

26
Fe

Eisen

METALLEINORDNUNG
Basismetall, Eisenmetall

EIGENSCHAFTEN
elastisch, magnetisch

SCHMELZTEMPERATUR
1.538°C

DICHTE
7,86 G/CM³

Produktion

ART DER PRODUKTION

Hochofenroute (Hochofen, Konverter), d.h. pyrometallurgische Reduktion von Eisenerz zu Roheisen im Hochofen sowie der nachgeschalteten Weiterverarbeitung des Roheisens im Konverter zu Rohstahl

Elektrostahlverfahren, d.h. thermoelektrisches Aufschmelzen von Eisenschwamm, Stahlschrott und Roheisen im Lichtbogenofen

MENGE PRODUKTION

1.929 Mio. t Inhalt (Bergwerksförderung Welt 2022), **1.304 Mio. t** (Roh-eisenproduktion Welt 2022), **1.762 Mio. t** Verbrauch Rohstahl (Welt 2022), **23,729 Mio. t** Roheisenproduktion (D 2022), **36,849 Mio. t** (Rohstahlproduktion D 2022), **25,85 Mio. t** über Hochofen (D 2022), **11,0 Mio. t** über Elektrolichtbogenofen (D 2022)(WV STAHL 2022), **429.000 t** (Edelstahl D 2021)(BGR 2023)

MENGE VERARBEITUNG

1.887 Mio. t Verbrauch Rohstahl (Welt 2020), **37,36 Mio. t** Verbrauch Rohstahl (D 2021)(BGR 2023), **31,3 Mio. t** Verbrauch Rohstahl (D 2022) (BGR 2023), **2,7 Mio. t** Guss (D 2020) (BDG 2021)

Recyclingraten

ANTEIL RECYCLINGROHSTOFFE IN DER PRODUKTION



45,8 %
(Rohstahl D 2022)
(BDSV 2023)

EOL-RECYCLINGRATE

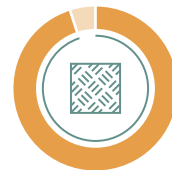


75 %
(EU 2015)
(PASSARINI et. al 2018)

PRODUKTBEZOGENE RECYCLINGRATE



70-80 %
Standardedelstähle
(Welt 2016)
(HIEBEL & NÜHLEN,
2016)



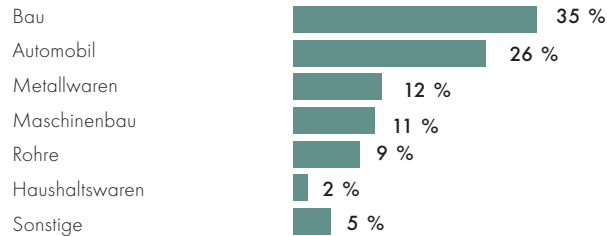
> 90 %
Edelstahlprodukte
(EU 2018)
(EuRIC
2020)



> 90 %
Legierter Stahlschrott
(Welt 2016)
(HIEBEL & NÜHLEN,
2016)

Verwendung

EINSATZGEBIET (STAHL) (D 2020) %-Anteil



(RMIS 2020)

TOP 3 UNTERNEHMEN MIT RECYCLINGROHSTOFFEINSATZ

THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG, Duisburg
ArcelorMittal Germany Holding GmbH, Hamburg;
Salzgitter AG, Salzgitter

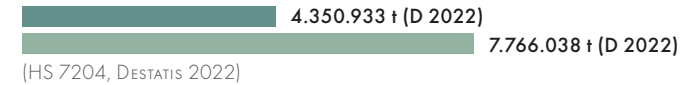
WEITERVERARBEITUNG

Strangguss, Blockguss, Warmwalzen, Kaltwalzen
Rohrwalzen, Eisen- und Stahlguss

Import/Export

MENGE IMPORT/EXPORT

Abfälle und Schrotte aus Eisen oder Stahl



(HS 7204, DESTATIS 2022)

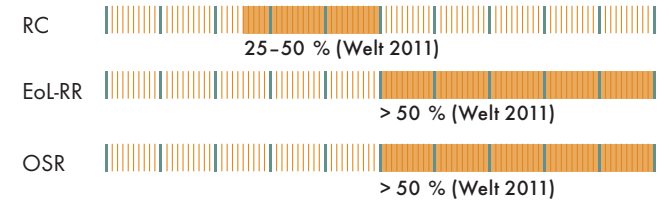
Schlacke aus der Eisen- und Stahlherstellung



(HS 2618, DESTATIS 2022)

Menge Import Menge Export

GLOBAL NACH UNEP



(UNEP 2011)

NACH RMIS



(RMIS 2020)

Recycling

KREISLAUFMODELL

Sammlung, Erfassung, Sortierung, Aufbereitung, der Schrotte durch Recyclingunternehmen zu einem qualitätsgesicherten, stahlwerkseinsatzfähigen oder gießereieinsatzfähigen Rohstoff (metallurgische Reinheiten, Abmessungen), Vermarktung durch Recyclingunternehmen an Stahlwerke und Gießereien. Unter besonderen Voraussetzungen Kreislaufmodelle im Unternehmensverbund: Sammlung, Sortierung, Konfektionierung und Stahlherzeugung in einem Unternehmensverbund

RECYCLINGROHSTOFFE

Bezeichnung/Kategorie	Beispiele
Stahlschrott	Unterschiedliche Qualitäten
Altschrott E3 bzw. E1	Schwerer Stahlaltschrott, überwiegend stärker als 6 mm bzw. leichter Stahlaltschrott, überwiegend unter 6 mm Stärke
Neuschrott E2 bzw. E8 bzw. E6	Schwerer Stahlneuschrott, überwiegend stärker als 3 mm bzw. leichter Stahlneuschrott, überwiegend unter 3 mm Stärke aufbereitet für einen direkten Einsatz als Rohstoff bzw. verdichtet oder in Form von festen Paketen.
Schredderschrott	Shredderstahlschrott, Stahlaltschrott in Stücke zerkleinert, die in keinem Fall größer als 200 mm für 95 % der Ladung sein dürfen.
Stahlspäne E5H bzw. E5M	Homogene bzw. gemischte Mengen von Kohlenstoffstahlspänen bekannten Ursprungs
Leicht legierter Schrott mit hohem Gehalt an Begleitelementen EHRB	Alter und neuer Stahlschrott, der vor allem aus Betonstahl und leichtem Stabstahl besteht, aufbereitet für einen direkten Einsatz als Rohstoff.

Schrott mit hohem Reststoffanteil EHRM	Alte und neue Maschinenteile und Komponenten, die in den anderen Sorten nicht angenommen werden, aufbereitet für einen direkten Einsatz als Rohstoff.
Geshredderter Schrott aus der Müllverbrennung E46	Looser Stahlschrott aus der Müllverbrennungsanlage für Haushaltsabfälle, der anschließend durch die magnetische Trennungsanlage ging, geshreddert, in Stücke, die keinesfalls größer als 200 mm sein dürfen und die einen Teil zinnbeschichteter Stahldosen enthalten, aufbereitet für einen direkten Einsatz als Rohstoff.
Recyclingrohstoffe nach BDSV (BDSV 2022)	

RECYCLINGVERFAHREN

- ▶ **Stahlerzeugung:** Sauerstoffblasverfahren/LD-Verfahren/Konverter: Vorlage von bis zu 20 % festem Schrott, Zugabe von flüssigem Roheisen; Zugabe von gut dosierfähigem Shredderschrott als Kühlschrott; Produkt Stahlschmelze, Nachbehandlung in Sekundärmetallurgie (Pfannen/Pfannenöfen)
- ▶ **Elektrostahlverfahren:** Einschmelzen von Schrott insbesondere im Elektrolichtbogenofen zur Stahlschmelze, Nachbehandlung in Sekundärmetallurgie (Pfannen/Pfannenöfen) Eisen- und Stahlguss
- ▶ **Kupolofentechnologie:** (Um-)Schmelzen von Schrott, Gussbruch, Roheisen unter Zugabe von Koks und Kalkstein zu Gusseisenschmelze
- ▶ **Induktionstiegelöfen:** Umschmelzen der Schrotte in keramischen Tiegelöfen, der von einer Induktionsspule umschlossen ist zu Gusseisenschmelze

- ▶ **Stahlguss:** Lichtbogenöfen: Umschmelzen von Stahlschrotten inkl. stark verunreinigter Schrotte durch oxidierende oder reduzierende Arbeitsweisen, wodurch Begleit- und Legierungselemente eingestellt werden können.
(MARTENS & GOLDMANN 2016)

METALLHALTIGE NEBENPRODUKTE BEIM RECYCLING

- ▶ **EAF-Dust:** zinkhaltige Stahlwerksstäube, die beim Stahlrecycling anfallen

LEGIERUNGSELEMENTE BEI DER STAHLHERSTELLUNG (IM FALLE DER AUFKONZENTRATION PROBLEMATISCH)

- ▶ **Cu, Ni, Co, Sn:** aufgrund geringerer Sauerstoffaffinität können diese nicht unter oxidierenden Bedingungen aus der Schmelze entfernt werden
- ▶ **Cu, Sn** verschlechtern Verformungseigenschaften von Stahl
- ▶ negative Aufkonzentration von Pb und Cu bei Gussprozess im Kupolofen oder Induktionsofen
- ▶ negative Aufkonzentration von Cu, Ni, Mo, Sn im Lichtbogenofen (Stahlguss)

LIMITIERENDE FAKTOREN FÜR DAS RECYCLING

- ▶ Thermodynamische Grenzen beim Einsatz in der Hochföfenroute daher hier nur maximale Schrotteinsatzquote 30 %
- ▶ Hohe Energiepreise

Abkürzungen und Quellenangabe

ABKÜRZUNGEN

EAF	Electric Arc Furnace (Elektrolichtbogenofen)
EoL-RR	End-of-Life Recycling Rate
LD	Linz-Donawitz-Verfahren
MVA	Müllverbrennungsanlagen
OSR	Old Scrap Rate
RC	Recycled Content
RIR	Recycling Input Rate
RMIS	Raw Materials Information System

QUELENNACHWEIS

- ▶ BDG – BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN GIESSEREI-INDUSTRIE (2021): Report Rohstoffe 03/2021; URL:https://www.guss.de/fileadmin/user_upload/bdg-reporte/03_21_bdg_report.pdf [Stand 13.06.2023].
- ▶ BDSV - BUNDESVEREINIGUNG DEUTSCHER STAHLRECYCLING- UND ENT-SORGUNGSUNTERNEHMEN E.V. (2019) :Das Recycling von legiertem Stahlschrott, URL: https://www.bdsv.de/de/resources/030-Leg-Schr_RZ_web-20.pdf. [Stand 13.06.2023].
- ▶ BDSV – BUNDESVEREINIGUNG DEUTSCHER STAHLRECYCLING- UND ENT-SORGUNGSUNTERNEHMEN E.V. (2022): Stahlschrottsorten, URL: <https://www.bdsv.org/die-branche/stahlschrottsorten/> [Stand 19.12.2022].
- ▶ BDSV – BUNDESVEREINIGUNG DEUTSCHER STAHLRECYCLING UND ENT-SORGUNGSUNTERNEHMEN E.V. (2023); Stahlschrottbilanz 2022
- ▶ BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2023): Fachinformationssystem Rohstoffe. – unveröff.; Hannover. [Stand 08.06.2023].
- ▶ BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2022): Rohstoffsituationsbericht 2021; Hannover.
- ▶ BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2021): Deutschland – Rohstoffsituation 2020. – 158 S.; Hannover.
- ▶ BVSE - BUNDESVERBAND SEKUNDÄRROHSTOFFE UND ENTSORGUNG E. V. (2020) Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft, URL: https://www.bvse.de/dateien2020/2-PDF/01-Nachrichten/01-bvse/2020/November/Statusbericht_der_deutschen_Kreislaufwirtschaft_2020.pdf. [Stand 13.06.2023].
- ▶ DESTATIS - STATISTISCHES BUNDESAMT (2022), Außenhandelsstatistik, 202.
- ▶ EURIC EUROPEAN RECYCLING INDUSTRIES' CONFEDERATION (2020): Metal Recycling Factsheet; Brüssel; URL: <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/knowledge/metal-recycling-factsheet-euric>, [Stand: 19.12..2014].
- ▶ HIEBEL, M.; NÜHLEN, J. (2016): Technische, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Faktoren von Stahlschrott (Zukunft Stahlschrott), Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Hrsg.), Onlinefassung der Kurzstudie im Auftrag der Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V. (BDSV), Oberhausen, November 2016.
- ▶ MARTENS, H.; GOLDMANN, D. (2016): Recyclingtechnik, Fachbuch für Lehre und Praxis, 2. Auflage, ISBN 978-3-658-02785-8, Springer Fachmedien Wiesbaden.
- ▶ OECD (2019), Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences, OECD Publishing, Paris. URL: <https://doi.org/10.1787/9789264307452-en>
- ▶ RMIS – EUROPÄISCHE UNION (HRSG.) (2020): Raw Materials Profiles – Cobalt; URL:<https://rmis.jrc.ec.europa.eu/rmp/Cobalt> [Stand: 13.06.2023].
- ▶ UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2011): Recycling Rates of Metals – A Status Report. – A Report of the Working Group Global Metal Flows to the International Resource Panel. Graedel, T. E., Allwood, J., Birat, J.-P., Reck, B. K., Sibley, S. F., Sonnemann, G., Buchert, M. & Hagelüken, C.: 44 S. – URL: <https://www.unep.org/resources/report/recycling-rates-metals-status-report> [Stand: 19.12.2022].
- ▶ WVStahl – WIRTSCHAFTSVEREINIGUNG STAHL (2022): Medieninformation: Rohstahlproduktion in Deutschland im Jahr 2022; URL: <https://www.stahl-online.de/medieninformationen/page/2/> [Stand 10.07.2023].

i Schrotteinsatzmöglichkeiten bei der Stahlerzeugung (nach MARTENS, H.; GOLDMANN, D. 2016, Springer Nature)

