

*Periodisches System der Elemente  
nach A. von Antropoff*

Fig. 6. Periodisches System des Verfassers.  
Endgültige Form: Die Schraffierungen ersetzen hier die  
vorgesehenen Formen.

standteile des Erdinnern und praktisch unsere wichtigsten Metalle.

Unsere Form des periodischen Systems teilt mit der kurzperiodigen Form und derjenigen von Thomson-Bohr den Vorzug, den wir bei der Wernerschen Form vermißten, daß außer den Hauptverwandtschaften auch die Nebenverwandtschaften sichtbar sind, und zwar in dreifacher Weise: 1. durch die strahlenförmigen Felder, welche die zusammengehörigen Gruppen verbinden, 2. durch die gleichen Farben, und 3. durch die gleichen römischen Ziffern, mit den Indices a und b, wie sie jetzt zur Bezeichnung der Gruppen auch im kurzperiodigen System üblich sind.

Unsere Form leistet aber in der Kenntlichmachung der Haupt- und Nebenverwandtschaften noch mehr als die Formen von Meyer-Mendelejew und Thomson-Bohr, indem auch der Grad der Verwandtschaft durch die mehr oder weniger vertikale Stellung der Gruppen übereinander zum Ausdruck kommt. So stehen alle Edelgase senkrecht übereinander, während eine Verwandtschaft der Edelgase mit den Metallen der Eisengruppe kaum ersichtlich ist. Das Lithium und Natrium stehen direkt über dem Kalium, Rubidium und Caesium, wobei eine nur ganz „entfernte“ Verwandtschaft zum Kupfer, Silber und Gold angedeutet ist. Zur Mitte gleicht sich der Unterschied in den Verwandtschaften zu beiden Untergruppen mehr und mehr aus. Entsprechend verschiebt sich die Stellung der Elemente der Achterperioden zu den Untergruppen, so daß sie in der Mitte — den Homologen des Kohlenstoffs — symmetrisch über beiden Untergruppen stehen. Tatsächlich lehrt eine große Zahl von einfachen und komplizierten Verbindungen, daß das Silicium ebenso zur Titan-, wie zur Germaniumgruppe gehört. Rechts von der Kohlenstoffgruppe verschiebt sich die Stellung der Elemente der Achterperioden immer weiter über die b-Gruppen, entsprechend den immer stärkeren Verwandtschaften zu diesen. Das Chlor steht schon direkt über dem Brom, und die „entfernte“ Verwandtschaft besteht hier zum Mangan. Den Abschluß bilden wieder die Edelgase.

Die Elemente Magnesium und Aluminium entsprechen in vieler Beziehung, z. B. atombautheoretisch und in der Lage auf den Atomvolumkurven, ihren Stellungen über den a-Gruppen. In chemischer Beziehung zeigt sich aber beim Magnesium und noch mehr beim Aluminium eine stärkere Verwandtschaft mit dem Zink oder Gallium, als mit dem Calcium oder Scandium. Um diese hinübergreifenden Verwandtschaften zu kennzeichnen, sind, einem Vorschlag von F. Weigert folgend, die verbindenden Felder entsprechend durchgeführt. Überhaupt geben diese Felder die Möglichkeit, die eine oder die andere Verwandtschaft mehr oder weniger hervorzuheben.

Sehr anschaulich wird in unserem System auch die Beziehung von Kossel wiedergegeben, nach der die positiven und negativen Wertigkeiten der Elemente durch ihre Abstände von den links oder rechts stehenden Edelgasen bestimmt sind.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß sich in unserem System links vom Wasserstoff noch ein freier Platz für ein Element mit der Ordnungszahl 0 befindet, dessen Existenz nicht unmöglich ist. Dessen hypothetisches Atom erhielt den Namen Neutron, und das Element selbst könnte man Neutronium nennen<sup>13)</sup>.

Zusammenfassend dürfen wir wohl sagen, daß unsere Form des periodischen Systems die Erfahrungstatsachen getreuer wiedergibt, als die bisher gebräuchlichen Formen. Ohne von atombautheoretischen Gesichtspunkten abhängig zu sein, entspricht sie doch auch bestens unseren heutigen Vorstellungen vom Aufbau der Atome. Daß es möglich war, eine Form des periodischen Systems zu finden, welche alle Vorzüge umfaßt, welche die drei bekannten Formen von L. Meyer-Mendelejew, A. Werner und Thomson-Bohr aufweisen, ohne deren Mängel zu teilen, scheint mir eine Gewähr dafür zu sein, daß die neue Form eine tiefere Begründung im Wesen der Sache hat.

Auch als Grundlage für den in Arbeit befindlichen „Atlas der anorganischen Chemie“ erweist sie sich daher als besonders gut geeignet<sup>14)</sup>.

Der Anklang, den die neue Form gelegentlich einiger Vorträge, besonders bei der studierenden Jugend gefunden hat, bestärkt mich auch in der Überzeugung, daß sie besonders in den farbigen Ausführungen durch ihre Übersichtlichkeit im Unterricht die besten Dienste leisten wird.

[A. 46.]

## Einige Anwendungen der neuen Form des periodischen Systems zur graphischen Darstellung der Eigenschaften der Elemente und ihrer Verbindungen<sup>1)</sup>.

Von A. VON ANTROPOFF,  
o. Prof. d. phys. Chemie an der Universität Bonn.  
(Eingeg. 21. Aug. 1925.)

Überall in der Forschung und im Unterricht gewinnen die graphischen Darstellungsmethoden eine zunehmende Bedeutung.

<sup>13)</sup> Z. ang. Ch. 37, 827 [1924].

<sup>14)</sup> Vgl. die folgende Abhandlung.

<sup>1)</sup> Für die erste wertvolle Hilfe beim Sammeln und Sichten

Es liegt nahe, das graphische Verfahren auch anzuwenden, um das gewaltige Erfahrungsmaterial, das sich auf die chemischen Elemente und ihre Verbindungen bezieht, anschaulich darzustellen, und hierzu das periodische System zu benutzen, in dem die betreffenden Werte in den Feldern der Elemente graphisch dargestellt werden. Außer dem belehrenden Wert läßt sich von dieser Methode erwarten, daß die Erkenntnis von Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhängen erleichtert, und dadurch die Forschung gefördert und angeregt wird. Die Methode ist aber auch nützlich, indem sie zeigt, wie erstaunlich lückenhaft auch heute noch unsere Kenntnisse sind.

Daß dieser naheliegende Gedanke, außer in einigen Einzelfällen, bisher noch nicht ausgeführt worden ist, hatte wohl hauptsächlich zwei Gründe: Erstens sind die Lücken in unseren Kenntnissen erst in letzter Zeit soweit ausge-

falls eine „langperiodige“ Form gewählt werden. Dem Verfasser scheint die von ihm vorgeschlagene neue Form<sup>2)</sup> so große Vorzüge zu besitzen, daß er sie zur Grundlage wählen konnte.

Vom Verfasser und seinen Mitarbeitern werden jetzt eine Reihe von Tafeln hergestellt, welche das periodische System der Elemente in der neuen Form enthalten, wobei jede Tafel ein Gebiet der anorganischen oder physikalischen Chemie zur Darstellung bringt. Das ganze Tafelwerk soll als „Atlas der anorganischen Chemie“ erscheinen.

In diesem Aufsatz soll an einigen Beispielen gezeigt werden, wie die Ausführung der Tafeln gedacht ist. Jeder Tafel müßte eigentlich eine wissenschaftliche Abhandlung gewidmet sein. Hier müssen wir uns jedoch auf kurze Erläuterungen beschränken.

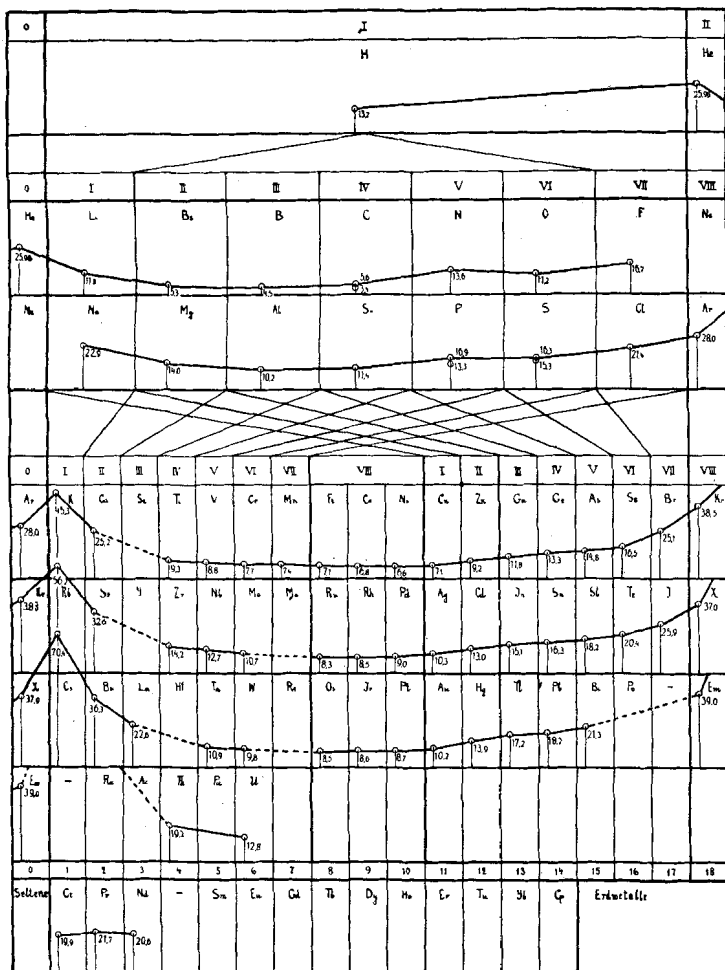


Fig. 1. Die Atomvolumkurven.

füllt worden, daß der vorliegende Versuch gemacht werden kann. Zweitens ist die, das Feld einige Jahrzehnte beherrschende und auch heute noch vorherrschende Form des periodischen Systems von L. Meyer und Mendelejew für diesen Zweck ganz unbrauchbar. Durch die Nachbarschaft der ganz unähnlichen Elemente in den Haupt- und Nebengruppen muß eine graphische Darstellungsmethode ein verwirrendes Bild geben. Die neueren „langperiodigen“ Formen hatten aber gleichfalls Nachteile für die graphische Darstellung und zudem waren sie noch zu umstritten, um sie als Grundlage zu wählen.

Zur graphischen Darstellungsmethode mußte jeden-

des Materials, sowie dem Entwerfen und der Ausführung der Tafeln, von denen hier einige wiedergegeben werden, bin ich Herrn E. G e r m a n n zu herzlichem Dank verpflichtet.

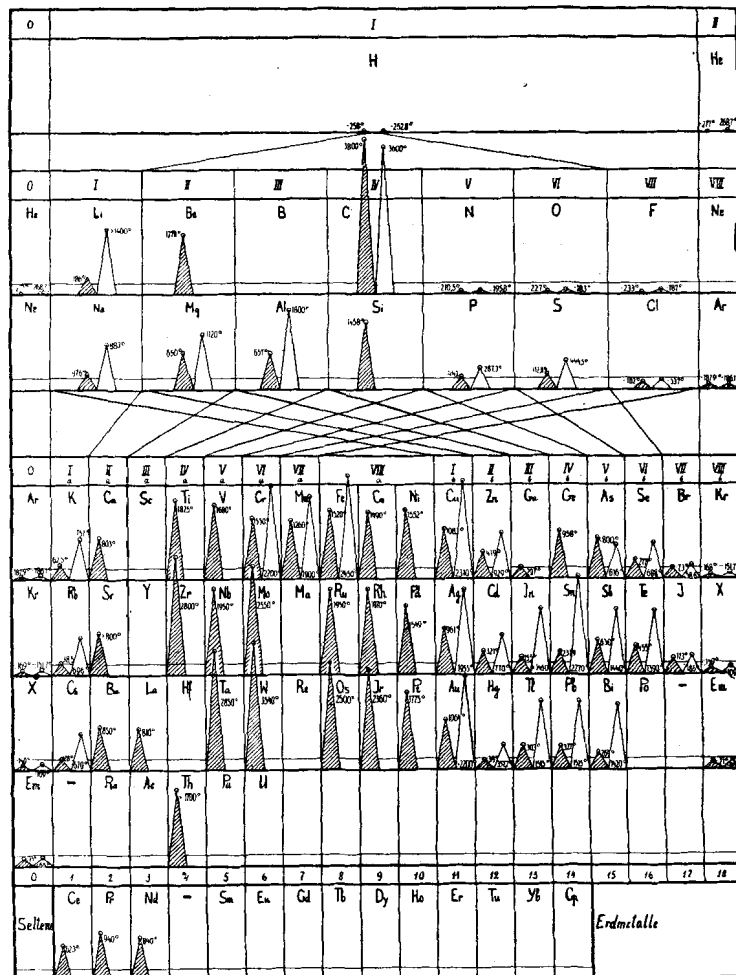


Fig. 2. Die Schmelzpunkte (schraffiert) und Siedepunkte (unschraffiert) der Elemente.

Wir geben, in verkleinertem Maßstabe, folgende Tafeln wieder:

#### Die Atomvolumkurven.

Die klassischen Atomvolumkurven von L. Meyer sind hier (Fig. 1) direkt ins periodische System eingetragen. Eine Orientierung über die Stellung der Elemente auf den Atomvolumkurven, scheint dadurch sehr erleichtert zu sein.

#### Die Schmelz- und Siedepunkte der Elemente.

Die Höhe der schraffierten Dreiecke gibt in Fig. 2 die Schmelzpunkte, diejenige der unschraffierten Dreiecke die Siedepunkte an. Man sieht,

<sup>2)</sup> Vgl. die vorhergehende Abhandlung: „Eine neue Form des periodischen Systems der Elemente“.

wie lückenhaft unsere Kenntnisse der Siedepunkte sind. Wir wollen daher nur auf die Schmelzpunkte mit einigen Worten eingehen. Gebirgszügen ähnlich durchziehen sie das periodische System und lassen dabei deutliche Gesetzmäßigkeiten erkennen. Diskontinuitäten, wie vom Kohlenstoff zum Stickstoff deuten auf sehr verschiedenartige oder abnorme Molekelbildungen. Andere Unregelmäßigkeiten, wie z. B. beim Zirkon oder Niob, lassen mit einiger Wahrscheinlichkeit auf Fehler in den Schmelzpunktbestimmungen schließen.

mente und ihre annähernden Mengenverhältnisse dar<sup>5)</sup>. Jeder Vertikalstrich entspricht einem isotopen Element, und seine Höhe gibt seinen Anteil im Mischelement an. Da es von besonderem Interesse ist, die geraden von den ungeraden Atomgewichten zu unterscheiden, haben wir die letzteren mit einem Querstrich versehen.

Es lassen sich leicht die interessanten Gesetzmäßigkeiten ablesen, die meist von Harkins<sup>6)</sup> gefunden wurden: 1. Mit wenigen Ausnahmen haben die Elemente mit geraden Ordnungszahlen, die folglich auch in den geraden Gruppen stehen, gerade Atomgewichte.

2. Die Elemente mit ungeraden Ordnungszahlen haben nie mehr als zwei Isotope, während die Elemente mit geraden Ordnungszahlen und Atomgewichten vom Zink an zu zahlreichen Isotopen neigen.

Auf Grund dieser Gesetze können z. B. bezüglich der Isotopen des Goldes die nicht experimentell bestimmt werden konnten, recht bestimmte Angaben gemacht werden. Da das Atomgewicht des Goldes keine ganze Zahl ist, so muß es wenigstens zwei Isotope haben. Und da es eine ungerade Ordnungszahl hat, müssen die Isotopen ungerade Atomgewichte haben, und es können nur zwei Isotope sein. Diese werden wahrscheinlich die Atomgewichte 197 und 199 haben.

Während sich das periodische System der Elemente auf den Bau der äußeren Elektronenhüllen gründet, beruht die Existenz der Elemente und ihrer Isotopen auf der Stabilität der Atomkerne. Das Vorkommen der Isotopen kann folglich mit dem periodischen System eigentlich nichts zu tun haben. Die angeführten Gesetzmäßigkeiten zeigen auch nur Zweierperioden, und fügen sich nur des-

I																II
H																He
O	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
H <sub>2</sub>	LiH	Be	B <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	OH <sub>2</sub>	FH									Ne
Ne	NaH	Mg	Al	SiH <sub>4</sub>	PH <sub>3</sub>	SH <sub>2</sub>	ClH									Ar
SALZE								LEGIERUNGEN								
O	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Ar	KH	CaH	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se
Kr	RbH	SrH	Y	Zr	Nb	Mo	Mn	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te
X	CsH	BaH	LaH	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po
Em	-	RaH	Ac	Th	Pa	U										
O	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Seltene	CaH	PbH	NbH	-	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		Erde

Fig. 3. Die Wasserstoffverbindungen der Elemente.

### Die Wasserstoffverbindungen der Elemente.

Während die vorigen Bilder physikalisch-chemische Daten enthielten, zeigt das vorliegende Bild (Fig. 3) ein Gebiet der anorganischen Chemie. Es zeigt, wie auf einer geographischen Karte, die Gebiete des Vorkommens der Wasserstoffverbindungen von verschiedenem Charakter. Wie F. Paneth<sup>3)</sup> zeigte, sind es die vier links von den Edelgasen stehenden Gruppen, an die sich noch das Bor anschließt, welche flüchtige Hydride bilden, in denen der Wasserstoff als positives Element auftritt. Dagegen gibt ein einfach umgrenztes Gebiet, rechts von den Edelgasen die Existenz der Hydride mit Salzcharakter und negativem Wasserstoff an. In dem Mittelgebiet wird der Wasserstoff von den Metallen, in meist stöchiometrisch nicht scharf definierten Mengen aufgenommen, wobei sich Körper von Metall-, oder Legierungscharakter bilden. Man sieht an diesem Bilde besonders deutlich, wie nur die langperiodigen Formen des periodischen Systems es ermöglichen, die Existenzgebiete bestimmter Verbindungen durch einfache Grenzen anzugeben.<sup>4)</sup>

### Die isotypen Elemente.

Die Fig. 4 stellt das Vorkommen der isotypen Ele-

I																II
H																He
O	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Ne	Li	Be	B	C	N	O	F									Ne
Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl									Ar
O	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se
Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Mn	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te
X	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po
Em	-	Ra	Ac	Th	Pa	U										
O	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Seltene	Ca	Pb	Nb	-	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		Erde

Fig. 4. Die isotypen Elemente. Die Höhen der Striche geben die Mengenverhältnisse an. Die Querstriche bezeichnen ungerade Atomgewichte.

halb in das periodische System ein, weil dessen Perioden alle geradzahlig sind. Die Darstellung der Isotopen im „periodischen System der äußeren Elektronenhüllen“ ist daher theoretisch nicht gerechtfertigt. Praktisch scheint es mir aber wohl gerechtfertigt zu sein, weil das Auge im gewohnten System die Elemente am leichtesten

<sup>3)</sup> B. 53, 1710 [1925].

<sup>4)</sup> F. Paneth, l. c.

<sup>5)</sup> F. W. Aston, Isotope, Leipzig 1923.

<sup>6)</sup> W. D. Harkins, J. Am. Chem. Soc. 42, 1958 [1920]; 43, 1038 [1921].

auffindet, und auch in diesem die Zweierperioden des „periodischen System der Atomkerne“ leicht zu erkennen sind.

### Der „Chemiker-Block“

Fig. 5 zeigt einen leeren Vordruck des periodischen Systems, in welchem beliebige Eigenschaften der Elemente, deren Verbindungen und Eigenschaften der Ver-

0	I																II
0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII									
0	I <sub>a</sub>	II <sub>a</sub>	III <sub>a</sub>	IV <sub>a</sub>	V <sub>a</sub>	VI <sub>a</sub>	VII <sub>a</sub>	VIII <sub>a</sub>	I <sub>b</sub>	II <sub>b</sub>	III <sub>b</sub>	IV <sub>b</sub>	V <sub>b</sub>	VI <sub>b</sub>	VII <sub>b</sub>	VIII <sub>b</sub>	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Spalten																	Endmetalle

Fig. 5. Vordruck für den „Chemikerblock“.

bindungen eingetragen werden können. Mir scheint, daß es für jeden Lernenden oder forschenden Chemiker zum Nutzen und zur Bequemlichkeit reichen würde, solche leere Vordrucke in größerer Zahl zur Verfügung zu haben. Der Verlag von Koehler & Volckmar in Leipzig gibt daher auf Veranlassung des Verfassers einen „Chemiker-Block“, der solche Vordrucke enthält, heraus.

Für den „Atlas der anorganischen Chemie“ sind außer den hier wiedergegebenen Tafeln noch folgende in Arbeit oder geplant:

Der Elektronenaufbau der Atome nach N. Bohr-Stoner, die Ionenradien, die Ionisationspotentiale, die elektrolytischen Potentiale, die elektrischen Leitfähigkeiten, die magnetischen Suszeptibilitäten, die Kristallgitter, die Atomfrequenzen, die mechanischen Eigenschaften (Härte, Kompressibilität, thermischer Brechungskoeffizient), das Vorkommen und die Verbrennungswärme der Elemente. Ferner eine Reihe von Tafeln über Flüchtigkeiten und Löslichkeiten von Verbindungen.

Anregungen von Seiten der Fachgenossen würde der Verfasser mit Dank entgegennehmen.

Für die Unterstützung der Arbeit durch die Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft, sei dieser schon hier der verbindlichste Dank gesagt.

[A. 47.]

## Über einige Beobachtungen auf dem Saccharingebiete.

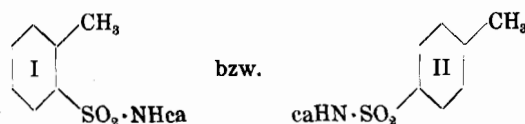
Von WALTHER HERZOG, Wien.

(Eingeg. 12. April 1926.)

So intensiv das Verfahren der Saccharindarstellung auch seit Jahrzehnten studiert wird, so kann es doch bei nur geringfügigen und vorerst kaum beachteten Änderungen der Versuchsbedingungen gelegentlich zu unerwarteten und unerwünschten Ergebnissen führen, worüber nachfolgend berichtet werden soll.

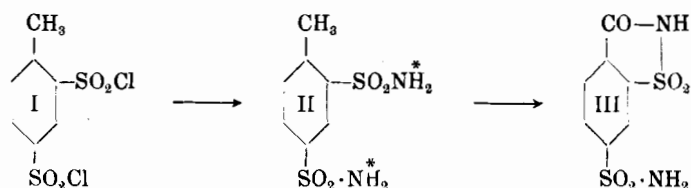
Ein solcher Fall konnte anlässlich der Anwendung der erstmalig von der Firma Heyden, Radebeul, ange-

wandten Kalkaufbereitung der Amidrückstände aufgedeckt werden. Dieses erst später (1920) von der Saccharinfabrik Fahlberg, List & Co., Magdeburg<sup>1)</sup> unter Patentschutz gestellte Verfahren bezweckt nämlich, das bei der Saccharinherstellung abfallende Gemisch der beiden Toluolsulfonamide (etwa 30 % o- und 70 % p-Amid), für dessen Verarbeitung praktisch brauchbare Methoden vordem eigentlich nicht bestanden, in rentabler Weise zu zerlegen. Zu diesem Behufe werden diese Rückstände mit Kalk und Wasser in bestimmtem Verhältnis gekocht, wobei ein großer Teil der schwach sauer reagierenden Amide in Form der Kalksalze, vermutlich:



in Lösung geht (a), ein anderer hingegen, wesentlich aus p-Toluolsulfamidcalcium bestehend, ungelöst bleibt (b). Man filtriert nach Erreichung einer bestimmten Konzentration kalt und fällt die Lösung (a) mittels konzentrierter, technischer Salzsäure fraktioniert. Hierbei resultiert als erste Fällung ein dem technischen Amid entsprechendes Gemisch von ungefähr 70 von Hundert o- und 30 von Hundert p-Amid, aus welchem vermittle der bei der Saccharinfabrikation üblichen Umlösung aus etwa 90 % igem Alkohol (Alkoholreinigung) das o-Amid zum größeren Teile in technisch reinem Zustande isolierbar ist. Aus dem bei der Kalkkochung verbleibenden Rückstände (b) wird nun mit viel heißem Wasser der größte Teil der Amidcalciumverbindungen in Lösung gebracht, und diese wieder fraktioniert gefällt. Diesmal ergibt die erste Fraktion fast reines p-Amid, welches den verschiedenen, bekannten Verwertungsmöglichkeiten (Darstellung von Chloramin, von Plastisierungsmitteln für Celluloseäther usw.) zugeführt werden kann, während die zweite Fraktion neuerlich das für die Kalkkochung bestimmte Abfallamid liefert. So gelingt es also, die anders nur schwer und wenig rentabel trennbaren Amide in geeigneter Weise aufzuarbeiten.

Wenn nun die Möglichkeit einer energischeren Einwirkung auf das Toluol bei dessen Chlorsulfonierung gegeben ist, — und dies scheint der Fall zu sein bei Verwendung einer technischen Chlorsulfonsäure, welche von der Herstellung noch etwas unverändertes Schwefeltrioxyd enthält — so kann es gelegentlich auch bei präzisester Einhaltung der Reaktionsbedingungen (tiefe Temperatur, gute Rührung, Überschuß von Chlorsulfonsäure) zur Bildung von Toluoldisulfochlorid — 1, 2, 4 I kommen, welches naturgemäß bei der Amidierung in das entsprechende Diamid II übergeht:



Dieses Toluoldisulfamid-1, 2, 4 verbleibt nun dank seiner höheren Alkohollöslichkeit in den Amidrückständen, um dann bei der geschilderten Kalkkochung gelegentlich der fraktionierten Fällung der Lösung (a) infolge seines stärker sauren Charakters — besitzt es doch zwei saure Wasserstoffatome \* — erst bei starker Säuerung als letzte Fraktion auszufallen. Die bis zur Schmelzpunktskonstanz aus heißem Wasser umkristallisierte Verbindung schmolz

<sup>1)</sup> D. R. P. 373 848; Österr. P. 94 306 und Schweiz. P. 98 310.