

ALBERT LADENBURG.

Des Gelehrten Leben sind seine Werke; sie bleiben von ihm und können der Nachwelt von der Bedeutung des Mannes erzählen. Aber sie allein geben kein Bild von der Persönlichkeit, und eine Aufzählung von Schriften und Abhandlungen gilt uns nicht als eine befriedigende Ehrung unserer großen Toten. Wir wollen nicht nur wissen, was geschaffen wurde, sondern auch, wie es entstand; wir wollen hören von dem Ringen und Streben des hervorragenden Menschen und wollen von ihm und an ihm lernen — an seinem Wirken, an seinen Erfolgen, an seinem Schicksal.

So habe ich mir die Aufgabe gestellt, im Folgenden ein Bild von Albert Ladenburg zu geben, dem Menschen und dem Gelehrten. Als Material hierzu dient mir in erster Linie die persönliche Bekanntschaft, die mich als seinen langjährigen Assistenten und Schüler durch ein halbes Menschenalter zu ihm in nächste Beziehungen brachte. Weiterhin hat Ladenburg Lebenserinnerungen hinterlassen, die mir besonders für die früheren Jahre, in denen ich meinen Lehrer noch nicht kannte, wertvolle Dienste leisteten. Außerdem hat mir sein Sohn, Privatdozent Dr. Rudolf Ladenburg, Einblick in mancherlei Briefe gewährt, die das Bild der Persönlichkeit seines Vaters wirksam ergänzten. Schließlich sind die Abhandlungen und Bücher Ladenburgs nicht nur in ihren tatsächlichen Abschnitten, sondern auch nach Form und Darstellung für seine Entwicklung von charakteristischer Bedeutung.

Albert Ladenburg wurde am 2. Juli 1842 zu Mannheim geboren. Er entstammte einer angesehenen und reichen Familie, in der er aber insofern eine Ausnahmestellung einnehmen sollte, als sonst in dem Verwandtenkreise keine Gelehrten, sondern fast ausschließlich Bankiers vorhanden waren. Nur sein Vater war Jurist gewesen und lebte in Mannheim als Rechtsanwalt. Aber auch dieser dachte so wenig daran, daß eines seiner Kinder die Gelehrtenlaufbahn einschlagen könnte, daß er seine Söhne — außer Albert wuchsen noch



Hel. U. Impr. Meisenbach Piffarth & Co. Berlin

Satinburg

ein Bruder und eine Schwester heran — nicht auf das Gymnasium, das damals noch mehr wie heute als einzige Bildungsstätte der zukünftigen Gelehrten galt, gab, sondern auf eine Schule, deren Unterrichtsgang vielleicht unserem Realgymnasium entsprach. Der Sinn für die Naturwissenschaften entwickelte sich bei dem Knaben gemäß seiner eigenen Veranlagung; wenigstens habe ich nie gehört, daß er von irgend einer Seite auf naturwissenschaftliche Beobachtungen besonders hingewiesen worden wäre. Auch im Elternhause scheint die Freude an der Natur, abgesehen von dem ästhetischen Genuße, keine Anregung zu weiterer Beschäftigung geboten zu haben. Es entsprach dies der ganzen Auffassung jener Zeit; beginnt sich doch die Naturwissenschaft als allgemeines Bildungsmittel erst jetzt langsam durchzusetzen. Dagegen weckte das Elternhaus in Ladenburg den Sinn für die Musik, und er ist bis zum Schlusse seines Lebens ein begeisterter Liebhaber dieser Kunst geblieben. Er war selbst ein vorzüglicher Klavierspieler; aber noch mehr als in der Ausübung der Kunst betätigte er sich für die Musik dadurch, daß er überall, wo er als Mann hinkam, an dem Musikleben der Stadt regsten und förderndsten Anteil nahm. Ladenburgs Mutter, die eine sehr schöne und reizvolle Frau gewesen ist, war ungemein musikalisch, und ihr Sohn Albert lernte schon frühzeitig im Elternhause zahlreiche Künstler kennen, unter denen Clara Schumann, Brahms und Joachim wohl die berühmtesten waren; die Beziehungen zu hervorragenden Musikern hat Ladenburg bis zu seinem Lebensende unausgesetzt gepflegt. Der Vater war ein äußerst gebildeter Mann, aber anscheinend ernsten Charakters und mit einem auf das Praktische gerichteten Blick, der seinem Sohne keine wissenschaftlichen Erfolge zutraute und dessen schon frühzeitig auftretenden Neigungen zur Wissenschaft und Kunst sich zwar frei entwickeln ließ, sie aber immer mit einer großen Skepsis betrachtete.

Mit 15 Jahren wurde Albert Ladenburg aus der Schule seiner Vaterstadt genommen und auf die in dem nahegelegenen Karlsruhe florierende technische Schule, aus der sich nachher die technische Hochschule entwickelte, gegeben, wo sich auch sein älterer Bruder für den späteren praktischen Beruf vorbereitete. Obgleich er damals sehr schwächlich war, arbeitete er hier mit größtem Fleiße nicht nur für die Fächer, in welchen er von der Schule her unterrichtet wurde, sondern auch an seiner allgemeinen Ausbildung. Er empfand es sehr wohl, daß sein Mannheimer Schulunterricht mangelhaft und unzureichend gewesen war, und in einem Alter, wo die Mehrzahl der jungen Leute das Arbeiten nur als einen unangenehmen Zwang zu empfinden pfllegt, treibt unser junger Scholar moderne Sprachen,

Literatur, Musik und Geschichte neben dem Lehrplane der technischen Schule. Ladenburg hat seine Zeit gut verwendet, denn in seinem späteren Leben war die überaus große Mannigfaltigkeit und Tiefe seiner Interessen ein besonders charakteristischer Zug seines Wesens.

Vielleicht ist diese vom üblichen Schulgange abweichende Art der ersten Ausbildung die Ursache gewesen, daß sich Ladenburg immer sehr für Schulfragen interessierte. Besonders ist er für eine stärkere Betonung der Naturwissenschaften im Unterrichte stets mit aller Bestimmtheit eingetreten, am beredtesten wohl mit den Worten, mit denen er 1904 die Naturforscher-Versammlung in Breslau schloß.

Als der junge Ladenburg mit 18 Jahren die polytechnische Schule verließ, stand bei ihm der Entschluß fest, sich der wissenschaftlichen Laufbahn zu widmen. Da pekuniäre Sorgen für die Zukunft durch die günstige Vermögenslage der Familie ausgeschlossen waren, so wurde gegen diesen Plan nichts eingewendet, und im Jahre 1860 bezog der neue Student die altberühmte Alma mater seines Heimatlandes zu Heidelberg. Zuerst hatte er den Gedanken, als Hauptfach Mathematik zu wählen, und er begann mit dem fleißigen Besuche der Vorlesungen bei Professor Hesse. Bald aber wandten sich seine Gedanken der Chemie zu, die er von nun an mit vollem Eifer betrieb, ohne aber darüber seine mathematischen und physikalischen Studien zu vernachlässigen. Noch heute sind seine wohlausgearbeiteten Kolleghefte über Differential- und Integralrechnung, Zahlentheorie und Elastizitätstheorie vorhanden, und auch später zeigte sich immer seine Vorliebe für die mathematische Behandlung der Naturwissenschaft; hat er doch im Jahre 1870, als er bereits Privatdozent der Chemie war, noch bei Helmholtz Vorlesungen über die gesamte theoretische Physik gehört. Diese intensive Beschäftigung mit Mathematik und Physik hat in späteren Jahren reiche Früchte getragen. Als in den neunziger Jahren die physikalische Chemie ihren gewaltigen Aufschwung nahm und eine sehr große Zahl von älteren Chemikern dieser Entwicklung ohne Verständnis und daher widerwillig gegenüber stand, war Ladenburg wohl vorbereitet, die Bedeutung dieses neuen Teiles unserer Wissenschaft richtig einzuschätzen. Wie hoch er die moderne physikalische Chemie bewertete, erkennt man beim Lesen der letzten beiden Kapitel seiner Geschichte der Chemie, andererseits aber auch darin, daß es sein eifriges Bestreben war, in Breslau, wo er damals wirkte, der physikalischen Chemie eine geeignete Arbeitsstätte zu bereiten und hervorragende Vertreter dieses Faches an sein Institut zu berufen.

Ladenburg hat seinen Entschluß, von der Mathematik zur Chemie überzugehen, immer auf den Einfluß von Bunsen zurückgeführt,

dessen Vorlesungen ihn von Anfang an begeisterten. Bis zum Ende seines Lebens bewahrte er für ihn die herzlichste Dankbarkeit, und oft, wenn ich in Ladenburgs letzten Jahren an seinem Krankenbette saß, hat er mir von seiner Heidelberger Zeit und von Bunsen erzählt. Er schilderte ihn nicht nur als den großen Mann, sondern auch als den liebenswürdigen und humorvollen Menschen und rühmte immer die Zeit, wo er als Heidelberger Privatdozent und Extraordinarius in der Nähe dieses Mannes leben konnte. Außer in den Vorlesungen arbeitete Ladenburg natürlich jetzt auch sehr eifrig im Laboratorium. Aus dieser Studienzeit stammen seine ersten wissenschaftlichen Beziehungen, denn in Bunsens Nähe hatten sich viele hochstrebende Jünger unserer Wissenschaft eingefunden. So lernte Ladenburg damals Graebe, Liebermann und Wichelhaus als Studiengenossen kennen. Aber auch ältere Fachgenossen sprach er dort zum erstenmal, so Roscoe, der häufig seinen Lehrer Bunsen besuchen kam, und Soret, der bei Bunsen arbeitete und dessen Untersuchungen über das Ozon Ladenburg 40 Jahre später mit großem Erfolge weiterführte.

Im Wintersemester 1862/63 studierte Ladenburg in Berlin. Für Chemie war damals dort nur wenig Anregung zu finden, da Mitscherlich gerade in jener Zeit starb. Dagegen wurde fleißig bei Magnus Physik getrieben, in dessen Colloquium der junge Student mit Kundt zusammentraf, Meteorologie bei Dove, Geschichte bei Ranke und bildende Kunst bei Wagen. Besonders die häufigen Museumsbesuche, die dieser mit seinen Studenten unternahm, wurden ungemein geschätzt.

Nach diesem Semester kehrte Ladenburg wieder nach Heidelberg zurück und wurde im Frühjahr 1863 summa cum laude zum Doktor promoviert; seine Fächer waren Chemie, Physik und Mathematik; eine Dissertation wurde in Heidelberg damals noch nicht verlangt.

Das eigentliche Studentenleben hat bei Ladenburg keinen großen Eindruck hinterlassen. Kurze Zeit war er Mitglied einer studentischen Verbindung in Heidelberg gewesen, aber bald wieder ausgetreten. Es zeigte sich wohl hier schon ein Zug bei Ladenburg, den er immer beibehalten hat: sein unabhängiger Charakter konnte gesellschaftlichen Zwang nicht ertragen. Ladenburg war eine gesellige Natur; er hatte die Menschen und den Umgang mit ihnen gern, aber die Regeln des Verkehrs waren ihm nicht immer leicht erträglich, und daher kam es, daß ihm manchmal der Vorwurf einer Formverletzung gemacht werden konnte. Bei Personen, die ihn weniger kannten, wurden diese Verstöße häufig viel strenger beurteilt, und so hat sich

Ladenburg manche Gegnerschaft zugezogen, die er durch etwas gefälligere Formen leicht hätte vermeiden können.

Von Ladenburgs Lehrern in Heidelberg ist außer Bunsen in erster Linie noch Kirchhoff zu nennen, dessen Vorlesungen mit Fleiß und Sorgfalt besucht wurden, und mit dem Ladenburg später auch in nahe persönliche Beziehungen trat. Weiterhin hörte er noch bei Carius und Erlenmeyer.

Im Laboratorium von Carius führte er auch seine erste wissenschaftliche Arbeit aus, die im Februar des Jahres 1865 abgeschlossen wurde und im 135. Bande von Liebigs Annalen erschien. Diese Abhandlung war die erste Frucht von Ladenburgs Studien auf dem Gebiete der organischen Chemie, denn während seiner eigentlichen Studentenzeit bei Bunsen hatte er sich fast ausschließlich mit anorganischer Chemie beschäftigt. Diese Erstlingsarbeit führt den Titel »Eine neue Methode der Elementaranalyse« und besteht darin, daß die zu analysierende organische, nur Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthaltende Substanz mit abgewogenem jodsäurem Silber im zugeschmolzenen Rohre erhitzt wird. Nach Beendigung der Reaktion saugt man aus dem Rohre das gebildete Kohlendioxyd fort und bestimmt den Gewichtsverlust des Rohres, der die Menge CO_2 und damit den Kohlenstoffgehalt der Substanz angibt. Setzt man zu dem Rohrinhalt Jodkalium, so setzt sich das jodsäure Silber damit unter Bildung von freiem Jod um, das titriert werden kann; daher kennt man die Menge verbrauchten Silberjodats und damit die zur Oxydation verbrauchte Sauerstoffmenge, woraus sich — unter Berücksichtigung der gebildeten Kohlendioxydmenge — die Menge Wasserstoff in der Substanz berechnen läßt. Der Wert dieser Methode, die ja kaum praktische Anwendung gefunden hat, liegt nun darin, daß man durch Kombination des Ladenburgschen Verfahrens mit der gewöhnlichen Verbrennungsanalyse den Sauerstoffgehalt der verbrannten Substanz festzustellen vermag, während man sonst diesen Gehalt nur als Rest der anderen Prozentzahlen angibt. So besitzt denn die erste Ladenburgsche Arbeit bereits eine prinzipielle Bedeutung.

Nach dieser ersten intensiveren Bekanntschaft mit der organischen Chemie hatte der junge Autor den Wunsch, seine Ausbildung in diesem Teile unserer Wissenschaft zu vollenden. Schon bald nach bestandnem Doktorexamen war Ladenburg von seinem Studienfreunde Wichelhaus geraten worden, mit ihm Kekulé in Gent aufzusuchen; aber Ladenburg hatte mit Rücksicht auf seine Eltern, die er ja von Heidelberg aus jederzeit in Mannheim besuchen konnte, damals abgelehnt. Jetzt erschien ihm jedoch diese Reise als eine Notwendigkeit, und im Frühjahr 1865 ging er zu Kekulé. Daß Ladenburgs Wahl

gerade auf diesen fiel, kann nicht wundernehmen, denn Kekulé stand damals auf dem Höhepunkte seines Schaffens. Die Strukturchemie und in ihr besonders die Chemie der aromatischen Verbindungen entwickelte sich unter dem Anstoß der Kekulé'schen Gedanken mit überraschender Schnelligkeit, und Stoff zum Arbeiten war in reicher Fülle gegeben. Kekulé's Persönlichkeit hat auf den jungen Ladenburg einen überaus starken Reiz ausgeübt. Die Natur dieses seines zweiten großen Lehrers war von der Art Bunsens völlig verschieden: letzterer der ernste, ruhige, gleichmäßig emsige und bedächtige Forscher, jener ein Feuerkopf von ungemeinem Temperamente. In Gent knüpfte Ladenburg auch weitere persönliche Beziehungen an: er lernte Körner und die hervorragenden späteren Direktoren der Badischen Anilin- und Sodafabrik Brunck und Glaser kennen; ebenso traf er dort Stas, der ein häufiger Gast bei den Genter Chemikern war. Der Erweiterung seiner Bekanntschaften diente auch eine Reise, die Ladenburg 1865 zum Besuche seines Bruders in England machte, wo er Frankland aufsuchte, der den jungen Bunsen- und Kekulé-Schüler freundlich empfing.

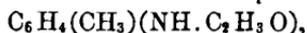
Die Anregungen, die Ladenburg aus Kekulé's Nähe mitbrachte, haben eine sehr große Zahl von wissenschaftlichen Abhandlungen veranlaßt, und durch viele Jahre hindurch haben Ladenburg Untersuchungen über die Theorie der aromatischen Verbindungen intensiv beschäftigt. Den Abschluß seiner auf diesem Gebiete grundlegenden Arbeiten bildet wohl die etwa 10 Jahre später erschienene Monographie »Theorie der aromatischen Verbindungen« (1876), von deren Ergebnissen ein großer Teil heute zu dem festen Bestande unserer Wissenschaft gehört. Hatte Kekulé mit dem Geiste des genialen Forschers seine Benzolformel intuitiv erfaßt, so war es seinen Schülern — und dabei stand Ladenburg in erster Reihe — vorbehalten, die grundlegenden Voraussetzungen und Konsequenzen der Grundformel aller ringförmigen Strukturen exakt und mit großer Eleganz zu beweisen. Uns Jüngeren sind die Ergebnisse der Theorie der aromatischen Verbindungen vom Beginn unserer Studien an so vollständig in Fleisch und Blut übergegangen, daß wir häufig vergessen, wie schwer es anfänglich gewesen sein muß, die experimentellen Daten und Überlegungen zu finden, welche das exakte Fundament der Benzolformel, dieses glänzendsten Prüfsteines der ganzen Strukturchemie, bilden, und die wir größtenteils Ladenburgs wichtigen Studien verdanken.

Zunächst konnte dieser nämlich den Nachweis führen, daß im Benzol vier gleichwertige Wasserstoffatome vorhanden sind. Das Phenol, $C_6H_5.OH$, geht durch Behandlung mit Bromphosphor in Brombenzol, $C_6H_5.Br$, und durch Einwirkung von Natrium und Kohlen-

dioxyd in Benzoesäure, $C_6H_5.CO OH$, über, deren $COOH$ an derselben Stelle wie das OH des Phenols stehen muß, nämlich am Platze eines Benzol-Wasserstoffs, das a genannt werden möge. Weiterhin existieren 3 isomere Oxy-benzoesäuren, welche sämtlich in Benzoesäure verwandelt werden können; die Stellung des $COOH$ muß demnach in allen diesen Säuren die gleiche am Platze des Wasserstoffatoms a sein. Die OH -Gruppe in den 3 Oxy-benzoesäuren muß verschiedene Wasserstoffatome des Benzols substituieren, denn nur so läßt sich ihre Isomerie erklären; die OH -Gruppen stehen also an Stelle der Wasserstoffatome b, c, d. Die 3 Oxy-benzoesäuren liefern aber dasselbe Phenol, das auch mit dem anfangs erwähnten übereinstimmt. Daraus folgt, daß die Wasserstoffatome a, b, c und d identisch sind.

Weiterhin konnte Ladenburg auf zweierlei Weise zeigen, daß zu einem Wasserstoffatome a des Benzolkerns zwei Paar von je zwei symmetrisch gestellten anderen Wasserstoffatomen existieren. Bei dem von mir hier wiedergegebenen Beweise benutzte er die experimentellen Untersuchungen von Hübner und Petermann, sowie von Wroblewski. Beim Bromieren von Benzoesäure entsteht *m*-Brombenzoesäure, $C_6H_4(COOH).Br$, welche beim Nitrieren zwei verschiedene Nitro-brom-benzoesäuren, $C_6H_3(NO_2)(COOH).Br$, gibt, die durch Reduktion dieselbe *o*-Amino-benzoesäure, $C_6H_4(NH_2).CO OH$, liefern. Nehmen wir die $COOH$ -Gruppe als Substituenten für das Benzol-Wasserstoffatom a und das Bromatom als Substituenten für ein Wasserstoffatom c an, so müssen wegen der Verschiedenheit der beiden Nitrobrombenzoesäuren die Nitrogruppen verschiedene Wasserstoffatome, z. B. f und b, ersetzen. Da diese beiden Nitrosäuren unter Eliminierung des Bromatoms in dieselbe Aminosäure übergehen, so muß es keinen Unterschied machen, ob die Aminogruppe in b oder f steht; die Wasserstoffatome b und f sind also vollständig symmetrisch zu a.

Daß es nun noch ein von b, f und c verschiedenes Wasserstoffatom gibt, welches zu a dieselbe Stellung wie c einnimmt, lehrt die folgende Betrachtung: Die oben erhaltene *o*-Amino-benzoesäure liefert mit Brom eine Brom-benzoesäure, welche von der vorhin aufgeführten *m*-Brom-benzoesäure verschieden ist, deren $COOH$ in a und deren Brom in c angenommen wurde. Dies beweist zunächst, daß die Wasserstoffatome b und f zu a anders stehen als c. Nun gibt es ein Brom-toluol $C_6H_4.Br.CH_3$, das bei der Oxydation *m*-Brom-benzoesäure liefert, so daß das CH_3 in Stellung des Wasserstoffatoms a und das Brom wieder in c stehend angenommen werden muß. Dieses *m*-Bromtoluol entsteht beim Bromieren des *p*-Acet-toluidids,



zu Brom-acetoluidid, $C_6H_3Br(CH_3)(NH.C_2H_5O_2)$, und darauf folgenden Ersatz der Gruppe $NH.C_2H_5O_2$ durch Wasserstoff. Daher ist in dem

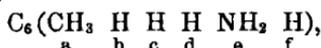
Brom-acettoluidid die Methylgruppe auch wieder in a und das Brom in c anzunehmen. Die Stellung von $\text{NH}\cdot\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2$ ist für diese Überlegung belanglos, und man möge dafür den Platz des Wasserstoffatoms d setzen. Das Brom-acettoluidid ist also



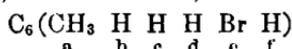
Wenn man in diesen Körper eine Nitrogruppe einführt,



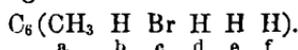
die Gruppe $\text{NH}\cdot\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$ durch Wasserstoff ersetzt, die Nitrogruppe zur Aminogruppe reduziert und dann das Bromatom durch Wasserstoff substituiert, so gelangt man zu einem Toluidin,



und dieses Toluidin liefert, nachdem man seine NH_2 -Gruppe durch Brom ausgetauscht hat, *m*-Brom-toluol; es ist also



identisch mit dem anfänglichen

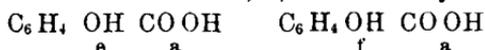


Aus diesen Umwandlungen geht zunächst hervor, daß wir die in das Brom-acettoluidid eintretende NO_2 -Gruppe nicht an die Stellen b oder f setzen durften, denn dann hätte das schließlich resultierende Brom-toluol die Stellungen ab oder af besetzt gehabt, was wegen des Überganges in *m*-Brom-benzoesäure unmöglich ist. Somit ist die symmetrische Lage von c und e gegen a bewiesen und gezeigt, daß unter den Disubstitutionsprodukten des Benzols



sind; es bleibt dann nur noch die Kombination ad übrig oder mit anderen Worten: das Benzol kann nur 3 Disubstitutionsprodukte bilden.

Aus der Gleichwertigkeit der vier Wasserstoffatome a, b, c, d und dem Nachweis der symmetrischen Stellung zweier Paare von je zwei Wasserstoffatomen zu dem Wasserstoffatom a ergibt sich schließlich die Gleichwertigkeit aller sechs Benzol-Wasserstoffatome. Denn unter den drei Wasserstoffatomen b, c, d kann kein gegen a symmetrisches Wasserstoffpaar vorkommen, da sonst die 3 Oxy-benzoesäuren nicht verschieden sein könnten. Demnach müssen die übrig bleibenden Wasserstoffatome e und f gegen a ebenso gestellt sein wie zwei von den Wasserstoffatomen b, c, d. Die Oxy-benzoesäuren



müssen also mit zwei von den bekannten Oxy-benzoesäuren identisch

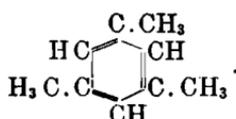
sein, und somit müssen auch die durch CO_2 -Abspaltung entstehenden Phenole



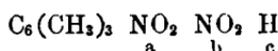
mit dem gewöhnlichen Phenol übereinstimmen; es ist also a gleich e und f und schließlich

$$a = b = c = d = e = f.$$

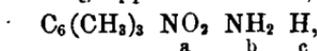
Außer diesen grundlegenden Betrachtungen enthält die Ladenburgsche Monographie über die Theorie der aromatischen Verbindungen noch einen Hinweis auf die Bedeutung der damals nur wenig bekannten Körnerschen Methode zur Ortsbestimmung und liefert den Beweis für die symmetrische Struktur des Mesitylens:



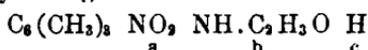
In dem durch Nitrierung entstehenden Dinitro-mesitylen möge die Stellung der beiden Nitrogruppen mit a und b bezeichnet werden, also



Durch Reduktion kann man eine — etwa die in b stehende — NO_2 -Gruppe in die Aminogruppe verwandeln,



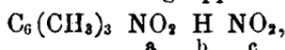
woraus durch Acetylierung



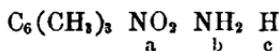
entsteht. Durch nochmalige Nitrierung gelingt es, das H durch NO_2 zu ersetzen,



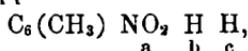
und durch Abspaltung der Acetamidgruppe entsteht Dinitro-mesitylen,



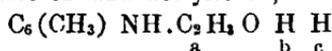
das mit dem ersten Dinitrokörper identisch ist. Also sind die Wasserstoffatome in b und c gleichwertig. In dem bereits erwähnten Nitro-mesidin,



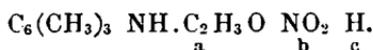
kann man die NH_2 -Gruppe durch H ersetzen,



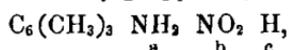
die Nitrogruppe reduzieren und acetylieren,



und von neuem nitrieren. Die neue Nitrogruppe kann in b oder c eintreten, was aber wegen der bereits bewiesenen Gleichheit von b und c ohne Belang ist, also z. B.



Spaltet man jetzt die Acetylgruppe ab, so entsteht



das mit dem anderen Nitro-mesidin identisch ist, woraus die Gleichwertigkeit von a und b folgt, so daß als Endresultat

$$a = b = c$$

herauskommt. Da die 3 Stellen gleichwertig sind, wo noch H-Atome stehen, so müssen auch die 3 Stellungen identisch sein, wo die Methylgruppen eingetreten sind.

Der Schwierigkeit der Kekulé'schen Benzolformel, daß die Stellungen 1, 2 und 1, 3 nicht völlig gleichartig sind, suchte Ladenburg



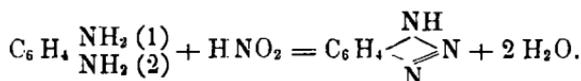
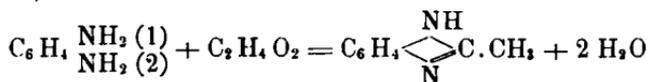
durch die Aufstellung einer neuen Benzolformel, der sogenannten Prismenformel, zu begegnen:



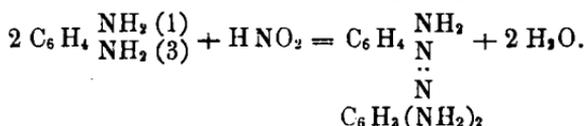
In der Tat läßt diese Formel die Existenz von drei, und nur drei, Disubstitutionsprodukten des Benzols mit größter Deutlichkeit erkennen; sie zeigt sich darin zweifellos der Kekulé'schen und der damals auch viel diskutierten Clausschen Diagonalformel überlegen. Daß trotzdem die Ladenburg'sche Prismenformel keinen Eingang in die übliche Beschreibung aromatischer Strukturformeln gefunden hat, lag in der Schwierigkeit, mit ihr die Bildung der Verbindungen mit kondensierten Benzolkernen zu formulieren, und der Unmöglichkeit, die Übergänge der Benzolreihe in die Hexamethylenreihe zu veranschaulichen. Immerhin hat aber diese Formel des Benzols in der Entwicklung der aromatischen Verbindungen ihre wichtige Rolle gespielt und besitzt als erste sterische Formel einer komplizierten organischen Verbindung auch in dieser Hinsicht eine historische Bedeutung.

Nach 1876, dem Erscheinungsjahr der Theorie der aromatischen Verbindungen, hat sich Ladenburg weiterhin noch mit Ortsbestimmungen in der Benzolreihe beschäftigt. Zu den experimentellen Problemen, die er damals bearbeitete, gehörte die Einwirkung verschiedener Reagenzien auf die Phenyldiamine. So ließ er mannig-

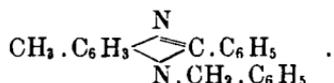
fache Säuren mit *o*-Diaminen zusammenwirken und erhielt dabei Anhydrobasen, z. B.:



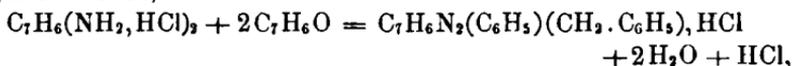
Bei *m*- und *p*-Diaminen verliefen dagegen die Reaktionen in anderer Weise, wie die folgende Umsetzung zeigt:



In Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Forscher ließ sich durch diese Versuche feststellen, daß die *ortho*-Verbindungen in ausgezeichneter Weise zur Bildung von angelagerten Ringen führen, während dies bei den *para*- und *meta*-Verbindungen kaum möglich ist. Am besten tritt diese Erscheinung bei der Einwirkung von Aldehyden auf Diamine zutage. Die *o*-Diamine liefern bei der Reaktion mit Aldehyden Kondensationsprodukte, die Ladenburg Aldehydine genannt hat und deren genaue Konstitution durch Hinsberg nachgewiesen wurde. Das aus *o*-Toluyldiamin und Benzaldehyd entstehende Aldehydin hat demnach die Konstitutionsformel:



Da derartige Ringschlüsse immer nur bei den *o*-Diaminen auftreten, begründete Ladenburg hierauf eine einfache Ortsbestimmung der Diamine. Läßt man auf das Chlorhydrat eines *o*-Diamins Benzaldehyd einwirken,



so entwickelt sich Salzsäure, während bei den *para*- und *meta*-Derivaten keine Spur Salzsäure entstehen darf.

Mit all diesen Untersuchungen über die Konstitution des Benzols sind wir dem Lebenslaufe Ladenburgs weit vorausgeeilt. Wir verließen ihn im Jahre 1865, als er nach seinem Aufenthalte in Gent eine Erholungsreise nach England angetreten hatte. Da Ladenburg damals erst 23 Jahre alt war, so wünschte er noch eine weitere Ausbildung in der Fremde zu erfahren, und er beriet sich darüber mit Kekulé. Dieser veranlaßte ihn, nach Paris zu gehen und zwar zu Berthelot, dessen eigenartige und universelle Begabung schon

damals allgemeines Aufsehen erregt hatte. In Paris wirkte von hervorragenden, in der Vollkraft ihrer Jahre stehenden Chemikern zu jener Zeit auch noch Wurtz; aber für diesen war Kekulé insofern weniger, als er nicht glaubte, daß Ladenburg dort viel Neues lernen würde. »Wurtz ist dasselbe wie ich«, hatte er seinem jungen Freunde gesagt, und dieser war, dem Rate seines Lehrers folgend, in Paris sofort zu Berthelot gegangen. Berthelot war auch bereit, Ladenburg als Schüler aufzunehmen; als dieser aber fragte, wo er arbeiten solle, war nur ein vollständig uneingerichteter leerer Raum vorhanden. Ohne geeignetes Arbeitsmaterial, ohne irgend einen Studiengenossen im Berthelotschen Institute fühlte sich Ladenburg zunächst sehr vereinsamt, bis er Alphonse Oppenheim kennenlernte, der damals bei Wurtz arbeitete und viel von diesem und dem ganzen Laboratorium erzählte. Alles dies machte Ladenburg natürlich große Lust, das Wurtzsche Institut kennen zu lernen, und Oppenheim erfüllte diesen Wunsch bald; Ladenburg konnte an Wurtz Grüße von Kekulé bestellen, und daher war dieser sehr freundlich zu ihm. Da das Arbeiten durch die ungünstigen Verhältnisse bei Berthelot fast unmöglich war, so entschloß sich Ladenburg schließlich, Wurtz um Arbeitsgelegenheit zu bitten, was bereitwilligst gewährt wurde, und bald befand sich Ladenburg in dem mit reichen Mitteln ausgestatteten und von zahlreichen jungen Forschern belebten Institute an richtiger Stelle. Von Persönlichkeiten, die damals bei Wurtz arbeiteten, trat Ladenburg in erster Linie Friedel nahe. Außerdem lernte er dort Gauthier kennen, mit dem er noch in seinen letzten Lebenszeiten in Briefwechsel stand, und der 45 Jahre später seinen Nekrolog in der Académie des sciences sprach, ferner Naquet, Caventou, Scheurer-Kestner, Grimaux u. a. Zu Beginn machte die fremde Sprache gewisse Schwierigkeiten, aber sehr bald redete Ladenburg das Französische ganz geläufig, und über den schweren Anfang half die Tatsache hinweg, daß Wurtz und Friedel als geborene Elsässer deutsch sprechen konnten.

Ladenburg hat stets sehr gern an seine Pariser Zeit zurückgedacht. Paris hat ja immer einen eigenen Zauber auf die Fremden ausgeübt, und wenn, wie es hier der Fall war, sich die Erinnerung an diese Stadt mit der Erinnerung an die eigene Jugend verbindet, dann kann es nicht wundernehmen, daß noch der Greis häufig von dem erzählte, was er dort gesehen und erlebt hatte. Dazu kam noch, daß das ganze Leben und Treiben in dem Wurtzschen Institute äußerst anregend und angenehm gewesen sein muß. Wurtz selbst war eine reizende Persönlichkeit, der seine Schüler oft zu sich einlud, an ihnen Anteil nahm und sie gern förderte, und dieses persönliche Wohlwollen

hat er auch »Monsieur Ladinbourg« zuteil werden lassen. Den wesentlichsten Anteil an seiner wissenschaftlichen Betätigung in dieser Zeit aber hatte Charles Friedel, den Ladenburg — wie erwähnt — im Wurtz'schen Institute getroffen hatte, und der ihn 1866 aufforderte, mit ihm in der École des mines, wo Friedel eine Stelle als Konservator inne hatte, zusammen zu arbeiten.

Ladenburg ist bis zu Friedels Tode mit ihm in Verkehr geblieben, wenn auch infolge Friedels politischer Ansichten nach 1870 der zuerst sehr rege Briefwechsel zwischen beiden allmählich etwas nachließ; ganz rein kamen Ladenburgs Empfindungen für diesen fördernden Freund seiner jungen Jahre wieder zum Ausdruck, als er 1900 Friedels Nekrolog für die Deutsche Chemische Gesellschaft schrieb. Über ihre gemeinschaftlichen Untersuchungen berichtet Ladenburg dabei: »Wir arbeiteten damals ganz allein in einem sehr einfach ausgestatteten Raume der École des mines. Kein Assistent und nur zeitweise ein Diener stand uns zur Verfügung, Mittel waren nicht vorhanden; wir waren ganz auf uns selbst angewiesen. Die äußeren Bedingungen waren also nicht günstig; um so mehr schlossen wir uns an einander an. Alles, was unsere Wissenschaft betraf, wurde sehr eingehend besprochen, aber auch vieles andere eifrig diskutiert. Kein Gedanke des einen blieb dem anderen fremd, aber trotz aller prinzipiellen Verschiedenheiten in religiösen und politischen Fragen kam es niemals zu ernstlichen Differenzen, dazu war Friedel eine viel zu ruhige, besonnene und liebenswürdige Natur, die jeder etwas schroffen Äußerung meinerseits eine freundliche Seite abzugewinnen wußte.«

Die Arbeiten, die Ladenburg mit Friedel begann und Ladenburg auch nachher noch vielfach beschäftigten, behandeln die organischen Siliciumverbindungen. Friedel hatte bereits in den Jahren 1863—1865 durch eine ganze Reihe gemeinsam mit Crafts ausgeführter Untersuchungen den Nachweis geführt, daß das Silicium ein dem Kohlenstoff völlig analoges Element sei, und es handelte sich für ihn darum, von diesem Gesichtspunkte aus noch die Formeln zahlreicher bekannter Siliciumverbindungen nachzuprüfen und wichtige neue Siliciumkörper darzustellen. An diesen Arbeiten nahm nun Ladenburg den regsten und einen ganz selbständigen Anteil. Zuerst wurde ein von Woehler und Buff bereits dargestelltes Siliciumchlorür in reinem Zustande gewonnen und als Siliciumchloroform SiCl_3H erkannt. Mit Wasser bei 0° entsteht daraus das Siliciumameisensäureanhydrid $\text{Si}_2\text{O}_3\text{H}_2$ und durch Alkohol ein Silicoameisensäureester $\text{SiH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$; letzterer liefert mit Natrium Siliciumwasserstoff. Weiterhin wurde ein Trichlorsiliciummercaptan $\text{SiCl}_3.\text{SH}$ gewonnen. Aus dem Monochlorhydrin des Kieselsäureesters ließ sich

durch Zinkäthyl und Natrium ein Analogon des Silicoameisensäureesters $\text{Si}(\text{C}_2\text{H}_5)(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$ darstellen, aus dem durch Erhitzen mit Acetylchlorid ein Chlorür $\text{Si}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Cl}_2$ und durch Wasser zuletzt die Silicopropionsäure $\text{Si}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{O}_2\text{H}$ zu erhalten waren. Nachdem in dieser Weise die Reihe der nur ein Siliciumatom enthaltenden organischen Siliciumverbindungen durchforscht war, wurde das Studium solcher Körper aufgenommen, bei denen zwei Siliciumatome mit einander verkettet waren; aus dem von Friedel bereits erhaltenen Jodsilicium Si_2J_4 stellten Friedel und Ladenburg durch Einwirkung von molekularem Silber bei 300° das Siliciumhexajodid Si_2J_6 her, aus dem durch Sublimat und Brom die entsprechenden Chlor- und Bromverbindungen gewonnen wurden. Durch Wasser entsteht hieraus Silicooxalsäure $\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_4$, durch Zinkäthyl das Siliciumhexaäthyl $\text{Si}_2(\text{C}_2\text{H}_5)_6$. Ladenburg setzte diese Arbeiten später noch allein fort. Wir finden von ihm besonders Untersuchungen über die Siliciumheptylreihe, über aromatische Verbindungen, welche Silicium enthalten, und über die Natur der in den Pflanzen vorkommenden Siliciumverbindungen. In diesem Zusammenhange kann auch gleich erwähnt werden, daß Ladenburg später ganz entsprechende Versuche über organische Zinnverbindungen anstellte, und daß er die Fähigkeit dieses Elementes, mit aliphatischen und aromatischen Resten zu reagieren, durch eine Reihe schöner Beispiele erwiesen hat.

Die Bedeutung dieser Arbeiten über die Siliciumverbindungen darf nicht nur vom präparativen Standpunkte aus, wo sie eine erhebliche Bereicherung unserer tatsächlichen Kenntnisse darstellen, beurteilt werden, sondern auch in Rücksicht auf den Wert, den es hatte, daß nur wenige Jahre nach der Einführung der Kohlenstoffstrukturformeln hier bei einem zweiten Elemente in rationeller Weise gezeigt werden konnte, wie wichtig die Lehre von der Atomverkettung für das Studium der Verbindungen ist.

Im Jahre 1867 kehrte Ladenburg nach Deutschland zurück mit dem Wunsche, sich in Heidelberg als Privatdozent für Chemie zu habilitieren. Daß er gerade diese Universität in Aussicht nahm, ist leicht verständlich; kam er doch so in die Nähe seiner Heimatstadt Mannheim, wo die Eltern lebten, und durfte er andererseits hoffen, in Heidelberg weiter den anregenden Verkehr mit seinem bewunderten Lehrer Bunsen zu genießen. Nach dem Besuche der Dresdener Naturforscher-Versammlung traf Ladenburg in Heidelberg ein und trug Bunsen seine Wünsche vor. Bunsen hatte nichts gegen seine Habilitationsabsichten einzuwenden; da er sich aber gern geschäftliche Dinge fernhielt, wies er den Habilitandus an Kopp, der damals auf Bunsens Wunsch als Professor der physikalischen Chemie nach

Heidelberg berufen worden war. Kopp kannte Ladenburgs Arbeiten — vergl. das Verzeichnis am Schluß 1865—1867 — und riet ihm, seine Untersuchung über die neue Methode der Elementaranalyse mit einer historischen Einleitung zu versehen und als Habilitationsschrift einzureichen. Natürlich folgte Ladenburg diesem Rate und reiste dann nach Berlin, um mit Wichelhaus gemeinsam eine Arbeit auszuführen, die den Einfluß des Magnetfeldes auf chemische Reaktionen behandeln sollte. Dieser zweite Aufenthalt Ladenburgs in Berlin war ungemein anregend. Damals wurde dort gerade die Deutsche Chemische Gesellschaft gegründet, wobei außer Wichelhaus noch Baeyer und Martius den regsten Anteil hatten, die Ladenburg bereits von Paris her kannte. Auch lernte er Wallach, der bei Wichelhaus Assistent war, kennen und sah seinen Heidelberger Studiengenossen Liebermann wieder. Natürlich trat Ladenburg der neuen Chemischen Gesellschaft sehr bald als Mitglied bei.

Leider konnte die beabsichtigte Arbeit mit Wichelhaus nicht zu Ende geführt werden, da unvermutet ein Brief des Heidelberger Dekans anlangte, Ladenburg solle sofort nach Heidelberg kommen, weil ihn Kopp zu sprechen wünschte. Zurückgekehrt, erhielt er von diesem die Nachricht, daß Bunsen gegen die beabsichtigte Habilitationsschrift sei, und zwar deswegen, weil darin die Bunsensche Jodtitrationmethode angewendet wäre, welche dieser nicht für absolut exakt halte. Ladenburg hielt dem mit Recht entgegen, daß die Bunsensche Methode für den vorliegenden Zweck ausreichend genau sei, doch brachte dies Bunsen nicht von seinem Widerspruche ab; dagegen erklärte er sich bereit, Ladenburgs Zulassung als Privatdozent ohne Habilitationsschrift allein auf Grund der gedruckt vorliegenden Arbeiten bei der Fakultät zu beantragen. So geschah es denn auch, und daher kommt es, daß von Ladenburg weder eine Doktordissertation, noch eine Habilitationsschrift vorhanden ist. Im Januar 1868 habilitierte er sich mit einer öffentlichen Disputation, wobei Horstmann, von dem Ladenburg stets mit großer Freundschaft und Verehrung sprach, als Opponent fungierte.

Die erste Aufgabe des jungen Privatdozenten war es nun, das Thema eines geeigneten Kollegs ausfindig zu machen. Zu diesem Zwecke besprach er sich mit den beiden anderen Privatdozenten der Chemie an der Heidelberger Universität, Erlenmeyer und Horstmann, und es stellte sich heraus, daß es am geeignetsten sein würde, eine Vorlesung über die Entwicklungsgeschichte der Chemie anzukündigen. Dieser Plan setzte eine große Arbeit voraus. Von Köpp lag damals bereits die große Geschichte der Chemie vor, aber der erschienene Teil behandelte hauptsächlich nur die Zeit bis 1800,

während sich Ladenburg die Aufgabe stellte, gerade die Entwicklung der Chemie im neunzehnten Jahrhundert darzustellen. Er war also wesentlich auf ein reines Quellenstudium angewiesen. Bis zu Ostern 1868 war Ladenburg wieder in Paris, um seine experimentellen Arbeiten mit Friedel fortzusetzen, und der Abend war der Ausarbeitung seiner historischen Vorlesung gewidmet. Im Sommer-Semester las er dieses Kolleg einstündig, auch hier noch von Woche zu Woche eifrig mit der Vollendung seiner Vorlesungen beschäftigt, wobei er besonders mit Erlenmeyer über alle einschlägigen Fragen viel diskutierte.

Im Herbst 1868 kam ein Vertreter der alten Braunschweiger Verlagsbuchhandlung F. Vieweg & Sohn nach Heidelberg und erfuhr von Erlenmeyer, daß Ladenburg seine Vorlesungen über die Geschichte der Chemie ausgearbeitet habe. Sofort forderte ihn dieser auf, die Vorträge als Buch drucken zu lassen. Ladenburg kam dieser Vorschlag sehr erwünscht, und er machte sich nun von neuem an die Arbeit, denn es mußte für den Druck noch vielerlei geändert und zugesetzt und besonders die benutzte Originalliteratur genau angegeben werden. Diese Verbesserungen waren aber bald gemacht, und im Jahre 1869 erschienen die »Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie in den letzten hundert Jahren.«

Das Ladenburgsche Buch ist ein glänzendes Werk; es ist ausgezeichnet durch die größte Gründlichkeit und Vollständigkeit und verrät überall das sachgemäße Urteil, den klaren Blick, die sichere Kritik; ein guter Stil und eine geschickte Einteilung machen zudem die Lektüre des Buches zu einer angenehmen und immer erfreulichen Aufgabe. Sicherlich ist der von Ladenburg gewählte Zeitraum — von Lavoisier bis 1868 — in ganz besonderem Maße für eine zusammenfassende Schilderung geeignet, denn in dieser Periode nehmen alle großen Fragen der Chemie die gleiche Richtung — es handelt sich um die Fundierung der Lehre von den chemischen Verbindungen, Probleme, die mit Lavoisiers quantitativen Untersuchungen beginnen und durch die Aufstellung der Strukturformeln in den sechziger Jahren ihren vorläufigen Abschluß fanden. Wie ein roter Faden zieht sich dieser Gedanke durch das ganze Buch, das wie aus einem Gusse entstanden, überall die Meisterschaft historischer Darstellung zeigt.

Die Ladenburgschen Vorträge sind in alle fremden Sprachen übersetzt worden und haben bis zum Tode des Autors vier Auflagen in deutscher Sprache erlebt (1886, 1902, 1907). Jedesmal hat Ladenburg kleine Verbesserungen in seinen ersten Vorträgen anzubringen sich bemüht und stets noch einen Vortrag zugefügt, der die Entwicklung der Chemie in der seit Erscheinen der letzten Auflage verflossenen Zeit behandelt; daher umfaßte das Werk zuletzt mehr als hundert

Jahre und der Titel wurde danach umgeändert in »Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie von Lavoisier bis zur Gegenwart«. Drei historische Vorträge sind also im ganzen hinzugekommen, in denen in sachgemäßer Weise mit großer Belesenheit und unparteiischem Urteil die Fortschritte der Chemie weiter behandelt werden. Trotzdem wird der aufmerksame Leser wohl finden, daß diese drei angefügten Vorträge als Zusätze kenntlich bleiben und sich nicht gleichberechtigt den ersten Vorlesungen beigesellen. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, daß seit 1870 die Ziele der Chemie nicht mehr für alle Forscher die gleichen sind, daß neben der blühenden organischen Chemie sich die physikalische und anorganische Chemie in überraschend schneller Weise und auf neuen Bahnen entwickeln, und daß die mathematische Behandlung chemischer Fragen immer weiter Platz greift; alle diese Momente zeigen, daß die Chemie jetzt nicht mehr einem Strome vergleichbar ist, sondern vielen Einzelströmen, für deren abschließende historische Darstellung die Zeit noch nicht gekommen zu sein scheint.

Nachdem Ladenburg im Herbst 1868 noch die Naturforscher-Versammlung in Frankfurt besucht hatte, die durch die Gegenwart von Butlerow und Kekulé von ungewöhnlichem Interesse war, richtete er bei seiner Rückkehr nach Heidelberg sich ein Privatlaboratorium ein, wo er seine experimentellen Arbeiten fortführen wollte. Es war dies damals nötig, und auch die anderen Heidelberger Privatdozenten (außer den schon genannten Erlenmeyer und Horstmann war auch W. Lossen habilitiert) hatten ihre eigenen Laboratorien, die sie auf ihre Kosten einrichten und unterhalten mußten. In seinem Privatlaboratorium hat Ladenburg bis 1873 gearbeitet; die Titel seiner damals erschienenen Abhandlungen — hauptsächlich über aromatische und Siliciumverbindungen handelnd — finden sich am Schlusse dieses Aufsatzes.

Neben dieser wissenschaftlichen Tätigkeit suchte Ladenburg auch anregenden, freundschaftlichen und geselligen Verkehr. Die Heidelberger Privatdozenten trafen sich häufig; zuerst waren es rein gesellige Zusammenkünfte, bald aber wurden Diskussionsabende daraus. Ladenburg schlug vor, daß alle Wünsche der Privatdozenten, die sich auf ihre Lehrtätigkeit bezogen, gemeinsam besprochen werden sollten, und schließlich verdichteten sich diese Wünsche zu einer Eingabe an das Ministerium. Dieses wurde gebeten, zur Erleichterung der Lage der naturwissenschaftlichen Privatdozenten es zu ermöglichen, daß sie gratis oder nur mit geringen Mitteln Vorlesungen halten und ein ihren Zwecken entsprechendes Laboratorium einrichten könnten. Die Be-

rechtiung dieses Wunsches geht aus dem eben geschilderten Umstande hervor, daß sich in Heidelberg damals jeder Privatdozent ein eigenes Laboratorium halten mußte. Die Antwort des Ministeriums ließ lange auf sich warten und war, als sie schließlich eintraf, völlig negativ. Für den Hauptagitator Ladenburg hatte diese Angelegenheit noch die Folge, daß er ein Jahr länger auf den Titel eines außerordentlichen Professors warten mußte als es sonst in Baden üblich war; er wurde nicht nach dreijähriger Privatdozentur, sondern erst nach vierjähriger Frist, also im Frühjahr 1872, zum Professor ernannt.

Außer auf den Dozentenabenden verkehrte Ladenburg damals im Kreise einer Mittagsgesellschaft, zu der Bunsen, Helmholtz, Kirchhoff und Königsberger gehörten. Die Unterhaltungen waren dort nicht nur wissenschaftlicher, sondern auch politischer Natur, denn wir stehen jetzt in den Jahren zwischen 1866 und 1870, und die Augen der Badenser waren auf den Norddeutschen Bund gerichtet. Alle und besonders die Jugend und ihre Lehrer hofften auf die Gründung des Deutschen Reiches. Ihren gewaltigsten Ausdruck fand nach Ladenburgs Schilderung diese Begeisterung in Heidelberg, als gelegentlich eines Abschiedsfestes für den scheidenden Rechtslehrer Goldschmidt am 14. Juli 1870 Treitschke das Wort zu einer zündenden Rede nahm, in der die Bedeutung des ausbrechenden Krieges für die Einheit der Nation gefeiert wurde.

Bald nach seiner Ernennung zum Extraordinarius in Heidelberg erhielt Ladenburg von dem damaligen Dezernten im preußischen Kultusministerium, Ohlshausen, die Anfrage, ob er gewillt sei, als Ordinarius für Chemie nach Kiel zu gehen. Diese Berufung war für den erst einunddreißigjährigen Mann eine ehrende und reizvolle Aufgabe; aber schwer wurde natürlich Ladenburg der Abschied aus der Heimat, von seiner Familie und aus dem Kreise berühmter Fachgenossen. Dazu kam wohl noch das Gefühl der Unbekanntschaft mit dem Charakter der norddeutschen Bevölkerung, gegen den die Süddeutschen leicht ein ungewisses und unbegründetes Vorurteil haben. Schließlich trug aber der Gedanke, in ganz anderer Weise als bisher der Wissenschaft nutzen zu können, und das Versprechen, daß in Kiel ein neues chemisches Institut gebaut werden würde, den Sieg über alle Bedenken davon. Zuerst sollte ein Institut provisorisch in gemieteten Räumen eingerichtet werden, und Ladenburg nahm den Ruf unter der Bedingung an, ihm erst im Sommersemester 1873 Folge leisten zu müssen. So hatte er reichlich Zeit, seine laufenden Arbeiten zu vollenden, Abschied zu nehmen und sich für seine neue Stellung vorzubereiten.

Ostern 1873 siedelte Ladenburg nach Kiel über. Damit waren die Lehr- und Wanderjahre endgültig zu Ende; aus dem Jünger der Wissenschaft war nunmehr ihr Lehrer geworden. Die reiche Ausbeute an wissenschaftlichen Erfolgen, über die zum Teil schon berichtet ist und zum anderen Teile nachher noch näher zu sprechen sein wird, geht aus dem Verzeichnis der Abhandlungen am Schlusse für die Jahre 1873—1889 hervor. Aber auch außerdem machte die Kieler Universität dem jungen Ordinarius viele Arbeit. Ladenburg war nicht der Mann, der irgend eine Pflicht leicht genommen hätte; also lagen ihm auch alle Fakultätsangelegenheiten sehr am Herzen. Die hervorstechendsten Züge seines Wesens waren unbedingte Wahrheitsliebe und der Wunsch, das durchzusetzen, was er als richtig erkannt zu haben glaubte. Ein Mann der Kompromisse war er nicht, und daher ist es wohl verständlich, daß es ihm sowohl durch eigene Schuld — denn natürlich war auch er dem Irrtume ausgesetzt — als auch schuldloser Weise an Gegnern niemals gefehlt hat, zumal, wie schon erwähnt, ihm die Gabe der äußeren lebenswürdigen Form oft versagt war, und er wie sehr viele hervorragende Chemiker den Fehler besaß, wissenschaftliche Differenzen stets als persönliche Angriffe aufzufassen. Diese Gegnerschaften beirrten Ladenburg nie auf seinem Wege; er ging so, wie er es für richtig hielt. Aber gerade diese Unbekümmertheit um das Urteil der anderen, die Lauterkeit seiner Gesinnung, seine Wahrheitsliebe, der er folgte, auch wo sie ihm schadete, sicherten ihm wieder die Freundschaft vieler hervorragender Menschen und die Achtung auch bei seinen Gegnern.

Die bedeutungsvollsten Punkte aus Ladenburgs Kieler Zeit waren für seine Universitätsstellung die Eröffnung des neuen chemischen Instituts, die sich länger als erwartet bis zum Wintersemester 1878/79 hingezogen hatte, und das Jahr 1884, wo er die Universität als Rektor vertrat. Das bei weitem wichtigste Erlebnis für ihn selbst aber war die Begründung seines Hausstandes im Jahre 1875, indem er die älteste Tochter Margarete des hervorragenden Pflanzenphysiologen N. Pringsheim, der nach Aufgabe seiner Jenenser Professur als Akademiker in Berlin tätig war, als Gattin heimführte. Länger als dreißig Jahre hat Ladenburg in glücklichster Ehe gelebt, und ihm war das große Glück beschieden, in seiner Frau eine wahre Lebensgefährtin zu besitzen, die nicht nur mit ihm alle Freuden und Leiden, alle Erfolge und Sorgen teilte, sondern die auch mit vollem Verständnis der wissenschaftlichen Tätigkeit ihres Gatten folgte. Sie wußte sich so tief in die Chemie hineinzuarbeiten, daß sie unter ihres Mannes Anleitung Liebig's Lebensgang für die von Liliencron herausgegebene deutsche Biographie schreiben konnte, und daß die

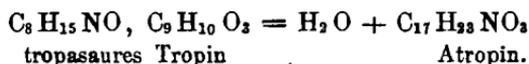
in Ostwalds Klassikern erfolgte Herausgabe von Pasteurs Arbeiten über die Weinsäure und von Berthelots Studien über die Esterbildung unter ihrem und ihres Mannes Namen erfolgte.

Im Kieler Ladenburgschen Hause, dem jetzt die anmutige und kluge junge Frau als liebenswürdige Herrin vorstand, war ein großer Verkehr. Nicht nur ein beträchtlicher Teil der Universitätsprofessoren folgte gern und häufig den Einladungen der gastfreundlichen Wirte, sondern dort war auch ein Mittelpunkt des musikalischen Lebens der Stadt. Ladenburgs hervorragende musikalische Begabung, von der schon im Anfang die Rede gewesen ist, zog nicht nur die einheimischen Künstler und Kunstliebhaber in das Haus, sondern auch die fremden Musiker, die zu Musikfesten und Gastspielen kamen, wurden freudig begrüßt und aufgenommen. Zu den musikalischen Freunden der Ladenburgschen Familie gehörte auch der bekannte Dichter Claus Groth. In den Ferien suchte Ladenburg gern die Schweiz oder Italien auf. Nur im Jahre 1877 führte ihn als Deputierten der Kieler Universität der Weg nach Norwegen und Schweden, wo er in Upsala mit Mendelejeff, den er schon von Heidelberg her kannte, zusammentraf, und 1886 zog es den alten Heidelberger Studenten und Professor zum fünfihundertjährigen Jubiläum der berühmten Ruperto-Carola. Häufig war Ladenburg auch in Berlin bei seinen Schwiegereltern, wo er mit vielen berühmten Berliner Gelehrten zusammentraf, von den Chemikern besonders mit A. W. von Hofmann, dann aber auch mit Dubois-Reymond und Virchow. Von Bekannten aus der Heidelberger Zeit sprach er Helmholtz, mit dem und dessen Gattin er in nahen Verkehr trat und den er hoch verehrte, und Kirchhof wieder. — In Kiel wurden Ladenburgs drei Söhne geboren.

Unterdessen hatte Ladenburgs Lehrtätigkeit einen immer größeren Umfang angenommen. Unter den Hörern seiner Vorlesungen und den Besuchern seines Praktikums waren natürlich auch viele Nichtchemiker — Naturwissenschaftler und Mediziner — und sehr bald zeigte sich, daß der Neubau für die wachsende Zahl der Studenten nicht mehr ausreichte. Im ganzen sind fünfundzwanzig Studenten in der Ladenburgschen Kieler Zeit dort in Chemie zum Doktor promoviert worden.

In der ersten Zeit seines Kieler Aufenthaltes führte Ladenburg seine Arbeiten über die Silicium- und aromatischen Verbindungen weiter; aber bald erschlossen sich ihm neue Arbeitsgebiete. Im Jahre 1879 finden wir seine ersten Arbeiten über das Atropin, und damit betrat Ladenburg dasjenige Arbeitsgebiet, das ihn durch lange Jahre beschäftigen und das ihm den größten Ruhm eintragen sollte: die Lehre von den Alkaloiden und den heterocyclischen Ringen.

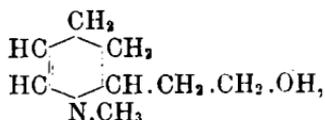
Ladenburg gelang die partielle Synthese des Atropins durch längeres Erhitzen von tropasäurem Tropin:



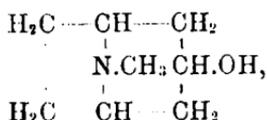
Die Tropasäure hatte Ladenburg (gemeinschaftlich mit Rügheimer) synthetisch auf folgendem Wege dargestellt: Aus Acetophenondichlorid $\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{CCl}_2\cdot\text{CH}_3$ entsteht durch Cyankalium, Kochen mit Barytwasser und Ansäuern mit Salzsäure Äthyl-atrolactinsäure, $(\text{C}_6\text{H}_5)\text{C}(\text{CH}_3)(\text{OC}_2\text{H}_5)(\text{COOH})$, die beim Kochen mit konzentrierter Salzsäure in Atropasäure $(\text{C}_6\text{H}_5)\text{C}(\text{CH}_2)(\text{COOH})$ übergeht. Durch Addition von Salzsäure entsteht β -Chlor-hydratropasäure $(\text{C}_6\text{H}_5)\text{C}(\text{CH}_2\text{Cl})(\text{COOH})$, aus der beim Kochen mit Kaliumcarbonatlösung Tropasäure $(\text{C}_6\text{H}_5)\text{CH}(\text{CH}_2\cdot\text{OH})(\text{COOH})$ gebildet wird. Die so erhaltene Säure ist inaktiv; da sie aber ein asymmetrisches Kohlenstoffatom enthält, muß sie spaltbar sein, und Ladenburg erreichte die Spaltung in die Rechts- und Links-Tropasäure mittels Bildung der Chininsalze. Das synthetische Atropin entsteht unter Verwendung der racemischen Tropasäure. Ladenburg konnte auch die nahe Beziehung des Hyoscyamins zum Atropin feststellen, indem er zeigte, daß die von Höhn und Reichardt stammende Angabe, daß sich Hyoscyamin in sogenanntes Hyoscin und Hyoscinsäure zerlegen lasse, unrichtig sei, sondern daß diese Zersetzungsprodukte mit Tropin und Tropasäure identisch sind. Er beobachtete, daß das Hyoscyamin *l*-Tropasäure enthält und hat auch wahrscheinlich — allerdings nicht in reinem Zustande und ohne es zu erkennen — synthetisches Hyoscyamin in den Händen gehabt.

Zur völligen Synthese des Atropins fehlte noch die künstliche Gewinnung des Tropins. Ladenburg wußte, daß man vor der Synthese dieses Körpers erst seine chemische Natur kennen mußte, und er wandte sich deshalb der Aufgabe zu, die Konstitution des Tropins zu erforschen. Es gelang ihm, das Tropin $\text{C}_8\text{H}_{15}\text{NO}$ durch Behandlung mit wasserentziehenden Mitteln in Tropidin, $\text{C}_8\text{H}_{13}\text{N}$, zu verwandeln, einen sauerstofffreien Körper mit doppelter Bindung, der bei der Reduktion Hydro-tropidin, $\text{C}_8\text{H}_{15}\text{N}$, gibt. Bei der Destillation des salzsauren Hydro-tropidins entsteht Nor-hydrotropidin, $\text{C}_7\text{H}_{13}\text{N}$, und daraus bei der Destillation mit Zinkstaub α -Äthyl-pyridin. Somit konnte Ladenburg die Gegenwart eines Pyridinringes im Tropin nachweisen. Das gleiche Resultat ergab sich ihm auch, als er beim Erhitzen von Tropidin mit überschüssigem Brom Dibrom-pyridin erhielt. Weiterhin konnte Ladenburg aus Tropidin-methyljodid Tropilen $\text{C}_7\text{H}_{10}\text{O}$ und bei der Destillation von Tropin mit Natronkalk oder bei der Zerlegung von Dimethyl-tropinjodid mit Alkalien Tropiliden C_7H_8

und Methylamin gewinnen. Aus allen diesen Beobachtungen folgte, daß das Tropin Alkohol-Charakter besitzt, daß eine Methylgruppe am Stickstoff steht, und daß es einen Pyridinring enthalten muß. Daher stellte Ladenburg für das Tropin die Konstitutionsformel auf:



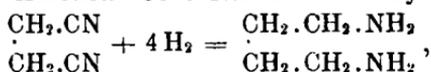
die auch fast allgemein angenommen wurde. Bekanntlich ist dann später die Ladenburgsche Tropinformel durch die Merlingsche und zuletzt durch die Willstättersche,



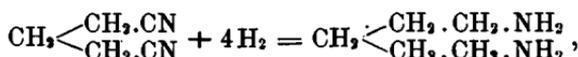
ersetzt worden, welche den Ergebnissen der Ladenburgschen Forschungen ebenfalls durchaus Rechnung trägt und deren Richtigkeit Willstätter schließlich durch die Synthese des Tropins bewies.

Nachdem Ladenburg die partielle Synthese des Atropins geglückt war, gewann er entsprechende Verbindungen, indem er das Tropin mit der Tropasäure analogen Säuren veresterte. Die so erhaltene Verbindungsklasse nannte er Tropeine, und von diesen haben eine besondere Bedeutung das Homatropin (der Mandelsäureester des Tropins), das wegen seiner der Atropin-Wirkung gleichen aber schneller verschwindenden mydriatischen Wirkung und seiner geringeren Giftigkeit Eingang in die Augenheilkunde gefunden hat, und der Atropasäureester des Tropins, welcher mit dem natürlichen Alkaloid Apotropin identisch ist. Das von Ladenburg bei der Hyoscyamin-Darstellung aus *Hyoscyamus niger* beschriebene Alkaloid Hyoscin ist später nicht wieder mit Sicherheit aufgefunden worden und vielleicht mit dem Skopolamin von E. Schmidt identisch.

Die Untersuchungen über das Tropin hatten Ladenburg zum Pyridin geführt. Noch eine andere Brücke aus seinen älteren Arbeiten wies auf dieses Gebiet. Schon früher ist erwähnt worden, daß Ladenburg über aromatische Diamine gearbeitet hatte. Später wurden auch die aliphatischen Diamine Gegenstand der Untersuchung. Ladenburg debnte zur bequemeren Darstellung höherer aliphatischer Diamine das Prinzip der Mendiuschen Methode auf Dinitrile aus, und zwar benutzte er zur Reduktion die Einwirkung von Natrium auf Alkohol. So erhielt er aus Äthylencyanid,

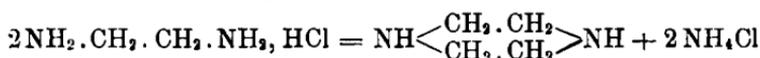


das Tetramethyldiamin und aus Propylencyanid,

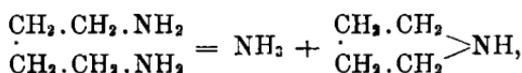


das Pentamethyldiamin. Diese beiden Diamine beanspruchen ein besonderes Interesse, weil sie mit den als Fäulnisprodukten isolierten Ptomainen Putrescin und Cadaverin, bekannten Leichen-Alkaloiden, sich als identisch erwiesen.

Von größter Wichtigkeit waren die Destillationsreaktionen der Diamine. Aus salzsaurem Äthyldiamin erhielten Ladenburg und Abel nach der Gleichung



das Piperazin, indem zwei Diamin-Molekeln gleichzeitig unter Abspaltung von Chlorammonium reagierten. Einfacher gestaltete sich die Umsetzung bei der Destillation höherer Amine. Aus Tetramethyldiamin wurde Pyrrolidin,

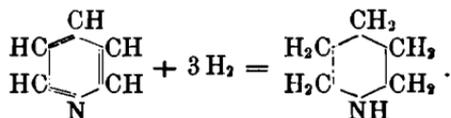


aus Pentamethyldiamin in analoger Weise Piperidin,



gewonnen.

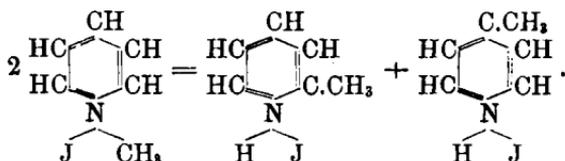
Durch diese Ladenburgsche Piperidin-Synthese war gleichzeitig seine Konstitution endgültig festgelegt. Daß das Pyridin mit dem Piperidin in nächster Beziehung steht, konnte Ladenburg zeigen, indem er durch die von ihm ausgebildete Reduktionsmethode (Einwirkung von Natrium auf Alkohol) das Pyridin in Piperidin verwandelte,



Dieselbe Reduktionsmethode wurde für ihn das Mittel, um die verschiedensten Pyridin-Körper in Piperidin-Körper zu verwandeln.

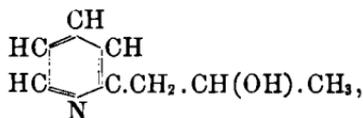
Zur Isolierung der Pyridin-Homologen aus dem Steinkohlen- und Knochenteer haben Ladenburg und seine Schüler mit großem Erfolge die fraktionierte Krystallisation der Quecksilberdoppelsalze dieser Basen benutzt. Synthetisch konnte Ladenburg die Pyridin-Homologen gewinnen, da er fand, daß die α - und γ -Derivate neben

einander beim Erhitzen der Alkylhaloid-Additionsprodukte des Pyridins durch intramolekulare Atomwanderung entstehen,

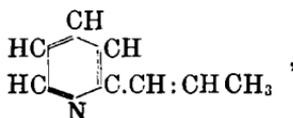


Durch Oxydation der Pyridin-Homologen stellte Ladenburg Pyridin-carbonsäuren her, und von ihm stammt auch eine Methode zur Ortsbestimmung in der Pyridinreihe, welche die Kenntnis der Pyridin-carbonsäuren zur Grundlage hat, auf die hier aber nur verwiesen werden soll.

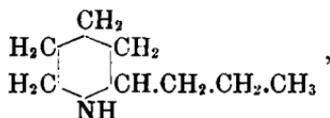
Eine Reaktion, welche von Ladenburg und seinen Schülern in der mannigfaltigsten Weise ausgenutzt wurde, ist die Fähigkeit der α -substituierten Pyridin-Homologen, mit Aldehyden zu reagieren. So gewann er aus α -Picolin und Acetaldehyd das α -Picolyl-methyl-alkin,



das unter Wasserabspaltung in α -Propenyl-pyridin,



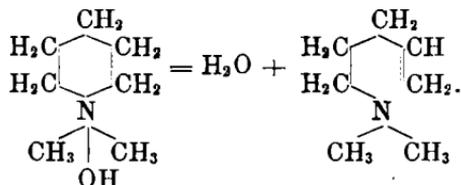
übergeht und aus dem bei der Reduktion mit Natrium und Alkohol α -Propyl-piperidin,



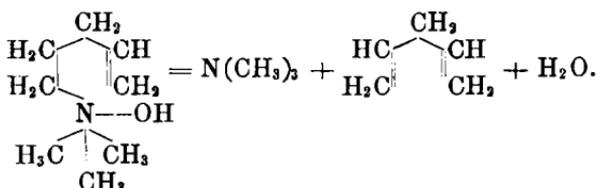
entsteht. Das so gewonnene α -Propyl-piperidin besitzt alle Eigenschaften des natürlichen Coniins, nur fehlt ihm die optische Aktivität. Auch die optisch-aktive Form konnte Ladenburg noch erhalten, indem er mit Hilfe der *d*-weinsauren Salze das Coniin in die Rechts- und die Linksform zerlegte. Durch die Herstellung des *d*- α -Propyl-piperidins war Ladenburg die erste vollständige Synthese eines natürlichen Alkaloids gelungen, eine Leistung, die mit Recht zu den bedeutendsten Erfolgen der gesamten synthetischen Chemie gerechnet wird.

Eine sehr elegante Untersuchung stellt weiterhin die Abhandlung vor, durch welche Ladenburg den Mechanismus der von Hofmann

gefundenen Aufspaltung des Piperidins durch erschöpfende Methylierung klarstellte. Das Dimethyl-piperidiniumhydroxyd wird beim Erhitzen aufgespalten zu dem sogenannten Dimethyl-piperidin, einem Amin mit offener Kette:



Bei weiterer Einwirkung von Methyljodid und Silberoxyd entsteht wieder eine Ammoniumverbindung, die beim Erhitzen in Trimethylamin und Piperilen C_5H_8 zerfällt:



Wie Thiele 1901 gezeigt hat, erfährt das Piperilen noch eine Umlagerung in $\text{CH}_2:\text{CH}:\text{CH}:\text{CH}:\text{CH}_3$.

Von den Hydroprodukten des Pyridins interessierten Ladenburg auch die Tetrahydroderivate oder Piperideine, wie er sie nannte, besonders deswegen, weil sie nach der von ihm aufgestellten Tropin-formel die Synthese des Tropins ermöglichen sollten. Ladenburg gab zur Darstellung dieser Stoffe die erste Methode an, welche in der Einwirkung von Jod und Silberoxyd auf die Piperidine besteht. Die danach und nach anderen Methoden hergestellten Piperideine waren dem Tropin in mancher Beziehung ähnlich, aber nicht mit ihm identisch und konnten es auch nicht sein, weil — wie wir heute wissen — die der erhofften Identität zugrunde liegende Tropin-formel nicht richtig war.

Bei der Coniin-Synthese war Ladenburg die Spaltung des zunächst inaktiv gewonnenen synthetischen Produktes durch Krystallisation der weinsäuren Salze geglückt. Diese Spaltung besitzt, abgesehen von ihrer Bedeutung für die erste Alkaloidsynthese, noch ein rein stereochemisches Interesse. Pasteur hatte bei seinen grundlegenden Untersuchungen über die Weinsäure bereits die Spaltungsmethoden racemischer Verbindungen angegeben, und zwar so systematisch und ausführlich, daß man lange Jahre hindurch keinen experimentellen Fortschritt über die von Pasteur beschriebenen Tatsachen hinaus machte. Erst das Jahr 1886 brachte einen neuen tatsächlichen Erfolg, indem

Ladenburg in Umkehrung einer der Pasteurschen Spaltungsmethoden zum ersten Male die Zerlegung einer racemischen Base in ihre optischen Antipoden ausführte.

In den achtziger Jahren war Ladenburg schließlich auch noch intensiv mit der Herausgabe seines Handwörterbuches der Chemie beschäftigt. Er verstand es, nicht nur geeignete Mitarbeiter zu finden, sondern er konnte auch das Unternehmen derart fördern, daß von 1882—1896 das ganze dreizehnbändige Werk fertig erschien. Nur wer selbst einmal an der Redaktion eines ähnlichen Unternehmens mitgearbeitet hat, weiß, welch riesige Energie der Herausgeber aufwenden muß, um ein Kompendium von solchem Umfange in dieser kurzen Zeit zur Vollendung zu führen. Das Ladenburgsche Handwörterbuch hat sich in den weitesten Kreisen als ausgezeichnetes Nachschlagewerk bewährt. Natürlich sind bei dem raschen Fortschreiten der Wissenschaft heute schon viele Teile veraltet; doch wird es als Dokument des Standes der chemischen Wissenschaft gegen Ende des neunzehnten Jahrhunderts immer einen bleibenden Wert behalten.

Das Ende der achtziger Jahre bedeutet die Zeit, wo Ladenburg auf der Höhe seines Schaffens stand. Fast alle Probleme, die er aufgriff, führten zum Erfolge; von allen Seiten kamen Schüler zu ihm, und wer sich damals in der Alkaloidchemie oder der Chemie der heterocyclischen Verbindungen ausbilden wollte, suchte mit Vorliebe den Weg nach Kiel zu Ladenburg. In jene Zeit fielen auch die ersten Anerkennungen seiner wissenschaftlichen Tätigkeit. Im Jahre 1886 ernannte ihn bereits die Chemical Society in London zum Ehrenmitgliede, was Ladenburg um so mehr erfreute, als er immer auf äußere Anerkennung seiner Fachgenossen einen großen Wert gelegt hat.

Im Sommer 1889 erhielt Ladenburg einen Ruf, als Nachfolger Loewigs Professor und Direktor des chemischen Instituts an der Universität Breslau zu werden. Ladenburg nahm diesen Ruf an, nachdem ihm Althoff im Ministerium einige sofort ins Werk zu setzende Umbauten des Laboratoriums und für absehbare Zeiten einen völligen Neubau versprochen hatte. Die größere Stadt versprach einen größeren Wirkungskreis, und so siedelte Ladenburg, der gleichzeitig zum Geheimen Regierungsrat ernannt worden war, im Oktober 1889 nach Breslau über. Der Abschied von Kiel fiel ihm nicht leicht. Nicht nur zahlreiche Freunde blieben zurück, sondern auch die Erinnerungen an glückliche Jahre frohen Schaffens, an die Gründung des Hausstandes, an die Kindheit der sich gut entwickelnden Söhne. Aber schneller wie gedacht hatte sich Ladenburg in Breslau eingelebt.

Wie bei seiner Natur nicht anders zu erwarten, traf er auch hier Persönlichkeiten, die, über die äußeren Ecken seines Wesens wegsehend, ihm bald zu Freunden wurden, während andere, durch irgend einen seiner Schritte verletzt, ihm feindselig gegenüber standen. Von seinen Freunden gehörte eine große Zahl der Universität an, von den älteren besonders der Mineraloge und Geologe Ferdinand Roemer, der Physiologe Heidenhain, der Botaniker Ferdinand Cohn, der Rechtslehrer und Dichter Felix Dahn und der Chirurg Mikulicz, zu denen sich dann noch viele jüngere gesellten, die noch heute der Breslauer Universität oder anderen Universitäten angehören. Aber auch weiteren Kreisen trat Ladenburg näher; da waren zuerst die Musikkreise, in denen er bald eine große Rolle spielte, so daß er zum stellvertretenden Vorsitzenden des Orchestervereins gewählt wurde. Dann beschäftigten ihn auch städtische Interessen; er wurde Stadtverordneter und übte hier jahrelang eine wirkungsvolle Tätigkeit aus, die ihn vor allem in nächste Beziehung zu dem Oberbürgermeister Dr. Bender brachte. Weiterhin gehörte er dem Kuratorium des Chemischen Untersuchungsamtes der Stadt Breslau an und war Vorsitzender des Kuratoriums der agritektur-chemischen Versuchsstation der Landwirtschaftskammer in Schlesien.

Unterdessen traf der Neubau des chemischen Instituts auf größere Schwierigkeiten im Finanzministerium, als man erwartet hatte, und schließlich mußte Ladenburg, wollte er nicht die Umgestaltung des Laboratoriums ins Ungewisse verzögern, sich mit einem durchgreifenden Um- und Ausbau des vorhandenen, 1850 von Bunsen begonnenen und 1868 von Loewig bereits erweiterten Gebäudes begnügen. Durch geschickte Verwendung der bestehenden Baulichkeiten und sachgemäße Ausnutzung der vorhandenen Räume gelang es, ein wenn auch nicht vollkommenes, so doch modernes und allen billigen Ansprüchen genügendes Institut herzustellen; vor allem war für große luftige Arbeitsräume für die Praktikanten gesorgt und ein großer, mit allen möglichen Hilfsmitteln der Technik versehener Hörsaal geschaffen worden. Im Jahre 1897 konnte das umgebaute Laboratorium eröffnet werden, und bei dieser Gelegenheit fand eine große Feier statt, zu der auch der Kultusminister Bosse sowie die Dezerenten des Ministeriums Althoff und Naumann nach Breslau gekommen waren. Zur Pflege der physikalischen Chemie, die der praktischen Erfahrung Ladenburgs natürlich ferner stand, berief er als Abteilungsvorsteher an das Institut zuerst F. W. Küster und nach dessen Übersiedelung nach Clausthal 1899 R. Abegg, dessen Lehrtätigkeit sich bis zum Rücktritte Ladenburgs vom Lehramte erstreckte

und der bald danach bekanntlich auf einer Ballonfahrt einen so überaus traurigen Tod fand.

Ladenburg hing mit ganzem Herzen an seinem akademischen Lehramte. Seine Vorlesungen waren bis ins kleinste durchgearbeitet, und mit größtem Geschick führte er zahlreiche Experimente vor, die er zum Teil selbst ausdachte und auch veröffentlicht hat. Das Beste und Neueste wollte er immer dem Unterrichte dienstbar machen. Einer der ersten Apparate zur Luftverflüssigung stand in seinem Hörsaale, und bald nach der Entdeckung des Radiums konnte er seinen Hörern die wunderbaren Erscheinungen dieses Stoffes an einem ausgezeichneten Präparate demonstrieren. Im Laboratoriumsunterrichte kümmerte er sich um alles. Noch zu meiner Studentenzeit (1894—1897) kam er wohl täglich zu jedem der Praktikanten, später als Küster und Abegg als Abteilungsvorsteher im Institute waren, beschränkte er sich freilich mehr auf die organische Abteilung. Diese große Sorgfalt für das Institut stand aber fern von jeder Schematisierung. Nicht nur die Abteilungsvorsteher, sondern auch die erprobten Assistenten hatten die volle Freiheit ihrer wissenschaftlichen Arbeitsrichtung und Methodik, und so bildete das Ladenburgsche Institut trotz der mannigfaltigsten Ziele und Bestrebungen seiner einzelnen Mitglieder ein Ganzes von seltener Harmonie.

Bald nach der Eröffnung des umgebauten Universitätslaboratoriums stieg die Zahl der Studierenden sehr rasch an. Ihren Höhepunkt erreichte sie etwa um das Jahr 1903, wo über hundert Praktikanten der Chemie und der Naturwissenschaften im Institute arbeiteten neben etwa sechzig Mediziniern und zwanzig Landwirten. Natürlich war auch dementsprechend die Zahl der jungen Leute gewachsen, welche in Breslau ihre Doktorarbeit ausführten; im ganzen sind in den Jahren von 1890—1909, wo Ladenburg seinen Abschied nahm, hier 160 Studierende zum Doktor mit Chemie als Hauptfach promoviert worden. Zur Feier des hundertsten Breslauer Doktors der Chemie unter der Ära Ladenburg gab dieser 1903 ein großes Fest, das auch ein schönes Beispiel von der Anhänglichkeit der Ladenburgschen Schüler an ihren Lehrer darstellte; denn viele seiner früheren Studenten, die schon lange in ihren Berufen standen, waren der Einladung zu diesem Abend gefolgt. Eine andere studentische Kundgebung, die Ladenburg viel Freude bereitet hatte, war ein großer Kommers der Chemie-Studierenden, den diese 1902 bei Ladenburgs sechzigstem Geburtstage veranstalteten.

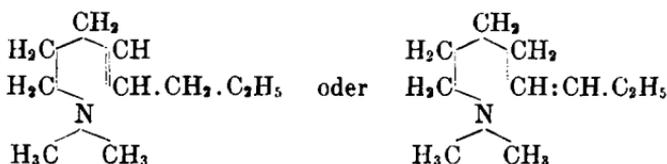
Trotz dieser großen Schülerzahl Ladenburgs sind nur wenige zu nennen, die sich dem akademischen Berufe zuwandten. Aus der Kieler Zeit führe ich hauptsächlich Rügheimer an, der noch heute dort

wirkt und arbeitet, aus der Breslauer Zeit besonders M. Scholtz (jetzt in Greifswald), F. B. Ahrens und K. Löffler; die letzteren beiden sind schon vor Ladenburg gestorben, was den damals bereits schwer kranken und alten Mann tief ergriff und erschütterte: Der Technologe Ahrens, der mit sicherem Blick für alle praktischen Fragen der Chemie durch experimentelle Leistungen und vorzügliche Lehrbücher eine segensreiche Tätigkeit entfaltete, verfiel 1908 einer schweren Geisteskrankheit, von der ihn 1910 der Tod erlöste; der junge, selten begabte, hoffnungsvolle Löffler, dessen Arbeiten über die Coniumbasen ihm in den kurzen Jahren seines Schaffens einen ausgezeichneten Namen machten und der wie wohl kein anderer berufen gewesen wäre, die Tradition der Ladenburgschen Alkaloidarbeiten weiter zu führen, starb nach ganz kurzer Krankheit im gleichen Jahre. Schließlich haben noch O. Sackur und der Schreiber dieser Zeilen, obgleich ihr Arbeitsgebiet dem Ladenburgschen fern liegt, jederzeit dankbar anerkannt, daß sie sich als Ladenburgs Schüler bezeichnen durften. Dagegen ist die Zahl der Ladenburgschen Schüler, welche hochangesehene Stellen in der Verwaltung, der Technik und Praxis einnehmen, sehr groß, und es sind dieser, die zum Teil ausgezeichnete Gelehrte und Chemiker sind, so viele, daß ich leider nicht versuchen kann, sie hier aufzuzählen.

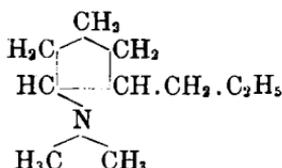
Ein großes Verdienst um das wissenschaftliche Leben der Stadt erwarb sich Ladenburg 1900 durch die Begründung einer chemischen Gesellschaft, für die er nicht nur die wissenschaftlichen und technischen Kreise Breslaus und Schlesiens zu interessieren verstand, sondern die auch eine besondere Bedeutung für den geistigen Verkehr dadurch gewann, daß zahlreiche auswärtige Forscher, zu Vorträgen aufgefordert, in der Chemischen Gesellschaft als Gäste weilten. Da wurden von 1900—1910 in Breslau empfangen: Giesel, Dolezalek, Knietsch, W. Kauffmann, Haber, Meyerhoffer, Marckwald, Schenck, Zschimmer, Weigelt, Brauner, Nernst, v. Jüptner, Hantzsch, Walden, Bruni, O. Lehmann, Tschugaeff, Hahn, Knorr, Stobbe. Bis in die letzte Zeit seines Lebens ließ es sich Ladenburg nicht nehmen, wenn es irgend zugänglich war, am Abend nach den Sitzungen einen Teil der einheimischen Naturwissenschaftler mit dem Gaste in seinem Hause zu versammeln, wobei manche Bekanntschaft geknüpft, manche Anregung vermittelt wurde.

In der Breslauer Zeit begann Ladenburg natürlich mit seinen wissenschaftlichen Arbeiten da, wo er in Kiel aufgehört hatte. In Gemeinschaft mit Abel untersuchte er das Pseudoconydrin, das als neues Schierlingsalkaloid in der Merckschen Fabrik aufgefunden war. Seiner Abhandlung über die Klarstellung des Reaktionsmecha-

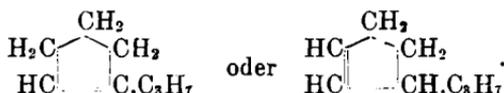
nismus beim Hofmannschen Abbau des Piperidins ließ er jetzt (gemeinsam mit Mugdan) die Aufklärung des Hofmannschen Abbaus beim Coniin folgen. Hier vollzieht sich der Vorgang insofern anders, als das Dimethyl-coniin nicht entsprechend wie das Dimethylpiperidin als



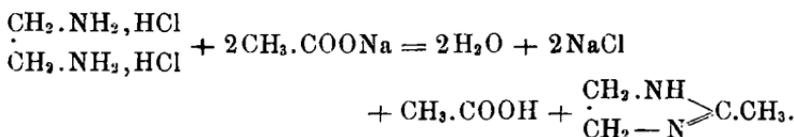
formuliert werden kann, da es optische Aktivität und somit ein asymmetrisches Kohlenstoffatom besitzt. Ihm kommt vielmehr die Konstitution



zu, und das schließlich entstehende Conylen ist

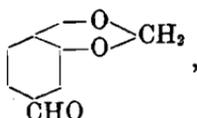


In Weiterführung seiner Untersuchungen über die Diamine verbesserte Ladenburg die Hofmannsche Methode zur Darstellung von Dihydro-glyoxalinen. Hofmann gewann diese Stoffe aus den aliphatischen Diaminen und Säureanhydriden, wobei die erhaltenen Produkte aber größtenteils nicht in reiner Form erschienen. Ladenburg dagegen erhielt sie in völlig reinem Zustande unter Umgehung der häufig nicht leicht darstellbaren Säureanhydride durch Destillation der Diamin-chlorhydrate mit den Natriumsalzen der Säuren. So bildet sich aus Äthylendiamin-chlorhydrat und essigsauerm Natrium Dihydro-methylglyoxalin,

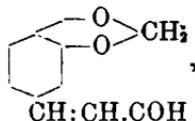


Dieser Körper bildet mit Harnsäure ein in Wasser sehr leicht lösliches Salz und ist deswegen unter dem Namen Lysidin zur Behandlung der Gicht empfohlen worden.

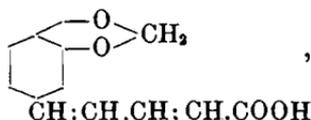
Im Jahre 1894 vervollständigte Ladenburg die Synthese des Pfeffer-Alkaloids Piperin. Vor längerer Zeit war im Ladenburgschen Kieler Institute Rügheimer die partielle Synthese des Piperins aus Piperidin und Piperinsäure gelungen. Da die Herstellung des Piperidins bekannt war, blieb zur vollständigen Synthese nur die Darstellung der Piperinsäure übrig, deren Konstitution durch Fittig aufgeklärt war. Diese Synthese führten Ladenburg und Scholtz in folgender Weise durch: Aus Protocatechualdehyd, Methylenjodid und Alkali läßt sich das Piperonal gewinnen,



das mit Acetaldehyd und Alkali unter Wasserabspaltung in Piperonyl-acrolein,



übergeht und durch Kondensation mit Natriumacetat die Piperinsäure,

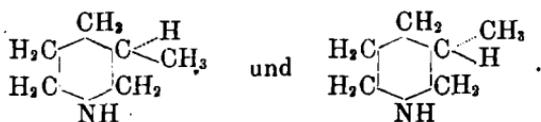


liefert.

Bei weitem die meiste Zeit aber widmete Ladenburg in den Jahren von 1893—1908 der Aufklärung der Tatsache, daß das natürliche Coniin ein etwas geringeres Drehvermögen (15.6°) besitzt als das synthetische (18.3°). Ladenburg suchte diese Erscheinung darauf zurückzuführen, daß es eine dem natürlichen Coniin isomere Base, das Isoconiin, gäbe, durch deren Gegenwart diese an sich geringfügige Differenz erklärt werden könne. Da diese Isomerie weder durch eine andere Struktur bewirkt sein konnte, noch eine sterische Isomerie durch den asymmetrischen Kohlenstoff möglich war, nahm er an, daß diese Verschiedenheit von einem asymmetrischen Stickstoffatome herrühre, indem der am Stickstoff sitzende Wasserstoff bei dem Coniin über der Ringebene sich befinde, während er bei dem Isoconiin unter der Ringebene läge. Ladenburg bemühte sich, bei anderen Piperidinderivaten analoge Isomerien aufzufinden, und er beschrieb das Isopipecolin und das Isostilbazolin. Die Ladenburgschen Arbeiten über den asymmetrischen Stickstoff haben keine unbestrittene Anerkennung gefunden, vielmehr wurde von verschie-

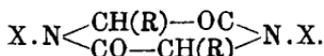
dener Seite behauptet, daß die Isoverbindungen Gemenge der gewöhnlichen aktiven Formen mit der Racemform seien. Andererseits ist zweifellos die theoretische Möglichkeit einer Stereoisomerie durch einen asymmetrischen Stickstoff zuzugeben, und manche Forscher sind bei ihren Arbeiten auf ähnliche Isomerien gestoßen, wie sie Ladenburg bei den Isopiperidin-Derivaten geschildert hat, wobei verschiedentlich auf die Ladenburgsche Auffassung als durchaus berechtigt hingewiesen worden ist, so erst ganz kürzlich von M. Freund bei Kotarnin-Abkömmlingen. Ein endgültiges Urteil über diese Arbeiten Ladenburgs wird wohl also der Zukunft vorbehalten bleiben müssen.

Von Interesse für die räumliche Isomerie der Piperidinderivate war es, daß Ladenburg das β -Pipicolin in die Rechts- und die Linksform spalten konnte, da das β -Kohlenstoffatom asymmetrisch ist, wie die beiden Formeln lehren:



Heute sind uns derartige Stereoisomerien in Ringen ganz geläufig; im Jahre 1893, wo diese Spaltung ausgeführt wurde, war dagegen der Nachweis, daß trotz der beiden benachbarten CH_2 -Gruppen der Kohlenstoff asymmetrisch sei und zur Ausbildung stereomerer Formen Veranlassung geben könne, von entschiedener Bedeutung.

Eine weitere interessante stereochemische Studie Ladenburgs betraf die Diketo-piperazine von der Formel



Eine solche Molekel besitzt keine Symmetrieebene und müßte daher optisch-aktiv sein. Dies ist aber nicht der Fall, und zwar nach Ladenburg deshalb, weil diese Strukturformel durch eine Ebene in zwei gleiche Teile geteilt wird, von denen die eine Hälfte durch Drehung um 180° nach der Achse dieser Ebene zum Spiegelbilde der anderen wird.

Die Frage, ob Racemverbindungen im flüssigen Zustande existieren können, hat Ladenburg dadurch zu entscheiden gesucht, daß er *d*- und *l*-Coniin mit einander mischte und dabei eine Wärmetönung feststellen konnte. Ladenburg sprach infolgedessen das inaktive Coniin als racemische Verbindung an. Diese Ausdrucksweise ist zweifellos zu weitgehend; man wird vielmehr in Übereinstimmung mit Meyerhoffer in seiner von van't Hoff herausgegebenen Monographie über die Gleichgewichte der Stereoisomeren besser sagen, daß die Wärmetönung bei der Mischung der beiden thermodynamisch gleichen opti-

schen Antipoden des Coniins das Entstehen von Molekeln der Racemform beweist, eine Auffassung, der sich Ladenburg gesprächsweise mir gegenüber auch völlig angeschlossen hat.

Zur Erkennung fester Racemverbindungen schlug Ladenburg vor, eine gesättigte Lösung des Inactivums herzustellen und dann diese Lösung mit einem Zusatz der aktiven Form zu schütteln. War das Inactivum ein Gemenge aus gleichen Teilen Rechts- und Linksform, so blieb die gelöste Menge ungeändert und die Lösung inaktiv. War aber das Inactivum eine Racemverbindung, so wurde der aktive Zusatz gelöst und die Lösung aktiv. Die Berechtigung dieses Kriteriums führte Ladenburg experimentell bei verschiedenen Säuren und Salzen durch. Sein Versuch, diese Methode auch zur Entscheidung der Frage nach flüssigen Racemformen auszudehnen, konnte von Roozeboom als unzulässig dargetan werden, der etwa gleichzeitig das Problem vom Standpunkte der Phasenlehre sehr exakt und eingehend behandelte.

Schließlich hat Ladenburg die Spaltungsmethode von Racemformen durch Zufügung eines optisch-aktiven Stoffes durch seine Untersuchungen über die partielle Racemie aufgeklärt. In einer ganzen Reihe von Fällen konnte er zeigen, daß sich die Racemformen mit dem aktiven Zusatz zu partiell racemischen Verbindungen vereinigen, deren Zerfall in die aktiven Einzelkomponenten von den Temperaturbedingungen abhängt.

Wie schon erwähnt, stand eine der ersten Lindeschen Maschinen zur Luftverflüssigung im Hörsaal des Breslauer Chemischen Instituts, und bald suchte Ladenburg dieses neue Hilfsmittel zu eigenen wissenschaftlichen Untersuchungen zu benutzen. Zuerst stellte er (zusammen mit Krügel) die physikalisch-chemischen Konstanten einer großen Zahl von Stoffen bei tiefen Temperaturen fest; dann wandte er sich zur Herstellung von möglichst hochprozentigem Ozon durch fraktionierte Destillation eines verflüssigten Sauerstoff-Ozon-Gemisches. Von besonderer Bedeutung wurde die von ihm exakt durchgeführte elegante Methode zur Molekelgewichtsbestimmung des Ozons und die Feststellung der genauen quantitativen Bestimmung dieses wichtigen Oxydationsmittels.

Die Molekelgewichtsbestimmung erfolgte etwa in folgender Weise: Ein Gefäß mit zwei Hähnen wurde mit reinem Sauerstoff gefüllt und gewogen; darauf geschah das Gleiche mit ozonhaltigem Sauerstoff. Der letztere wiegt a mg mehr — Gleichheit des Druckes und der Temperatur vorausgesetzt —, weil eine bestimmte Anzahl Sauerstoffmolekeln durch eine gleiche Anzahl Ozonmolekeln ersetzt ist. Das Volumen, welches das Ozon in dem Sauerstoffgemenge einnimmt, läßt sich durch Absorption des Ozons in Terpentinöl bestimmen und

betrage v ccm. Das Gewicht von v ccm Ozon muß nun gleich sein dem Gewicht von v ccm Sauerstoff plus a und folglich betragen $v \cdot 1.43 + a$ mg (1.43 ist das Gewicht von 1 ccm Sauerstoff bei 0° und 760 mm Druck). Das Gewicht g von 1 ccm Ozon ist also

$$g = \frac{v \cdot 1.43 + a}{v}.$$

Ladenburg fand bei einem seiner Versuche a gleich 16.3 mg und v gleich 26.0 ccm, woraus g zu 2.06 mg folgt. 1 ccm Ozon wiegt demnach

$$\frac{2.06}{1.43} = 1.45\text{-mal}$$

so viel als ein gleiches Volumen Sauerstoff. Ist die Molekel Sauerstoff O_2 , so muß die des Ozons O_3 sein.

Die quantitative Bestimmung des Ozons beruht auf der Reaktion dieses Stoffes mit Jodkaliumlösung



Es ist nun aber nicht gleichgültig, ob das Ozon auf eine neutrale oder eine saure Jodkaliumlösung einwirkt (vor der Jodtitration muß die Lösung sauer sein); im letzteren Falle erhält man scheinbar mehr Ozon als im ersteren. Gerade aus diesem Grunde wurde es häufig für richtig gehalten, die Ozonbestimmung durch Einleiten des ozonisierten Sauerstoffs in angesäuerte Jodkaliumlösung vorzunehmen. Ladenburg zeigte nun aber, daß dies unzulässig ist, und zwar dadurch, daß er die durch Titration bestimmte Ozonmenge mit derjenigen verglich, welche er durch Wägung feststellte. Diese Wägungen wurden wie bei der Molekelgewichtsbestimmung ausgeführt; die Gewichtszunahme a , mit drei multipliziert, ergibt die Menge Ozon. Dabei findet man, daß nur dann bei der Titration richtige Werte erhalten werden, wenn man den ozonisierten Sauerstoff in eine neutrale Jodkaliumlösung einleitet und erst nach erfolgter Jodausscheidung vor dem Zusatze der Natriumbiosulfatlösung ansäuert.

Die letzte chemische Arbeit Ladenburgs, die ich hier erwähnen will, ist seine in den Jahren 1901/02 durchgeführte Atomgewichtsbestimmung des Jods. Bald nach dem Bekanntwerden des periodischen Systems hatte sich schon der junge Ladenburg für diese wichtige Anordnung der Elemente sehr interessiert und ihre große Bedeutung erkannt. Er hat mir oft erzählt, daß er in seiner Heidelberger Zeit die Arbeiten Mendelejeffs und L. Meyers Bunsen gegenüber zu verteidigen hatte, der von diesen Spekulationen zunächst gar nichts wissen wollte. Um so mehr erregten die wenigen Unstimmigkeiten im Systeme die Aufmerksamkeit Ladenburgs, und zu diesen Unstimmigkeiten gehört ja vor allem die Vertauschung der Atom-

gewichte Jod-Tellur. Lange Zeit hatte man geglaubt, diese Differenz durch eine Neubestimmung des Atomgewichtes vom Tellur beseitigen zu können, aber alle dahin zielenden Versuche waren vergeblich. Daher drängte sich schließlich Ladenburg der Gedanke auf, daß man das Atomgewicht des Jods neu bestimmen müsse, eine Aufgabe, an die man sich nicht herangetraut hatte, da das Jod-Atomgewicht von Stas angegeben war, dessen Untersuchungen als unübertreffliche Muster der Exaktheit galten. Ladenburg unternahm trotzdem diese Arbeit, und er fand bei einer sehr gut durchgeführten Reihe von Versuchen, die in der Umwandlung von AgJ in AgCl bestanden, das Atomgewicht des Jods zu 126.943, d. h. erheblich höher als Stas, der 126.850 erhalten hatte. Bald nach Ladenburg wurde das Atomgewicht des Jods noch mehrmals bestimmt, und der genaueste Wert, den wir wohl Baxter (1904 und 1905) verdanken, beträgt 126.930, kann also im großen ganzen als eine Bestätigung der Ladenburgschen Zahl angesehen werden. Da das Atomgewicht des Jods zu unseren Fundamentalwerten gehört, ist die Wichtigkeit dieser Untersuchungen, die einen wesentlichen Fortschritt über Stas hinaus bedeuten, ohne weiteres klar, wenn auch die Unstimmigkeit Jod-Tellur im periodischen System dadurch nicht beseitigt worden ist.

Im Jahre 1902 erhielt Ladenburg von dem Vorstande der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte die Aufforderung, auf der Naturforscher-Versammlung in Kassel 1903 den ersten Vortrag in der allgemeinen Sitzung zu übernehmen. Ladenburg sagte zu, und nach einigem Schwanken entschloß er sich, keinen Gegenstand aus seiner Spezialwissenschaft zu wählen, sondern ein allgemeines Thema zu behandeln. Er sprach über den Einfluß der Naturwissenschaften auf die Weltanschauung und entwickelte hierbei das materialistische Glaubensbekenntnis eines Naturforschers, der in den Gesetzen der naturwissenschaftlichen Erfahrung den Schlußstein der Erkenntnis sieht. Der Ladenburgsche Vortrag, der von allen Tageszeitungen im Auszuge wiedergegeben und sehr bald auch durch den Druck ausführlich allgemein zugänglich gemacht wurde, erregte sehr großes Aufsehen. Alle diejenigen, welche aus wissenschaftlichen, praktischen und politischen Gründen eine derartige Weltanschauung als ungeeignet ansahen, richteten sich gegen Ladenburg. Zeitungsartikel, Broschüren und ganze Bücher wurden gegen ihn veröffentlicht. Man machte ihm den — zweifellos unbegründeten — Vorwurf, daß er alle anders Denkenden und die Religion habe beleidigen wollen, und die Angriffe auf ihn waren um so unangenehmer, als sie sehr vielfach das sachliche Gebiet verließen und rein persönlich wurden, so daß das Jahr 1903/04 jedenfalls das unerquicklichste war, das Ladenburg erlebt hat.

Eine Genugtuung bereitete es ihm, daß er 1904 bei der Naturforscher-Versammlung in Breslau als Geschäftsführer fungieren konnte. Als Einführender der Chemischen Abteilung hatte er die große Freude, zahlreiche hervorragende Fachgenossen zu begrüßen und eine viele Vorträge zählende Reihe von Sitzungen sich abspielen zu sehen. Noch allen Teilnehmern ist wohl der Abend in Erinnerung, zu dem Ladenburg damals in seine Villa eingeladen hatte. Da drängte sich in den schönen Räumen eine zahlreiche Menge; zweihundert und mehr Gäste mochten zugegen sein. Neben den Chemikern sah man viele Physiker und Mathematiker; neben den ausdrucksvollen Gelehrtenköpfen die Gestalten anmutiger Frauen. Und dazwischen standen Ladenburg, seine Gattin, seine erwachsenen Söhne; jeder Gast sah hier in ein erfolgreiches und glückliches Leben hinein. Auch ich war damals unter der Schar jener Gäste — und ich ahnte nicht, daß es der letzte ungetrübt glückliche und prächtige Gesellschaftsabend im Hause Ladenburg sein sollte, den ich hier mitbegehen half.

In den Weihnachtsferien 1904/05 klagte mir Ladenburg, daß er an seinem rechten Fuße eine kleine wunde Stelle habe, die ihm solche Schmerzen bereite, daß er Nachts nicht schlafen könne. Auf meinen Rat, doch dann lieber in den Ferien zu Hause zu bleiben und den Fuß zu schonen, antwortete er mir — gleichsam als ob er seine kommende Krankheit voraussähe —, er könne den Laboratoriumsbesuch nicht einstellen, denn die Arbeit, die er gerade vorhabe (über den asymmetrischen Stickstoff), müsse jetzt zu Ende geführt werden, da man nie wisse, was sonst dazwischen kommen möchte. Aber trotz seiner Energie war es ihm nicht möglich, diese Untersuchung zu beenden, denn die Schmerzen wurden so arg, daß er seinen Arzt befragen mußte. Bald wurde noch ein Chirurg hinzugezogen, und da die Wunde gar nicht heilte, schritt man zu einer kleinen Operation. Aber auch diese brachte weder eine Heilung noch eine Linderung der Schmerzen; im Gegenteil das Übel ging stetig weiter; es zeigten sich Eitermassen, die immer neue operative Eingriffe nötig machten. Wochen und Wochen vergingen, ohne daß Ladenburg das Bett verlassen konnte, und schweren Herzens hatte er sich entschließen müssen, den Abteilungsvorsteher Professor Abegg mit der Vorlesung zu betrauen. Im März ließ sich Ladenburg von seinem Freunde, dem hervorragenden Breslauer Chirurgen Mikulicz, untersuchen und dieser erklärte, daß es sich um einen langsam fortschreitenden Prozeß handle, der nur dadurch beseitigt werden könne, daß man eine vollständige Amputation vornehme. Mikulicz riet zur sofortigen Operation und nahm, als diese zugestanden war, dieselbe in seiner Privat-

linik vor; Ladenburg verlor dadurch nicht nur den rechten Fuß, sondern auch das ganze rechte Bein bis zur Mitte des Oberschenkels. Angstvoll fragten sich seine Freunde, ob diese neue große Wunde nun heilen würde und ob der jetzt bald 63-jährige Mann das Gehen mit einem künstlichen Beine noch werde lernen können. Langsam schritt die Heilung vor, aber im Herbst 1905 war Ladenburg, dank der liebevollen Pflege durch seine Gattin, soweit, daß er in sein Amt zurückkehren konnte. Alle, die ihn sahen, waren überrascht, wie gut er sich nach diesem schweren Schläge erholt hatte. Die Jahre 1906 und 1907 verliefen so wieder leidlich. Ladenburg hatte seine Arbeiten und seine Lehrtätigkeit aufgenommen und fühlte sich trotz mancherlei gesundheitlicher Beschwerden noch rüstig genug zum Wirken und Schaffen. Freilich das alte Feuer war geschwunden, und nur manchmal blitzte es noch in seinen geistvollen Augen auf, wenn er glaubte, einen Versuch beendet zu haben, der die ihm so am Herzen liegende Isomerie der Isoconiin-Gruppe bewies. Nur wenige wußten, wie große Energie und Zähigkeit der körperlich immer schwächlich erscheinende Mann aufwenden mußte, um allen seinen Pflichten zu genügen; denn außer dem Verlust des einen Beines quälten ihn gelegentlich Blasen- und Nierenbeschwerden, die ihn in den Ferien zu dem häufigen Besuche von Wildungen veranlaßten; in den Sommerferien 1906 ließ er sich dort einen Blasenstein operativ entfernen.

In diesen leidlichen Zustand fiel unerwartet Pfingsten 1908 ein neues Unglück. Ladenburgs ältester Sohn Erich, der als Privatdozent der Physik in Berlin eine hoffnungsvolle wissenschaftliche Tätigkeit begonnen hatte, erkrankte beim Segeln auf einem der Berliner Havelseen. Für den schon schwer leidenden Mann war dieser Schmerz doppelt herb, da von seinen drei Söhnen der jüngste 1901 als siebzehnjähriger Jüngling bereits einem zehrenden Herzleiden erlegen war. Die Trauer und Aufregung wirkten ungünstig auf den Zustand Ladenburgs, und dazu kam jetzt noch, daß auch der linke Fuß sehr schmerzhaft, wunde Stellen zu zeigen begann, die nach den Erfahrungen am rechten Beine zu großer Beängstigung Veranlassung gaben. Im Wintersemester 1908/09 mußte Ladenburg seine Lehrtätigkeit krankheitshalber mehrmals aussetzen und sich durch Abegg vertreten lassen.

Da traf ihn im März 1909 der schwerste Schlag: seine Gattin starb nach kurzem Leiden an einer Kehlkopferkrankung, die zuerst ziemlich harmlos erschienen war. Ladenburg wurde damals so krank, daß alle sein Ableben befürchteten, und an der Beerdigung seiner Frau konnte er nicht teilnehmen; zu all seinen Beschwerden hatte ihn noch eine heftige Lungenentzündung befallen. Niemand durfte den Schwerkranken besuchen, und als ich nach vielen Wochen als

einer der ersten wieder an seinem Bette saß, erschrak ich über das Aussehen des Patienten: Ladenburg war völlig zum Greise geworden, und mit schwacher Stimme teilte er mir mit, daß er sein Lehramt nicht wieder aufnehmen würde. Aber auch von dieser Krankheit erholte sich Ladenburg, so daß er im Sommer wieder ausfahren und an den Beratungen über seine Nachfolge an der Breslauer Universität teilnehmen konnte. Sein Wunsch war es, daß Knorr aus Jena seinen Lehrstuhl einnehmen möchte, und dieser wurde auch an erster Stelle vorgeschlagen. Das Ministerium aber wählte den an zweiter Stelle genannten E. Buchner, der Oktober 1909 nach Breslau übersiedelte.

Noch zwei Lebensjahre waren Ladenburg beschieden, doch es waren Jahre des Leidens und der Krankheit. Er konnte nur selten seinen Rollstuhl verlassen, und die Schmerzen am Fuße waren oft so heftig, daß er sie nur durch Arzneien überwinden konnte. Auch Blasenbeschwerden plagten ihn in trauriger Weise.

Aber noch lebte in dem Greise die Liebe zu seiner Wissenschaft. Nicht nur daß er die neue Literatur emsig verfolgte, nein er arbeitete auch selbst noch mit. Er brachte seine in ausgezeichnete Weise geschriebenen populären naturwissenschaftlichen Vorträge über die verschiedensten chemischen und physikalischen Gegenstände in erster und zweiter Auflage zum Druck und ließ durch seinen Assistenten Versuche über die Racemie flüssiger Stoffe anstellen; freilich tragen seine letzten Experimentalarbeiten bereits deutliche Spuren des Alters. — Auch die Breslauer chemische Gesellschaft besuchte er, wenn es sein Zustand irgend erlaubte, und er hat sogar im Februar 1911 dort noch einen kurzen Vortrag gehalten. Diese Zeit benutzte er auch, um der Stadt Breslau einige wohltätige Stiftungen zu machen. Der Universität Breslau widmete er zum Gedenken an seinen verstorbenen Sohn Erich ein Kapital, dessen Zinsen alle drei Jahre einen Preis für die hervorragende wissenschaftliche Leistung eines jüngeren Chemikers oder Physikers darstellen sollen.

Lichtpunkte in Ladenburgs Leidenszeit waren es, als ihn Ende des Jahres 1909 die Berliner und die Pariser Akademie der Wissenschaften zu ihrem Mitgliede ernannten. Diese Anerkennung seiner Fachgenossen an zwei so hervorragenden Stellen hat dem Kranken eine hohe Freude bereitet, obwohl ein so erfolgreiches Leben als das Ladenburgsche schon vielerlei Ehrungen mit sich gebracht hatte. Daß er bereits 1886 Ehrenmitglied der Englischen Chemischen Gesellschaft geworden war, hatte ich erwähnt; außerdem war er korrespondierendes Mitglied der Académie de Médecine in Paris, der Manchester litter. and phil. Society, der Frank

furter Physikalischen Gesellschaft, der Pharmaceutical Society of Great Britain, des Philadelphia College of Pharmacy und Adjunkt der Leopoldina zu Halle. 1902 erhielt er von der Medical Pharmaceutical Society in London die Hanbury-Medaille und 1907 von der Royal Society die Davy-Medaille. 1884 hatte ihn die Universität Bern zum Ehrendoktor der Medizin ernannt; 1907 war er Vize-Präsident der Deutschen Chemischen Gesellschaft.

Je weiter das Jahr 1911 fortschritt, desto mehr nahmen Ladenburgs Kräfte ab; so sehr sich Geist und Körper auch dem Verfall widersetzen, die Zerstörung nahm unaufhaltsam ihren Lauf. Die Sommermonate brachten Ladenburg noch eine große Freude. Sein letzter Sohn Rudolf, der seit 1908 als Privatdozent der Physik an der Breslauer Universität habilitiert war, verlobte sich mit der Tochter des Ophthalmologen Geheimrat Uhthoff. Die Hochzeit wurde auf den 15. August festgesetzt, und die Trauung sollte im kleinsten Kreise im väterlichen Hause stattfinden, damit der Kranke bei dieser feierlichen Handlung zugegen sein konnte; dieses Fest noch zu erleben, war seine letzte Hoffnung.

In den ersten Augusttagen 1911 feierte die Universität Breslau ihr hundertjähriges Jubiläum. Da Ladenburg viel zu leidend war, um sein Haus und seinen Rollstuhl verlassen zu können, besuchte ich ihn bald nach Beendigung der Feierlichkeiten am 5. August, um ihm von meinen Eindrücken zu erzählen. Ich fand ihn schwach und von Schmerzen gequält, aber nicht schlechter als sonst. Beim Abschied erklärte ich ihm, daß ich ihn jetzt einige Zeit nicht aufsuchen würde, da er ja Besuch durch seine zur Hochzeit des Sohnes kommenden Verwandten haben werde. Ladenburg nickte dazu und gab mir die Hand — »aber dann kommen Sie bald wieder«, sagte er; es waren die letzten Worte, die ich von ihm hörte. Als ich am 15. August früh ins Laboratorium ging, gab ich zunächst auf einem Postamt ein Glückwunschtelegramm zur Ladenburgschen Hochzeit auf. Im Laboratorium angekommen, hatte ich mich kaum an meine Arbeit gemacht, als der telephonische Bescheid eintraf, Ladenburg sei in der Nacht vom 14. zum 15. August (um 1 Uhr) sanft entschlafen. Er hatte die Trauung des Sohnes nicht mehr erlebt.

Am 18. August wurde Ladenburg zu Grabe getragen. An seinem Sarge sprachen der Geistliche der reformierten Hofgemeinde, Pastor Renner, für die Universität der Mineraloge Geheimrat Hintze, und für die Stadt Breslau und zugleich im Namen der Freunde der Oberbürgermeister Dr. Bender. Dann folgte noch der kurze Weg von der Ladenburgschen Villa nach dem reformierten Friedhofe, ein kurzes

Gebet, ein Senken der Fahnen der studentischen Korporationen, drei Hände Erde — und Ladenburg ruhte neben seinen vor ihm heimgegangenen Lieben aus von Arbeit und Erfolg, von Lust und Schmerz.

Wie nur wenigen ist es Ladenburg vergönnt gewesen, durch vierzig Jahre hindurch mit größtem Erfolge an dem Ausbau seiner Wissenschaft mitzuarbeiten. Seine Beiträge zur Konstitution des Benzols, seine Untersuchungen über die heterocyclischen Verbindungen, seine Erfolge bei der synthetischen Darstellung der Alkaloide werden immer als klassische Beispiele großartiger chemischer Leistungen gelten. Seine ungemeine wissenschaftliche Vielseitigkeit zeigte sich in seinen Arbeiten über die Racemie, seinen vortrefflichen Abhandlungen über das Ozon und das Jod, sein kritisch-historischer Blick in seiner wertvollen Geschichte der Chemie. Ladenburgs äußere Formen waren nicht immer liebenswürdig; auch sein stark entwickeltes Selbstgefühl hat ihm manchen Gegner gemacht. Aber alle schätzten an ihm die unbedingte Wahrheitsliebe und den ehrlichen Drang nach Erkenntnis. Wer bei naher Bekanntschaft durch die äußere Hülle hindurch sein eigentliches Wesen kennen lernte, der sah eine Persönlichkeit, der er immer mit Liebe, Achtung und Dankbarkeit sich erinnern wird.

W. Herz.

Arbeiten von A. Ladenburg.

Abkürzungen:

A. = Liebigs Annalen der Chemie.

Ang. Chem. = Zeitschrift für angewandte Chemie.

B. = Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft.

Bl. = Bulletin de la Société chimique.

C. = Comptes rendus de l'Académie.

Chim. Phys. = Annales de Chimie et de Physique.

Prakt. Chem. = Journal für praktische Chemie.

Preuß. Akad. = Berichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

Soc. = Journal of the Chemical Society London.

1865.

1. Eine neue Methode der Elementaranalyse. A. 135, 1.

1866.

2. Synthese der Anissäure und ihrer Homologen. Bl. 1866, 414, 423.
3. (Mit Leverkus.) Über die Konstitution des Anethols. C. 63, 89.

1867.

4. Synthese der Anissäure und einer mit ihr homologen Säure. A. 141, 241.
5. (Mit Fitz.) Über einige Derivate der Paraoxybenzoesäure. A. 141, 247.
6. (Mit Leverkus.) Über die Konstitution des Anethols. A. 141, 260.
7. (Mit Friedel.) Über das Siliciumchloroform und dessen Derivate. A. 143, 118.

8. (Mit Friedel.) Über ein gemischtes Anhydrid der Kieselsäure und Essigsäure. Bl. 1867, 213.
9. (Mit Friedel.) Über ein Siliciummercaptan. Bl. 1867, 472.
10. (Mit Friedel.) Über das Carbodimethyldiäthyl. Bl. 1867, 65.

1868.

11. Über eine neue Bildungsweise des Kohlenoxysulfids. B. 1, 273.
12. (Mit Wichelhaus.) Über die Einwirkung von Brom auf ätherartige Verbindungen. B. 1, 33.
13. (Mit Friedel.) Über ein Siliciumoxychlorür. B. 1, 86.
14. (Mit Friedel.) Über einige Siliciumverbindungen. C. 66, 816.

1869.

15. Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie in den letzten hundert Jahren. Braunschweig.
16. Über eine neue Bildungsweise des Kohlenoxysulfids. B. 2, 30, 53.
17. Die Einwirkung von Natrium auf das Monochlorhydrin des Äthylsiliciums. B. 2, 80.
18. Bemerkungen zur aromatischen Theorie. B. 2, 140.
19. Über Benzolformeln. B. 2, 272.
20. Über Anethol. B. 2, 189, 371.
21. Einwirkung von Schwefelkohlenstoff auf Oxamid und Acetamid. B. 2, 271.
22. Über die Molekulargewichte einiger Oxydulverbindungen. B. 2, 706.
23. (Mit Friedel.) Über die Einwirkung des elektrischen Stromes auf Silicium in Gegenwart von Wasserstoff. B. 2, 16.
24. (Mit Friedel.) Über Siliciumverbindungen. B. 2, 60, 161, 189.

1870.

25. Über die Einwirkung von Natrium auf Essigäther. B. 3, 305.
26. Über Zinnverbindungen. B. 3, 353.
27. Zur Kenntnis des Stanntriäthyls. B. 3, 647.
28. Über Derivate des Anethols. A. Suppl. 8, 87.
29. Über das Molekulargewicht einiger Oxydule. A. Suppl. 8, 55.
30. (Mit Wichelhaus.) Über die Einwirkung von Brom auf Äther. A. 152, 163.
31. (Mit Friedel.) Über Silicopropionsäure. B. 3, 15; C. 70, 1407.
32. (Mit Friedel.) Über die Äthylreihe des Siliciums. Bl. 1870, 92.

1871.

33. Über das Zinntriäthylphenyl. B. 4, 17; A. 159, 251.
34. Über einige Reaktionen des Stanntriäthyls. B. 4, 19.
35. Bemerkungen zu einer Abhandlung von Grieb. B. 4, 347.
36. Über die Reduktionsprodukte des Kieselsäureäthers und einiger ihrer Derivate. B. 4, 726.
37. Über die Silicoheptylreihe. B. 4, 901.
38. (Mit Friedel.) Über die Silicopropionsäure. C. 70, 1407; A. 159, 259.

1872.

39. Über die Silicoheptylreihe. B. 5, 318.
40. Zur Konstitution des Benzols. B. 5, 322.

41. Über die Reduktionsprodukte des Kieselsäureäthers. B. 5, 565.
42. Über die Natur der in den Pflanzen vorkommenden Siliciumverbindungen. B. 5, 568.
43. Über die Reduktionsprodukte des Orthoameisensäureäthers. B. 5, 752.
44. Über die Anwendung der Elektrolyse zur Molekulargewichtsbestimmung. B. 5, 753.
45. Die Pentachlorbenzole. B. 5, 789.
46. Über die Einwirkung von Zinkäthyl auf Kieselsäuremethyläther. B. 5, 1081.
47. Über die Reduktionsprodukte des Kieselsäureäthers und dessen Derivate. A. 164, 300.

1873.

48. Die Pentachlorbenzole. B. 6, 32.
49. Versuche zur Synthese von Tyrosin. B. 6, 129.
50. Über aromatische Verbindungen, welche Silicium enthalten. B. 6, 379.
51. Über die Silicoessigsäure und ihre Äther. B. 6, 2029.
52. (Mit Demole.) Über das Äthylenchlorhydrat. B. 6, 2023.

1874.

53. Über aromatische Siliciumverbindungen. B. 7, 387.
54. Über das Mesitylen. B. 7, 1133.
55. Zur Konstitution des Benzols. B. 7, 1684.
56. Über neue Siliciumverbindungen. A. 173, 143.

1875.

57. Über die Konstitution des Mesitylens. A. 179, 163.
58. Über isomere Bisubstitutionsprodukte des Benzols. B. 8, 535, 853.
59. Zur Konstitution des Benzols. B. 8, 1209.
60. Polemisches und Theoretisches. B. 8, 1666.

1876.

61. Theorie der aromatischen Verbindungen. Braunschweig.
62. Derivate von Diaminen. B. 9, 219.
63. Entgegnung. B. 9, 369.
64. Kondensationsvorgänge in der Orthoreihe. B. 9, 1524.
65. Nekrolog auf Ludwig Carius. B. 9, 1992.

1877.

66. Zur Konstitution des Oxythymochinons. B. 10, 49.
67. Über Ammoniumverbindungen. B. 10, 561, 1152.
68. Kondensationsvorgänge in der Orthoreihe. II. B. 10, 1123.
69. Über Benzolformeln. B. 10, 1154.
70. Derivate des Orthotoluidins. B. 10, 1260.
71. Zur Frage nach der Valenz des Stickstoffs (z. T. mit Struve). B. 10, 43, 1634.
72. (Mit Engelbrecht.) Derivate des Thymols. B. 10, 1218.

1878.

73. Über die Aldehydine, eine neue Klasse von Basen. B. 11, 590.
74. Einfache Methode zur Darstellung der Aldehydine. B. 11, 1648.
75. Experimentelle Methode zur Erkennung von Orthodiaminen ihren Isomeren gegenüber. B. 11, 600.

76. Bemerkung zu einer Arbeit von H. Schiff. B. 11, 835.
 77. Experimentelle Ortsbestimmungen. B. 11, 1650.
 78. (Mit Engelbrecht.) Über einige Phenyl-aldehydine. B. 11, 1653.
 79. (Mit Rügheimer.) Über die Aldehydine. B. 11, 1656.
 80. (Mit Wundt.) Untersuchungen über den absoluten Siedepunkt. B. 11, 818.

1879.

81. Künstliches Atropin. B. 12, 941.
 82. Über das Tropidin. B. 12, 944.
 83. Über einige Derivate der Tropasäure. B. 12, 947.
 84. Über das Diisobutylamin. B. 12, 948.
 85. (Mit Rügheimer.) Derivate des Orthotoluylendiamins. B. 12, 951.

1880.

86. (Mit Friedel.) Über die Äthylreihe des Siliciums. Chim. Phys. 1880, 390.
 87. Künstliche Alkaloide. B. 13, 104.
 88. Über das Tropidin. B. 13, 252.
 89. Über das Hyoscyamin. B. 13, 254.
 90. Über das Duboisin. B. 13, 257.
 91. (Mit Rügheimer.) Künstliche Bildung der Tropasäure. B. 13, 373.
 92. (Mit G. Meyer.) Über das Daturin. B. 13, 380.
 93. Beziehungen zwischen Hyoscyamin und Atropin und Verwandlung des einen Alkaloids in das andere. B. 13, 607.
 94. Die Alkaloide aus Belladonna, Datura, Hyoscyamus und Duboisia. B. 13, 909; C. 90, 874.
 95. Über Tropeine. B. 13, 1081; C. 90, 920.
 96. Nachtrag zum Homatropin. B. 13, 1340.
 97. Über das Hyoscin. Ber. 13, 1549.
 98. (Mit Rügheimer.) Synthese der Tropasäure. B. 13, 2041.

1881.

99. Zur Konstitution des Tropins. B. 14, 227.
 100. Versuche zur Synthese des Tropins und dessen Derivate. B. 14, 1342.
 101. Über das Hyoscin. B. 14, 1870.
 102. Die Alkamine. B. 14, 1876.
 103. Zerlegung des Tropins. B. 14, 2126, 2403.
 104. Die Alkine. B. 14, 2406.

1882.

105. Zur Geschichte des Atropins. B. 15, 133.
 106. Über das Pirylen. B. 15, 1024.
 107. Über einige Tropeine. B. 15, 1025.
 108. Zerlegung des Tropins. B. 15, 1028, 1140.
 109. Die Alkine. B. 15, 1143.
 110. Über Benzolformeln. B. 15, 1782.

1883.

111. Über die Imine. B. 16, 1149.
 112. Die Konstitution des Atropins. A. 217, 74.
 113. Darstellung der Chlorhydrine. B. 16, 1407.

114. Über das Hydrotropidin. B. 16, 1408.
 115. Methode zur Synthese in der Pyridinreihe. B. 16, 1410.
 116. Vorlesungsversuche. B. 16, 1479.
 117. Über die Einwirkung von Methylalkohol auf salzsaures Piperidin. B. 16, 2057.
 118. Über die Synthese des γ -Äthyl-pyridins und die Beziehungen des Pyridins zum Benzol. B. 16, 2059.

1884.

119. Über das Verhalten der Diamine gegen salpetrige Säure. B. 17, 147.
 120. Über Piperäthylalkinbromür. B. 17, 154.
 121. Synthese des Piperidins. B. 17, 156.
 122. Das Unterchlorigsäureanhydrid in der Vorlesung. B. 17, 157.
 123. Synthese des Piperidins und seiner Homologen. B. 17, 388.
 124. Über synthetische Pyridin- und Piperidinbasen. B. 17, 772.
 125. Über das Isopropyl-piperidin. B. 17, 1676.
 126. (Mit Roth.) Über das Hyoscin. B. 17, 151.
 127. (» ») Über das Belladonnin. B. 17, 152.
 128. (» ») Nachweis der Identität von synthetischem Piperidin mit dem aus Piperin gewonnenen. B. 17, 513.
 129. (Mit Schrade.) Über Isopropyl-pyridin. B. 17, 1121.

1885.

130. Über Derivate des Dimethyl-piperidins. B. 18, 55.
 131. Über synthetische Pyridin- und Piperidinbasen. B. 18, 1587.
 132. Über die Imine. B. 18, 2956.
 133. Über Äthyl-pyridine und Äthyl-piperidine. B. 18, 2961.
 134. Einfache Methode zur Ortsbestimmung in der Pyridinreihe. B. 18, 2967.
 135. Piperidin aus Pentamethylendiamin. B. 18, 3100.
 136. (Mit Roth.) Studien über das käufliche Picolin. B. 18, 47.
 137. (» ») Isolierung des sogenannten α -Lutidins. B. 18, 913.
 138. (» ») Über ein neues Lutidin. B. 18, 1590.

1886.

139. Über Hopein. B. 19, 783.
 140. Synthese der aktiven Coniine. B. 19, 2578.
 141. Über Pentamethylendiamin und Tetramethylendiamin. B. 19, 780.
 142. Versuche zur Synthese des Coniins. B. 19, 439.
 143. Noch ein Wort zur Konstitution des Benzols. B. 19, 971.
 144. Über das spezifische Drehungsvermögen der Piperidinbasen. B. 19, 2584.
 145. Über die Identität des Cadaverins mit dem Pentamethylendiamin. B. 19, 2585.
 146. Über das optische Drehungsvermögen der Piperidinbasen. II. B. 19, 2975.
 147. (Mit Roth.) Berichtigung. B. 19, 2536.
 148. Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie usw. 2. Auflage.

1887.

149. Über die Konstitution des Benzols. B. 20, 62.
 150. Über das Pyrrolidin. B. 20, 442.
 151. Über das Styrol der Pyridinreihe. B. 20, 1643.

152. Über die Piperideinreihe. B. 20, 1645.
 153. Neue Bildungsweise des Pyrrolidins. B. 20, 2215.
 154. Die Konstitution des Tropins. B. 20, 1647.
 155. Über die Identität des Cadaverins mit dem Pentamethyldiamin. B. 20, 2216.
 156. (Mit Petersen.) Über das Duboisin. B. 20, 1661.

1888.

157. Über die Beziehungen zwischen Atropin und Hyoscyamin. B. 21, 3065.
 158. Über γ -Picolin und γ -Pipicolin. B. 21, 285.
 159. Über Dipicolylmethan. B. 21, 3099.
 160. Über die Konstitution des Benzols. A. 246, 382.
 161. Über Pyridin- und Piperidinbasen. A. 247, 1.
 162. (Mit Abel.) Über das Äthylenimin (Spermin?). B. 21, 758.
 163. (• •) Nachtrag zu der Mitteilung über das Äthylenimin. B. 21, 2706.

1889.

164. Nachtrag zu der Mitteilung über die Synthese der aktiven Coniine. B. 22, 1403.
 165. Molekulargewichtsbestimmungen aus dem osmotischen Druck. B. 22, 1225.
 166. Synthese sauerstoffhaltiger Pyridin- und Piperidinbasen. B. 22, 2583.
 167. (Mit Öhlschlägel.) Über das Pseudoephedrin. B. 22, 1823.
 168. (Mit Hundt.) Über die Darstellung optisch-aktiver Tropasäure und optisch-aktiver Atropine. B. 22, 2590; Preuß. Akad. 1889, 527.

1890.

169. Über die Umwandlung von Tropidin in Tropin. B. 23, 1780, 2225.
 170. Über zwei β -Picoline, die Konstitution des Pyridins und des Benzols. B. 23, 2688.
 171. Über β -Picolin. B. 23, 3555.
 172. Über das Diäthylenditmin. B. 23, 3740.
 173. (Mit Sieber.) Über Trimethylenimin und eine neue Synthese des β -Picolins. B. 23, 2727.

1891.

174. Über die Piperidincarbonsäuren. B. 24, 640.
 175. Synthese sauerstoffhaltiger Pyridine und Pyridinbasen. Synthese des Hydrotropins und Paratropins. B. 24, 1619.
 176. Über Tropeine. B. 24, 1628.
 177. Nachtrag zu den Eigenschaften des Diäthylendiimins! (Piperazins). B. 24, 2400.
 178. (Mit Adam.) Über ein neues Alkaloid aus *Conium maculatum*, seine Konstitution und Versuche zu seiner Synthese. B. 24, 1671.

1892.

179. Über das Hyoscin. B. 25, 2388.
 180. Über ein Dimethyldiperidyl. B. 25, 2792.
 181. (Mit Karau und Wendler.) Über die Piperidin-carbonsäuren. B. 25, 2768.

1893.

182. Synthese sauerstoffhaltiger Pyridin- und Piperidinbasen. III. B. 26, 1060.
 183. Berichtigung. B. 26, 1069.

184. Über die Krystallform des Scopolin-platinsalzes. A. 276, 345.
185. Über das Isoconiin, ein neues Isomeres des Coniins, und über den asymmetrischen Stickstoff. Preuß. Akad. 1893, 479; B. 26, 854; Bl. 9, 801.
- 1894.
186. Über die Hydrierungsmethode durch Natrium und Alkohol. B. 27, 78.
187. Die Spaltung von β -Pipicolin und Tetrahydro-chinaldin in ihre optischen Isomeren. B. 27, 75.
188. Über das Isopipicolin und den asymmetrischen Stickstoff. B. 27, 853.
189. Über reines *d*-Coniin. B. 27, 858.
190. Über die Krystallform des Isoconiin-platins. B. 27, 859.
191. Krystallform des weinsäuren β -Pipicolins. B. 27, 1409.
192. Über das Methyl-glyoxalidin oder Lysidin. B. 27, 2952.
193. Über reines *d*-Coniin. II. B. 27, 3062.
194. (Mit Scholtz.) Synthese der Piperinsäure und des Piperins. B. 27, 2958.
195. (Mit Mugdan und Brzostovicz.) Über die Konstitution des Dimethyl-piperidins und seiner Homologen. A. 279, 344.
- 1895.
196. Über τ -Coniin. B. 28, 163.
197. Über das Methyl-tetrahydrochinolin (Kairolin) und das Tetrahydrochinolin-methylat. B. 28, 1171.
198. Über Racemie und Wärmetönungen beim Vermischen von Flüssigkeiten. B. 28, 1991.
199. Über molekulare Symmetrie und Asymmetrie. B. 28, 1995.
200. Über die Spaltung der Pyroweinsäure in ihre optischen Komponenten. B. 28, 1170.
201. Über Lysidin. B. 28, 3068.
202. Erwiderung. B. 28, 3105.
- 1896.
203. Zur Konstitution des Tropins. B. 29, 421.
204. Über das Isopipicolin. B. 29, 422.
205. Das spezifische Drehvermögen der Pyroweinsäure. B. 29, 1254.
206. Über den asymmetrischen Stickstoff. IV: Über das Isoconiin. B. 29, 2706.
207. Über den asymmetrischen Stickstoff. V: Die Imide der Weinsäure und Benzoyl-weinsäure. B. 29, 2710.
- 1897.
208. Über Racemie und Wärmetönungen beim Vermischen von Flüssigkeiten. B. 30, 485.
209. (Mit Herz.) Über die Existenz kondensierter Ringe mit Paraverkettung. B. 30, 1586, 3043.
210. (Mit Herz.) Über die Benzylimide der Äpfelsäure. B. 30, 1582.
211. Zur Abwehr. A. 295, 370.
- 1898.
212. Isomerien in der Piperidinreihe. B. 31, 286.
213. Über das *N*-Methyl-pipicolin. B. 31, 291.
214. Über Racemie. B. 31, 524.
215. Über das α -Äthyl-piperidin und sein Methylderivat. B. 31, 290.

216. (Mit Herz.) Über partielle Racemie. B. 31, 937.
217. Vorlesungsversuche mit flüssiger Luft. B. 31, 1968.
218. (Mit Doctor.) Über partielle Racemie. B. 31, 1969.
219. Über das Ozon. B. 31, 2508.
220. Über Dichte und Molekulargewicht des Ozons. B. 31, 2830.
221. Synthetische Alkine der Pyridin- und Piperidinreihe. A. 301, 117.
- 1899.
222. Über die Einwirkung von Äthylenjodür auf Pyridin. B. 32, 42.
223. (Mit Krügel.) Über die spezifischen Gewichte der flüssigen Luft und einiger anderer verflüssigter Gase. B. 32, 46.
224. (Mit Doctor.) Die Umwandlungstemperatur des neutralen traubensauren Strychnins. B. 32, 50.
225. Über Dichte und Molekulargewicht des Ozons. B. 32, 221.
226. Zur Erkennung von Racemkörpern. B. 32, 864, 1822.
227. Beitrag zur Charakteristik racemischer Verbindungen. Soc. 75, 465.
228. (Mit Krügel.) Über die spezifischen Gewichte einiger verflüssigter Gase. B. 32, 1415.
229. (Mit Krügel.) Über die Messung tiefer Temperaturen. B. 32, 1818.
230. Nekrolog auf Charles Friedel. B. 32, 3721.
231. Synthetische Alkine der Pyridin- und Piperidinreihe. II. A. 304, 54.
- 1900.
232. (Mit Krügel.) Über die Messung tiefer Temperaturen. B. 33, 637.
233. (Mit Scholtze.) Über α, α_1 -Methyl-pyridin-carbonsäure. B. 33, 1081.
234. Über das Ozon. B. 33, 2283.
235. (Mit Krügel.) Über das Krypton. Preuß. Akad. 1900, 212, 727.
236. Die Entwicklung der Chemie in den letzten zwanzig Jahren. Stuttgart 1900.
- 1901.
237. Über die Hydrierungsmethode durch Natrium und Alkohol. B. 34, 200.
238. Eine neue Methode zur Molekulargewichtsbestimmung des Ozons. B. 34, 631.
239. (Mit Quasig.) Quantitative Bestimmung des Ozons. B. 34, 1184.
240. Über die Dichtigkeit des Ozons. B. 34, 1834.
241. Über das Isoconiin. B. 34, 3416.
242. Über Ozonbildung. B. 34, 3849.
- 1902.
243. Bildung von Tropin aus Tropidin und die Synthese des Atropins. B. 35, 1159.
244. Über reines Jod. B. 35, 1256.
245. Über das Atomgewicht des Jods. B. 35, 2275.
246. Umwandlung von Tropidin in Tropin. B. 35, 2295.
247. Berichtigung über Nitroso-pipecolin. B. 35, 3566.
248. Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie usw. 3. Aufl. Braunschweig 1902.
- 1903.
249. Methoden zur Bestimmung des Ozons. B. 36, 115.
250. Über ein bei der Darstellung von α -Stilbazol sich bildendes Nebenprodukt. B. 36, 118.

251. (Mit Krömer.) Über Derivate des α -Stilbazols. B. 36, 119.
 252. (Mit Bobertag.) Über partielle Racemie. B. 36, 1649.
 253. Über den asymmetrischen Stickstoff. B. 36, 3694
 254. Umwandlung von Tropicidin in Tropicin. A. 326, 379.
 255. Über den Einfluß der Naturwissenschaften auf die Weltanschauung.
 Leipzig 1908.

1904.

256. Reindarstellung des Isostilbazolins. B. 37, 3688.
 257. (Mit Herz.) Über die Benzylimide der Äpfelsäure. Prakt. Chem. [2]
 70, 342.
 258. Über Racemie. Stuttgart 1904.

1905.

259. Über das Atomgewicht des Jods. A. 388, 259.
 260. (Mit Herz.) Über die Benzylimide der Äpfelsäure. Prakt. Chem. [2]
 71, 152.

1906.

261. Über das Isoconiin und die Synthese des Coniins. B. 39, 2486.

1907.

262. Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie usw. 4. Aufl.,
 Braunschweig 1907.
 263. Beiträge zur Chemie des Siliciums. B. 40, 2274.
 264. (Mit Fischl.) Über partielle Racemie. B. 40, 2279.
 265. Noch ein Wort über das Isoconiin. B. 40, 3734.

1908.

266. Bemerkungen zu meiner Abhandlung: Beiträge zur Chemie des Siliciums. B. 41, 966.
 267. (Mit Herrmann.) Über partielle Racemie. B. 41, 966.
 268. Über das Ozon. Ang. Chem. 21, 1057.
 269. Naturwissenschaftliche Vorträge in gemeinverständlicher Darstellung.
 Leipzig 1908.

1909.

270. (Mit Sobceki.) Ein neuer Fall von Stickstoff-Isomerie in der Piperidin-
 reihe. B. 42, 3152.
 271. Über partielle Racemie. A. 364, 227.

1910.

272. Zur Existenz flüssiger Racemverbindungen. B. 43, 2374.

1911.

273. Über die Anwendung der Phasenlehre in der Stereochemie und über
 die Erkennung von Racemkörpern. B. 44, 676, 1677.
 274. Naturwissenschaftliche Vorträge usw., Volksausgabe. Leipzig 1911.

1912.

275. Lebenserinnerungen. Breslau 1912.

1882—1896.

276. Handwörterbuch der Chemie in 13 Bänden. Breslau.