

Neue Richtsätze für die anorganisch-chemische Nomenklatur

Von Prof. Dr. H. REMY

Chemisches Staatsinstitut, Universität Hamburg

Von der Nomenklatur-Kommission der Internationalen Union für Reine und Angewandte Chemie (IUPAC) wurden neue Richtsätze für die Benennung anorganischer Verbindungen ausgearbeitet, die hier in gekürzter Fassung wiedergegeben und mit den Richtsätzen von 1938 verglichen werden. Ziel der neuen Regeln ist es, die weitere Entwicklung der anorganisch-chemischen Nomenklatur nach Gesichtspunkten zu lenken, die es ermöglichen, alle Verbindungen in rationeller Weise zu benennen.

- A. Elemente
- B. Binäre Verbindungen
- C. Ternäre, quaternäre usw. Verbindungen
- D. Oxo-säuren (Sauerstoffsäuren)
- E. Salze und salzartige Verbindungen

- F. Koordinationsverbindungen und Komplexe
- G. Polymorphie
- H. Kristalline Phasen variabler Zusammensetzung
- J. Trivialnamen
- K. Zweck und Ziel der neuen Richtsätze

Die von der Nomenklaturkommission für Anorganische Chemie der Internationalen Union für Reine und Angewandte Chemie (IUPAC) festgelegten neuen Richtsätze¹⁾ liegen jetzt in der endgültigen Fassung vor. In ihrem gesamten Wortlaut sind sie vor kurzem an anderer Stelle veröffentlicht worden²⁾. Hier soll ihr wesentlicher Inhalt in möglichst knapper Fassung wiedergegeben werden.

Die 1938 von der internationalen Nomenklaturkommission aufgestellten Richtsätze³⁾ haben sich im wissenschaftlichen anorganisch-chemischen Schrifttum allgemein durchgesetzt und bewährt. Sie ließen jedoch viele Fragen offen. In dieser Hinsicht werden sie durch die neuen Richtsätze ergänzt. Schärfer als in den Richtsätzen von 1938 sind in den neuen Richtsätzen die allgemeinen Prinzipien für die Benennung anorganischer Verbindungen formuliert. Dabei ließ es sich in einigen Fällen nicht vermeiden, bisher in Gebrauch befindliche Bezeichnungen zu ändern. Für den deutschen Sprachbereich ist die einschneidendste Namenänderung die, daß für Oxyde und Hydroxyde künftig die Bezeichnungen Oxide und Hydroxide gebraucht werden sollen.

Die neuen Richtsätze sind im folgenden (abweichend von der Originalfassung) so gegliedert, daß sie sich möglichst leicht mit den Richtsätzen von 1938 vergleichen lassen. Soweit sie die früheren Richtsätze nicht lediglich ergänzen oder präzisieren, sondern sie ändern, wird darauf besonders hingewiesen.

A. Elemente

I. Namen und Symbole

Manche Fachgenossen halten es für wünschenswert, daß man jedes Element in den verschiedenen Sprachen mit dem gleichen Namen bezeichnet. Dies wäre möglich, wenn man für alle Elemente die lateinischen Namen gebrauchen würde. Nach Ansicht der Kommission läßt sich dies jedoch zur Zeit nicht erreichen.

Wichtig ist die Vereinheitlichung der Element-Symbole. Für Argon und Xenon (die bisher im Deutschen Ar und X, in anderen Sprachen A und Xe gekürzt wurden) sollen in allen Sprachen die Symbole Ar und Xe gebraucht werden. Für das Element 72 findet man den Namen Cassiopeium und das Symbol Cp fast nur im deutschen Schrifttum; sonst wird fast allgemein der Name Lutetium gebraucht. Daher soll dieses Element nun das Symbol Lu erhalten. Die Kommission hat diese Entscheidung ledig-

lich unter dem Gesichtspunkte der Zweckmäßigkeit getroffen; zur Frage der Priorität der Entdeckung soll dadurch nicht Stellung genommen werden⁴⁾. Die für Einsteinium und Mendelevium ursprünglich gebrauchten Symbole E und Mv hat die Kommission in Es und Md geändert. Das Element 102 soll den Namen Nobelium und das Symbol No erhalten.

Alle Isotope eines Elements sollen den gleichen Namen tragen und nur durch ihre Massenzahlen gekennzeichnet werden, z. B. „Sauerstoff-18“. Nur für die Wasserstoff-Isotope sind besondere Namen (Protium, Deuterium, Tritium) zulässig.

Bezeichnungen, die sich vom Namen eines Elements ableiten, soll stets der lateinische Name des Elements zu Grunde gelegt werden. So soll es in Analogie zu „Aurat“ und „Ferrat“ in Zukunft „Niccolat“ statt „Nickelat“ heißen⁵⁾.

II. Kennzeichnung der Masse usw. am Elementsymbol

Es bleibt bei der früher getroffenen Festlegung, daß die Massenzahl links oben, die Ordnungszahl links unten, die Ionenladung rechts oben und die Anzahl der Atome rechts unten angegeben wird.

Bei der Angabe der Ladung soll das Zeichen + oder - hinter, nicht vor die Ziffer gestellt werden, z. B. S²⁻, nicht S-².

Die im deutschen Schrifttum übliche Angabe der Ladung elektrolytischer Ionen durch die Zeichen + und - (z. B. K⁺, Al³⁺, S²⁻) kann beibehalten werden. Für gasförmige Ionen oder für Ionen in Kristallen soll man sie jedoch nicht verwenden.

Durch Isotope markierte Verbindungen soll man in der Weise kennzeichnen, daß man zum Namen der Verbindung das Symbol des Isotops in Klammern hinzufügt, z. B. Phosphortrichlorid-(³²P), Ammoniak-(¹⁵N), Wasserstoff-(²H)-peroxid-(¹⁸O) oder Deuterium-peroxid-(¹⁸O).

III. Gruppenbezeichnungen

Außer den Gruppenbezeichnungen: Alkalimetalle, Erdalkalimetalle, Edelgase, Halogene und Chalkogene, werden die folgenden gebilligt: „Metalle der Seltenen Erden“ oder „Seltenerdmetalle“ für die Elemente Sc, Y und La bis Lu einschließlich, „Elemente der Lanthanreihe“ für die Ele-

¹⁾ Vgl. H. Remy, diese Ztschr. 68, 612 [1956].
²⁾ Chem. Ber. 92, Nr. 7, S. XLVII (1959). Diese „Richtsätze für die Nomenklatur der anorganischen Chemie“ sind auch einzeln als Sonderdruck beim Verlag Chemie, GmbH., Weinheim/Bergstr., zu erhalten; 40 Seiten, kart. DM 3,-.

³⁾ Originaltext: Ber. dtsch. chem. Ges. 73, 53 [1940]; gekürzte Fassung; diese Ztschr. 55, 267 [1942].

⁴⁾ Anm. der Redaktion: Das Element 71 wurde 1907 durch Auer von Weisbach und fast gleichzeitig von Urbain aufgefunden. Auer gab ihm den Namen Cassiopeium, Urbain den Namen Lutetium. Die deutsche Atomgewichtskommission entschied sich 1923 für den Namen Cassiopeium, da sie der Überzeugung war, Auer habe die Priorität der Entdeckung (vgl. H. Remy: Lehrbuch der anorganischen Chemie, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1955, Bd. II, S. 530f).

⁵⁾ Anm. der Redaktion: Wie weit diese Regel sinnvoll ist, steht dahin. Für das Element Ni hat es nie einen lateinischen Namen gegeben und auch die angelsächsische Nomenklatur verwendet ausschließlich die Bezeichnung „Nickel“.

mente 57 bis 71 (La bis Lu) und „Lanthanide“ für die Elemente 58 bis 71 (Ce bis Lu). Die Elemente 89 (Ac) bis 103 bilden die „Actiniumreihe“; der Name „Actinide“ soll auf die Elemente beschränkt werden, bei denen die 5f-Schale aufgefüllt wird. Für die Elemente, die auf das Uran folgen, kann auch der Name „Transurane“ gebraucht werden.

IV. Allotropie

Rationale Namen für verschiedene gasförmige oder flüssige Formen eines Elements erhält man dadurch, daß man die Zahl von Atomen in der Moleköl durch griechische Zahlwörter angibt; z. B. O = Monosauerstoff; O₂ = Disauerstoff, O₃ = Trisauerstoff. Bezeichnungen wie: atomarer Sauerstoff, (gewöhnlicher) Sauerstoff, Ozon, können weiter verwendet werden, gelten aber als Trivialnamen.

Ring- und Kettenstrukturen kann man durch die Vorsilben „cyclo“ und „catena“ kennzeichnen; z. B. S₈ = cyclo-Oktaschwefel (Trivialname: λ-Schwefel), S_n = catena-Polyschwefel (Trivialname: μ-Schwefel).

B. Binäre Verbindungen

I. Stellung der Verbindungsbestandteile in Namen und Formel

In der Formel und in rationalen Namen steht der elektropositivere Bestandteil einer Verbindung stets an erster Stelle. Bei Verbindungen zwischen Nichtmetallen wird der Bestandteil zuerst angeführt, der in der folgenden Reihe dem anderen vorangeht:

B, Si, C, Sb, As, P, N, H, Te, Se, S, At, J, Br, Cl, O, F.

Reihenfolge der Bestandteile in intermetallischen Verbindungen siehe Abschnitt B, III.

Der elektropositivere Bestandteil trägt den gleichen Namen, wie das chemische Element. Gegebenenfalls kann dieser gekürzt werden (z. B. „Kohlen“ für „Kohlenstoff“).

Der Name des elektronegativeren Bestandteils wird vom Stamm der lateinischen Elementbezeichnung durch die Endung „id“ abgeleitet und dem Namen des elektropositiveren Bestandteils angefügt. Bei binären Verbindungen aus Nichtmetallen erhält der Name desjenigen Elements die Endung „id“, das in der obigen Reihe rechts vom anderen steht.

Beispiele: Natriumchlorid, Calciumphosphid, Nickelarsenid, Arsenselenid, Siliciumcarbid, Kohlendioxid, Schwefeltrioxid, Chlordioxid, Sauerstoffdifluorid.

Hinsichtlich der Benennung binärer Verbindungen unterscheiden sich die neuen Richtsätze von den früheren in folgenden Punkten:

1. Es werden alle Verbindungen nach dem gleichen Prinzip benannt, unabhängig davon, ob es sich um heteropolare oder um homöopolare Verbindungen handelt.

2. Für Verbindungen zwischen Nichtmetallen wird die Reihenfolge der Bestandteile im Namen festgelegt.

3. In den Richtsätzen von 1938 wurde von der Vorschrift, die Endung „id“ anzuwenden, stillschweigend eine Ausnahme gemacht, indem die Namen Oxyde und Hydroxyde beibehalten wurden. Diese Ausnahme soll jetzt verschwinden. Man muß sich also jetzt an den Gebrauch der Namen Oxide und Hydroxide gewöhnen⁶⁾.

Ferner sei darauf hingewiesen, daß der elektronegative Bestandteil einer Verbindung die Endung „id“ auch beibehalten soll, wenn er als Ion auftritt. Kochsalz ist also aus Natrium- und Chlorid-Ionen (nicht: Chlor-Ionen) aufge-

baut. Nach dem oben über die Benennung elektropositiver Bestandteile Gesagten bedeutet „Chlor-Ion“ das Ion Cl⁺. Entsprechend sagt man Hydrid-Ion, und nicht elektonegatives Wasserstoff-Ion.

Namen, die durch bloßes Nebeneinanderstellen der Bestandteile gebildet sind (z. B. Chlorwasserstoff), gelten als Trivialnamen. Über diese siehe Abschnitt J.

II. Kennzeichnung des Mengenverhältnisses der Bestandteile

Hier gelten die gleichen Richtsätze wie früher, nur mit dem Unterschied, daß „funktionelle“ Bezeichnungen (z. B. Salpetersäureanhydrid für N₂O₅) nicht mehr als Namen⁷⁾ gebraucht werden sollen, mit Ausnahme des Namens „Säure“ für Stoffe, die den Charakter von Säuren haben (s. Abschnitt D).

Das Mengenverhältnis der Bestandteile kann also gekennzeichnet werden:

1. durch Angabe der Oxydationsstufe (Stocksche Bezeichnungsweise), z. B. Kupfer(I)-chlorid, Kupfer(II)-chlorid,

2. durch Angabe der stöchiometrischen Zusammensetzung durch griechische Zahlwörter (mono, di, tri usw.) oder bei Zahlwörtern über 12 durch arabische Ziffern. Dieses System eignet sich besonders für Verbindungen zwischen Nichtmetallen. Beispiele: N₂O: Distickstoffoxid, NO₂: Stickstoffdioxid, N₂O₄: Distickstofftetroxid, Fe₃O₄: Triesen-tetroxid, U₃O₈ Triuran-oktoxid.

III. Intermetallische Verbindungen

Bei intermetallischen Verbindungen sollen sowohl in den Formeln als auch in den Namen die Bestandteile in der Reihenfolge

Fr, Cs, Rb, K, Na, Li; Ra, Ba, Sr, Ca, Mg, Be; 103, No, Md, Fm, Es, Cf, Bk, Cm, Am, Pu, Np, U, Pa, Th, Ae, Lu-La, Y, Sc; Hf, Zr, Ti; Ta, Nb, V; W, Mo, Cr; Re, Te, Mn; Pt, Ir, Os, Pd, Rh, Ru, Ni, Co, Fe; Au, Ag, Cu; Hg, Cd, Zn; Tl, In, Ga, Al; Pb, Sn, Ge; Bi, Sb; Po.

angeführt werden.

Beispiele: NiSb Nickelantimonid; Mg₂Sn Dimagnesiumstannid; Mg₂Pb Dimagnesiumplumbid; Ca₃Bi₂ Tricalciumbismutid.

Gewöhnlich wird man für derartige Verbindungen nicht die Namen, sondern die Formeln verwenden.

Abweichungen von dieser Reihenfolge sind z. B. gerechtfertigt, wenn Verbindungen analoger Struktur miteinander verglichen werden (AgZn und AgMg).

Über die Kennzeichnung von Verbindungen variabler Zusammensetzung siehe Abschnitt H.

C. Tertiäre, quaternäre usw. Verbindungen

Die früher für die Benennung dieser Verbindungen aufgestellten Richtsätze werden folgendermaßen ergänzt und präzisiert.

Enthält eine Verbindung drei oder mehr verschiedene Elemente, so soll deren Reihenfolge in der Formel mit der übereinstimmen, in der die Atome aneinander gebunden sind; z. B.: HOCN (Cyansäure), HNCO (Isocyansäure), HONC (Knallsäure); (SCN)⁻, nicht (CNS)⁻. Im übrigen gelten für die Reihenfolge die im Abschnitt E, III angeführten Richtsätze.

In den Formeln für Säuren kann der alte Brauch, den Wasserstoff an den Anfang zu setzen, beibehalten werden. Die Formel für die hypochlorige Säure kann geschrieben werden HOCl oder HClO.

⁶⁾ Anm. der Redaktion: Die Redaktionen der „Angewandten Chemie“, der „Chemie-Ingenieur-Technik“, der „Nachrichten aus Chemie und Technik“ sowie der im Verlag Chemie erscheinenden Zeitschriften und Büchern werden sich diesem Vorschlag vorläufig nicht anschließen, sondern noch einige Jahre vergehen lassen, bevor sie sich endgültig entscheiden. Bis dahin sei es jedem Autor freigestellt, Oxyd mit i zu schreiben oder nicht.

⁷⁾ Gegen ihre Verwendung zur Charakterisierung des chemischen Verhaltens bestehen keine Bedenken.

Mehratomige elektronegative Bestandteile einer Verbindung und die ihnen entsprechenden Anionen erhalten die Endung „at“ (Beispiele: Na_2SO_4 Natriumsulfat, K_2PtCl_6 Kaliumchloroplatinat). Nur Anionen der durch „-ige“ gekennzeichneten Säuren (vgl. Abschnitt D) erhalten die Endung „-it“.

Die Zahl solcher Atomgruppen drückt man durch Multiplikativzahlen aus (lat. bis, griech. tris, tetrakis, usw.). Wenn notwendig, wird dabei die Gruppe, auf die sich die Multiplikativzahl bezieht, in Klammern gesetzt. Beispiel: $\text{Ca}[\text{PCl}_6]_2$ Calcium-bis(hexachlorophosphat).

Bei „pseudobinären Verbindungen“, d. h. Verbindungen, in denen einfach zusammengesetzte Ionen oder Radikale die gleiche Rolle spielen, wie die elementaren Bestandteile der binären Verbindungen, erhält das negative Ion oder Radikal die Endung „-id“ (siehe Tabelle 1).

OH^-	Hydroxid-Ion	N_3^-	Azid-Ion
O_2^{2-}	Peroxid-Ion	NH_2^-	Imid-Ion
O_2^-	Hyperoxid-Ion	NH_4^-	Amid-Ion
O_3^-	Ozonid-Ion	NHOH^-	Hydroxylamid-Ion
S_2^{2-}	Disulfid-Ion	N_2H_5^-	Hydrazid-Ion
J_3^-	Trijodid-Ion	CN^-	Cyanid-Ion
JCl_2^-	Dichlorojodid-Ion	SCN^-	Rhodanid-Ion
HF_2^-	Hydrogendifluorid-Ion	C_3^{2-}	Acetylid-Ion

Tabelle 1. Mehratomige Anionen mit der Endung „-id“

Auf „-yl“ endende Namen von Radikalen (Tabelle 2) werden stets als elektropositive Bestandteile behandelt. Beispiele: COCl_2 Carbonylchlorid, SO_2Cl_2 Sulfurylchlorid, JO_2F Jodylfluorid, NH_2OH Hydroxylamin.

Die zuletzt angeführte Verbindung ist gleichzeitig ein Beispiel für die Bildung eines Namens nach dem Substitutionsprinzip, d. h. auf Grund des Austausches von Wasserstoff gegen andere Atome oder Atomgruppen. Im Gegensatz zur organischen wird in der anorganischen Nomenklatur das Substitutionsprinzip jedoch selten angewendet; weitere Beispiele sind: Chloramin, NH_2Cl und Dichloramin, NHCl_2 .

OH	Hydroxyl*)	PO	Phosphoryl	UO_2^-	Uranyl
CH_3O	Methoxyl	PS	Thiophosphoryl	NpO_3^-	Neptunyl
$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$	Athoxyl	VO	Vanadyl	PuO_3^-	Plutonyl
CH_3CO	Acetyl	SO	Thionyl	AmO_2^-	Amerlycyl
CO	Carbonyl	SO_2	Sulfuryl	ClO	Chlorosyl
CS	Thiocarbonyl	S_2O_3	Pyrosulfuryl	ClO_2^-	Chloryl
CSe	Selenocarbonyl	SeO	Seleninyl	ClO_3^-	Perchloryl
NO	Nitrosyl	SeO_2	Selenyl	JO	Jodosyl
NO_2	Nitryl	CrO_2	Chromyl	JO_2^-	Jodyl
NS	Thionitrosyl				
$(\text{NS})_2$	Thiazyl (z. B. Trithiazyl)				

*) Die OH-Gruppe trägt den Namen „Hydroxyl“, wenn sie als freies Radikal vorliegt oder ein H-Atom substituiert.

Tabelle 2. Zulässige Namen für neutrale und elektropositive Radikale

Haben Radikale gleicher Zusammensetzung verschiedene Ladung, so soll für die Angabe der Oxydationsstufe die Stocksche Bezeichnungsweise verwendet werden. So kann man z. B. UO_2^{2+} und UO_2^{3+} unterscheiden als Uranyl(VI)- und Uranyl(V)-Ion. Man kann derartige Ionen aber auch wie Komplexe behandeln und sie gemäß den dafür geltenden Richtsätzen (siehe Abschnitt F) benennen; so ergeben sich für UO_2^{2+} und UO_2^{3+} die Namen Dioxouran(VI)- und Dioxouran(V)-Ion.

Leitet sich ein mehratomiges Kation von einem einatomigen Anion durch Addition von Protonen ab, so wird der Name des Kations in der Weise gebildet, daß man der Wurzel des lateinischen Namens des anionischen Elements die Endung „-onium“ anfügt.

Beispiele: $[\text{PH}_4]^+$ Phosphonium-Ion, $[\text{OH}_3]^+$ Oxonium-Ion, $[\text{SH}_3]^+$ Sulfonium-Ion, $[\text{FH}_2]^+$ Fluoronium-Ion.

Organische Ionen, die sich durch Substitution von diesen Kationen ableiten, werden entsprechend benannt, z. B. $[(\text{CH}_3)_3\text{Sb}]^+$ Tetramethylstibonium-Ion.

In den Richtsätzen von 1938 war für $[\text{OH}_3]^+$ der Name Hydroxium-Ion vorgeschlagen worden. Dieser Name soll nach den neuen Richtsätzen nur dann gebraucht werden, wenn man keinen

bestimmten Grad der Hydratation des Protons damit zum Ausdruck bringen will, wie z. B. in wässrigen Lösungen. Man kann in diesem Falle aber auch den einfacheren Ausdruck „Wasserstoff-Ion“ benutzen.

Der Name Ammonium-Ion für $[\text{NH}_4]^+$ ist mit dem obigen Richtsatz zwar nicht ganz im Einklang, soll aber beibehalten werden. Substituierte Ammonium-Ionen erhalten gleichfalls die Endung „ammonium“, wenn sie sich von Verbindungen mit der Endung „-amin“ ableiten; sonst wird der Name durch Anfügen von „-ium“ gebildet. Beispiele: $[\text{HONH}_3]^+$ Hydroxylammonium-Ion; jedoch Hydrazinium, Anilinium, Pyridinium; ferner: Dioxanium, Acetonium.

D. Oxosäuren (Sauerstoffsäuren)

Die in den Richtsätzen von 1938 für die Oxosäuren festgelegten Namen können beibehalten werden; nur sollen die Säuren, die die Gruppe O_2^{2-} (Peroxo-Gruppe, siehe F, I) enthalten, nicht mehr als Peroxy-, sondern als Peroxo-Säuren bezeichnet werden (also z. B. Peroxoschwefelsäure statt Peroxyschwefelsäure).

Die Deutsche Nomenklaturkommission für Anorganische Chemie empfiehlt ferner, in den Namen der Säuren die gleichen Vorsilben zu verwenden, die bei ihren Salzen gebraucht werden, also „Hypo“ und „Per“ statt „Unter“ und „Über“ (z. B. HClO hypochlorige Säure, HClO_4 Perchlorsäure).

Der Name Pyro-Säure kann für Verbindungen, bei denen er allgemein in Gebrauch ist (z. B. Pyroschwefelsäure, Pyrophosphorsäure) weiterverwendet werden. Da es sich bei diesen Verbindungen aber um die einfachsten Isopoly-säuren (siehe F, III) handelt, werden sie besser als Disäuren bezeichnet. In manchen Fällen, z. B. bei der Dichromsäure, ist dieser Name schon allgemein in Gebrauch. Verwechslungen, beispielsweise von Salzen, die ein $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ -Ion enthalten, mit solchen, in denen zwei PO_4^{3-} -Ionen vorliegen, können ohne weiteres dadurch vermieden werden, daß man letztere (soweit es überhaupt erforderlich ist, die Anzahl der PO_4^{3-} -Ionen anzugeben), als Bis-phosphate bezeichnet (vgl. den diesbezüglichen Richtsatz in Abschnitt C).

Die unter Verwendung von „Hypo“, „ige“ und „Per“ gebildeten Namen gelten als Trivialnamen.

Rationelle Namen für die Oxosäuren und ihre Salze erhält man durch Anwendung der unter F angeführten Richtsätze. Danach sollen Oxydationsstufen durch Anwendung der Stockschen Bezeichnungsweise unterschieden werden, und die Anionen der Oxosäuren erhalten einheitlich die Endung „-at“. Die Zahl der O-Atome braucht nur dann angegeben zu werden, wenn es sich darum handelt, verschiedene Säuren der gleichen Oxydationsstufe zu unterscheiden (z. B. HReO_4 Tetroxo-rehenium(VII)-säure, H_3ReO_6 Pentoxo-rehenium(VII)-säure). Sonst brauchen die O-Atome nicht erwähnt zu werden, und man erhält dann rationelle Namen, die ebenso einfach sind, wie die Trivialnamen.

Die rationellen Namen der von verschiedenen Oxydationsstufen des Mangans abgeleiteten Säuren lauten also: Mangan(IV)-säure, Mangan(V)-säure, Mangan(VI)-säure und Mangan(VII)-säure. Die Namen der zugehörigen Salze sind: Manganate(IV) — nicht: Manganite! — Manganate(V), Manganate(VI) und Manganate(VII). Für die Manganate(VII) wird man gewöhnlich noch den eingebürgerten Trivialnamen „Permanganate“ gebrauchen. Die übrigen Oxosäuren und Oxosalze des Mangans sollte man aber immer mit ihren rationellen Namen bezeichnen.

Oxosäuren oder Oxosalze, die künstlich entdeckt werden, sollen unbedingt nur rationelle Namen erhalten. Gleicher gilt für bereits bekannte Säuren oder Salze, für die noch keine Trivialnamen gebräuchlich sind. Z. B. sind Salze der Säuren HNO_3 , $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_3$ und $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_4$ beschrieben worden; ihre rationellen Namen sind: Oxonitrate(I), Trioxo-dinitrate(II), Tetroxo-dinitrate(III).

Ersatz von O bzw. OH durch S, F, Cl, NH₂ usw.

Säuren, die sich von Oxosäuren durch Austausch von O-Atomen gegen S-Atome ableiten, sind als Thiosäuren, ihre Salze als Thiosalze zu bezeichnen (z. B. H₂S₂O₃ Thioschwefelsäure, H₂CS₃ Trithiokohlensäure, Na₃SbS₄ Natriumthioantimonat). Die (abgekürzten) rationellen Namen der Säuren HSO₃F, HSO₃Cl, HSO₃NH₂, (HSO₃)₂NH und (HSO₃)₃N sind: Fluorschwefelsäure, Chloroschwefelsäure, Amidoschwefelsäure, Imido-bischwefelsäure und Nitrido-trisschwefelsäure. Entsprechend heißen die Verbindungen H₂PO₃(NH₂) und HPO₂(NH₂)₂ Amido-phosphorsäure und Diamido-phosphorsäure.

Nach den Richtsätzen für die Benennung von Koordinationsverbindungen (Abschnitt F) lautet der nicht abgekürzte rationale Name der Säure HSO₃Cl: Trioxo-chloro-schwefelsäure(VI). Man kann dies zu „Chloroschwefelsäure“ kürzen, da man die O-Atome aus dem Namen fortlassen darf und im vorliegenden Falle auch die Oxydationsstufe nicht angegeben zu werden braucht.

Durch Verwendung der rationalen Namen für die Säuren HSO₃F, HSO₃Cl usw. wird die oft diskutierte Frage gegenstandslos, ob man diese Verbindungen Sulfonsäuren oder Sulfosäuren nennen soll.

Verbindungen, die sich von Oxosäuren dadurch ableiten, daß alle OH-Gruppen gegen S, Halogene, N oder gegen NH- oder NH₂-Gruppen ausgetauscht sind, werden nach den für „pseudobinäre“ Verbindungen geltenden Richtsätzen benannt, indem man für die Säureradikale die üblichen auf „yl“ endenden Namen verwendet. Beispiele: NOS Nitrosyl-sulfid, POCl₃ Phosphoryl-chlorid, PON Phosphoryl-nitrid, SO₂NH Sulfuryl-imid, SO₂(NH₂)₂ Sulfuryl-diamid, PO(NH₂)₃ Phosphoryl-triamid.

E. Salze und salzartige Verbindungen

I. Einfache Salze

Einfache Salze werden analog benannt wie binäre Verbindungen, d. h. es wird der Name des Anions an den des Kations angefügt.

II. Saure Salze (Hydrogensalze)

Zur Angabe des in einer Verbindung vorhandenen dissoziierbaren Wasserstoffs wird unmittelbar vor den Namen des Anions das Wort „hydrogen“ gesetzt.

Wasserstoff, der an das Zentralatom des Anions nicht-ionogen gebunden ist, wird im Namen nicht angeführt, falls für das Anion der Trivialname oder der abgekürzte rationale Name gebraucht wird.

Beispiele: NaHCO₃ Natrium-hydrogencarbonat, NaH₂PO₄ Natrium-dihydrogen-phosphat, NaH[PHO₃] Natrium-hydrogenphosphit (nicht abgekürzter rationeller Name: Natrium-hydrogen-hydrido-trioxo-phosphat(III); vgl. F, I).

III. Doppelsalze, Tripelsalze usw.

Die Kationen (ausgenommen „hydrogen“, vgl. E, II) werden in der Reihenfolge zunehmender Wertigkeit angeführt. Kationen gleicher Wertigkeit werden nach abnehmenden Ordnungszahlen geordnet; dabei stehen mehratomige Radikale (z. B. Ammonium) oder komplexe Ionen am Ende der betreffenden Wertigkeitsgruppe.

Die Hydratation der Kationen wird für die Reihenfolge nicht berücksichtigt, auch wenn es sich um komplexe Ionen handelt und man dies im Namen ausdrücklich angibt, indem man dem Namen des einfachen Ions z. B. das Wort „Hexaquo“ voranstellt.

Die Anionen werden in folgender Reihenfolge angeführt:

1. H⁻, O²⁻, OH⁻,
2. aus einem Element bestehende Anionen in der unter B, I angegebenen Ordnung,
3. anorganische Anionen, die aus zwei oder mehreren Elementen aufgebaut sind. Dabei werden die zuerst genannten, die die kleinste Anzahl von Atomen enthalten.

Solche mit gleicher Atomzahl werden nach fallender Ordnungszahl ihres Zentralatoms geordnet.

4. Anionen organischer Säuren oder sonstiger organischer Stoffe, die eine Säurefunktion haben.

Beispiele: K₂CaPO₄ Kalium - calcium - phosphat, Na(NH₄)₂HPO₄ Natrium-ammonium-hydrogen-phosphat, (NH₄)₂MgPO₄ Ammonium-magnesium-phosphat, Ca₂F(PO₄)₃ Pentacalcium-fluorid-phosphat oder Calcium-fluorid-tris(phosphat), Na₂ClF(SO₄)₂ Natrium-chlorid-fluorid-bis(sulfat).

IV. Basische Salze (Oxid- und Hydroxidsalze)

Die Namen sog. basischer Salze werden wie die Namen von Doppelsalzen gebildet. Beispiele: Mg(OH)Cl Magnesium - hydroxid - chlorid, BiO(NO₃) Wismut - oxid - nitrat, SbOCl Antimon(III)-oxid-chlorid.

Die Namen basischer Salze, in denen abgegrenzte elektropositive Radikale vorliegen, können auch mit den für diese Radikale gebräuchlichen Bezeichnungen (siehe Tabelle 2) gebildet werden; z. B. VOSO₄ Vanadin(IV)-oxid-sulfat oder Vanadyl(IV)-sulfat. Da die Verbindungen BiO(NO₃) und SbOCl keine abgegrenzten BiO- bzw. SbO-Gruppen enthalten, sollen sie auch nicht als Bismutynitrat und Antimonylchlorid bezeichnet werden.

V. Doppeloxide und -hydroxide

In den Doppeloxiden und -hydroxiden sollen die Metalle in der gleichen Reihenfolge genannt werden wie in den Doppelsalzen (E, II).

Gegebenenfalls kann man den Strukturtyp in Klammern hinter den Namen setzen. Dies geschieht zweckmäßig in Kursivschrift, wenn der Typename nicht gleichzeitig der mineralogische Name des betreffenden Stoffes ist. Beispiele: MgTiO₃ Magnesium-titan-trioxid (Ilmenit-Typ); FeTiO₃ Eisen(II)-titan-trioxid (Ilmenit).

Mineralnamen sollen aber nicht als Namen für chemische Verbindungen gebraucht werden. Der Name der Verbindung FeTiO₃ ist „Eisen(II)-titan-trioxid“ nicht „Ilmenit“.

F. Koordinationsverbindungen und Komplexe

I. Allgemeines

Die früheren Richtsätze für die Benennung von Koordinations-Verbindungen bleiben in Geltung. Sie werden durch die folgenden Regeln ergänzt:

Jede Verbindung, die durch Anlagerung von ein oder mehreren Molekülen oder Ionen an ein oder mehrere Zentralatome oder -Ionen gebildet wird, kann für die Namensbildung als Komplexverbindung behandelt werden.

Komplexe Anionen sollen die Endung „-at“ erhalten. Komplexe Kationen und Neutralteile erhalten keine Endungen.

Das Zentralatom wird im Namen eines Komplexes hinter die Liganden, hingegen in der Formel (wenn diese den Bau nicht im einzelnen wiedergibt) vor die Liganden gestellt.

Die Namen für anionische Liganden, gleich ob es sich um anorganische oder organische handelt, enden auf -o. Endet der Name des Anions auf -id, -it oder -at, so wird das o angehängt (-ido, -ito, -ato). Für einige anionische Liganden haben sich abgewandelte Formen eingebürgert (siehe Tabelle 3).

Ion	Name als Anion	Name als Ligand	Ion	Name als Anion	Name als Ligand
F ⁻	Fluorid	fluoro-	O ₂ ⁻	Peroxid	peroxo-
Cl ⁻	Chlorid	chloro-	S ²⁻	Sulfid	thio-
Br ⁻	Bromid	bromo-	HS ⁻	Hydrogen-sulfid	thiolo-
J ⁻	Jodid	jodo-			
O ²⁻	Oxid	oxo-	CN ⁻	Cyanid	cyano-
OH ⁻	Hydroxid	hydroxo-	SCN ⁻	Rhodanid	rhodano-

Tabelle 3. Anionische Liganden deren Bezeichnung von der Regel abweicht

Wasser und Ammoniak werden als neutrale Liganden in Komplexen mit „aquo“ und „ammin“ bezeichnet. Die Namen anderer neutraler Liganden bleiben unverändert, ebenso die Namen kationischer Liganden.

Von den Liganden werden zuerst die anionischen (in der in E, III angegebenen Reihenfolge), dann die neutralen und kationischen angeführt, und zwar in der Reihenfolge: H_2O , NH_3 , andere anorganische und zuletzt organische Liganden.

Beispiele: $\text{Na}[\text{BH}_4]$	Natrium-tetrahydrido-borat
$\text{Na}[\text{AlCl}_4]$	Natrium-tetrachloro-aluminat
$\text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$	Natrium-hexahydroxo-antimonat(V)
$\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$	Kalium-hexachloro-platinat(IV), abgekürzt: Kalium-chloroplatinat
H_2SO_4	Tetroxo-schwefelsäure(VI), abgekürzt: Schwefelsäure
$\text{Na}_2[\text{SO}_3]$	Natrium-trioxo-sulfat(IV), Trivialname: Natriumsulfit
$\text{Na}_2[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$	Natrium-bis(thiosulfato)-argentat(I)
$\text{K}_2[\text{Fe}_2\text{S}_2(\text{NO})_4]$	Dikalium-dithio-tetranitrosyl-diferrat
$[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$	Chloro-pentamin-kobalt(III)-chlorid
$[\text{Cr}(\text{OH}_2)_6]\text{Cl}_3$	Hexaquo-chrom(III)-chlorid

II. Mehrkernige Verbindungen

Eine brückenbildende Gruppe wird durch den ihr vorangestellten Buchstaben μ gekennzeichnet. Dies gilt auch für die Hydroxo-Gruppe, die man früher nach Werner als o -Gruppe bezeichnete. Beispiel: $[(\text{NH}_3)_5\text{Cr}-\text{OH}-\text{Cr}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_5$ μ -Hydroxo-dekammin-dichrom(III)-chlorid oder μ -Hydroxo-bis(pentamin-chrom(III))-chlorid.

Mehrere gleichartige Brücken kennzeichnet man durch griechische Zahlwörter, die dem Buchstaben μ vorangestellt werden (di- μ -, tri- μ - usw.); z. B. $[(\text{CO})_3\text{Fe}(\text{CO})_3\text{Fe}(\text{CO})_3]$ Tri- μ -carbonyl-bis(tricarbonyl-eisen). Man beachte: „ μ -disulfido“ bedeutet eine S_2 -Brücke; „di- μ -sulfido“ bedeutet zwei S-Brücken.

III. Isopolysäuren und ihre Salze

Nach den Richtsätzen von 1938 bestanden zwei gleichwertige Möglichkeiten für die Benennung dieser Verbindungen: Namensbildung durch griechische Zahlwörter und Namensbildung unter Zugrundelegung der nach dem Verhältnis Baseanhydrid:Säureanhydrid aufgelösten Formel. Nach den neuen Richtsätzen ist der Namensbildung durch griechische Zahlwörter der Vorzug zu geben. Beispiele: $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ Dikalium-disulfat, $\text{K}_2\text{S}_3\text{O}_{10}$ Dikalium-trisulfat, $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ Pentanatrium-triphosphat, $\text{K}_2\text{Cr}_4\text{O}_{13}$ Dikalium-tetrachromat, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ Dinatrium-tetraborat, NaB_5O_8 Natrium-pentaborat, $\text{Ca}_3\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ Tricalcium-heptamolybdat.

IV. Heteropolysäuren und ihre Salze

Auch in diesem Falle wird von den beiden früher gegebenen Möglichkeiten der Namensbildung jetzt die durch griechische Zahlwörter bevorzugt. Beispiele: $(\text{NH}_4)_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ Triammonium-dodekawolframato-phosphat, $(\text{NH}_4)_6\text{TeMo}_6\text{O}_{24} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Hexammonium-hexamolybdato-tellurat-Heptahydrat, $\text{Li}_3\text{HSiW}_{18}\text{O}_{40} \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ Triliithium-monohydrogen-dodekawolframato-silikat-24-Hydrat, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{Mo}_{12}\text{O}_{41}$ Tetrannatrium-dodekamolybdato-diphosphat(III), $\text{K}_3\text{PMo}_{10}\text{V}_2\text{O}_{39}$ Trikalium-dekamolybdato-divanadato-phosphat.

V. Additionsverbindungen

Die Namen von Additionsverbindungen sollen dadurch gebildet werden, daß man die Namen der Bestandteile mit Bindestrichen aneinanderfügt und die Zahl der Moleküle durch arabische Ziffern angibt. Handelt es sich bei den angelagerten Molekülen um organische Verbindungen, so verwendet man an Stelle von arabischen Ziffern besser multiplikative Zahlwörter (bis, tris, tetrakis usw.), damit

Verwechslungen mit Ziffern, die zur Ortsbezeichnung von Substituenten dienen, vermieden werden.

Für Verbindungen, die Kristallwasser enthalten, kann die eingebürgerte Bezeichnung „Hydrate“ beibehalten werden; andere neutrale Moleküle sollte man jedoch nicht mehr mit der Endung -at versehen, da diese in den rationellen Namen mehratomige Anionen charakterisiert. Vor allem aber ist es falsch, z. B. Verbindungen, die „Kristallalkohol“ enthalten, als „Alkoholate“ zu bezeichnen, da hierunter Salze des Alkohols zu verstehen sind.

Beispiele: $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Calciumchlorid-Hexahydrat, $\text{AlCl}_3 \cdot 4\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ Aluminiumchlorid-4-Äthanol oder -Tetrakisäthanol, $\text{BF}_3 \cdot (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ Bortrifluorid-Diäthyläther, $\text{BiCl}_3 \cdot 3\text{PCl}_5$ Wismuttrichlorid-3-Phosphorpentachlorid.

G. Polymorphie

Zur Unterscheidung verschiedener Modifikationen eines Stoffes pflegen Chemiker und Metallographen griechische Buchstaben oder römische Ziffern zu verwenden (α -Eisen, Eis I usw.). Solche Bezeichnungen sollte man als provisorisch oder als Trivialnamen ansehen. Sie lassen sich durch rationelle Bezeichnungen ersetzen, sobald die Kristallstrukturen der Modifikationen bekannt sind.

Rationelle Bezeichnungen, die für den Chemiker im allgemeinen ausreichen, erhält man dadurch, daß man die Modifikation durch Angabe des Kristallsystems hinter dem Namen oder der Formel kennzeichnet. Die Kommission hält es für zweckmäßig, daß dafür folgende Abkürzungen international festgelegt werden: cub. = kubisch; c. = raumzentriert; f. = flächenzentriert; tetr. = tetragonal; hex. = hexagonal; trig. = trigonal; o. rh. = (ortho-)rhombisch; mon. = monoklin; tric. = triklin.

Schwach verzerrte Gitter kann man durch das Zeichen \sim anzeigen, z. B. „ \sim f. cub.“ = schwach verzerrtes flächenzentriertes kubisches Gitter.

Man kann die Struktur auch dadurch kennzeichnen, daß man eine den Kristalltyp charakterisierende Verbindung oder ein ihm entsprechendes Mineral in Klammern und Kursivschrift hinter dem Namen oder der Formel angibt (vgl. E, V), z. B. AuCd (CsCl -Typ). Diese Art der Kennzeichnung ist aber nicht so allgemein anwendbar wie die erst angeführte.

H. Kristalline Phasen variabler Zusammensetzung

Eine intermediäre kristalline Phase, die in einem aus zwei oder mehr Komponenten bestehenden System auftritt, bezeichnet man, wenn ihre Zusammensetzung merklich schwanken kann, als eine nichtdaltonide Verbindung oder als ein Berthollid.

Zweckmäßigerweise verwendet man für nichtdaltonide Verbindungen hauptsächlich Formeln. Wenn man Namen verwendet, so mögen diese etwa folgendermaßen gebildet werden: Eisen(II)-sulfid (Eisenunterschub), Molybdän-carbid (Kohlenstoffüberschub).

Zur allgemeinen Kennzeichnung der schwankenden Zusammensetzung soll man vor oder über die Formel das Zeichen \sim setzen (gelesen: „ungefähr“ oder „zirka“), z. B. $\sim\text{FeS}$, $\sim\text{CuZn}$. (Bisher pflegte man auf die schwankende Zusammensetzung durch einen über die Formel gesetzten Strich hinzuweisen: $\text{Fe}\bar{\text{S}}$.) Die Richtung der Abweichung von der „Idealformel“ kann man folgendermaßen angeben: $\sim\text{FeS}$ (Eisenunterschub); $\sim\text{MoC}_2$ (Kohlenstoffüberschub).

Ist die schwankende Zusammensetzung durch Mischkristallbildung bedingt, so setzt man üblicherweise die Atome oder Atomgruppen, die sich gegenseitig vertreten, durch Komma getrennt in Klammern, z. B. $\text{K}(\text{Br}, \text{Cl})$; $(\text{Li}_2, \text{Mg})\text{Cl}_2$. Man kann aber auch so verfahren, daß man die Variablen angibt, die die Zusammensetzung

bestimmen; z. B. $\text{KBr}_x\text{Cl}_{1-x}$. In diesem Falle kann eine bestimmte Zusammensetzung durch Angabe des ihr entsprechenden Wertes von x angezeigt werden. Am besten setzt man den Wert von x hinter die allgemeine Formel, z. B. $\text{Li}_{4-x}\text{Fe}_{3x}\text{Ti}_{2(1-x)}\text{O}_6$ ($x = 0,35$). Soll der Wert von x in die Formel selbst aufgenommen werden, so tritt der Charakter der Phase deutlicher in Erscheinung, wenn geschrieben wird: $\text{Li}_{4-0,35}\text{Fe}_{3-0,35}\text{Ti}_{2(1-0,35)}\text{O}_6$, als wenn man schreibt: $\text{Li}_{3,65}\text{Fe}_{1,05}\text{Ti}_{1,30}\text{O}_6$.

J. Trivialnamen

In den Richtsätzen von 1938 wurden als „reine Trivialnamen“ (zum Unterschied von „falsch gebildeten Namen“) solche bezeichnet, die „frei von falschen wissenschaftlichen Deutungsversuchen und sonstigen falschen chemischen Vorstellungen sind und in der Mehrzahl der Fälle dem anschaulichen Verwendungskreis der Verbindungen entnommen sind“ (z. B. Salpeter, Ätzkalk, Äztnatron, gelbes Blutlaugensalz).

Die Benutzung falsch gebildeter Namen (wie: schwefelsaure Magnesia, kohlensaurer Kalk, salpetersaures Kali, essigsaurer Tonerde, Natriumsulfhydrat, Cyankali) wird natürlich auch in den neuen Richtsätzen abgelehnt.

Der Umfang des Begriffes der „reinen Trivialnamen“ wird jetzt dahin erweitert, daß zu diesen nicht nur von falschen wissenschaftlichen Deutungsversuchen freie volkstümliche Namen gerechnet werden (wie Soda, Chilesalpeter, Ätzkalk), sondern auch eine ganze Reihe von Namen, die im wissenschaftlichen Sprachgebrauch üblich sind, nämlich alle, die nicht den allgemeinen Prinzipien der neuen Richtsätze entsprechen. Hierzu gehören beispielsweise Namen, wie Chlorwasserstoff und Schwefelwasserstoff, die durch bloßes Nebeneinanderstellen der Bestandteile ohne Anfügen einer Endung gebildet worden sind. Im wissenschaftlichen Sprachgebrauch sollen solche Namen beschränkt bleiben auf einige Wasserstoff-Verbindungen, bei denen sie allgemein gebräuchlich sind.

Die Trivialnamen Wasser, Ammoniak, Hydrazin, Diboran, Silan, Disilan usw., Phosphin, Diphosphin, Arsin, Diarsin, Stibin, können unbedenklich weiter verwendet werden. Es bestehen auch keine Bedenken dagegen, allgemein gebräuchliche Trivialnamen für Oxosäuren vorläufig beizubehalten (vgl. Abschnitt D). Dagegen soll man Namen wie Schwefelkohlenstoff, Tetrachlorkohlenstoff, Chlorschwefel (statt: Kohlendisulfid, Kohlenstofftetrachlorid,

Dischwefelchlorid) im wissenschaftlichen Sprachgebrauch nicht mehr verwenden. Gegen ihren Gebrauch im technischen und volkstümlichen Schrifttum ist nichts einzuwenden.

K. Zweck und Ziel der neuen Richtsätze

Die Richtsätze von 1938 bezweckten „die Vereinheitlichung in der Benennung anorganischer Verbindungen und die Beseitigung veralteter, falscher Bezeichnungen“. Letzteres ist heute praktisch erreicht. Im wissenschaftlichen anorganisch-chemischen Schrifttum sind veraltete, falsche Bezeichnungen kaum noch anzutreffen. Der Hauptzweck der neuen Richtsätze ist daher eine noch weitergehende Vereinheitlichung der Nomenklatur unter Zugrundelegung möglichst einfacher und allgemeiner, d. h. auf dem Gesamtgebiet der anorganischen Chemie anwendbarer Prinzipien.

In welchem Sinne dies zu verstehen ist, ersieht man aus folgendem Beispiel: Nach den früheren Richtsätzen bestanden für die Benennung binärer Verbindungen fünf verschiedene Möglichkeiten. Nur zwei von diesen sind grundsätzlich auf alle binären Verbindungen, deren Zusammensetzung bekannt ist, anwendbar, nämlich die Kennzeichnung des Mengenverhältnisses der Bestandteile durch griechische Zahlwörter oder durch Angabe der Wertigkeit nach *Stock*, beides unter Verwendung der Endung -id für den zweiten Verbindungsbestandteil. Die anderen drei Möglichkeiten, nämlich die funktionelle Benennung (z. B. Schwefelsäureanhydrid), die Namenbildung durch bloßes Nebeneinanderstellen der Bestandteile (z. B. Schwefelkohlenstoff) und die Verwendung von Sondernamen für Verbindungen einer bestimmten Stoffklasse (z. B. Silan, Disilan usw.) sind nur auf mehr oder weniger eng umgrenzten Gebieten anwendbar. Nach den neuen Richtsätzen gelten als rationelle Namen nur die, die nach den beiden allgemein anwendbaren Regeln gebildet sind. Die übrigen gelten als Trivialnamen, deren man sich im wissenschaftlichen Sprachgebrauch nur in Ausnahmefällen bedienen soll.

Nur auf einem Gebiete, nämlich bei den Oxoäuren, lässt sich ein ausgedehnter Gebrauch von Trivialnamen zur Zeit noch nicht vermeiden. Auch auf diesem Gebiete zielen die neuen Richtsätze aber darauf, „die weitere Entwicklung nach Gesichtspunkten zu lenken, die es ermöglichen, neue Verbindungen in rationellerer Weise zu benennen“.

Eingegangen am 9. Dezember 1958 [A 956]

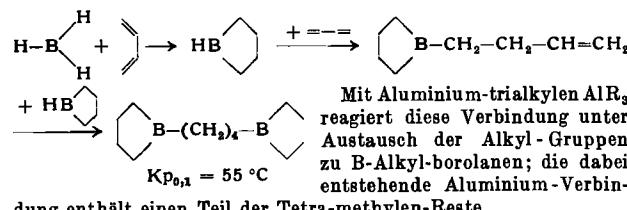
Zuschriften

Einfache Synthesen ringförmiger Bortrialkyle

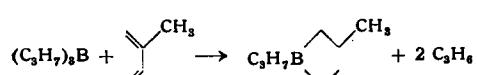
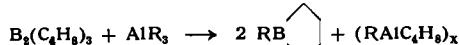
Von Dr. R. KÖSTER.

Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim/Ruhr

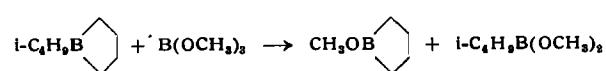
Aus Diolefinen (z. B. Butadien) und N-Trialkyl-borazanen $H_3B-NR_3^1$ bzw. Diboran B_2H_6 entstehen ringförmige Bor-Kohlenstoffverbindungen. Über verschiedene Zwischenstufen wird z. B. das 1,1'-Tetramethylen-bis-borolan $B_2(C_4H_8)_3^2$ gebildet:



B-Alkyl-borolan (B-Alkyl-boroecyclopantan) und seine Derivate bilden sich auch aus Butadien oder Isopren und Bortrialkylen BR_3 durch Verdrängung³⁾ wie z. B.



Obwohl es sich bei den Borolanen um gemischte Bortrialkyle handelt, sind sie im Gegensatz zu Verbindungen der Art $R'BR_2$ thermisch recht stabil; auch über 100 °C sind sie ohne Disproportionierung destillierbar. B-Propyl-borocyclopentane (z. B. B-Propyl-3-methyl-borocyclopentan, $K_p = 137$ bis 141 °C) bestehen im allgemeinen aus einem Isomerengemisch der n-Propyl- (75 bis 90 %) und der Isopropyl-Verbindung (10–25 %). Dies konnte durch analytische Methoden (Gaschromatographie und Massenspektrometrie) bewiesen werden⁴. Orthoborsäure-ester $B(OR)_3$ reagieren bei etwa 200 °C mit B-Alkyl-borolanen zu Alkoxy- bzw. Aroxy-borolanen, wobei ein anderes Alkyl-borsäureester entstehen⁵, z. B.



Eingegangen am 14. Mai 1959 [Z 778]
Auf Wunsch des Autors erst jetzt veröffentlicht

¹⁾ R. Köster, diese Ztschr. 69, 684 [1957]. — ²⁾ R. Köster, diese Ztschr. 70, 414 [1958]. — ³⁾ R. Köster, Liebigs Ann. Chem. 618, 31 [1958]. — ⁴⁾ G. Schomburg, R. Köster u. D. Henneberg, Z. analyt. Chem. im

⁴⁾ G. Schombürg, R. Köster u. D. Henneberg, Z. analyt. Chem., im Druck. — ⁵⁾ Vgl. R. Köster, diese Ztschr. 71, 31 [1959].