

hang hätte man auch die experimentellen Untersuchungen von XeH_2 erwähnen können. Die Metallhydride ZrH_4 , HfH_4 und WH_6 werden zwar als theoretische Modelle vorgestellt, aber es fehlt der Hinweis, dass diese Moleküle bereits durch Matrixspektroskopie nachgewiesen wurden. Auch $[\text{PtH}_4]^{2-}$ (S. 566–572) ist in Form von Alkalimetallsalzen bereits bekannt (W. Bronger, *Angew. Chem.* **1991**, 103, 776).

Für Verwunderung bei den meisten Lesern dürfte die offenbar feste Überzeugung der Autoren sorgen, dass die Bindungsbeiträge von $(n-1)d$ -Orbitalen bei Hauptgruppenelementen und np -Orbitalen bei Übergangsmetallen vernachlässigbar sind und in letzterem Fall die 18-Elektronen-Regel durch eine 12-Elektronen-Regel ersetzt werden sollte. Die Zukunft wird zeigen, wie eng diese Schlussfolgerungen an bestimmte Systeme, Rechenmethoden und Populationsanalysen geknüpft sind. Die kritischen Bemerkungen von Maseras und Morokuma (*Chem. Phys. Lett.* **1992**, 195, 500) zur natürlichen Populationsanalyse werden leider nicht erwähnt. Zudem wird auf S. 449 eingeräumt, dass die Reaktion von Wolfram mit CO den 18-Elektronen-Komplex $[\text{W}(\text{CO})_6]$ liefert.

Die Einwände und ergänzenden Bemerkungen zu dieser Arbeit könnten leicht zu einem eigenen Buch gleichen Umfangs anwachsen. Das heißt jedoch nicht, dass dieses Buch schlecht wäre – im Gegenteil: Ich empfehle es gerne!

Pekka Pyykkö
Department of Chemistry
University of Helsinki (Finnland)

Chemische Technik (Winnacker-Kühler)



Band 3: Anorganische Grundstoffe, Zwischenprodukte. Herausgegeben von Roland Dittmeyer, Wilhelm Keim, Gerhard Kreysa und Alfred Oberholz. 5. Aufl., Wiley-VCH, Weinheim 2005. 1132 S., geb., 399.00 €. — ISBN 3-527-30768-0

Der „Winnacker-Kühler“, über viele Jahre das mehrbändige Standardwerk in der deutschsprachigen Literatur zur Chemischen Technik, wird seit 2003 in der 5. Auflage, der ersten seit ca. 20 Jahren, neu herausgegeben. Nun ist Band 3 erschienen, der sich den Anorganischen Grundstoffen und Zwischenprodukten widmet.

Der Band beginnt mit Schwefel und seinen anorganischen Verbindungen. Im ersten Kapitel wird zunächst die Gewinnung von elementarem Schwefel behandelt, der heute weltweit der Hauptrohstoff für die Herstellung von Schwefelsäure ist. Der Elementarschwefel stammt dabei überwiegend aus Entschwefelungsprozessen von Erdgas und Erdöl. Dem Rechnung tragend werden auch der Claus-Prozess und damit zusammenhängende Verfahren detailliert besprochen.

Das darauf folgende Kapitel widmet sich den anorganischen Stickstoffverbindungen. Die wichtigste darunter ist Ammoniak, dessen Herstellung aus Erdgas (Wasserstofferzeugung) und Luft fundiert und gut verständlich beschrieben wird. Die eigentliche Ammoniaksynthese wird ebenfalls ausführlich behandelt. Eingegangen wird u. a. auf die physikalisch-chemischen Grundlagen der Ammoniaksynthese (Bildungsgeschwindigkeiten von Ammoniak in Abhängigkeit von Temperatur, Druck und Konzentrationen), die Kompression des Ammoniak-Synthesegases, Reaktorkonzepte, Rückgewinnung von nichtumgesetztem Wasserstoff und von Wärme bis hin zu großtechnisch betriebenen Anlagenkonzepten. Schließlich

wird auch die Synthesegas-Herstellung ausgehend von Schwerölen und Kohlen beschrieben, und deren Besonderheiten im Vergleich zur Rohstoffbasis Erdgas werden besprochen. Breiten Raum nimmt in diesem Kapitel die Ammoniak-Oxidation (Ostwald-Verfahren) zu NO als Vorstufe zur Herstellung von Salpetersäure ein. Salpetersäure dient in großem Umfang als Ausgangsstoff für Düngemittel (Nitratdünger). Die Autoren beschreiben sehr detailliert die verschiedenen aktuellen Verfahrensvarianten bis hin zu einzelnen Anlagenteilen. Auch die Aufarbeitung und Aufkonzentration von Salpetersäure (u. a. nach dem Plinke-Verfahren) wird beschrieben. Weitere stickstoffhaltige Grundchemikalien, die in diesem Kapitel behandelt werden, sind Nitrite und Nitrate, Ammoniumsalze, Harnstoff, Hydrazin und Hydroxylamin. Bei letzterem hat sich auf S. 313 ein kleiner, aber augenfälliger Fehler eingeschlichen: Das Raschig-Verfahren zur Herstellung von Hydroxylamin wurde nicht 1987 sondern wesentlich früher entwickelt. (Ein entsprechendes Patent von F. Raschig trägt beispielsweise die Jahreszahl 1908.) Abschließend werden in Kapitel 2 noch Blausäure, Cyanide und Cyanate behandelt.

Kapitel 3 behandelt den Phosphor und seine technisch wichtigen Verbindungen. Es wird aufgezeigt, dass 97% des weltweit geförderten Rohphosphats (insgesamt ca. 130×10^6 t pro Jahr) in zwei große Anwendungsbereiche gehen, nämlich in die Landwirtschaft (80% in Düngemittel, 5% in Futtermittel) und zu ca. 12% in den Wasch- und Reinigungsmittelsektor. Man erfährt, dass der weitaus überwiegende Teil des Rohphosphats (ca. 95%) nasschemisch aufgeschlossen wird. Die restlichen 5% werden durch elektrothermischen Aufschluss, insbesondere zur Phosphorherstellung, weiter verarbeitet. Als Phosphor-Folgeprodukte werden insbesondere die Herstellung von Phosphorsäure, Phosphoroxiden und Phosphorchloriden, aber auch organische Phosphorverbindungen wie Phosphonsäuren und Phosphane behandelt.

Ein wesentliches Standbein der industriellen Chemie ist die (miteinander verknüpfte) Herstellung von Chlor und Alkalimetallverbindungen, die in Kapitel 4 behandelt wird. Chlor und Na-

tronlauge sind in der industriellen Produktion von Chemikalien unverzichtbar. Sie werden heute praktisch ausschließlich durch Elektrolyse hergestellt. Dementsprechend werden hier die drei existierenden Verfahrensvarianten zur Chlor-Alkali-Elektrolyse (Amalgam-, Diaphragma- und Membran-Verfahren) detailliert behandelt (Techniken der Sole-Herstellung und -Aufbereitung, Elektrolyseur-Bauarten etc.) und am Ende auch einander gegenübergestellt. Es wird deutlich, dass das Membran-Verfahren die sich am schnellsten entwickelnde Variante ist und die beiden „klassischen“ Verfahren wohl mittel- bis langfristig verdrängen wird. Das Kapitel umfasst ferner die Eigenschaften und Verwendung der Primärprodukte der Chlor-Alkali-Elektrolyse, d.h. Chlor, Natronlauge und Wasserstoff. Abschließend wird auf die Herstellung und Nutzung wichtiger anorganischer Chlorverbindungen wie Salzsäure, Chlorite, Chlorate etc. eingegangen.

In Kapitel 5 wird die Gewinnung von Natriumchlorid und von Alkalicarbonaten besprochen. Ca. 70% des weltweit geförderten Natriumchlorids wird bergmännisch in Form von festem Salz („Steinsalz“) oder salzhaltigen Lösungen (Sole) gewonnen. Die restliche Menge stammt aus Meerwasser und Salzseen. Für die Chemische Industrie ist Natriumcarbonat (Soda) eines der wichtigsten Salze mit zahlreichen Anwendungen (z.B. als Flussmittel bei der Glasherstellung). Dementsprechend ausführlich wird die Soda-Herstellung auch behandelt. Die heute am weitesten verbreiteten Verfahren hierzu (das Solvay- und das Trona-Verfahren) werden detailliert besprochen.

Im nachfolgenden Kapitel werden wichtige anorganische Fluorverbindungen wie CaF_2 (Flussspat als Rohstoff zur Erzeugung von Fluorwasserstoffsäure, HF) sowie die Herstellung von HF selbst (einem wichtigen Katalysator für Alkylierungsreaktionen, insbesondere bei der Isobutan/Olefin-Alkylierung zur Herstellung klopfester Kraftstoffkomponenten für Ottokraftstoffe) behan-

delt. Darüber hinaus wird auch die Herstellung von Kryolith (Na_3AlF_6), Aluminiumfluorid, Bortrifluorid etc. erörtert.

Kapitel 7 beschreibt die Herstellung und Anwendung wichtiger Bor-Sauerstoff-Verbindungen sowie weitere wichtige Bor-Verbindungen wie Bornitrid, Borcarbid und Borhalogenide sowie Borane und deren Abkömmlinge.

Die umfangreiche Stoffklasse der Peroxoverbindungen wird in Kapitel 8 abgehandelt. Besprochen werden insbesondere die verschiedenen Wege zur Herstellung von Wasserstoffperoxid (Anthrachinonverfahren, elektrochemische Herstellung, Direktsynthese aus Wasserstoff und Sauerstoff), Wasserstoffperoxid-Addukte, Peroxoborate sowie die Caro'sche Säure (Peroxomonschwefelsäure) und ihre Salze.

Im folgenden Kapitel (Carbide und Kalkstickstoff) wird zunächst auf die Herstellung von Calciumcarbid eingegangen, das über lange Zeit als Ausgangsstoff zur Erzeugung von Acetylen diente. Besprochen werden u.a. auch die Anforderungen an die eingesetzten Rohstoffe Kalk und Kohle (oder Koks). Die Verfahren zur Herstellung von Kalkstickstoff (Calciumcyanamid) werden vorgestellt. Neben diesen eher „traditionellen“ Produkten der Carbidchemie wird auch auf aktuellere Carbide eingegangen, nämlich auf Siliciumcarbid und Borcarbid, die u.a. als Schleifmittel, feuerfeste Materialien und Ausgangsstoffe für „Advanced Materials“ Verwendung finden.

Die Vielfalt der Siliciumverbindungen schließlich ist Gegenstand des 10. Kapitels. Ausgehend von natürlichen Silicaten und deren Eigenschaften werden lösliche Silicate (Wassergläser), synthetische Zeolithe (die als Ionenaustauscher, Adsorbentien und Katalysatoren vielfältige Anwendungen finden) sowie amorphe SiO_2 -Verbindungen („Silicas“) in Herstellung und Anwendung beschrieben. In einem abschließenden Abschnitt werden Silane besprochen.

Von großer technischer Bedeutung sind Kohlenstoffprodukte, wie aus dem

entsprechenden Kapitel (Kapitel 11) auch ganz klar hervorgeht. Vielfältige Anwendungen werden beschrieben, von Elektroden über Auskleidungen (u.a. für Gießformen), Industrieruß, Aktivkohle, Diamant bis hin zu Fullerenen und Kohlenstoff-Nanoröhren. Hier wird die gesamte Bandbreite angesprochen.

Last but not least wird das Thema „Wasser“ behandelt. Zunächst wird ein Überblick über die global vorhandenen Wassermengen und die Abläufe beim natürlichen Wasserkreislauf gegeben. Danach wird auf die verschiedenen Arten von Wasser (Trinkwasser, Mineralwasser, Brauchwasser etc.) und die damit zusammenhängenden Richtlinien und Gesetze eingegangen. Den Abschluss bildet ein Überblick über die Technologie der Wassergewinnung und Wasseraufbereitung sowie Aspekte des Gewässerschutzes.

Fazit: Der vorliegende Band 3 des Winnacker-Küchler informiert umfassend über die Themengebiete Anorganische Grundstoffe und Zwischenprodukte. Die einzelnen Kapitel sind von kompetenten Autoren verfasst, und es finden sich viele Literaturverweise aus jüngerer Zeit. Auch das Stichwortverzeichnis hält einer Prüfung stand, es führt den Leser in der überwiegenden Zahl der Fälle schnell zum Ziel. Dass ein so umfangreiches und gut ausgestattetes Buch seinen Preis hat, liegt auf der Hand. Trotzdem sollte dieser Band, wie auch die anderen 7 Bände dieser Neuauflage des Winnacker-Küchler, in keiner Bibliothek fehlen, sei es in Unternehmen der Chemischen Industrie und des Anlagenbaus, in Universitäten und Fachhochschulen und bei den einschlägigen Behörden. Der wünschenswerten internationalen Verbreitung dieses Werkes wird wohl seine Abfassung in deutscher Sprache entgegenstehen.

Stefan Ernst

Fachbereich Chemie

Technische Universität Kaiserslautern

DOI: 10.1002/ange.200585324