des Kernes das Atomgewicht und daß die Ladung des Kernes seine Ordnungszahl, also die chemischen Eigenschaften bestimmt. Es läßt sich also voraussagen, daß nach Verlust eines α -Teilchens ein Atom übrigbleibt, das ein Isotop des um zwei Ordnungseinheiten niedrigeren Elements ist (Verlust zweier positiver Ladungen) und um vier Masseneinheiten hinter dem ursprünglichen zurückbleibt, während nach Verlust eines β -Teilchens ein Isotop des um eine Ordnungszahl höheren Elements übrigbleibt, von gleicher Masse wie das ursprüngliche Atom.

Diese „radioaktiven Verschiebungssätze“ von Fajans, Russel und Soddy ließen sich nun in jedem Falle glänzend bestätigen. So geht zum Beispiel das Uran I vom Atomgewicht 238 und der Ordnungszahl 92 durch α -Emission in das Thorium-isotop UX₁ vom Atomgewicht 234 über, dieses durch β -Emission in das Pa Isotop UX₂, und dieses durch nochmalige β -Emission in das Uranisotop U II vom Atomgewicht 234 usf. So kann im Verlauf des radioaktiven Zerfalls ein Element von bestimmten chemischen Eigenschaften mehrmals durchlaufen werden, dagegen kann das Atomgewicht nur konstant bleiben oder kleiner werden.

Aus der Untersuchung des radioaktiven Zerfalls geht also ganz eindeutig hervor, daß der Kern zusammengesetzt ist, und zwar jedenfalls aus Helium-

kernen (α -Teilchen) und Elektronen (β -Teilchen), denn beide Partikelarten werden vom Kern ausgesendet. Man sieht aber sofort, daß dann auch Wasserstoffkerne in ihm vorhanden sein müssen, denn Heliumkerne allein könnten nur Atomsorten mit durch 4 teilbarem Atomgewicht darstellen.

Die Existenz von H-Kernen in den Kernen höherer Atomsorten ist auch direkt bewiesen worden durch die Versuche über künstliche Atomzerrümmernung, die wohl in Zukunft die reichste Erfahrungsquelle über die Eigenschaften der Atomkerne sein werden. Rutherford und Chadwick und später besonders Pettersson und Kirsch haben von radioaktiven Substanzen ausgehende α -Strahlen auf sonst nicht radioaktive Elemente fallen lassen, und es ist ihnen gelungen, nachzuweisen, daß dann von einer ganzen Anzahl Substanzen von niedrigem Atomgewicht Strahlen von Wasserstoffkernen — sogenannte H-Strahlen — ausgesandt werden.

Wir haben uns demnach den Kern als ein System von Wasserstoffkernen, Heliumkernen und Elektronen vorzustellen, von denen die ersten beiden das Atomgewicht bestimmen, während die Ordnungszahl, also die Kernladung, durch die Differenz dieser positiven Ladungen und der Elektronenladungen gegeben ist. Die Elektronen im Atomkern wirken wie ein Leim, der die einander abstoßenden positiven Teilchen zusammenhält. Man versteht nun auch, wieso es Isotope und Isobare geben kann. Denn eine bestimmte resultierende Kernladung kann auf verschiedene Weise — bei verschiedener Masse — erreicht werden.

Sehr bemerkenswert ist die Tatsache, daß es in den Kernen zwei Sorten positiver Teilchen gibt, die Wasserstoff- und die Heliumkerne. Man kann aber wohl mit Sicherheit sagen, daß auch der Heliumkern seinerseits aus Wasserstoffkernen aufgebaut ist, also nach dem angedeuteten Schema aus vier H-Kernen und zwei Elektronen besteht, wenn es auch noch nicht gelungen ist, einen He-Kern in H-Kerne und Elektronen zu zerlegen, da er offenbar durch sehr feste Bindungen zusammengehalten ist. Für die außerordentlich feste Bindung spricht auch die Tatsache, daß das Atomgewicht des He nicht genau gleich 4 H ist, sondern etwas kleiner. Denn nach der Relativitätstheorie repräsentiert jede Masse Energie und umgekehrt. Wenn nun die H-Kerne im Heliumkern sehr fest aneinander gebunden sind, muß man sehr viel Energie hineinsticken, um einen He-Kern in die H-Kerne zu zerlegen oder: ein He-Kern repräsentiert sehr viel weniger Energie als vier einzelne H-Kerne; gerade diesem „Energiedefekt“ entspricht eben der „Massendefekt“ des Heliums gegenüber dem vierfachen Wasserstoff.

Die Atomkerne, insbesondere der schwereren Elemente sind also sehr komplizierte Gebilde, und es wäre höchst wünschenswert, über ihren Aufbau Näheres zu erfahren. Es ist aber bisher nur wenig darüber bekannt.

Daß zunächst die verschiedenen Teilchen im Kern nicht gleichmäßig aneinander gebunden sind, geht schon aus dem sehr festen Zusammenhalt des Heliumkernes in sich hervor. Ferner hat man beobachtet, daß in den Zerfallsreihen nie mehr als zwei β -Teilchen hintereinander ausgesandt werden, sondern nach oder vor oder zwischen zwei β -Emissionen gibt es immer wenigstens einen α -Zerfall. Eine entsprechende Regel für den α -Zerfall gibt es dagegen nicht. Offenbar sind die β -Teilchen immer paarweise an ein α -Teilchen

irgendwie gebunden; es gibt aber auch isolierte — von Elektronen freie — α - und H-Teilchen.

Über die Energieverhältnisse im Kern kann man wohl sagen, daß sie ebenso wie die der Elektronenhülle von Quantenbeziehungen beherrscht werden. Genau wie sich nämlich die Quantenhaftigkeit der Hüllenkonstruktion dadurch bemerkbar macht, daß die von ihr ausgesandten Strahlen nur ganz bestimmte Energiewerte besitzen, so sendet auch jede Kernsorte nur Strahlen von ganz bestimmten Energiebeträgen aus. Bei den α -Strahlen ist der Nachweis relativ einfach, da die Energien direkt durch die Reichweiten gegeben sind und jede α -strahlende Substanz nur eine einzige „Linie“ emittiert. Dabei besteht die eigentümliche Beziehung, daß die Reichweite, also die Energie der α -Strahlung einer Substanz, um so größer ist, je kleiner ihre Lebensdauer, je schneller sie also zerfällt. Eine gleichartige Beziehung besteht auch für die β -Strahlen; dort ist der Nachweis sehr viel schwieriger, da die Strahlen sehr leicht, schon im eigenen Atom unregelmäßige Geschwindigkeitsverluste erleiden und deshalb der Liniendarstellung verwischt wird. Bei den γ -Strahlen besteht eine solche scharfe Beziehung nicht.

Die Bedeutung der γ -Strahlen für den Atomzerfall wurde von L. Meitner aufgeklärt: sie werden, wenn überhaupt, immer nur gleichzeitig mit einer anderen Strahlung ausgesandt. Sie zeigen, je nach der Atomsorte, ein mehr oder weniger linienreiches Spektrum, die Linien liegen ihrer Wellenlänge nach zwischen 5 und $400 \cdot 10^{-11}$ cm. Jede strahlende Atom-

sorte hat ihr charakteristisches γ -Strahlspektrum; es ist aber bisher nicht gelungen, diese Spektren so wie die optischen oder Röntgenspektren in Serien einzuordnen und aus ihnen quantitative Schlüsse über den Aufbau der Kerne zu ziehen. Nach L. Meitner haben wir anzunehmen, daß die Strahlung nach einem Zerfall emittiert wird, um den durch Abspaltung eines α - oder β -Teilchens gestörten Kern wieder zu stabilisieren, ebenso wie die Elektronenhülle sich nach Entfernung eines Elektrons durch Strahlungsemission wieder stabilisiert.

Ebenso wie dort ist es aber auch möglich, daß die Stabilisierung strahlungslos erfolgt. Erst nach der Emission dieser Strahlen ist der neu entstandene Atomkern in einem existenzfähigen Zustand. So ist es verständlich, daß γ -Strahlen sowohl α - wie β -Strahlumwandlungen begleiten als auch fehlen können. Die γ -Strahlung hat man danach als ein Maß für die Größe der Störung anzusehen, die der Verlust eines Korpuskularteilchens im Kern hervorruft.

Noch gänzlich unbekannt ist, wie und warum ein Zerfall eintritt. Wir kennen die Lebensdauer jeder radioaktiven Atomsorte als eine für die betreffende Substanz charakteristische und bisher absolut unbeeinflußbare Zeit, die vergeht, bis von einer gegebenen Menge von Atomen gerade die Hälfte zerfallen ist. Bei einzelnen Stoffen sind das winzige Bruchteile von Sekunden, bei anderen Milliarden von Jahren. Das ist aber eine lediglich statistische Aussage: welche von diesen Atomen zerfallen, und wann ein bestimmtes Atom zerfällt, das wissen wir nicht. [A. 110.]

Über die Anwendung der Partialdruckdestillation „hochmolekularer“ Stoffe und Stoffgemenge mit hoch überhitztem Wasserdampf zur „Demolierung“ hoch„komplizierter“ Stoffe.

nach Versuchen mit Hsi Liang und E. Stelzer.

Von Prof. Dr. H. WISLICENUS,

Pflanzenchemisches Institut der Forstlichen Hochschule Tharandt b. Dresden.

(Eingeg. 10. September 1927.)

I. Heißdampfdestillation des Kolophoniums.

(Einfache Darstellung reiner Abietinsäure.)¹⁾

Von H. Wislicenus und Hsi Liang.

Überhitzter Wasserdampf wird bekanntlich schon mannigfach, namentlich in der Industrie der Fette und Öle, meist aber in mäßig überhitztem Zustand für Destillationszwecke verwendet. Auch im Laboratorium ist er, gleichfalls meist bei nicht sehr hohen Temperaturen benutzt worden²⁾. In neuester Zeit hat Fuchs³⁾ Zerlegungen des isolierten Lignins durch hochüberhitzten Dampf versucht und ist unseren gleichgerichteten Arbeiten aus dem Jahre 1926 damit teilweise zuvorgekommen, für welche indes die Priorität

¹⁾ An der experimentellen Arbeit, die von dem chinesischen Pflanzenchemiker Hsi Liang in Tharandt ausgeführt wurde, ist gelegentlich auch Dr. W. Gierisch beteiligt gewesen, dem wir bei dieser Gelegenheit den gebührenden Dank aussprechen.

²⁾ H. Wislicenus u. Büttner, Trockene Destillation des Holzes mit überhitztem Wasserdampf; Journ. prakt. Chem. **79**, 177 [1909] (dort mit vorausgegangener Literatur), die Grundzüge der Urteerbildung sind dort schon erörtert, ohne später Beachtung gefunden zu haben; ferner H. Wislicenus und Johs. Otto, Dresden, Acetongewinnung aus Holzabfällen und die dabei auftretenden Gase, Diss. Tharandt-Dresden, 1911; F. Fischer, Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, Bd. I, 122, Behandlung von Teer mit überhitztem Dampf; O. Aschan, LIEBIGS Ann. **424**, 118.

aus einer Patentanmeldung vom November 1926 sich ergibt.

Seit 1925/26 bereits verfolgen wir im Laboratorium den Leitgedanken (wie vor langer Zeit [1908/09] in etwas anderem Sinn⁴⁾), den strömenden (nicht gespannten) überhitzten Wasserdampf mit Einstellung auf jeweils benötigte ganz bestimmte hohe Temperaturen zum ersten stofflichen⁴⁾ Abbau „hochmolekularer“ Stoffe zu benutzen. Die Versuche führten am einfachsten zunächst bei den Harzen zu gewissen Erfolgen, über die in erster Linie hier berichtet werden soll. Man hat damit ein bestimmtes in mancherlei Hinsicht anwendbares Verfahren in der Hand, nach welchem für rein chemische Untersuchungen und technische Verarbeitung scheinbar (und wirklich) verhältnismäßig hochmolekulare Stoffe in zweierlei Richtung behandelt werden können, und zwar einerseits aus bisher schwer trennbaren Gemengen befreit, andererseits durch gemilderte thermische und chemische Zerlegung (z. B. CO₂- oder H₂-Abspaltung oder auch Hydrolyse usw.) ohne schwere Zerstörungen umgewandelt werden können.

In geeigneten Geräten kann der strömend überhitzte Wasserdampf sehr einfach auf beliebige Tempe-

³⁾ Ber. Dtsch. chem. Ges. **60**, 957 u. 1131 [1927].

⁴⁾ Der Begriff „stofflich“ wird hier in weiterem Umfang als etwa nur rein chemisch gefaßt. Er soll gerade die physiko-chemischen Wandlungen „hochmolekularer“ Stoffe, und zwar hier die Desaggregation oder physikalische Dissoziation von Assoziaten ohne oder mit chemischen Wandlungen, erfassen.