

Ammoniakverluste je 100 g Zink:

Im ausgelaugten Filterstaub . . . . .	1,27 g NH <sub>3</sub>
im Zinkcarbonat . . . . .	0,15 g NH <sub>3</sub>
im Abwasser der Spaltanlage . . . . .	0,05 g NH <sub>3</sub>
Summe	1,47 g NH <sub>3</sub>

Bei einer Tageserzeugung von 3600 kg Zink gehen also  $1,47 \times 3600 = 53$  kg NH<sub>3</sub> verloren. Da es sich um Laboratoriumsversuche handelt, dürfte diese Zahl ein Höchstwert sein.

Die Ausgaben für Dampf und Ammoniak ergeben sich also wie folgt:

Je Tag	Je 1000 kg Zink
25 t/24 h Dampf zum Preise von 2,50 RM./t	62,50 RM.
55 kg/24 h NH <sub>3</sub> zum Preise von 0,50 RM./kg	27,50 RM.
Summe	90,00 RM. 25,00 RM.

Die sonstigen Betriebskosten der Anlage dürften mäßig sein, zumal nur mit einem geringen Materialverschleiß zu rechnen ist. Hiernach dürfte das einfache und elegante Verfahren von C. Schnabel bei der Verarbeitung von Abfällen, in denen das Zink als Oxyd in ungebundener Form vorliegt, den thermischen Verfahren gegenüber Vorteile bieten. [A. 75.]

## Zur Systematik der chemischen Elemente im Unterricht.

Von Dozent Dr. EGON WIBERG.

Chemisches Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe.

(Eintrag. 15. Juni 1936.)

Das Periodische System der Elemente ist ein unentbehrliches Hilfsmittel bei der systematischen Behandlung der Elemente im chemischen Unterricht. Von den zahllosen im Laufe der Jahrzehnte entwickelten Formen dieses Systems<sup>1)</sup> haben sich bis heute nur zwei eingürteln können: die sogenannte kurzperiodige und die sogenannte langperiodige Form. Beide weisen eine Reihe von Vorzügen, aber auch eine Reihe von Mängeln auf. Daher pflegen im Unterricht gewöhnlich beide Arten nebeneinander benutzt zu werden.

Die vorliegende Abhandlung befaßt sich mit der Frage, ob es nicht möglich ist, durch geeignete Verschmelzung der beiden Formen ihre Vorzüge zu vereinen und ihre Mängel zu beseitigen, ohne dabei die bewährte äußere Form des Mendelejeff-Meyerschen Systems aufzugeben. Sie bringt zugleich eine geeignete — seit mehreren Jahren im chemischen Hochschulunterricht bewährte — derartige kombinierte Form des Periodischen Systems der Elemente in Vorschlag.

Einer der Hauptmängel des kurzperiodigen Systems ist die Ineinanderschachtelung von Haupt- und Nebengruppen, die nicht nur zu einer gewissen Unübersichtlichkeit führt, sondern auch Verwandtschaften vortäuscht, die in Wirklichkeit nicht vorhanden oder mehr formaler Natur sind. So finden sich z. B. die unedlen Alkalimetalle mit den edlen Metallen Kupfer, Silber, Gold zu einer Gruppe zusammengefaßt; Mangan, Masurium, Rhenium stehen bei den chemisch ganz anders gearteten Halogenen; die Eisen- und Platinmetalle bilden mit den Edelgasen eine Gruppe für sich.

Das langperiodige System vermeidet diese Mängel und ist zweifellos weit übersichtlicher, verfällt aber dafür in das entgegengesetzte Extrem, viele Analogien zu leugnen, die zumindest formal bestehen. So kommt in ihm — um bei den eben angeführten Fällen zu bleiben — z. B. nicht zum Ausdruck, daß die Elemente der Kupfergruppe gleich den Alkalimetallen einwertig auftreten, daß die Übermangan säure und ihre Salze der Überchlorsäure und den Perchloraten an die Seite zu stellen sind, daß sich die Reaktionsträigkeit der Edelgase im edlen Charakter der Platinmetalle widerspiegelt; Analogien, die ja gerade zur Aufstellung des kurzperiodigen Systems führten. Alle Versuche, durch Querverbindungsstriche, verschiedene Farben, kompliziertere räumliche Darstellungen u. dgl. diese entfernten Verwandtschaften wiederzugeben, können nur als unvollkommenen Behelf angesehen werden.

Zur Ableitung der im folgenden zu beschreibenden Kombination von kurz- und langperiodigem System geht

man zweckmäßig von der langperiodigen Form aus (vgl. Abb. 1). Diese ordnet die Elemente in zwei Achterreihen und vier weiteren langen Perioden. Von den Elementen

Abb. 1.

Langperiodiges System der chemischen Elemente.

He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar

  

Ar	K	Cn	Sc	Tl	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ma	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J	X
X	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	Sg	Rn
Rn	87	Ra	Ac	Th	Pa	U	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

der letzteren sind ihrem chemischen Verhalten nach auf der linken Seite die Elemente Argon, Krypton, Xenon, Radon dem Helium und Neon der Achterreihen zuzuordnen, die Elemente Kalium, Rubidium, Cäsium dem Lithium und Natrium, die Elemente Calcium, Strontium, Barium, Radium dem Beryllium und Magnesium, die Elemente Scandium, Yttrium, Lanthan, Aktinium dem Bor und Aluminium und die Elemente Titan, Zirkon, Hafnium, Thor dem Kohlenstoff und Silicium; auf der rechten Seite schließen sich die Elemente Krypton, Xenon, Radon dem Neon und Argon an, die Elemente Brom, Jod dem Fluor und Chlor, die Elemente Selen, Tellur, Polonium dem Sauerstoff und Schwefel, die Elemente Arsen, Antimon, Wismut dem Stickstoff und Phosphor und die Elemente Germanium, Zinn, Blei wieder wie die vorhergenannte Titangruppe dem Kohlenstoff und Silicium. In der Mitte der langen Perioden verbleibt eine Reihe von — in Abb. 1 durch weniger fetten Druck gekennzeichneten — Elementen, die in ihren Eigenschaften einen stetigen Übergang von der Titan- zur Germaniumgruppe bilden. Zugehörige Elemente der beiden Achtergruppen fehlen hier. Diese Übergangselemente — die „Nebengruppen“ der kurzperiodigen Form — werden zweckmäßig aus dem langperiodigen System herausgenommen und zusammen mit den Elementen der Titan- und Germaniumgruppe, die ihren Eigenschaften nach sowohl Haupt- wie Übergangselemente sind, in einem besonderen „Nebensystem“ unterhalb des „Hauptsystems“ für sich angeordnet. In ähnlicher Weise verfährt man ja auch mit der Gruppe der Seltenen

Abb. 2.

Kurzperiodiges System der chemischen Elemente.

He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar

  

Ar	K	Cn	Sc	Tl	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ma	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J	X
X	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	Sg	Rn
Rn	87	Ra	Ac	Th	Pa	U	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<sup>1)</sup> Vgl. etwa „Types of graphic classifications of the elements. I. Introduction and Short Tables, II. Long Charts, III. Spiral, Helical, and Miscellaneous Charts“ von G. N. u. M. B. Quam, J. Chem. Educat. 11, 27, 217, 288 [1934].

Erden. Wie bei diesen der Ausbau der drittäußersten Elektronenschale erfolgt, findet bei den hier abgesonderten Elementen die schrittweise Auffüllung der zweitäußersten Schale statt<sup>2)</sup>.

Reihte man die Übergangselemente im Sondersystem gleich den Seltenen Erden einfach aneinander, so ergäbe sich gegenüber dem langperiodigen System kein Vorteil. Geht man aber bei der Aufstellung des Nebensystems zur kurzperiodigen Form über (vgl. die aus Abb. 1 durch die angedeutete Unterteilung der langen Perioden in je zwei kurze Perioden hervorgehende Abb. 2), indem man die — in Abb. 2 durch fetteren Druck hervorgehobenen — Übergangselemente der kurzperiodigen Anordnung entsprechend unterhalb des Hauptsystems einreihst, so gelangt man zu einer Kombination zwischen lang- und kurz-periodigem System (vgl. Abb. 3), welche die Vorzüge der beiden bisherigen Formen in sich vereint:

Abb. 3.

Kombination von lang- und kurzperiodigem System der chemischen Elemente.

#### Periodisches System der Elemente.

n Nn	H							He
0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2 He	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
10 Ne	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
18 Ar	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br
36 Kr	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 J
54 X	55 Cs	56 Ba	57-71 Seltene Erden	72 Hf	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 —
86 Rn	87 Ra	88 Ac	89 Th	90 —	—	—	—	—

Übergangselemente								
26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	40 Zr	41 Nb
44 Eu	45 Bh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	72 Hf	73 Ta
76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	90 Th	91 Pa
							92 U	—

Die Analogien zwischen Haupt- und Nebengruppen kommen nunmehr in übersichtlicher Weise zum Ausdruck, ohne daß durch Ineinanderschaltung dieser Gruppen eine zu enge Verwandtschaft vorgetäuscht wird. Das allen bisherigen Systemen eigene zahlenmäßig erdrückende Übergewicht der Metalle gegenüber den Nichtmetallen wird durch die Herausnahme der Übergangs-Metalle aus dem Hauptsystem in zwangloser Weise beseitigt. Im Hauptsystem selbst bleiben nur noch ganz typische Elemente stehen. Die langen Elementperioden sind wie bei der lang-periodigen Form deutlich zu erkennen.

<sup>2)</sup> Obwohl der Ausbau der zweitäußersten Elektronenschale bei den langen Perioden bereits mit der 3. Gruppe beginnt, erscheint es doch zweckmäßig, die Elemente der Titan- bis Germaniumgruppe und nicht diejenigen der Scandium- bis Galliumgruppe zum Nebensystem zusammenzufassen, da Scandium, Yttrium und Lanthan in ihrem chemischen Gesamtverhalten mehr die Eigenschaften von Hauptgruppen-Elementen, Gallium, Indium und Thallium dagegen (wie schon aus der — für Übergangselemente besonders charakteristischen — Vielfalt der Wertigkeit hervorgeht) mehr die Eigenschaften von Übergangselementen aufweisen.

Durch die Unterteilung des Periodischen Systems in ein Haupt- und ein Nebensystem treten die Regelmäßigkeiten in den Eigenschaften der Hauptgruppen-Elemente klar und ungestört von den Unregelmäßigkeiten der Nebengruppen hervor. So wachsen im Hauptsystem von unten nach oben (oben nach unten) und von links nach rechts (rechts nach links): der metalloide (metallische) Charakter der Elemente, die Acidität (Basisität) der Oxyde, die homöopolare (heteropolare) Natur der Hydride, Fluoride, Oxyde, Nitride, Carbide usw.

Die periodischen Gesetzmäßigkeiten des Hauptsystems finden sich im Nebensystem wieder; entsprechend der Tatsache, daß letzteres gegenüber dem Hauptsystem ausschließlich Metalle enthält, naturgemäß in abgeschwächter Form. Wie im Hauptsystem in der Richtung nach rechts oben der nichtmetallische, in der Richtung nach links unten der metallische Charakter der Elemente zunimmt, finden sich z. B. im Nebensystem an den entsprechenden Stellen Metalle von mehr „nichtmetallischem“ (Säurebildner) und Metalle von mehr „metallischem“ (Basebildner) Charakter. Andererseits unterscheiden sich auch Haupt- und Nebensystem in charakteristischer Weise voneinander. Die Elemente des ersten bilden z. B. bevorzugt farblose, diamagnetische Ionen bestimmter Wertigkeit, die des letzteren farbige, paramagnetische Ionen weitgehend wechselnder Wertigkeit. Katalytisch besonders wirksame Metalle finden sich durchweg im Nebensystem.

Die Elemente Neutron, Wasserstoff und Helium, deren Kerne als Neutron, Proton und  $\alpha$ -Teilchen den Atonukernen aller übrigen Elemente zugrunde liegen, sind dieser Sonderstellung entsprechend über das gesamte Elementensystem gesetzt. Dem Proton wird dabei gemäß seiner besonderen Bedeutung für den Kernaufbau eine bevorzugte Stellung eingeräumt. Die Edelgase, deren stabile Elektronenschalen die nachfolgenden und voranstehenden Elemente durch Abgabe und Aufnahme von Elektronen zu erlangen suchen, schließen links und rechts die Elementgruppen ab. Im Nebensystem treten an die Stelle der Edelgase die Edelmetalle; in ihren der Gruppenwertigkeit entsprechenden Verbindungen erstreben und erreichen die nachfolgenden und voranstehenden Elemente ganz entsprechend deren Elektronenkonfiguration.

Für die Besprechung der Elemente im chemischen Hochschulunterricht ergibt sich aus der neuen Form des Periodischen Systems zwangslös folgende Reihenfolge: Neutron, Wasserstoff, Helium, als Bausteine aller übrigen Elemente; Edelgase, als Grundstoffe besonders stabiler, von allen übrigen Elementen erstrebter Elektronenkonfigurationen; 7., 6., 5. Gruppe, als Beispiele für Nichtmetalle; 1., 2., 3. Gruppe, als Beispiele für Metalle; dadurch von links und rechts Annäherung an den gemäß seiner zentralen Stellung im Periodischen System in harmonischer Weise die Eigenschaften seiner Nachbarelemente in sich vereinigenden Kohlenstoff, den Träger des organischen Lebens; Silicium, als zweiter Vertreter der 4. Gruppe und Träger des anorganischen „Lebens“; Titan- und Germaniumgruppe, als nach links bzw. rechts sich anlehnende Untergruppe der 4. Gruppe; Übergangselemente (Nebensystem), als vermittelndes Zwischenglied zwischen Titan- und Germanium-Untergruppe.

In derselben Weise ergibt sich aus dem hier vorgeschlagenen System der chemischen Elemente eine Reihe von Folgerungen über eine zweckmäßige unterrichtliche Behandlung der anorganischen Verbindungen. Ihre ausführlichere Besprechung sei einer geplanten zweiten Arbeit „Zur Systematik der anorganischen Verbindungen im chemischen Unterricht“ vorbehalten. [A. 74.]