

Knallgold

Knallgold oder auch **Chloridknallgold** (lateinisch *Aurum Fulminans*) ist ein gelbes bis gelb-oranges amorphes heterogenes Gemisch aus verschiedenen polymeren Verbindungen von vorwiegend Gold(III)-oxid, Gold(III)-hydroxid oder Gold(III)-chlorid mit wässriger Ammoniaklösung oder Ammoniumsalzen. Die Verbindung ist hochexplosiv mit der Reib- und Stoßempfindlichkeit eines Initialsprengstoffes. Bisher konnte die Verbindung noch nicht eindeutig mit einer chemischen Formel beschrieben werden.

Geschichte

Knallgold wurde erstmals von den deutschen Alchemisten **Basilius Valentinus**, sowie von **Sebalt Schwertzer** in seinem 1585 erschienenen Werk *Chrysopoeia Schwartzeriana* beschrieben. Schwertzer löste eine Goldprobe in **Königswasser** auf, setzte gesättigte **Ammoniumchloridlösung** zu, ließ die Lösung **ausfällen** und trocknete sie abschließend mit **Weinstein**. Chemiker des 16. und 17. Jahrhunderts waren sehr an dieser explosiven Goldverbindung interessiert, und viele wurden durch **Detonationen** während ihrer Experimente verletzt. **Jöns Jacob Berzelius**, einem führenden Chemiker und Zeitgenossen **John Daltons**, explodierte 1809 ein Becher mit einer Knallgoldprobe in seiner Hand, wobei er sich an der linken Hand und den Augen schwer verletzte. Im 18. Jahrhundert wies **Carl Wilhelm Scheele** nach, dass **Ammoniak** die Bildung des Komplexes förderte und dass das bei der Detonation entstehende Gas hauptsächlich **Stickstoff** enthält. **Jean Baptiste Dumas** fand heraus, dass Knallgold neben Gold und Stickstoff auch **Wasserstoff** und **Chlor** enthielt. Nach dem Zersetzen einer gemahlene Probe mit **Kupfer(II)-oxid** fand er heraus, dass es ein Salz mit einem **Ammonium-Kation** und einem kalten Stickstoffkomplex als Kation war. 1886 wies **Friedrich Raschig** nach, dass Knallgold keine homogene Verbindung, sondern vielmehr eine Mischung aus mehreren Verbindungen ist. **Ernst Weitz** untersuchte die Verbindung in den 1910er Jahren nach dem Stand der Technik und kam zu dem Schluss, dass Knallgold eine Mischung aus „Diamidoiminidoaurichlorid“ und $2\text{Au}(\text{OH})_3 \cdot 3\text{NH}_3$ ist. Seine Schlussfolgerungen zur chemischen Formel erwiesen sich zwar als unrichtig, jedoch boten sie Anknüpfungspunkte für die Arbeiten späterer Wissenschaftler.

Gewinnung und Darstellung

Knallgold entsteht durch die Reaktion von Gold(III)-oxid, Gold(III)-hydroxid oder Gold(III)-chlorid mit wässriger Ammoniaklösung oder Ammoniumsalzen. Die Verbindung weist eine direkte Gold-Stickstoff-Bindung auf. Es wurde als dreieckig oliv-grünes Pulver beschrieben, wenn es aus Goldhydroxid und Ammoniakwasser hergestellt wurde, oder als gelbes bis schwarzes Pulver bei der Herstellung aus **Goldoxid** und konzentriertem Ammoniak. Die Zusammensetzung wurde mit der Formel $\text{AuNNH}_3 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}$ oder als Goldhydrazid beschrieben. Auch die Zusammensetzung $\text{Au}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{NH}_3$ wurde berichtet. Bei seiner Verbrennung entsteht ein **purpurroter** Rauch. Bei der Herstellung von **Goldkatalysatoren** durch **Imprägnierung** mit Ammoniak, wurde über den explosionsartigen Zerfall dieser **Katalysatoren** berichtet. Aufgrund des immensen Interesses an der Untersuchung von Gold in der Chemiegeschichte wurden viele Verfahren erarbeitet Knallgold zu synthetisieren, jedoch führen nicht alle Synthesewege zum gleichen Endprodukt.

Nach Ernst Weitz und Steinhauser et al. lassen sich sehr homogene Proben durch **Hydrolyse** von $[\text{Au}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_3$ mit Cl^- herstellen. Dabei führen unterschiedliche Synthesewege sowie die Verwendung unterschiedlicher Ammoniakmengen bei der Ausfällung der Proben zu unterschiedlichen Endergebnissen aufgrund wechselnder Verhältnisse von Au, N, H und Cl. Aufgrund seiner physikalischen und chemischen Eigenschaften kann Knallgold unter normalen Methoden nicht **kristallisieren**, was die Bestimmung der Kristallstruktur zu einem Problem macht. Nach umfangreichen Kristallisationsversuchen von Steinhauser et al. und **schwingungsspektroskopischen** Untersuchungen folgerten diese, dass Knallgold eine **amorphe** Mischung von **polymeren** Verbindungen ist, die über $\mu\text{-NH}_2$ und $\mu^3\text{-NH}$ -Brücken verknüpft sind. Weiterhin wiesen sie nach, dass Knallgold in **Acetonitril** und **Dimethylformamid** nur wenig löslich ist. Jüngste **EXAFS-Analysen** von Joannis Psilitelis zeigten, dass Knallgold ein quadratisch-planares Tetraammin-Gold(III)-Kation mit vier oder einem Goldatom in der zweiten Koordinationssphäre aufweist. Diese Geometrie wird durch den **diamagnetischen** Charakter des Knallgoldes unterstützt. Da es eine d⁸-Elektronenkonfiguration hat und diamagnetisch ist, muss es eine quadratische planare Geometrie haben.

Physikalische Eigenschaften

Knallgold ist in den meisten Lösungsmitteln nur schlecht löslich, wohingegen es in wässrigen Gold(III)-, Ammoniak- und Chloridsystemen gut löslich ist.

Verwendung

Aufgrund seiner hohen **Brisanz**, der Reib- und Schlagempfindlichkeit und des daraus resultierenden problematischen Umgangs, fand Knallgold bisher keine nennenswerte technische Anwendung. Praktische Anwendungen beschränkten sich vorwiegend auf den Labormaßstab. Im 17. Jahrhundert nutze **Johann Rudolf Glauber** die bei den Detonationen entstehenden purpurroten Dämpfe um Objekte mit Gold zu **bedampfen**, ein weiteres Rezept zur **Mattvergoldung** von Objekten ohne vorherige Verkupferung des Untergrundes mittels Knallgold liefert ein anonymes Autor aus dem Jahre 1847. Aufgrund seiner **lichtempfindlichen** Eigenschaften wurde es gelegentlich in der Fotografie verwendet. Bemerkenswert ist jedoch, dass Knallgold einer der frühesten **Initialsprengstoffe** war, lange bevor gebrauchsfähigere Stoffe entwickelt und eingesetzt wurden, aber auch hier verhinderte die äußerst problematische Natur der Verbindung die praktische Anwendung als **Sprengstoff**. Es existieren gut funktionierende Verfahren zur Extraktion von **Edelmetallen** aus **Elektronikschrott** mittels **Biogas**, jedoch verhindert die Entstehung von Knallgold und anderer Edelmetallamine derzeit eine weitere Verbreitung dieser Verfahren. Weiterhin wurde ein Patent auf Verfahren zur Gewinnung hochreinen Goldes für die Elektronik aus Gold mit geringer Reinheit angemeldet, bei dem Knallgold als Zwischenprodukt entsteht.

Sicherheitshinweise

Knallgold ist äußerst reaktiv und es sollte vermieden werden, dass diese Substanz auch nur versehentlich durch Mischen von Goldchlorid- oder -hydroxidsalzen mit Ammoniak- oder Ammoniumsalzen entsteht, da sie selbst bei geringsten Berührungen explosionsfähig ist. Niederschläge von Knallgold sollten nicht mit Wasser oder Ammoniaklösung in Berührung kommen. Unbeabsichtigt entstandene Gold(III)-Komplexe mit Ammoniak sollte nicht gänzlich getrocknet werden und trockene Substanzen vor Reibung und Schlag geschützt werden. Eine sichere Entsorgung kann durch Verdünnung mit **Salzsäure** erreicht werden.