DAS RECYCLING VON LEGIERTEM STAHLSCHROTT

– GRUNDLAGEN, ZAHLEN UND FAKTEN

Autoren: Roland Mauss, Dr. Gerhard C. Pariser

BDSV-SCHRIFTENREIHE BAND 1



SCHROTT MUSS MAN KÖNNEN.
Die BDSV. DER Stahlschrott-Verband.

BDSV

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über **http://dnb.dnb.de** abrufbar.

Bei der Herstellung des Werkes haben wir uns zukunftsbewusst für umweltverträgliche und wiederverwertbare Materialien entschieden. Der Inhalt ist auf elementar chlorfreiem Papier gedruckt.

ISBN 978-3-00-063975-3

E-Mail: zentrale@bdsv.de
T: +49 211 828953-0
F: +49 211 828953-20
© Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling Unternehmen e. V. –
im Eigenverlag

www. bdsv.org

Dieses Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verbandes unzulässig und strafbar.

Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Layout und Satz
AMH DESIGN, Bamberg
Druck
Druckerei Füsgen, Ratingen

AUTOREN
Roland Mauss, Dr. Gerhard C. Pariser

DAS RECYCLING VON LEGIERTEM STAHLSCHROTT – GRUNDLAGEN, ZAHLEN UND FAKTEN

BDSV Schriftenreihe

BDSV
DER Stahlschrott-Verband.

BAND 1

VORWORT ZUR BDSV SCHRIFTENREIHE

Liebe Mitglieder der BDSV, liebe Leserinnen und Leser,

der Branchenverband der Stahlrecyclingwirtschaft hat sich in den vergangenen Jahren noch einmal deutlich weiterentwickelt. Die neue Auslegung als echter Mitmachverband stellt unsere Mitglieder ins Zentrum unserer Bemühungen. Die Verbesserung unserer Leistungen sowohl in der Kommunikation als auch im Bereich der digitalen Kompetenz sind offensichtlich und haben unsere Bundesvereinigung gestärkt.

In Ihren Unternehmen und Betrieben wird tagtäglich das Geld mit einer ganz realen Geschäftstätigkeit, nämlich dem Recycling von Stahl- und Edelstahlschrott, verdient. Um im nationalen und internationalen Wettbewerb bestehen zu können, braucht es eine klare Botschaft. In allen Belangen ist der Rohstoff Stahlschrott überlegen und somit gefragter Rohstoff für die Stahlproduktion.

Die im Jahr 2016 veröffentlichte BDSV-Studie „Zukunft Stahlschrott“ ist eine einzigartige, komplexe technische und kaufmännische Auflistung der grundlegenden Vorteile von Stahlschrott. Nicht zuletzt das große Interesse an dieser Studie hat uns überzeugt, eine neue Schriftenreihe zu beginnen und herauszugeben. Diese beschäftigt sich mit technischen und kaufmännischen Themen aus der Tätigkeit der Mitgliedsunternehmen und das mit einem hohen fachlichen Anspruch. Publiziert wird diese Schrift als Druckexemplar, ist aber für Mitglieder der BDSV ebenso in digitaler Form erhältlich. Den Auftakt machen mit dem ersten Band über „Das Recycling von legiertem Stahlschrott“ die Herren Mauss und Dr. Pariser, zwei Vertreter unseres außerordentlich aktiven Fachausschusses Legierter Stahlschrott. Natürlich sind auch alle weiteren interessierten Kreise herzlich eingeladen, ihr Wissen über das Stahlrecycling durch das Studium dieser Schriftenreihe zu erweitern.

Schrott muss man können – Die BDSV ist DER Stahlschrottverband in Deutschland und Europa.

Andreas Schwenter, Präsident BDSV

VORWORT ZUM BAND 1

Liebe Leserinnen und Leser,

Sie halten den **Band 1 der BDSV Schriftenreihe: Das Recycling von legiertem Stahlschrott – Grundlagen, Zahlen, Fakten** in den Händen. Einmal mehr hat der Fachausschuss Legierter Stahlschrott, neben der unweigerlich notwendigen Arbeit der Autoren, die Initiative ergriffen und die Entstehung dieser Schriftenreihe aktiv gefördert und unterstützt. Gemeinsam mit allen anderen aktiven Mitgliedern und Gremien versteht sich der Fachausschuss als Motor für die weitere positive Entwicklung unseres Mitmachverbands. So kann die BDSV in den vergangenen Jahren bereits auf eine ganze Reihe von Veröffentlichungen zum Themengebiet legierter Stahlschrotte zurückblicken. Es wurde eine Präsentation zum Recycling von Edelstahl mit entsprechender Broschüre in deutscher und englischer Sprache verfasst, ebenso wurden und werden die Forschungsprojekte der BDSV seitens des Fachausschusses eng begleitet. Zuletzt konnte mit dem „Handbuch Legierter Stahlschrott" ein Nachschlagewerk veröffentlicht werden, in dem nicht nur diverse Fachbegriffe im Segment „Legierter Stahlschrott" erklärt, sondern auch in einzelne Produktgruppen eingeführt wird: über Edelstahl Rostfrei, Werkzeugstahl, Schnellarbeitsstähle bis hin zu Super- und Speziallegierungen sowie Titan und anderen Reinmetallen. Nun soll es in sinnvoller Ergänzung zu den bisherigen Publikationen um eine umfängliche Beschreibung des Recyclings von legiertem Stahlschrott gehen, mithin um die Grundlagen und Fakten dieser wirtschaftlichen und zudem auch ökologisch äußerst sinnvollen und nachhaltigen Betätigung. In diesem 58-seitigen Band geht es ebenso um eine Übersicht des Recyclingkreislaufs wie im Detail um die Vermittlung der technischen und ökonomischen Prozesse und Abläufe beim Recycling von legiertem Stahlschrott. Das Ganze ist natürlich eingebettet in die internationalen Wertschöpfungsketten der Produktion von Edelstahl Rostfrei; insofern dürfen entsprechende Erläuterungen hierzu nicht fehlen. Zur Illustration und besseren Veranschaulichung wird dabei auf historische Zahlen zurückgegriffen. Die Autoren hoffen sehr, dass ihrem Beispiel folgend in dieser Schriftenreihe noch viele Bände folgen werden, und wünschen eine erhellende und weiterführende Lektüre.

Düsseldorf, Februar 2017 und Juli 2019

Roland Mauss und Dr. Gerhard Pariser, Autoren

INHALT

VORWORT 5 – 6

1. DER RECYCLINGKREISLAUF DES LEGIERTEN STAHLSCHROTTS 9 – 10

2. WERKZEUGSTÄHLE 11 – 12

3. EDELSTAHL ROSTFREI: EIN MULTITALENT 13 – 14
   - 3.1 Anwendungen und Marktentwicklung 15 – 16
   - 3.2 Typische RSH-Legierungen 17 – 18
   - 3.3 Prozesse zur RSH-Rohstahlerzeugung 19 – 20

4. DAS RECYCLING VON RSH-SCHROTTEN 21
   - 4.1 Herkunft legierte Stahlschrotte 21 – 23
   - 4.2 Einsatz von legierten Stahlschrotten in der RSH-Stahlindustrie 23 – 25
   - 4.3 Klimaschutzpotenziale des Recycling von legierten Schrotten 26 – 28
   - 4.4 Technische Anforderungen an legierte Schrotte 28 – 29
     - 4.4.1 Chemische Zusammensetzung / Analyse 29 – 30
     - 4.4.2 Physikalische Beschaffenheit 31
     - 4.4.3 Sonstige Anforderungen 31

5. SAMMLUNG UND AUFBEREITUNG VON RSH-SCHROTTEN 32
   - 5.1 Einkauf 32 – 35
   - 5.2 Aufbereitung und Blending 35 – 38
   - 5.3 Verkauf und Logistik 38
   - 5.4 Kaufmännische Abwicklung / Finanzierung / Risikomanagement 39

6. DER MARKT FÜR LEGIERTE STAHLSCHROTTE 40

6.1 Preisfindung und -absicherung bei RSH-Schrotten 40 – 45

6.2 Schrottverfügbarkeit, Internationaler Handel und Reserven 45 – 46

6.2.1 Regionale Schrottverfügbarkeit 46 – 48

6.2.2 Internationaler Handel 48 – 49

6.2.3 Handelsbeschränkungen 49 – 50

6.2.4 Langfristige Schrottreserven 50 – 51

7. KERNAUSSAGEN 52 – 53

8. DER FACHAUSSCHUSS LEGIERTER STAHLSCHROTT IN DER BDSV 54

QUELLENANGABEN 55 – 58

1. DER RECYCLINGKREISLAUF DES LEGIERTEN STAHLSCHROTTS

1. DER RECYCLINGKREISLAUF DES LEGIERTEN STAHLSCHROTTS

Edelstahl Rostfrei ist als Werkstoff immer wieder erneuerbar. Das Recycling legierter Stahlschrotte ist daher angewandter Umweltschutz. Es ist aufgrund eines seit Jahrzehnten funktionierenden und hoch professionellen Recyclingkreislaufs ein Eckpfeiler der Kreislaufwirtschaft und Ausdruck des marktwirtschaftlichen Prinzips, mit knappen Ressourcen effizient umzugehen. Die Unternehmen der BDSV tragen seit vielen Jahren dazu bei, Standards in der Recyclingtechnik zu setzen und durch die Rückgewinnung und Aufbereitung von Edelstahlschrotten erheblich zur Ressourcenschonung beizutragen.

Wie Grafik 1 zeigt, kann der Recyclingkreislauf des legierten Stahlschrotts in acht verschiedene Teile gegliedert werden:

1. Am Anfang steht der **Gebrauch** des Werkstoffs durch private und öffentliche Haushalte sowie Unternehmen in Form von Produkten und Anwendungen. Kochtöpfe und Kühlschränke, Spülbecken und Waschmaschinentrommeln, Treppengeländer und Gebäudefassaden, Mobilfunkgeräte und Uhren, Auspuffrohre und Zugverkleidungen, etc. Edelstahl Rostfrei findet überall Anwendung und ist aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken.

2. Nach Ablauf der Nutzung bzw. zum Ende der Produktlebensdauer oder als unmittelbare Produktionsabfälle gelangt der Edelstahl Rostfrei über das Recycling als Sekundärrohstoff wieder in die Produktion. Hierzu müssen die legierten Schrotte durch den **Einkauf** der spezialisierten Unternehmen des Edelstahlrecyclings identifiziert und beschafft werden. Dabei durchläuft das Material in der Regel mehrere Handels- und Aufbereitungsstufen, wobei Spezialisierungsgrad und gehandelte bzw. aufbereitete Menge mit jeder Stufe steigen. Schrott kann überall auf der Welt gekauft werden: sowohl in den industriellen Ballungsgebieten Deutschlands und Europas, als auch in den aufstrebenden Märkten Asiens oder in den produktionsstarken Ländern Nord- und Südamerikas.

3. Nach Abschluss eines Einkaufsvertrags folgt der **Eingang** der legierten Schrotte auf den Schrottplätzen der Edelstahlrecylingunternehmen. Der Wareneingang ist dabei ein mehrstufiger Prozess, in dem Werkstoffe unterschieden und falls nötig voneinander getrennt werden.

4. Für die **Aufbereitung / Veredelung** im Rahmen der weiteren Verarbeitung werden verschiedene Arten der Sortierung und Konfektionierung durchgeführt, unter Zuhilfenahme von spezialisierten, technischen Aggregaten, wie zum Beispiel Schrottpressen, Schredderanlagen und Schrottscheren.

5. Ist der Edelstahlschrott entsprechend aufbereitet und konfektioniert, erfolgt der **Verkauf** des Sekundärrohstoffs an die Edelstahlwerke und -gießereien. Legierter Schrott ist ein international gefragter und gehandelter Rohstoff.

6. Neben der kundenspezifischen und qualitätsgerechten Zusammenstellung der Sekundärrohstoffmischungen kommt es im **Ausgang** der Ware auch auf die logistische Anbindung an. Die Standorte sowohl der Schrottlieferanten als auch der Kunden als Schrottverbraucher müssen eine gute Anbindung an die Verkehrsmittelinfrastruktur aufweisen. Üblicherweise wird Schrott mit dem Lkw, dem Waggon oder dem Schiff transportiert, so dass die Nähe zu Autobahn, Verladebahnhof und Hafen ideal ist. Aufgrund der relativ großen Liefermengen kommen auf der Kundenseite überwiegend Schiffe, Eisenbahnzüge oder Seecontainer zum Einsatz.

7. Das **Schmelzen** des legierten Schrotts ist der erste Verarbeitungsschritt im Stahlwerk zur Produktion von neuem hochwertigem Edelstahl. Schon heute wird in Stahlwerken zu mehr als 50 % Schrott als Rohstoff eingesetzt. Für die Herstellung von rostfreiem Stahl oder anderen hochlegierten Stählen muss der Schrott hohen Qualitätsanforderungen entsprechen.

8. Bei der weiteren **Verarbeitung** der Stahlschmelze werden folgende Produktionsstufen durchlaufen: Strangguss bzw. Bandguss, sowie Warm- und Kaltwalzwerk führen schließlich zum Zwischenprodukt, zum Beispiel einem Edelstahlcoil oder –blech. Aus den so gewonnenen nichtrostenden Stählen werden schließlich vielfältige Endprodukte für zahlreiche Einsatzbereiche im Konsum- und Investitionsgütermarkt hergestellt. Diese sind unter anderem auch in der Architektur, als Haushaltsgüter, in der Lebensmittel- und Automobilindustrie, Verkehrstechnik, Chemieindustrie und Energiewirtschaft zu finden.

Legierte Stähle umgeben und begleiten uns jeden Tag. So schließt sich der Kreislauf und beginnt gleich wieder neu, denn bei der Verarbeitung fallen bereits wieder Produktionsschrotte an, die als Rohstoffe genutzt werden können.

Obschon das Hauptaugenmerk dieses Beitrags auf den rostfreien Stahlsorten liegt, befasst sich das nachfolgende Kapital kurz mit Werkzeug- und Schnellarbeitsstählen, deren Schrotte ebenfalls separat gesammelt und recycelt werden. In den weiteren Kapiteln wird dann schwerpunktmäßig der Markt für Edelstahl Rostfrei und das Recycling von legierten Schrotten quantitativ sowie qualitativ in den verschiedenen Dimensionen im Detail beschrieben.



Grafik 1) Recyclingkreislauf des legierten Stahlschrotts

2. WERKZEUGSTÄHLE

Werkzeugstähle sind eine eigene Gruppe von Stählen deren Gemeinsamkeit darin besteht, dass sie – im weitesten Sinne – für die Herstellung von Werkzeugen sowie zum Be- und Verarbeiten von Werkstoffen verwendet werden [a, b]. Die hierfür verwendeten Stahlsorten können entweder unlegiert, legiert oder gar rost-, säure- oder hitzebeständig sein – je nach Anforderung. Eine besondere Kategorie stellen hierbei die so genannten Schnellarbeitsstähle dar.

Nach der DIN EN 10027-2 – dem Bezeichnungssystem für Stähle – werden die Werkzeugstähle im Stahlschlüssel unter den Nr. 1.20xx bis 1.28xx aufgeführt, wobei die ersten beiden Ziffern nach dem Punkt die Stahlgruppe identifizieren. Relevant für das sortengerechte Recycling sind die Gruppen 1.23xx – mit den Legierungsbestandteilen Chrom, Molybdän und Vanadium – und 1.27xx in denen neben Chrom und zu Teilen Molybdän vor allem Nickel enthalten ist. Schnellarbeitsstähle sind in den Gruppen 1.32xx (mit Kobalt) und 1.33xx (ohne Kobalt) zu finden.

Weltweit lag die Produktion im Jahr 2015 an legierten und unlegierten Werkzeugstählen bei circa 1,9 Mio t; für Schnellarbeitsstähle belief sie sich auf circa 245 kt [c]. Obwohl der Markt im Zeitraum 2005-2015 aufgrund steigenden Bedarfs – und Produktion – in China deutlich zugelegt hat, findet vor allem auf dem Gebiet der Schnellarbeitsstähle ein gewisser Verdrängungswettbewerb statt: um gegen keramische Werkzeuge auf Basis von Wolfram-Karbid zu bestehen, werden Werkzeuge aus Schnellarbeitsstahl vermehrt auf pulver-metallurgischem Wege hergestellt [c, d].

Die Gruppe der Werkzeugstähle wird in der Regel nach ihrem Hauptanwendungsgebiet unterschieden. Diese sind [a, b]:

- Kaltarbeitsstähle
- Warmarbeitsstähle
- Schnellarbeitsstähle

Kaltarbeitsstähle werden bei Raumtempertaur bzw. bei leicht erhöhten Temperaturen zur Formgebung von Werkstoffen eingesetzt. Schwerpunktmäßig sind dies Schneidwerkzeuge und Werkzeuge zur Kaltumformung und Kunststoffformung: Tiefziehen, Pressen, Extrudieren, Biegen, Walzen und Ziehen.

Warmarbeitsstähle sind allein aufgrund der Einsatztemperatur höheren Anforderungen ausgesetzt. Druckgießformen, Strangpreßwerkzeuge oder Gesenke und Hämmer in Schmiedewerkzeugen bzw. Pressen sind typische Anwendungsfelder.

Die Gruppe der **Schnellarbeitsstähle** sind sowohl verschleiß- und hitzebeständig und werden hauptsächlich zur Herstellung von Schneidwerkzeugen bzw. spanenden Werkzeugen eingesetzt.

Die nachfolgende **Tabelle 1** führt einige typische Vertreter für jede der drei genannten Kategorien auf. Bei den Kalt- und Warmarbeitsstählen liegt der Gesamt-Legierungsgehalt bei ca. 5 – 15 Gewichts-%, die wesentlichen Legierungselemente sind hier Chrom, Molybdän, Vanadium und ggf. Nickel. Schnellarbeitsstähle sind durch einen relativ hohen Kohlenstoffgehalt und ihre charakteristische Zusammensetzung aus Chrom, Molybdän, Vanadium und Wolfram bestimmt.

Tabelle 1) Chemische Zusammensetzung typischer legierter Werkzeug- und Schnellarbeitsstähle

Stahlgruppe /-sorte	Zusammensetzung, in Gewichts-%								
DIN EN	eng.	C	Cr	Ni	Mo	V	W	Cu	Co
Werkzeugstähle - Warmarbeitsstahl									
1.2343	H11	0,36	4,8	*< 0,3*	1,1	0,35	*< 0,1*	*< 0,1*	-
1.2344	H13	0,37	4,8	*< 0,3*	1,2	0,85	*< 0,1*	*< 0,1*	-
1.2365	H10	0,28	2,7	*< 0,3*	2,6	0,4	*< 0,1*	*< 0,1*	-
1.2367	-	0,35	4,8	*< 0,3*	2,6	0,4	*< 0,1*	*< 0,1*	-
1.2714	-	0,50	1,0	1,5	0,3	0,1	*< 0,1*	*< 0,1*	-
1.2767	-	0,40	1,2	3,8	0,15	*< 0,1*	*< 0,1*	*< 0,1*	-
Werkzeugstähle - Kaltarbeitsstahl									
1.2379	D2	1,50	11	*< 0,3*	0,7	0,7	*< 0,1*	*< 0,1*	-
Schnellarbeitsstahl / HSS (High Speed Steel)									
1.3343	M2	0,86	3,8	*< 0,3*	4,7	1,7	5,9	*< 0,1*	*< 0,8*
1.3243	M35	0,88	3,8	*< 0,3*	4,7	1,7	5,9	*< 0,1*	4,5
1.3294	ASP2030	1,28	3,8	*< 0,3*	4,7	2,7	5,9	*< 0,1*	8,0

Anmerkung: Kursiv gestellte Werte "< x.x" entsprechen den üblichen Grenzen des Schrotthandels

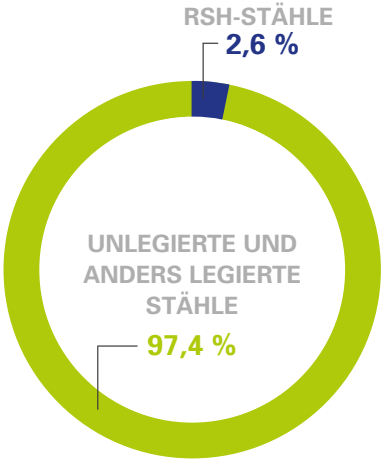
3. EDELSTAHL ROSTFREI – EIN MULTITALENT

Rost-, säure- und hitzebeständige Stähle (RSH-Stähle), im allgemeinen Sprachgebrauch auch unter dem Begriff Edelstahl Rostfrei bekannt, stellen eine eigene Klasse von legierten Stählen dar, die sich vor allem aufgrund ihrer mannigfaltigen, positiven Eigenschaften auszeichnen. Hier sind besonders hervorzuheben:

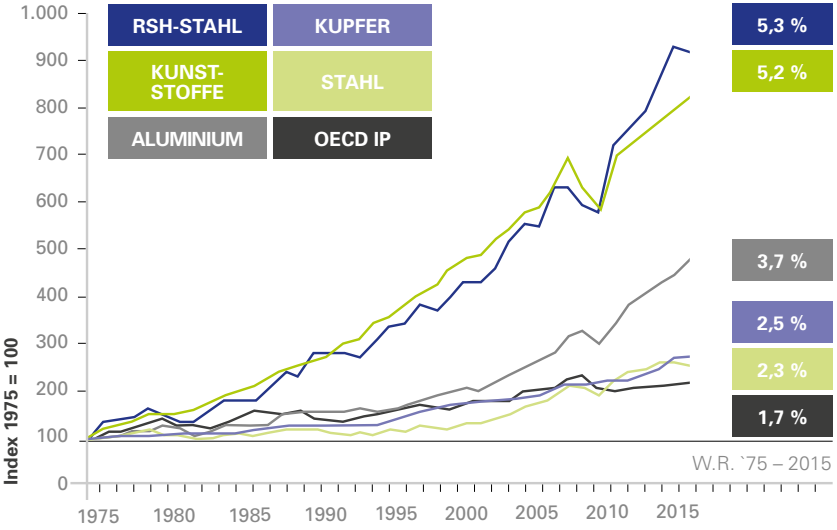
- Korrosionsbeständigkeit
- Erscheinungsbild
- Säurebeständigkeit
- Lebenszykluskosten
- Hitzebeständigkeit
- Hohe Rezyklierbarkeit

Die Entwicklung dieser Stähle begann um die Wende des 19./20. Jahrhunderts und folgte dem Bedarf der Industrie – und insbesondere der Wehrtechnik – für Stähle mit höherer Korrosions- bzw. Verschleißbeständigkeit. Die Korrosionsbeständigkeit wird erreicht durch die Legierung mit dem Element Chrom, welches eine porenfreie und regenerierbare Deckschicht auf der Oberfläche des Stahls ausbildet, die sogenannte Passivschicht. Gemäß Europäischer Norm enthalten diese „rostfreien" Stahlsorten mindestens 10,5 % Chrom (Cr) bei einem Kohlenstoffgehalt (C) von kleiner oder gleich 1,2 % [d]. Zur Einstellung der gewünschten Eigenschaften werden weitere Elemente wie zum Beispiel Nickel (Ni) oder Molybdän (Mo) legiert. Die Basis ist jeweils Eisen. Obwohl RSH-Stähle mengenmäßig nur einen Bruchteil der Gesamtstahlproduktion ausmachen, im Jahr 2015 waren es circa 2,6 %, ist zum einen ihr Wert – nicht zuletzt aufgrund der Zugabe von hochpreisigen Legierungselementen wie Nickel oder Molybdän – zum anderen aber auch das historische Wachstum ungleich größer. Im Vergleich des Marktwachstums verschiedener Werkstoffe mit der durchschnittlichen Industrieproduktion der OECD-Länder schneiden die RSH-Stähle am besten ab (siehe **Grafik 2**).

So legte das RSH-Marktvolumen zwischen 1975 und 2015 um durchschnittlich 5,3 % pro Jahr zu, während in derselben Zeit Eisen und Stahl „nur" 2,3 % jährlich expandierte und der OECD Industrieproduktionsindex sogar nur um 1,7 %. Gründe hierfür liegen vor allem in den vielfältigen Anwendungen, die für RSH-Stähle existieren, deren Entwicklung – ähnlich wie bei Kunststoffen – häufig in Verbindung mit dem wachsendem Wohlstand einer Gesellschaft stehen.



Grafik 2a) RSH-Stähle im weltweiten Marktumfeld. Anteil an weltweiter Rohstahlerzeugung



Grafik 2b) Historisches Marktwachstum von RSH-Stählen im Vergleich mit anderen Werkstoffen

3.1 ANWENDUNGEN UND MARKTENTWICKLUNG

Die Vielfalt der Anwendungen von RSH-Stählen ist nachfolgender Abbildung (**Grafik 3**) zu entnehmen. Im direkten Vergleich mit der weltweiten Verbrauchsstruktur für „Stahl" als Ganzes fällt das deutlich breiter gefächerte Anwendungsspektrum auf. Während gut die Hälfte der weltweit erzeugten Stahlmenge für Architektur und Bau, vor allem als Konstruktionswerkstoff in Form von Trägern, Bewehrungsstahl, etc. – mit anderen Worten für das „Grobe" – eingesetzt wird, spielt RSH-Stahl vorrangig eine Rolle als Designelement in der Architektur. Maschinen- und Anlagenbau, darunter Industriezweige wie der chemischen Industrie, oder der lebensmittelverarbeitenden Industrie, sowie Metallerzeugnisse, darunter Haushaltswaren, sind die für den RSH-Stahlabsatz relevanteren Segmente.

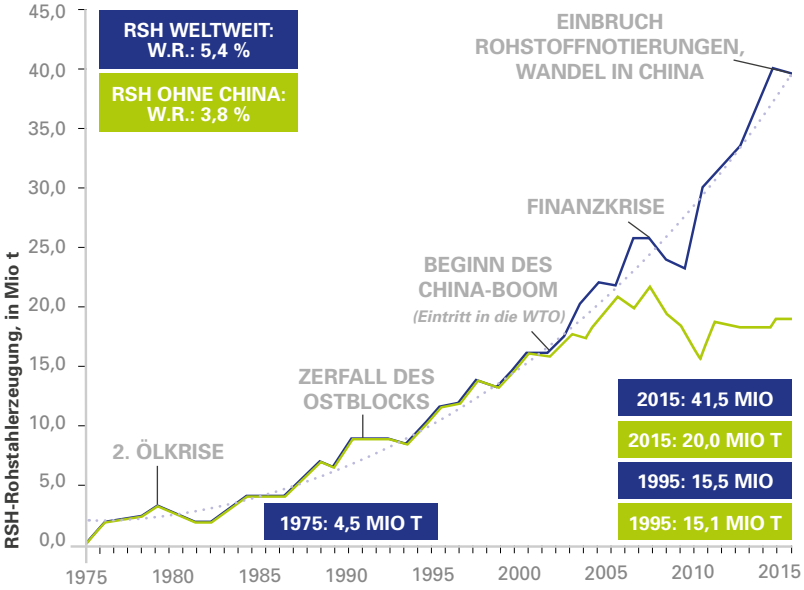


Grafik 3) Typische Endverbrauchssegmente: Stahl Gesamt und RSH-Stahl im Vergleich [f, g]

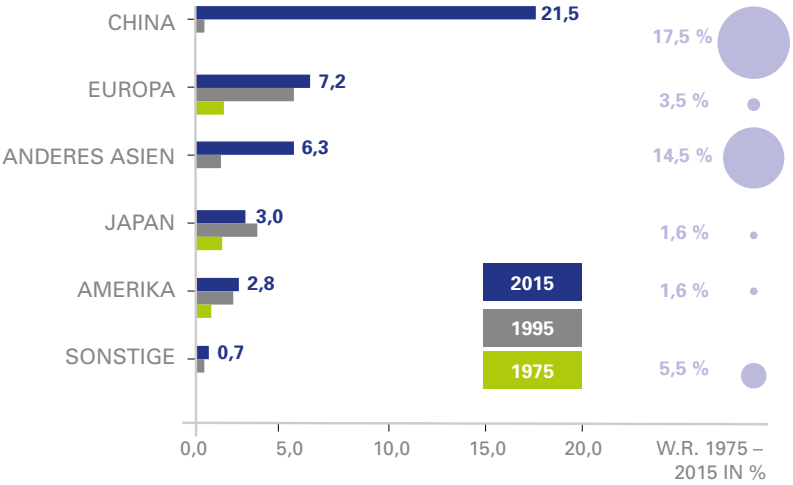
Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten dieser Stähle haben dafür gesorgt, dass Bedarf und Produktion in den vergangenen Jahrzehnten bis auf wenige Ausnahmen stets zugenommen haben. Edelstahl Rostfrei als solches wird heutzutage in mehr als 25 Ländern weltweit erschmolzen.

Zuletzt führte der rasante Aufstieg Chinas zu einer globalen Wirtschaftsmacht seit Anfang der 2000er Jahre zu einer neuen Boom-Phase für diesen Werkstoff und mit dieser auch zum Ausbau des Bedarfs an relevanten Primär- und Sekundärrohstoffen. Im Jahr 2015 entfielen 52 % bzw. 21,5 Mio t der gesamten RSH-Rohstahlerzeugung von 41,5 Mio t auf China (vgl. **Grafik 4a**).

Europa, über viele Jahrzehnte Marktführer und Treiber der Entwicklung, erzeugte im selben Jahr 7,2 Mio t bzw. 17 % der Weltproduktion. Es folgen Anderes Asien (15 %), bestehend aus Südkorea, Taiwan, Indien sowie Amerika (7 %), wie aus **Grafik 4b** zu ersehen ist.



Grafik 4a) Entwicklung der RSH-Stahl-Produktion seit 1975



Grafik 4b) Weltweit regionale Verteilung der RSH-Stahl-Produktion [9]

3.2 TYPISCHE RSH-LEGIERUNGEN

Am heutigen Markt sind deutlich mehr als 200 verschiedene Stahlgüten vertreten, die unter die eingangs definierte Kategorie der rost-, säure- und hitzebeständigen Stähle fallen. Allgemein lassen sich diese entsprechend ihrer Mikrostruktur in folgende Gruppen einteilen:

- **Ferritische RSH-Stähle**: Hauptlegierungselement Chrom (12 – 19 %), ohne oder nur mit geringen Anteilen von Nickel („400er Serie“[1])
- **Martensitische RSH-Stähle**: Hauptlegierungselement Chrom (11 – 14 %), ohne oder nur mit geringen Anteilen von Nickel (ebenfalls Bestandteil der „400er Serie“)
- **Austenitische RSH-Stähle**, wobei unterschieden wird zwischen Stählen der **„300er Serie“:** CrNi(Mo)-Austenite, typischerweise mit 16 – 30 % Cr, 8 – 35 % Ni, teilweise mit Molybdän (MO) legiert (bis zu 7 %). Hierzu zählen die klassische CrNi Legierung 1.4301 (alias „304“, „18 / 8“ oder „V2A“) sowie der 1.4401 (alias „316“, 18-10-2 oder „V4A“) als CrNiMo Legierung **„200er Serie“:** CrMn(Ni)-Austenite, typischerweise mit Chrom-Gehalten weniger als 16 %, weniger als 2 % Ni dafür jedoch mit Mangan (Mn) und Kupfer (Cu)
- **Ferritisch-Austenitische RSH-Stähle** (Duplex) enthalten zwischen 18 %und 27 % Chrom, zwischen 1,5 % und 7 % Nickel und zwischen 0,3 % und 4 % Molybdän; Güten mit abgesenktem Nickel Gehalt werden häufig als sogenannte „lean-duplex“ Stähle geführt.

Tabelle 2 zeigt die chemische Zusammensetzung einiger häufig am Markt vertretener RSH-Legierungen. Der Gütenvielfalt zum Trotz entfällt das Gros der Erzeugung auf die Kategorie der austenitischen RSH-Stähle. Diese machten in 2015 nahezu 78 % der gesamten RSH-Rohstahlerzeugung aus. Der Anteil der CrNi Austenite (300er Serie) betrug knapp 55 % (22,6 Mio t), während die CrMn Austenite (200er Serie) circa 22 % ausmachten (9,2 Mio t). Die Erzeugung von ferritischen und martensitischen Güten lag bei circa 9,7 Mio t, welches gut 23 % entspricht. Auf die Duplex-Stähle entfallen weltweit nicht mehr als 1 %.

Zu beachten ist hierbei, dass jeweils deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Märkten existieren. So ist der Anteil der 300er Serie in der Europäischen Union unverändert hoch und liegt seit den 70er Jahren bei deutlich über 70 % (2015: ca. 74 %). In China dagegen haben sich die CrMn Austenite mit am stärksten entwickelt. Ihr Anteil an der chinesischen Rohstahlerzeugung betrug 2015 gut 32 %, während circa 50 % der Erzeugung hoch-nickelhaltig in Form CrNi (300er Serie) war.

---

1 Die Bezeichnungen 200 / 300 / 400er Serie erfolgt in Analogie zur im weltweiten Markt am häufigsten verbreiteten amerikanischen SAE Bezeichnungen.

Tabelle 2) Typische chemische Zusammensetzung ausgewählter RSH-Stähle und Legierungsgruppen

Stahlgruppe /-sorte		Zusammensetzung, in Gewichts-%					
		C	Cr	Ni	Mo	Mn	Weitere
Ferritische RSH-Stähle (nicht härtbar; magnetisch)							
409	1.4512	< 0,03	10,5 – 12,5	-	-	-	Ti
3Cr12	1.4003	< 0,03	10,5 – 12,5	0,3 – 1,0	-	-	-
430	1.4016	< 0,08	16,0 – 18,0	-	-	-	-
444	1.4521	< 0,025	17,0 – 20,0	-	1,8 – 2,5	-	Ti
Martensitische RSH-Stähle (härtbar)							
410	1.4006	< 0,15	11,5 – 13,5	-	-	-	-
420	1.4021	0,16 – 0,25	12,0 – 14,0	-	-	-	-
CrNi Austenite (nicht härtbar; nicht-magnetisch)							
304	1.4301	< 0,07	17,5 – 19,5	8,0 – 10,5	-	-	-
316	1.4401	< 0,07	16,5 – 18,5	10,0 – 13,0	2,0 – 2,5	-	-
904L	1.4539	< 0,02	19,0 – 21,0	24,0 – 26,0	4,0 – 5,0	-	-
254SMO	1.4547	< 0,02	19,5 – 21,5	17,5 – 18,5	6,0 – 7,0	-	N
CrMn Austenite (nicht härtbar; nicht-magnetisch)							
Low Ni	-	< 0,10	< 16,0	< 2,0	-	8,5 – 10,0	N, Cu
201	1.4372	< 0,15	16,0 – 18,0	3,5 – 5,5	-	5,5 – 7,5	N
202	1.4373	< 0,15	17,0 – 19,0	4,0 – 6,0	-	7,5 – 10,0	N
Ferritisch-Austenitische / Duplex (nicht härtbar; magnetisch)							
LDX2101	1.4162	< 0,03	21,5	1,5	0,1 – 0,8	5	N
2205	1.4462	< 0,02	21,0 – 23,0	4,5 – 6,5	2,5 – 3,5	-	N

3.3 PROZESSE ZUR RSH-ROHSTAHLERZEUGUNG

Die Prozesse zur Erzeugung von rost-, säure- und hitzebeständigen Stählen basieren, von einigen Ausnahmen abgesehen, auf denen zur Elektrostahlerzeugung [j, k, l, m]. Stand der heutigen Technik sind zwei- bzw. dreistufige Verfahren:

- **Stufe 1:** Einschmelzen von Schrott und weiteren Einsatzlegierungen in einem Elektro-Lichtbogenofen (E lectric A rc F urnace / EAF) oder Induktionsofen (I nduction F urnace / IF)

- **Stufe 2:** Sekundärmetallurgische Behandlung: Entkohlen und Feineinstellung der Stahlzusammensetzung (z. B. im A rgon O xygen D ecarburisation / AOD Konverter)

- **Stufe 3 (optional):** Sekundärmetallurgische Behandlung unter Vakuum (z. B. im V acuum O xygen D ecarburisation / VOD Konverter)

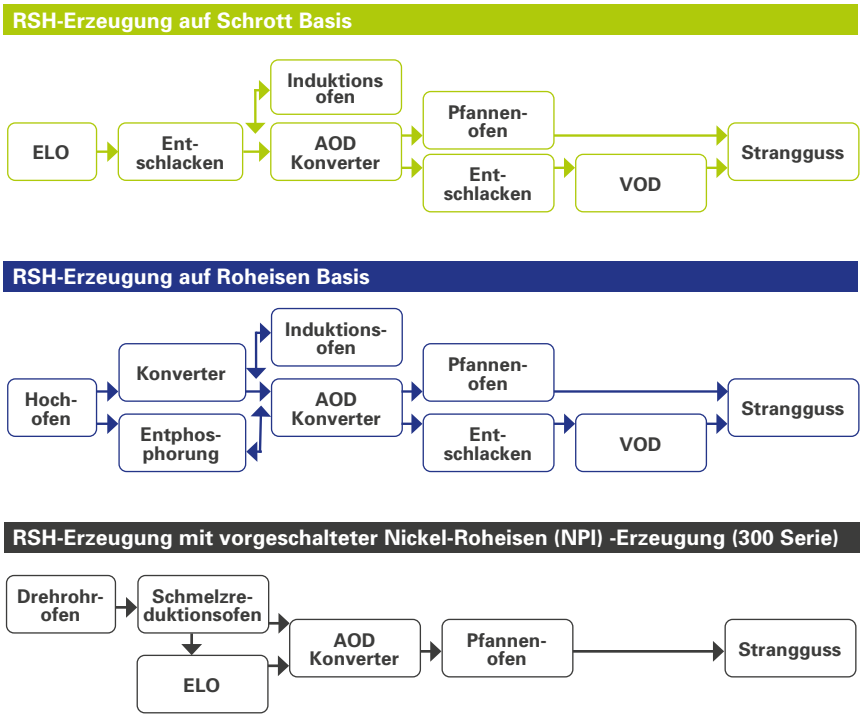
Primat dieses Prozessschrittes ist, die Verschlackung von Chrom möglichst gering zu erhalten. Das erste Verfahren, in dem die Schlackenverluste von Chrom ausreichend gewährleistet werden konnte, war das sogenannte AOD-Verfahren. Dieses ist heute auch das am häufigsten verwendete Aggregat in der Erzeugung von höherlegierten / RSH-Stahlschmelzen. Die Kombination aus EAF / IF und AOD Konverter wird als „Duplex"-Route bezeichnet. In Kombination z. B. mit einer Vakuumanlage (o. ä. Aggregat) können u. a. Kohlenstoffgehalte weiter abgesenkt werden und reinere Schmelzen erstellt werden. In diesem Falle wird von einer „Triplex"-Route gesprochen.

Grundsätzlich jedoch ist die Entscheidung über die Erzeugungsroute abhängig von a) der Rohstoffverfügbarkeit, und diesbezüglich auch dem Verhältnis zwischen Sekundärrohstoffen und Primärlegierungsmitteln, sowie b) dem Werkstoff / Güten- und Produktportfolio des entsprechenden Werkes.

Einige typische Prozessrouten zur Herstellung von rost-, säure- und hitzebeständigen Stählen sind in **Grafik 5** dargestellt.

In den letzten zehn Jahren hat sich ausschließlich in China ein Verfahren etabliert, in dem der Erschmelzung des Stahls und der Sekundärmetallurgie die Erzeugung eines nickelhaltigen Roheisens, dem so genannten „Nickel Pig Iron" (NPI) vorgeschaltet ist.

Diese Prozessroute kommt fast gänzlich ohne den Einsatz von Sekundärrohstoffen aus, ist jedoch abhängig von der Verfügbarkeit entsprechender Nickelerze, die ihrerseits nur in Ländern wie den Philippinen, Indonesien oder Neukaledonien, bergmännisch gewonnen werden können. Der Einsatz von Sekundärrohstoffen und somit legierten Schrotten ist dagegen in den meisten anderen RSH-Stahl produzierenden Ländern „die Norm“. Insbesondere auf diese wird im Rahmen dieses Beitrages weiter eingegangen.



Grafik 5) Typische Verfahrensrouten zur Erzeugung von RSH-Stählen: a) Schrott-basierte Route, b) Route unter Einsatz von flüssigem Roheisen, c) Route mit vorgeschalteter Nickel-Roheisen (NPI) Erzeugung

4. DAS RECYCLING VON RSH-SCHROTTEN

Die Gründe für das Recycling von legierten Stahlschrotten und vor allem für RSH-Schrotte sind vielfältig [n, o]:

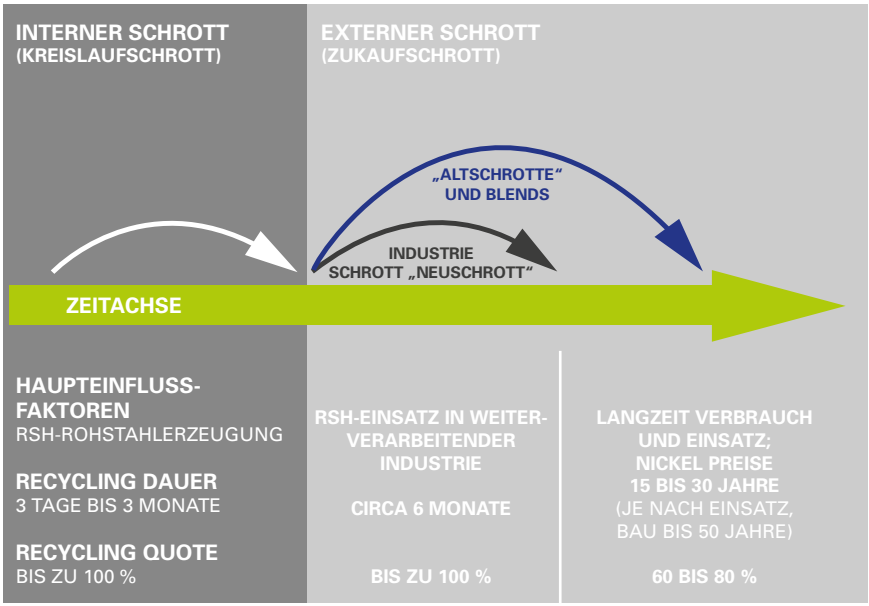
- Legierte Schrotte und insbesondere RSH-Schrotte enthalten neben Eisen weitere wertvolle, rückgewinnbare Metalle (Nickel, Molybdän, Chrom, …)
- Aus Sicht der Edelstahlwerke ist der Einsatz von legierten Stahlschrotten – in Abhängigkeit von der jeweiligen Marktlage – ebenfalls attraktiv, vor allem als wesentlicher Nickelträger
- Durch Verringerung des Energieeinsatzes und der Prozesszeiten wird die Produktivität gesteigert
- Hochlegierte, austenitische RSH-Schrotte sind vergleichsweise leicht identifizierbar
- Der Recyclingprozess ist fast gänzlich „funktional", d. h. es gibt in der Regel kein „down-cycling". Oder mit anderen Worten: die Sammlung und Aufbereitung von RSH-Schrotten dient ausschließlich der Erzeugung von neuen RSH-Stählen und Produkten
- In der Gesamtheit reduziert der Einsatz von legierten und RSH-Schrotten den ökologischen Fußabdruck durch eine erhebliche Reduzierung des CO_2-Ausstoßes

4.1 HERKUNFT LEGIERTER STAHLSCHROTTE

Aus Sicht der RSH-Stahlindustrie wird bei legierten Stahlschrotten zwischen internen, so genannten Kreislaufschrotten, und externen Schrotten, dem Zukaufschrott unterschieden. In letzterem Fall spielt es vor allem aus Sicht des Schrottverarbeiters eine Rolle, ob es sich um sogenannte Neu- oder Altschrotte handelt. Diese unterscheiden ferner zwischen:

- Rücklaufschrott, der bei Schmelzbetrieben im Produktionskreislauf aussortiert wird
- Produktionsschrott, der direkt bei den produzierenden Betrieben z. B. als Stanzreste oder Fehlproduktionen gesammelt und abtransportiert wird
- Neuprodukte, die aus Insolvenzmassen veräußert werden
- Sammelschrott, der von Kleinstlieferanten angeliefert oder bei mittelständischen Unternehmen in größeren Mengen zugekauft wird
- Abbruchschrott, der bei Rückbauten von Industrieanlagen wie z. B. Lebensmittel- oder Chemieanlagen anfällt
- Verschleißschrott, der zum Beispiel in der Luftfahrtindustrie anfällt

Ebenso relevant für den Markt und schließlich das Aufkommen bzw. die Verfügbareit an Schrotten, siehe hierzu auch Abschnitt 5 in diesem Beitrag, sind Faktoren wie Recycling-Dauer bzw. -Zeiträume und entsprechende Quoten.



Grafik 6) Schrottzyklen im legierten Stahlschrott [9]

Regulativ für die internen Schrotte ist die RSH-Produktion, wobei davon auszugehen ist, dass der Recyclingzeitraum entsprechend kurz und die Recyclingquote bis zu 100 % betragen kann. Anzumerken ist, dass die Wiederaufbereitung von diversen stahlwerkstypischen Rückständen, wie Schlacken, Schleifstäube, Beizrückstände oder Filterstäube in erheblichem Maße an Bedeutung gewonnen hat.

Bei den externen Schrotten wird dagegen zwischen Neu- und Altschrotten unterschieden: während erste primär von der weiterverarbeitenden Industrie abhängen, sind letztere eine Funktion des historischen Verbrauchs, des Einsatzgebietes, sowie Markt-relevanten Größen und Preisen. Kann bei Neuschrotten die Recyclingquote wiederum bis zu 100 % betragen, so ist bei Altschrotten die Recyclingquote (bezogen auf den historischen Verbrauch) deutlich niedriger.

Ein 100 % Recycling ist auch gar nicht möglich: zum einen gibt es über den Zeitraum der Nutzung hinweg gewisse Verluste, indem Material den Kreislauf verlässt und im schlechtesten Falle z. B. deponiert wird. Zum anderen liegt es aber auch an der Langlebigkeit des Produktes Edelstahl. Vor allem Material, welches im architektonischen Bereich Verwendung gefunden hat (Beispiel Chrysler Building in New York, Baubeginn 1928 (!)), steht zum Teil noch gar nicht für das Recycling zur Verfügung.

4.2 EINSATZ VON LEGIERTEN STAHLSCHROTTEN IN DER RSH-STAHLINDUSTRIE

Der Einsatz von legierten Stahlschrotten in einem Stahlwerk folgt dem jeweiligen Produktionsprogramm und den technischen / wirtschaftlichen Ansprüchen bzw. Zielsetzungen des Werkes. Haupt-Aggregat für den Schrotteinsatz ist der Elektrolichtbogenofen (ELO, siehe auch **Grafik 7**). Die maximale Schrottquote kann bis zu 100 % des Chargengewichtes betragen, wobei neben den hier besprochenen legierten Schrotten auch unlegierter Stahlschrott eingesetzt wird.

Allerdings bestimmen der Markt und seine Gegebenheiten hinsichtlich Preis und Verfügbarkeit von Sekundär- und Primärrohstoffen den letztlich individuell eingestellten Rohstoffmix. Das Stahlwerk kann dabei auf eine Vielzahl verschiedener Einsatzstoffe zurückgreifen, wie **Grafik 7** schematisch zeigt.

PROZESS ZUR RSH-STAHLERZEUGUNG *(ELO, IF, AOD, VOD)*		
PRIMÄRLEGIERUNGEN	**SCHROTTE UND KREISLAUFSTOFFE**	**ZUSCHLÄGE**
CHROM *Charge Cr, HC, MC, LC FeCr; FeSiCr*	**INTERNER EIGENSCHROTT**	**KOHLENSTOFFTRÄGER**
NICKEL *FeNi, Nickel Metall, Nickel Roheisen (NPI)*	**KREISLAUFSTOFFE**	**KALK**
MOLYBDÄN *Mo-oxide, FeMo*	**EXTERNER LEGIERTER SCHROTT**	**FLUSSSPAT**
WEITERE *SiMn, Mn, Speziallegierungen, etc.*	**UNLEGIERTER STAHLSCHROTT**	

Grafik 7) Einsatzstoffe für die Produktion von RSH-Stählen

Die für die Zusammensetzung des Rohstoffmixes entscheidenden Faktoren unterscheiden sich deutlich von Region zu Region und Werk zu Werk. Zu den technischen Anforderungen gehören unter anderem:

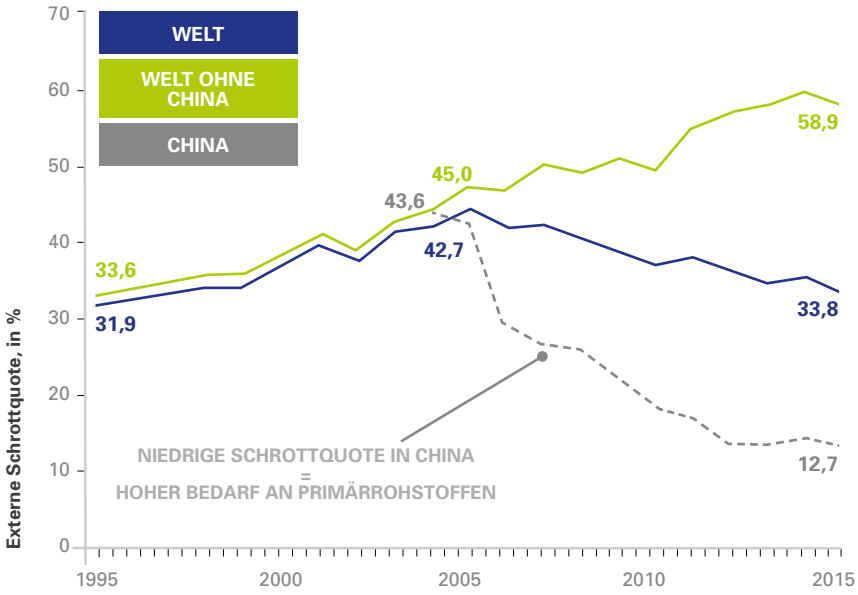
- Chemische Zusammensetzung
- Physikalische Eigenschaften, wie z. B. Größe, Form, Schüttdichte

Die wirtschaftlichen Aspekte zielen auf

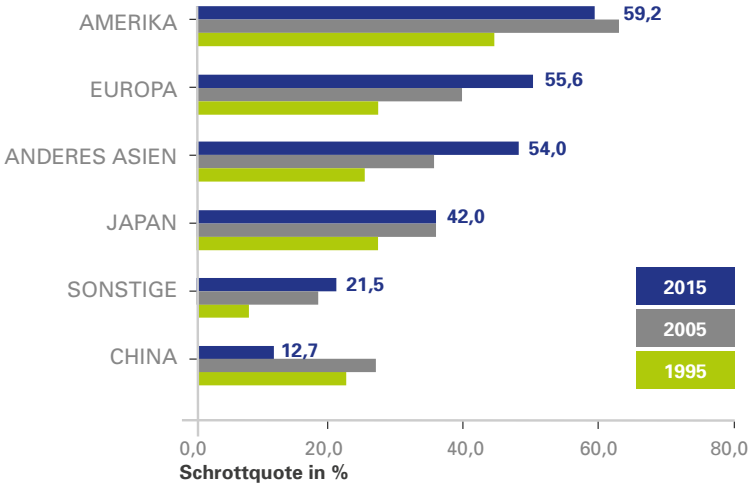
- Verfügbarkeit des Rohstoffes
- Preis des Rohstoffes sowie sein
- Gebrauchswert („value in use“) in der gesamtheitlichen Chargen-Kalkulation

Schaut man auf den externen Schrotteinsatz, lässt sich über einen längeren Zeitraum betrachtet feststellen, dass – mit Ausnahme Chinas – ihr Einsatz in der RSH-Stahlindustrie deutlich zugenommen hat.

Als Grad der Messung dient hier die sogenannte „externe Schrotteinsatzquote“, die sich aus dem Verhältnis Menge externer, legierter Zukaufschrotte zu Rohstahlerzeugung ergibt.



Grafik 8a) Entwicklung der durchschnittlichen externen Schrottquote (300 Serie)



Grafik 8b) Regionale Unterschiede in der Quote für Zukaufschrott (300 Serie) [9, p]

In **Grafik 8a** und **8b** ist die langfristige Entwicklung der externen Schrotteinsatzquote in der Erzeugung von RSH-Stählen der 300 Serie dargestellt. Zu erkennen ist, dass diese in der Periode 1995 bis 2005 – weltweit – deutlich zugenommen hat und im Durchschnitt in 2005 ca. 43 % erreichte.

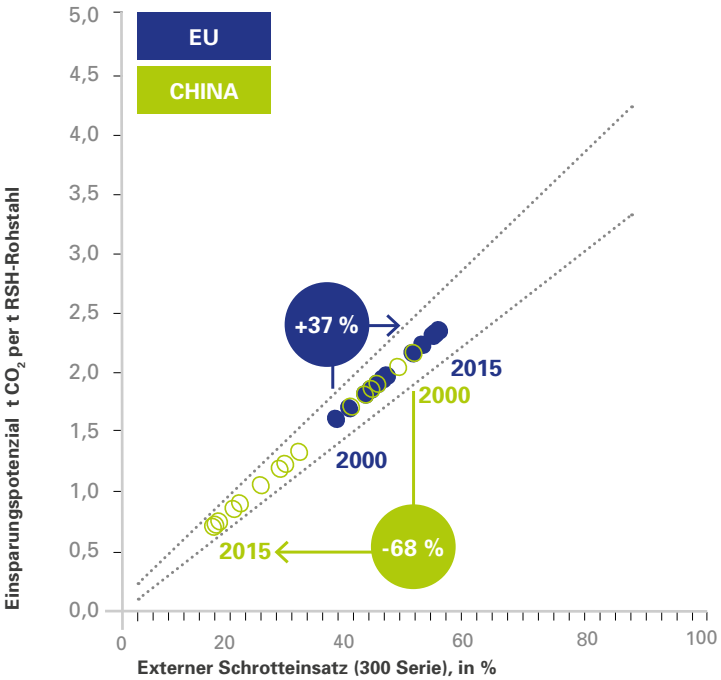
In den Folgejahren dagegen, nahm die weltweite durchschnittliche Schrotteinsatzquote wieder ab, als direkte Folge des fallenden externen Schrotteinsatzes in China , welcher nicht durch einen kontinuierlichen Anstieg des Schrotteinsatz in den anderen produzierenden Ländern kompensiert werden konnte.

Diese Entwicklung veranschaulicht deutlich den Einfluss der wirtschaftlichen Komponente des Rohstoffeinsatzes in der RSH-Stahlindustrie: In Ermangelung einer ausreichenden, lokalen Schrottreserve und –verfügbarkeit sowie aufgrund eines schnell wachsenden Angebots an Primärlegierungen und vor allem an dem zuvor beschriebenen Nickel-Roheisen (NPI), änderte sich der Rohstoffeinsatz durch den relativen und absoluten Einfluss der RSH-Produktion in China entsprechend.

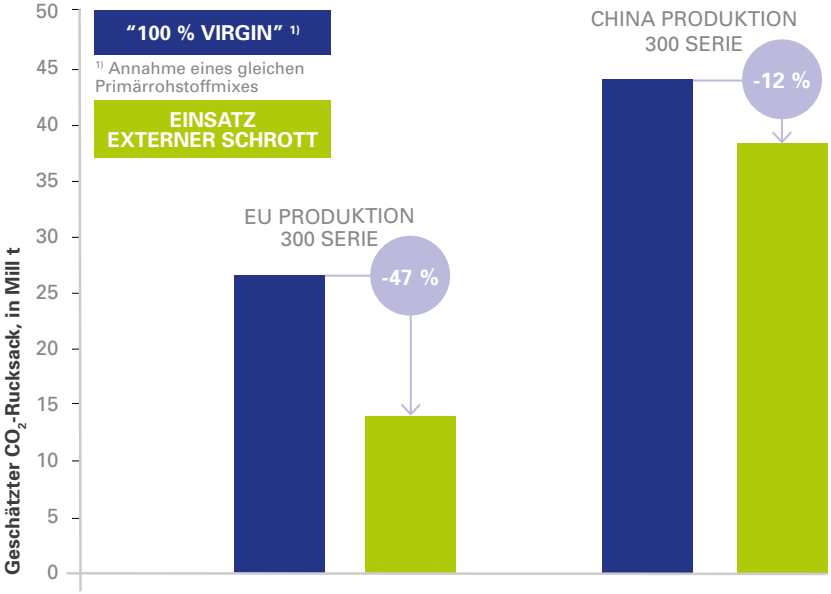
***2** Im Jahr 2005 lag Chinas externe Schrottquote in der Erzeugung der 300 Serie bei circa 42 %, dies entspricht einer Menge von circa 0.8 Mio t legierter Stahlschrott. Zwar hat sich diese Menge bis 2015 absolut auf 1.4 Mio t erhöht, der Anstieg der Rohstahlerzeugung fiel aber ungleich größer aus, so dass die Quote auf unter 13 % gefallen ist.*

4.3 KLIMASCHUTZPOTENZIALE DES RECYCLINGS VON LEGIERTEN SCHROTTEN

In diesem Zusammenhang ist einleitend anzumerken, dass durch das Recycling von legierten Stahlschrotten, inklusive sogenannter Blends, erhebliche Klimaschutzpotenziale umgesetzt werden können. Durch den Einsatz des Sekundärrohstoffs Edelstahlschrott können bei der Herstellung von neuen Edelstählen mittelfristig jährlich CO_2-Emissionen in der Größenordnung eingespart werden, die eine Megastadt von mehr als 10 Millionen Menschen oder ein Land wie Belgien produziert.



Grafik 9a) Einsparungspotenzial von Treibhausgasen durch Einsatz legierter Schrotte: Spezifisches Potenzial versus Umsetzung in der EU und China im Zeitraum 2000 bis 2015



Grafik 9b) Errechnete Einsparung durchschnittliche Jahresmenge für die Periode 2011 – 2015 in Europa und China [3] Eigene Berechnungen auf Basis [n, q, r]

Wissenschaftliche Studien [n, q, r] zeigen, wie viel an umweltschädlichem CO_2 eingespart werden kann, wenn neuer Edelstahl überwiegend aus hochwertigen Edelstahlschrotten und nicht oder nur teilweise aus Primärrohstoffen erzeugt wird. Derzeit kommen weltweit durchschnittlich 50 % Edelstahlschrott [4] bei der Produktion neuer Edelstahlprodukte zum Einsatz. Allerdings gibt es regional erhebliche Unterschiede. So sind die Quoten in Europa, den USA und „Old Asia" (Japan, Südkorea, Taiwan) durchweg höher als der Durchschnitt, während die Quoten in China, durch einen überwiegenden Einsatz von Primärrohstoffen und eine Produktion über die NPI-Route wesentlich niedriger sind, siehe hierzu auch Abschnitt 3.3. .

---

3 *Der Berechnung liegt die Annahme zugrunde, dass in China und der EU die gleichen Primärrohstoffe eingesetzt werden. In Realität kommt in China jedoch das bereits erwähnte Nickel-Roheisen zum Einsatz, welches ein zweifach so hohes CO_2-Äquivalent pro Tonne aufweist als das in der EU eingesetzte Ferronickel, siehe: Reuter, M.A.; Schaik van A.; Gediga, J.: Simulation-based design for resources efficiency of metal production and recycling systems: cases – copper production and recycling e-waste (LED lamps) and nickel pig iron; Int J Life Cycle Assess (2015), 20:671-693*

---

4 *In 2015 betrug der Schrotteinsatz bestehend aus internem Kreislaufschrott und externem Zukaufschrott bei der Erzeugung von RSH-Stahl der 300er Serie 48.5 %; bezogen auf den Gesamtmarkt liegt dieser Wert bei ca. 37 %.*

Insofern ergibt sich auch ein deutlicher Unterschied bei der Emission von Treibhausgasen in Abhängigkeit davon, ob die Produktion der Edelstähle in sehr positivem Sinne schrottintensiv in Europa oder unter umweltpolitisch fragwürdigen Bedingungen in China erfolgt, wie **Grafik 9a** und **9b** zeigen.

Zur Erreichung einer weltweit insgesamt höheren Schrotteinsatzquote ist es erforderlich, dass die Sekundärrohstoffreserven an Edelstahl durch moderne Verfahren wie das Blending, der Herstellung einer den Kundenwünschen entsprechenden Rohstoffmischung aus den verschiedensten legierten Schrottsorten, besser genutzt werden. Diese für die jeweiligen Edelstahlproduzenten individuell abgestimmten Sekundärrohstoffmischungen ersetzen vor allem Primärrohstoffe wie Ferronickel, Ferrochrom und Molybdän.

Letztlich kann das verfügbare Sekundärrohstoffvolumen zur Herstellung hochwertiger neuer Edelstähle durch derartige Verfahren deutlich erhöht werden.

Hohes Potenzial für eine optimale Nutzung des Sekundärrohstoffs Edelstahlschrott und damit der Edelstahlschrottreserven wird vor allem weltweit, aber auch in Deutschland gesehen.

4.4 TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN LEGIERTE SCHROTTE

An die legierten Schrotte zum Einsatz als Rohstoffe in der Stahlindustrie werden erhebliche qualitative Anforderungen gestellt. Damit kommt dem Prozess des gezielten Aufkaufs beziehungsweise der Sammlung, sowie der Qualitätskontrolle und Konfektionierung der Sekundärrohstoffe in den Betrieben der Recyclingwirtschaft eine wesentliche Bedeutung für die spätere Edelstahlproduktion in den Stahlwerken und Gießereien zu. Nicht ohne Grund verfügen daher die meisten Branchenunternehmen über entsprechende Qualitätsmanagementsysteme (Total Quality Management-/ TQM-Systeme) oder Zertifizierungen wie den Entsorgungsfachbetrieb.

Tabelle 3) Typische Bestandteile eines Verkaufskontraktes

Vertragsparteien	Verkäufer: Schrotthändler / Käufer: Stahlwerk
Lieferadresse	Hafen / Containerterminal / Bahnanschluss
Lieferbedingungen	CIF, FOB, DDP (Incoterms)
Liefertermin	Just-in-time
Qualität	Cr-Ni-Schrott 18-8
Zolltarifnummer	CN 7204 2110
Preis	Preisformel für Nickel-, Chrom- und Eiseninhalt
Währung	USD (US-Dollar), Euro, ggf. andere
Analyse / Spezifikation	Cr: min 16 %, Ni: min. 7,5 %, Cu: max. 0,5 %, P: max. 0,035 %
Stückgewicht, Maße	Max. 500 kg, chargierfähig: 50 cm x 50 cm x 150 cm
Zahlungsziel	Prompt bis 30 Tage nach Lieferung
Zahlungsmethode	Akkreditiv / Letter of Credit / Überweisung
Vertragssprache	Englisch / Deutsch

In **Tabelle 3** findet sich eine Übersicht typischer Bestandteile eines Kaufvertrags über Edelstahlschrott zwischen einem Schrotthandelsunternehmen und einem Stahlwerk. Im Einzelnen spielen folgende Dimensionen in den Spezifikationen der Stahlwerke für den Einsatz von legierten Schrotten eine besondere Rolle:

- Chemische Zusammensetzung / Analyse
- Physikalische Beschaffenheit
- Sonstige Anforderungen

4.4.1 CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG / ANALYSE

Es wird im Detail definiert, welcher chemisch-metallurgische Analyse der Schrott entsprechen muss. Dabei ist zwischen den werttragenden Basis- und Legierungselementen (Hauptelemente) wie zum Beispiel Chrom, Nickel, Molybdän und Eisen einerseits sowie den mitunter unerwünschten Neben- oder Begleitelementen wie beispielsweise Kupfer, Schwefel oder Phosphor zu unterscheiden. Während für die Hauptelemente eine prozentuale Bandbreite definiert ist, in der sich der Elementgehalt der Schrotte mindestens bewegen muss, dürfen bei den Nebenelementen gewisse Grenzwerte nicht überschritten werden.

Auch liegt es im Interesse des Schrottlieferanten und des Stahlwerkskunden, dass die gelieferten Schrottmischungen möglichst homogen sind. Das ist durchaus eine Herausforderung und ist geradezu das besondere Know-how der spezialisierten Unternehmen, da bekanntlich die Analysen der unter verschiedenen Werkstoffnummern normierten Stähle mitunter erheblich variieren. Exemplarisch findet sich in **Tabelle 4** eine Zusammenfassung der typischen chemisch-analytischen Anforderungen.

Tabelle 4) Analysebereich und maximal zulässige Begleitelemente für legierte Stahlschrotte zur Erschmelzung von 304 / 1.4301 und 316 / 1.4401 [s]

Element	Anforderung 18 / 8 - 304 - 1.4301 Blend in Gewichts-%	Anforderung 18 / 10 / 2 - 316 - 1.4401 Blend in Gewichts-%
Cr	**16,0 – 16,5**	**15,0 – 17,0**
Ni	**7,5 – 9,5**	**9,0 – 12,0**
Mo	**max 0,50**	**1,7 – 2,2**
Cu	max	0,400
P	max	0,035
S	max	0,035
Mn	max	1,200
W	max	0,100
Co	max	0,300
As	max	0,050
B	max	0,001
Nb	max	0,050
Pb	max	0,0005
Sb	max	0,003
Bi	max	0,0001
Se	max	0,003
Sn	max	0,050
V	max	0,200
Zr	max	0,050

4.4.2 PHYSIKALISCHE BESCHAFFENHEIT

Über die Analytik hinaus müssen die Schrotte hinsichtlich Abmessungen und Gewicht für einen Einsatz als Rohstoff im Stahlwerk geeignet sein. Auch wenn im Einzelfall die genauen Abmessungen und Gewichte letztlich durch die Technik und vor allem auch die Größe der individuellen Schmelzaggregate bzw. Öfen maßgeblich bestimmt werden, haben sich in der Praxis gewisse Standards herausgebildet, die sich in den meisten Kaufverträgen für legierten Schrott wiederfinden.

Man spricht in diesem Zusammenhang auch von der Chargierfähigkeit. So darf das Stückgewicht – das heißt, das Gewicht eines jeden einzelnen Stücks Schrott einer Lieferung – in der Regel 500 kg (Kilogramm) nicht überschreiten. Andererseits darf aber der Schrott auch nicht zu leicht und voluminös sein. Bei zu niedrigen, so genannten Schüttgewichten, wird das Volumen des Stahlwerksofens nicht optimal ausgenutzt und es muss während des Schmelzvorgangs zu weiteren Befüllungen / Chargierungen des Ofens kommen. Ebenso wichtig sind die Chargiermaße, die sicherstellen, dass der Schrott auch durch die Deckelöffnung des Stahlwerksofens passt.
Die Maximalgröße beträgt üblicherweise 50 cm x 50 cm x 150 cm.

4.4.3 SONSTIGE ANFORDERUNGEN

Schrott muss sauber sein. Daher ist es eine vertragliche Anforderung, dass der Schrott frei von allen organischen oder anorganischen Anhaftungen oder Rückständen ist. Nichtmetallische Anteile sind unerwünscht. Auch die Freiheit von ionisierenden Bestandteilen sowie geschlossenen Hohl- und Sprengkörpern ist zu beachten. Sprengkörper waren vor allem nach Ende des Zweiten Weltkriegs ein Problem, da in erheblichem Umfang metallische Munition und Granaten im Umlauf waren. Entscheidende Zielsetzung der Bemühungen der Recyclingbetriebe ist es, in diesem Zusammenhang sämtliche, in welcher Form auch immer, gesundheits- oder umweltschädlichen Stoffe aus dem Recyclingkreislauf herauszuhalten oder zu isolieren. Damit übernimmt die Recyclingwirtschaft auch eine nicht unerhebliche gesellschaftliche Aufgabe bzw. Funktion.

5. SAMMLUNG UND AUFBEREITUNG VON RSH-SCHROTTEN

5. SAMMLUNG UND AUFBEREITUNG VON RSH-SCHROTTEN

In Ergänzung zu den einleitend gemachten Angaben zum Recyclingkreislauf, die vor allem einem Gesamtüberblick dienen, soll nachfolgend noch detaillierter auf die wesentlichen Kernaktivitäten des Edelstahlrecyclings eingegangen werden. Diese sind in der nachfolgend abgebildeten Wertschöpfungskette, ausgehend von den Lieferanten, über die Kernfunktionen Einkauf, Aufbereitung und Blending sowie Verkauf und Logistik bis hin zu den Kunden zusammengefasst und werden nachfolgend im Detail beschrieben.

5.1 EINKAUF

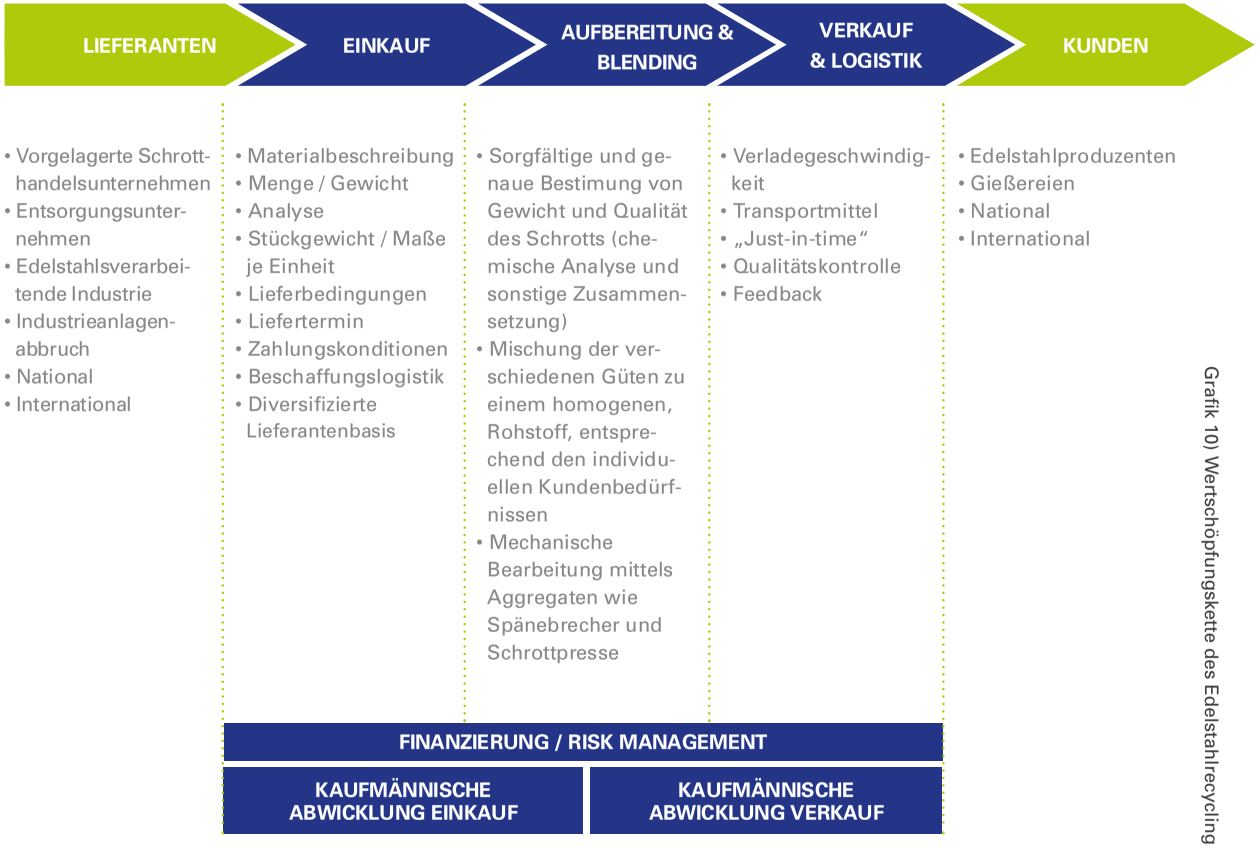
Die Edelstahlrecyclingunternehmen kaufen die Schrotte national und international von einem breiten Netzwerk von Lieferanten. Am Ende der Handelskette stehen die so genannten „Processors“, die aus den verschiedenen Schrottgüten eine, für die Edelstahlproduzenten einsetzbare Rohstoffmischung herstellen. Der Wettbewerb zwischen den Edelstahlrecyclingunternehmen ist intensiv und findet sehr wesentlich auf der Einkaufsseite, um den begehrten und bezogen auf die unmittelbare Verfügbarkeit knappen Sekundärrohstoff Edelstahlschrott, statt. Auf der Absatzseite gibt es aufgrund der ökonomischen und ökologischen Vorteile in der Regel immer einen interessierten Abnehmer.

Dabei gibt es, wie zuvor beschrieben, nicht nur den einen Edelstahlschrott sondern zahlreiche, verschiedene Legierungen und deren entsprechende Schrotte, die für die Produktion von (austenitischen) Edelstählen von Bedeutung sind. Aufgrund des hohen Materialwerts, sind die Transportkosten, anders als bei den unlegierten Stahlschrotten, eher von einer geringeren Bedeutung. Der Einkaufsprozess dreht sich dabei vor allem um die in der folgenden **Grafik 10** aufgeführten Parameter und Aktivitäten, aber auch um die Preispolitik, die Identifikation von neuen Lieferquellen sowie um das Portfolio der Einkäufe insgesamt. Die Formulierung der Einkaufsstrategie ist eine Managementaufgabe, die allerdings täglich und unter den Beteiligten operationalisiert werden muss. Unter anderem sind auch die Bereiche Lagerbetrieb und Verkauf entsprechend zu involvieren und zu vernetzen.

5. SAMMLUNG UND AUFBEREITUNG VON RSH-SCHROTTEN

Der Einkauf findet, nachdem man eine entsprechende Verbindung durch gegenseitige persönliche Besuche und Treffen begründet hat, vorwiegend und damit ähnlich wie im Handel von Aktien, Devisen oder andern börsengehandelten Produkten, telefonisch statt. Das Vertrauen und die Zufriedenheit in der bestehenden Beziehung zwischen Lieferant und Abnehmer sind ein wesentlicher Erfolgsfaktor zur Sicherstellung eines langfristig, stabilen Schrottbezugs. Insofern handelt es sich um ein sehr traditionelles Handelsgeschäft nach alten Kaufmannstraditionen, bei denen das gesprochene Wort häufig mindestens genauso viel zählt, wie die heute üblichen schriftlichen Verträge und Bestätigungen.

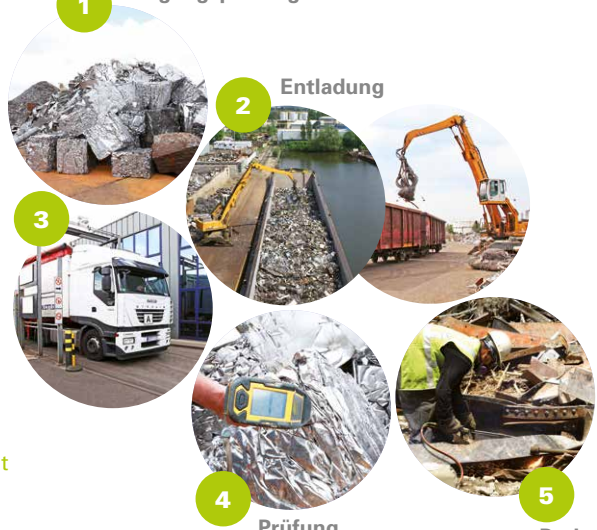
In aller Regel handelt es sich bei den Geschäften unter Händlern um sogenannte Spotgeschäfte zu einem festen Preis für eine bestimmte Menge und Qualität. Langfristige Rahmenvereinbarungen sind im Handel eher unüblich und finden sich eher in der Entsorgung von so genannten Entfallstellen, wo neue Schrotte und Produktionsausschuss im Rahmen der Fertigung von Edelstahlprodukten anfällt. Die durch die Einkäufer / Händler abgeschlossen Einkäufe führen zu einer entsprechenden administrativen Dokumentation und Abwicklung durch das Backoffice bzw. den Innendienst. Ebenso entsteht im Zeitpunkt des Einkaufs üblicherweise auch das Risiko für das Unternehmen hinsichtlich Schwankungen der Rohstoffpreise und Devisenkurse, welches durch die Riskomanagementfunktion des jeweiligen Unternehmens gesteuert werden muss (vgl. hierzu Abschnitt 6).



Grafik 10) Wertschöpfungskette des Edelstahlrecyclings

5. SAMMLUNG UND AUFBEREITUNG VON RSH-SCHROTTEN

PROZESS



Grafik 11a) Prozess-Ablauf Wareneingang

5.2 AUFBEREITUNG UND BLENDING

Im Rahmen des Prozessschritts Aufbereitung und des Blending (engl. für Mischen) wird der Edelstahlschrott gewogen, analysiert, mechanisch bearbeitet und gemischt bzw. geblendet. Ist es in den vorgelagerten Handelsstufen und im Wareneingang entscheidend, den Schrott möglichst zu sortieren und zu sortenrein handeln, kommt es auf der Stufe der so genannten „Processors“ oder Werkslieferanten dazu, dass die Schrotte der unterschiedlichsten Edelstahlwerkstoffe in einem kontrollierten Prozess zu einem den Kundenbedürfnissen entsprechenden Blend gemischt werden. Vor der Aufbereitung steht der Wareneingang und die Prüfung an, siehe **Grafik 11a** und **11b**.



Grafik 11b) Probenahme

Die Verwiegung findet unmittelbar bei der Anlieferung auf dem Lager statt und wird mittels entsprechend geeichter und für die Transportmittel geeignete Waagen durchgeführt. Der Schrott wird ebenfalls auf radiologische Auffälligkeiten untersucht sowie auf sonstige Verunreinigungen mit metallischen und nichtmetallischen Elementen.

Es folgen eine Sichtprüfung, die Vorprüfung mit mobilen Analysegeräten sowie gegebenenfalls eine Probenahme mittels Trennschleifer. Das Material wird eingeschmolzen und zu Probeblöcken gegossen. Auch für die weitere Analyse ist der Einsatz von technischen Hilfsmitteln notwendig. Mit einem Magnet können ferritische (magnetische) und austenitische (unmagnetische) Materialien sortiert werden. Der Röntgenfluoreszenzanalysator oder ein Spektralanalysegerät dienen der exakten Bestimmung der Legierungselemente. So können die Werkstoffe unterschieden und falls nötig voneinander getrennt werden.

5. SAMMLUNG UND AUFBEREITUNG VON RSH-SCHROTTEN

Bei der Handsortierung wird der Schrott durch Unterschiede in Optik und spezifischem Gewicht getrennt. Bei der Baggersortierung werden unterschiedliche Schrottarten durch vorherige Markierung oder den Einsatz eines Magneten voneinander getrennt. Die Schrottpresse verarbeitet homogene, aber voluminöse Ware zu gewichts- und raumoptimierten Paketen, **Grafik 12**. Eine Schredderanlage trennt Verbundwerkstoffe und wirft diese in zerkleinerten Fraktionen aus, während eine Schrottschere die Ware auf fest definierte Maße bringt.



Grafik 12) Aufbereitung von legiertem Stahlschrott: Sortierter Schrott (oben) und gepresste Schrottpakete (unten)[1]

Die Erfahrung der Betriebsleitung sowie des Lagerpersonals spielen für die Genauigkeit der Analysen eine nicht unerhebliche Rolle. Der Blendingprozess geht dabei über ein reines Mischen zum Erreichen einer homogenen, kundenspezifischen Analyse weit hinaus. Auch die mechanische Bearbeitung, wie vorstehend beschrieben, spielt hinsichtlich Maße, Stückgewichte und sonstige physikalische Eigenschaften eine entscheidende Rolle.

Während also Neu- und Altschrott die Bestandteile oder Inputmaterialien der Blends darstellen, ist der Blend schließlich das fertige, neue Produkt zum unmittelbaren Einsatz als Rohstoff im Schmelzprozess eines Edelstahlwerks. Insofern handelt es sich auch nicht nur um eine reine Handelstätigkeit, sondern um eine Geschäftsaktivität mit erheblichem Wertschöpfungsanteil.

Unter Blending versteht man also die Aufwertung von Sekundärrohstoffen durch Mischen von verschiedenen Edelstahlschrotten zum Einsatz in Elektrostahlwerken im Lichtbogenprozess. Diese ersetzen dann Primärrohstoffe, wie zum Beispiel Ferronickel, Ferrochrom und Ferromolybdän.

5.3 VERKAUF UND LOGISTIK

Der Prozess auf der Absatzseite umfasst die Auswahl und Betreuung der Kunden sowie die Preispolitik auf der Absatzseite. Zielsetzung ist es, ein Gleichgewicht zwischen Schrottverfügbarkeit und Kundenbedarf zu schaffen. Der Verkauf ist inzwischen eher von kurzfristigen, monatlichen Verträgen geprägt, als von mittel- bis langfristigen Rahmenverträgen, die heute eher die Ausnahme darstellen. Die in diesem Zusammenhang bestehenden Kunden-/Lieferantenbeziehungen sind jedoch äußerst langfristig und stabil. In den vorgelagerten Handelsstufen handelt es sich in aller Regel um Einzelgeschäfte zu Festpreisen. Mit den Stahlwerken und im Geschäft mit Entfallstellen kommen häufig auch Preisformeln, die sich an entsprechend akzeptierten und publizierten Preisreferenzen orientieren, zur Anwendung. Neben dem Preis spielen natürlich auch die sonstigen Lieferbedingungen eine wichtige Rolle. So ist zum Beispiel die Incoterms-Lieferbedingung CIF („Cost, Insurance and Freight“/“Kosten, Versicherung und Fracht“) im internationalen Containergeschäft üblich. Über die Auswahl und Disposition der geeigneten Transportmittel wie Schiff, Eisenbahnwaggons oder Container wird nicht nur die Verladegeschwindigkeit beeinflusst, sondern die heute übliche Just-in-time-Belieferung der Kunden erst möglich.

5.4 KAUFMÄNNISCHE ABWICKLUNG / FINANZIERUNG / RISIKOMANAGEMENT

Die Kernprozesse Einkauf, Aufbereitung und Blending sowie Verkauf und Logistik werden von den kaufmännischen Unterstützungsprozessen der administrativen Abwicklung in Einkauf und Verkauf flankiert. Nicht nur durch die regulatorische Regelungsdichte bei dem im Wesentlichen unter das Regime der Kreislauf- und Abfallwirtschaft fallenden Edelstahlrecyclings ist die Komplexität und Bedeutung nicht zu unterschätzen. Ferner spielt der Finanz- und Risikomanagementprozess eine wichtige Rolle. Auch wenn grundsätzlich viele Übereinstimmungen mit den kaufmännischen Prozessen in anderen Branchen bestehen, gibt es doch zahlreiche Besonderheiten. Zum einen wurde vorstehend schon auf die Wichtigkeit der Absicherung der Rohstoffpreise (Hedging) hingewiesen; zum anderen werden in den Unternehmen des Edelstahlrecyclings aufgrund der hohen Rohstoffwerte und Volumen nicht selten dreistellige Millionenbeträge im Einkauf und Umsatz bewegt, so dass die Firmen über entsprechend solide und umfangreiche Finanzierungsstrukturen zur Abdeckung dieses Mittelbedarfs verfügen müssen.

6. DER MARKT FÜR LEGIERTE STAHLSCHROTTE

6. DER MARKT FÜR LEGIERTE STAHLSCHROTTE

Legierter Stahlschrott wird nicht „bewusst" produziert. Stattdessen fällt legierter Stahlschrott an verschiedenen Stellen in der Wertschöpfungskette der rost-, säure- und hitzebeständigen Stähle an. Somit ist klar, dass der Markt von exogenen Größen bestimmt wird. Diese sind unter anderem:

- Die Abnehmerseite, d. h. die RSH-Stahlproduzenten und ihr jeweiliger Bedarf
- Der historische RSH-Stahlverbrauch und – einsatz in den unterschiedlichen Anwendungen verbunden mit unterschiedlichen Lebenszyklen und Recyclingquoten
- Markt-/Referenzpreise, wie z. B. der LME Nickel-Kurs

Letzterer Aspekt trägt nicht nur zum (Marktpreis)-Risiko des Rohstoffes legierter Stahlschrott bei, sondern beeinflusst aufgrund der hohen Preissensitivität des Angebots zu einem gewissen Grad auch die externe Verfügbarkeit von legiertem Stahlschrott.

6.1 PREISFINDUNG UND -ABSICHERUNG BEI RSH-SCHROTTEN

Legierte Schrotte gehören zu den bedeutendsten Rohstoffen der produzierenden Wirtschaft. Der Schrotteinsatz ist somit die kosteneffiziente und umweltverträgliche Alternative zur Edelstahlherstellung aus Erzen bzw. Primärrohstoffen. Darüber hinaus ist die Ofentechnik auf den erheblichen Schrotteinsatz optimiert, so dass Schrott zur Edelstahlherstellung aus vielen Gründen unverzichtbar ist.

Es ist daher, aufgrund der in den letzten Jahrzehnten stark gestiegenen weltweiten Edelstahlproduktion sowie der hohen Dauerhaftigkeit des Werkstoffs Edelstahl, sehr gut nachvollziehbar, dass die Nachfrage nach Schrott grundsätzlich immer größer ist, als das vorhandene Angebot. Somit hat der Rohstoff Schrott immer seinen nicht unbedeutenden Preis.

Wie **Tabelle 5** zeigt, ist der Preis für legierte Schrotte abhängig von den, in dem Schrott enthaltenen metallurgischen Elementen und dem jeweiligen Preisniveau der entsprechenden Primärrohstoffe. Das ist auch recht einleuchtend, denn im Stahlwerksofen macht es schließlich keinen Unterschied, ob zum Beispiel die Chromeinheit aus dem Edelstahlschrott oder dem Primärrohstoff Ferrochrom stammt. Qualitativ gibt es keinen Unterschied. Dennoch ist es traditionell bislang üblich, dass die Schrotte beziehungsweise Sekundärrohstoffe mit einem Preisabschlag auf die Primärrohstoffe gehandelt werden.

6. DER MARKT FÜR LEGIERTE STAHLSCHROTTE

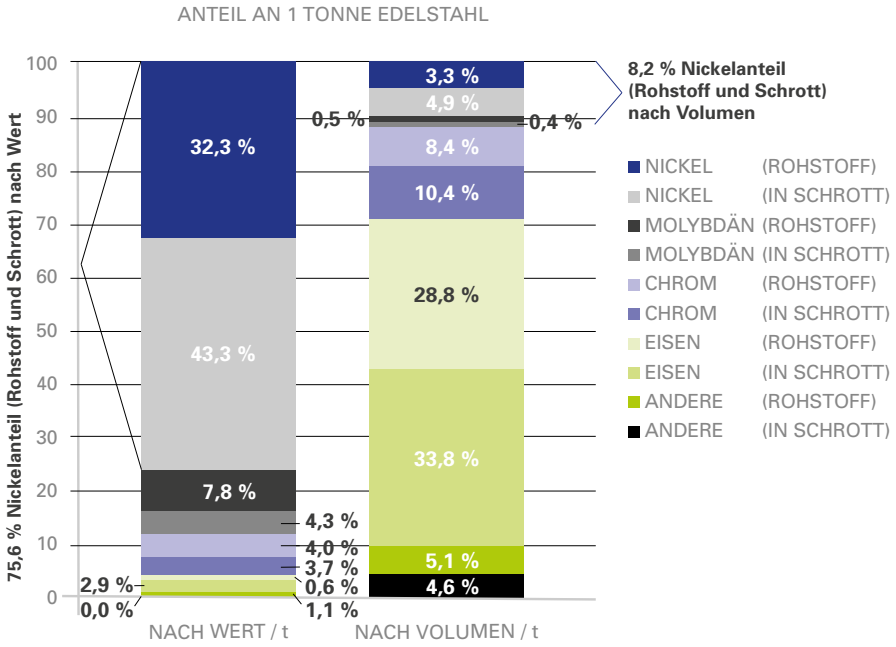
Element	Primärrohstoffe als Basis der Preisermittlung	Anteil am Wert*
FE	Preis für Stahl-/Eisenschrott der Sorte 2	ca. 12 %
CR	Südafrikanischer Produzentenpreis für Charge-Chrom	ca. 18 %
NI	Preis für Nickel an der London Metal Exchange (LME)	ca. 70 %
Bandbreite der 18 / 8-Schrottpreise der letzten Jahre: € 950,00 / Tonne bis € 2.100,00 / Tonne		

Tabelle 5) Exemplarische Preisermittlung für einen 18 / 8 – Edelstahlschrott
* Der Anteil am Wert ist abhängig vom jeweiligen Rohstoffpreisniveau

Aus **Grafik 14** ergibt sich, dass Nickel bei einem austenitischen Standardedelstahlschrott der Sorte 18 / 8 zwar vom Gewichtsvolumen her mit nur rund 8 % enthalten ist, wohl aber wertmäßig den bedeutendsten Anteil am Schrottpreis hat. Das liegt daran, dass Nickel ein verhältnismäßig seltenes und daher teures (Legierungs-) Metall ist.

Nickel ist aber nicht nur ein wertvoller Rohstoff, besonders ist auch, dass dieses Metall an Warenterminbörsen gehandelt wird. Die gegenwärtig entscheidende Börse für Industriemetalle ist die London Metal Exchange, kurz: LME, die vor beinahe 130 Jahren, im Jahr 1877 in der Londoner City gegründet wurde. Dieser Marktplatz ist ein transparentes Forum zur Bestimmung von Rohstoffpreisen über Monate und Jahre im Voraus, das den Marktteilnehmern über die angebotenen Börsenprodukte, wie Warentermingeschäfte (Futures) und Optionen, Planungssicherheit geben kann. Denn die Produkte können zur Absicherung, dem so genannten Hedging von Preisrisiken eingesetzt werden. Die LME ist der weltweit erste Handelsplatz für Industriemetalle wie Nickel, Kupfer, Zinn, Zink und Blei. Seit April 1979 gibt es dort auch einen Nickel-Future. Die an der Börse herausgebildeten Preise haben eine Referenzfunktion und sind weltweit von der Industrie anerkannt.

Seit März 2015 gibt es auch an der Shanghai Futures Exchange (SHFE) einen Nickel-Kontrakt, bei dem sich gegenwärtig noch zeigen muss, inwieweit dieser auch über das stark regulierte China hinaus eine weltweite Relevanz bekommt. Heutzutage ist diesen Börsen auch exemplarisch, dass diese nicht nur von Rohstoffproduzenten, Rohstoffverbrauchern und Rohstoffhändlern zur Absicherung genutzt werden, sondern auch von vielen, vor allem institutionellen Finanzanlegern, zur Erzielung spekulativer Erträge.



Grafik 14) Nickel als Preisfaktor für RSH-Stahl und legierte Stahlschrotte [u]

Unabhängig von der Tatsache, dass Rohstoffe über die letzten Jahre auch zu einem Finanzanlageprodukt geworden sind, waren diese Märkte im Vergleich zu wesentlichen Fremdwährungen, großen Aktientiteln oder Staatsanleihen immer schon relativ klein. Daher ist auch die Volatilität der Preise – oder mit anderen Worten, die Schwankung der Preise um einen Mittelwert – immer schon vergleichsweise hoch gewesen.

Die Volatilität für den Zeitraum eines Jahres war in der Periode 2014 bis 2016 historisch niedrig und betrug nur rund 20 %. Im Jahr 2008 hatte diese 59 % betragen. Im Mittel waren Volatilitäten zwischen 35 und 50 % die Regel. Zum Vergleich: der allgemein in der Öffentlichkeit als stark schwankend wahrgenommene USD-/Euro-Wechselkurs weist lediglich eine Schwankung von 10 % auf.

Aus **Grafik 15b**, das die Kursentwicklung des Kassakurses für Nickel an der LME zwischen dem Jahr 2005 und 2016 zeigt, lässt sich die Höhe der Kursschwankungen intuitiv gut erfassen. Der höchste Kurs in diesem Zeitraum lag bei USD 54.200, der niedrigste bei USD 7.710 pro Tonne Nickel.

6. DER MARKT FÜR LEGIERTE STAHLSCHROTTE

Aufgrund der vorstehend beschriebenen Zusammenhänge ist es verständlich, dass sich rohstoffnahe Unternehmen mit einem hohen Preisänderungsrisiko gegenüber einem oder mehreren Metallen, je nach Risikoneigung und Kapitalausstattung, gegen diese Preisveränderungen absichern möchten. Ziel ist es die preisbedingten Einflüsse auf die Profitabilität der Unternehmen zu glätten. Das ist insbesondere wichtig, als die Preisentwicklung der relevanten Primärrohstoffe durch die Recyclingunternehmen nicht beeinflusst und aufgrund der inzwischen hohen spekulativen Einflüsse auch nur sehr schwer vorhergesagt werden kann.

Die Idee der Rohstoffpreissicherung (Hedging) ist es, mögliche Verluste aufgrund einer unvorteilhaften Preisentwicklung bei einem Schrottgeschäft durch Gewinne an einem Börsenmarkt zu kompensieren beziehungsweise umgekehrt. Die einfachste Form des Hedgings sind geschlossene, sogenannte Back-to-back-Kontrakte, wobei Ein- und Verkauf zum gleichen Zeitpunkt und auf der gleichen Preisbasis abgeschlossen werden. In aller Regel fallen aber Einkauf und Verkauf zeitlich und / oder auch mengenmäßig auseinander. Es besteht dann zum Beispiel ein unverkaufter Warenbestand. In einem solchen Fall ist es sinnvoll über das Hedging mit den Instrumenten einer Warenterminbörse, wie der LME, nachzudenken. Auch bieten ausgewählte Geschäftsbanken Produkte zur Absicherung von Metallpreisrisiken an, die sich an den Preisen der LME als Referenz orientieren.



Grafik 15a) London Metal Exchange, die weltweite Leitbörse für Industriemetalle



Grafik 15b) Langfristige Entwicklung des Nickel-Kurses an der LME

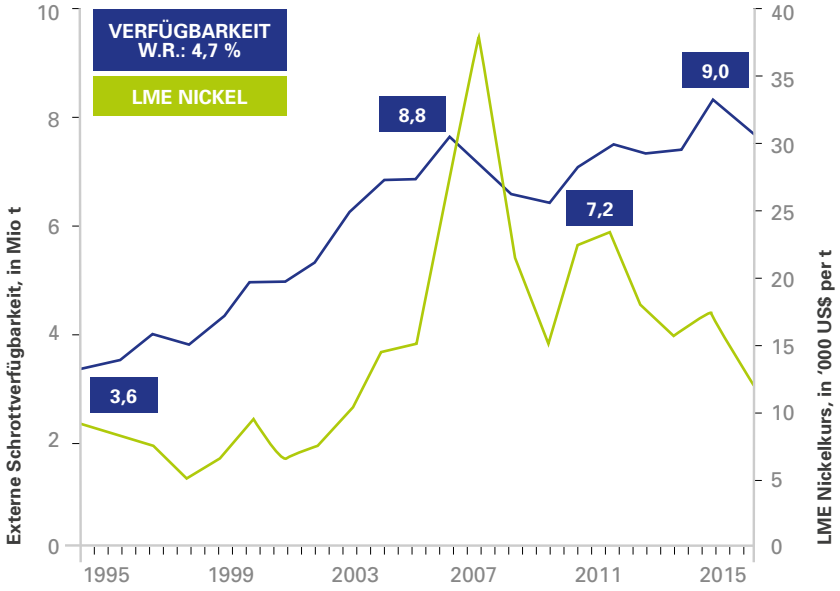
Zur Vollständigkeit sei darauf hingewiesen, dass bei fast allen Rohstoff- und Schrottgeschäften, selbst dann, wenn Ein- und Verkauf in Euro abgewickelt werden, ein Wechselkursrisiko besteht. Grund dafür sind die den Rohstoff- oder Schrottpreisen zugrundeliegenden, internationalen Primärrohstoffpreise für zum Beispiel Chrom, Nickel und Molybdän, die in US-Dollar notieren. Diese müssen jeweils zum aktuellen USD- / Euro-Wechselkurs umgerechnet werden.

Allerdings ist es durch das Hedging von Rohstoffpreisen nicht möglich, langfristige, strukturell durch Änderungen in Angebot und Nachfrage bedingte Preisentwicklungen (Trends) außer Kraft zu setzen. Die teilweise sehr heftigen, kurz- bis mittelfristigen Schwankungen lassen sich damit jedoch wirksam neutralisieren.

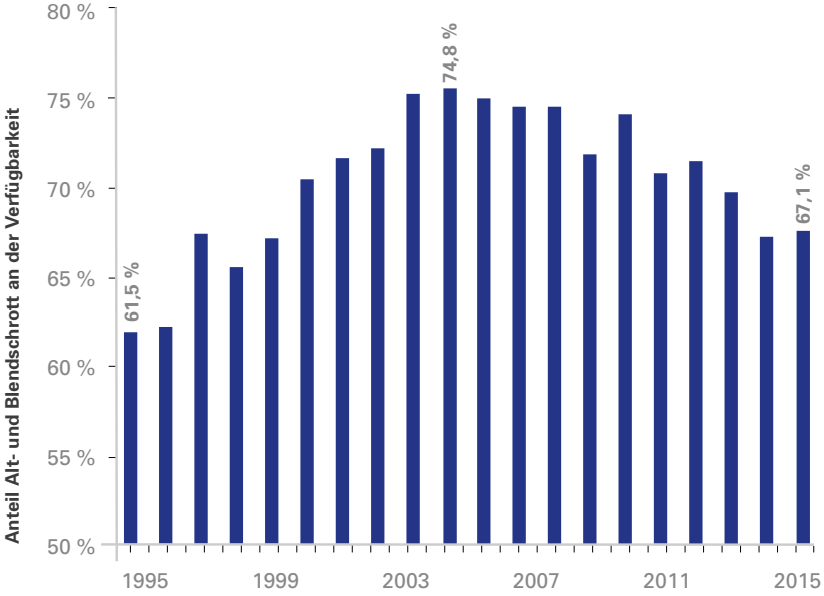
6. DER MARKT FÜR LEGIERTE STAHLSCHROTTE

6.2 SCHROTTVERFÜGBARKEIT, INTERNATIONALER HANDEL UND RESERVEN

Mit steigender Erzeugung und Verbrauch an RSH-Stählen hat über die Jahre hinweg auch die Verfügbarkeit an externen Schrotten zugenommen. Im Durchschnitt legte diese seit 1995 um ca. 4,7 % pro Jahr zu und stieg auf knapp 9 Mio t im Jahr 2015 an. Jedoch erfolgte der Großteil dieses Wachstums in der Periode 1995 bis 2006, wo bereits fast die 9 Mio t Marke erreicht wurde. Hiernach sank die Verfügbarkeit über einen Zeitraum von drei Jahren: zum einen als Effekt der Rekord-Nickelpreisnotierungen mit anschließender Korrektur und zum anderen, vor allem was das Angebot an Neuschrotten anging, als Ergebnis der sich anschließenden Weltfinanz- und Eurokrise. Zwar hat sich die externe Schrottverfügbarkeit seit dem wieder erholt, das durchschnittliche Wachstum für die Periode 2007 bis 2015 ist aber auf gut 2,3 % gefallen. Anzumerken ist ferner, dass bis zu diesem Zeitpunkt der Anteil Altschrotte (einschließlich Blends) stetig stieg, seitdem jedoch wieder rückläufig ist (**Grafik 16b**).



Grafik 16a) Externe Schrottverfügbarkeit vs. LME Nickel Kurse



Grafik 16b) Geschätzter Anteil Alt- und Blendschrott an der Gesamtverfügbarkeit (300 Serie)

6.2.1 REGIONALE SCHROTTVERFÜGBARKEIT

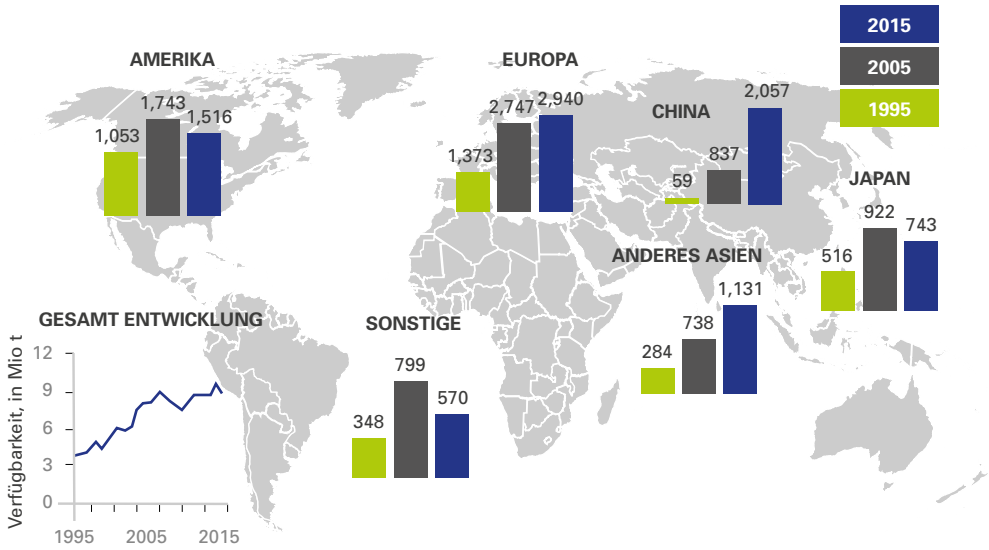
Regional betrachtet ist die Verfügbarkeit für legierte Schrotte in Europa am höchsten. Im Jahr 2015 lag sie bei geschätzten 2,9 Mio t. Gut 1/3 dieser Menge wird in Deutschland – dem größten Edelstahl Rostfrei-Verbraucher in Europa – gesammelt und aufbereitet. Mengenmäßig ist China Europa dicht auf den Fersen.

Die Schrottverfügbarkeit ist dort in einem ähnlich rasantem Tempo gestiegen, wie die Produktion und Verbrauch an RSH-Stählen und lag 2015 bei gut 2 Mio t. Größtenteils (> 70 %) handelt es sich bei dieser Menge um Neuschrotte aus der weiterverarbeitenden Industrie. Auf Amerika und das Andere Asien, darunter Taiwan, Südkorea, Indien und die ASEAN Staaten, entfielen in 2015 jeweils weitere 1,5 bzw. 1,1 Mio t. Ein wesentlicher Unterschied zwischen diesen Regionen ergibt sich jedoch aus der Tatsache, dass vor allem in Nordamerika, der Verbrauch an RSH-Stahl seit Anfang der 2000er Jahre stagniert – es ist dort also nur noch eine Frage der Zeit, wann Verfügbarkeiten rückläufig sind.

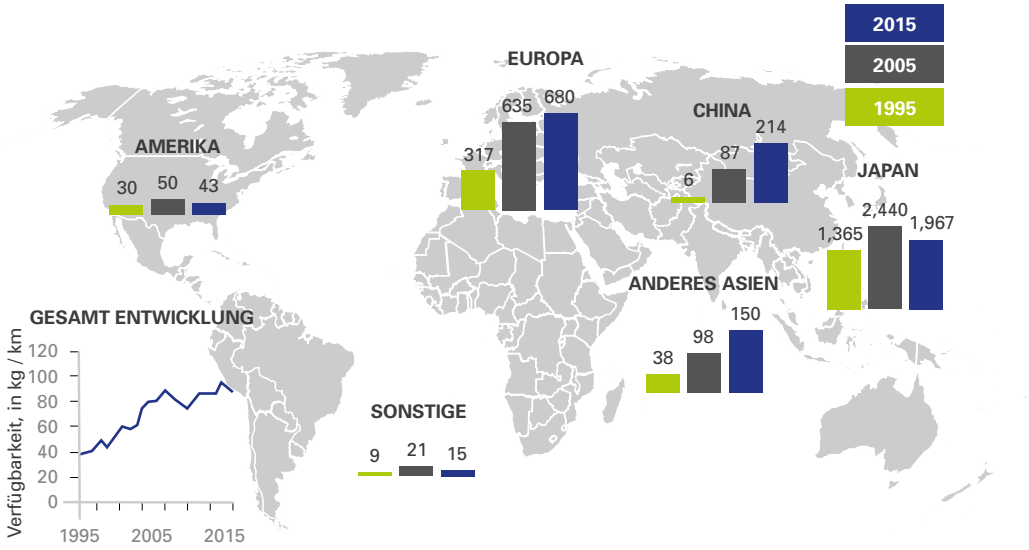
6. DER MARKT FÜR LEGIERTE STAHLSCHROTTE

Dies ist bereits in Japan der Fall: der Verbrauch an RSH-Stahl erreichte Anfang der 1990er Jahre seinen Höhepunkt und ist seitdem auf ein deutlich tieferes Niveau abgefallen. Gut 15 Jahre später, 2006, erreichte auch die Schrottverfügbarkeit ihren Höhepunkt und ist seitdem deutlich rückläufig bzw. stagnierend. In 2015 betrug diese circa 0,7 Mio t.

Weitere Regionen der Welt trugen 2015 mit circa 0,6 Mio t zur Verfügbarkeit bei. Diese Mengen stammen größtenteils aus Regionen, in denen keine oder nur in geringem Maße RSH-Stähle produziert werden, es also im engeren Sinne keinen wesentlichen regionalen Bedarf bzw. Verbrauch gibt. Hierzu zählen neben dem Nahen Osten auch Afrika, Australasien und die Länder der ehemaligen Sowjetunion. Die Sammlung von (Alt-)Schrotten in diesen Regionen ist deutlich abhängig von entsprechenden Marktpreisen.



Grafik 17a) Entwicklung der Schrottverfügbarkeit nach Regionen: Absolute Mengen



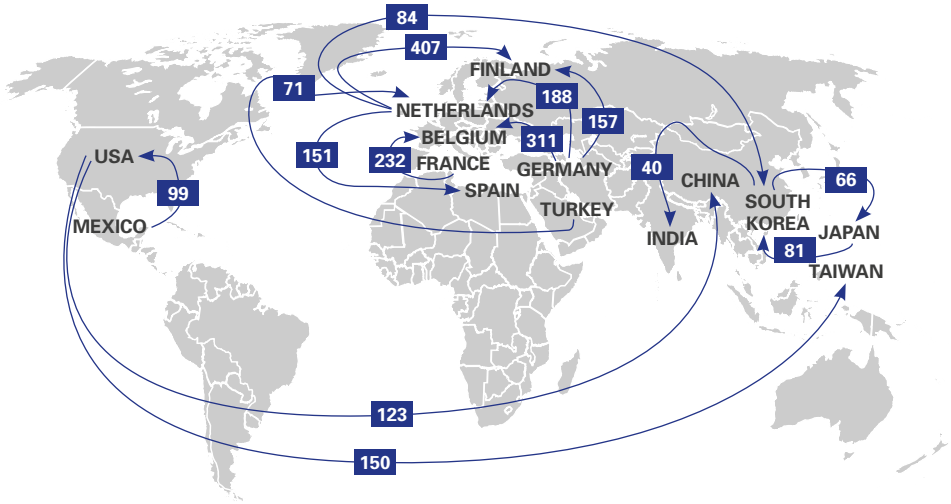
Grafik 17b) Entwicklung der Schrottverfügbarkeit nach Regionen: Spezifische Schrottdichte pro Fläche

Ein weiterer Aspekt, der vielfach eine Rolle spielt, sind Logistik und Transport, da es sich beim Stahlrecycling – dem modernen Begriff „Urban Mining" zum Trotz – nach wie vor um eine Sammel- bzw. Erfassungstätigkeit handelt und nicht, wie im Bergbau, um den Abbau eines mehr oder weniger definierten Vorkommens.

Grafik 17a und **17b** zeigt demnach auch die spezifische Schrottdichte für legierte Schrotte in den zuvor diskutierten Regionen. Unter diesen findet sich die höchste Schrottdichte in Japan, gefolgt von Europa; in Amerika dagegen ist sie am geringsten.

6.2.2 INTERNATIONALER HANDEL

Legierter Stahlschrott ist liquide: 2015 betrug das weltweit behandelte Volumen ca. 4,6 Mio t, oder anders ausgedrückt: gut 50 % der weltweiten Verfügbarkeit wurde international gehandelt. Den größten Handelsanteil an dieser Menge hat die Europäische Union mit über 61 % – wovon wiederum der größte Anteil innerhalb der EU Grenzen verbleibt. Weitere, exportierende Regionen sind Amerika, Anderes Asien und Sonstiges Europa, inklusive der CIS Staaten. Wesentliche importierende Region, neben der EU, ist Anderes Asien mit den Hauptdestinationen Indien, Südkorea und Taiwan.



Grafik 18) Internationale Warenströme 2015: Legierter Stahlschrott ist liquide

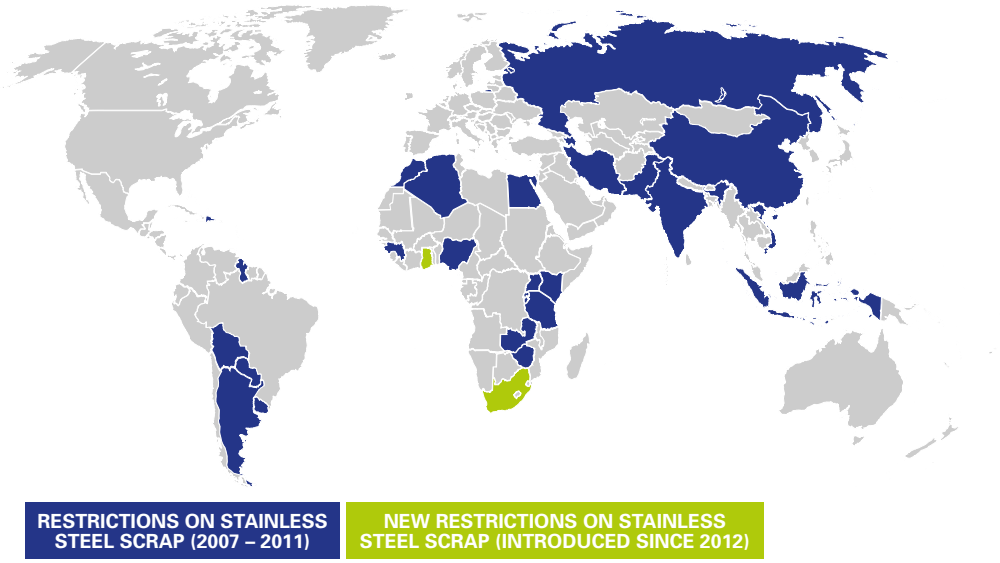
6.2.3 HANDELSBESCHRÄNKUNGEN

Als Nettoimporteur der Hauptbestandteile von Edelstahl sind offene Märkte im Interesse Europas. Die Abschottung des eigenen Marktes durch Handelsbarrieren mit dem Ziel einer erhöhten Versorgungssicherheit ist keine Alternative. Zu diesem Schluss kommen das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) und die Universität Heidelberg in einer Studie über strategische Handelspolitik und deren Auswirkungen auf die Edelstahlindustrie [v].

Zur Sicherung der Rohstoffversorgung der Edelstahlindustrie sollte die EU eigene Einfuhrzölle aufgeben und die internationalen Handelsrestriktionen und deren Auswirkungen auf die Märkte transparent machen. Daran ändern auch die zuletzt weltweit zunehmenden protektionistischen Tendenzen nichts. Vor allem gilt es daher, über die WTO, aber auch im Rahmen von bilateralen Handelsabkommen, die Märkte für den Handel mit Nickel, Chrom, Molybdän und Edelstahlschrott offen zu halten bzw. weiter zu öffnen.

Für Edelstahlschrott, mit dem in Europa bis zu 60 % des Rohstoffbedarfs für die Edelstahlproduktion gedeckt wird, existieren mit Exportrestriktionen in mehr als 30 Ländern (vgl. **Grafik 19**) die weitaus meisten Handelsbeschränkungen.

Allerdings haben diese Ausfuhrbeschränkungen meist keinen Einfluss auf die Versorgung Europas mit diesem Rohstoff. Mit Ausnahme von China, Indien und Russland sind sie nahezu ausschließlich in Nationen ohne international bedeutendes Schrottaufkommen in Kraft.



Grafik 19) Existierende Handelsbeschränkungen auf legierten Stahlschrott (HS 720421) [v]

Durch Ausfuhrbeschränkungen können sich einzelne Nationen oder Interessengruppen innerhalb dieser Länder wirtschaftliche Vorteile verschaffen. Die Kosten werden von Dritten getragen. Dadurch sind Exportbeschränkungen in den meisten Fällen insgesamt schädlich. Europa, das mit seinem Schrottaufkommen den eigenen Bedarf weder decken, noch ausbauen kann, ist auf Importe aus aller Welt angewiesen.

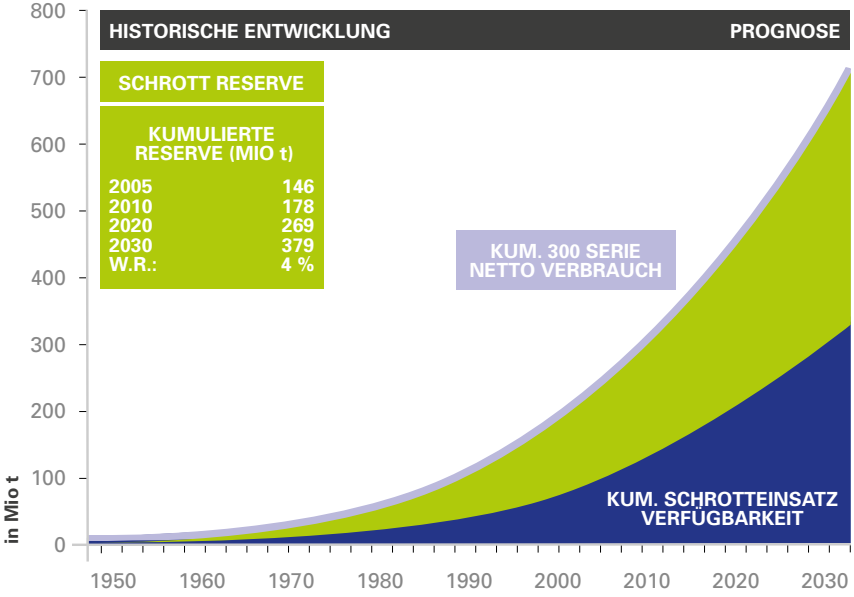
6.2.4 LANGFRISTIGE SCHROTTRESERVEN

Während Neuschrotte das „Produkt" der Verarbeitung der RSH-Stähle sind, haben Altschrotte ihren Ursprung am Ende des Lebens- bzw. Einsatzzyklus der RSH-typischen Anwendungen. Aufgrund unterschiedlich langer Lebenszyklen, zwischen 15 und 50 Jahre, und verschiedener Rückführungsquoten [p, w], wird jährlich nur ein bestimmter Anteil an Schrotten verfügbar.

6. DER MARKT FÜR LEGIERTE STAHLSCHROTTE

Zeitgleich akkumuliert sich über den weltweit jährlich steigenden Verbrauch an RSH-Stahl eine sogenannte Schrottreserve, die – im Vergleich zu Primärmetall-Reserven – die Grundlage für das als solches bezeichnete „Urban Mining" darstellen. Technisch gesehen können Schrottreserven durch eine Analyse des kumulierten Netto-Stahlverbrauchs (d. h. nach Abzug des mehr oder weniger sofort recycelten Neuschrottes) und des kumulierten Verbrauches an Altschrotten ermittelt werden. Die sich daraus ergebende, langfristige Entwicklung dieser RSH-Schrottreserve ist in **Grafik 20** dargestellt.

In 2015 erreichte der kumulierte Netto-Verbrauch ca. 400 Mio t, bei einem kumulierten Schrotteinsatz von ca. 183 Mio t ergibt sich somit eine theoretische Schrottreserve von circa 217 Mio t [5]. Bezogen auf eines der Kernelemente im legierten Stahlschrott, Nickel, und unter der Annahme eines durchschnittlichen Ni-Gehaltes von ca. 8 % würde diese Reserve ungefähr 17 Mio t Nickel repräsentieren. Zum Vergleich: Norilsk Nickel, der weltweit größte Primärnickelproduzent hält Primärnickelreserven von 7.3 Mio t [x]; weltweite Primärnickelreserven [6] werden zurzeit mit circa 79 Mio t [y] beziffert. Allein vor diesem Hintergrund ist es durchaus legitim, im Zusammenhang mit legiertem Stahlschrott von einer „Urban Mine" reden.



Grafik 20) Entwicklung der weltweiten RSH-Schrottreserve (Basis austenitischer Edelstahl, 300 Serie)

7. KERNAUSSAGEN

Mit der flächendeckenden Nutzung von Elektrolichtbogenöfen in der Edelstahlerzeugung entwickelte sich der Einsatz von legierten Schrotten schnell und kontinuierlich. Heute ist Edelstahlschrott ein weltweit gehandeltes, primärrohstoffgleiches Produkt und leistet einen wertvollen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz. Das umweltpolitische Ziel, natürliche Ressourcen zu schonen, kommt dem recyclingfreundlichen Werkstoff Edelstahl sehr entgegen. Die entsprechenden legierten Schrotte lassen sich immer wieder in Stahlwerken und Gießereien wie der Primärrohstoff einsetzen.

Durch das Stahlrecycling werden aber nicht nur knappe Rohstoffreserven geschont. Es trägt auch dazu bei Energie einzusparen, die Umwelt von Rückständen zu entlasten und erhebliche Kohlendioxid-Emissionen zu vermeiden. Angesichts des steigenden Bedarfs an Edelstahl wird ein verantwortungsvoller und effizienter Umgang mit unseren Ressourcen immer wichtiger.

Eine Welt ohne Edelstahlrecycling ist daher heute nicht mehr vorstellbar. Im Chemie- und Energiesektor, in der Industrie, beim Gebäudebau, im Transport- und Verkehrswesen und im Bereich der alltäglichen Gebrauchsgegenstände werden heute Edelstahl und andere legierte Stähle verwendet. Das Recycling macht Edelstahl zu einem unendlichen Werk- und Rohstoff der Circular Economy, der sich ohne Qualitätsverlust immer wieder verwerten lässt.

Darüber hinaus bietet die Branche für Berufsanfänger und Seiteneinsteiger nachhaltige und langfristige Karrieremöglichkeiten. Ob Staplerfahrer oder Maschinist, Probennehmer oder Laborant, Schrotteinkäufer, Controller oder Betriebsführer: Die Schrottindustrie bietet Interessenten mit den unterschiedlichsten Profilen attraktive Berufsperspektiven in einer großen Bandbreite von Tätigkeiten in technischen, gewerblichen oder kaufmännischen Funktionen sowie im Handel. Auch Hochschulabsolventen und High-Potentials finden in der Branche sehr anspruchsvolle und attraktiv vergütete Aufgaben.

---

5 *In der Vorgängerausgabe zu dieser Publikation aus dem Jahr 1998 wurde für das Jahr 2010 eine Schrottreserve von ca. 157 Mio t prognostiziert, welche nur ca. 20 Mio t unterhalb der heute für 2010 errechneten Reserve liegt.*

6 *Als „Reserve" wird der Anteil eines mineralogischen Vorkommens bezeichnet, der zum Zeitpunkt seiner Feststellung unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten gewonnen werden könnte.*

7. KERNAUSSAGEN

Als Highlights des Recyclings von legiertem Stahlschrott kann man festhalten:

- **Die Recyclingquote (Rücklauf von legiertem Stahl zum Ende der Produktlebensdauer und aus der Produktion) liegt bei bis zu 90 %**
- **Edelstahlschrott ist ein 100 %-iges Substitut zu den aus Erzen gewonnenen Rohstoffen**
- **Das Recycling von Stahl reduziert die Abhängigkeit von Primärressourcen**
- **Beim Recycling von legiertem Stahlschrott gibt es keinen Qualitätsverlust**
- **Die Schrotteinsatzquote (Anteil von Schrott im Verhältnis zum gesamten Rohstoffeinsatz) in der Produktion austenitischer CrNi Stähle beträgt bis zu 50 % (je nach Region deutlich höher oder tiefer)**
- **Stahlschrott ist günstiger als Primärrohstoffe und damit ökonomisch attraktiv**
- **Stahlschrottrecycling spart Energie und CO_2-Emissionen**

8. DER FACHAUSSCHUSS LEGIERTER STAHLSCHROTT IN DER BDSV

8. DER FACHAUSSCHUSS LEGIERTER STAHLSCHROTT IN DER BDSV

Seit der Gründung im Jahr 1984 beschäftigt sich der Fachausschuss (FA) der BDSV mit der Betreuung des Fachgebiets legierter Stahlschrott. Die wesentliche Aufgabe besteht in der Vertretung der Fachinteressen innerhalb des Verbandes. Der FA legierter Stahlschrott, in dem alle wesentlichen Akteure des Fachgebiets repräsentiert sind, hat eine aktive Rolle in der Verbandsarbeit. Es werden attraktive und relevante Themen definiert, die ein Kreis engagierter Ausschussmitglieder bearbeitet. Für die intensivere Bearbeitung von Einzelthemen werden, falls erforderlich, Arbeitsgruppen gebildet. So hat der FA in seinen regelmäßigen Sitzungen unter anderem folgende Projekte erfolgreich umgesetzt: Handbuch legierter Stahlschrott, korrekte zolltarifliche Einreihung von bestimmten Schrotten, Optimierung einer Branchenversicherungslösung, Intensivierung von Kontakten mit Verbänden, Universitäten und wissenschaftlichen Instituten sowie zahlreiche Marketingaktivitäten für den legierten Schrott. Und nicht zuletzt dieser Band 1 der BDSV-Schriftenreihe.

QUELLENANGABEN

a Dahl, W. (Hrsg.): Eigenschaften und Anwendungen von Stählen, Band 2: Stahlkunde, Verlag der Augustinus Buchhandlung, Aachen, 1993

b Wilmes, S.; Becker, H.-J; Krumpholz, R.; Verderber, W.: Tool Steels, in: Steel, A Handbook for Materials Research and Engineering, Volume 2: Applications, Springer Verlag, Berlin, 1993

c Eramet: Registration Document, 2015

d Biedermann, H.: persönliche Kommunikation, Januar 2017

e DIN EN 10020 (2000): Begriffsbestimmungen für die Einteilung der Stähle, Beuth-Verlag, Berlin, 2000

f World Steel Association: World Steel in Figures 2016, Brussels, 2016

g Pariser: in-house database on stainless steel, stainless steel scrap, chrome, and nickel, Heinz H. Pariser, Alloy Metals & Steel Market Research, Germany, 2016

h Leffler, B.: Stainless steels and their properties, Avesta Polarit AB, 1996

i DIN EN 10088-1 (2014): Nichtrostende Stähle Teil 1: Verzeichnis der nichtrostenden Stähle, Beuth-Verlag, Berlin, 2014

j Lindenberg, H.U., Schubert, K.-H., Zörcher, H.: „Entwicklung der Schmelzmetallurgie nichtrostender Stähle“, Stahl und Eisen 107, 1987, S.33 – 40

k Patil, B.V.; Chan, A.H.; Choulet, R.J.: “Refining of Stainless Steels”, in The Making, Shaping and Treating of Steel, The AISE Steel Foundation, Pittsburgh, S.715 ff., 1998

l Petry, J.; Enkel, T.A.; Kleinschmidt, G.: „Stainless steel production using varying scrap mixes and hot metal charge“, MPT International, 2/2010

m Kishimoto, Y.; Taoka, K; Takeuchi, S.: “Development of High-Efficiency Stainless Steelmaking by Cr Ore Smelting Reduction Method”, Kawasaki Steel Technical Report, No. 37, 1997

n Johnson, J.; Reck, B. K.; Wang, T.; Gradel, T.E.: "The energy benefit of stainless steel recycling", Energy Policy, 2008

o Phillips, T.A.: „Recycling of Iron, Steel and Superalloys" in ASM Metals Handbook, Vol.1, ASM International, 1990

p Pariser, H.H.; Pariser, G.C.: Stainless Steel Scrap Market Report, Verschiedene Ausgaben, Heinz H. Pariser, Alloy Metals & Steel Market Research, Germany 2016

q Hiebel, M. et al: Vergleichende CO_2-Bilanzierung der Edelstahlverwertungsprozesse der Oryx Stainless Gruppe, Bericht der Fraunhofer UMSICHT, 2010

r ELG Haniel Group: Sustainability Report, 2015

s Willeke, R.: Fachbuch Stahlrecycling – vom Rohstoff Schrott zum Stahl (BDSV), Reed Elsevier Deutschland, München Gräfelfing, 1998

t Mauss, R.: „Marktanalyse von Sekundärrohstoffen: Edelstahlschrott", BGR / DERA Rohstoffkonferenz, 2013

u Mauss, R.; Posch, P.N.: „Marktpreisrisiken rohstoffintensiver Unternehmen – Identifikation und Management", in: Strategische Rohstoffe – Risikovorsorge, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2014

v Löschel, et al.: Strategic Trade Policy and Critical Raw Materials in Stainless Steel Production, ZEW, Mannheim, 2013

w Reck, B.K.; Chambon M.; Hashimoto S.; Graedel, T. E.: "Global Stainless Steel Cycle Exemplifies China's Rise to Metal Dominance", Environmental Science & Technology 44, 2010

x Norilsk Nickel: "Modernization for Growth", 2015 Annual Report, Moscow, 2016

y Kuck, P.H.: Nickel, in: Mineral Commodity Summaries, United States Geological Survey, Washington D. C, 2016

QUELLENANGABEN

GRAFIKEN UND FOTOS

Titelbild:	© Birgit Brügmann / Oryx Stainless
Grafik 1)	Quelle: RHM Rohstoffhandelsgesellschaft mbH Stahlgruppe
Tabelle 1)	RHM Rohstoffgesellschaft mbH
Grafik 2a)	Quelle: The World Steel Association (www.worldsteel.org), The International Stainless Steel Forum, ISSF (www.worldstainless.org)
Grafik 2b)	Quelle: The International Stainless Steel Forum, ISSF (www.worldstainless.org)
Grafik 4a)	Quelle: Heinz. H. Pariser, Alloy Metals & Steel Market Research
Tabelle 2)	Quelle: H. Leffler, B.: Stainless steels and their properties, Avesta Polarit AB, 1996
Grafik 7)	Quelle: Köhler, E., Unger, K.-D.: "Selection of alloying agents and scrap charge in the production of corrosion, acid and heat resistant steels at Thyssen Edelstahlwerke Krefeld" Metallurgical Plant and Technology 4 / 1986, S.66 – 73
Grafik 8a)	Quelle: Heinz H. Pariser, Alloy Metals & Steel Market Research
Tabelle 3)	Quelle: Dr. Gerhard Pariser; Roland Mauss / Oryx
Tabelle 4)	Quelle: Willeke, R.: Fachbuch Stahlrecycling – vom Rohstoff Schrott zum Stahl (BDSV)
Grafik 10)	Quelle: Oryx Stainless
Grafik 11a)	Quelle: Bilder 1 – 4, © Birgit Brügmann / Oryx Stainless, Bild 5, iStock
Grafik 11b)	Quelle: Bilder 1 – 5, © Birgit Brügmann / Oryx Stainless
Grafik 12)	Quelle: © Birgit Brügmann / Oryx Stainless
Tabelle 5)	Quelle: R. Mauss
Grafik 14)	Quelle: Outokumpu 2007
Grafik 15a)	Quelle: Chris Ratcliffe / Bloomberg

ÜBER DIE AUTOREN



Roland Mauss

- Vorsitzender Fachausschuss Legierter Stahlschrott
- Mitglied des BDSV Präsidiums
- Mitglied des Vorstandes der Oryx Stainless AG



Dr. Gerhard Pariser

- Zum Zeitpunkt der Erstellung des Artikels Consultant und Director Market Research bei Heinz H. Pariser, Alloy Metals & Steel Market Research
- Heute Mitglied im Fachausschuss Legierter Stahlschrott
- Head of Business Development and Market Research der ELG Haniel GmbH

BDSV Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e. V.

Berliner Allee 57
40212 Düsseldorf
T: +49 211 828953-0
F: +49 211 828953-20
E-Mail: zentrale@bdsv.de

Postanschrift:
Postfach 200151, 40099 Düsseldorf

www.bdsv.org

ISBN 978-3-00-063975-3

BDSV