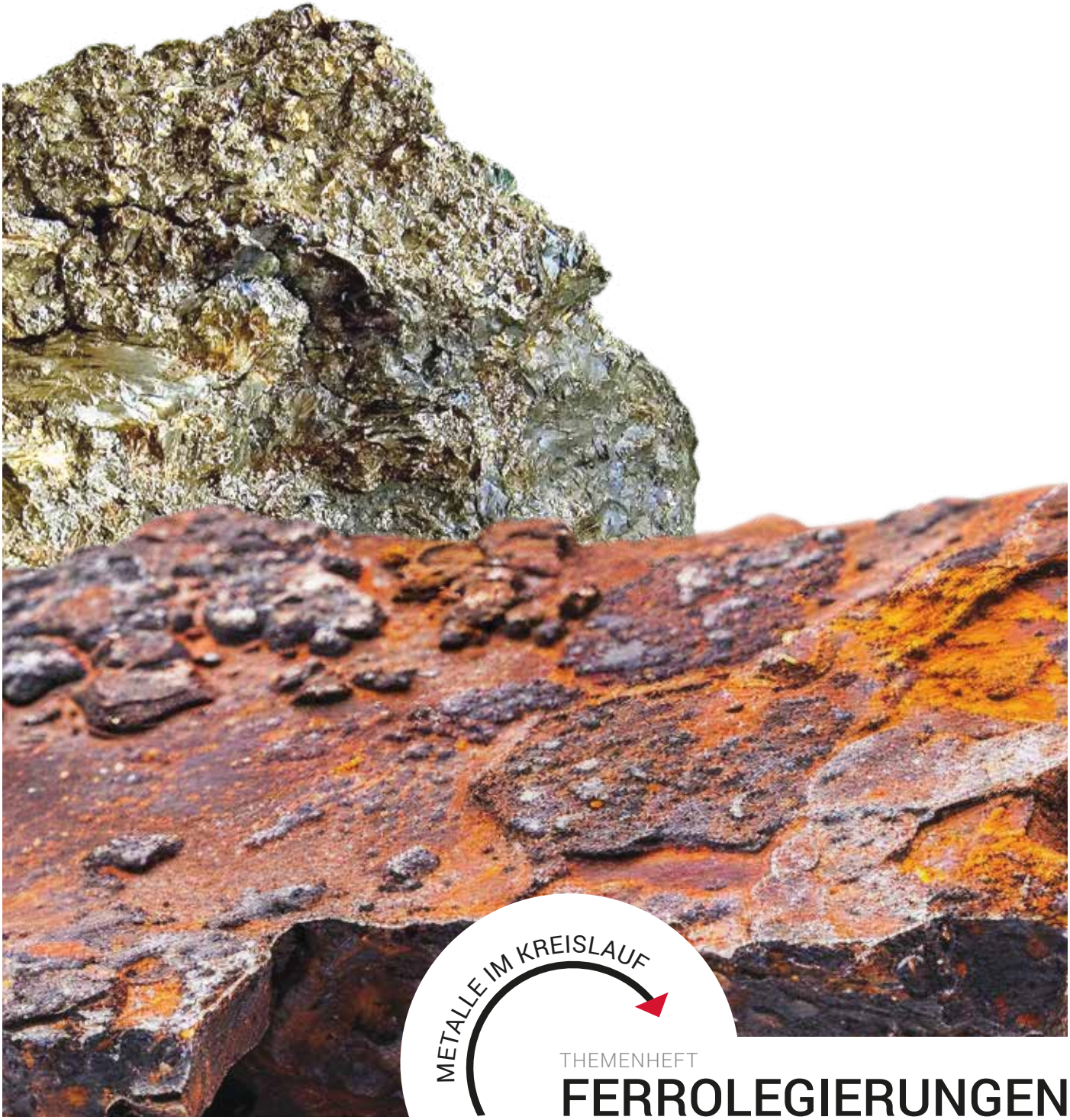
Nr. 712 | Verband Deutscher Metallhändler und Recycler e.V.

Verband Deutscher Metallhändler und Recycler e.V.

VDM MAGAZIN

Handel | Recycling | Produktion



METALLE IM KREISLAUF

THEMENHEFT

FERROLEGIERUNGEN

INHALT

THEMENHEFT FERROLEGIERUNGEN

03 **Themenheft Ferrolegierungen - die unbekannten Spezialitäten**
von Ralf Schmitz, Hauptgeschäftsführer Verband Deutscher Metallhändler und Recycler e.V.

04 **Ferrolegierungen: Preis- und Lieferrisiken im Fokus**
von Dennis Bastian und Dr. Inga Osbahr, Deutsche Rohstoffagentur (DERA)

08 **Die Welt der Ferrolegierungen**
von Michael Ihlenfeld, Hempel Gruppe

18 **Nobellegierungen – das Salz in der (Stahl)Suppe**
von Robert Gassmann, Grondmet GmbH

22 **(Vielleicht) ist es alles Chrom was glänzt**
von Maarten Gassmann, Grondmet GmbH

24 **Ferrosilizium und Ferromangan**
von Daniel Pietsch, MFG Metall- und Ferrolegierungsgesellschaft

31 **Brikettieren – der Evergreen unter den Recyclingtechnologien**
von Guido Horn, SR-SCHOLZ ROHSTOFFE

34 **Recyclingprodukt „Reinmetalle“ als Alternative zu Primärlegierungen**
von Henri Döhmen, TSR Stainless GmbH

VDM Magazin Nr. 712 – September 2024

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 (Leitung), 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 26706593 und 863135367), Seite 3 (VDM), Seite 4 (AdobeStock) Seiten 6,7 (DERA), Seite 8,9 (AdobeStock 408847328), Seite 10 (AdobeStock 858026215), Seite 11 (AdobeStock 141752877), Seiten 12, 13 (AdobeStock 430692253), Seite 14 (VDM), Seite 17 (AdobeStock 680708026); Seiten 18,19 (AdobeStock 755902881), Seite 20 (VDM), Seite 22 (AdobeStock 442142046), Seite 23 (Allgemeinfrei), Seiten 24 bis 30 (MFG), Seiten 31 bis 33 (SR Scholz), Seite 35 bis 39 (TSR Stainless)

FERROLEGIERUNGEN

DIE UNBEKANNTEN SPEZIALITÄTEN

VON RALF SCHMITZ



Die Welt der Metalle ist breit gefächert. Jeder kennt die Industriemetalle Aluminium, Blei, Kupfer, Nickel, Zink und Zinn. Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Sondermetallen, die auch Minor Metals genannt werden. Alle Metalle haben ihre wichtige Funktion in unserer komplexen Welt.

In den VDM-Magazinen 705 bis 711 haben wir diese Metalle und deren Anwendungsbereiche ausführlich vorgestellt – alle Hefte finden Sie im Netz unter www.vdm.berlin oder sind als gedruckte Version in der VDM-Geschäftsstelle abrufbar.

Heute beenden wir unsere Reihe mit einer ganz besonderen Spezialität, den Ferrolegierungen. Schaut man in Wikipedia, so findet man folgende Definition: Als Ferrolegierung werden mehrere Legierungen des Eisens (lat. ferrum) bezeichnet. Sie enthalten zumeist einen hohen Anteil des jeweiligen Legierungspartners und werden als Vorlegierungen für die Stahlerzeugung verwendet.

Wer aber sind diese „Legierungspartner“ für das Eisen? Beispielhaft seien hier Ferrosilicium (FeSi), Ferromangan (FeMn), Ferromolybdän (FeMo), Ferrochrom (FeCr), Ferrosilizium-Magnesium (FeSiMg), Ferrotitan (FeTi), Ferrophosphor (FeP), Ferronickel (FeNi), Ferrovanadium (FeV), Ferrowolfram (FeW) und Ferroniob (FeNb) genannt.

In diesem Heft stellen wir Ihnen einige Ferrolegierungen näher vor.

Unsere Autoren beschäftigen sich auch mit der Frage, welche Recyclingmöglichkeiten es in der Welt der Ferrolegierungen gibt – Sie werden überrascht sein.

An dieser Stelle herzlichen Dank an unsere Autoren und Ihnen, liebe Leser, viel Freude bei der Lektüre.

FERROLEGIERUNGEN

PREIS- UND LIEFERRISIKEN IM FOKUS

VON DENNIS BASTIAN UND DR. INGA OSBAHR



Ferrolegierungen, häufig auch als Stahlveredler bezeichnet, werden als Vorlegierung hauptsächlich in der Stahlerzeugung und in der Gussindustrie verwendet. Diese Vorlegierungen enthalten die zur Metallherstellung benötigten Elemente in einer hochprozentigen Mischung mit Eisen, die der Metallschmelze zugesetzt wird, um deren Eigenschaften zu verbessern. Bei typischen Ferrolegierungen handelt es sich zum Beispiel um Ferrochrom, Ferromangan, Ferronickel, Ferromolybdän, Ferrovanadium, Ferrosilizium und einige andere. Sie wirken u. a. desoxidierend, entschwefelnd, sie erhöhen die Korrosionsbeständigkeit und die Festigkeit von Stählen, alles unverzichtbare Eigenschaften in der Stahlerzeugung und der Metallherstellung.

Deutschland nimmt innerhalb Europas eine zentrale Rolle in der Metallproduktion ein. Sowohl bei der Rohstahl- als auch bei der Eisengussproduktion ist die Bundesrepublik innerhalb der EU der größte Produzent. Im Jahr 2023 lag der Anteil Deutschlands an der gesamten EU-Stahlproduktion mit über 35 Mio. t bei rund 28 %. Auf die deutsche Eisengussindustrie entfielen im Jahr 2022 mit über 3 Mio. t knapp 39 % der gesamten EU-Produktion. Diese Zahlen verdeutlichen,

dass für die deutsche Metallindustrie eine verlässliche Versorgung mit Ferrolegierungen zu wettbewerbsfähigen Preisen einen hohen Stellenwert hat.

Vor allem kleine und stark konzentrierte Rohstoffmärkte bergen für den Wirtschaftsstandort Deutschland ein erhöhtes Risiko. Beispielsweise durch Wettbewerbsverzerrungen, Handelskonflikte, Spekulation, politische Maßnahmen oder Naturkatastrophen können potenzielle Beschaffungsrisiken schnell zu realen Preis- und Lieferproblemen werden. Insbesondere die Ereignisse der vergangenen Jahre haben deutlich gemacht, dass Lieferketten aufgrund verschiedener Ereignisse schnell unterbrochen werden können.

Aus diesem Grund untersucht die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) kontinuierlich die globale Angebotskonzentration zahlreicher mineralischer Rohstoffe. Dies erfolgt entlang der wichtigsten Stationen der Wertschöpfungskette, von der Bergwerks- über die Raffinadeproduktion bis zu den darauffolgenden Handelsprodukten. Für die Analyse der globalen Angebotskonzentration wird der Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) als Konzentrationsmaß auf Basis der Produktionsmengen verwendet. Hierbei wird ein Markt mit einem HHI unter 1.500 als niedrig konzentriert bezeichnet, mit einem HHI zwischen 1.500 und 2.500 als mäßig konzentriert und ab einen Indexwert von über 2.500 gilt ein Markt als hoch konzentriert. Das gewichtete Länderrisiko (GLR) wird berechnet, indem Förder-, Produktions- und bei den Handelsprodukten die Nettoexportanteile mit den „Worldwide Governance Indicators“ der Weltbank gewichtet werden. Damit sind nicht nur Aussagen zur globalen Angebotskonzentration möglich, sondern es können auch Aussagen zur Stabilität der Lieferländer getätigt werden. Mit Hilfe der beiden Indikatoren, HHI und GLR, lassen sich die untersuchten Rohstoffe und Handelsprodukte in verschiedene Risikoklassen (RK) einordnen, beginnend mit der Risikoklasse 1 mit einem geringen Risiko bis zur Risikoklasse 3, welche auf ein hohes Preis- und Lieferrisiko schließen lässt.

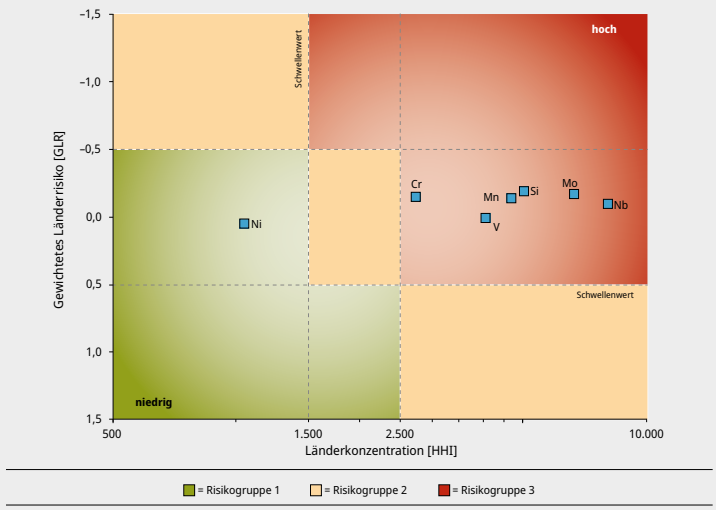
Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden alle zwei Jahre in der DERA-Rohstoffliste präsentiert. In der aktuellsten Ausgabe der DERA-Rohstoffliste aus dem Jahr 2023 wurden 36 Metalle, 27 Industrieminerale sowie 221 Handelsprodukte untersucht. Darunter befinden sich auch eine Vielzahl von Ferrolegierungen, unter anderem Ferrochrom, Ferromangan, Ferrosilizium oder Ferrowolfram. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass für fast alle betrachteten Ferrolegierungen ein hoch konzentrierter Markt und ein mäßiges gewichtetes Länderrisiko vorherrscht.

RAFFINADEPRODUKTION

Bei der Raffinadeproduktion liegen für sieben verschiedene Ferro-Spezifikationen ausreichend Daten vor, sodass eine Auswertung der globalen Angebotskonzentration möglich ist. Hier weißt nur Ferronickel (Ni) ein geringes Preis- und Lieferrisiko auf. Mit einem HHI von 1.061 und einem GLR von 0,09 weist es eine relativ geringe Länderkonzentration auf. Die drei größten Produzentenländer Neukaledonien, Brasilien und Südkorea sind zusammen

für knapp 44 % der globalen Produktion verantwortlich, was eine relativ diversifizierte Lieferkette darstellt. Dadurch haben regionale Ereignisse und damit mögliche Lieferprobleme geringe Auswirkungen auf das globale Angebot.

Alle weiteren betrachteten Ferrolegierungen befinden sich in der Risikoklasse 3, vor allem durch die hohe Länderkonzentration ergeben sich hier hohe Preis- und Lieferrisiken. Die höchste Länderkonzentration weißt Ferroniob (Nb) auf. Hier hat der größte Produzent Brasilien einen Marktanteil von fast 90 %. Bei allen weiteren Ferrolegierungen der RK 3 ist die Volksrepublik China mit Abstand der größte Produzent. Marktanteile deutlich über 50 % sind hier die Regel, nur bei Ferrochrom (Cr) liegt der chinesische Anteil bei 45 %.

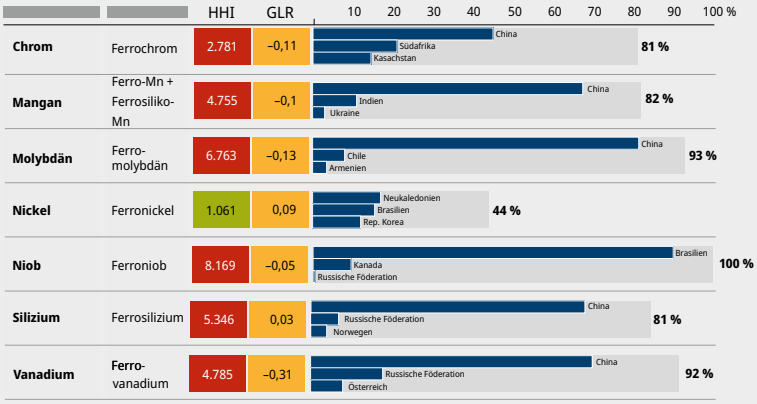


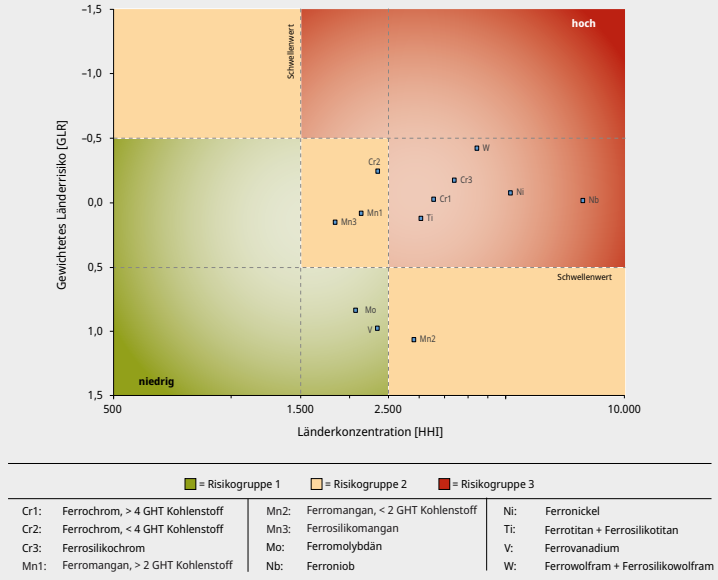
HANDELSPRODUKTE

Bei den betrachteten Handelsprodukten (HS-Codes siehe Abbildung) stellt sich die Situation im Vergleich zur Raffinadeproduktion etwas diversifizierter dar. Die Hälfte aller 12 untersuchten Handelsprodukte befinden sich in der RK 1 und 2. Ferromolybdän und Ferrovanadium liegen aufgrund eines mäßigen HHI und eines geringen Länderrisikos in der Risikoklasse 1. Alle untersuchten Ferromanganprodukte und eine Ferrochromspezifikation befinden sich in der Risikoklasse 2.

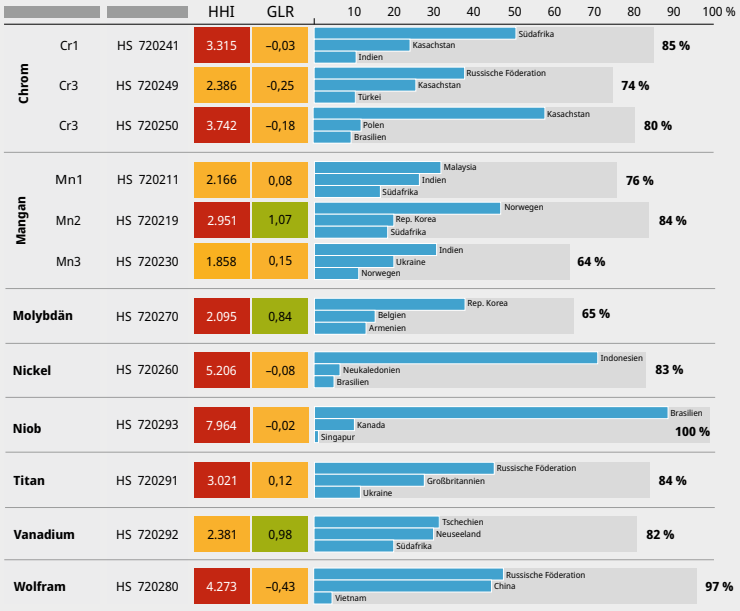
In der höchsten Risikoklasse 3 befinden sich die Stahlveredler Titan, Chrom, Wolfram, Nickel und Niob. Insbesondere die beiden letztgenannten weisen mit einem HHI von über 5.000 und knapp 8.000 eine sehr hohe Länderkonzentration auf. Der Grund für diese hohen HHI-Werte liegt in der Dominanz einzelner Länder. Indonesien, größter Exporteur von Ferronickel, hat mit 71 % einen sehr hohen Anteil am

Abbildungen Raffinadeproduktion: Risikomatrix der Raffinadeproduktion von Ferrolegierungen sowie die drei größten Produzentenländer (Quelle: DERA 2023)





Abbildungen Handelsprodukte: Risikomatrix der Ferrolegierungs-Handelsprodukte sowie die drei größten Exportländer (Quelle: DERA 2023)



globalen Export. Bei Ferroniob ist der Markt noch konzentrierter. Hier hat Brasilien mit einem Marktanteil von etwa 89 % eine absolute marktdominierende Stellung inne.

FAZIT

Die potenziellen Preis- und Lieferrisiken bei Ferrolegierungen erfordern eine vorausschauende und strategische Herangehensweise von Unternehmen und politischen Entscheidungsträgern. Eine Diversifizierung der Lieferketten, der Abschluss langfristiger Lieferverträge und die Erschließung alternativer Lieferquellen können dazu beitragen, um Risiken zu minimieren. Darüber hinaus sollten Unternehmen ihre Lagerbestände strategisch planen, um kurzfristige Engpässe zu überbrücken und ihre Resilienz gegenüber Marktvolatilitäten zu erhöhen.

Die kontinuierliche Beobachtung geopolitischer Entwicklungen ist ebenfalls unerlässlich. Geopolitische Spannungen, Handelskonflikte und spekulative Aktivitäten können jederzeit zu Versorgungsengpässen bzw. Preisschwankungen führen. Daher ist eine frühzeitige Identifizierung potenzieller Risiken und die Entwicklung von Strategien zur Risikominderung von großer Bedeutung.

Literatur

DERA – Deutsche Rohstoffagentur in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2023): DERA-Rohstoffliste 2023. – DERA Rohstoffinformationen 56: 122 S., Berlin

CAEF - The European Foundry Association Commission for Economics & Statistics: The European Foundry Industry 2022 – URL: https://www.caef.eu/download/27927/ [Stand: November 2023]

World Steel Accociation (2024): 2024 World Steel in Figures – URL: https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures-2024/ [Stand: 27.05.2024]

DIE WELT DER FERROLEGIERUNGEN

VON MICHAEL IHLENFELD

WAS SIND FERROLEGIERUNGEN UND WOZU BRAUCHT MAN SIE?

Ferrolegierungen sind Verbindungen eines chemischen Elementes mit dem chemischen Element Eisen (z. B. FeCr, die Kurzbezeichnung Fe steht für den lateinischen Begriff ‚ferrum', übersetzt: Eisen, Cr für ‚cromium').

Hier wirft sich die Frage auf, warum nicht einfach das Legierungselement wie Cr, V, Ti oder Mo der Schmelze zugesetzt wird, um ihr die gewünschten Eigenschaften zu verleihen, sondern der Umweg über die Ferrolegierung gewählt wird. Zwei wesentliche Gründe haben dazu geführt:

1. Die vorgenannten Legierungselemente werden hauptsächlich zur Stahlveredlung (Rostfrei- oder Spezialstahl) verwendet und der Schmelze zugesetzt. Die in den Prozessen der Stahlproduktion gefahrenen Temperaturen sind in aller Regel niedriger als die Schmelztemperaturen der reinen Legierungselemente, sodass diese sich im sog. Bad nicht auflösen könnten. Durch die Kombination der Legierungselemente mit Eisen (Fe) sinkt, gemäß den chemischen Gesetzen, der Schmelzpunkt des Gemisches auf Werte, die einen geringeren Energieeinsatz bedeuten und sich in der traditionellen Stahlproduktion als zweckmäßig herausgebildet haben. Dem Energieeinsatz kommt heute eine Schlüsselrolle zu, sowohl über die Vermeidung von Kosten wie aber auch die Vermeidung von Emissionen – Stichwort: Dekarbonisierung.

2. Die erwähnten Legierungselemente treten in vielerlei Grundformen und Verbindungen auf, die eine Bearbeitung zwingend notwendig machen, um sie in der Stahlproduktion über-



haupt nutzen zu können. So ist Vanadium in der Natur nie elementar (also rein) zu finden, sondern immer nur als Vanadiumerz, das entweder mit Blei (im Fall des marokkanischen Vanadinits) oder Titan (im Fall der Titanomagnetiterze, die vor allem in Südafrika, den GUS-Staaten, den USA und China vorkommen) auftritt. Die Vergesellschaftung des Vanadiums mit den Elementen Blei (Pb) und Titan (Ti) ist aus Sicht der Metallurgie ein Hindernis, die nur am Legierungselement, nicht aber an anderen metallischen Beimischungen interessiert ist, die sich meistens nachteilig auf die gewünschten Stahleigenschaften auswirken. Diese Aussagen gelten für sämtliche anderen Legierungselemente, die für den Metallhandel von Interesse sind.



3. Die unter 2. genannte Bearbeitung würde keinesfalls die Erfüllung aller Wünsche des Stahlproduzenten, also unseres Kunden, bedeuten. Ihm kommt es auch auf die optimale Einsatzfähigkeit an, die nur bei Einhaltung definierter qualitativer physikalischer Größen gewährleistet ist. Die zur Ferrolegierung führenden Komponenten werden deshalb nicht nur chemisch/metallurgisch bearbeitet, sondern auch die Ferrolegierung selbst wird physisch durch Brechen, Sieben, Brikettieren, Verpacken und Einfüllen in Drähte behandelt, um einen möglichst verlustfreien und genau dosierbaren Einsatz zu erreichen. Die am meisten verbreitete physische Erscheinungsweise von Ferrolegierungen ist die in Stücken in der Körnung 5 oder 10-50 mm mit einem Unter- und Überkornanteil von insgesamt < 10%, wobei das Überkorn in seiner Maximalabmessung definiert ist (meist 80 oder 100 mm), um sog. Stopper in der automatischen Zuführung (Rohrleitung vom



Legierungssilo zum Ofen) zu verhindern. Kleinere Körnungen, z.B. 5-30 mm, werden auch verlangt, sie mischen sich aufgrund der kleineren Korngröße schneller in der Schmelze, haben aber aufgrund ihrer geringeren Masse den Nachteil, die auf der Schmelze schwimmende Schlackeschicht schlechter zu durchdringen. Letzten Endes hat jedes Stahlwerk seine eigene Physik, die sich in den Stückigkeitsvorschriften äußert. Verpackt werden diese Ferrolegierungen üblicherweise in 1.000 kg-Big Bags oder (seltener) in Fässern zu je 250 kg, nur in wenigen Ausnahmefällen erfolgt die Lieferung als Schüttgut. Die letztgenannte Option hat aber einen erheblichen rechtlichen Nachteil, denn das Schüttgut erlaubt keine Identifizierung, was die Zuordnung im Reklamationsfall praktisch unmöglich macht.

Eine weitere sehr seltene Verpackungsart ist die in Papiersäcken, die üblicherweise dann ganz der Schmelze hinzugefügt werden, oder aber in Form von Hohldraht (‚cored wire'), der mit der gewünschten Legierung in sehr kleiner Körnung gefüllt wird. Er wird auf Haspeln aufgerollt geliefert und im Stahlwerk von der Haspel direkt in die Schmelze abgerollt. Da die Analyse der im Draht enthaltenen Legierung und auch ihr Gewicht pro Meter Draht bekannt sind, ist die der Schmelze zuzuführende Legierungsmenge durch die Anzahl der Meter Draht definiert.

WIE WIRD EINE FERROLEGIERUNG HERGESTELLT?

Die Methoden sind sehr unterschiedlich, aber letztlich laufen alle darauf hinaus, das interessierende Legierungselement zu konzentrieren und die begleitenden sogenannten Stahlschädlinge zu reduzieren oder sogar zu eliminieren.

Dies kann:

1. z.B. bei Ferro-Vanadium auf kaltem chemischen Weg durch z.B. Auslaugen (Umwandlung von Vanadiumerzen oder –schlacken) geschehen mit anschließender Reduktion bei 950° C unter Zuhilfenahme von Calcium mit nachfolgender elektrischer Raffination. Der erste Schritt, das Auslaugen, kann aber auch durch das Rösten ersetzt

werden. Es ist leicht einsehbar, dass je nach angewandter Technik die Herstellungsanlagen sehr unterschiedlich aussehen können.

2. z.B. bei Ferro-Molybdän, dessen Grundstoff, das Molybdän-Konzentrat (MoS2) durch Röstung, also thermische Behandlung, in Molybdän-Oxyd (MoO3) umgewandelt wird, das dann zur die Herstellung des Ferro-Molybdäns dient. Ohne den Produzenten zu nahe treten zu wollen, handelt es sich um einen sehr einfachen Prozess. Die Kunst besteht darin, trotz der immer variierenden Qualitäten der Einsatzstoffe die Rezeptur so zu gestalten, dass ein marktfähiges Ferro-Molybdän herauskommt, dessen chemische Analyse sich innerhalb der Herstellerspezifikation und/oder der entsprechenden Marktnorm bewegt. Die Zutaten, nämlich Molybdän-Oxyd, Aluminium-Späne, Ferro-Silizium und Eisenschrott, werden in ein Reaktionsgefäß als Mischung gefüllt und gezündet. Zurückbleibt nach Ende der thermischen Reaktion, die in Minutenschnelle stark rauchend verläuft, flüssiges Ferro-Molybdän, das nach Ausschütten in ein Sandbett zum sog. Kuchen erstarrt.

Unabhängig vom gewählten Produktionsprozess ist das Ergebnis ein Material, das noch weiter, und zwar mechanisch, bearbeitet werden muss. In aller Regel ist das Vorprodukt größer als die gewünschte Stückigkeit. Bleiben wir bei unserem Beispiel Ferro-Molybdän-Kuchen, dann misst dieser durchaus 1 - 2 m und muss mit einem aus dem Straßenbau bekannten Rammbagger in für den Brecher geeignete Stücke zerkleinert werden. Im nächsten Schritt wird die Ferrolegierung in einem sog. Backenbrecher auf die gewünschte Stückigkeit (auch genannt Körnung) heruntergebrochen. Durch diesen Vorgang wird lediglich eine maximale Stückgröße erzielt, die noch das schon oben erwähnte nicht erwünschte sogenannte Unterkorn (auch Feinmaterial genannt) enthält, weshalb dessen Absie-



bung folgen muss. Stellen wir uns vor, dass die gewünschte Endkörnung 10-50 mm sein soll, dann produziert der Brecher ein Material der Stückigkeit 0-50 mm, das folglich über ein 5 oder 10 mm-Sieb laufen muss, um das Feinmaterial zu separieren. Das gewonnene 5/10-50 mm-Material wird anschließend in den gewünschten Auslieferungszustand (also z.B. lose, in Fässern, in Big Bags) gebracht und zur Bemusterung bereitgestellt, falls die Bemusterung nicht schon vorher während des Abfüllens durch Proben aus dem Materialstrom stattgefunden hat.

Verblieben ist das Feinmaterial in der Körnung 0-5/10 mm. Je nach Produktionsprozess und - das ist eine sehr wichtige Bedingung – Marktverhältnissen, wird über die weitere Verwendung entschieden. Ist der Marktpreis für Feinmaterial nicht hoch genug, wird sich, falls technisch möglich, die Rückgabe in den Produktionsprozess anbieten. Anderenfalls ist es wirtschaftlich vernünftig, über vielleicht eine weitere Separation der verschiedenen Körnungsanteile durch weitere Absiebungen (z.B. Trennung in 0-1 mm, 1-3 mm, 3-10 mm) nachzudenken, deren weiterer Weg durch die Produktion sich wie oben vollziehen würde. Als weitere Verpackungsarten bieten sich für Feinmaterial Dosen, Beutel und auch der Fülldraht an, auch eine Vermengung mit flüssigem Zement und anschließende Formung in Briketts ist möglich (Einsatz in der Gießereiindustrie). So erlebt auf diese Weise das eigentlich unerwünschte Unterkorn, das im Stahlwerk wegen der Thermik über der Schmelze sofort nach oben in die Abluftfilter getrieben wird (und dort die sog. Filterstäube bildet, die teilweise wieder dem Produktionsprozess zugeführt oder wiederaufgearbeitet werden, aber wegen ihrer schwer beurteilbaren Zusammensetzung teilweise problematisch sind) und deshalb für das Stahlwerk nicht wirklich einen Beitrag zur Kostenentlastung darstellen, seine Wiedergeburt als wertvolles Produkt.

Damit ist das Produkt hergestellt, aber noch nicht auslieferungsfähig. Der Hersteller muss erst feststellen und seinem Kunden gegenüber den Nachweis führen können, dass die Ware dem Kaufvertrag und den in aller Regel zugrundegelegten Marktnormen entspricht. Schon lange vor der vor vielen Jahren eingeführten Zertifizierung war bei etablierten Produzenten eine Endkontrolle der Qualität installiert, die noch heute als Referenz gilt. Die Lieferung wird durch das Werkslabor in aller Regel zu 100 % repräsentativ bemustert (d.h. aus jedem Packstück wird nach internationalen Regeln oder Branchenstandards, z.B. der International Molybdenum Association – IMOA -, ein Muster (auch genannt: Probe) mithilfe einer Normschaufel aus dem Materialstrom während des Ausschüttens entnommen), das Muster wird

1. gemischt, gebrochen und reduziert. Dies ist notwendig, denn die während der Bemusterung einer Menge von 24.000 kg Ferrolegierung gezogene Probe kann durchaus 100 – 300 kg groß sein. Die Stücke







Ferro Molybdän, ca. 65 % MO

werden gemischt und durch einen Laborbrecher gegeben, das entstandene Material wird wiederum gemischt und dann in mehrere kleine Portionen geteilt. Aufgrund der vorangegangenen Homogenisierung durch Mischung, sind die Teilmengen identisch, sodass nur eine von ihnen für die anschließende Laborarbeit verwendet wird. Das nicht benötigte Probematerial geht zurück in die Produktion.

2. im Labor gemahlen zu fast Pulver (analysenfein), bei 105°C getrocknet und in mehrere luftdichte Musterbeutel gefüllt, die anschließend hermetisch und mechanisch sicher verschlossen werden. Die Daten der untersuchten Liefermenge werden auf jeden Musterbeutel aufgetragen, um das Muster zweifelsfrei katalogisieren und der untersuchten Menge zuordnen zu können. Als letzter Schritt bringt das Labor sein Lacksiegel an. Das Ergebnis ist das Siegelmuster, das nur bei unverletztem Siegel als späterer Beweis akzeptiert wird. Übrig bleiben üblicherweise 5 – 8 versiegelte Plastiktüten mit etwa 50 – 200 g analysenfein aufbereitetem Mustermaterial pro Tüte, d.h. jedes dieser 5 – 8 homogenen Muster beschreibt zuverlässig eine beprobte Grundmenge (hier 24 mt). Einige Muster werden nach vorheriger Vereinbarung an den Auftraggeber gegeben, weitere werden vom untersuchenden Labor über 5 – 10 Jahre archiviert, sodass immer wieder Überprüfungen möglich sind.

3. im letzten Schritt analysiert auf die gewünschten Inhaltsstoffe. Während bis vor einigen Jahren das klassische sogenannte nasschemische Verfahren, also Aufschluss durch Säuren, Messung von Ausfällungen, Titration etc., gang und gäbe war, hat inzwischen auch

in diesem Bereich moderne Technik Einzug gehalten. Zwar ist das nasschemische Verfahren das ‚offizielle' und auch bei Schiedsanalysen noch bevorzugte (weil absolute Ergebnisse liefernd), es ist aber recht arbeitsaufwendig und langsam. Zunehmend wird die Röntgenfluoreszenzspektrometrie (auch verkürzt ‚Abfunken' genannt oder RFX oder XRF) eingesetzt, die innerhalb von Minuten eine Vielzahl von Elementen liefert, die aber den Nachteil hat, dass sie nur relative Werte ermittelt, die nur durch präzise und laufende Kalibrierung in absolute Werte ‚übersetzt' werden können). Der Aufschluss des Musters geschieht hier durch Verdampfen der Probe, das durch einen Lichtbogen bewerkstelligt wird, und anschließender Spektralanalyse des emittierten Gases. Das Röntgenfluoreszenzverfahren ist dann angebracht und wertvoll, wenn schnell eine Rohanalyse notwendig ist zur z.B. Sortierung von Schrotten oder innerbetrieblicher Kontrolle von Schmelzergebnissen.

WELCHE HANDELSFORMEN GIBT ES?

Die Handelsformen sind in aller Regel durch die Marktnormen für die chemische und physikalische Spezifikation vorgegeben. Diese Marktnormen decken meist nicht die Verpackungsart ab, die eher Teil einer Vereinbarung zwischen Kunde und Lieferant ist. Zwingend vorgeschrieben ist eine spezifische Verpackungsart bei Gefahrgütern (z.B. explosionsgefährliche Metallpulver in speziellen Flaschen, in denen das Füllgut zusätzlich durch Abdeckung mit inerten (reaktionsträgen) Gasen wie Argon oder Xenon geschützt wird).
Inzwischen haben sich in der Stahlherstellung weitgehend automatisierte Produktionstechniken (z.B. Silobeförderung) durchgesetzt, die eine Standardisierung der physikalischen Parameter (hier vor allem den der Körnung) unumgänglich gemacht haben. Immer höhere Anforderungen an Stahlqualitäten und deren Verlässlichkeit haben auch Normen für die chemische Zusammensetzung für die Ferrolegierungen entstehen lassen. Pionier in dieser Hinsicht war sicherlich das Deutsche Institut für Normung (DIN), das sich seit Jahrzehnten um die Vereinheitlichung industrieller Produkte und Verfahren kümmert. Die aus diesen Bemühungen entstandenen Deutschen Industrienormen (ebenfalls DIN genannt) sind in weitem Maße von anderen Industrienationen (z.B. ISO, ASA) übernommen worden oder haben als Grundlage eigener Standards gedient. Aus dieser DIN ist heute in Folge der europäischen Einigung die EN (Europäische Norm) geworden, beide Begriffe werden parallel gebraucht.

In den letzten Jahren hat sich zunehmend herausgestellt, dass die in den Normen genannten Elemente und Grenzwerte von vielen Verbrauchern nicht mehr als ausreichend angesehen werden. Dies führt zu deutlich höheren Kosten und Risiken, denn ein Ferro-Molybdän, das die in der DIN 17561 aufgelisteten Grenzwerte hervorragend erfüllt, muss nicht unbedingt auch die Kundenforderung nach z.B. B < 0,005% oder Bi < 0,001% erfüllen. Für den Handel macht dies eine sorgfältige Auswahl der Produzenten und mindestens zu Beginn einer Geschäftsbeziehung umfangreiche, deshalb leider auch kostenintensive Kontrollen notwendig, stellt andererseits aber auch eine Chance für den Handel dar, der spezielle Qualitäten auf Kundenwunsch aus seinem Lagerbestand oder aus verschiedenen Quellen zulaufenden Lieferungen selektieren kann.

WELCHES LEGIERUNGSELEMENT FÜR WELCHEN ZWECK?

Grundsätzlich ist es so, dass erst durch Ferrolegierungen Eisen zum Stahl mit definierten, also nicht mehr dem Zufall unterliegenden Eigenschaften wird. Durch Hinzugabe der hier nur beispielhaft genannten Elemente werden folgende Wirkungen erzielt:

Cr: Korrosionsbeständigkeit und allgemeine Erhöhung der Beanspruchbarkeit

Mn: Anteile von 1 – 2% Mn erhöhen Härte und Festigkeit (z.B. Achsen und Federstähle), Stähle mit 2 – 25% Mn sind zäh, schmied- und härtbar und sehr wärmebeständig (Baggerzähne, Schienen, Weichen, Gewindebohrer, Schneidwerkzeuge)

V: Gehalte von max. 0,5% V in Stählen erzeugen eine große Härte, Stoßfestigkeit und Zähigkeit

W: Extreme Härte und Beständigkeit gegen dauerhaft hohe Temperaturen

Mo: Schon geringe Beigaben (1%) erhöhen die Härte sowie die Hitze- und Korrosionsbeständigkeit erheblich, deshalb Einsatz im Flugzeug- und Turbinenbau und in besonders temperaturbeständigen Werkstoffen

Ti: erhöht die Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit, verringert das Gewicht des Stahls (Anwendung in Flugzeug- und Automobilbau)

Inzwischen werden immer mehr Legierungselemente zu bestimmten Stahlqualitäten vereinigt, die für individuelle und eng definierte Anwendungen maßgeschneidert wurden. Auch unter diesem Aspekt ist das schon oben beschriebene Bestreben der Stahlhersteller, auch bislang durch die einschlägigen Marktnormen (DIN/EN) nicht beschriebene Nebenelemente in eigenen Liefervorschriften in ihren Gehalten zu begrenzen, sehr verständlich. Denn auch die Nebenelemente wie Phosphor (P) und Schwefel (S) oder Gase wie Wasserstoff (H) entfalten Wirkungen im Stahl, die aber sehr unerwünscht sind: sie führen zu Entmischung (Seigerung) und Versprödung des Stahls und tragen zur Bildung von Hohlräumen (Lunkern) bei, was bei den hohen Anforderungen an die aus dem Stahl gefertigten Produkte unbedingt vermieden werden muss. Stellen Sie sich nur vor, Sie sitzen in einem landenden Flugzeug und der Stahl des gerade ausfahrenden Fahrwerks ist spröde ...

Die englische Sprache ist da direkter und weniger vornehm: hier werden aus ‚Nebenelementen' schlichtweg ‚impurities – Verunreinigungen'. Dies trifft den Kern der Sache.

FERROLEGIERUNGEN UND UMWELT

Am 01.07.2007 trat die europäische Reach-Verordnung (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) in Kraft, die zu einer Vielzahl von Reglementierungen mit sich gebracht hat, die sog. In-Verkehr-Bringer von Ferrolegierungen beachten müssen unter erheblichem Kosten- und Dokumentationsaufwand. Ich möchte mich nicht mit der Sinnhaftigkeit dieser Verordnung für Ferrolegierungen auseinandersetzen, aber die aus ihr folgenden Restriktionen in der Handhabung auf dem Gebiet der EU sind schwerwiegend. Eine physische Verarbeitung (Brechen, Sieben)

sowie Umverpackung ist nur noch unter hohen Auflagen möglich, die Verwendung ebenfalls. Teilweise wird vom Verordnungsgeber nicht verstanden, dass nur Stäube, nicht aber stückige Ferrolegierungen eingeatmet werden können.

Die nächste Herausforderung nimmt jetzt Gestalt an. Es begann mit dem Emissionshandel und setzt sich nun fort mit der Einführung von CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism), der Importeure von Ferrolegierungen zwingen wird, an der Grenze einen Ausgleich für die im Ausland bei der Produktion entstandenen CO2-Emissionen zu zahlen, die diese an ihre Kunden (also Stahlhersteller) weiterbelasten sollen. Dies soll zu einer wettbewerblichen Selektion führen und den emissionsärmsten Anbieter fördern, öffnet aber aufgrund nicht vorhandener Kontrollmöglichkeiten im Ausland Betrug Tür und Tor. Die ersten Fälle mit Milliardenumfang sind bereits bekanntgeworden mit schweren Folgen für den ehrlichen Wettbewerb.



NOBELLEGIERUNGEN

DAS SALZ IN DER (STAHL)SUPPE

VON ROBERT GASSMANN

Man kann sich die Stahlproduktion vorstellen wie einen Kuchen zu backen oder einen Eintopf zu kochen. Nicht umsonst spricht man ja von den Stahlkochern. Neben den Basisprodukten wie Eisenerz, Mangan und Stahlschrotten, werden bestimmte Elemente im Produktionsprozess hinzugegeben, vergleichbar mit den Gewürzen beim Backen und Kochen, um dem Stahl bestimmte Eigenschaften zu geben. Elemente wie Vanadium, Wolfram, Molybdän und Niob, gehören zu den hochschmelzenden Metallen, diese können in der Reinform nicht einfach in den Prozess eingesetzt werden. So werden diese Elemente in der Form einer Eisenlegierung, sprich eine Ferrolegierung zu gesetzt. Diese bestehen zu gut 60-80% aus dem Hauptelement und zum Rest aus Eisen. Hierdurch verringert sich der Schmelzpunkt und damit die Lösbarkeit im Ofen des Stahlwerkes oder der Gießerei. Auch sind sehr kompakte und harte Metalle wie Vanadium und Wolfram in der Legierung einfacher zu portionieren. Die Herstellung einer Ferrolegierung ist im Vergleich zur Produktion reiner Metalle weniger aufwendig und damit auch kostengünstiger. Diese Liegerungen unterscheiden sich neben ihren Eigenschaften und ihren Einsatzmengen sowie ihren Preisen von den Massenlegierungen wie Ferrosilizium, Ferromangan, Siliziummangan und Ferrchrom und werden deshalb als Nobellegierungen bezeichnet. Auch wenn es sicherlich auch ein guter Grund wäre diese Liegerungen aufgrund ihres Preisniveaus als nobel zu bezeichnen, hat die Bezeichnung einen anderen Hintergrund. Alle diese



Elemente sind hitzebeständig, oxidationsresistent und besitzen einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten, sprich das Element bleibt unter Temperaturveränderungen relativ bis ganz stabil.

Die Anwendungsbereiche dieser Legierungen sind so weit gefächert wie die Eigenschaften der Elemente: Vanadium wird für seine Zähigkeit in Baustählen verwendet, um diese unter anderem bei Erdbeben stabiler zu machen. Molybdän wird unter anderem wegen seiner Eigenschaft, den Stahl säurebeständiger zu machen, in Pipelines eingesetzt: Hier zahlt sich auch die Eigenschaft aus, dass molybdänhaltiger Stahl die Schweißeigenschaften verbessert. Wolfram wird unter anderem im Werkzeugstahl eingesetzt, seine Härte erlaubt einen längeren Einsatz von Schneiden oder Bohrern, die aus diesem Spezialstahl hergestellt werden. Niob ist der Hauptbestandteil von vielen hochfest niedriglegierten Stählen (HSLA). Die Kombination aus hoher Festigkeit und niedrigen Legierungsanteilen, macht diesen ökonomischen Stahl in einer Vielzahl von Anwendungen einsetzbar und ist aus unserer hochtechnologischen Gesellschaft nicht mehr wegzudenken. Autos, Bauwerke, Turbinen und Pipelines, wie wir sie heute kennen und nutzen wären ohne diesen Stahl und den Einsatz von Nobellegierungen nicht denkbar. Wie bei so vielen Rohstoffen ist die Lieferkette von Nobellegierungen komplex. Exemplarisch schauen wir auf Ferrowolfram und Ferrovanadium.





Ferrowolfram

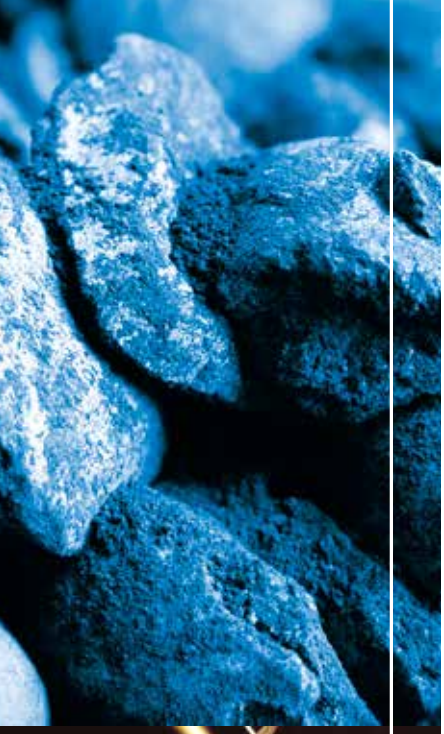
FERROWOLFRAM

Ferrowolfram besteht aus 70-80% Wolfram, der Rest aus einigen wenigen Verunreinigen und Eisen. Hauptproduktionsland der Legierung ist China, welches auch über die größten Lagerstätten des zur Produktion benötigten Erzes verfügt. Der größte Anteil der Produktion wird von wenigen staatlichen Unternehmen geführt. Für China gehört Wolfram zu den strategischen Rohstoffen. Die wenigen Vorkommen außerhalb Chinas, finden sich in Vietnam, Südamerika, dort Bolivien, Peru und Brasilien und Australien. Projekte in Südkorea und Großbritannien sind kostenintensiv in ihrer Entwicklung und dadurch mühsam. Produktionen für Ferrowolfram finden sich neben China noch in Brasilien und Vietnam. Diese sind aber im Vergleich zur chinesischen Produktion weniger effizient und sind abhängig vom Import der Erze.

Ferrowolfram aus Kreislaufmaterial ist in den meisten Fällen von minderwertiger Qualität und kann nicht in allen Bereichen eingesetzt werden. Ein Ersatz für Material aus Erzen kann es nicht sein. Wolfram fällt als sogenanntes Konfliktmineral und die Konfliktrohstoffverordnung. Der Handel bedeutet für den Importeur einen hohen bürokratischen Aufwand. Der Umstand, dass Ferrowolfram unter den Nobellegierungen das Material mit der geringsten Menge darstellt, führt dazu, dass es nur einige wenige Unternehmen gibt, die das Material in die EU einführen. Der komplexe Prozess, der durch die Verordnung von den Importeuren erwartet wird, kann die Industrie langfristig vor eine mögliche Versorgungsunsicherheit stellen. Aufgrund des hohen und kostenintensiven bürokratischen Aufwands stellt sich für viele Marktteilnehmer die wirtschaftliche Frage, ob sich der Handel mit Ferrowolfram weiterhin lohnt. Die große Menge an eingeführten Materialien aus Regionen und aus Schmelzbetrieben, die nicht den rechtlichen Anforderungen entsprechen, machen das Geschäft sicher nicht vorteilhafter. Hier wäre sicher eine sinnvolle und ernsthafte Umsetzung der Verordnung sinnvoll, wenn der Gesetzgeber wirklich daran interessiert ist, durch diese Verordnung Konflikte in Regionen einzudämmen und so etwas wie ethische Grundsätze zu etablieren. Ein Anfang wäre sicherlich die Einführung eines Mechanismus der auch Importeure in die EU ohne Sitz in der EU auf die Verordnung hin überprüft.

FERROVANADIUM

Ferrovanadium ist unter den Nobellegierungen historisch gesehen eines der preisvolatilsten Legierungen. Sicherlich ist ein Grund, dass auch hier China zu den zentralen Produzenten und Verbrauchern gehört. Besonders Anpassungen in der Stahlqualität in China, sprich der Erhöhung des Vanadiumanteils in Stahlsorten, kann zu extremen Marktverwerfungen führen. Für die Produktion für Ferrovanadium werden Vanadiumschlacke aus der Roheisenherstellung genutzt, Vanadiumrückstände in Katalysatoren aus der Ölindustrie. Der Einsatz vom Vanadium aus Primärminen ist eher klein und hat sich oft nicht bezahlt gemacht. Neben China gehört Russland zu den autarken Produzenten. Produktionen in Europa und Südkorea sind vom Zufluss russischem Vormaterial abhängig oder von Lieferungen des V2O5 aus China und Brasilien. Seit einigen Jahren konkurriert die Produzenten für das Ferrovanadium mit den Herstellern von vanadiumhaltigen Batterien. Neben der europäischen Produktion die im Prinzip in seiner Gänze unter der Kontrolle eines russischen Konzerns steht, wird die größte Menge des benötigten Ferrovanadiums durch verschiedene spezialisierte Handelshäuser in die EU importiert. Die erwähnte Preisvolatilität macht Ferrovanadium für viele Handelshäuser zu einer interessanten Handelsware, damit ist eine grundsätzliche Versorgungssicherheit für Deutschland und Europa gegeben.





GRONDMET
since 1964

TRADITION UND KOMPETENZ

Wir sind Grondmet, das unabhängige Handelshaus für Spezial-legierungen aus verschiedenen Regionen der Welt. Seit unserer Gründung 1964 haben wir uns weltweit einen Namen gemacht und unsere Kunden profitieren von unserem ausgezeichneten Netzwerk.

Nobellegierungen

- Ferromolybdän
- Ferroniob
- Ferrotitan
- Ferrovanadium
- Ferrowolfram

Legierungen

- Ferrochrom
- Ferromangan
- Ferrosilizium
- Silizium-Mangan

Metalle

- Chrom & Kobalt
- Mangan & Molybdän
- Niob
- Silizium
- Wolfram

Basismetalle

- Aluminium
- Kupfer
- Nickel
- Nickel-Legierungen





GRONDMET since 1964

GRONDMET GmbH & Co. KG
Luegallee 79
40545 Düsseldorf

Fon +49 211-5 77 25-0
Fax +49 211-5 77 25-55

info@grondmet.de
www.grondmet.com

(VIELLEICHT) IST ES ALLES CHROM WAS GLÄNZT

VON MAARTEN GASSMANN



Ferrochrom Legierungen gehören neben Nickel zu den zentralen Rohstoffen zur Herstellung von Edelstahl und Gussteilen verschiedener Industriezweige, wie Automotive, Energie und Verteidigung. Seine nichtrostenden und hitzebeständigen Eigenschaften machen das Material zu einem unverzichtbaren Produkt für eine hochtechnologische Industrie und Gesellschaft.

Die Eisen Chrom Legierung wird seit dem späten 19. Jahrhundert, seit den Patentierungen des Lichtbogenofens durch Sir Willam Siemens in England und Paul Héroult in Frankreich, produziert und in der Stahl- und Gießereiindustrie eingesetzt. Durch die Militarisierung zum Ersten Weltkrieg und der Entwicklung von Kampfpanzern sowie der Abkehr von gegossenen Kanonen hin zu aus Stahl konstruierten Waffen im frühen 20. Jahrhundert entwickelte sich die Legierung zu einem integralen Bestandteil der Industrieproduktion. Ein wichtiger Faktor ist auch die Massenproduktion von Autos.

Heute ist neben dem Einsatz von Edelstahlschrotten Ferrochrom der wichtigste Lieferant von Chrom in Stahl und Gussteilen. Die Versorgung der Industrie erfolgt zum größten Teil über Handelshäuser und einigen wenigen Produzenten in Europa. Die europäischen Hersteller fokussieren sich auf Spezialqualitäten mit besonders niedrigen Kohlen-

stoffanteilen und geringen Verunreinigungen. Die hohen Produktionskosten für Legierungen führen dazu, dass Produzenten hier vor Ort in Europa Nischenmärkte bedienen in dem mehr Marge erzeugt werden kann und es teilweise noch einen technologischen Vorsprung gibt.

Die Massenproduktionen für Ferrochrom finden sich in Südafrika, Kasachstan, Russland, Türkei, Indien und China. Wobei China im Gegensatz zu den anderen Produktionsländern Chromerze zur Herstellung der Legierung importiert. Der allergrößte Teil der Produktionen ist integral, sprich von der Mine bis hin zum Produkt. In den letzten Jahren haben sich Länder wie Zimbabwe und Sambia zu neuen Produktionsländern entwickelt, dies meist getrieben durch chinesische Investoren, die im Zuge der chinesischen Afrikastrategie, dort in den letzten 15 Jahren wirtschaftliche und politische Netzwerke aufgebaut haben.



Sir Wilhelm Siemens



Paul Heroult

Grundsätzlich ist die Versorgung mit Ferrochrom in Deutschland und Europa sichergestellt. Auch das teil- und zeitweise Wegfallen der Versorgung aus Russland, hat nur in der Anfangsphase des Angriffskrieges gegen die Ukraine einen Einfluss auf die Preisentwicklung und Verfügbarkeit gehabt.

Die Unsicherheiten in der Lieferkette, ob nun durch gestörte Seewege im Nahen Osten, die weltweite Containerverknappung, hohe Zinsen, mögliche Strafzölle und daraus möglicherweise entstehende Handelskonflikte haben natürlich Einfluss auf die Ausrichtung und damit den Risikoappetit der Handelshäuser, die zu den größten Importeuren in Europa von Ferrochrom zählen. Auch eine Regulatorik wie CBAM werden sicherlich nicht von Vorteil sein, wenn es um eine marktgerechte Versorgung der europäischen Abnehmer geht. Hier muss unbedingt eine pragmatische Abwägung zwischen dem Ziel der CO2 Kontrolle und dem Umstand, das Europa ein Importeur dieser wichtigen Legierung ist, gefunden werden. Die wenigen spezialisierten Nischenproduzenten in Europa können kein Hauptargument sein, die Preise für Ferrochrom durch mögliche CO2 Kosten künstlich zu erhöhen. Die europäische Stahl- und Gießereiindustrie muss - auch unter dem Kostendruck der weltweiten Konkurrenz - produzieren können. Der Aufbau von Produktionskapazitäten für den Bedarf an Ferrochrom in der EU wäre eine große Herausforderung, die schon an der Beschaffung von Erzen scheitern kann. Es ist fraglich, ob sich für solche Projekte Investoren finden lassen würden. Es ist hier umso wichtiger, den Importeuren genug wirtschaftliche Argumente zu bieten, damit sich das Geschäft weiterhin bezahlt macht und das Risiko absehbar bleibt.

FERROSILIZIUM UND FERROMANGAN

VON DANIEL PIETSCH

Willkommen in der aufregenden Welt der Ferrolegierungen!

Auf den nächsten Seiten tauchen wir ein in die faszinierende Geschichte von Ferrosilizium (kurz FeSi) und Ferromangan (kurz FeMn), von einigen unter uns auch als „bulk alloys“ oder „Massenlegierungen“ betitelte Helden, die die Industrie im Sturm erobert haben.

Das Wort „Ferrolegierung“ ist eine Kombination aus den lateinischen Worten Ferrum (Eisen) und ligare (zusammenbinden, verbinden, vereinigen). Ferrolegierungen sind also eine simple Verbindung von Eisen als Trägermaterial mit einem oder mehreren Zusatzelementen.

Die ersten Ferrolegierungen wurden schon in der Antike genutzt, um Waffen oder Werkzeuge herzustellen. Es handelte sich hierbei größtenteils um Ferronickel, welches durch Meteoriten auf die Erde kam.

Aber wie entstehen Ferrolegierungen? Die Herstellung ist ein echtes Spektakel – stellen Sie sich einen riesigen Hochofen vor, der so heiß ist, dass selbst die Sonne neidisch wäre. Dort wird Eisenerz zusammen mit anderen Metallen, wie z.B. besagtem Silizium und Mangan, geschmolzen. Mit etwas Koks als Reduktionsmittel wird das Eisen aus dem Eisenerz befreit und mit den anderen Metallen bei einer wilden Legierungsparty verschmolzen.

Abbildung 1. Lichtbogenofen



Abbildung 2. Abguss einer Eisen-Silizium-Legierung



HERSTELLUNG, EINSATZ UND MARKT VON FERROSILIZIUM

Der Prozess kann wie folgt beschrieben werden: Eisenerz (Fe2O3), Quarz (SiO2) und Kohlenstoff (C) in Form von Kohle, Koks oder Biokohlenstoff werden oben in den Ofen gegeben.

Drei Elektroden im Ofen erhitzen das Material. Bei etwa 2000 °C reagiert der Kohlenstoff mit dem im Quarz vorhandenen Sauerstoff, wodurch reines, flüssiges Silizium entsteht. Das Eisenoxid – meist in Form von Eisenerzpellets - reagiert ganz ähnlich mit dem Kohlenstoff und bildet reines Eisen. *(siehe Abbildung 1)*

Geschmolzenes Eisen und Silizium vermischen sich zu FeSi, welches in Pfannen abgestochen wird. *(siehe Abbildung 2)*

Das Metall wird in großen Kokillen abgekühlt und – je nach Nachfrage bzw. Bedarf des Kunden – in Stücke unterschiedlicher Größe zerkleinert. *(siehe Abbildung 3)*

Das Endprodukt, wie es typisch von Stahlwerken in der Körnung 10-50 mm eingesetzt wird, sieht wie silbrig glänzende Steine aus. *(siehe Abbildung 4)*

FeSi gibt es in verschiedenen Qualitäten, die je nach Siliziumgehalt und verschiedenen Nebenelementen variieren.

Abbildung 3. Abguss Kokillen flüssiger Legierungen



Abbildung 4. Ferro-Silizium Stücke für den Einsatz im Stahlwerk oder der Gießerei



Die typischste Qualität ist Si min. 75%, Al max. 1,5%, C max. 0,15%., S max. 0,003% und P max. 0,04%.

Weitere Qualitäten sind z.B. Ferro Silizium low Aluminium (FeSi low Al) mit einem Al-Wert von max. 0,1% und Ferro Silizium high Purity (FeSi HP), wo die Nebenelemente wie Ti, C und Cr unter 0,03% liegen. Die Qualität der Legierung ist entscheidend für ihre Leistung in verschiedenen Anwendungsgebieten und wird durch strenge Qualitätskontrollen während des Herstellungsprozesses sichergestellt.

Die Legierung gibt es in verschiedenen Formen, darunter Pulver, Granulat und stückiges Material in unterschiedlichsten Größen, je nach den Anforderungen des Anwenders. Typische Körnungen sind 0-3 mm, 3-10 mm und 10-50 mm. Die Legierung wird in der Regel lose an Stahlwerke und verpackt in Big Bags á ca. 1 mt geliefert.

Einige Beispiele für den Einsatz von Ferrolegierungen sind:

1. Stahlindustrie: Ferrolegierungen wie Ferrosilizium und Ferromangan werden häufig als Legierungselemente in der Stahlherstellung verwendet. Sie verbessern die mechanischen Eigenschaften des Stahls, wie Härte, Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit.

2. Gießereiindustrie: Ferrolegierungen werden auch in der Gießereiindustrie eingesetzt, um die Schmelztemperatur von Metallen zu senken und die Fließfähigkeit der Schmelze zu verbessern. Dies erleichtert den Gießprozess und führt zu qualitativ hochwertigen Gussprodukten.

3. Recycling: Ferrosilizium wird unter anderem auch dem Wasser in Sinkanlagen beigemischt. Dadurch wird die Dichte des Wassers gezielt so verändert, dass es auch Materialien, die durch reines Wasser nicht getrennt werden können, separieren kann.

In der Regel wird durch Zugabe von FeSi im flüssigen Stahl der gewünschte Si-Wert eingestellt. FeSi ist aber auch pure Energie, bedenkt man den immensen Einsatz an Strom in der Produktion. Man kann hier schon von einer Art Stromspeicher sprechen. Eine Batterie, die am Ende verbraucht wird. Das ist unter anderem dann der Fall, wenn das FeSi zum Heizen oder Warmhalten des flüssigen Stahls im Konverter diverser Stahlwerke genutzt wird.

Vom Prinzip her sind es einfache und „günstige", zur Genüge vorkommende Rohstoffe, die für die Produktion von FeSi benötigt werden. Eisenerz, Quarz und Kohlenstoff.

Trotz der relativ günstigen Rohstoffe ist FeSi nicht unbedingt ein Schnapper. Was es so teuer macht, ist der hohe Stromanteil, der für die Produktion benötigt wird. Je nach Anlage bedarf es um 8.000-9.000 kwh, um 1 mt FeSi zu produzieren. Bei den schwankenden Rohstoffpreisen ist es gar nicht so einfach, eine wirkliche Kalkulation für den Preis zu erstellen. Lagen die Strompreise in 2023 noch um die 160 Euro pro MWh, sind sie Anfang 2024 auf unter 50 Euro pro MWh im Spot-Markt gesunken. Eine kalkulatorische Herausforderung für die Produzenten.

Eine richtige Preisexplosion gab es in den Jahren 2021 und 2022. Noch während Corona in 2020 wurden fast alle Produktionen in allen Branchen runtergefahren; weltweit lief praktisch nichts mehr. Doch Anfang 2021 kam die Kehrtwende. Die Nachfrage an Rohstoffen schoss nach oben, es war kaum Ware zu bekommen, da alle Händler und Produzenten ihre Lagerbestände reduziert hatten. In diesen zwei Jahren hatte sich der Preis für kurze Zeit verfünffacht. *(siehe Abbildung 5)*

Ein gestandener, inzwischen pensionierter Ferrolegierungshändler sagte einst, dass er vor einigen Jahrzehnten FeSi schon mal mit 10.000 DM/mt gehandelt hat, aber davon ausgeht, dass diese Preise nur eine einmalige Aus-

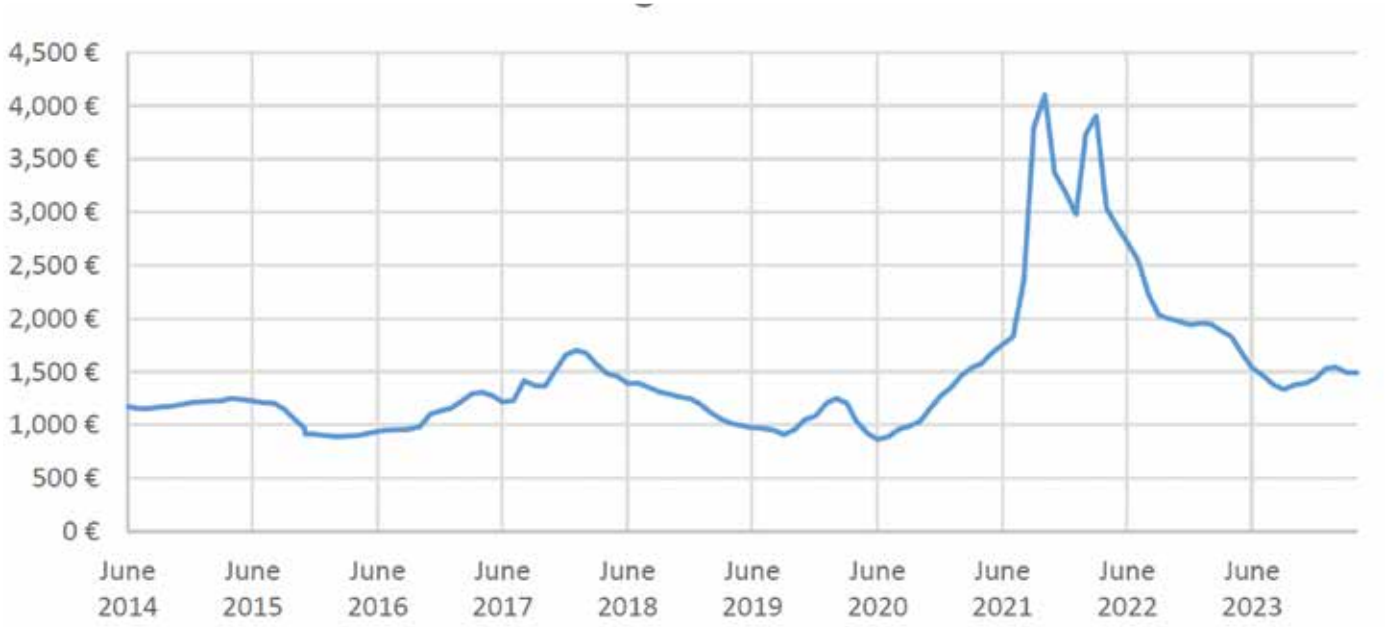


Abbildung 5. FeSi Preisentwicklung über die letzten 10 Jahre

nahme waren. Gut ein halbes Jahrhundert später gab es wieder ähnliche Preisexplosionen und die Verkaufspreise stiegen kurzfristig in Ende 2021 / Anfang 2022 auf über 5.000 Euro/mt. Für diejenigen unter uns, die die Deutsche Mark nicht mehr kennenlernen durften: der amtliche Umtauschkurs beträgt 1 Euro für 1,95583 DM. Es ist davon auszugehen, dass die Preise in Zukunft öfter und kurzfristig stark schwanken werden.

Das jährliche Produktions- und Verbrauchsvolumen von Ferrosilizium wird weltweit aufgeteilt, wobei die Hauptproduzenten in Ländern wie China, Russland, Norwegen, Brasilien und den USA ansässig sind. Die genauen Zahlen variieren von Jahr zu Jahr, aber China ist in der Regel der größte Produzent und Verbraucher von Ferrosilizium.

Der Gesamtbedarf an FeSi liegt in Europa bei ca. 60.000 mt pro Jahr, wobei nur knapp 60% des Bedarfs durch lokale Produzenten gedeckt werden kann. Daher sind wir von Importen aus Übersee abhängig. Mit Ausnahme von einigen Präferenzen liegt der normale Importzoll bei 5,7%. Darüber hinaus gibt es noch einige Antidumpingzölle, beispielsweise für Ware aus China. Die Antidumping Zölle liegen hier je nach Produzenten bei bis zu 31,4%.

Trotz der aktuell günstigen Energiepreise und wenig Bedarf bleiben die Preise für FeSi stabil auf einem Niveau. In Frankreich gab es in den letzten Wochen sogar negative Strompreise. Ja! Wer Strom verbraucht hat, hat zu diesem Zeitpunkt sogar noch Geld dafür bekommen. Unglaublich, aber wahr.



Abbildung 6.
Ferro-Mangan Stücke für den Einsatz im Stahlwerk oder der Gießerei

Die stabilen Preise lassen sich unter anderem damit begründen, dass die Wirtschaft in Asien, Indien und in den USA besser läuft als in Europa. Die USA hat aktuell ein Antidumping-Verfahren auf FeSi gegen Länder wie Russland, Malaysia und Kasachstan eingeleitet. Dadurch steigen die Preise in den USA für FeSi. Dies ist natürlich eine Einladung an die (unter anderem europäisch ansässigen) Produzenten, die nicht von dem Antidumping betroffen sind, ihr FeSi dorthin zu verschiffen. Bedeutet, dass es kein Überangebot in Europa gibt.

Ein weiterer Grund für stabile Preise sind die gestiegenen Logistikkosten speziell für die Container-Verschiffung. Lagen die Preise Anfang 2024 für einen Container aus dem asiatischen Raum bis Europa bei knapp 1000 US-Dollar, zahlen wir im Juni 2024 schon 5000 Dollar. Und die Preise steigen weiter. Spekuliert werden aktuell schon um die 9000 Dollar pro Container. Am Ende zahlt die Zeche dann leider immer der Endverbraucher.

Auch der Carbon Footprint (Gerne auch mal Co2-Steuer genannt) wird einen wei-

teren Einfluss auf den Preis haben. Je niedriger dieser ist, umso weniger Zertifikate müssen gekauft werden.

Hier trennt sich jetzt schon die Spreu vom Weizen. Kommt das Material aus dem asiatischen Raum, entstehen bei der Produktion von FeSi knapp 6 mt Co2 je 1 mt FeSi. Durch grüne Energie wie Windkraft, Solarenergie und Atomstrom liegt der Co2 Anteil in einigen europäischen Ländern unter 3 mt pro produzierter Tonne FeSi. Das ist knapp die Hälfte. Und die Bemühungen gehen dahin, mit der Produktion ins Negative zu gehen, um dann sogar noch Co2-Zertifikate verkaufen zu können.

FERRO MANGAN (FeMn)

Ferro Mangan *(siehe Abbildung 6)* spielt eine ähnlich wichtige Rolle in der Stahl- und Gießereiindustrie wie FeSi. FeMn wird durch die Reduktion von Manganoxid (MnO) und Eisenoxid (Fe2O3) mit Kohlenstoff (C) in einem Hochofen hergestellt. Der Prozess läuft ähnlich ab wie bei der Produktion von FeSi.

Manganoxid, Eisenoxid und Kohlenstoff werden zu einer homogenen Mischung zerkleinert. Die Mischung wird in einem Hochofen auf eine hohe Temperatur erhitzt, um die Reduktionsreaktion zu starten. Bei hohen Temperaturen reagiert der Kohlenstoff mit dem Sauerstoff in den Oxiden, wodurch Kohlenmonoxid entsteht. Das Kohlenmonoxid reduziert dann das Manganoxid und das Eisenoxid zu Ferromangan. Das Ferromangan wird gegossen und abgekühlt, um es in die gewünschte Form zu bringen. Es gibt zwei wesentliche Qualitäten an FeMn. Ferromangan high carbon (FeMn HC) mit einem Kohle-Wert von 6-8% und Ferromangen medium carbon (FeMn MC) mit einem C-Gehalt von weniger als 1,5%.

Ähnlich wie FeSi gibt es FeMn in verschiedenen Formen. Typisch sind auch hier die Körnungen 0-3 mm, 3-10 mm und 10-50 mm. Die Lieferungen erfolgen meist lose oder in 1 mt Big Bags verpackt. Farblich ist FeMn etwas dunkler als FeSi. Bei einigen Stücken entsteht bei der Reduktion von Mn-Erz mit Kohle ein Regenbogenfarben Muster, wie auf Abbildung 5 deutlich zu erkennen.

FeMn wird hauptsächlich in der Stahlproduktion eingesetzt. Durch die Zugabe von FeMn können die mechanischen Eigenschaften des Stahls verbessert werden, wie z.B. Härte, Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit.

Neben den Energiekosten für die Produktion ist der Rohstoff Manganerz ein weiterer Faktor für den Preis von FeMn. Diese Erze werden in Minen auf der ganzen Welt abgebaut. Die größten Produzenten von Mn-Erzen sind Länder wie Südafrika, Australien, China, Brasilien und Gabun.

Ähnlich wie bei FeSi kam es in den Jahren 2021 und 2022 schon mal zu einem extremen Preisanstieg, der damals allerdings des hohen Bedarfes und niedrigen Lagerbestandes in Europa geschuldet war. Das Ganze hatte sich dann in 2023 wieder beruhigt, bis ein tropischer Wirbelsturm im März dieses Jahres einen der größten

Abbildung 7. FeMn Preisentwicklung über die letzten 10 Jahre



Mn-Erz Minenbetriebe der Welt in Australien beschädigte. Innerhalb weniger Wochen hat sich der Preis für Mn-Erze mehr als verdoppelt. Das hatte zur Folge, dass die Preise für FeMn über Wochen um ca. 50% anstiegen *(siehe Abbildung 7)*.

Natürlich haben neben den gestiegenen Mn-Erz-Preisen wie auch bei FeSi die Logistikkosten und die Co2 Steuer einen erheblichen Einfluss auf die FeMn Preise. Wobei der Co2 Footprint beim FeMn nicht ganz so dramatisch ist wie bei FeSi. Im Schnitt entsteht während der Produktion von FeMn in Europa bei 1 mt FeMn ca. 1,3 mt Co2. Schauen wir in Richtung Asien, liegt der Anteil an Co2 schon bei ca. 2,2 mt auf 1 mt FeMn. Und der Preis für die Co2 Zertifikate wird weiter steigen.

Betriebswirtschaftlich ist die Preisentwicklung für FeSi und FeMn momentan nicht plausibel. Sind es sonst Angebot und Nachfrage, die den Marktpreis bestimmen, gibt es heutzutage viel mehr, nicht nachvollziehbare Einflüsse auf den Preis. Einflüsse, die man auch mit jahrzehntelanger Erfahrung nicht mehr vorhersehen kann.

BRIKETTIEREN

DER EVERGREEN UNTER DEN RECYCLINGTECHNOLOGIEN

VON GUIDO HORN

Deutschland ist Rohstoffarm. Millionen von Tonnen an Material werden Jahr für Jahr aus allen Teilen der Welt über die Seehäfen in Norddeutschland, Holland und Belgien importiert und zu den verarbeitenden Werken transportiert. Nicht nur im Bewusstsein der Ressourcenschonung und dem demnächst zu allen Angeboten und Verkäufen anzugebenden Co^2 Fußabdruck ist es ein Gebot der Vernunft und Ökonomie zunächst einmal zu schauen, welche Möglichkeiten sich vor der eigenen Haustüre bieten. **Recycling-Briketts die es in sich haben** scheint eine Allzweckwaffe für viele Anwendungsmöglichkeiten im industriellen- als auch privaten Bereich zu sein, doch dazu später mehr.

Bei sämtlichen Aktivitäten ist darauf zu achten, dass der Anfall von Abfällen möglichst vermieden wird. Gelingt dies nicht, gilt es Abfälle zu verwerten, also ggf.. direkt oder durch einen Zwischenschritt wieder einsatzfähig zu machen oder einer anderen Anwendung zuzuführen. Wenn eine Vermeidung oder Weiterverwendung nicht möglich ist, kommt die Beseitigung als ultima ratio in Frage. Das Abfallrecht mit seinem Kreislaufwirtschaftsgesetz gibt dafür die Rahmenbedingungen vor. Hier kommt häufig die Brikett-Technologie zum Einsatz. Dieses Verfahren ist schon sehr alt, eine der ältesten Brikettierfabriken ist „die Louise“ in Domsdorf, wo bereits 1882 die ersten Briketts industriell produziert wurden. Den Älteren unter uns dürften noch die UNION Kohlebriketts bekannt sein, die in unserer Kindheit die gute Stube wohlig warmhielten und für Gemütlichkeit sorgte, wenn in den 70igern Peter Frankenfeld und Hans-Joachim Kulenkampff über den meist schwarz-weißen Bildschirm tobten. Ab 1904 wurden sie produziert, das Ende der Produktion erfolgte bereits am 31.12.2022 und ist eine Folge des Kohleausstiegsgesetzes.

Das Brikettieren an sich ist damit nicht zu Ende – im Gegenteil. Die Brikettierung in seinen unterschiedlichen Verfahren hat immer zum Ziel durch Agglomeration mit Druck die Aufgabestoffe so hoch zu verdichten das diese anschließend – im optimalen Fall - den Eigenschaften von vergleichbaren Massivmaterial entsprechen. Die Anwendungsgebiete sind umfangreich; Kohle, Holz, Kunststoffe, Metallspäne, Schleif- und Fräsabfälle, Produktionsstäube, Papier, u.s.w, das Vormaterial und Einsatzgebiet sind riesige Geschäftsfelder. Das Abfallaufkommen in Deutschland lag 2021 bei ca. 410 Mio. to von denen rd. 82 % stofflich oder energetisch verwertet werden (Quelle Statistisches Bundesamt). Der Verfasser dieses Artikels schätzt, dass ungefähr 5 % dieser Tonnage, also rd. 20 Mio. to/p.A. aus den Fraktionen Holz, Metall, Kunststoff und Papier in irgendeiner Form grundsätzlich als Brikettiervormaterial in Frage kommt. Je nach Einsatzmaterial wird durch Zugabe von Additiven und Bindemitteln die Haftung und damit



TECBRIQ



Zementgebundene
Kupolofenformlinge



Walzenform

die Festigkeit des Briketts erhöht, in vereinzelten Fällen auch durch die mechanischen Kräfte in Verbindung mit den Bindemitteln ein Sintereffekt erzielt, der dem Brikett beim späteren Einsatz weitere Vorteile verleiht und auch die Warenumschläge beim Lagern und Transport zum Kunden gut und unversehrt übersteht.

Ein gängiges Verfahren für die Anwendung in Eisengießereien ist das pressen sog. „Formlinge". Auf einer Betonpresse werden Ferro Legierungen wie beispielsweise Ferro-Silizium, Ferro-Mangan oder Silicium-Carbid in vom Kunden vorgegebene Formate gepresst, anschließend getrocknet und im Kupolofen wieder eingeschmolzen. Als Bindemittel dient Zement, dessen wesentliche Bestandteile SiO^2, CaO und MgO im Ofen der Auftraggeber außerdem für einen geordneten Schlackenfluss sorgen. Die richtige Wahl der Zementqualität erlaubt es zusätzlich, beispielsweise den Schwefelgehalt im anschließenden Fertigprodukt zu senken. Nicht nur die Rezeptur der Vorstoffe, sondern auch das Bindemittel trägt dazu bei, dass aus dem Ferro-Legierungsbrikett am Ende eine erfolgreiche Rohstoffqualität wird.

Für den Einsatz im Elektroofen und im Stahlwerk eignen sich sog. Eierkohlenbriketts die optisch verwandt sind mit Grillkohlenbriketts. Die allermeisten von uns haben wohl bereits den ein oder anderen 10 kg Sack erworben. Diese Briketts haben gemeinsam, dass beide auf einer sog. Walzenpresse produziert werden. Über eine Materialzustellung im Bereich über der Anlage wird das Vormaterial aufgegeben und mittels Schnecken- oder Schwerkraftzuteiler in den Walzenspalt befördert. Zwei gegenläufig rotierende Walzen verdichten und verpressen gleichzeitig das Aufgabegut. Auf den Walzen befinden sich die Presswerkzeuge die entweder glatte oder profilierte Oberflächen haben, je nach Bedarf. Im laufenden Betrieb werden die beiden Walzen ständig synchronisiert, damit die Ober- und Unterschale plan aufeinanderläuft und ein optimales Ergebnis erzielt wird. Bei dieser Technik spielt die Wahl des Bindemittels eine sehr große Rolle. Generell kann man nicht davon ausgehen, dass sich jedes Material per se zum brikettieren eignet. Es gehört eine Menge Erfahrung und know how dazu, die richtige Vormischung zu kreieren um am Ende das gewünschte Ergebnis zu erzielen.

Weiterhin in Gießerei und Stahlwerk seit Jahren bekannt und eingesetzt werden Guss- und Stahlspänebriketts, nicht wenige Betriebe unterhalten eigene Brikettieranlagen von renommierten Herstellern wie Köppern, Ruf, Wema, Nestro u.a. Der Vorteil von eigenen Anlagen liegt auf der Hand: die Analyse und das Vormaterial ist bekannt und passt in den Materialstrom, kein Wertverlust durch den Verkauf von Spänen und Zukauf von Substitutionsmaterial, keine unnötigen Frachtwege, das Material verbleibt auf dem Betriebsgelände, dadurch günstige Auswirkung auf die interne Abfallbilanz und die Logistikkosten. Für Betriebe, bei denen es aus welchen Gründen auch immer keine Gelegenheit zum Brikettieren gibt, bietet die Schrott- und Recyclingwirtschaft zahlreiche Anlagen und Lösungen, um den Kunden Material-, Anlagen- und bedarfsspezifisch optimale und wirtschaftliche Lösungen anzubieten. Ebenfalls seit einigen Jahren hat sich der Reifendrahtpressling als kostengünstige, verlässliche und analysenstabile Schrottsorte etabliert. Aus dem Recycling von Altreifen wird eine analytisch hochwertige Sorte Stahl gewonnen, der als sog. Stahlkorddraht oder Reifenwulstdraht während seines Lebens als Teil des Reifens für Sicherheit und stabiles Fahrverhalten gesorgt hat. Eine wirklich innovative und noch relativ junge Schrottsorte, die anfangs durch den enthaltenen Gummianteil nicht gerade unproblematisch war. Lag das Material früher zu Beginn der Separierung meist noch in großen Haufwerken als „Problemmaterial" auf dem ein oder anderen Schrottplatz, brachte erst die Nachbearbeitung und das Brikettieren den Erfolg als nachgefragte Schrottsorte.

Das Einsatzgebiet von Brikettierpressen ist ein wesentlicher Beitrag zum aktiven sinnvollen Recycling, mit allen Vorteilen, die ein Recyclingprozess haben kann. Das Projekt Grüner Stahl ist ohne HBI und DRI nicht möglich, beides ist ebenfalls nichts anderes als ein Brikett. Die Entwicklung und der Einsatz in fast allen Bereichen der Grund- und Rohstoffindustrie ist noch lange nicht am Ende. Ein echter Evergreen eben.

RECYCLINGPRODUKT „REINMETALLE“

ALS ALTERNATIVE ZU PRIMÄRLEGIERUNGEN

VON HENRI DÖHMEN

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

der Titel dieses Artikels mag zunächst sperrig und theoretisch klingen, doch ich versichere Ihnen, dass Sie keine Doktorarbeit lesen. Stattdessen möchte ich Ihnen ein faszinierendes Thema anhand eines praktischen Beispiels näherbringen.

Stellen Sie sich vor, das Fernweh packt Sie, und Sie möchten in ein fernes Land verreisen, vielleicht auf eine abenteuerliche Bergtour in den Anden oder auf eine warme Südseeinsel mit weißen Stränden. Sie fragen sich jetzt vermutlich, was dies mit Metallen und Ferrolegierungen zu tun hat? Lassen Sie uns das Rätsel lösen: Um solche Ziele zu erreichen, müssen Sie höchstwahrscheinlich in ein Flugzeug steigen. Nach dem Start werden Sie sanft in den Sitz gedrückt und hören das beruhigende Summen der Turbinen.

Genau hier setzen wir an: Flugzeugturbinen sind Meisterwerke moderner Technik und Ingenieurskunst. Sie müssen Temperaturen von über 1.000 Grad Celsius und extremen mechanischen Belastungen standhalten. Dafür kommen spezielle Legierungen zum Einsatz, die sorgfältig aus einer Mischung verschiedener Metalle hergestellt werden. Diese sogenannten Superlegierungen enthalten meist Nickel, Kobalt, Titan, Molybdän und Wolfram und sind speziell für hohe Leistung unter extremen Bedingungen ausgelegt

PRIMÄRLEGIERUNGEN VS. REINMETALLE

Solche Legierungen müssen bis ins kleinste Detail perfekt sein, um die extrem hohen Sicherheitsstandards der Luftfahrtbranche zu erfüllen. Primärlegierungen bieten hier oft eine standardisierte Qualität, Analytik, Größe und Form – kurz gesagt, eine standardisierte Lösung. Leider sind die Dinge nicht immer so einfach.

TECHNISCHER ASPEKT

Die meisten Primärlegierungen sind sogenannte Ferrolegierungen, die aus einem Element wie Molybdän und Eisen bestehen, wie zum Beispiel Ferro-Molybdän (etwa 60-75% Molybdän, der Rest Eisen und Spuren anderer Elemente). Mit solchen Legierungen können bestimmte

Werkstoffe einfach im Schmelzofen hergestellt werden. Doch wenn Sie eine Legierung benötigen, die kein oder nur minimal Eisen enthält, stoßen Sie an Grenzen.

Ein Beispiel ist die Legierung Alloy 625, die mindestens 58% Nickel, 20% Chrom, 8% Molybdän, 3,15% Niob und maximal 5% Eisen enthält. Wie in *Abbildung 1* zu sehen, ist es unmöglich, die Elemente auf die geforderten Werte zu bringen, wenn ausschließlich Ferrolegierungen verwendet werden. Der Eisenanteil wäre zu hoch und der Nickelanteil zu niedrig.

REINMETALLE ALS LÖSUNG

Hier kommen Reinmetalle ins Spiel. Zur Herstellung von Alloy 625 müsste man in der Theorie etwa 200 kg Chrom, 580 kg Nickel, 80 kg Molybdän, 30 kg Niob und 50 kg Eisen sowie einige Zusätze in den Schmelzofen geben,

		Analyse				
Ferrolegierung	**Menge [kg]**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**	**Fe**
FeCr	322	60,00				40,00
FeNi	517		60,00			40,00
FeMo	110			70,00		30,00
FeNb	52				65,00	35,00
	1.000	**19,32**	**31,01**	**7,67**	**3,35**	**38,65**
	Soll:	20%	58%	8%	3%	max. 5%

Abbildung 1. Kalkulation Alloy 625 auf Basis von Ferrolegierungen

		Analyse				
Rein Metalle	**Menge [kg]**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**	**Fe**
Cr	200	100,00				
Ni	580		100,00			
Mo	80			100,00		
Nb	30				100,00	
Fe	50					100,00
Andere	60					
	1.000	**20,00**	**58,00**	**8,00**	**3,00**	**5,00**

Abbildung 2. Kalkulation Alloy 625 auf Basis von Reinmetall

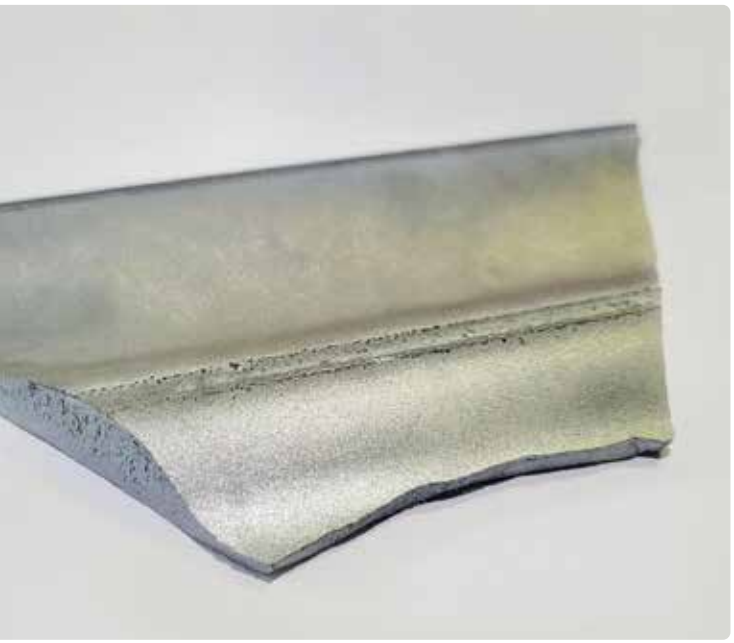


Abbildung 3: rein Chrom Metall (gebrauchtes Sputtertarget)

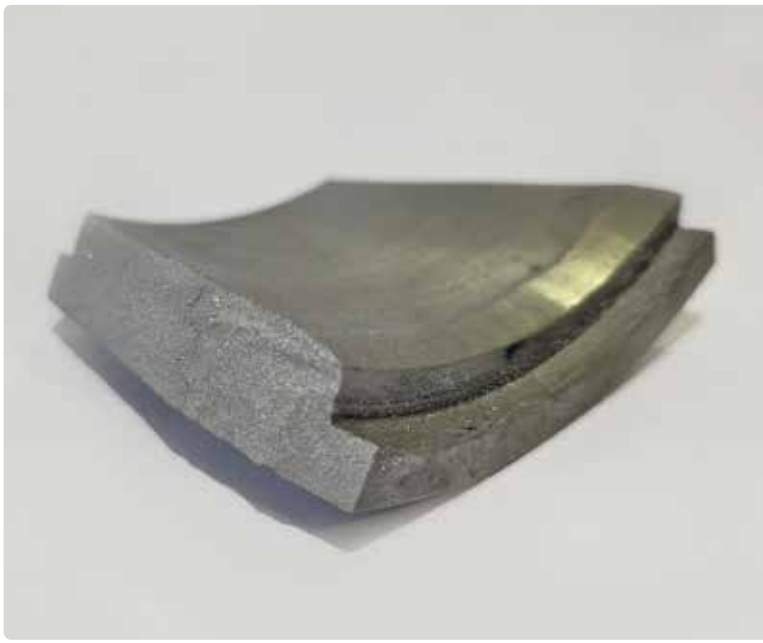


Abbildung 4: rein Wolfram - Stück

um eine Tonne dieser Legierung zu erhalten. Natürlich ist es in der Praxis nicht so einfach, da viele metallurgische Faktoren berücksichtigt werden müssen. Dennoch zeigt dieses Beispiel, dass Reinmetalle eine attraktive Alternative darstellen, wenn man mit den Einschränkungen von Ferrolegierungen konfrontiert ist. (*Abbildung 2)*

Wenn man sieht, dass man mit Ferrolegierungen schnell an eine Grenze kommt, taucht bei Ihnen im Kopf höchstwahrscheinlich die Frage auf, warum man dann nicht immer Reinmetalle zur Herstellung der Werkstoffe verwendet.

HERAUSFORDERUNGEN BEI DER VERWENDUNG VON REIN METALLEN

Die Verwendung von Reinmetallen bringt allerdings auch Herausforderungen mit sich. Ein bedeutender Punkt ist die Verfügbarkeit dieser Metalle. Reines Chrom oder Molybdän sind nicht immer in der gewünschten Form und Qualität in ausreichender Menge verfügbar. Diese Metalle fallen in der Industrie als Nebenprodukt an und müssen von technisch versierten Recyclingunternehmen aufbereitet werden. Da es sich bei diesen Rohstoffen um nicht standardisierte Produkte handelt, muss jede Charge einzeln geprüft und kontrolliert werden. Besonders bei Spurenelementen ist eine präzise Analyse erforderlich, um Kontaminationen und Verunreinigungen zu vermeiden, die die Leistungsfähigkeit und Sicherheit der Legierungen beeinträchtigen könnten.

Die physische Beschaffenheit ist bei den anfallenden Rohstoffen ebenfalls so verschieden wie die Bereiche in denen Sie eingesetzt wurden. Daher sind oft auch technische Anlagen nötig, um die gewünschten Materialeigen-



Abbildung 5: rein Wolfram - Glüh-Wendel



Abbildung 6: rein Wolfram mit Glas-Anhaftung

schaften zu erreichen (z.B. definierte Oberfläche oder Größe). Gut zu erkennen sind diese Unterschiedlichen Beschaffenheiten anhand der folgenden rein Wolfram Rohstoffen.

Hier handelt es sich um ein ca. 10 cm großes und massives Stück. Die Oberfläche kann gestrahlt werden, um Verunreinigungen zu entfernen. (*Abbildung 4)*

Bei diesem Material handelt es sich nicht um ein Spinnenbein, sondern um Glüh-Wendeln. Diese werden zum Verdampfen von Materialien benutzt – in diesem Fall sind sie frei von Fremdanhaftungen. (*Abbildung 5)*

Das hier abgebildete Teil ist ebenfalls rein Wolfram – allerdings nur der untere, silbrig glänzende Teil. Auf dem Material haftet eine glasartige Substanz, die je nach Einsatz bzw. Bestimmungslegierung nicht schädlich sein muss. (*Abbildung 6)*

VORTEILE VON REINMETALLEN AUS RECYCLINGMATERIALIEN

Ressourcenschonung

Durch den Einsatz von recycelten Reinmetallen kann der Verbrauch natürlicher Rohstoffe signifikant gesenkt werden. Die Metallindustrie ist traditionell stark auf den Abbau von Erzen angewiesen, was zu einer erheblichen Belastung für die Umwelt führt, einschließlich der Zerstörung von Landschaften und Ökosystemen. Recyclingmetalle dagegen nutzen bereits vorhandene Ressourcen, die andernfalls als Abfall betrachtet würden. Dies reduziert den Bedarf an neuem Material und trägt

zur Erhaltung unserer Umwelt bei. Weniger Abbau bedeutet auch weniger Umweltverschmutzung und geringere Eingriffe in die Natur.

Energieeinsparung

Recycling ist energetisch günstiger als die Primärgewinnung von Metallen aus Erzen. Die Prozesse des Schmelzens und Raffinierens von Metallabfällen erfordern weniger Energie im Vergleich zu den intensiven Verfahren, die für den Abbau und die Verarbeitung von Erzen nötig sind. Beim Primärabbau müssen Erze zerkleinert, aufbereitet und geschmolzen werden, um das reine Metall zu extrahieren, was sehr energieintensiv ist. Recycling überspringt viele dieser Schritte, indem es Metallabfälle direkt wieder einschmilzt und formt, was zu einer deutlich niedrigeren Energieausgabe führt und damit auch den CO2-Fußabdruck der Metallproduktion verringert. (*Abbildung 7)*

Abbildung 7: rein Molybdän



Kostenreduktion

Die ökonomischen Vorteile der Verwendung recycelter Metalle liegen auf der Hand: geringere Kosten für Materialbeschaffung und Verarbeitung. Der Abbau und die Erstverarbeitung von Erzen sind nicht nur technisch anspruchsvoll und teuer, sondern auch mit hohen logistischen Kosten verbunden. Im Gegensatz dazu ermöglicht die Wiederverwendung von Metallabfällen eine effizientere Nutzung bestehender Materialien, die bereits in vielen Fällen in reiner oder weitgehend reiner Form vorliegen. Dies bedeutet, dass recycelte Metalle oft günstiger sind, weil sie weniger Bearbeitung und Veredelung benötigen. Diese Kosteneffizienz kann besonders in Industrien von Vorteil sein, die große Mengen an Metall verwenden, wie die Automobil- und Luftfahrtindustrie, da sie zur Reduzierung der Produktionskosten beiträgt. (*Abbildung 8)*

FAZIT

Reinmetalle aus Recyclingmaterialien bieten eine nachhaltige und kosteneffiziente Alternative zu Primärlegierungen,



Abbildung 8: rein Wolfram - Glüh-Wendeln

die den ökologischen Fußabdruck der Metallindustrie verringern und gleichzeitig technologische Herausforderungen meistern können. Trotz der Herausforderungen in Verfügbarkeit und Qualitätssicherung zeigen sie großes Potenzial, traditionelle Fertigungsprozesse zu ergänzen und zu verbessern. In einer Welt, in der Ressourcenknappheit und Umweltschutz immer mehr an Bedeutung gewinnen, tragen recycelte Reinmetalle für eine nachhaltigere Zukunft zweifelsfrei bei.

So bleibt am Ende die Erkenntnis: Fas Flugzeug, welches Sie bei Ihrer nächsten Reise nutzen werden, setzt mit großer Wahrscheinlichkeit zu einem Teil auf die positive Wirkung von recycelten Produkten und Metallen.

SR-SCHOLZ

ROHSTOFFE GMBH & CO. KG













1979 - 2024

Ihr Partner für Ferrolegierungen, Metalle und Recyclinglösungen

SR-Scholz Rohstoffe GmbH & Co. KG
Lessingstraße 10 · 47198 Duisburg
Deutschland
Telefon: +49 (0) 2066 99 36 0
kontakt@sr-scholz.com
www.scholz-rohstoffe.de

SR-Scholz Rohstoffe GmbH & Co. KG - Geldern
Max-Planck-Straße 44 · 47608 Geldern
Deutschland
Telefon: +49 (0) 2831 97 64 809
kontakt@sr-scholz.com
www.scholz-rohstoffe.de

FirstAlloys SA
15 · rue des Jardiniers · L-1853
Luxembourg
Telefon: +352 262 599 60 10
info@firstalloys.com
www.firstalloys.com