Nr. 710 | Verband Deutscher Metallhändler und Recycler e.V.

Verband Deutscher Metallhändler und Recycler e.V.

# VDM MAGAZIN

Handel | Recycling | Produktion



METALLE IM KREISLAUF

THEMENHEFT

## SONDERMETALLE

# INHALT

## THEMENHEFT SONDERMETALLE


**03** **Sondermetalle - aus der Welt in die unabdingbaren Nischen unserer Industrie**
von Maarten Gassmann, Leiter des VDM Ausschusses Sondermetalle/Ferrolegierungen, Grondmet GmbH & Co KG

**05** **Der Rohstoffsektor im Wandel**
von Dennis Bastian, Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

**8** **Antimon: Eine metallurgische Entdeckungsreise von Stibnit zu neuen Antimon-Trioxid-Anwendungen**
von Dr. Hans Vercammen und Michael Ihlenfeld (deutsche Fassung), F.W. Hempel & Co Unternehmensgruppe

**14** **Arsen**
vor Dr. Ulrich Kammer, Geschäftsführer PPM Reinstmetalle Osterwieck GmbH

**20** **Lithium**
von Michael Schmidt, Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

**23** **Neodym: Unbekannt und unverzichtbar**
von Ralf Schmitz, VDM-Hauptgeschäftsführer

**25** **Neodym: Wie Europas wirtschaftliche Unabhängigkeit mit End-of-Life-Permanentmagneten zusammenhängt**
von Dr. Alexander Buckow, Co-Head Heraeus Remloy

**28** **Selen: Kleine Mengen, große Wirkung**
von Steffan Huber, Geschäftsführer der Aurubis-Tochter RETORTE GmbH

**34** **Wolfram: Breites Anwendungsspektrum, Konfliktmineral, kritischer Rohstoff, gut zu Recyceln**
von Markus Zumdick, H.C. Starck Tungsten GmbH

**42** **Das Netzwerk für Sondermetalle**


Zum Titelbild: Das Metall Wismut (Bi; 83) – auch Bismut genannt – ist eigentlich ein glänzendes, silberweißes, sehr sprödes Metall. Wismut kann aber in schönen Kristallen erstarren, die durch Oxidation bunt anlaufen. Wismut wird meist zur Herstellung bestimmter Metalllegierungen verwendet, die für vielfältige Anwendungen benötigt werden. Wismutverbindungen werden vor allem in der chemischen Industrie verwendet, beispielsweise zur Herstellung von pharmazeutischen Präparaten.


VDM Magazin Nr. 710 – November 2023

Herausgeber: Verband Deutscher Metallhändler und Recycler e.V. (VDM), vertreten durch die Präsidentin Petra Zieringer und den Hauptgeschäftsführer Ralf Schmitz. Geschäftsstelle: Wallstraße 58, 10179 Berlin, E-Mail: magazin@vdm.berlin, Website: www.vdm.berlin.

Redaktion: Ralf Schmitz, Prof. Dipl. Des. Jutta Zylka (Layout).



Die hier abgedruckten Beiträge sind Meinungsäußerungen der jeweiligen Autoren, sie stimmen nicht immer mit den offiziellen Positionen des VDM überein.



Bildnachweise: Titelbild AdobeStock 273069707; Seite 3 Maarten Gassmann; Seite 7 DERA; Seite 8 AdobeStock 583623142; Seite 10 Hempel-Gruppe; Seiten 12 und 13 AdobeStock 488941693; Seiten 14 bis 19 Ulrich Kammer; Seite 20 AdobeStock 271130898; Seite 23 Gemeinfrei; Seite 24 AdobeStock 408335208; Seiten 26 und 27 Heraeus Remloy; Seiten 28 bis 33 Retorte/Aurubis; Fraunhofer IWKS, Seite 34 bis 41 HC Starck Tungsten; Seite 42 AdobeStock 210896422

# THEMENHEFT SONDERMETALLE

## AUS DER WELT IN DIE UNABDINGBAREN NISCHEN UNSERER INDUSTRIE

VON MAARTEN GASSMANN



Wenn unsere Branche in der Tageszeitung und den Abendnachrichten auftaucht, dann kann man davon ausgehen, dass die Relevanz für das alltägliche Leben jenseits der für die meisten Menschen verborgenen Anwendungen angekommen ist. Ob es nun um das Cobalt in der Autobatterie geht, das Tantal im Tablet oder Wolfram in der Verteidigungsindustrie. Wer außer denen, die sich tagtäglich mit diesen Metallen beschäftigten, weiß, was man mit all diesen Elementen so herstellen kann, welche Lebensqualität und Technologien schlussendlich von diesen Metallen abhängen.

Der Sondermetallhandel ist opak, ein Nischengeschäft hoch spezialisierter Händler und Importeure. In Deutschland beschäftigen sich eine gute Handvoll Unternehmen mit dem Handel dieser Metalle und geben damit die grundsätzliche Garantie für die verarbeitende Industrie, regelmäßig mit eben diesen Metallen beliefert zu werden. Ganz egal, ob es sich um wenige Kilo oder einige hundert Tonnen im Jahr handelt.

Die Politik und Regierung spricht viel davon, dass wir, Deutschland, Europa, uns weniger abhängig von China auch hinsichtlich Importen von kritisch-wichtigen Materialien machen müssen. Es ist folgerichtig, dass wir unsere Industrie so unabhängig wie möglich von importierter Energie machen und den Ausbau der erneuerbaren Energie priorisieren. Auch die Schwerpunktsetzung auf die Kreislaufwirtschaft ist ein elementarer Baustein für eine resiliente europäischen Industrie. Doch wir müssen uns darüber im Klaren sein, dass unsere Industrie nicht funktionieren kann, wenn wir den Handel und Import von Sondermetallen nicht als Teil der sich neu zu gestaltenden Rohstoffpolitik in Deutschland und Europa begreifen.

Genauso wie im 17. Jahrhundert Europäische Händler in See stachen, um Gewürze aus Asien zu importieren und im 19. Jahrhundert Salpeter aus Südamerika und Kautschuk aus Südostasien, müssen sich die heutigen Sondermetallhändler eben in die Regionen der Welt begeben, in denen Produktion, Verarbeitung und Abbau der gesuchten Metalle stattfindet.

Im Gegensatz zu den Händlern der letzten Jahrhunderte bewegen sich die Händler heute in einem Spannungsfeld aus dem Wertekanon der europäischen und amerikanischen Absatzmärkte, der seinen Ausdruck in einer regulierenden und nach Transparenz verlangenden Gesetzeslage findet; und einem Zielkonflikt durch die politisch-dichotome Auffassung, wie man Wirtschaft und Gesellschaft steuert und entwickelt. Das Bindeglied zwischen Kulturen, Ländern und dadurch eben auch Wirtschaftssystemen ist immer noch – auch wenn viele Stimmen nun das Ende eben dieser globalen Vernetzung kolportieren – der Handel.

Politik, Wirtschaft und Gesellschaft müssen eine Balance finden, die uns erlaubt, unsere Werte und demokratischen Grundüberzeugungen selbstbewusst, aber auch immer mit dem Verständnis, dass dies eben unsere Werte sind, zu vertreten und dem Anspruch der Industrie und damit schlussendlich der Menschen in Deutschland und Europa gerecht wird, Technologie autark zu produzieren und damit unsere Auffassung von Lebensqualität zu halten und im besten Fall weiterzuentwickeln.

Der Handel mit Sondermetallen hat hier eine Schlüsselrolle, viele der Metalle sind gar nicht oder nur sehr schwierig mit einfacher zugänglichen Metallen zu ersetzen, die Herstellung der Metalle ist sehr komplex und hängt vom Zugang zu Rohstoffen ab, auf die wir wenig bis keinen direkten Zugriff haben. Deshalb müssen die regulativen Anforderungen an den Händler dieser Metalle klar, planbar und umsetzbar sein.

Politik und Gesetzgeber müssen in vielen Fällen Entscheidungen und Abwägungen treffen zu Themen, die sie nicht komplett durchdringen können, deshalb ist es von großer Bedeutung, dass wie im Handel seit jeher praktiziert, die Kommunikation und der Austausch zwischen den betroffenen Parteien stattfindet. Schlussendlich ist die Formel für ein gutes Gelingen einfach; je mehr Wissen, Verständnis und Einblick für alle Entscheiderinnen, also Politik, Handel und Gesetzgebung, vorhanden ist, desto resilienter und nachhaltiger können wir uns alle als Gesellschaft aufstellen.

Der VDM möchte Ihnen in dieser Ausgabe die Sondermetalle näherbringen und einen Einblick geben, den wir gerne als Ausgangpunkt für einen stetigen, respektvollen Dialog auf Augenhöhe sehen. Natürlich können wir nicht alle Sondermetalle besprechen, das würde den Rahmen sprengen. Wir haben deshalb in diesem Heft einige besonders spannende Metalle herausgesucht, die deutlich machen, wie spannend die Welt der Sondermetalle ist. Sprechen Sie uns an, wir sind bereit für eine resiliente und ehrliche Rohstoffpolitik.

# DER ROHSTOFFSEKTOR IM WANDEL

VON DENNIS BASTIAN

Der weltweite Rohstoffsektor durchläuft derzeit einen grundlegenden Transformationsprozess. Veränderte Rohstoffbedarfe und sich wandelnde Anforderungen an die Gewinnung dieser Rohstoffe sind die Treiber dieser Transformation. Viele Staaten streben für die kommenden Jahrzehnte eine deutliche Reduzierung der $CO_2$-Emissionen an. Diese Entwicklung geht mit veränderten Rohstoffbedarfen für saubere Energien- und anderen Zukunftstechnologien einher; die alte Abhängigkeiten lösen aber neue Abhängigkeiten schaffen. Insbesondere seit dem Beginn der Corona-Pandemie und beschleunigt durch den Krieg in der Ukraine nehmen global Rohstoffnationalismus und Handelsbeschränkungen zu. Jüngste Beispiele hierfür sind die chinesischen Exportkontrollen für Gallium und Germanium, die indonesischen Exportverbote von bestimmten Erzen und Konzentraten aber auch die Sanktionen gegen Russland. Diese Entwicklungen und Maßnahmen verändern den Rohstoffbezug zusätzlich. Inmitten dieser sich ändernden Angebots- und Nachfragesituation erhöhen sich seitens der Verbraucher aber auch der Politik Nachhaltigkeits-Anforderungen an Unternehmen, vor allem auch Rohstoffunternehmen. Der Schutz der Umwelt, die Wahrnehmung sozialer Verantwortung entlang der Lieferketten sowie gute Unternehmensführung rücken immer mehr in den Fokus. All diesen Herausforderungen muss sich Deutschland und Europa in den nächsten Jahren stellen.

Noch immer beruht die globale Primärenergiegewinnung zu rund 80 % auf fossilen Energieträgern, allen voran auf Erdöl. Im Jahr 2022 lag der globale Marktwert für Erdöl bei rund **3,5 Bio. US$** und war damit größer, als der Marktwert aller mineralischen Rohstoffe zusammen. Dieses Verhältnis wird sich zukünftig deutlich zugunsten der mineralischen Rohstoffe verschieben. Durch den Ausbau grüner Technologien wie Windkraft, Photovoltaik oder die Elektromobilität sowie anderer Zukunftstechnologien, werden deutlich mehr mineralische Rohstoffe benötigt als bisher. Für den Bau eines Elektrofahrzeugs wird etwa

viermal mehr Kupfer benötigt, als für den Bau eines Verbrennerfahrzeugs. Die Umstellung von fossiler Energiegewinnung auf Windkraft und Photovoltaik ist mit einem deutlich höheren Bedarf an mineralischen Rohstoffen verbunden bei gleichzeitig zunehmender Heterogenität der eingesetzten Rohstoffe. Für ein Elektrofahrzeug oder stationäre Energiespeicher im Stromnetz werden Batterierohstoffe wie Kobalt, Lithium, Mangan, Nickel und Graphit benötigt. Der Ausbau einer Wasserstoffwirtschaft wird den Bedarf an Metallen wie Scandium, Iridium, Titan oder Zirkonia deutlich erhöhen und in elektrischen Antriebsmotoren oder Generatoren in Windkraftanlagen werden Seltene Erden eingesetzt. Lieferketten werden hiermit deutlich komplexer und potenziell anfälliger für Unterbrechungen.

## HOHE ANGEBOTSKONZENTRATION BEI MINERALISCHEN ROHSTOFFEN

Für die erfolgreiche Transformation zu einer $CO_2$-neutralen Gesellschaft sind sichere und nachhaltige Lieferketten unabdingbar. Doch gerade Rohstoffe, die für diese Transformation benötigt werden, weisen wesentlich höhere Marktkonzentrationen auf als beispielsweise beim Erdöl. Die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) untersucht kontinuierlich die weltweite Situation des Angebots von Bergwerks-, Raffinade- und Handelsprodukten. Derzeit weisen von allen untersuchten Bergwerksprodukten rund 40 % nicht nur eine hohe Konzentration auf wenige Länder auf, sondern viele dieser Bergbauländer weisen zusätzlich ein erhöhtes ökonomisches, politisches oder soziales Länderrisiko auf.

Nur rund ein Viertel der untersuchten Bergwerksprodukte können als unkritisch eingestuft werden. Von hohem Risiko sind vor allem Stahlveredler, Sondermetalle und Platingruppenmetalle aber auch Industrieminerale betroffen. Bei rund 60 % aller betrachteten Bergwerksprodukte ist China unter den drei größten Förderländern. Geht man in der Wertschöpfungskette einen Schritt weiter und betrachtet die Raffinadeproduktion, so ist die globale Angebotskonzentration noch höher. Hier ist China bei 90 % aller Raffinadeprodukte sogar das größte Produzentenland. Diese Zahlen verdeutlichen die herausragende Bedeutung der Volksrepublik für die globale Rohstoffversorgung.

Die letzten Jahre haben gezeigt, dass eine hohe Abhängigkeit von einzelnen Lieferländern auch hohe Risiken bergen können. Der Ausbruch der Covid-19 Pandemie und die damit verbundenen Produktionsausfälle in China schickten erste Schockwellen durch das globale Lieferkettengeflecht. Im internationalen Frachtverkehr kam es in der Folge zu bis dahin nie gesehenen Verzögerungen sowie Kostensteigerungen, die gerade auch Europa hart trafen. Im Herbst 2021 erreichten die nächsten Schockwellen die europäische Industrie. Durch Stromausfälle und staatlich verordnete Stromeinsparungen in China wurden die Magnesium- und Siliziumproduktion vorübergehend reduziert. Da die Volksrepublik der wichtigste Akteur auf diesen beiden Rohstoffmärkten ist, kam es zu drastischen Preisanstiegen und Lieferverzögerungen. Zuletzt zeigte der russische Angriffskrieg gegen die Ukraine, was für gravierende Folgen eine hohe Rohstoffabhängigkeit für ein Industrieland wie Deutschland haben kann.

Es stellt sich die Frage, wie die nachgelagerten Wertschöpfungsketten diversifiziert werden können. Die zentrale Position Chinas im Bereich der Raffinadeproduktion hat verschiedene Ursachen: Die wirtschaftliche Entwicklung Chinas in den letzten 20 Jahren erforderte zunächst den Aufbau großer Kapazitäten im Bereich der Roh- und Grundstoffindustrie des Landes. Damit einhergehend konnte China aufgrund niedrigerer Lohn- und Energiekosten sowie geringerer Umweltauflagen eine global dominierende Position aufbauen und festigen. Inzwischen hat China die Umweltauflagen deutlich erhöht, aber mittlerweile kommt ein weiterer wichtiger Standortvorteil dazu: Know-how. Durch die Etablierung einer dem Rohstoffabbau nachgelagerten Wertschöpfungskette ist das Wissen um „Veredelungstechnologien“ mitunter fest in chinesischer Hand. Beispielsweise werden Schwere Seltene Erden derzeit nur in China aufbereitet. Das betrifft Elemente wie Terbium und Dysprosium, die für Permanentmagnete in Windkraftanlagen und Elektrofahrzeugen benötigt werden.

## MÖGLICHE HANDLUNGSOPTIONEN

Die zahlreichen globalen Herausforderungen im Rohstoffsektor verdeutlichen die Notwendigkeit, die deutsche und europäische Rohstoffversorgung an diese Entwicklungen anzupassen. Strategien zur Absicherung der Rohstoffversorgung werden daher zukünftig eine größere Rolle spielen müssen – sowohl für Unternehmen als auch in der Politik. Neben einer breiten Diversifizierung dürften auch Partnerschaften mit Ländern mit einem ähnlichen Wertekanon an Bedeutung gewinnen. Dies bedeutet, dass ein ähnliches Verständnis von Umwelt- und Klimaschutz sowie sozialer Verantwortung zwischen den Partnern zum Standortvorteil werden könnte. Derartige Länderpartnerschaften werden von der Politik als notwendig anerkannt und unterstützt. Neben bereits existierenden Rohstoffpartnerschaften mit Ländern wie Namibia, Kanada oder Chile sind innerhalb der letzten drei Jahre zahlreiche neue Initiativen und Gesetzesvorschläge entstanden wie der Minerals Security Partnership (MSP) oder das EU Gesetz über kritische Rohstoffe (CRMA). Oberstes Ziel all dieser Vorhaben ist es, bestehende Abhängigkeiten zu reduzieren.

Ein weiterer bedeutender Faktor stellt das Recycling dar. Denn Recycling trägt nicht nur in erheblichem Maße zum Klima- und Umweltschutz bei, sondern verbreitert gleichzeitig die Versorgungsbasis der deutschen Wirtschaft mit Rohstoffen. Ein großer Vorteil erneuerbarer Energietechnologien gegenüber fossiler Energietechnologien stellt die Wiederverwendbarkeit der eingesetzten Materialien dar. Damit werden nicht nur Importabhängigkeiten bei Primärrohstoffen aus geopolitisch sensiblen Ländern reduziert, sondern auch Rohstoffkreisläufe geschlossen und lokale Wertschöpfungsketten gestärkt und ausgebaut.

All diese Maßnahmen können dazu beitragen, starke Abhängigkeiten zu reduzieren und die Wirtschaft resilienter zu gestalten. Aber dieser Prozess wird Zeit benötigen. Eine De-Globalisierung des Welthandels kann zudem auch nicht das Ziel eines solchen Prozesses sein, sondern lediglich die gezielte Minimierung der Risiken.







Diese und weitere Informationen können Sie auf der Website der DERA www.deutsche-rohstoffagentur.de herunterladen

DERA Deutsche Rohstoffagentur



# ANTIMON

## EINE METALLURGISCHE ENTDECKUNGSREISE VON STIBNIT ZU NEUEN ANTIMON-TRIOXID-ANWENDUNGEN

VON DR. HANS VERCAMMEN UND MICHAEL IHLENFELD (DEUTSCHE FASSUNG)

Wenn Sie sich so umsehen, dann werden Sie bestimmt Antimon in vielen Ihnen vertrauten Gegenständen finden: der Teppich unter Ihren Füßen, der Computer, die Plastikflasche mit Ihrem Getränk, elektrische Schalter und Kabel, das (Elektro) Auto, das Sie fahren und vieles andere mehr. Die Antimon-Industrie steht für einen zwar kleinen, aber dennoch wichtigen Markt: Sie deckt den Bedarf eines wenig bekannten Rohstoffs mit erheblicher und deshalb überraschender Anwendungsbreite. Viele Dinge begegnen uns im täglichen Leben, die in sehr geringen Mengen Antimon enthalten. Die volumenmäßig größte Anwendung von Antimon liegt in der Herstellung von Flammschutz- und -hemmmitteln, in denen Antimon zusammen mit anderen Reagenzien die entscheidende Rolle spielt, nämlich dem Schutz von Leben und Gegenständen durch das Erzeugen von Zeit für die Hilfeleistung bei der Entstehung und Ausbreitung von Bränden.

Eine völlig andere Anwendung liegt in der Verwendung von hochreinem Antimontrioxid als Katalysator in der Herstellung von PET, dem Sie täglich z.B. in der Form von Kunststoffflaschen begegnen. Als reines Metall wird es vor allem in der bleiverarbeitenden Industrie wegen seiner härtenden Eigenschaften geschätzt zur Herstellung z.B. der sehr effizienten-Blei-Säure-Batterien. Andere Anwendungsbereiche sind technisches Glas, Schmier- und Schleifmittel, Keramik, Pigmente, Sprengstoffe und in der Medizin.

Insgesamt betrachtet leistet die Antimon-Industrie, zu der Campine seit 1924 gehört, einen bedeutenden Beitrag zur Weltwirtschaft. In einem immer enger verbundenen globalen Wirtschaftssystem zählt nicht nur produzierter Umsatz, sondern vor allem das ‚Wie'. Antimon stellt da keine Ausnahme dar, die Nachhaltigkeit der Produktionsmethoden ist bestimmend für die langfristige Überlebenskraft des ganzen Sektors.



Spektakuläre Stibnit-Kristalle aus der Wuling-Mine, Wuning, Jianxi, China (aufgenommen im American Museum of Natural History in New York (USA).

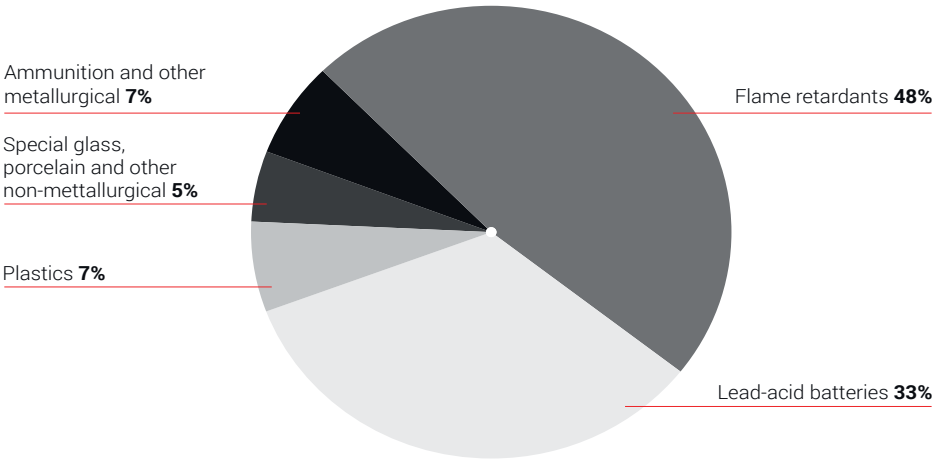
## STIBNIT UND DIE GESCHICHTE

Der größte Teil des Antimons liegt in der Natur in Form des Minerals Stibnit vor, auch Grauspießglas oder Spießglanz genannt. Es besteht im Wesentlichen aus Antimon und Schwefel (Sb2S3) und ist Namensgeber für das Element Antimon und seiner chemischen Bezeichnung ‚Stibium' (Sb). Auch andere, aber wesentlich seltenere Erscheinungsformen sind möglich, z.B. als Valentinit (bekannt auch als Antimonblüte) oder Senarmontit. In beiden Fällen handelt es sich chemisch um Sb2O3. Berühmt geworden ist Stibnit durch Cleopatra, die ihre Anziehungskraft unterstrich durch dessen tiefschwarze Farbe, die sie für ihr Augenmakeup nutzte. Cleopatras Schönheit wurde häufig beschrieben, das politische Resultat ebenfalls.

Der Name ‚Stibium' leitet sich aller Wahrscheinlichkeit nach ab vom griechischen Begriff ντίμόνος (antimonos), der übersetzt werden könnte mit ‚Nicht Alleine', denn das Element 51 liegt in der Natur nur äußerst selten in seiner reinen metallischen Form vor, in den meisten Fällen ist es vergesellschaftet mit Gold, Silber, Quecksilber, Blei und anderen Elementen.

## METALLURGIE: DIE UMWANDLUNG IN METALLISCHES ANTIMON

Stibnit-Erz wird auf die bisher übliche Weise in einem Schachtofen zu Roh-Oxid reduziert, das in weiteren Schritten weiter umgearbeitet und in einem sog. Flammofen zu Antimon-Metall raffiniert wird, das dann in Masseln abgegossen wird. Diese Masseln haben eine pyramidale Grundform – vielleicht im Angedenken an die wirkungsvolle Erstanwendung im Alten Ägypten. Bis in die 80iger Jahre hinein war Campine einer der größten Umarbeiter von Stibnit-Erz in Antimon-Metall. Seither hat sich vieles verändert, aus dem früheren Umarbeiter ist heute einer der größten Käufer von Antimon-Metall in Form von Masseln geworden mit entsprechender Bedeutung auf dem Weltmarkt.




Verwendung von Antimon (in % reinem Antimon). Quelle = Roskill (heute Wood-McKenzie).
Der Einsatz in Plastik zeigt nur die Verwendung von Antimon als Katalysator und Hitzestabilisator; der Einsatz als Flammhemmer in Plastik wird subsummiert unter Flammhemmer.

## CAMPINE: EIN BELGISCHER VORRREITER IN DER ANTIMON-GESCHICHTE SEIT NUN 99 JAHREN

Das neuere Kapitel der Antimon-Geschichte kreuzt sich mit der Pionierrolle des belgischen Unternehmens Campine, das auf nachhaltige technische Innovation setzt. Seit seiner Gründung ist es in Beerse/Belgien beheimatet und gehört heute zur deutschen Unternehmensgruppe F.W. Hempel & Co. in Oberhausen.

In einer Zeit immer umweltbewussterer Produktion hat sich Campine zum Ziel gesetzt, innerhalb seiner langen Unternehmenstradition (das erste Antimon-Trioxid wurde hier bereits 1924 hergestellt) zum Technologieführer zu werden mit besonderer Betonung des Recyclings. Schon heute kommt ein wesentlicher Teil der Antimon-Produktion aus dem Recycling, denn erhebliche Mengen werden heute in Beerse aus alten Blei-Säure-Batterien zurückgewonnen.

Ein nächster logischer - aber immens schwieriger - Schritt ist die Rückgewinnung von Antimon aus Plastik. Da Antimon (üblicherweise in Form von Antimontrioxid) nur in sehr niedriger Konzentration in der Polymer-Matrix vorliegt, ist es schon eine mindestens wirtschaftliche Herausforderung, das enthaltene Antimon zu extrahieren. Campine ist in mehreren EU-Projekten involviert, um die entsprechende Technologie weiterzuentwickeln. Heute stammen etwa 15% des Antimon-Bedarfs von Campine aus dem Recycling mit weiter steigender Tendenz.

## PRODUKTVERANTWORTUNG: VERWENDUNG VON ANTIMON-COMPOUNDS AUF VERANTWORTLICHE WEISE

Die Antimon-Industrie sieht sich mit weiteren gesetzlichen und umweltlichen Herausforderungen konfrontiert, hier sind insbesondere die EU-Gesetzgebungen um REACH und CLP zu nennen. In Erfüllung dieser Pflichten sind erhebliche Anstrengungen unternommen worden wie die Erhebung wissenschaftlicher Daten, das Durchführen von Studien sowie die Teilung von Informationen über die Sicherheit und Vorteile von Antimon-Compounds. Campine hat, insbesondere in Europa, zusammen mit anderen

Branchenunternehmen in ‚i2a' (International Antimony Association) ein Forum entwickelt, um Evaluierungen zur Substanz Antimon durchzuführen und Fragen und Anforderungen der ECHA kompetent begegnen zu können.

## ANTIMONTRIOXID: EIN VIELGESICHTIGES INDUSTRIELLES CHAMÄLEON

Das Produkt der Umwandlung von Antimon in Antimontrioxid stellt sich dar als ein weißes Pulver, das in allen möglichen Anwendungen eingesetzt wird. Die gebräuchlichsten sind so unterschiedlich wie Brandsicherheit, Katalyse und Pigmente. Weltweit werden etwa 100.000 mt Antimontrioxid produziert, Campine stellt davon etwa 12.000 mt her.

## ANTIMONTRIOXID ALS FLAMMHEMMER

Schaut man sich die Statistiken über Brandsicherheit in Europa an, dann kann man sich ein sicheres Leben ohne Antimontrioxid als Flammhemmer vernünftigerweise nicht vorstellen. Etwa 2,5 Millionen Schadfeuer wurden pro Jahr registriert, die einen Wettlauf mit der Zeit ausgelöst haben. In den letzten 30 Jahren ist das Intervall von der Brandentstehung bis zu einer tödlichen Situation von 17 auf nur 3 Minuten geschrumpft. Feuerwehren mit einer durchschnittlichen Reaktionszeit von 8 Minuten haben schwer mit dieser Entwicklung zu kämpfen. Bemerkenswert ist, dass 80% der Brände in Wohnungen entstehen, 73% der Brände mit tödlichem Ausgang haben ihren Ursprung in Schlaf- oder Wohnzimmern. Aus allem kann nur der Schluss gezogen werden, dass viel mehr in Vorbeugung investiert werden muss, oder anders herum: Flammhemmer retten Leben und sparen Geld.

## DIE ROLLE VON ANTIMONTRIOXID ALS KATALYSATOR

Wussten Sie, dass das Antimontrioxid höchster Reinheit aus Campine-Produktion in einer von 2 Plastikflaschen in Europe enthalten ist und in einer von 3 Flaschen in der weiteren Welt? Das Campine-Antimontrioxid ‚Catalyst Grade' war in den 80iger Jahren als Polykondensations-Katalysator führend in der Entwicklung der PET-Produktion und ist noch immer Maßstab in diesem Markt.

## ANTIMON ALS IRDENE WARME FARBE

Fügt man Antimontrioxid anorganischen Pigmenten hinzu, dann ändert sich das Farbspektrum in Richtung irden



(erdig) und warm. Das beste Beispiel ist das sog. Neapel-Gelb, eines der ersten synthetischen Pigmente überhaupt, schon im Alten Ägypten und in Mesopotamien wurde es eingesetzt. Aus diesen alten Kulturen stammende Spuren dieses Neapel-Gelbs wurden in Glasscherben, glasierten Mauersteinen und Dachziegeln gefunden. Dessen wesentliche Bestandteile, nämlich Bleioxid und Antimonoxid, konnten nur chemisch hergestellt worden sein und bezeugen einen damaligen sehr hohen technischen Wissensstand.

## DIE ZUKUNFT DES ANTIMONS LIEGT IN DER NACHHALTIGKEIT UND ENERGIEWENDE

Stellen Sie sich ein Elektroauto ohne flammhemmende Komponenten vor: Antimontrioxid ist immer dabei, wenn es um hocheffziente brandverzögerne Problemlösungen geht. Ohne solche Lösungen ist ein Bau von sicheren (elektrischen) Autos nicht denkbar, ob es sich nun um die Innenausstattung dreht oder um die elektrische/eletronische Ausrüstung des Fahrzeugs. Antimon-Compounds sind unverzichtbare Bestandteile für das Schutzglas von Solarkollektoren, eine Legierung aus Calcium und Antimon, entwickelt von Ambri, einem aus dem MIT (Massachusetts Institute of Technology) hervorgegangenen Startup, lässt erstaunliche Fortschritte in der Technik stationärer Batterien erwarten.

Antimon wird auf dem Mobilitätssektor noch auf lange Zeit seine Rolle als Legierungselement mit Blei in der Blei-Säure-Batterie behalten, und zwar sowohl für Verbrenner- wie Elektroautos, ist doch die Rückgewinnung von Blei und Antimon aus alten Blei-Säure-Batterien das beste Beispiel in Europa für ein gelungenes Recycling. Nur damit es nicht vergessen oder übersehen wird: auch Elektroautos brauchen eine Blei-Säure-Batterie – als Hilfsbatterie!

Antimon wird recycelt! Die Recycling-Raten werden sich steigern lassen in Abschätzung der weiteren Entwicklung bei der Rückgewinnung von Antimon aus diversen aufgearbeiteten Polymeren. Campine hat die Technologie und die Fähigkeit, die Recyclingrate in der Zukunft weiter zu steigern und dadurch immer unabhängiger von Importen von Primärrohstoffen zu werden. Die Folge ist, dass Campines Carbon Footprint im Vergleich zu Unternehmen mit chemischem oder metallurgischem Prozess schon relativ niedrig ist und weiter sinken wird.



# ARSEN

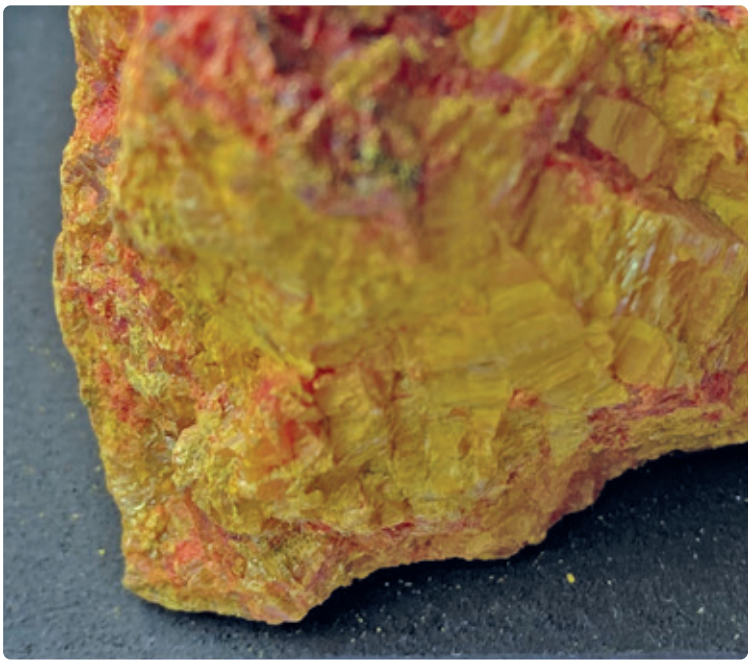
VON DR. ULRICH KAMMER

## VORKOMMEN UND GESCHICHTE

Arsen ist ein Metall, das eine schaurige Aura umgibt. Das Schwermetall ist seit Menschengedenken bekannt, da es zusammen mit den bereits sehr früh verarbeiteten Erzen von Kupfer und Blei vorkommt und mit diesen gemeinsam gewonnen wird. Der Name stammt aus dem griechischen arsenicón, das für das goldgelbe Mineral Auripigment verwendet wurde. Diesen Stoff nutzte man schon im Altertum, um Gold zu imitieren.

Arsen findet sich in der Natur selten als gediegenes Element (Scherbenkobalt). Die wesentlichen Minerale sind Arsenkies (Arsenopyrit, FeAsS), Löllingit (FeAs2), Realgar (AsS), Auripigment (As2S3), Rotnickelkies (Nickelin, NiAs), Tennantit (Cu3AsS3) und Speiskobalt (Skutterudit, CoAs2). Arsenide und Arsensulfide werden insbesondere auf einigen Lagerstätten von Eisensulfiden (Pyrit), Kupfer (Enargit), Cobalt

Auripigment





Scherbencobalt (gediegenes Arsen) aus St. Andreasberg

(Kobaltglanz, Cobaltit), Nickel (Pentlandit) und Edelmetallen (Gold, Silber, z. B. Rotgültigerze) als Beimengung oder sogar als Trägererz (Arsenkies) angetroffen.

Anhand der Erze ist zu erkennen, dass Arsen auch verwachsen mit Nickel und Cobalt vorkommt. Das Arsen wird daher häufig dazu verwendet, diese Metalle als arsenidische Phase während der pyrometallurgischen Gewinnung anzureichern. Eine solche Phase, Speise genannt, trennt sich im Ofen von Metall und Schlacke. Der Effekt kann damit als Anreicherungsverfahren genutzt werden. Die nassmetallurgische Verarbeitung dieser Speise erzeugt nicht nur die gewünschten Metalle (überwiegend Nickel, Cobalt und Kupfer) sondern auch Arsen in unterschiedlichen Verbindungen.

Arsen ist auch ein Begleiter von Kupfer- und Bleierzen und fällt meist in Form von Arsenoxid als Nebenprodukt bei der Gewinnung dieser Metalle an.

Arsenik (chemisch Arsen(III)-oxid; As2O3) war von der Antike bis zur Entdeckung der Marshschen Probe ein beliebtes Mordgift, da es schwer nachweisbar war. So erhielt das Arsen seinen schlechten Ruf. Arsenik wurde berühmt-berüchtigt als „Erbschaftspulver“, franz. poudre de succession.

Und es war auch gar nicht schwer, sich dieses Gift zu beschaffen. Da es als Rattengift diente, war es in ver-

Rotnickelkies aus St. Andreasberg



schiedenen Zubereitungen in Apotheken erhältlich. „Mäusebutter“ beispielsweise bestand aus Fett mit Arsenik-Kügelchen. So war es für Gesche Gottfried (1785-1831) leicht, an das Gift zu kommen. Sie vergiftete in Bremen durch Arsenik fünfzehn Menschen (Eltern, Ehemänner, eigene Kinder, Gläubiger...).

Doch nicht nur als Mordgift machte Arsenik Karriere, es diente sogar als Droge. Heute kaum zu glauben, aber einst schätzte man die durchaus stimulierende Wirkung geringer Dosen Arsenik. So wurde im 19. Jh. das „Arsenikessen“ zum Trend in Tirol und Steiermark sowie in den Südstaaten der USA. Auch Pferdehändler liebten Arsenik: Ins Futter gemischt ließ es ältere, schwächere Tiere gesünder wirken. Wie durch Zauberhand erhielten alte Gäule plötzlich ein glänzendes Fell und ein „blühendes“ Aussehen.

Arsenik wurde erhalten, indem arsen- und schwefelhaltige Metallerze erhitzt wurden. Ziel war bei diesem Rösten genannten Prozess die Abtrennung des Schwefels. Doch auch das Arsen kam mit, es verband sich mit dem Luftsauerstoff zu Arsenik, dem „Hüttenrauch“. In Giftfängen genannten langen Kanälen kondensierte das Gas zu weißem Pulver (Giftmehl). Die damit befassten Hüttenarbeiter waren im sächsischen Hüttenwesen an einer grünen Lederschürze zu erkennen.

Die grüne Schürze hatte ihren Grund: Arsenverbindungen überzeugen oft durch ein sattes „Gift“grün, das als Farbe hoher Lichtechtheit brillierte. 1778 erzeugte Carl Wilhelm Scheel (1742 -1786) aus Kupfersulfat, Arsenik und Pottasche (Kaliumcarbonat) eine neue Farbe - „Scheeles Grün“ (chemisch Kupfer (II)-arsenid). Eine zweite Arsenfarbe wurde als Schweinfurter oder Pariser Grün bekannt. Hierbei handelte es sich um eine Kupfer-Arsen-Essig-Verbindung (Kupfer(II)-arsenitacetat). Maler, Künstler, Designer und Bauherren waren begeistert: So ließ sich George Washington sein Esszimmer (ausgerechnet) in knalligem Arsengrün verschönern! Die grünen Fensterläden der Schieferhäuser im Bergischen Land verdanken ihre Farbe ursprünglich dem Arsen. Künstler wie Van Gogh liebten Schweinfurter Grün, das sie mit Bleiweiß (auch giftig) aufhellten.

Man fragt sich heute: Wusste William Morris (1834-1896), der durch die üppigen Pflanzenornamente seiner grünen Tapeten berühmt wurde, von der Giftigkeit der verwendeten Farben? Selbst Napoleons Tod auf St. Helena könnte mit dem Arsen zu tun haben. In der Feuchtigkeit zersetzte sich die grüne Wandfarbe und giftige Arsenverbindungen wurden an die Luft abgegeben. Doch bereits um 1840 gab es erste Warnungen vor grünen Wohnungsanstrichen, eine Ära ging für Arsen langsam zu Ende.

Und die Karriere als Erbschaftspulver? Auch diese kam zum Erliegen, als der britische Chemiker James Marsh (1794-1846) im Jahr 1836 einen relativ einfachen Nachweis von Arsen vorstellte, mit dem sich von Arsen bei Leichen in Konzentrationen 0,1 µg As nachweisen ließ.
Weitere überlieferte Anwendungen, die durch die toxische Wirkung allmählich stark eingeschränkt wurden, sind der Einsatz von anorganischen und organischen Arsenverbindungen in der Land-, Forst und Viehwirtschaft auf Grund der Wirkung als Schutzmittel und zur Ungezieferbekämpfung. Arsenoxid kann zur Läuterung (Entfernung von Gasblasen) von Glasschmelzen eingesetzt werden. Weiterhin dient Arsen auch als Legierungsmittel für Blei und Kupfer.

Eine kurze Karriere hatte das arsenhaltige Medikament Salvarsan zu Beginn des 20. Jahrhunderts als Mittel gegen Syphilis. Gegenwärtig wird Arsenoxid in kleinen Dosen als letztes Mittel zur Behandlung spezieller Formen der Leukämie eingesetzt.

## EIGENSCHAFTEN

Arsen kommt in drei Erscheinungsformen (Modifikationen) vor. Die stabilste Form ist dabei das graue bzw. metallische Arsen. Die beiden nichtmetallischen Formen sind das gelbe (pulverförmige) und das schwarze (amorphe) Arsen. Hier sind auch die Bezeichnungen Alpha-Arsen (metallisch), Beta-Arsen (amorph) und Gamma-Arsen (pulverförmig) gebräuchlich.

Arsen lässt sich nur unter sehr hohem Druck und hohen Temperaturen schmelzen. Es sublimiert unter Normaldruck bei 613 °C. Arsen ist in metallischer Form sehr spröde.

## HEUTIGE VERWENDUNG

Auch wenn die oben genannten Anwendungen von Arsen als Legierungselement für Blei und Kupfer, als Holzschutzmittel sowie die Verwendung als Läuterungsmittel für Glasschmelzen nach wie vor aktuell sind, werden diese durch die Giftigkeit von Arsen und seinen Verbindungen stark zurückgedrängt.

Unabhängig davon hat sich Arsen in sehr hohen Reinheiten (dazu weiter unten mehr) durch seine physikalischen Eigenschaften eine Nische in der Elektronikindustrie sowie in der Optik erarbeitet.

In der Elektronikindustrie überwiegen zwei Anwendungen:

## GALLIUMARSENID

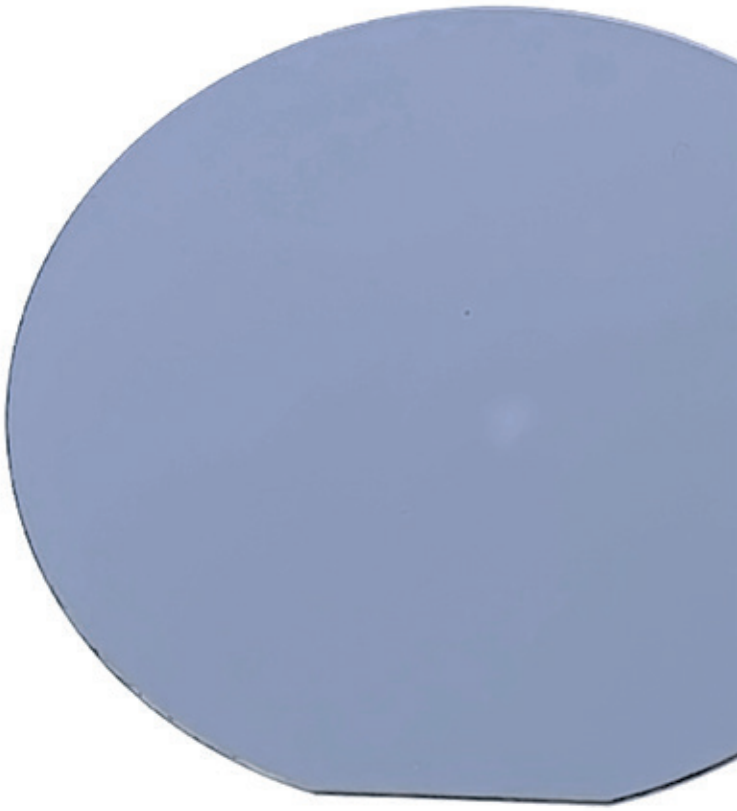
Galliumarsenid (GaAs) ist ein III-V-Verbindungshalbleiter aus Gallium und Arsen, der zwei wesentliche Eigenschaften aufweist:

• Galliumarsenid besitzt eine hohe Elektronenbeweglichkeit und eignet sich daher sehr gut für Hochfrequenzschaltkreise, die ein geringeres Rauschen und einen geringeren Energiebedarf besitzen als vergleichbare Lösungen auf der Basis von Silizium. Anwendung findet Galliumarsenid dadurch im Mobilfunk, in der Radartechnik und in der Satelitenkommunikation.

• Galliumarsenid kann außerdem Licht im Bereich von infrarot über rot bis gelb emittieren und wird damit sehr häufig für Laser- und Leuchtdioden eingesetzt, auch als Signalemittent und -empfänger in der Glasfasertechnik sowie als Teil von Solarzellen für die Energieversorgung von Satelliten.

Damit ist Arsen in Form von Galliumarsenid täglicher Begleiter vieler Menschen, solange sie den Versuchungen von Mobilkommunikation und stromsparender Beleuchtung nicht widerstehen können.

Galliumarsenid kann allerdings die überwiegende Verwendung von Silizium in der Elektronikindustrie nicht verdrängen. Eine Ursache hierfür ist in den relativ hohen Preisen der Bestandteile Arsen und Gallium sowie der sehr aufwändigen Herstellung der Galliumarsenid-Wafer zu suchen.



Galliumarsenid-Wafer

## DOTIEREN VON SILIZIUM

Unter Dotieren im Sinne der Elektronikindustrie versteht man das Einbringen von Fremdatomen in die Matrix des Basismetalls (meist Silicium), um die elektrischen Eigenschaften des Grundmetalls, insbesondere der Leitfähigkeit, gezielt zu verändern.

Für Silicium ist Arsen das am häufigsten verwendete Dotiermaterial, hier wird eine n-Dotierung (Überschuss von frei beweglichen Elektronen) erzeugt.

Derartig dotierte Siliciumwafer finden sich in unterschiedlichsten Anwendungen, als relativ neue Entwicklung insbesondere als Bauteile in der Stromversorgung elektronischer Schaltungen.



Chalkogenid-Glas-Rohling




Das zerkleinerte Arsen wird in einer Handschuhbox per Hand gesiebt.

## ANWENDUNG IN DER OPTISCHEN TECHNIK

In der Infrarot-Optik, für die Linsen aus herkömmlichen Glassorten nicht geeignet sind, hatte Germanium für lange Zeit ein Monopol. Infrarot-Linsen wurden durch Schleifen direkt aus Germanium gefertigt. Moderne Entwicklungen haben zu Chalcogenid-Gläsern geführt, die in ihrem Herstellungsprozess günstiger sind. In vielen dieser Gläser ist Arsen ein Hauptbestandteil. Anwendung finden sie im militärischen und zivilen Bereich, zum Beispiel bei der Brandüberwachung und für die Erkennung von Objekten in der Dunkelheit.

## HERSTELLUNG VON HOCHREINEM ARSEN

Wie kommt man nun zu einer Arsenreinheit, die für die genannten Anwendungen zwingend erforderlich ist?

Bei der PPM Reinstmetalle Osterwieck GmbH wird hochreines Arsen aus Arsenoxid hergestellt.
Der Rohstoff Arsenoxid wird aus einem metallurgischen Prozess bezogen, der überwiegend aus dem Recycling von Nickel, Cobalt und Kupfer besteht.

Da, wie oben bereits erwähnt, Arsen unter Normaldruck nicht schmilzt, stehen die übliche Reinigungsmethoden für Reinstmetalle wie Metalldestillation und Zonenschmelzen leider nicht zur Verfügung. Als Alternative dazu hat sich durchgesetzt, dass der Rohstoff in ein Zwischenprodukt umgewandelt wird, dieses dann gereinigt und anschließend in metallisches Arsen umgesetzt wird.

Das Zwischenprodukt ist Arsenchlorid, das durch eine Reaktion von Arsenoxid mit Chlorwasserstoff entsteht und aufgrund eines Siedepunkts von 133,5 °C bei Raumtemperatur flüssig ist. Durch die unterschiedlichen Siedepunkte vor Arsenchlorid und der Chloride der Verunreinigungen lässt sich das Arsenchlorid (anders als das Arsen) durch eine mehrstufige Destillation reinigen. Dabei muss eine Reinheit erzeugt werden, die bei der Weiterverarbeitung sicherstellt, dass alle erforderliche Qualitäten des Endprodukts herstellbar sind.

Wenn das Arsenchlorid die erforderliche Reinheit erreicht hat, wird es in speziellen Rektoren mit Wasserstoff zu metallischem Arsen reduziert. Das Arsen wird im Reaktor kondensiert und anschließend auf die vom Kunden gewünsch-



Arsen unterschiedlicher Korngröße in Glasflaschen



Arsenflaschen in der Endverpackung

te Korngröße zerkleinert. Unter Schutzgasatmosphäre wird das Produkt in spezielle Glasflaschen gefüllt, einer Endbehandlung unterzogen und ist dann versandbereit.

## PRODUKTQUALITÄT

Das hergestellte Arsen hat üblicherweise eine vereinbarte Kundenspezifikation zu erfüllen. Hauptbestandteil der Spezifikation ist die Forderung nach einer Reinheit, die meist durch Obergrenzen einer Vielzahl von Verunreinigungen ausgedrückt wird.

Generelle Kategorien der Reinheit werden in „Neuner"-Qualitäten angegeben. So steht die Reinheit 7-Neuner (kurz 7N) für sieben Neunen in der Prozentangabe: 99,99999%. Dies bedeutet eine Maximalverunreinigung aller angegebenen Elemente von 0,1 ppm oder 100 ppb. Die höchste nachgefragte Qualität ist 7N5, also 99,999995%.

PPM Reinstmetalle Osterwieck ist in der Lage, alle diese Qualitäten zuverlässig herzustellen und an Kunden in aller Welt zu liefern.

Die technische Kapazität der Anlage liegt gegenwärtig bei etwa 70 t/a und erreicht damit zwischen 40 und 50 % des Weltbedarfs für hochreines Arsen in den genannten Qualitäten. Die im Vergleich zu anderen Industrien relativ geringe Produktionsmenge spiegelt die Größe der Nische wider, die überwiegend dem Teil der Elektronikindustrie zuzuordnen ist, die auf Arsen als Rohstoff setzt.

## RECYCLING?

Das Recycling von arsenhaltigen Materialien wird immer wieder untersucht. Es ist gegenwärtig allerdings wirtschaftlich nicht möglich, da die Anforderungen an die Produktqualität einen sehr gut definierten Rohstoff voraussetzen und der geringe Rohstoffbedarf auch keine großen Materialbewegungen zulässt.

# LITHIUM

## NICHT NUR NAMENSGEBER - UNVERZICHTBARER BAUSTEIN IN TRAKTIONSBATTERIEN

VON MICHAEL SCHMIDT



Trotz des rasanten Nachfragewachstums wird es langfristig genügend Lithium für den Ausbau der Elektromobilität geben. Der Lithium-Boom hat dazu geführt, dass zahlreiche neue Projekte entwickelt und große Investitionen angestoßen wurden. Die neuen Projekte werden jedoch kaum zu einer Verringerung der hohen Angebotskonzentration auf nur wenige Lieferländer und Firmen beitragen.
Lithium ist mit 6 –12 Gew. % weder mengen- noch wertmäßig der größte Bestandteil moderner Traktionsbatterien. Jedoch sind alle Zellgenerationen, sei es NMC, NCA, LMO oder LFP, auf Lithium als Bestandteil des Kathodenmaterials angewiesen. Da es sich bei Lithium zudem um einen kleinen Markt handelt, fällt der erwartete Anstieg der Nachfrage in Relation zur heutigen Produktion besonders hoch aus.

Die Förderung von Lithium ist heute auf drei Länder konzentriert. Australien hat in den letzten Jahren die Produktion stark erhöht und ist mittlerweile der größte Bergbauproduzent. Lithium wird hier aus Festgestein gewonnen, das Lithiumkonzentrat wird überwiegend nach China exportiert, wo die Weiterverarbeitung zu batterietauglichem Lithiumkarbonat und -hydroxid stattfindet. Südamerika ist, insbesondere mit Chile und Argentinien, die zweite wichtige Abbauregion. Hier wird Lithium aus lithiumhaltigen Solen gewonnen. Die Weiterverarbeitung zu Lithiumkarbonat findet überwiegend lokal statt. Südamerika verfügt zudem über die größten Lithiumreserven. Die beiden Herkunftstypen für Lithium, Festgestein und Sole, teilen sich den Markt aktuell zu rund 60/40 %, mit weiterhin starker Tendenz zu Festgesteinsvorkommen.

Der Lithiummarkt ist derzeit in der Hand von nur wenigen Firmen. Vier Unternehmen kontrollieren fast 65 % der globalen Produktion. Der Lithium-Boom der letzten Jahre hat jedoch gezeigt, dass der Lithiummarkt vor großen Veränderungen steht. Der starke Preisanstieg seit Ende 2020 (ca. 6.000 US$/t), mit einem Allzeithoch Ende 2022 (knapp 80.000 US$/t), stellt eine nie dagewesene Entwicklung dar und zog einen regelrechten Investitionsboom – insbesondere in Australien aber auch in Afrika und Nord- sowie Lateinamerika nach sich. Seit Ende 2022 ist der Preis wieder massiv gefallen und liegt momentan bei rund 30.000 US$/t, was immer noch einem Plus von ca. 500 % gegenüber Ende 2020 darstellt. Grundsätzlich ist die Preisentwicklung seit etwa 2020 von einer deutlich höheren Volatilität gekennzeichnet, die auf viele unterschiedliche Faktoren zurückzuführen ist.

Trotz des gegenüber dem Jahr 2020 deutlich höheren Preisniveaus könnte der aktuelle Preisrückgang zu einer zeitlich verzögerten Umsetzung einzelner Projekte bzw. Skalierung der Produktion führen. Insbesondere für Projekte in Europa könnte die problematisch sein. Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass trotz der neuen Projekte die hohe Angebotskonzentration auf nur wenige Lieferländer bestehen bleiben wird. Zudem haben sich vor allem asiatische Abnehmer bereits durch langfristige Lieferverträge abgesichert, was die frei verfügbare Menge an Lithium auf dem Weltmarkt stark reduziert. Strategische Beteiligungen und Übernahmen einzelner Firmen im Lithiummarkt und/oder Projektkonsolidierungen sowie regulatorische Maßnahmen einzelner produzierender Länder die sich auf die Projektentwicklung auswirken, könnten sich langfristig negativ auf den globalen Wettbewerb auswirken.

Es ist davon auszugehen, dass sich die weiterverarbeitende Industrie in noch stärkerem Maße an der Primärförderung beteiligen wird. Gerade asiatische Zell- und Precursorhersteller (Kathodenpulver/-pasten) versuchen sich durch eine Rückwärtsintegration und Bergwerks-Beteiligungen den direkten Zugriff auf Lithium zu sichern.




## INFOBOX LITHIUM

Lithium (Li; 3) wurde 1818 vom schwedischen Chemiker Johan August Arfwedson entdeckt. Der Name Lithium wurde von lithos, der griechischen Bezeichnung für Stein, abgeleitet. Lithium zählt zur Gruppe der Alkalimetalle. Es ist ein weiches, silberweißes Metall, sehr reaktionsfähig und reagiert wie Natrium oder Kalium (aber weniger heftig) mit Wasser. Lithium wird vor allem zur Herstellung von Akkus verwendet, beispielsweise für E-Skooter, Notebooks, Mobiltelefone oder Elektroautos. Die Verwendung von Lithiumbatterien nimmt stark zu. Problematisch ist die hohe Brandgefahr, die durch Lithium-Ionen-Akkus besteht.

# NEODYM

## UNBEKANNT UND UNVERZICHTBAR

VON RALF SCHMITZ

Ganz ehrlich, wer kennt schon Neodym? Fragt man Bekannte oder Freunde welche Metalle ihnen spontan einfallen, so wird man als Antwort Eisen, Kupfer, Aluminium und vielleicht noch Blei, Nickel, Zink oder Zinn erhalten. Ok, auch Lithium dürfte aufgrund der Elektromobilität inzwischen jeder kennen. Aber Neodym – Fehlanzeige. Dabei ist unsere heutige Industriegesellschaft ohne das Metall eigentlich kaum denkbar. Aber beginnen wir am Anfang der Geschichte.

Dem österreichischer Chemiker und Unternehmer Carl Johann Joachim Freiherr Auer von Welsbach, der später als Schöpfer der Marke Osram und als Erfinder des Glühstrumpfs im Gaslicht weltweit bekannt wurde, gelang es 1885 erstmals Neodym als eigenes Metall darzustellen. Neodym kommt nämlich in der Natur nicht elementar vor, sondern nur in Verbindung mit anderen Elementen. Von Welsbach trennte auf chemischem Weg die seit 1841 bekannte Seltene Erde Didym in die Seltenerdmetalle Praseodym und Neodym. Der Name bezieht sich auf die griechischen Wörter neos für neu und didymos für Zwilling, da Neodym aufgrund der großen Ähnlichkeit als Zwilling des Praseodyms bezeichnet werden kann. Reines metallisches Neodym kennt man erst seit rund einhundert Jahren (1925). Heute gehört Neodym zu den Seltenen Erden und ist im System der chemischen Elemente unter Nd; 60 einsortiert.

Carl Johann Joachim Freiherr Auer von Welsbach





Nedoym

Die industrielle Herstellung von Neodym an dieser Stelle zu beschreiben wäre zu komplex und würde den Rahmen sprengen. Erwähnt sei nur, dass die wesentlichen Rohstoffe zur Gewinnung die Minerale Bastnäsit und Monazit sind. Heute kommt über 90 Prozent des Neodyms aus China. Die Neodymproduktion belastet die Umwelt spürbar. Das ARD-Magazin Panorama berichtete bereits 2011, dass bei der Trennung des Neodyms vom geförderten Gestein giftige Abfallprodukte entstehen, außerdem werde radioaktives Uran und Thorium beim Abbauprozess freigesetzt. Diese Stoffe würden zumindest teilweise ins Grundwasser gelangen und Fauna und Flora erheblich kontaminieren. Ein Problem, dem sich die westliche Welt zu lange verschlossen hat und das es zusammen mit den Produzentenländern zu lösen gilt.

Wozu aber braucht man Neodym überhaupt? Klassisches Anwendungsgebiet ist die Metallurgie, denn Zusätze von Neodym verbessern die Werkstoffeigenschaften von Magnesium-Legierungen, beispielsweise für den Flugzeugbau. Auch in der Glasindustrie wird Neodym eingesetzt. Seine herausragende Bedeutung erlangt Neodym aber als Grundstoff für Magnete. Kurzum: Neodym-Eisen-Borverbindungen (NdFeB) werden zur Herstellung stärkster Magnete benötigt. Sie werden genutzt für Kernspintomographen, Mikromotoren und Festplatten, Dauermagnet-Rotoren, effiziente permanenterregte Synchronmaschinen z. B. in einigen Windkraftanlagentypen, zum Antrieb von Elektro- und Hybridfahrzeugen und für hochwertige Lautsprecher und Kopfhörer. In unserer modernen Gesellschaft ist das recht unbekannte Metall unverzichtbar geworden.

Aber haben wir überhaupt genügend Neodym zur Verfügung? Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) schreibt zur Verfügbarkeit von Seltenen Erden: „Aufgrund Chinas marktbeherrschender Stellung, vom Bergbau über die Weiterverarbeitung zu Zwischenprodukten und reinen Metallen bis hin zu NdFeB-Magneten und verbunden mit temporären Exportverboten, werden die Seltenen Erden von der Europäischen Kommission aktuell als die Rohstoffe mit dem höchsten Versorgungsrisiko eingestuft. Vor diesem Hintergrund haben mehrere westliche Industrieinitiativen zum Ziel, die Abhängigkeit von China zu reduzieren." Politisch ist heute die Frage, ob die westliche Welt strategische Vorräte für Seltenerdmetalle anlegen soll, somit von höchster Bedeutung. Auch das Recycling wird immer wichtiger, eine vielversprechende Möglichkeit bietet das Recycling von Nedoym-Magneten. Lesen Sie dazu auch den folgenden Beitrag „Wie Europas wirtschaftliche Unabhängigkeit mit End-of-Life Permanentmagneten zusammenhängt".

## Literaturempfehlungen

Ralf Schmitz (Hrsg.) Taschenbuch des Metallhandels 12. Auflage 2014 und Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Seltene Erden – Information zur Nachhaltigkeit 2021.0

# NEODYM

## WIE EUROPAS WIRTSCHAFTLICHE UNABHÄNGIGKEIT MIT END-OF-LIFE-PERMANENTMAGNETEN ZUSAMMENHÄNGT

VON DR. ALEXANDER BUCKOW

Neodym-Eisen-Bor-Magnete sind essenziell für das Gelingen der Energiewende, der Elektromobilität und der digitalen Transformation. Die Förderung von Neodym, das zur Gruppe der Seltenen Erden gehört, ist sehr energie- und chemikalienintensiv und findet bis heute nahezu ausschließlich im asiatischen Raum statt. Nun haben Heraeus Remloy und das Fraunhofer IWKS eine Magnetrecyclingmethode entwickelt, die nicht nur umweltfreundlich ist, sondern Europa mittelfristig unabhängiger von Importen machen kann.

### BEDEUTUNG DES RECYCLINGS FÜR DIE EUROPÄISCHE VERSORGUNG

Das Recycling von Seltenerdmagneten ist eine Möglichkeit, eine unabhängigere Versorgung in Europa sicherzustellen. Da Europa derzeit keine aktiven Förderstätten für Seltenerdmetalle hat und China den Weltmarkt dominiert, ist die Diversifizierung der Stoffströme ein wichtiges Ziel. Durch das Recycling von End-of-Life-Magneten können europäische Unternehmen eine verlässliche Quelle für ihre Bedürfnisse an Permanentmagneten erschließen und gleichzeitig ihre Produktion nachhaltiger gestalten.

Die EU erkennt die Bedeutung von seltenen Erden und arbeitet daran, alternative Quellen zu erschließen. Recycling ist dabei ein wichtiger Schritt, um die Versorgungssicherheit zu erhöhen und den steigenden Bedarf an Seltenerdmetallen zu decken.

### HÄUFIGE METALLE - SELTENE VORKOMMEN

Obwohl sie „selten" im Namen tragen, kommen Seltenerdmetalle in der Erdkruste durchaus häufig vor. Der Begriff „Seltenerdmetalle" bezieht sich auf eine Gruppe von 17 Elementen, die chemisch ähnlich sind. Zu den bekanntesten gehören Neodym, Praseodym, Dysprosium und Samarium. Diese Metalle sind für viele High-Tech-Produkte unerlässlich, darunter zum Beispiel Elektromotoren und Windturbinen, in denen häufig Permanentmagnete verbaut sind.

Die Lagerstätten für Seltenerdmetalle sind jedoch oft schwer zugänglich. Die meisten dieser Metalle werden nur als Beiprodukt anderer Erzförderungen gewonnen, weshalb nur kleine Mengen produziert werden. Im Jahr 2022 betrug die weltweite Bergwerksförderung von Seltenerdoxiden 66.080 Tonnen, wobei fast 70 Prozent der Produktion aus China und ein Drittel davon allein aus der Bayan-Obo-Mine in der Inneren Mongolei stammten.

Obwohl es auch in Nordamerika, Australien, Grönland, Russland und Deutschland weitere Vorkommen von Seltenerdmetallen gibt, sind diese entweder zu gering oder nicht wirtschaftlich erschlossen. Aufgrund der marktbeherrschenden Stellung Asiens sieht die Europäische Kommission Seltenerdmetalle derzeit als Rohstoffe mit dem größten Versorgungsrisiko an.

## HERAUSFORDERUNGEN BEIM ABBAU VON SELTENERDMETALLEN

Die Förderung von Seltenerdmetallen ist nicht nur energieintensiv, sondern auch umweltbelastend. Die Verfahren erfordern den Einsatz vieler Chemikalien und können zu massiven Eingriffen in die Natur führen. Je nach Förderart müssen seltenerdhaltige Bodenschichten direkt gelaugt und flächendeckend abgetragen werden. Darüber hinaus führt die Förderung zu einem hohen Wasserverbrauch, wobei für die Herstellung von einem Kilogramm Seltenerdoxid durchschnittlich 2.300 Liter Wasser benötigt werden.

Ein weiteres Problem ist das gemeinsame Auftreten von seltenen Erden mit Radionukliden wie Uran und Thorium, wodurch die bergbaulichen Rückstände radioaktiv belastet sein können.

Zur Einordnung: Pro Kilogramm Seltenerdoxid fällt rund ein Kilogramm radioaktiver Abraum an.
In Gebieten mit unzureichenden Regularien werden diese Rückstände oftmals nicht aufgefangen und damit große Landstriche verunreinigt. Dies stellt wiederum eine immense gesundheitliche Belastung für die Menschen in umliegenden Gebieten dar und zerstört die Umwelt vor Ort nachhaltig.

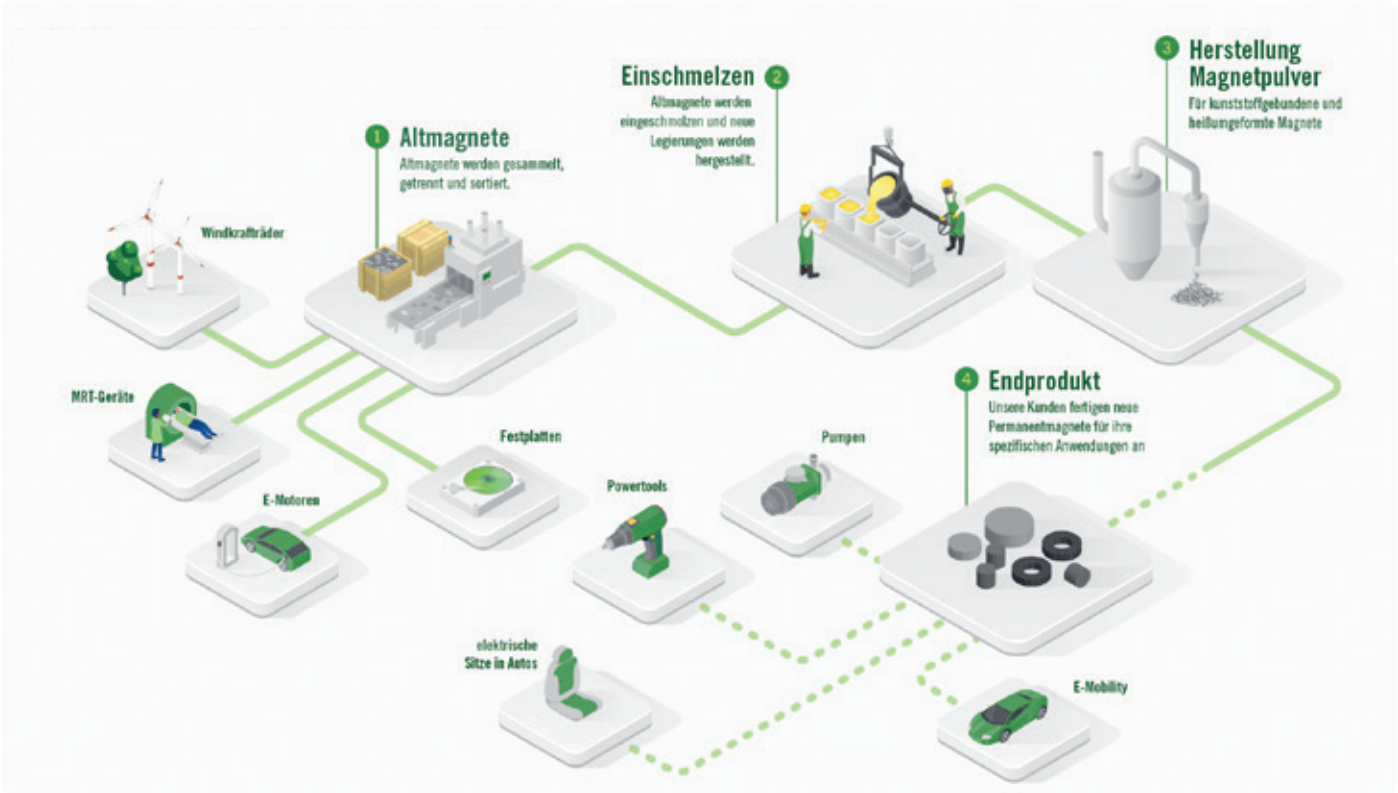
## RECYCLING VON SELTENERDMAGNETEN

Angesichts der begrenzten Förderstätten und der Umweltauswirkungen wird das Recycling von Seltenerdmetallen immer wichtiger. Besonders interessant sind hier Seltenerdmagnete, da sie eine Vielzahl von Anwendungen in verschiedenen Industriezweigen haben.

Heraeus Remloy, ein Start-up der Heraeus Gruppe, hat eine innovative Methode entwickelt, um alte Permanentmagnete umweltschonender aufzubereiten. In einem pyrometallurgischen Verfahren werden die alten Magnete eingeschmolzen und zu neuen Legierungen verarbeitet. Die daraus entstehenden Materialien werden zur Herstellung von kunststoffgebundenen Neodym-Eisen-Bor-Magneten verwendet.

Diese Recyclingmethode bietet mehrere Vorteile: Sie verzichtet auf Elektrolysen und den Einsatz von Chemikalien,

Heraeus Remloy Recycling Prozess



spart signifikante Mengen an Energie und $CO_2$ ein und verringert dank der Lieferketten innerhalb Europas den logistischen Aufwand.

Während alternative Recyclingmethoden teilweise energieintensiv und umweltbelastend sind, stellt der Recyclingprozess von Heraeus Remloy mittels Melt-Spinning eine nachhaltige Methode dar. Dazu werden Altmagnete aufgeschmolzen und fließen dann in einem dünnen Strahl auf ein wassergekühltes Rad. Die so produzierten Flakes können zu neuen Magneten weiterverarbeitet werden. Der Prozess von Heraeus Remloy hat den Vorteil, dass oxidische Verunreinigungen entfernt werden und die so gereinigte Magnetlegierung ähnlich einer Primärlegierung eingesetzt werden kann.

## FAZIT

Seltenerdmetalle sind von großer Bedeutung für die moderne Industrie, insbesondere für die Herstellung von Permanentmagneten. Die begrenzten Förderstätten in Europa und die umweltbelastende Gewinnung machen das Recycling dieser Metalle zu einer immer wichtiger werdenden Aufgabe. Heraeus Remloy hat ein innovatives Verfahren entwickelt, um End-of-Life-Magnete umweltschonend aufzubereiten und damit die Herstellung neuer Magnete zu ermöglichen. Dieses Recyclingverfahren spielt eine entscheidende Rolle bei der Sicherung einer unabhängigen Versorgung mit Seltenerdmagneten in Europa und trägt zu einer nachhaltigen Industrie bei.

Mit Blick in die Zukunft wird die Nachfrage nach Seltenerdmetallen voraussichtlich weiter steigen. Die EU sucht aktiv nach Möglichkeiten, sich unabhängig von Exporten aus dem außereuropäischen Ausland zu machen. Recycling ist ein vielversprechender Ansatz, um diese Herausforderungen zu bewältigen und eine nachhaltige Versorgung mit Seltenerdmagneten zu gewährleisten.

Damit wir diese Herausforderung gemeinsam bewältigen können, sucht Heraeus Remloy neue Partner. Falls in Ihrem Unternehmen End-of-Life-Magnete oder Produktionsausschuss anfallen, finden Sie mit Heraeus Remloy einen zuverlässigen und langfristigen Abnehmer. Wenn Sie an einer Kooperation interessiert sind, freuen wir uns auf Ihre Kontaktaufnahme per E-Mail an *remloy@heraeus.com.*

Recyceltes Neodym-Eisen-Bor zur Weiterverarbeitung



# SELEN

## KLEINE MENGEN, GROSSE WIRKUNG

VON STEFFAN HUBER

**Nicht bei allen Grundstoffen ist die Quantität entscheidend für ihre Wirkung, sondern ihre Qualität: Selen ist solch ein Halbmetall mit faszinierenden Eigenschaften. Denn es zeigt seine Fähigkeiten schon in Kleinstmengen. Selen ist deshalb ein Nischenmarkt mit begrenzten Volumen – die Anwendungen hingegen sind vielfältig.**

Selen wird gerne auch als „große Schwester" des Schwefels bezeichnet und gehört chemisch betrachtet zur selben Gruppe wie Sauerstoff, Schwefel und Tellur. Es ist ein echtes Multitalent unter den Halbmetallen, denn es bildet verschiedene Modifikationen und verfügt über photoelektrische Eigenschaften, d.h. unter Lichteinfluss setzt Selen Elektronen frei und ändert seine Leitfähigkeit. Für uns Menschen ist Selen ebenfalls essenziell – als Spurenelement in unserem Körper kommt es in einer ganzen Reihe menschlicher und tierischer Proteine vor und beeinflusst unsere biologischen Prozesse. Deshalb ist Selen auch in Immunsprays und im Speisesalz, in Nahrungsergänzungsmitteln und sogar in Shampoos zu finden.

### ENTDECKUNG UND HERKUNFT

1818 entdeckt der Schwede Jöns Jakob Berzelius – einer der bedeutendsten Chemiker und Forscher seiner Zeit – im Bleikammerschlamm einer Schwefelsäureproduktion ein neues Element: Er erkannte es als verwandt mit Tellur. Dieses hatte Martin Heinrich Klaproth zwölf Jahre nach der Entdeckung durch den österreichischen Chemiker und Mineralogen Franz Joseph Müller von Reichenstein im Jahre 1782, nach der ‚Mutter Erde', lateinisch für Tellus, benannt. In Anlehnung daran, taufte Berzelius sein neues Element nun nach der Mondgöttin Selene. Der Grund war der silberne Glanz, den er mit der griechischen Gottheit verknüpfte.

Selen kommt in der Natur als chemisches Element vor, selten jedoch als eigenes Mineral. Vielmehr ist es – oft in Verwandtschaft mit Schwefel – gebunden in sulfidischen Erzen, insbesondere in Kupfererzen.



RTRT Selenpulver

Deshalb wird die Hauptmenge des Halbmetalls auch als Rohselen bei der Kupferproduktion gewonnen. Selen begleitet die Raffination der Kupfererze bis zum hochreinen Kupfer durch den gesamten Verhüttungsprozess und reichert sich während der Elektrolyse im Anodenschlamm als Nebenprodukt an – von wo aus es gewonnen und weiter veredelt wird.

## VOM ROHSELEN ZUM QUALITÄTSPRODUKT

Das in den Kupferhütten gewonnene Rohselen hat üblicherweise eine Reinheit von > 99,5 %. Für Anwendungen im elektronischen oder elektro-optischen Bereich werden jedoch Reinheiten von bis zu 99,999 % benötigt, ebenso wie für die Verwendung im Lebens- und Arzneimittelbereich. Hierfür wird das Rohselen aus den Kupferhütten bei Spezialisten zu hochreinem Selen und Selenverbindungen weiterverarbeitet und veredelt.

Da Selen in den meisten Anwendungen in sehr fein verteilter Form und geringer Konzentrationen vorkommt, ist eine Wiedergewinnung des Halbmetalls technisch und wirtschaftlich nicht möglich. In seiner Reinform wird Selen regulatorisch grundsätzlich als Gefahrstoff eingestuft, da es toxische Eigenschaften hat. Diese werden jedoch in den Endprodukten durch das Mengenverhältnis aufgehoben. So werden beispielsweise in eine Tonne Futtermittel gerade einmal 0,5 Gramm reines Selen gemischt.

## MULTITALENT FÜR VIELFÄLTIGE ANWENDUNGEN

***Selen ist ein echtes Multitalent und kommt in hochreiner Form in vielen Industrien zum Einsatz: Dazu gehören die Glas-, Futtermittel-, Solar-, Halbleiter- und optische Industrie sowie die Pharma-, Galvanik, Stahl- und Düngemittelindustrie.***

Rohselen



Selenpellets



In Elektrolysebädern der Mangan-Herstellung verhilft Selenoxid zu einer besseren Stromausbeute, in galvanischen Bädern zum perfekten Glanz beim Vergolden von Metallen und auch bei der Herstellung von Bleibatterien kommt Selen zum Einsatz.

In der Glasherstellung sorgt Selen entweder für Klarheit – oder für Farbe: Als sogenannte ‚Glasseife' neutralisiert es den Grünstich in einem Glasgemenge, der durch Eisenverbindungen entstanden ist; für eine gewollte Rot- oder Braunfärbung von Glas werden Selen und weitere Zuschlagstoffe hingegen gezielt hinzugefügt.

In der Solar-Industrie wird Selen für den photoelektrischen Effekt, kurz Photoeffekt, genutzt. Dabei sorgt es zusammen mit Kupfer, Indium und Gallium in den dünnen Schichten der Solarzellen für die Umwandlung der Photonen in elektrischen Strom.

Und Selen kann noch mehr: Auch in der angewandten Medizintechnik finden sich Anwendungsbeispiele. So werden die Halbleitereigenschaften von Selen – unterstützt durch weitere Elemente wie Chlor – für digitale Röntgenschirme in modernen Mammographie-Geräten genutzt.
Im Verbund mit Arsen bildet Selen außerdem sogenannte Chalkogenidgläser. Das sind spezielle Werkstoffe, aus denen infrarotdurchlässige optische Bauteile gefertigt werden, die in modernen Kraftfahrzeugen ebenso Anwendung finden, wie in Nachtsichtgeräten oder Laseroptiken.

Seine Wirkung als essenzielles Spurenelement für Mensch und Tier entfaltet Selen in Form von Natriumselenit oder Natriumselenat – zwei anorganische Selenverbindungen, die sowohl als Futtermittelzusatzstoffe eingesetzt werden als auch in Nahrungsergänzungs- und Arzneimitteln. Füttert man Hefe mit Natriumselenit, baut sie das Selen in Form von Selenomethionin in ihre Zellen ein. So ent-

Selenpellets





steht Selen in organisch gebundener Form das ebenfalls zur Nahrungsergänzung für Mensch und Tier eingesetzt werden kann.

## RETORTE: HIDDEN CHAMPION

Die RETORTE GmbH, eine 100-prozentige Tochter des Multimetallunternehmens Aurubis AG, ist ein weltweit führender Produzent von Selen und Selenverbindungen. Rund 50 unterschiedliche Spezialprodukte für mehr als 500 Kunden aus 15 Industrien entstehen in Röthenbach a.d. Pregnitz, einem idyllisch gelegenen Ort mit rund 12.000 Einwohnern, eine halbe Autostunde entfernt von Nürnberg.

Das Unternehmen ist seit 1949 im Spezialmarkt der Selenproduktion erfolgreich tätig und seit 1974 ein wichtiger Baustein im Multimetall-Wertstoffkreislauf der Aurubis AG. RETORTE verarbeitet dazu das komplette Rohselen aus der Primärkupferverarbeitung von Aurubis in Hamburg.
Als regionales Unternehmen in einem globalen Spezialmarkt versorgt RETORTE die Märkte weltweit mit Selenprodukten in höchster Qualität – und das sehr erfolgreich seit über 70 Jahren. Ein signifikanter Anteil der Weltjahresproduktion geht nämlich durch die Hände der rund 40 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am Standort. Mit moderner Technologie und langjähriger Erfahrung wird hier die gesamte Palette an anorganischen Selenprodukten hergestellt, die in den heutigen Märkten gefragt sind. Dabei zeigt sich das Unternehmen agil und flexibel: Denn die Nachfrage unterliegt einem ständigen Wandel.

## NEUE MÄRKTE – NEUE ANFORDERUNGEN

Während in den 1950er und 1960er Jahren Reinstselen hauptsächlich für Gleichrichter und deren Recycling gefragt waren, wandelte sich die Nachfrage in den 1970er Jahren hin zu Selen für Fotokopierer. In den 1980er und 1990er Jahren rückten dann Selen-Chemikalien zunehmend in den Mittelpunkt, während elektronische Anwendungen (wie die Fotokopiertechnik) durch andere Technologien verdrängt wurden.

Im 21. Jahrhundert liegen die Wachstumsmärkte im Bereich der Nahrungsergänzungsmittel. Die Zugabe von Selen in anorganisch oder organisch gebundener Form leistet einen wesentlichen Beitrag zur optimalen Nährstoffversorgung von Menschen und Tieren.

RETORTE trägt diesem neuen Trend Rechnung: Mit dem Neubau einer zusätzlichen Produktionsanlage für Natriumselenit und Natriumselenat in Lebensmittel- und Pharmaqualität nach dem Standard „Good Manufactoring Practice“ (GMP) strebt das Unternehmen in diese globalen Wachstumsmärkte. Der neue Bereich geht Anfang 2025 in Betrieb und steigert die Wettbewerbsfähigkeit des regionalen Spezialisten mit den großen Playern der Chemiebranche. Die Aurubis AG wird 7 Mio. € in die moderne Produktionsanlage investieren, die auch eine erhöhte Arbeitssicherheit und den weiteren Ausbau des Umweltschutzes am Standort erzielt. RETORTE produziert nach den in Deutschland geltenden höchsten Umwelt- und Ethikstandards und erfüllt alle regulatorischen Anforderungen und ISO-Zertifizierungen.

## FUN FACTS

- Das Spurenelement Selen schützt vor Zellschädigungen durch freie Radikale. Es ist für eine gut funktionierenden Schilddrüse unerlässlich und außerdem als Baustein von Spermien wichtig für die Fruchtbarkeit des Mannes.

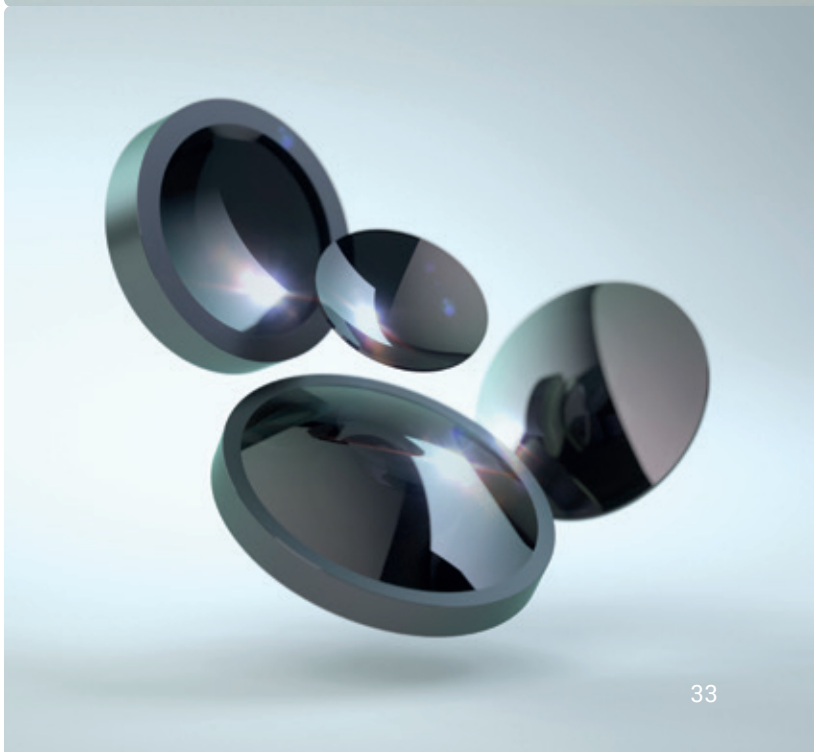
- Der Zusatz geringer Mengen Selen zum Blei in Autobatterien sorgt dafür, dass viele Kristalle gebildet werden und so die gewünschte Struktur aus feinen Körnern entsteht.

- Rötliches Rosalin-Glas erzeugt man unter Verwendung von Selen-Verbindungen, zusammen mit Zinn kann eine dunkelrubinrote Farbe erzielt werden.

- Bereits 1883 baute der amerikanische Erfinder Charles Fritts die ersten Solarzellen aus Selen. Er beschichtete eine dünne Selenschicht sehr fein mit Gold und konnte so einen Wirkungsgrad von immerhin 1 % erreichen. Somit ist Selen einer der ältesten Photovoltaik-Rohstoffe.







Chalkogenide Zinkselenid, Natriumselenit

# WOLFRAM

## BREITES ANWENDUNGSSPEKTRUM, KONFLIKTMINERAL, KRITISCHER ROHSTOFF, GUT ZU RECYCELN

VON MARKUS ZUMDICK

Bild 1: typischer Gesteinsbrocken mit Wolframerz



Das Übergangsmetall Wolfram (Ordnungszahl 74) ist ein weißlich glänzendes Schwermetall mit hoher Dichte, das schon bei sehr geringen Verunreinigungen spröde wird. Wolfram ist extrem hart und hat den höchsten Schmelzpunkt aller Metalle (3422°C), den niedrigsten Ausdehnungskoeffizienten, die höchste Zugfestigkeit und den niedrigsten Dampfdruck. Der deutsche Begriff Wolfram setzt sich aus den Begriffen Wolf (ein Mineral, das Zinnerz wie ein Wolf "auffrisst") und dem räm (= Ruß (mittelhochdeutsch), da es leicht zu mahlen war und Ruß ähnelte) zusammen. Die englische Bezeichnung Tungsten wiederum leitet sich von tung sten (schwedisch für "schwerer Stein") ab [(1)].

## PRIMÄRROHSTOFF WOLFRAM: EINE HERAUSFORDERUNG:

### VORKOMMEN

Der Wolframgehalt der Erdkruste liegt etwa bei 1,5 ppm. Das Metall konnte in der Natur bisher nicht gediegen nachgewiesen werden. Die wichtigsten Wolframminerale sind Wolframit (Mn, Fe)$WO_4$ und Scheelit $CaWO_4$ . Der Wolframgehalt der Erze, bezogen auf $WO_3$, liegt bei ca. 0,1 – 1,4 % $WO_3$ [(2)]. Gemäß dem US Geological Survey, einer wissenschaftlichen Abteilung des US Innenministeriums, wurden 2022 ca. 85% der Wolframerze weltweit aus Minen in China gefördert. Mit Abstand folgen Vietnam, Russland, Österreich und Rwanda. Bei den Reserven ergibt sich ein ähnliches Bild: knapp 50% liegen in China, gefolgt von Russland mit ca. 10%. In vielen anderen Ländern gibt es eher geringe Reserven[(3)]. Bild 2 zeigt die Abhängigkeit der EU, hauptsächlich von Staaten außerhalb der Union, bei der Produktion von verschiedenen Metallen.

Bei diesen Zahlen ist es nicht weiter verwunderlich, dass Wolfram von der EU als kritischer Rohstoff eingestuft wird. Sowohl die Gewinnung und Verarbeitung von Wolframerzen, als auch das Recycling soll daher im Rahmen des geplanten Critical Raw Material Acts gefördert werden. Ferro und Bonollo stellen fest: „In diesem Szenario kann Recycling eine strategische Abhilfemaßnahme sein, um die kritischen Risiken der Rohstoffversorgung zu minimieren[(5)].“

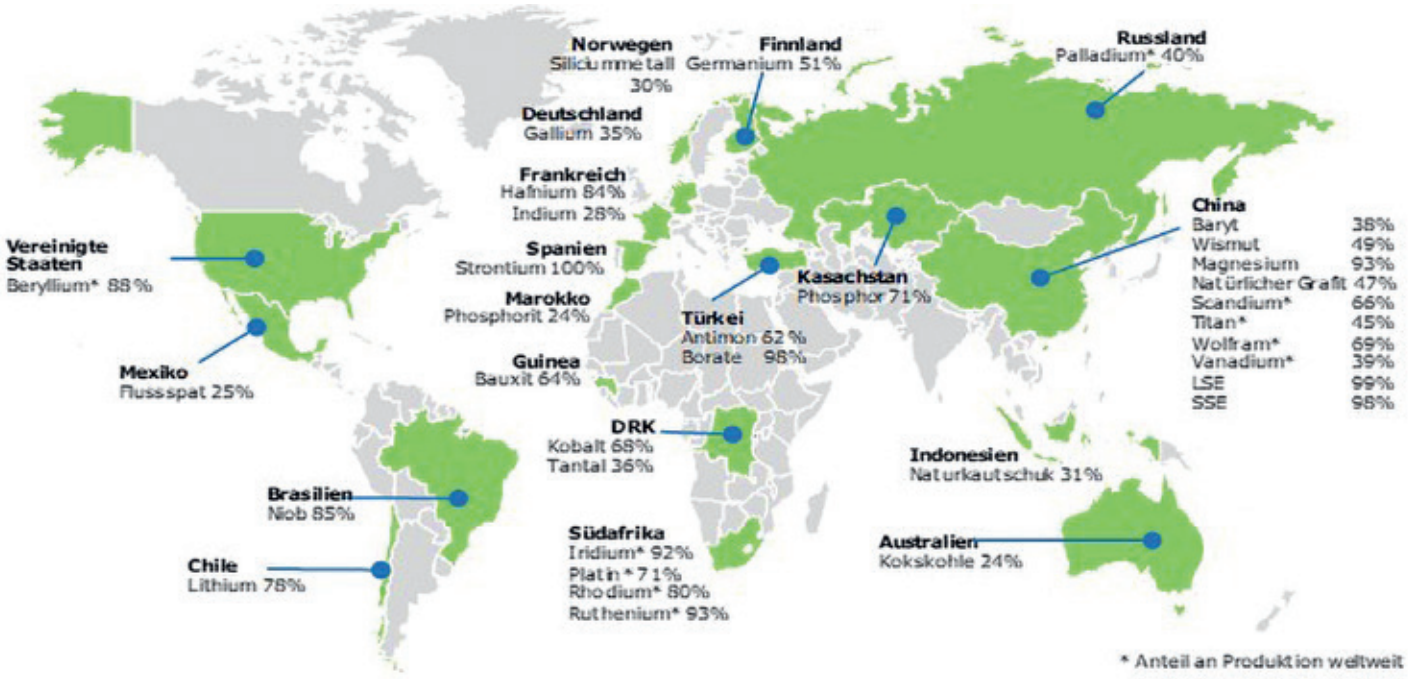



Bild 2: Darstellung der größten produzierenden Länder für kritische Rohstoffe. Mit einem Produktionsanteil von ca. 70% beim Wolfram ist China weltweit führend [4].

## RECHTLICHE ANFORDERUNGEN

Wolfram zählt, neben Tantal, Zinn und Gold (häufig auch als 3TG bezeichnet: Tantal, Tin, Tungsten, Gold) zu den sogenannten Konfliktrohstoffen bzw. Konfliktmineralien. Der seit Juli 2010 rechtsverbindliche Dodd-Frank Act definiert den Begriff "Konfliktmineralien", wenn der Abbau und der Handel mit diesen Rohstoffen zur Finanzierung oder anderweitigen Unterstützung bewaffneter Gruppen in der Demokratischen Republik Kongo oder ihren Nachbarländern dient. Nach Abschnit 1502 des Dodd-Frank Act müssen Unternehmen, die der Meldepflicht nach dem US-Börsengesetz unterliegen, jährlich offenlegen, ob Konfliktmineralien, die für die Herstellung oder Funktion ihrer Produkte notwendig sind, aus diesen Ländern, den sogenannten Covered Countries, stammen [6].

In der OECD-Leitlinie für verantwortungsvolle Lieferketten von Mineralien aus Konflikt- und Hochrisikogebieten wurde das Gebiet der Covered Countries um die so genannten Konflikt- und Hochrisikogebiete erweitert. Dabei wurde nicht nur die Finanzierung von bewaffneten Gruppen berücksichtigt, sondern auch Menschenrechtsverletzungen wie die schlimmsten Formen von Kinderarbeit, Diskriminierung, Sklaverei und Zwangsarbeit. Seit Januar 2021 gilt in der EU die Verordnung (EU) 2017/821 zur Festlegung der Sorgfaltspflichten in der Lieferkette für Unionseinführer von Zinn, Tantal, Wolfram, deren Erzen und Gold aus Konflikt- und Hochrisikogebieten. Sie stützt sich auf die OECD-Leitlinien, die damit in der EU quasi geltendes Recht wurden. Die Unternehmen sind verpflichtet, geeignete Managementsysteme einzurichten, Politiken und Jahresberichte zu veröffentlichen und sich regelmäßigen Audits durch einen unabhängigen Dritten zu unterziehen.

## HERSTELLUNG VON WOLFRAMPRODUKTEN AUS PRIMÄRROHSTOFFEN

Wie oben aufgeführt, sind die Wolframgehalte in den Erzen sehr gering, was eine wirtschaftliche Verarbeitung schwierig macht. Daher werden die Erze in der Regel aufgearbeitet, so dass Erzkonzentrate mit einem Gehalt von

30 – 75% $WO_3$ entstehen. Hier finden hauptsächlich drei Verfahren Anwendung [(2)]:

- Die Schwerkraftabscheidung: Im Vergleich mit anderen Aufbereitungstechnologien hat die Schwerkraftabscheidung mehrere Vorteile, wie z. B. eine hohe Trennleistung, niedrige Investions- und Betriebskosten, dass keine zusätzlichen chemische Reagenzien erforderlich sind und keine potenzielle Umweltverschmutzung entsteht. Aber die konventionelle Schwerkraftabscheidung ist für die feinen und ultrafeinen Erzfraktionen, welche bei der Zerkleinerung der Ausgangmaterialien entstehen, ineffizient.

- Bei der Wolframitaufbereitung wird die Magnetabscheidung in der Regel in einem hochintensiven Magnetabscheidungssystem für eine ideale Wolframitgewinnung betrieben. Bei der konventionellen magnetischen Magnetabscheidung spielt, wie bei der Schwerkraftabscheidung, die Größe der Wolframitpartikel eine wichtige Rolle. Bei einer Verringerung der Partikelgröße nehmen die auf diese wirkenden magnetischen Kräfte schnell ab und können einem hydrodynamischen Widerstand (Speisestrom und Waschwasser) nicht standhalten. Infolgedessen geht die Feinfraktion des Wolframits in den Rückständen verloren.

- Die Flotation ist ein physikalisch-chemisches Trennverfahren für Mineralien, das in der Regel die Oberflächeneigenschaften verschiedener Mineralien zur Trennung von wertvollen Mineralien und unerwünschten Gangmineralien ausnutzt. Bei Scheeliten ist die Flotation derzeit das wichtigste Aufbereitungsverfahren. Auch für Wolframit wurden inzwischen Flotationsverfahren entwickelt, die, insbesondere bei feinen Fraktionen, dieses Verfahren ermöglichen.



Bild 3: Erzaufbereitung (Teilansicht) an der Mine.

Aus den konzentrierten Erzen wird dann entweder mittels Aufschlusses durch Schmelzen mit Soda und nachfolgender Laugung oder durch Drucklaugung mit wässriger Natronlauge eine Natriumwolframatlösung hergestellt, die die Grundlage der weiteren Produktion von Wolframchemikalien, Wolframmetallpulver und Wolframcarbiden ist. Da sich die weiteren Produktionsschritte nicht von denen unterscheiden, die bei der Gewinnung von Wolframprodukten aus Sekundärrohstoffen durchgeführt werden, werden sie im Abschnitt über das Recycling mit aufgeführt.

## ANWENDUNGEN

Wolfram ist ein Metall mit einer Dichte, die mit der von Gold vergleichbar ist (Dichte 19,3 g/cm³). Als Wolframcarbid in Hartmetallen eingesetzt, hat sich früh der Handelsname WIDIA eingepägt: „WIe DIAmant“. Darüber hinaus hat es den höchsten Schmelzpunkt aller Elemente (3422 °C).

Aufgrund dieser einzigartigen Eigenschaften hat Wolfram ein breites Anwendungsspektrum. Bild 4 zeigt die Aufteilung der Erstanwendungen von Wolframprodukten im Jahr 2016 [(7)].

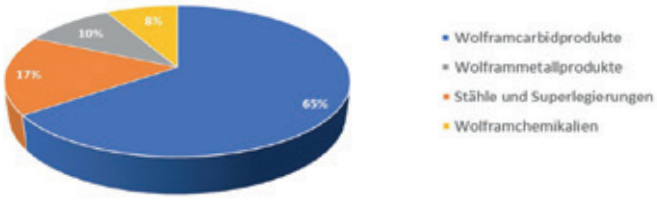



Bild 4: Aufschlüsselung der Erstanwendungen (wie Hartmetallstangen) nach Segmenten global im Jahr 2016 [(7)].

Wolframchemikalien finden vor allem als Katalysatoren Anwendung, sei es beim Hydrocracking, als DeNox- oder Reforming-Katalysatoren. Als Ausgangschemikalie wird zumeist Ammoniummetawolframat (AMW, $(NH_4)_6[H_2W_{12}O_{40}]\cdot xH_2O$) eingesetzt, welches eine sehr hohe Löslichkeit in Wasser aufweist. Weiter finden Wolframchemikalien als Pigmente, als Schmiermitel, als Ausgangsstoff für die Metallisierung von Halbleitern oder als Bestandteil in Photovoltaik-Panel [(8)] Anwendung. In Lithium-Ionen-Akkus können Wolframchemikalien das Leistungsvermögen, die Langlebigkeit durch Erhöhung der Zyklenstabilität und die Sicherheit der Akkus erhöhen.



Bild 5: Wolfram kann die Performance von Akkus verbessern (Bild ist Eigentum der Nyobolt Limited) [9]



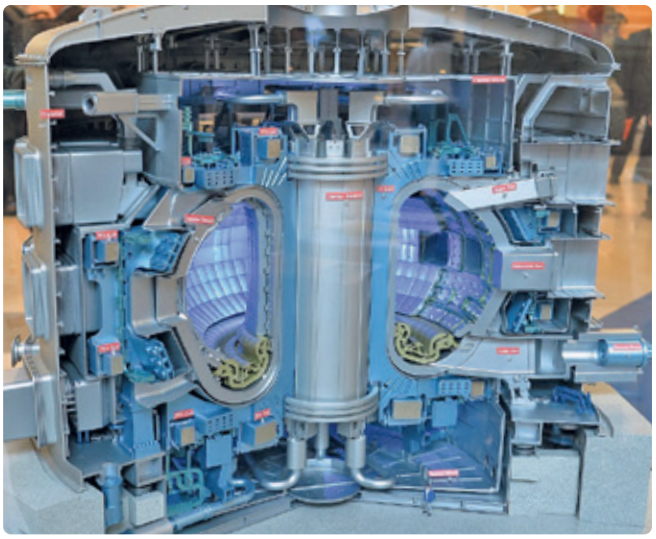

Bild 6: Wolframpulver für die additive Fertigung: starck2print der H.C. Starck Tungsten GmbH

Wolframmetall: Seine hohe Dichte, die mechanischen Dämpfungseigenschaften, das hohe Absorptionsvermögen gegen ionisierende Strahlung und die leichtere mechanische Bearbeitbarkeit werden in Wolfram-Schwermetall-Legierungen ausgenutzt. Verwendung finden diese Legierungen als Massenausgleichsgewichte und Dämpfungselemente im Flugzeugbau, in Motoren und Triebwerken sowie als Schwungmassen und Unwuchtgewichte im Maschinen- und Gerätebau. Sie kommen zudem in der Medizintechnik zur Abschirmung und Fokussierung ionisierender Strahlung in Röntgen- und Messgeräten zur Anwendung.

Ihre hohe thermische Belastbarkeit in Kombination mit einer exzellenten Wärme- und guten elektrischen Leitfähigkeit prädestinieren Wolfram-Kupfer-Werkstoffe für Anwendungen in elektrischen Hochleistungsschaltkontakten, als Wärmesenken in der Elektronikindustrie oder zum Einsatz als Erodierelektroden. Darüber hinaus kommt reines Wolframmetall auch in der Beschichtungsindustrie als Tiegelwerkstoff oder als Sputtertarget sowie im Hochtemperaturofenbau in Form von Heizeinrichtungen und Wärmeabschirmungen zum Einsatz. Für die additive Fertigung (pulverbasierte Laserstrahlschmelzverfahren und Elektronenschmelzverfahren) wurden spezielle Wolframpulver entwickelt.

Eine große Rolle könnte Wolfram, aufgrund seines hohen Schmelzpunktes, bei der zukünftigen Energieversorgung spielen: Das Forschungszentrum Jülich berichtet 2022 vom Einsatz von Wolfram als Wandmaterial in seinem Fusionsreaktor JET (Joint European Torus). Solche Wände sind auch für den Reaktor ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) geplant. Bild 7 zeigt ein plastisches Modell des Kernstücks der Anlage. In ITER werden die wassergekühlten Oberflächen aus Wolfram werden einem Wärmestrom von 1 bis 2 kW/cm² ausgesetzt sein.

Bild 7: Plastisches Modell des Kernstücks des ITER mit wassergekühlten Oberflächen aus Wolfram [10].



Mit ca. zwei Dritteln machen die Produkte aus Wolframcarbid (Wolframcarbid und Wolframschmelzcarbid, einer Mischung aus WC und $W_2C$) heute den weitaus größten Anteil unter allen Produkten auf Wolfram-Basis aus. Das

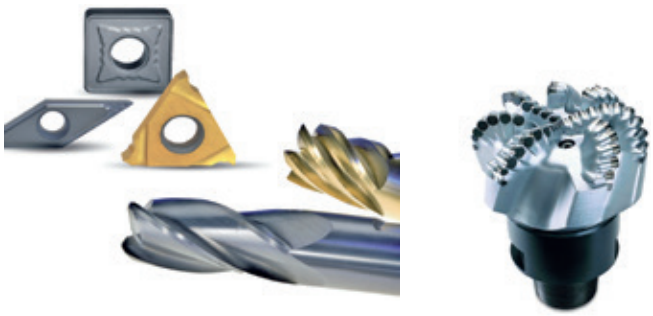
Wolframcarbid wird dabei hauptsächlich in Hartmetallen der Typen WC-Co, WC-(Ti,Ta,Nb)C-Co oder den sogenannten Cermets eingesetzt [(11)].

Die Entwicklung von WC-Co-Hartmetallen geht auf die frühen 1920er Jahre zurück, als die ersten Patente auf Hartmetalle veröffentlicht wurden. Die Eigenschaften der Hartmetalle ergeben sich aus der Kombination sehr unterschiedlicher Bestandteile, z. B. weiche und duktile Bindemitel auf Co-Basis mit harten und verschleißfesten WC- oder kubischen Karbiden. Durch die Auswahl geeigneter Rohstoffe, der Zusammensetzung und geeigneter Verarbeitungsparameter lässt sich ein breites Spektrum mechanischer Eigenschaften erzielen. Insbesondere ihre einzigartige Kombination aus Härte und Zähigkeit macht sie für viele industrielle Anwendungen attraktiv. In WC-Co-Hartmetallen ist der zähe Binder mit einem Massenanteil von 3 - 24 % in der Regel der kleinste Bestandteil. Aus der Wechselwirkung zwischen dem Binder und dem Hartmetall ergibt sich das Gefüge, das für die Bauteileigenschaften entscheidend ist.

Durch die Verringerung der Carbidpartikelgröße kann eine erhebliche Verbesserung der Kombination aus Verschleißfestigkeit/Härte und Festigkeit erreicht werden. Dies ist von besonderem Interesse für Wendeschneidplatten mit scharfen Kanten (für Fräsanwendungen), Bohrer (Luft- und Raumfahrtindustrie) oder Mikrobohrer (Elektronikindustrie für die Bearbeitung von Verbundwerkstoffen, z. B. zum Bohren von Löchern in Leiterplatten), bei denen eine hohe Präzision und Maßkontrolle erforderlich ist. Die Hauptgruppe der Hartmetalle, die für die Bearbeitung von kurzspanenden Eisenwerkstoffen verwendet werden, sind reine WC-Co-Hartmetalle mit einem Co-Massenanteil von 3 - 11%. Die Partikelgröße der WC-Phase beträgt 0,5 bis 5 µm, wobei Werkstoffe mit einer WC-Korngröße von < 1 µm hauptsächlich für die Feinbearbeitung oder Holzbearbeitung verwendet werden. Ein großer Teil der WC-Co-Hartmetalle mit einer WC-Korngröße von bis zu 5 µm wird für nicht-zerspanende Anwendungen eingesetzt, bei denen die Lebensdauer des Bauteils von seiner Verschleißfestigkeit abhängt. Typische Beispiele sind Bauteile wie Walzen, Schmiedegesenke (z.B. für Dosenwerkzeuge) oder aus dem Automobil- oder Agrarbereich (wie z.B. Pflugscharen) [(11)].

Trotz der Energiewende und des wachsenden Anteils erneuerbarer Energien basiert immer noch ein erheblicher Teil der weltweiten Energieerzeugung auf fossilen Brennstoffen. Die zunehmende Verknappung fossiler Brennstoffe erfordert sowohl neue Technologien als auch neue Werkstoffe, um die bereits erschlossenen Erdöl- und Erdgasvorkommen effektiver nutzen zu können. Eine Entwicklung sind Bohrkronen aus infiltrierten, so genannten Matrixpulvern. Diese halten den Verschleißbeanspruchungen stand, welche beim Arbeiten in Gesteinsschichten unterschiedlicher Härte im Zusammenspiel mit der Bohrspülung auftreten. Hauptbestandteil vieler Matrixpulver ist Wolframschmelzcarbid (WSC). Ein charakteristisches Merkmal ist seine lamellare Struktur aus WC und $W_2C$ ("Federstruktur"). Beim Vergleich von WSC mit WC ist diese Struktur der Grund für die deutlich erhöhte Verschleiß- und Abriebfestigkeit von WSC [(11)].

Bild 8: Wolframcarbide: typische Einsatzbereiche von Wolframcarbid (links) und Wolframschmelzcarbid (rechts, Rechte: Halliburton)



## RECYCLING

Nach den von der ITIA im Jahr 2018 veröffentlichten Zahlen liegt das Verhältnis von Primär- zu Sekundärrohstoffen weltweit bei etwa 65 zu 35 % (ca. 30% End-of-Life Schrotte und ca. 5% Schrotte aus der Produktion) [(7)].

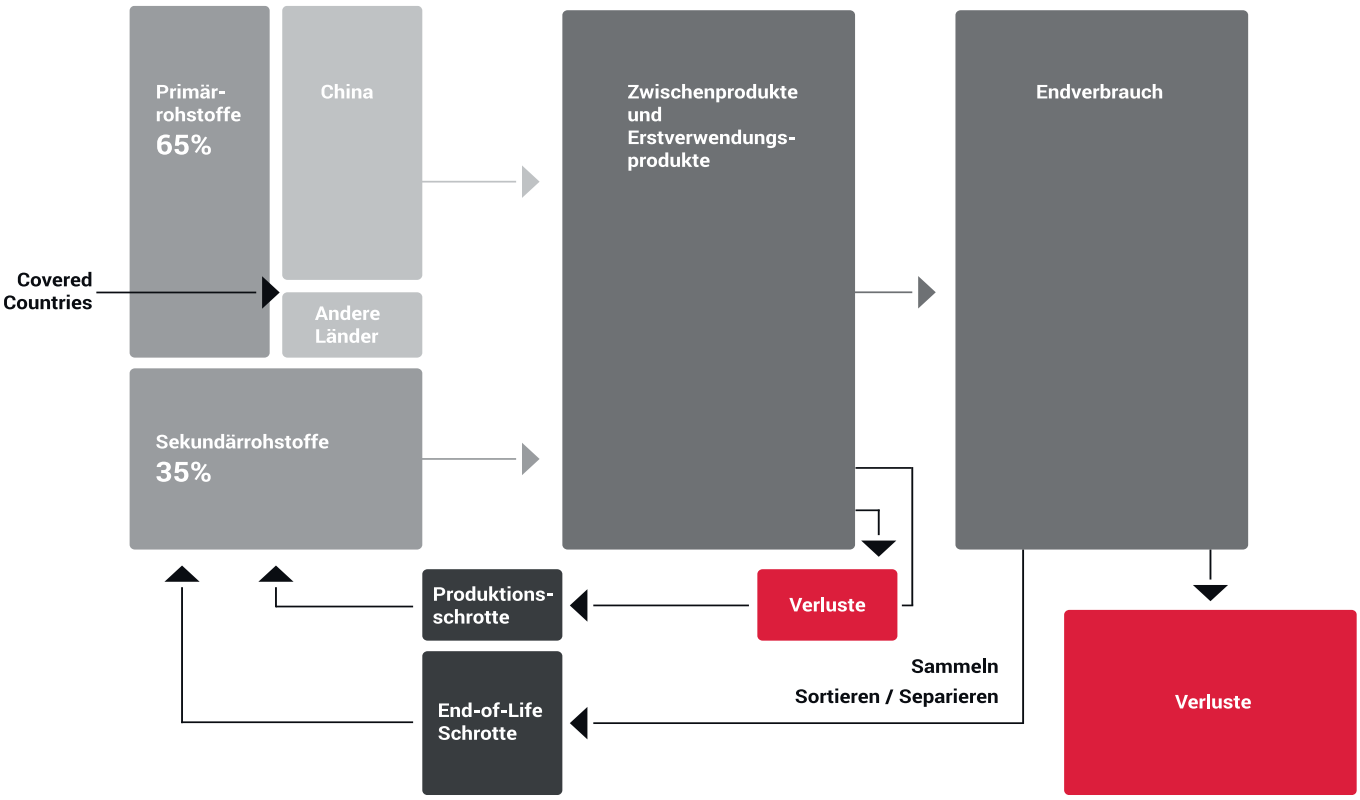



Bild 9: Der Wertstromfluss von Wolfram[7, 12].

Global gesehen spielt dabei in Ländern und Regionen wie den USA oder der EU das Recycling schon aufgrund der oben aufgeführten ungleichmäßigen Verteilung der Primärrohstoffe eine größere Rolle: hier liegt der Anteil der Sekundärrohstoffe nicht selten bei ca. 50%. Die H.C. Starck Tungsten GmbH in Goslar begann mit dem Recycling von Wolframschrotten bereits in den 1930er Jahren. Inzwischen machen sie im Rohstoffmix ca. 80% der eingesetzten Rohstoffe aus. Die restlichen 20% werden in Form von Intermediates, hauptsächlich Ammoniumparawolframat, dem Prozess zugeführt. Bild 10 zeigt eine Auswahl typischer Schrotte.

Bild 10: Typische wolframhaltige Schrotte: Bohrer, Wendeschneidplatten, Walzringe, Späne, Bohrköpfe und Schleifrückstände.



In der Vergangenheit wurde eine Vielzahl von Wolfram-Recyclingtechnologien entwickelt, die heute weltweit für das industrielle Recycling eingesetzt werden, darunter das direkte Recycling, das chemische (indirekte) Recycling und die Schmelzmetallurgie [13].

Direktes Recycling: Das bekannteste Verfahren ist das Zinkverfahren, bei dem geschmolzenes Zink mit sortiertem und gemahlenem Hartmetallschrott eingesetzt wird. In einem Hochtemperaturprozess reagiert der Schrott zunächst mit dem Zink, welches dann im weiteren Verlauf abdestilliert wird. Nachdem das Produkt erneut gemahlen und gesiebt wurde, erhält man ein "pressfertiges" Pulver, das in seiner Zusammensetzung dem Ausgangsmaterial entspricht.

In der Schmelzmetallurgie wird der Schrott direkt dem Schmelzprozess zugeführt, z. B. bei der Herstellung von Stählen oder Superlegierungen. Je nach Endprodukt werden geringe (Stähle) bis hohe (Superlegierungen) Anforderungen an die Art und Reinheit des Schrotts gestellt.
Chemisches Recycling: Um aus Wolframschrott neues hochreines Pulver herzustellen, wird chemisches Recycling eingesetzt, welches in Bild 11 schematisch dargestellt ist.




Bild 11: Schematische Darstellung der Produktion von Wolframchemikalien, -metallen und -carbiden. Nach der Überführung der Primär- bzw. Sekundärrohstoffe zum Wolframat verlaufen die weiteren Prozessschritte identisch. Hierdurch ist gewährleistet, dass man in den Produkten keinen, vom Rohstoff abhängigen, Qualitätsunterschied in den Produkten feststellen kann.

Durch Schmelzen einer Schrott- / Natriumsalz-Mischung und Auslaugung der abgekühlten Schmelze wird zunächst eine Natriumwolframatlösung gewonnen.



Bild 12: Abguss der Wolframatschmelze

Ab diesem Schritt ist die weitere Produktion von Wolframchemikalien, -metallpulvern und -carbiden sowohl bei der Herstellung aus Primär- als auch aus Sekundärrohstoffen identisch. Die Natriumwolframatlösung wird durch Ausfällung von löslichen Verunreinigungen gereinigt, Feststoffe werden durch Filtration abgeschieden. Danach wird das Wolframat aus dem Natriumsystem in ein Ammoniumsystem überführt und als Ammoniumparawolframat auskristallisiert. Dieses Salz bildet den Ausgangsstoff für verschiedene Wolframchemikalien, wie Ammoniummetawolframat oder Wolframsäure. Zur Herstellung von Wolframmetallen oder -carbiden wird das Wolframat zu Wolframoxiden kalziniert und anschließend unter Wasserstoff zum Metall reduziert. In einem abschließenden Schritt kann dies nun mit Kohlenstoff versetzt und dann bei Temperaturen von in der Regel >1500°C zum Carbid umgesetzt werden.

## DER CO2-FUSSABDRUCK

Abschließend soll noch kurz auf ein Thema eigegangen werden, welches zunehmend an Bedeutung gewinnt: der CO2-Fußabdruck. Furberg et al. [14] haben die Herstellung von Hartmetallen - außerhalb China - aus Primär- und aus Sekundärrohstoffen eingehend untersucht. Die in Abbildung 13 aufgeführten Schritte Mining, Hydrometallurgie und Pyrometallurgie wurden in diesem Artikel ausführlich beschrieben. Die Pulvermetallurgie umfasst die Herstellung von Hartmetallen aus Wolframcarbid und Cobalt. Vergleicht man nun das Zero Recycling-Szenario (zweite Säule) mit dem des vollständigen Recycling-Szenarios, erkennt man sehr schnell, dass durch das Recycling der Fußabdruck nahezu halbiert werden kann. Neben der Minimierung der Risiken in der Rohstoffversorgung ist dies ein weiteres starkes Argument zur Ausweitung des Recyclings bei der Herstellung von Wolframprodukten.

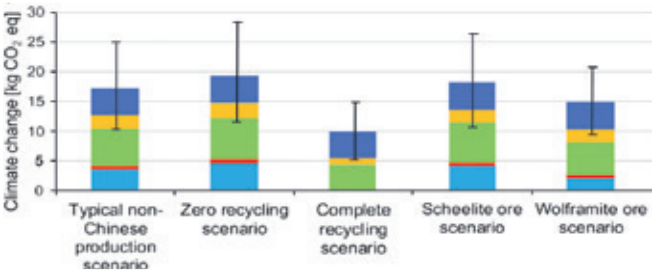



Bild 13: Vergleich der CO2 eq Emissionen bei der Herstellung von Hartmetallen. Berücksichtigt man nur die Schritte bis zum Ende der Carbidherstellung, können die Emissionen nahezu halbiert werden, wenn man ausschließlich Sekundärrohstoffe einsetzt [14].

## Quellen

(1) Wikipedia, unter: https://de.wikipedia.org/wiki/Wolfram (2) Han, Z.; Golev, A.; Edraki, M.: A Review of Tungsten Resources and Potential Extraction from Mine Waste. Minerals 2021, 11, 701. (3) US Geological Survey, Minerals Commodi es Summary, Tungsten, January 2023, unter: https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-tungsten.pdf (4) Cri cal Raw Materials Resilience: Char ng a Path towards greater Security and Sustainability", unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0474 (5) Ferro, P; Bonollo, F.: Design for Recycling in a Cri cal Raw materials Perspec ve. Recycling 2019, 4(4), 44; https://doi.org/10.3390/recycling4040044 (6) Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protec on Act, unter: https://www.govinfo.gov/content/pkg/COMPS-9515/pdf/COMPS-9515.pdf (7) Zeiler, B.; Schubert, W.-D.: Recycling of Tungsten; Current share, economic limita ons and future poten al, ITIA Newsleter 05/2018, https://www.i a.info/news-2- tle.html (8) Chris an, J.; Singh Gaur, R.P.; Wolfe, T.; Trasorras, J.R.L.: Tungsten Chemicals and their Applica ons, ITIA Newsleter 06/2011, https://www.i a.info/news-2- tle.html (9) Nyobolt Presseerklärung, unter: https://nyobolt.com/ev-holy-grail-unlocked-with-launch-of-six-minute-charge-car/ (10) Wikipedia, unter: https://de.wikipedia.org/wiki/ITER (11) Pötgen, R.; Jüstel, T.; Strassert, C. A.: Applied Inorganic Chemitstry Volume 3 From Magne c to Bioac ve Materials, Berlin, Boston: De Gruyter, 2023. https://doi.org/10.1515/9783110733471 (12) US Geological Survey, Minerals Commodi es Summary: Tungsten, January2021, unter: https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021-tungsten.pdf (13) Schubert, W.-D.; Zeiler, B.: Recycling of tungsten; The technology -history, state of the art and peculiari es, ITIA Newsleter 08/2019, https://www.i a.info/news-2- tle.html (14) Furberg, A.; Arvidsson, R.; Molander, S.: Journal of Cleaner Produc on 2019, 209, 1126-1138, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.272

# DAS NETZWERK FÜR SONDERMETALLE



## DEUTSCHE ROHSTOFFAGENTUR

Die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) ist das rohstoffwirtschaftliche Kompetenzzentrum und die zentrale Informations- und Beratungsplattform zu mineralischen und Energierohstoffen für die deutsche Wirtschaft. Die DERA ist Bestandteil der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), die wiederum eine technisch-wissenschaftliche Oberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) ist. Die DERA analysiert und bewertet die internationalen Rohstoffmärkte und zeigt u.a. Preis- und Lieferrisiken auf. Auf der Website **www.deutsche-rohstoffagentur.de** finden sich unter anderem umfangreiche Studien über Sondermetalle.

## VERBAND DEUTSCHER METALLHÄNDLER UND RECYCLER E.V.

Der VDM ist ein 1908 gegründeter Fachverband der Metallwirtschaft mit Standorten in Berlin, Brüssel und Wien. In ihm sind unter anderem die Händler von Sondermetallen und Ferrolegierungen in einer eigenen Gruppe vertreten. Der VDM repräsentiert den gesamten Metallkreislauf, von der Produktion über den Handel bis zum Recycling. Der VDM informiert seine Mitglieder über fachliche Themen, setzt sich für die Interessen der Branche bei der Politik ein und ist das größte Netzwerk des Metallhandels in Europa. Die VDM METALLAKADEMIE mit ihrem fachspezifischen Ausbildungsangebot ist ein wichtiger Bestandteil des Verbandes. Auf der Website **www.vdm.berlin** sind u.a. zahlreiche VDM-Magazine und Positionspapiere zu unterschiedlichsten Themen rund um die Metallwirtschaft abrufbar.

## MINOR METALS TRADE ASSOCIATION (MMTA)

Sondermetalle werden international Minor Metals genannt. Die Minor Metals Trade Association (MMTA) ist eine gemeinnützige Organisation, die die Interessen ihrer internationalen Mitglieder vertritt. Aber auch Verbände - wie beispielsweise der VDM - sind Mitglied der MMTA. Von den ursprünglich nur 19 Gründungsmitgliedern, die meist aus Großbritannien stammten, entwickelte sich die MMTA zu einem weltweit agierendem Fachverband. In ihr sind heute Unternehmen aus der ganzen Welt vertreten, die sich mit allen Aspekten der Sondermetalle befassen. Kontakt:: **www.mmta.co.uk**



**Beraten.**
**Kaufen.**
**Verkaufen.**
**Entsorgen.**

STACHOW METALL

GMH Stachow-Metall GmbH · Goslar - Germany
+49 (0) 5321 39594-0 · **www.stachow-metall.de**