

Institut für Technologien der Metalle

Lehrstuhl für Metallurgie der Eisen- und Stahlerzeugung



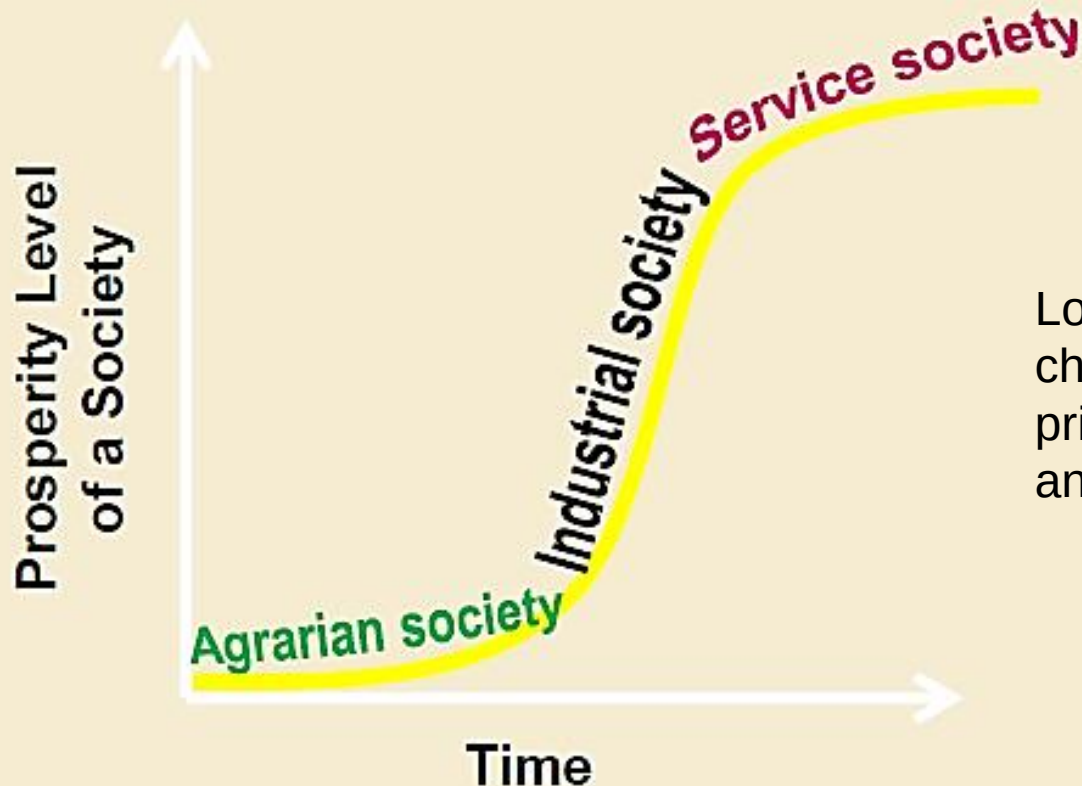
Recycling of Oxidic and Metallic Waste Materials

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Deike

This Lecture Material is Protected by Copyright and Designed for Personal Use Only. Any Unauthorized Redistribution as well as Reproduction for Commercial Use of Part or All of this Document are Strongly Prohibited.

1. Introduction

Three-sector Theory according to Jean Fourastié (1907)



Long-term structural
change between the
primary, secondary
and tertiary sectors

Deike, R.: Der Wirtschaftsstandort Deutschland vor dem Hintergrund globaler wirtschaftlicher Veränderungen, 24. Universitätswochen, Moers, 06.10.2011

Air Pollution in Germany in the Past



YouTube: Smog der Film, 1973 Drehbuch Wolfgang Menge,
Regie Wolfgang Petersen

Erster Smog-Alarm in Deutschland Ruhrgebiet ging die Luft aus

Von Dominik Reinle

Vor 30 Jahren wird in Deutschland zum ersten Mal Smog-Alarm ausgelöst:
Im Ruhrgebiet überschreitet am 17. Januar 1979 die Schwefeldioxid-
Konzentration den Grenzwert.



Smog im Ruhrgebiet

http://www1.wdr.de/themen/panorama/smog_ruhrgebiet102.html

Steel Production in Duisburg in the Past



Seydlitz 4 M: Deutschland Formende Kräfte der Erde, Ausgabe für Realschulen, Hermann Schroedel Verlag 1965

Steel Production in Duisburg in the Past



Köhler, E.: Der Weg vom Thomas zum LD-Verfahren- Bericht eines Zeitzeugen, Duisburg 2004

The use of technology to conquer the nature makes life easier and more comfortable, but nowadays the success of technology threatens back the mankind itself.

Jonas, H.: Das Prinzip Verantwortung (The Imperative of Responsibility), Insel Verlag, Frankfurt am Main 1979

The mankind has a possibility to destroy the living conditions on earth for the future generations.

That is the reason why the traditional ethic principles are not effective any longer.

Jonas, H.: Das Prinzip Verantwortung (The Imperative of Responsibility), Insel Verlag, Frankfurt am Main 1979

We need new ethic principles to tackle future problems.

Jonas, H.: Das Prinzip Verantwortung (The Imperative of Responsibility), Insel Verlag, Frankfurt am Main 1979

The anticipated danger is a compass that can be utilized to discover the moral principles, from which the obligations of the new power can be derived.

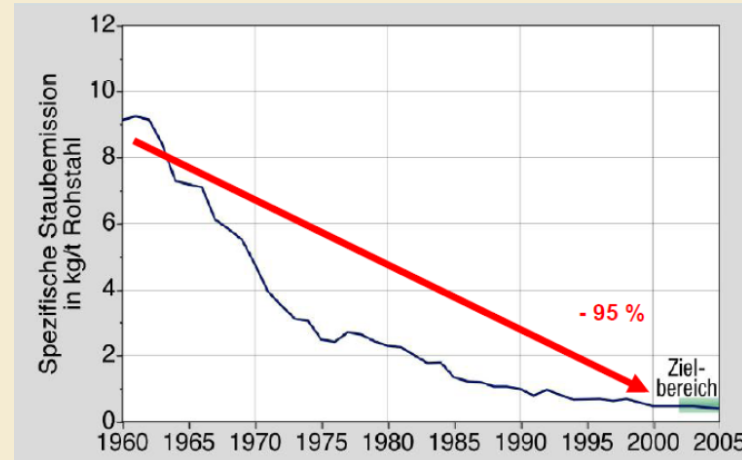
Jonas, H.: Das Prinzip Verantwortung (The Imperative of Responsibility), Insel Verlag, Frankfurt am Main 1979

**The sky above the Ruhr area has
to turn blue again.**

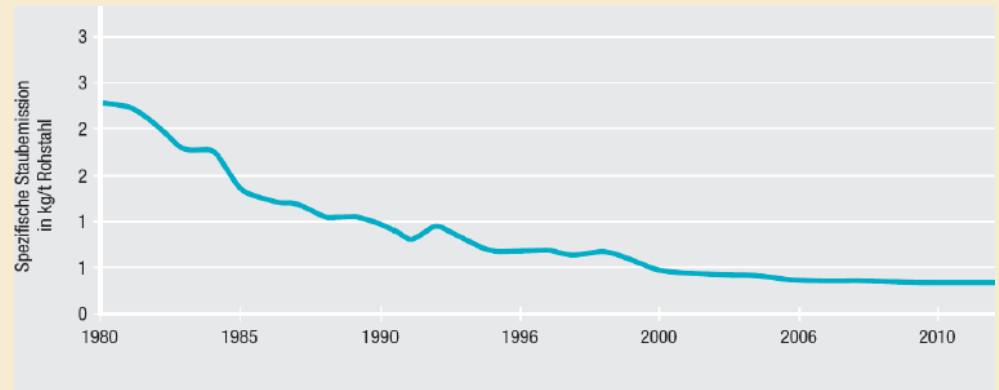
**Der Himmel über dem Ruhrgebiet
muss wieder blau werden.**

Willy Brandt, 28.04.61

Steel Production in Duisburg Today, A Cultural Change has Taken Place

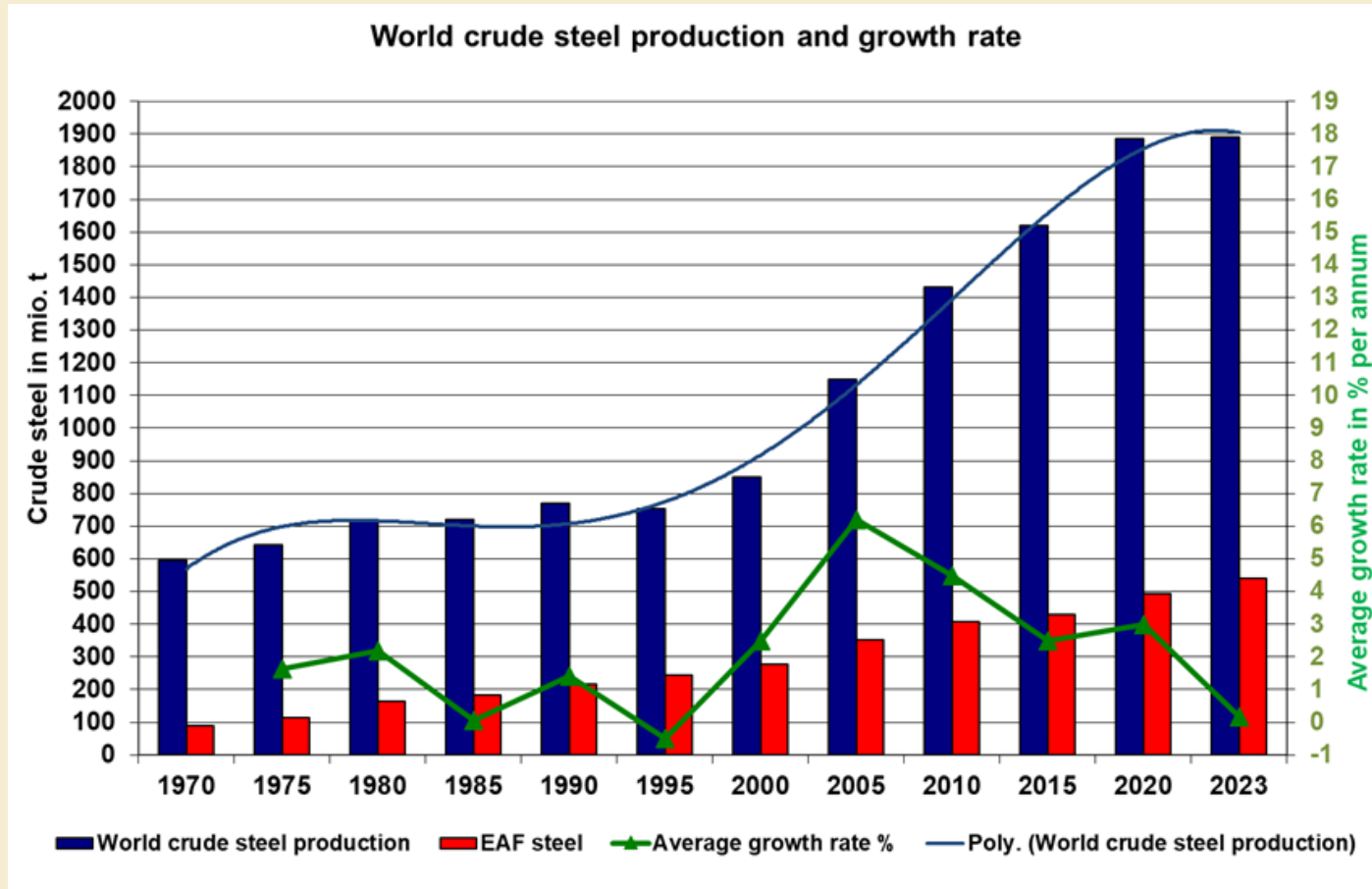


Ameling, D.: Stahl bewegt die Welt, 21.11.2007,



Kerkhoff, H.J.; Dahmann, P.: Beitrag der Stahlindustrie zur Nachhaltigkeit, Ressourcen- und Energieeffizienz, www.stahl-online.de

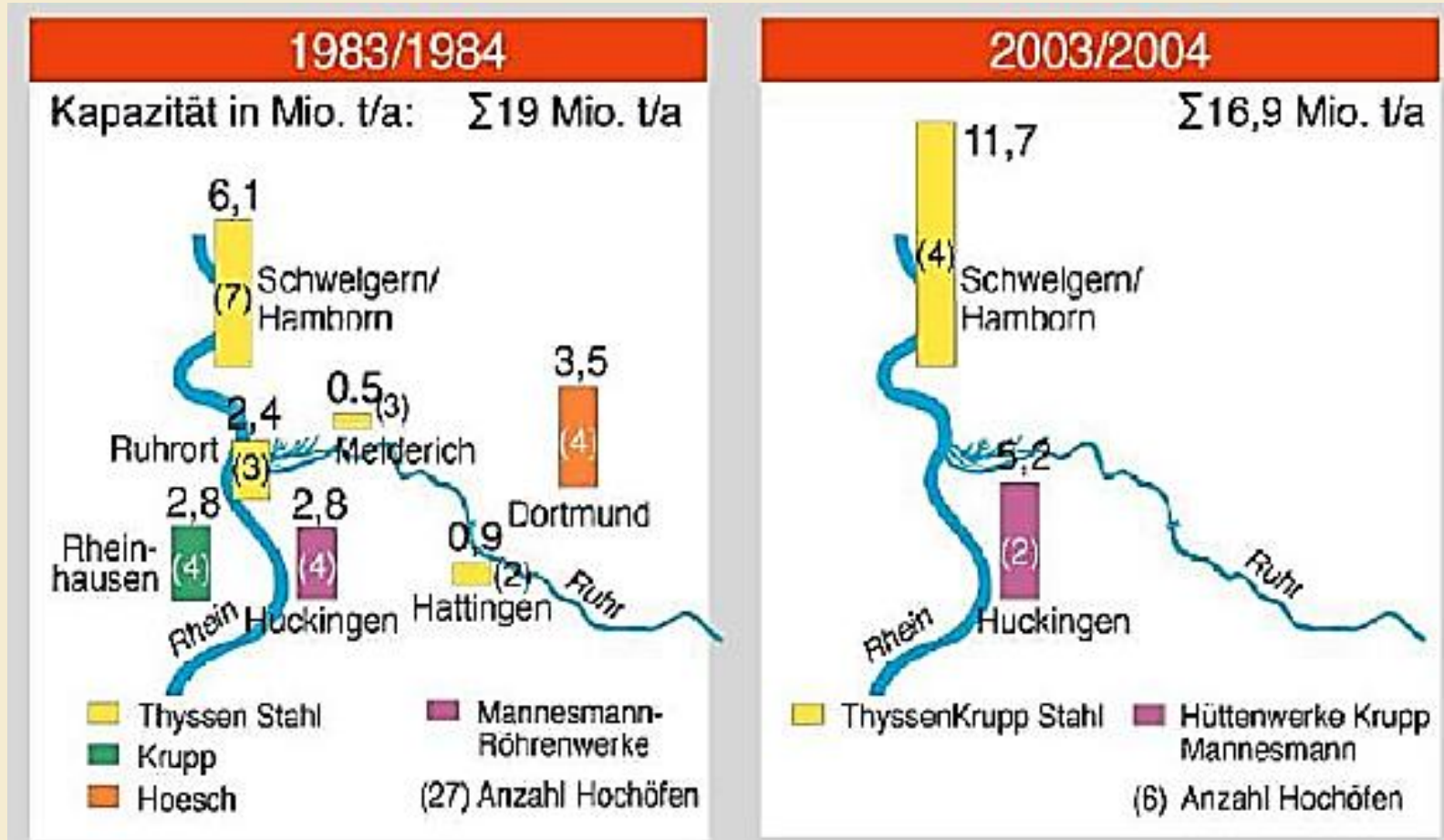
Development of Global Crude Steel Production from 1970 to 2023



According to data from World Steel: World Steel in Figures, <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures/>

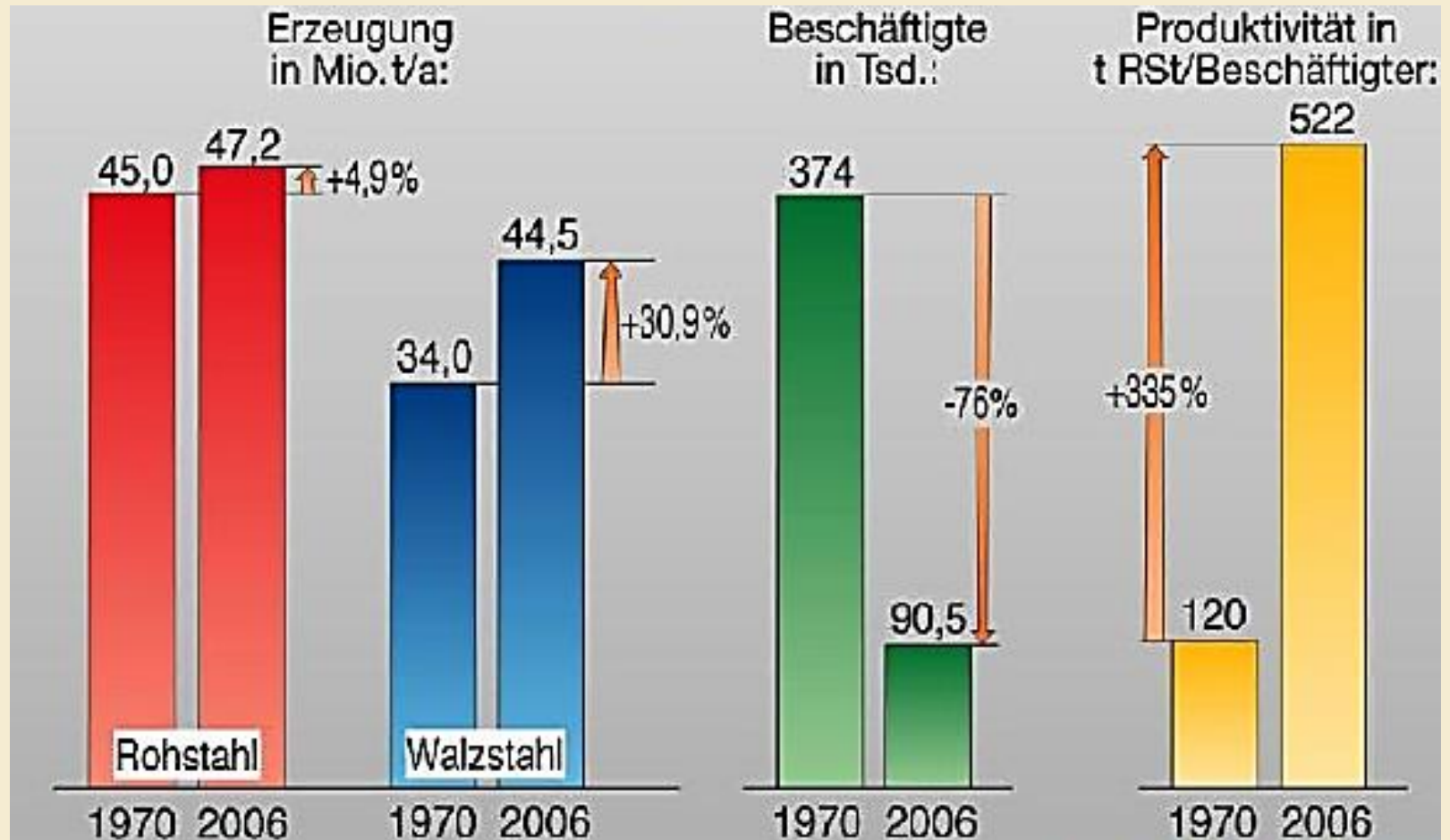
Deike, R: What do we currently know about the future development of the foundry industry in Europe?, 64th IFC PORTOROZ 2024, 19. September 2024

Blast Furnace at the Rhine and Ruhr Areas 1983/1984 Compared to 2003/2004



www.stahl-online.de, Ameling, D.: Stahl bewegt die Welt, 21.11.2007

The Development of the Steel Industry between 1970 and 2006

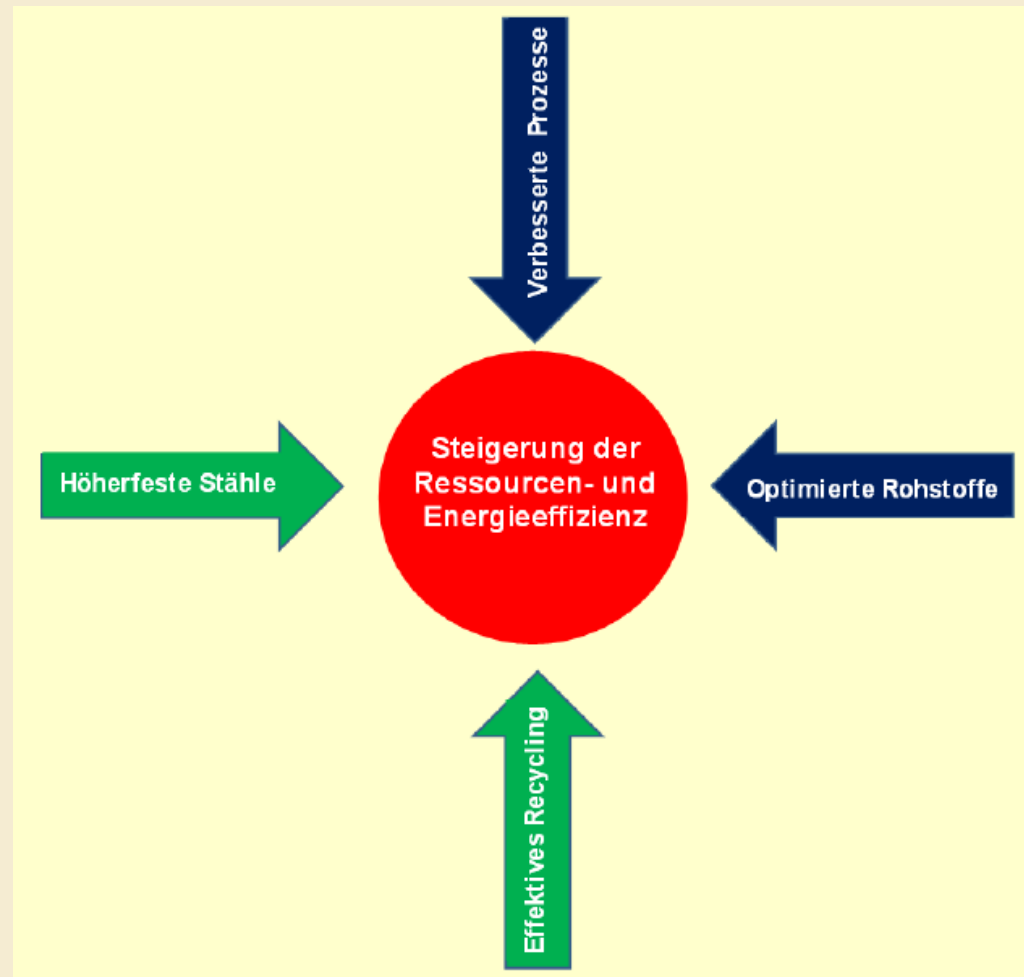


www.stahl-online.de, Ameling, D.: Stahl bewegt die Welt, 21.11.2007

Principles such as energy and raw material efficiency are defining the frame work for future technical developments

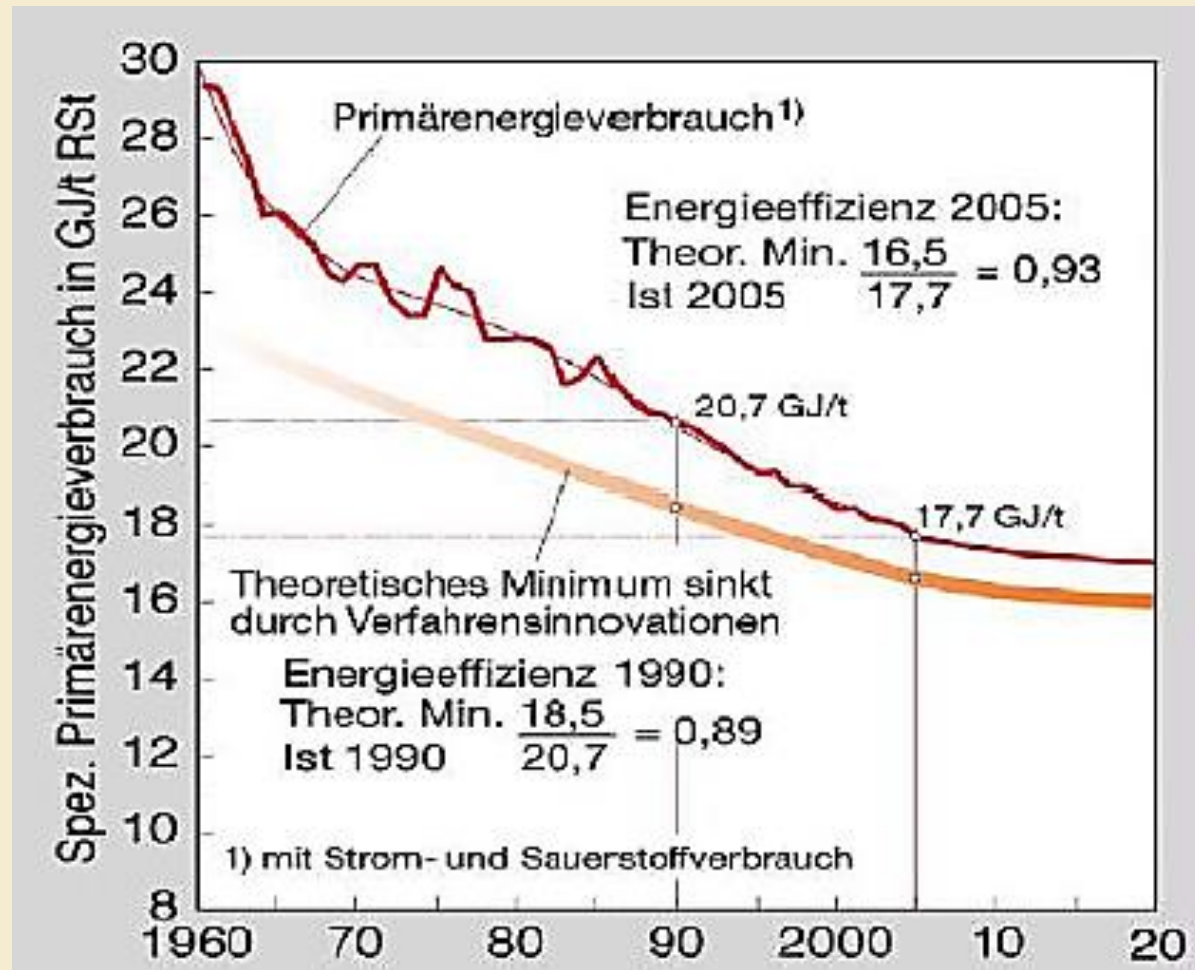
V. Weizsäcker, E.U.: Erdpolitik-Ökologische Realpolitik an der Schwelle zum Jahrhundert der Umwelt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, 2. Auflage 1990

Possibilities to Increase Resource and Energy Efficiency



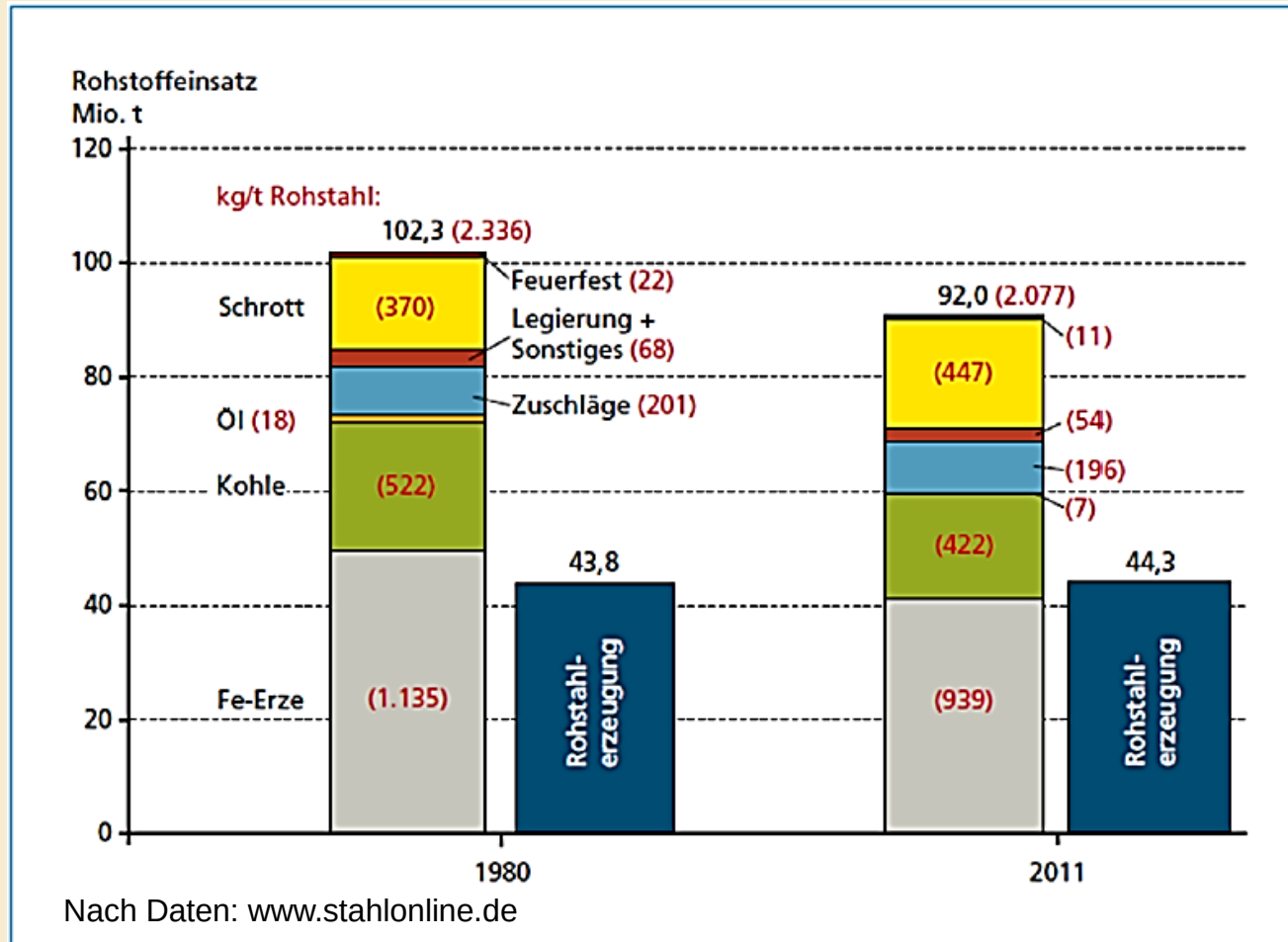
Deike, R.: Stahl ein nahezu 100% recycelbarer Werkstoff, Die Zukunft liegt in geschlossenen Rohstoffkreisläufen, IGM Branchenkonferenz Stahl, Gelsenkirchen, 11.06.2015

The Specific Energy Consumption Moves to the Theoretical Minimum



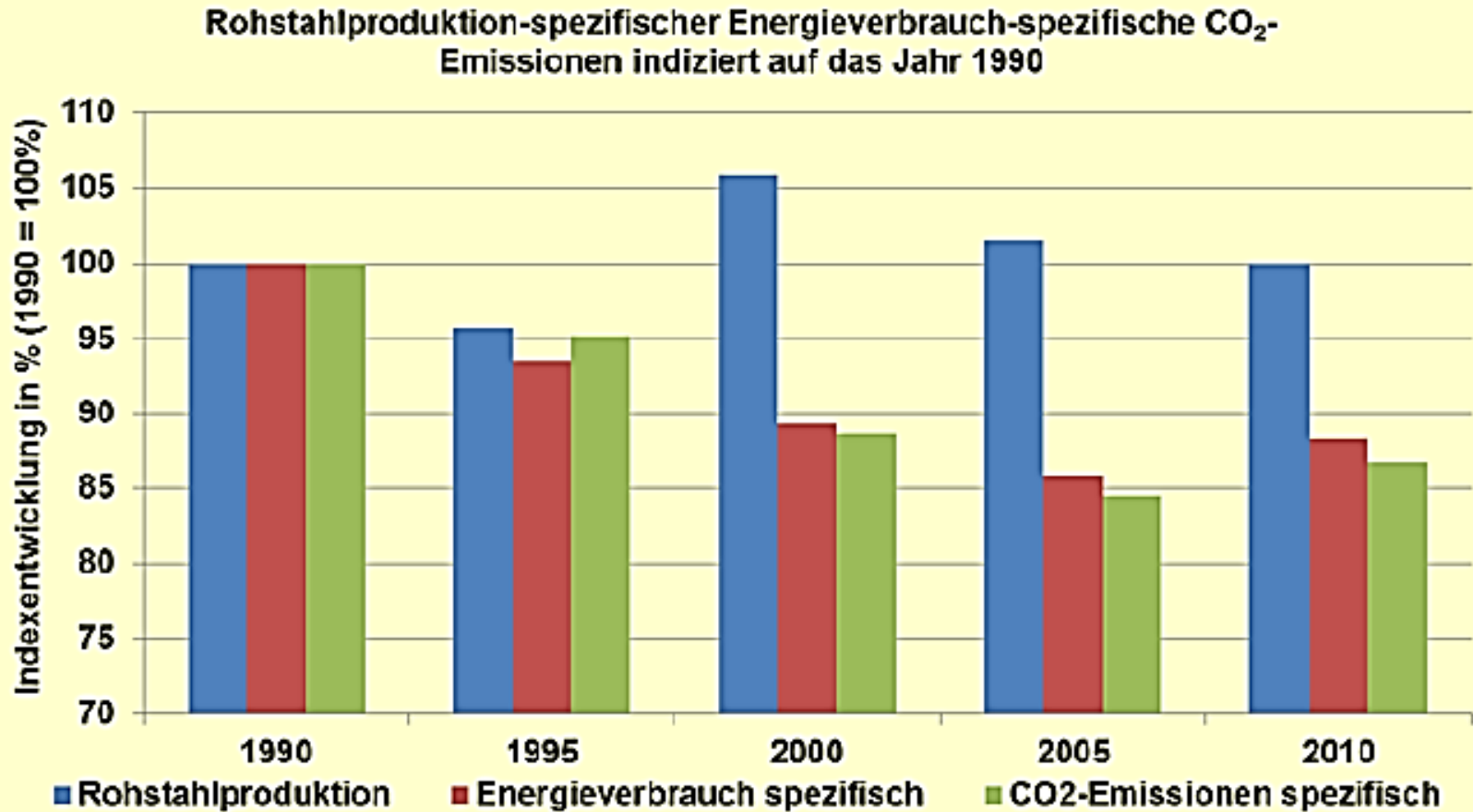
www.stahl-online.de, Ameling, D.: Stahl bewegt die Welt, 21.11.2007

Increasing Resource Efficiency is Typical in Metallurgical Industry



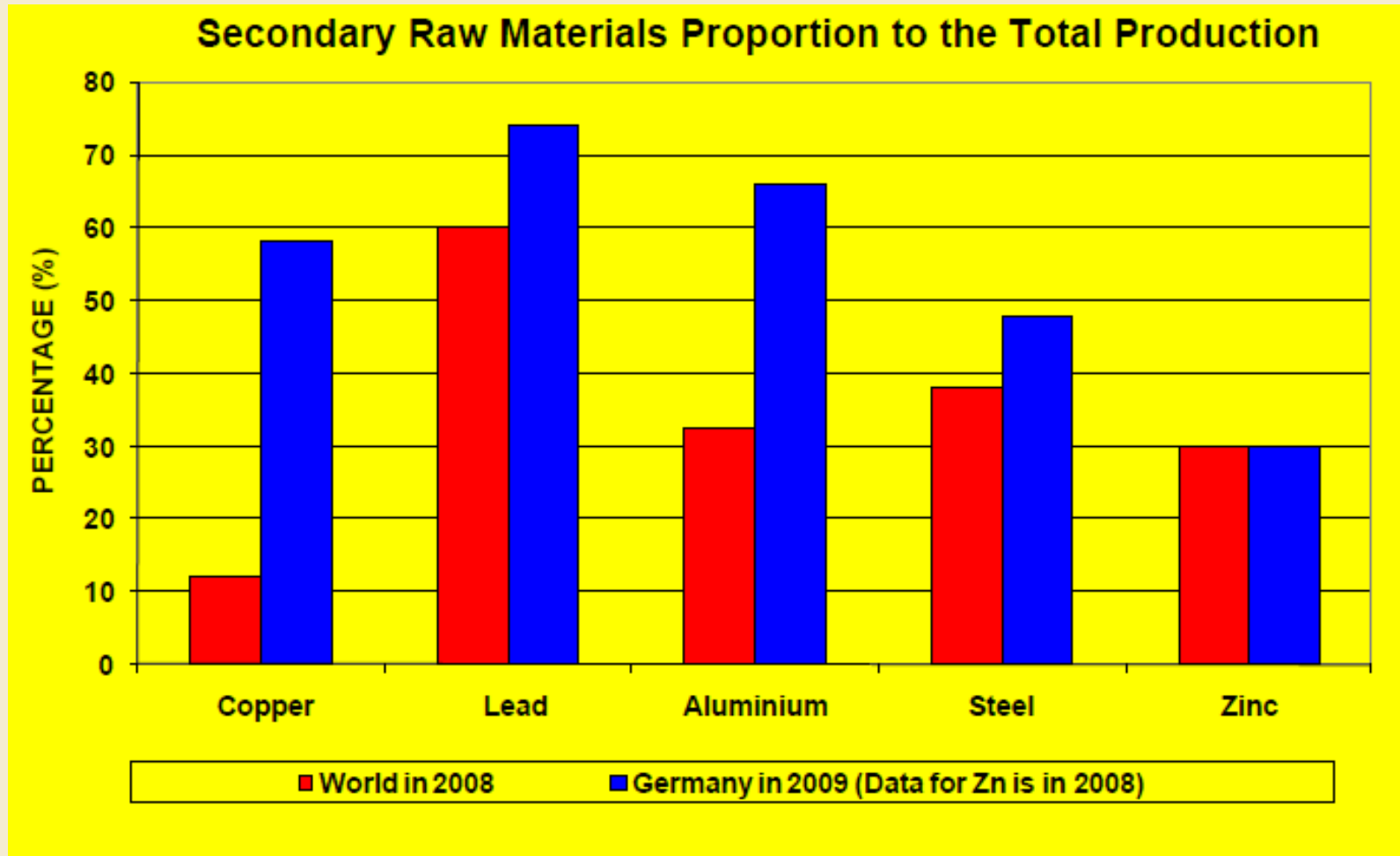
Heußén, M.; Markus, H.P.: Ressourcenmanagement eines Elektrostahlwerks, in Aschen-Schlacken-Stäube aus Abfallverbrennung und Metallurgie, (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky), TK-Verlag Neuruppin, 2013

Development of Energy Efficiency at the Crude Steel Production since 1990



Deike, R.: Stahl ein nahezu 100% recycelbarer Werkstoff, Die Zukunft liegt in geschlossenen Rohstoffkreisläufen, IGM Branchenkonferenz Stahl, Gelsenkirchen, 11.06.2015

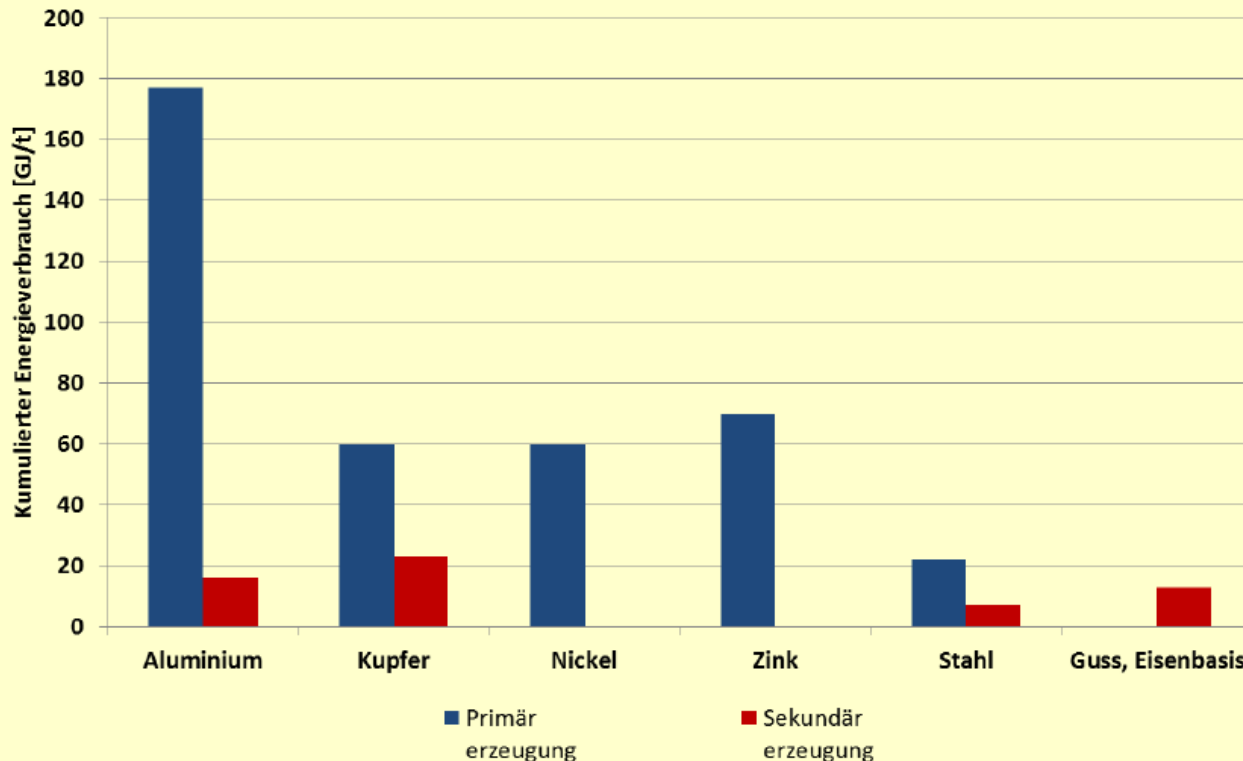
Secondary Raw Materials to Total Production in Germany in 2009



Deike, R. Symposium Rohstoffeffizienz und Rohstoffinnovationen, Nürnberg, 10-11.02.2011

Energy Consumption for Production of Metals

Vergleiche der Kumulierten Energieverbräuche (KEA) für die Primär- und Sekundärerzeugung verschiedener Industriemetalle



The energy consumption for the production of secondary metals from waste materials are lower than those used for the production of primary metals

Nach Daten : <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php>

Deike, R.: Stahl ein nahezu 100% recycelbarer Werkstoff, Die Zukunft liegt in geschlossenen Rohstoffkreisläufen, IGM Branchenkonferenz Stahl, Gelsenkirchen, 11.06.2015

2. Sustainability becomes law

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Open-Minded

Sustainable Development Goals of the UN



<https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/die-deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-318846>

REGULATION (EU) 2020/852 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 18 June 2020

on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment and amending Regulation
(EU) 2019/2088

Article 1

Subject matter and scope

1. This Regulation **establishes the criteria for determining whether an economic activity qualifies as environmentally sustainable** for the purposes of establishing the degree to which an investment is environmentally sustainable.
2. This Regulation applies to:
 - (a) measures adopted by Member States or by the Union that set out requirements for **financial market participants** or issuers in respect of financial products or corporate bonds that are made available as environmentally sustainable;
 - (b) financial market participants that **make available financial products**;
 - (c) **undertakings which are subject to the obligation to publish a non-financial statement** or a consolidated non-financial statement pursuant to Article 19a or Article 29a of Directive 2013/34/EU of the European Parliament and of the Council(68), respectively.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0852>

Environmental objectives become law

EU Taxonomy should give a clear definition of what does sustainable mean



UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Open-Minded

REGULATION (EU) 2020/852 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 18 June 2020

on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment, and amending Regulation
(EU) 2019/2088

Article 9

Environmental objectives

For the purposes of this Regulation, the following shall be environmental objectives:

- (a) climate change mitigation;
- (b) climate change adaptation;
- (c) the sustainable use and protection of water and marine resources;
- (d) **the transition to a circular economy**;
- (e) pollution prevention and control;
- (f) the protection and restoration of biodiversity and ecosystems.

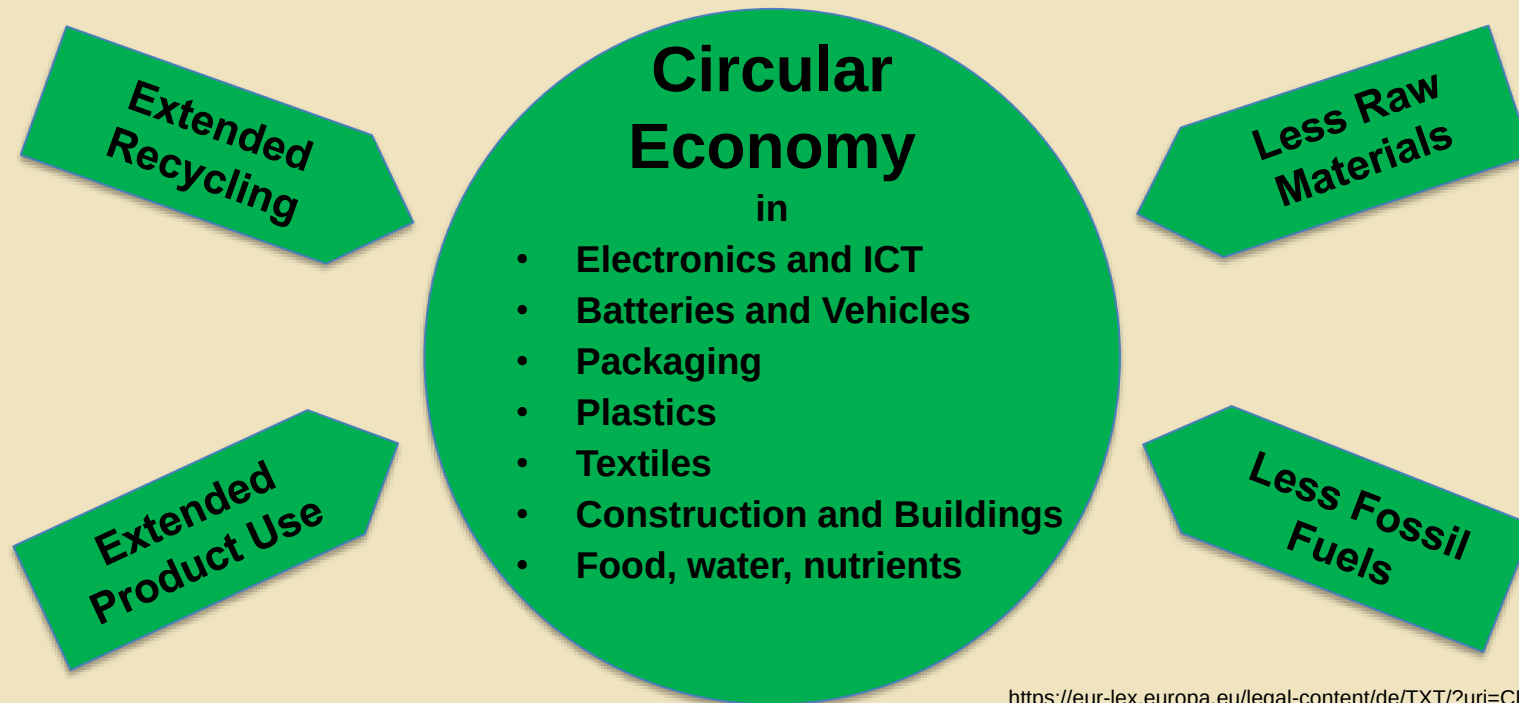
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0852>

3. What are the characteristics of a circular economy

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Open-Minded

Key product value chains following EU's Circular Economy Action Plan

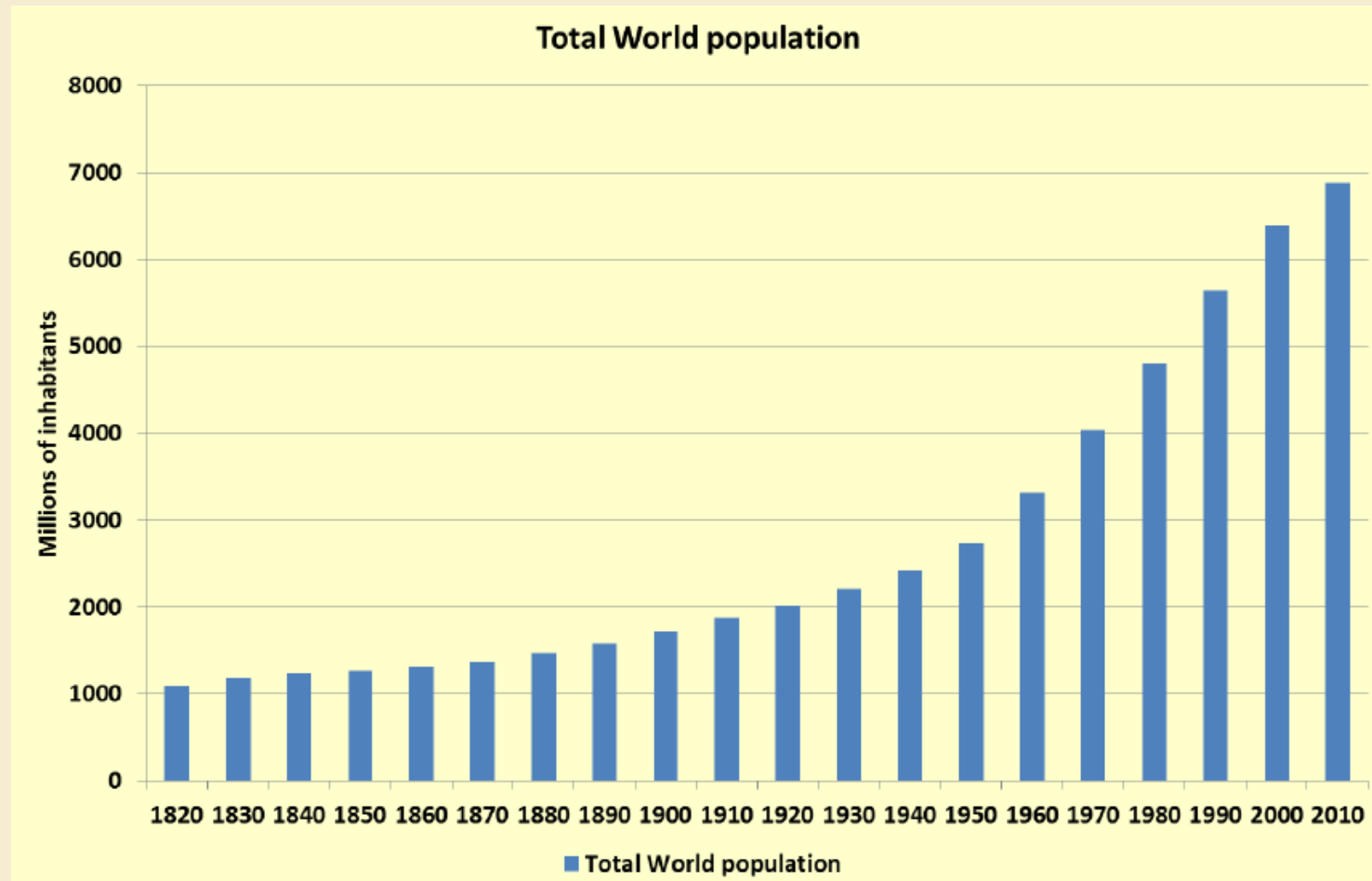


Fundamentals to realize a Circular Economy



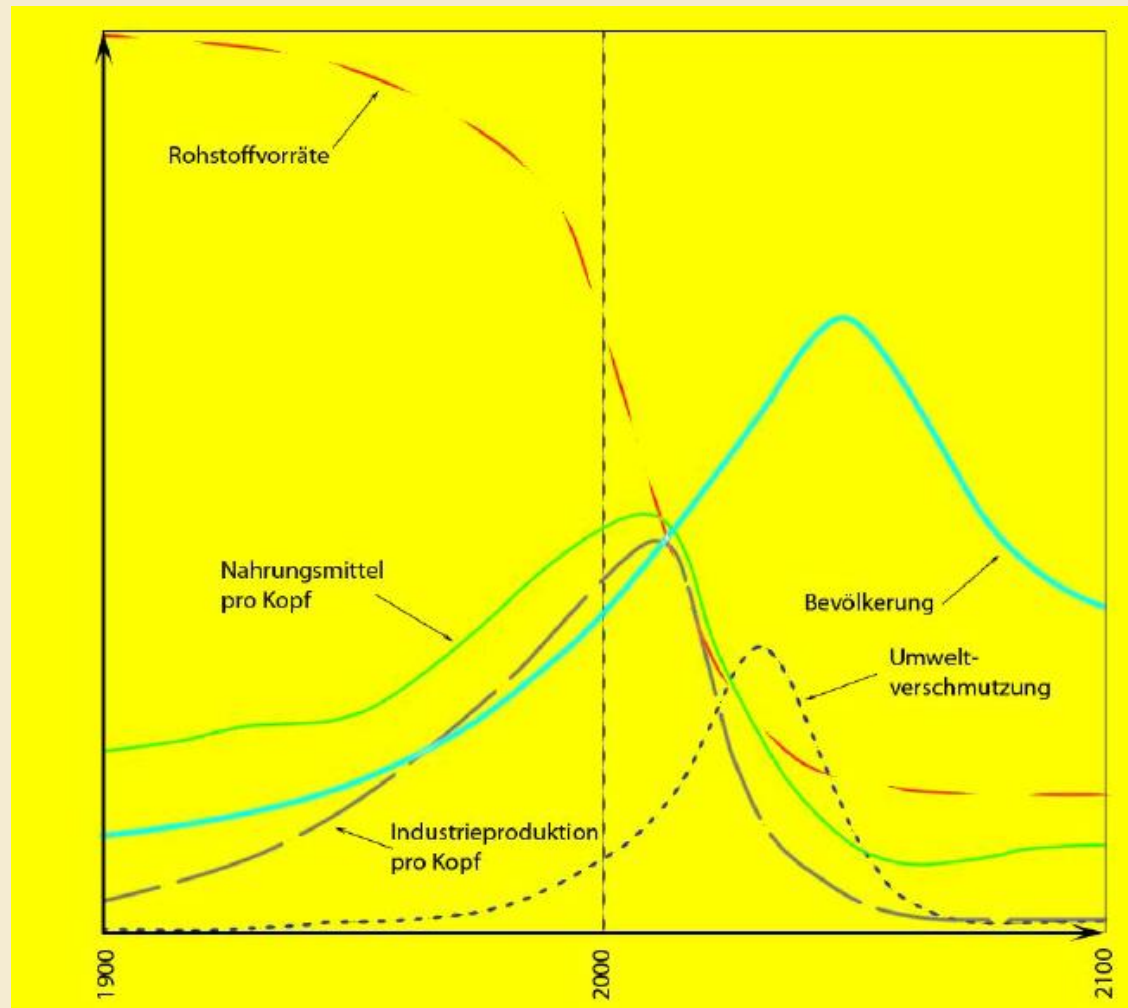
4. Global Economical Change

Development of Global Population since 1820



Basierend auf Daten von Jan Luiten van Zanden, et al. (eds.), How Was Life?: Global Well-being since 1820, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264214262-15-en>

Standard World Model from the Book “The Limits of Growth”



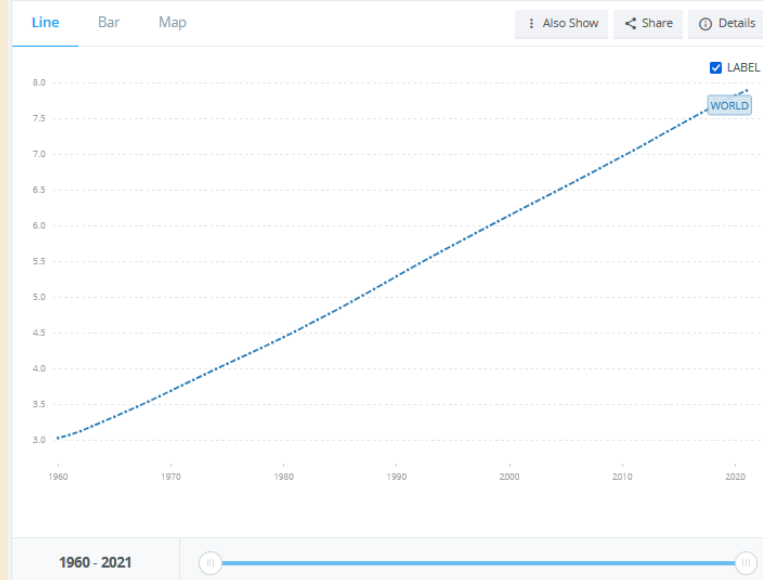
Meadows, D.: Die Grenzen des Wachstums, Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH, 1973

Development of Global Population from 1960 to 2021

Population, total

(1) United Nations Population Division. World Population Prospects: 2022 Revision, (2) Census reports and other statistical publications from national statistical offices, (3) Eurostat: Demographic Statistics, (4) United Nations Statistical Division. Population and Vital Statistics Reprot (various years), (5) U.S. Census Bureau: International Database, and (6) Secretariat of the Pacific Community: Statistics and Demography Programme.

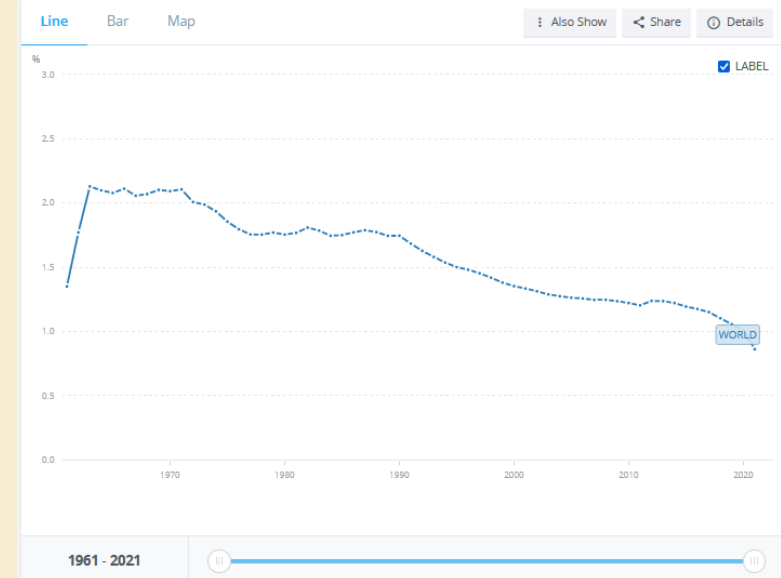
License : CC BY-4.0



Population growth (annual %) - World

Derived from total population. Population source: (1) United Nations Population Division. World Population Prospects: 2022 Revision, (2) Census reports and other statistical publications from national statistical offices, (3) Eurostat: Demographic Statistics, (4) United Nations Statistical Division. Population and Vital Statistics Reprot (various years), (5) U.S. Census Bureau: International Database, and (6) Secretariat of the Pacific Community: Statistics and Demography Programme.

License : CC BY-4.0



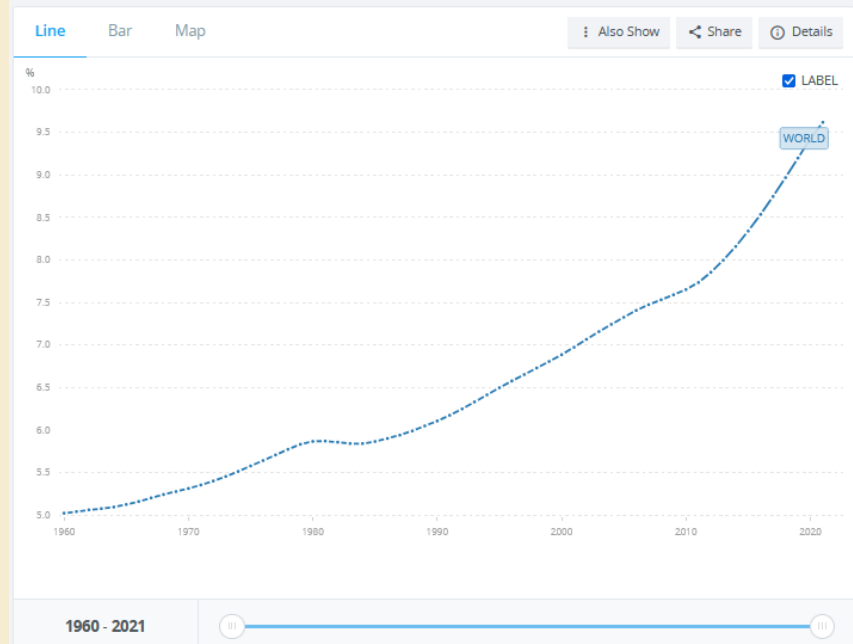
<https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.GROW?locations=1W>

Development of Global Population from 1960 to 2021

Population ages 65 and above (% of total population) - World

United Nations Population Division. World Population Prospects: 2022 Revision.

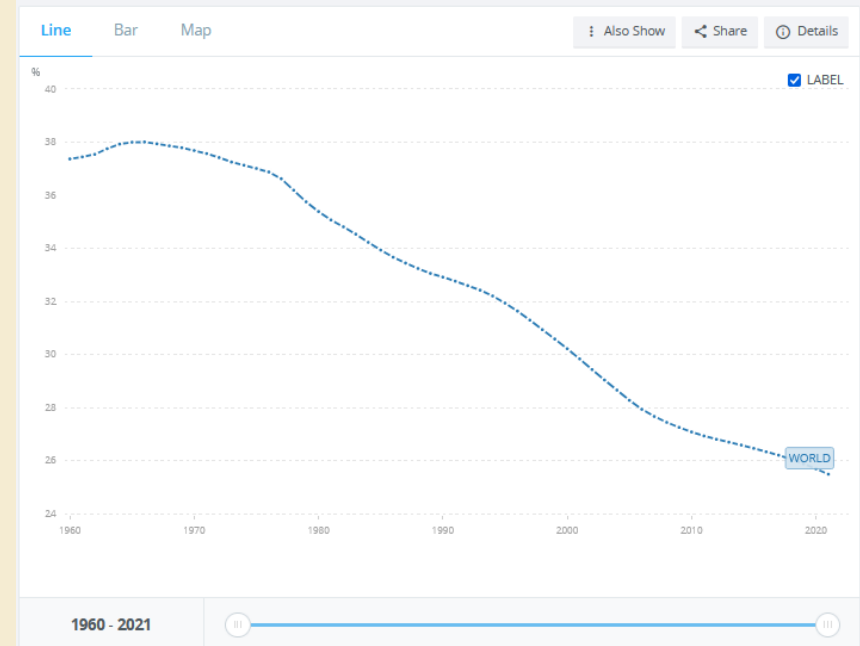
License : CC BY-4.0



Population ages 0-14 (% of total population) - World

United Nations Population Division. World Population Prospects: 2022 Revision.

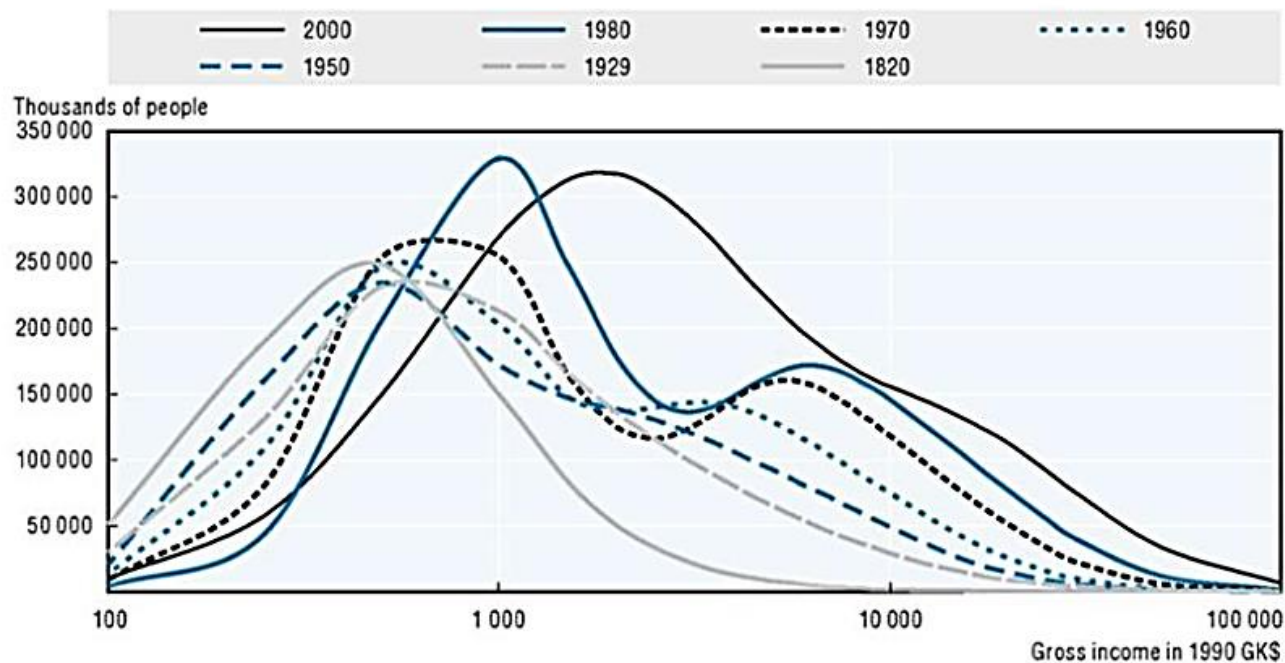
License : CC BY-4.0



<https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.GROW?locations=1W>

Figure 11.1. Global income distributions in selected years, 1820-2000

Thousands of people at given level of income in US dollars at 1990 PPP



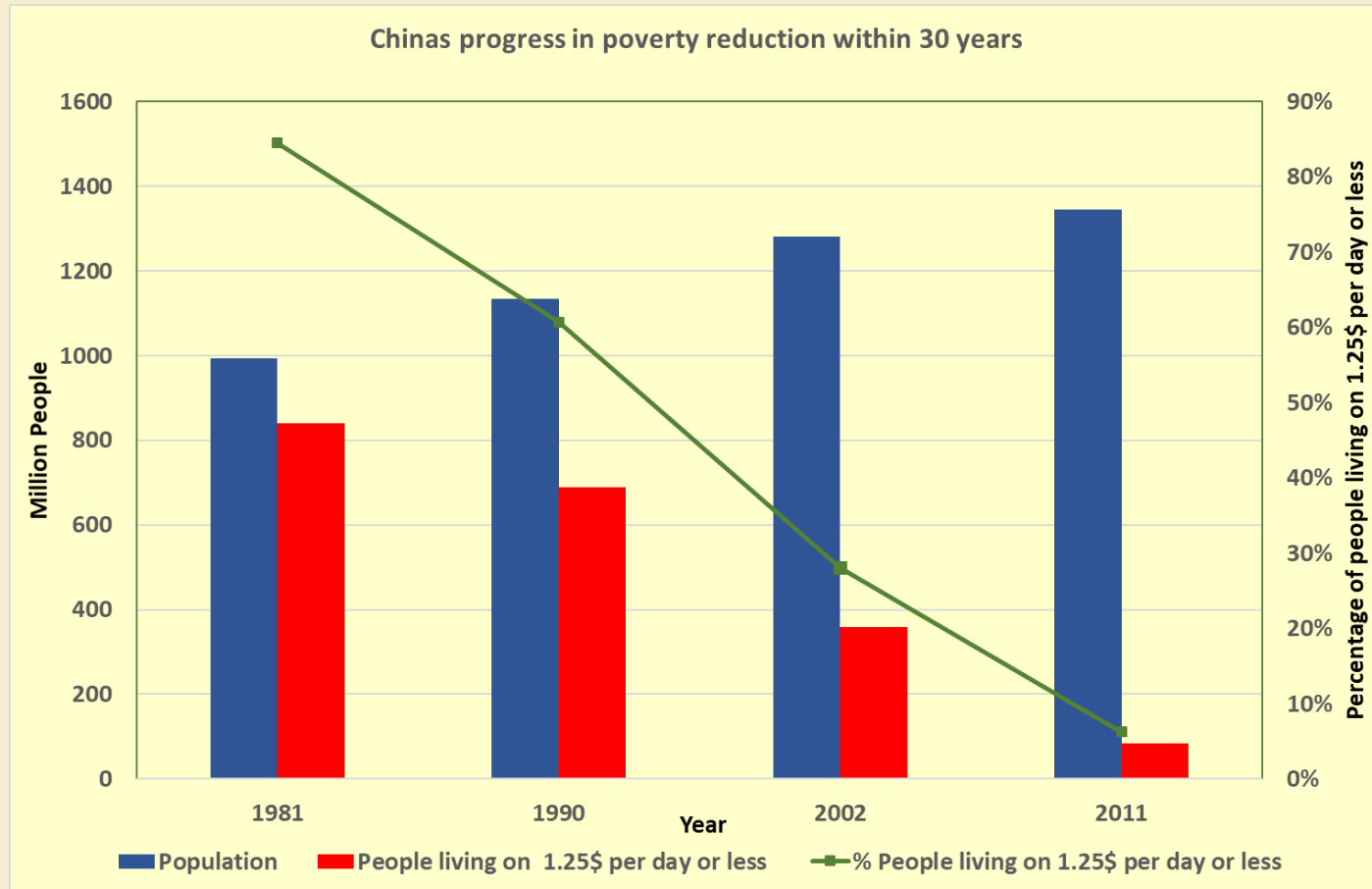
Note: For an assessment of data quality, see Table 11.2.

Source: Clio-Infra, www.clio-infra.eu.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933096198>

Moatsos, Michail, et al.: „Income inequality since 1820“ in Jan Luiten van Zanden, et al. (eds.), How Was Life?: Global Well-being since 1820, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264214262-15-en>

China's progress in poverty reduction



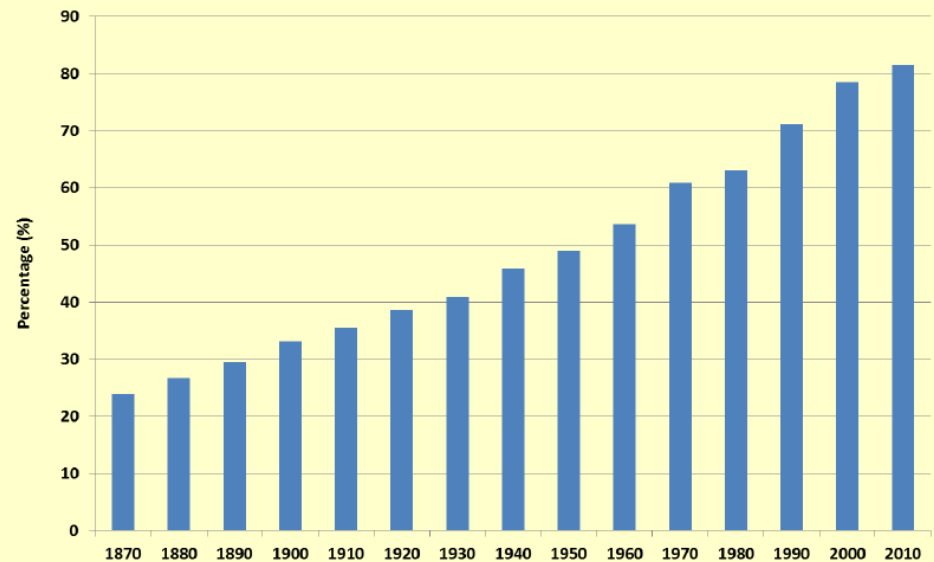
According to data: Kroeber, A.R.: *China's Economy*, Oxford University Press, 2016

UN Development Goals Report and Development of Formal Education since 1870

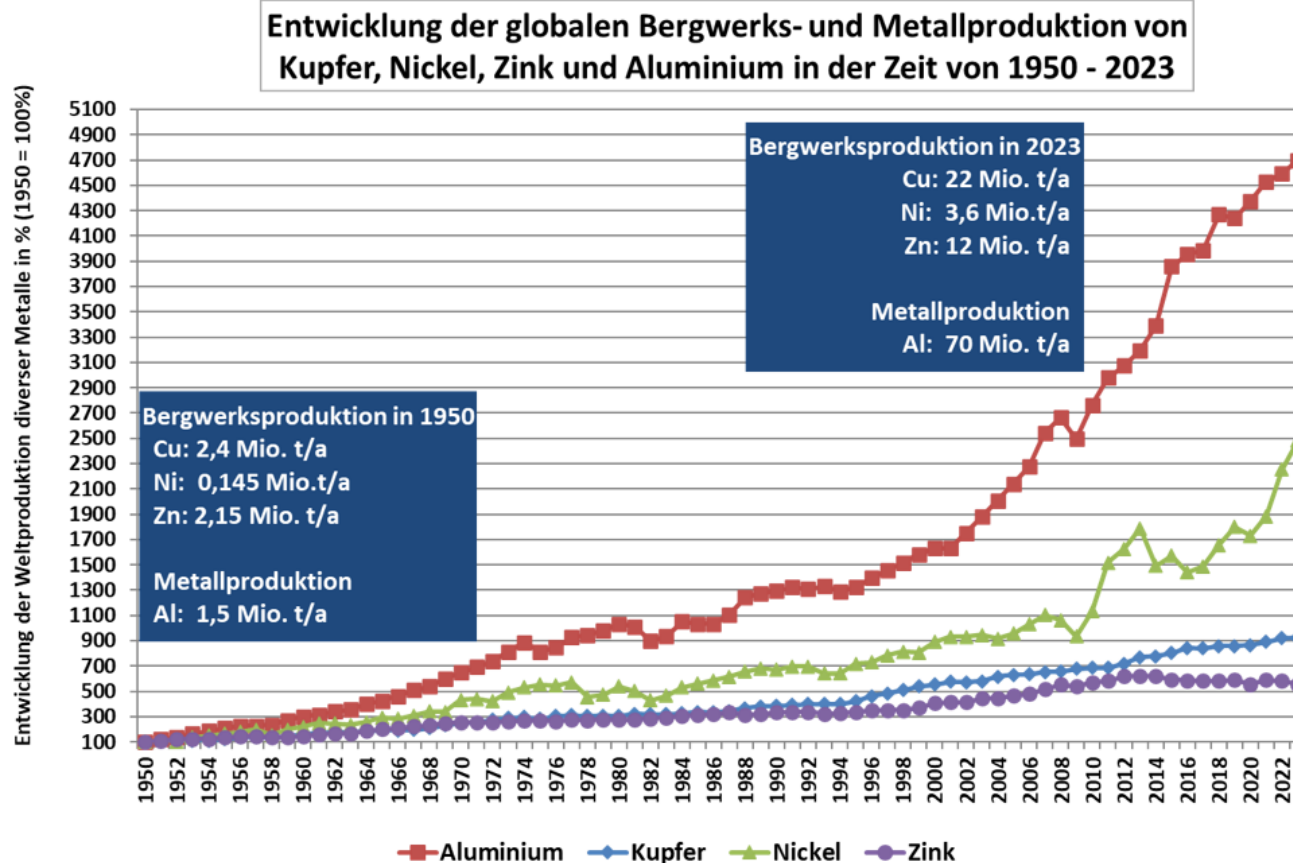
The Millennium Development Goals Report 2015



Percentage of world population aged over 15 enrolled in formal education

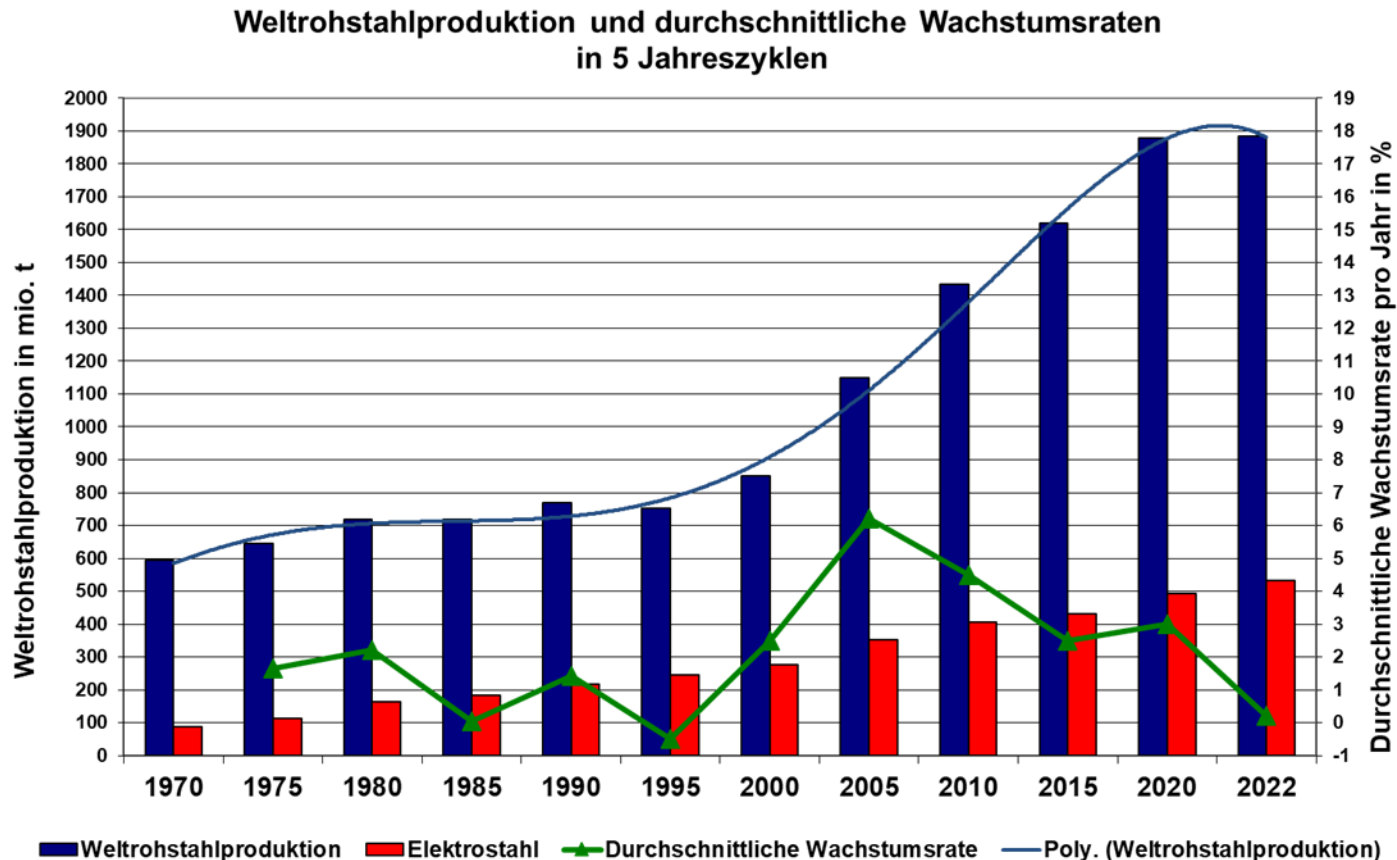


The Development of Global Mining Production of Metals



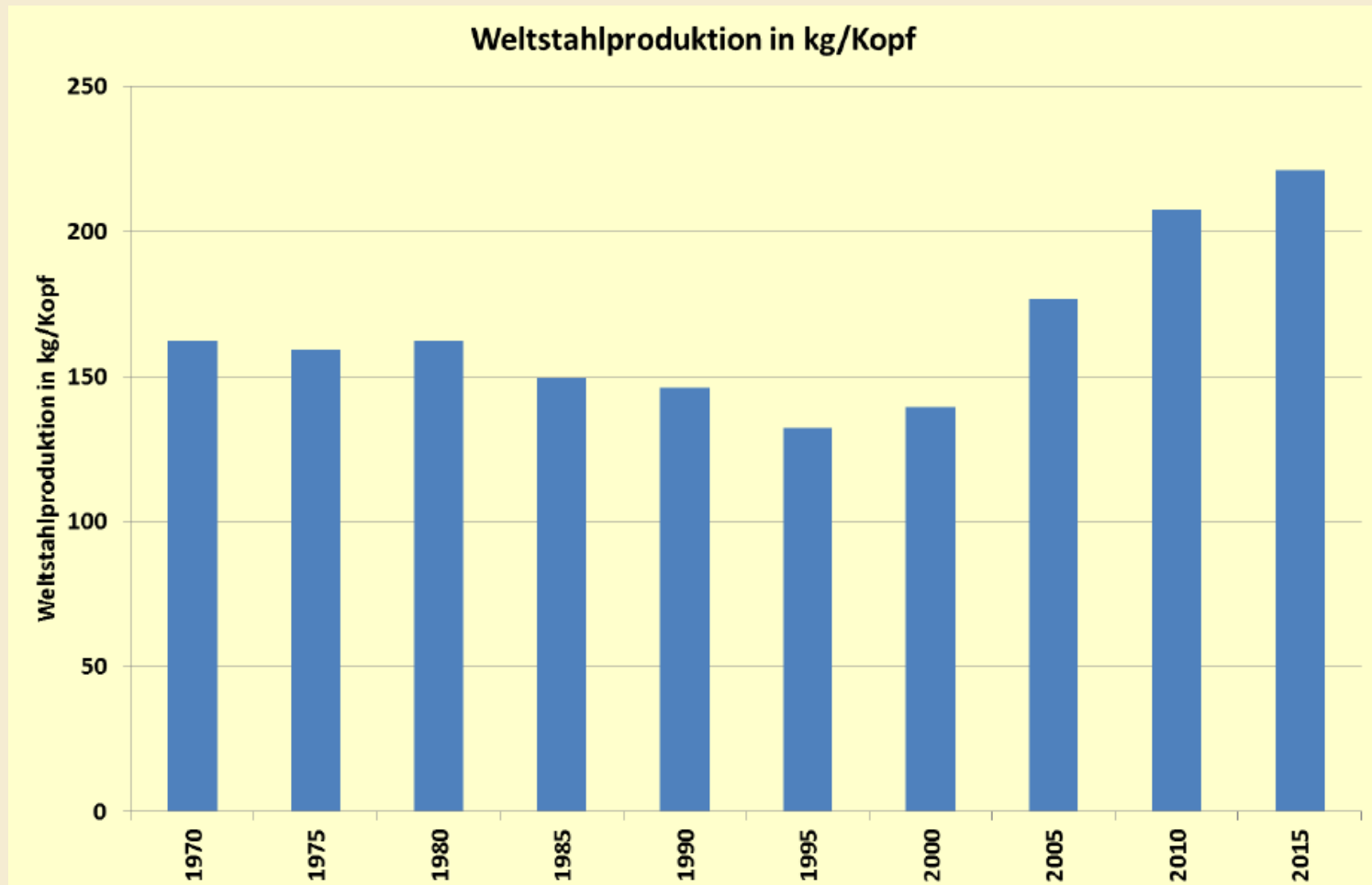
Deike, R.: *Was auf den Rohstoffmärkten passiert- und wie die Zukunft aussieht?*, GIESSEREI 108, Nr.8, S.36-46, 2021
<https://doi.org/10.17185/dupublico/74988>; <https://doi.org/10.17185/dupublico/74989>

The global crude steel production from 1970 to 2022



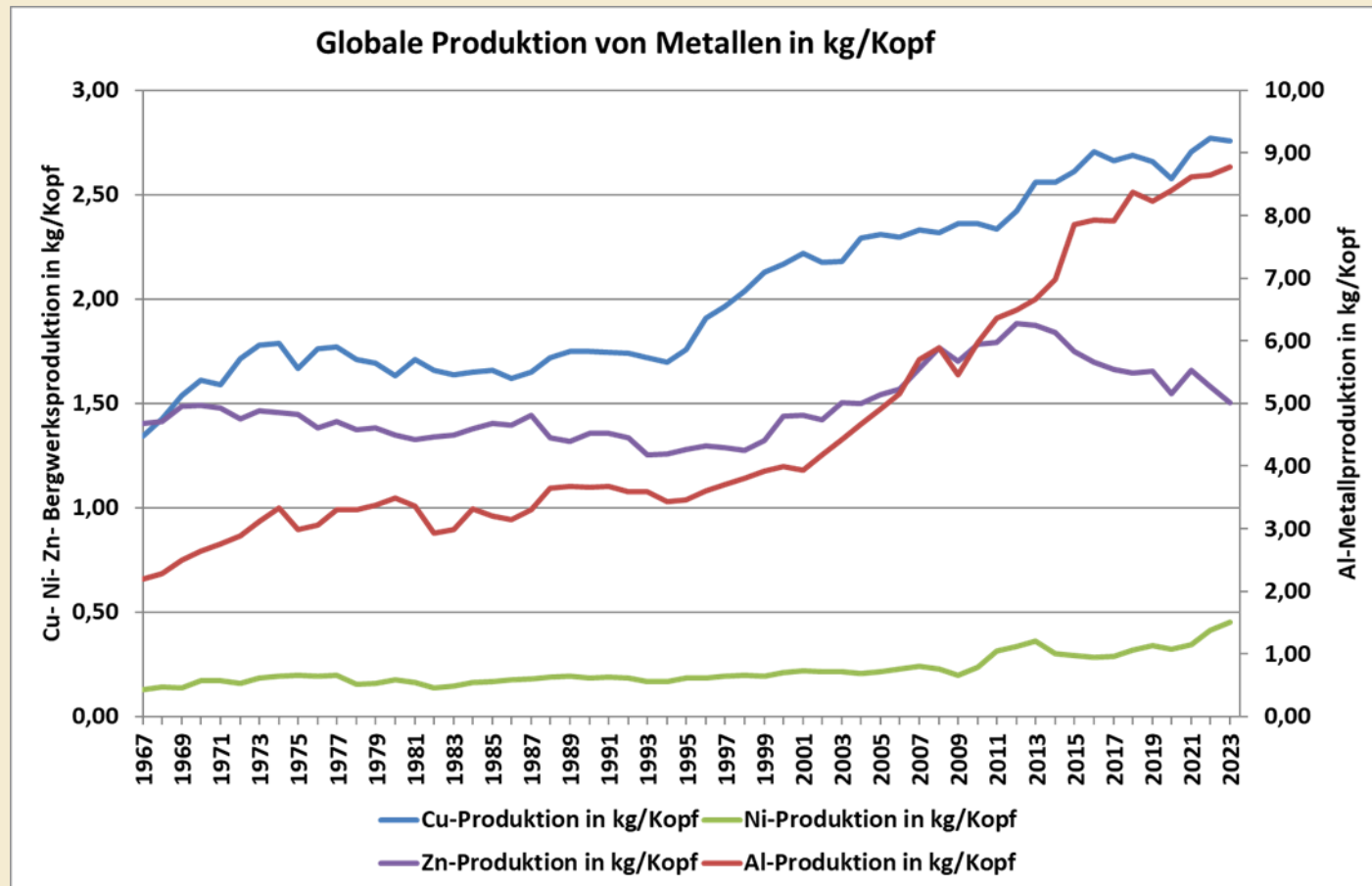
Deike, R.: *Die Bedeutung von Eisen und Stahl für die Circular Economy*, Stahl, Nr. 1-2; 2023
<https://doi.org/10.17185/dupublico/78771>

Global Steel Production per Capita 1970 – 2015



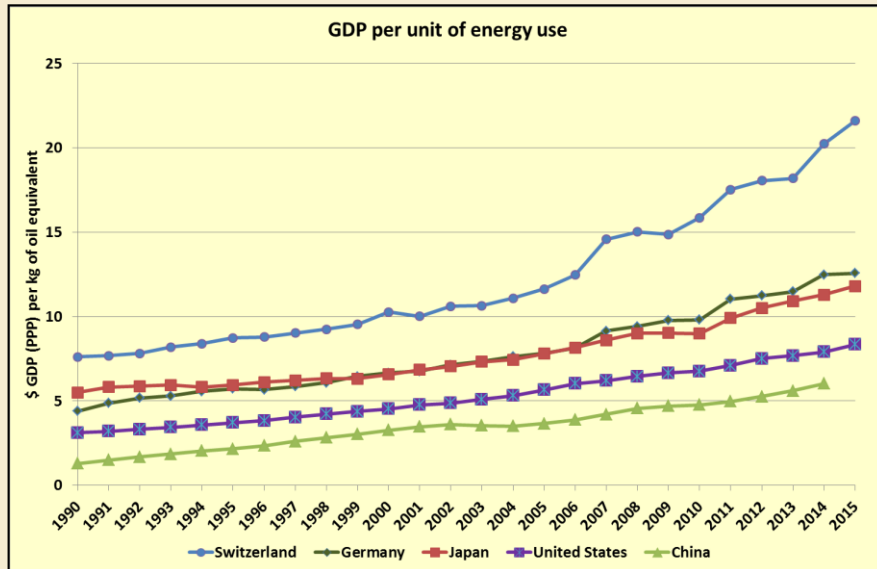
Nach Daten World Steel Association (<https://www.worldsteel.org/>) und Weltbank (<http://data.worldbank.org/>)

The global production of metals from 1967 to 2023

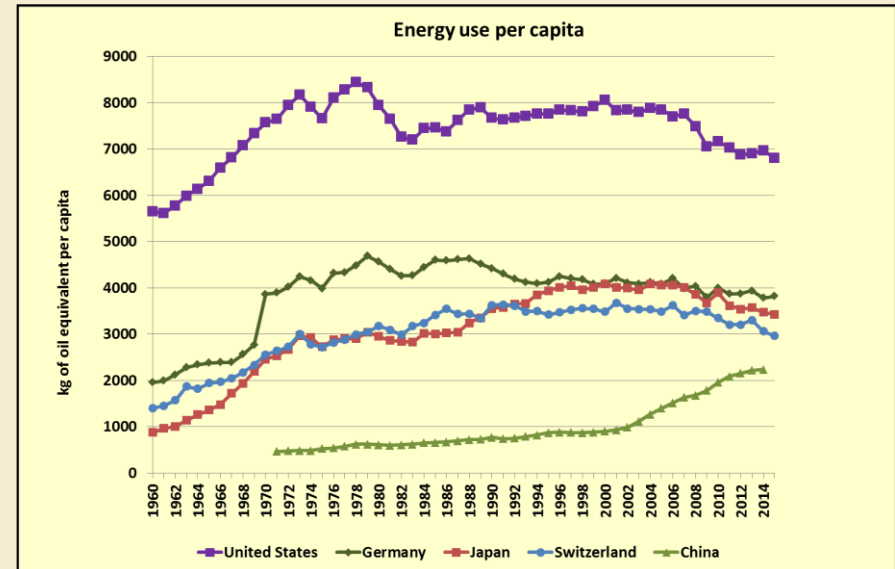


Deike, R.: *Was auf den Rohstoffmärkten passiert- und wie die Zukunft aussieht?*, GIESSEREI 108, Nr.8, S.36-46, 2021
<https://doi.org/10.17185/duepublico/74988>; <https://doi.org/10.17185/duepublico/74989>

Effects of change from an industrial into a service society



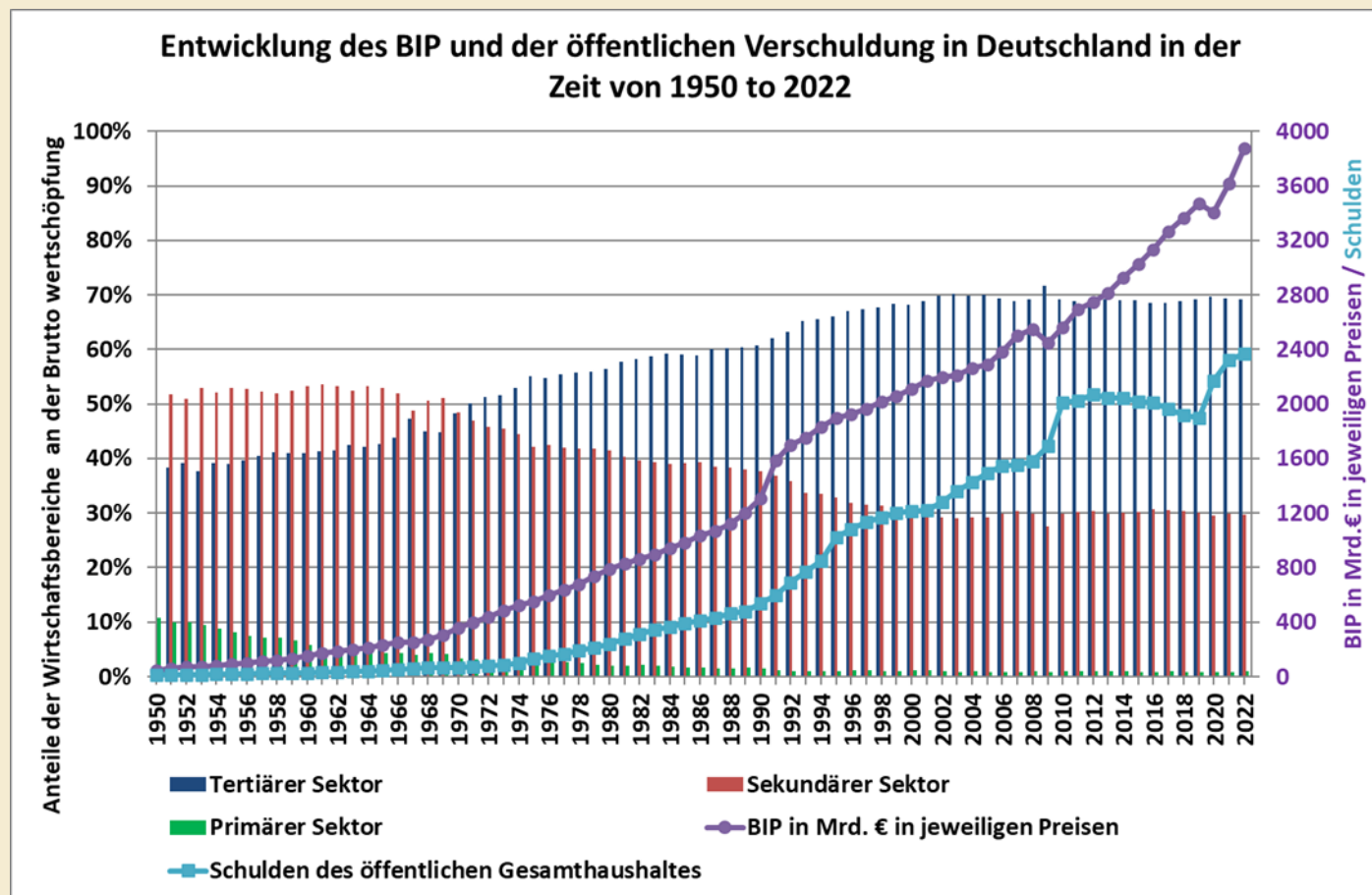
Data from : worldbank(<http://data.worldbank.org/>)



Data from : worldbank(<http://data.worldbank.org/>)

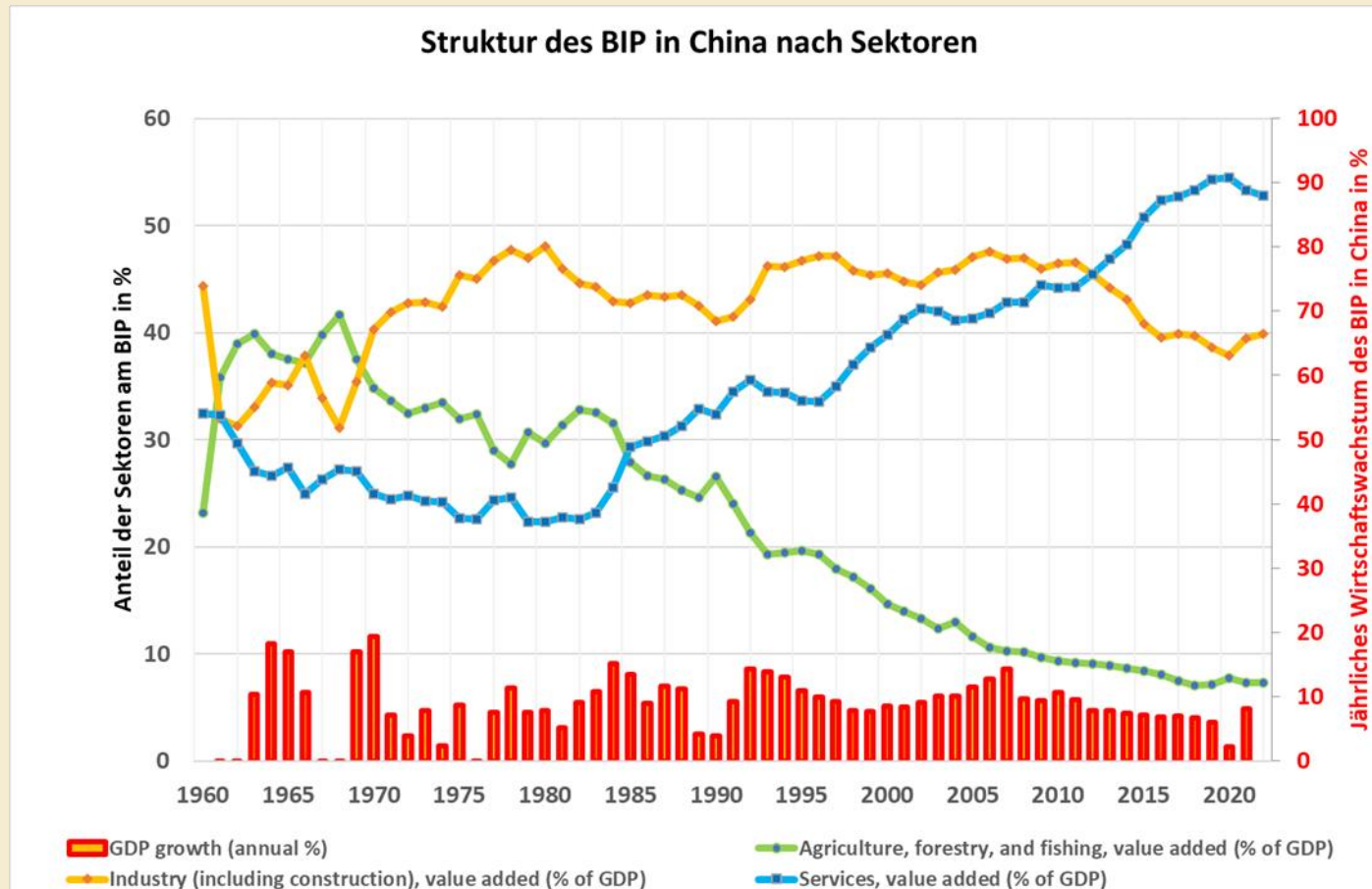
Deike, R.: *What the EU wants for the future, the foundry industry is doing it today!*,
WFO-TECHNICAL FORUM AND 59th IFC PORTOROZ 2019, Portorož, 19.09.19

The development of GDP in Germany from 1950 to 2022



Deike, R.: Bedeutung der Gießereiindustrie in einer Circular Economy, GIESSEREI, 107, Nr.1, S.26-31, 2020
<https://doi.org/10.17185/dupublico/71307>

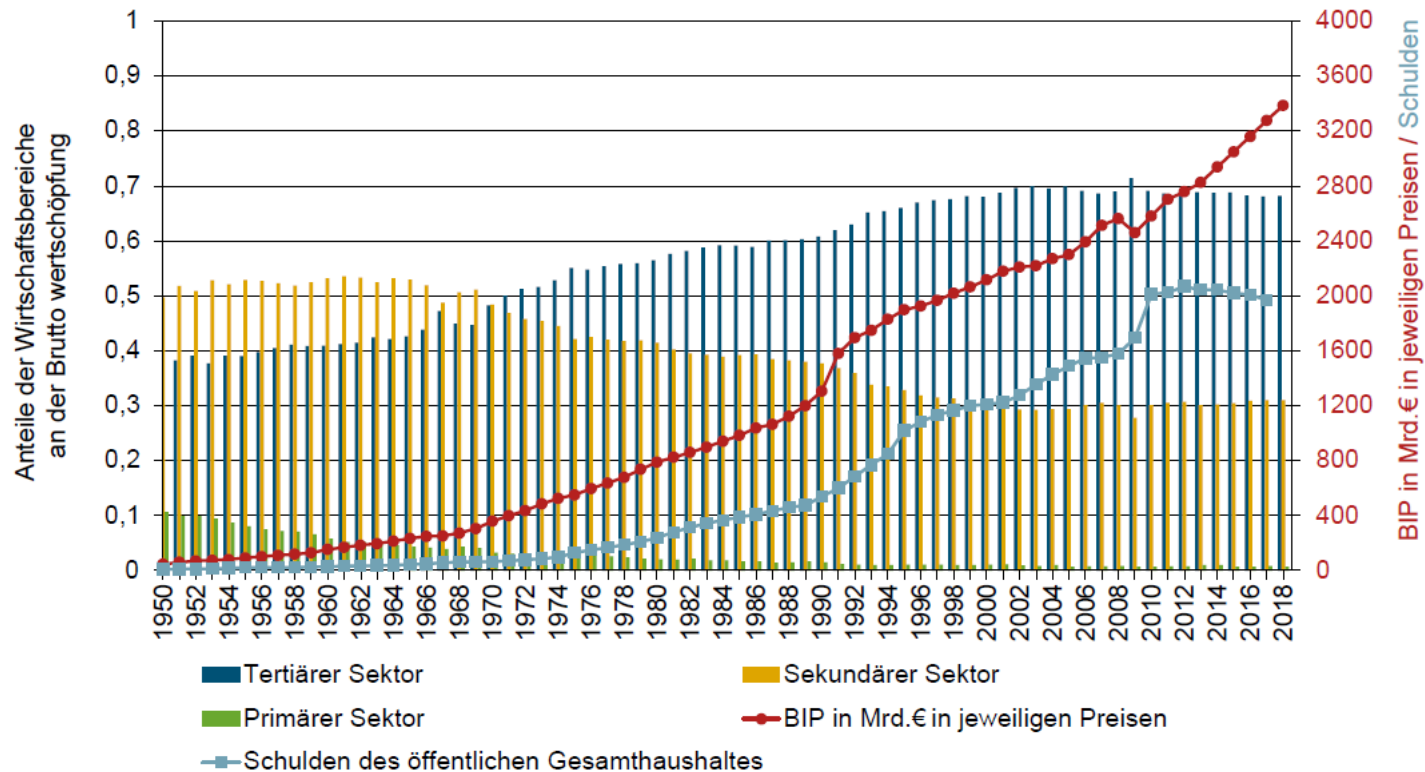
The development of GDP in China from 1960 to 2022



Deike, R.: *Die Bedeutung von Eisen und Stahl für die Circular Economy*, Stahl, Nr. 1-2; 2023

<https://doi.org/10.17185/dupublico/78771>

The development of GDP in Germany from 1950 to 2018



GRAFIKEN: RÜDIGER DEIKE

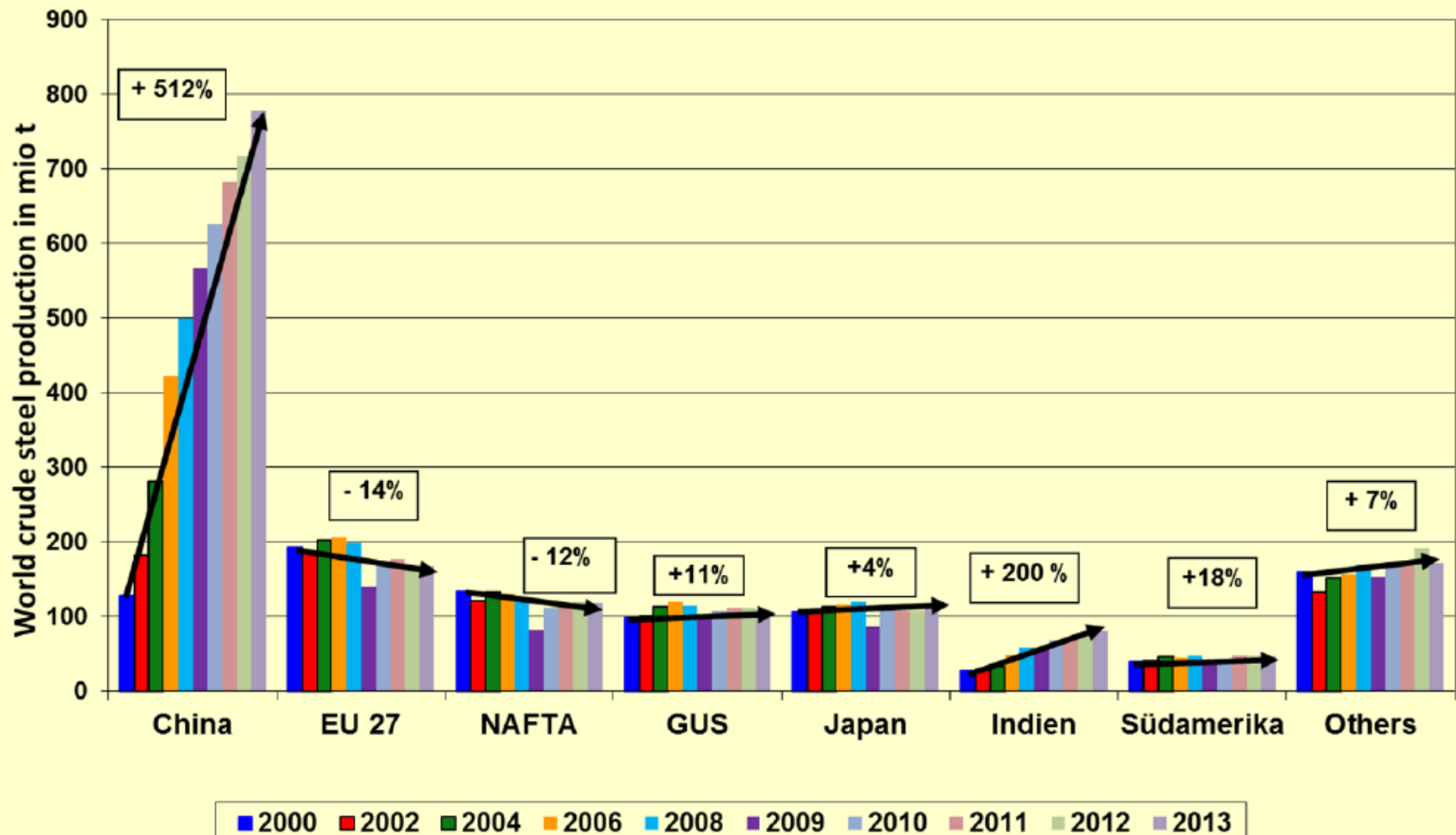
Bild 1: Die prozentualen Anteile der drei Sektoren an der Entwicklung des BIP in Deutschland in der Zeit von 1950 bis 2018 [6].

Deike, R.: Bedeutung der Gießereindustrie in einer Circular Economy, GIESSEREI, 107, Nr.1, S.26-31, 2020

<https://doi.org/10.17185/dupublico/71307>

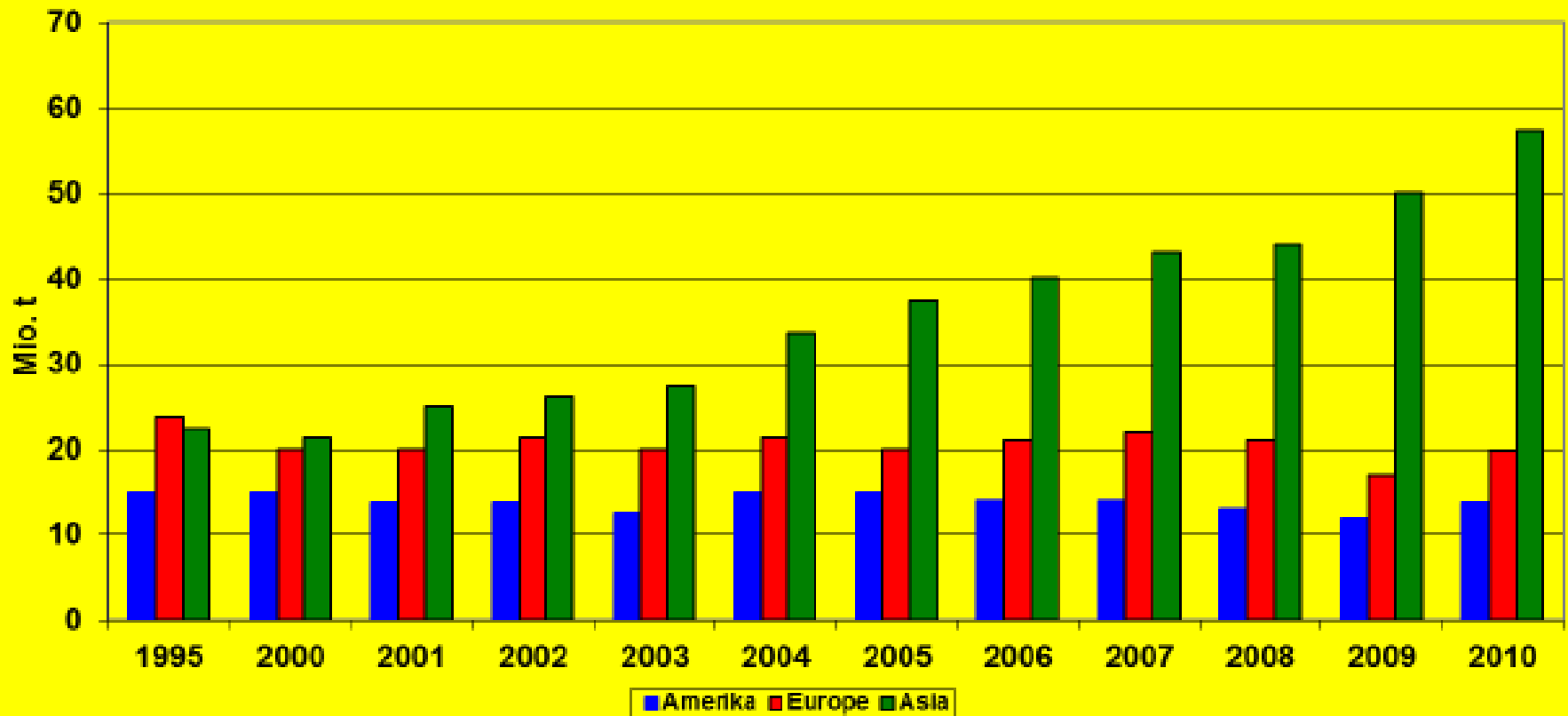
Global Steel Production in Different Region

World crude steel production in different region



Development of World Casting Production

World iron and non ferrous metal casting production



Data of Modern Casting, Census of World Casting, www.moderncasting.com

**"The old rule of thumb, that 80% of
world's mining production is
consumed by 20% of mankind in
Europe, United States and Japan, is
not correct anymore..."**

...A structural change has taken place and today 50% of world's mining production is consumed by 50% of mankind in the Peoples Republic of China, India and other countries with larger populations all over the world."

Wagner, M.; Huy, D.: Commodity Top News No.24, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 20.09.2005

The Most Important Raw Material Consuming Nations in 2017

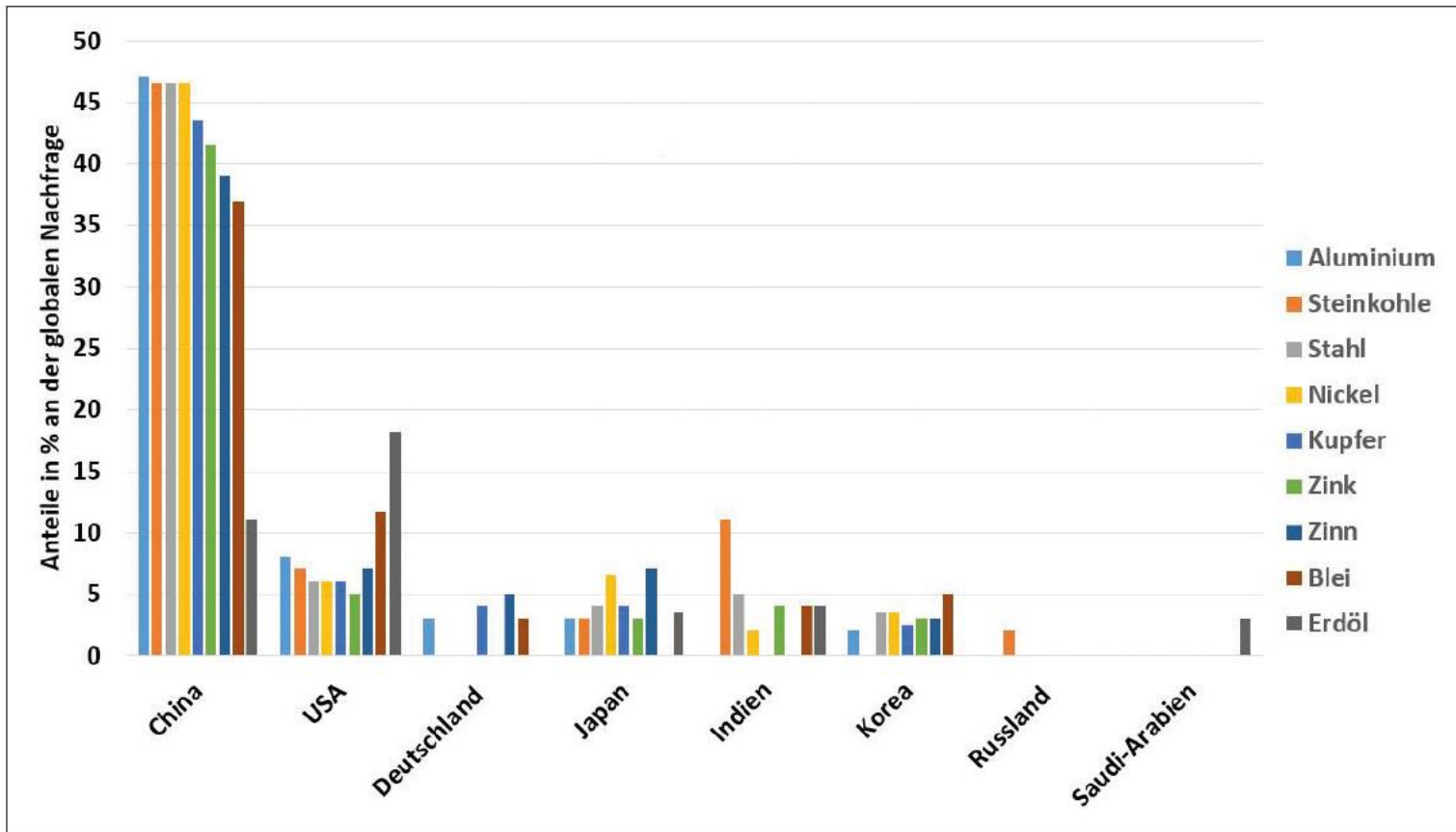
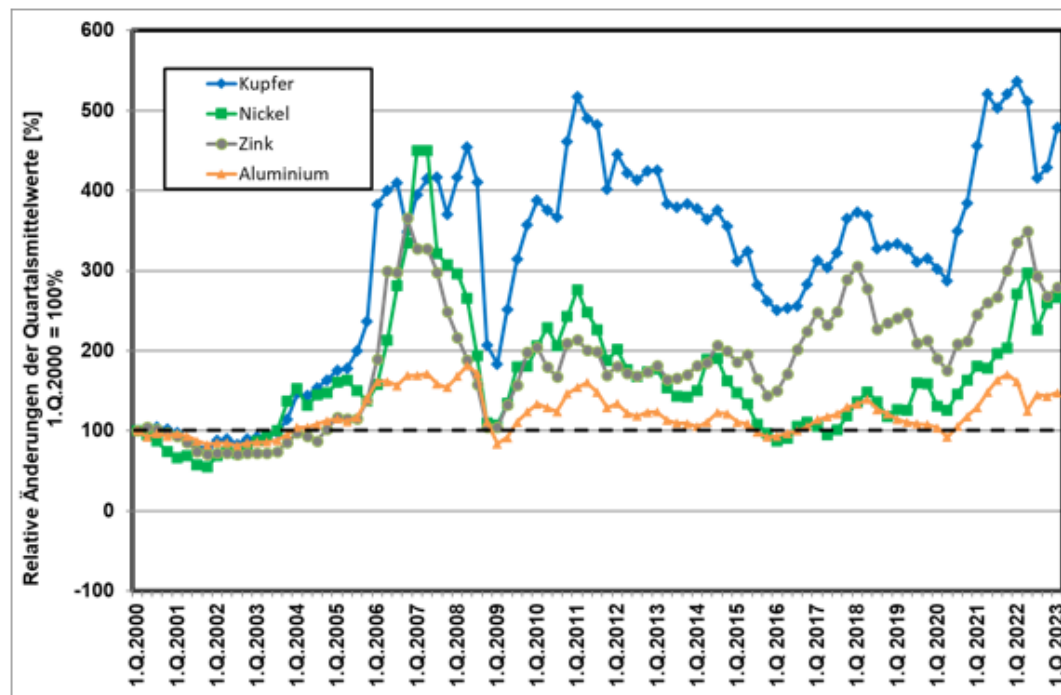


Bild 1: Anteile der 5 wichtigsten Nationen an der globalen Nachfrage nach Industrierohstoffen im Jahr 2017 nach Daten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) [9].

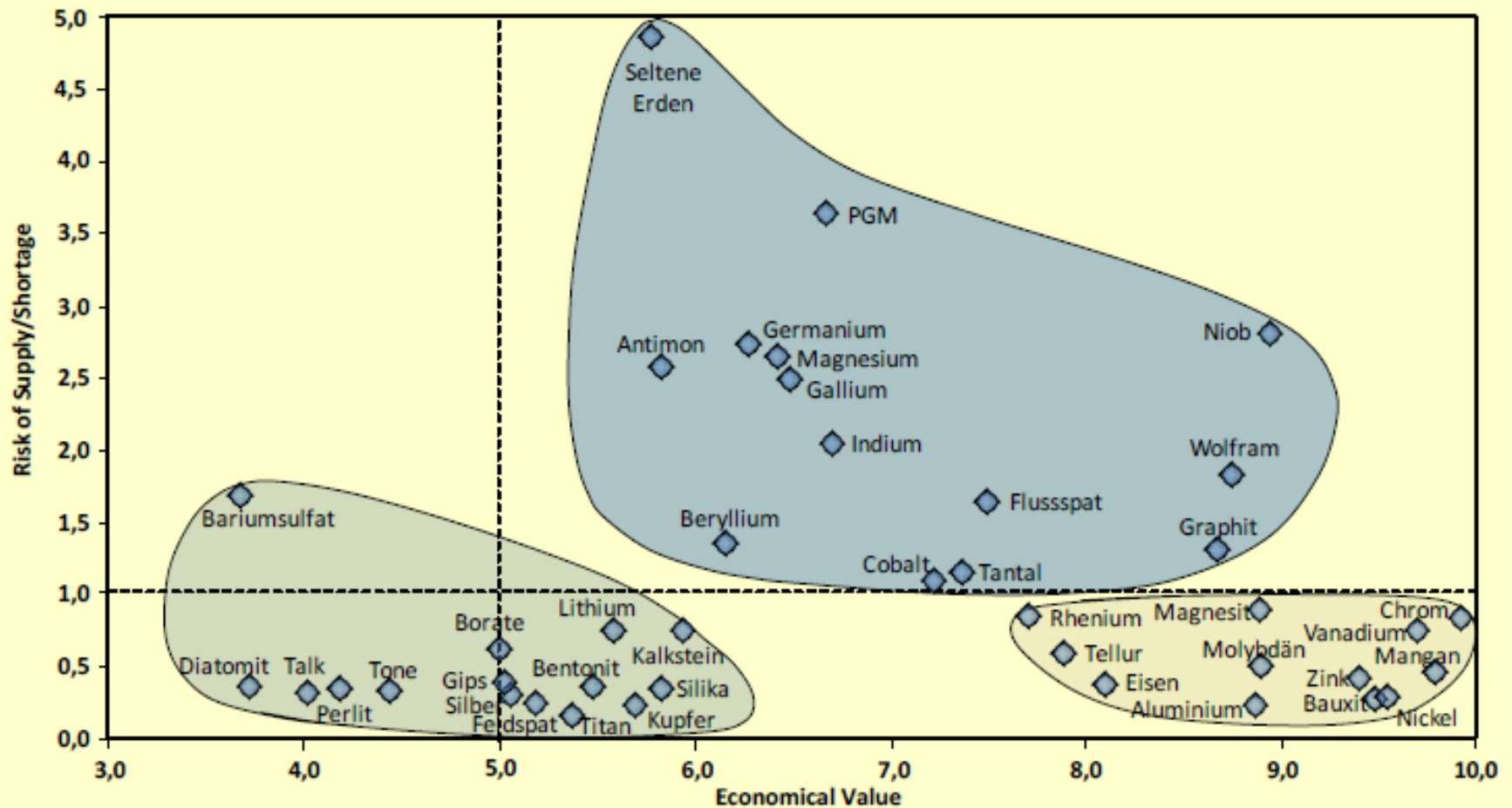
Deike, R.: *Was auf den Rohstoffmärkten passiert- und wie die Zukunft aussieht?*, GIESSEREI 108, Nr.8, S.36-46, 2021
<https://doi.org/10.17185/dupublico/74988>; <https://doi.org/10.17185/dupublico/74989>

Preisentwicklung verschiedener Industriemetalle 2000 bis 2023



Nach Angaben der LME, <https://www.lme.com/>

Deike, R.: Die zukünftige Bedeutung der Gießerei im Hinblick auf den Circular Economy Action Plan der EU, 65. Österreichische Gießereitagung, Schladming, 28.04.23



EU-Commission, Critical Raw Materials for the EU, June 2010

What is important for the future



Poppers kritischer Rationalismus und seine Bedeutung für die Transformation

18. JANUAR 2023 / PROF. DR.-ING. RÜDIGER DEIKE

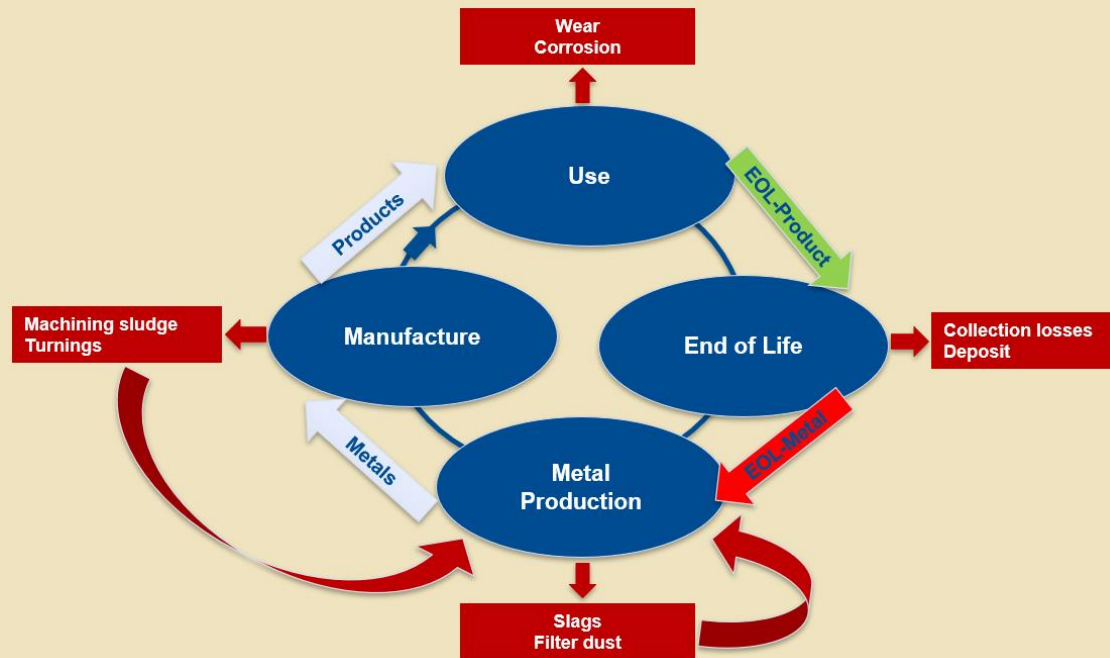
<https://transforming-economies.de/popper-kritischer-rationalismus-und-seine-bedeutung-fur-die-transformation/>

5. When is Recycling Effective?

Any recovery operation by which waste materials are reprocessed into products, materials or substances whether for the original or other purposes.

Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19. Nov. 2008, <http://europa.eu/legislation>

What is the difference between recycling rate and recycled content?



End-of-Life Recycling Rate

$$\frac{\text{Recycled EOL Metal}}{\text{EOL Product}}$$

Recycled Content

$$\frac{\text{Use of scrap in metal production}}{\text{Use of scrap + Primary metal}}$$

Deike, R.: *The importance of the foundry industry in a circular economy*, 57th International Foundry Conference, Portorož, 13. - 15.09.2017

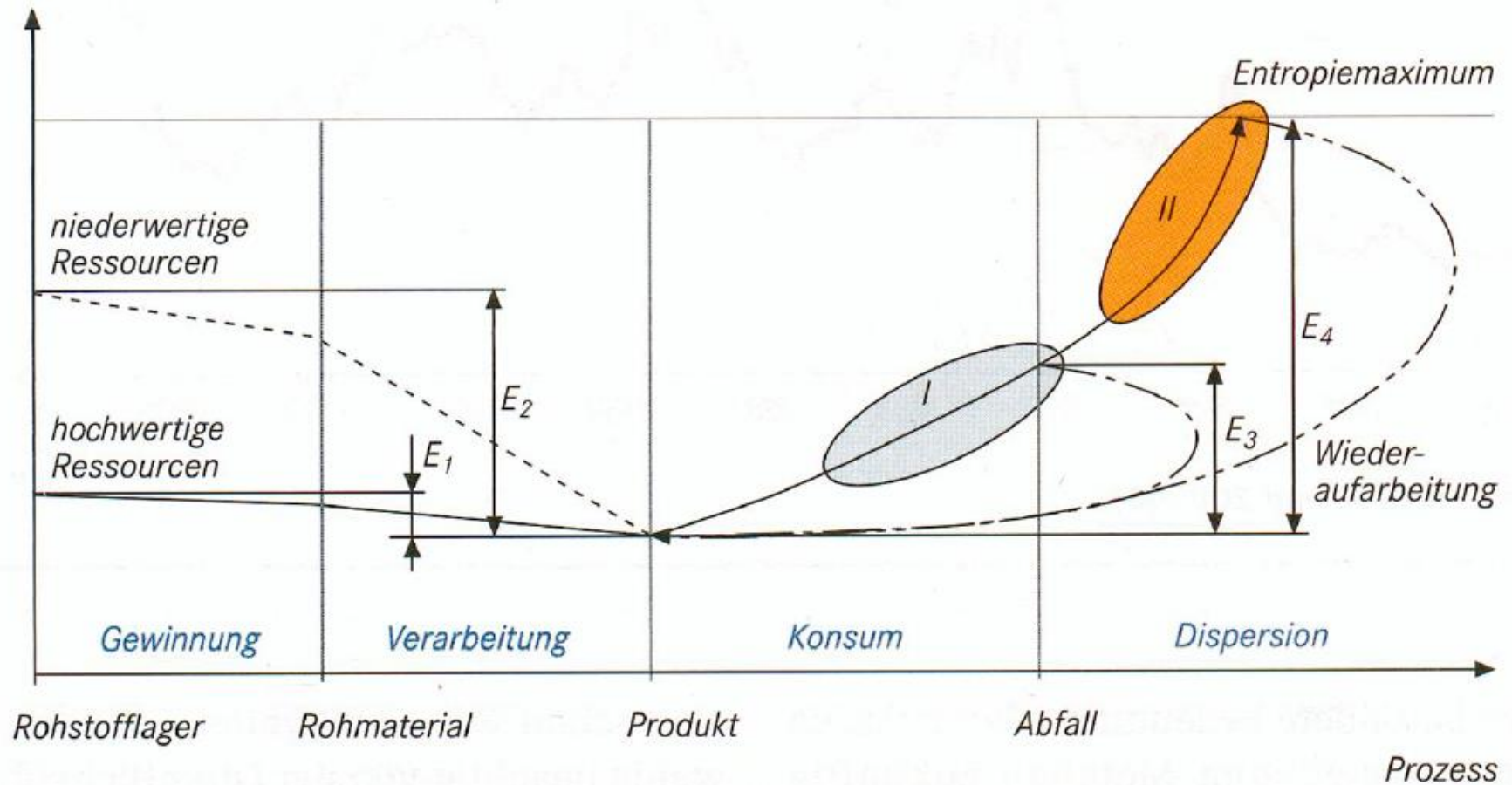
What is the Problem in Recycling? Do We Have a Different in Value?



Deike, R.: New Perspectives for Brazilian-German Research on Circular Economy, 5th anniversary of the UA-Ruhr-Latin America office, Rio de Janeiro, 04.10.16

Entropy Development during the Production, Use, and Recycling of Products → Life Cycle

Entropie S



Deike, R, Dings, J.: Giesserei 94 (2007) Nr.6, S.198-2005

The foundry industry is doing today what the EU wants for the future

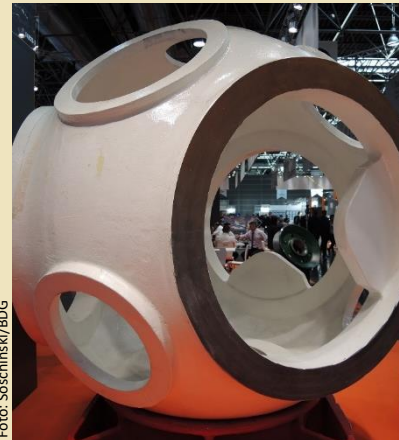


Deike, R., 2020. Bedeutung der Gießerei-Industrie in einer Circular Economy. <https://doi.org/10.17185/duepublico/71307>

With end of life
the process
starts again in a
closed loop



Responsible raw
material consumption



Deike, R., 2021. Die Bedeutung energieintensiver metallurgischer Betriebe: Unter dem Aspekt des Recyclings von Eisen, Stahl und NE-Metallen. <https://doi.org/10.17185/duepublico/74510>

For the production of
products for future
industries



Average composition of cell phones

E.g. electronics = complex multi-material assemblies

Responsible recycling to cope with hazards while recovering value



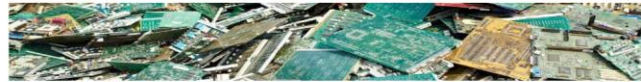
a complex mix of ...

- Ag, Au, Pd... (precious metals)
- Cu, Al, Ni, Sn, Fe, Bi, Sb, In... (base & special metals)
- Hg, Be, Pb, Cd, As, ... (hazardous substances)
- Halogens (Br, F, Cl...)
- Plastics & other organic materials
- Glass, ceramics, wood, ...

... in a tightly interconnected assembly



High quality recycling = economically viable recovery of various relevant contained materials with high yields, in marketable quality, and meeting high environmental* - & social standards.



* incl. energy & CO₂-balance

©: Hagelüken, Ruhr Symposium, 17.10.2023

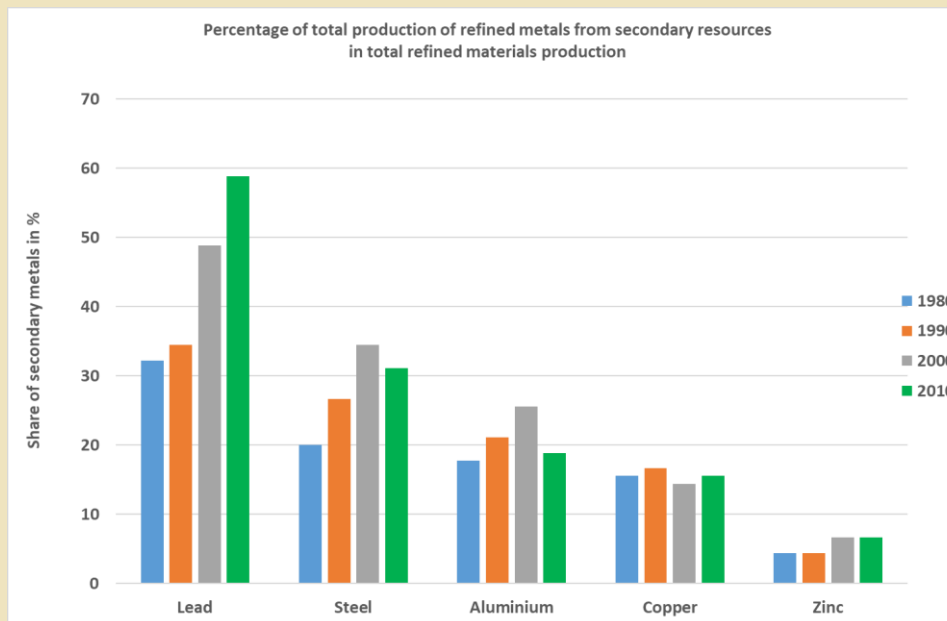
© Umicore

5

Tab. 2 Rückgewinnungsquoten und Rohstoffpreise ausgewählter Metalle im Mobiltelefon

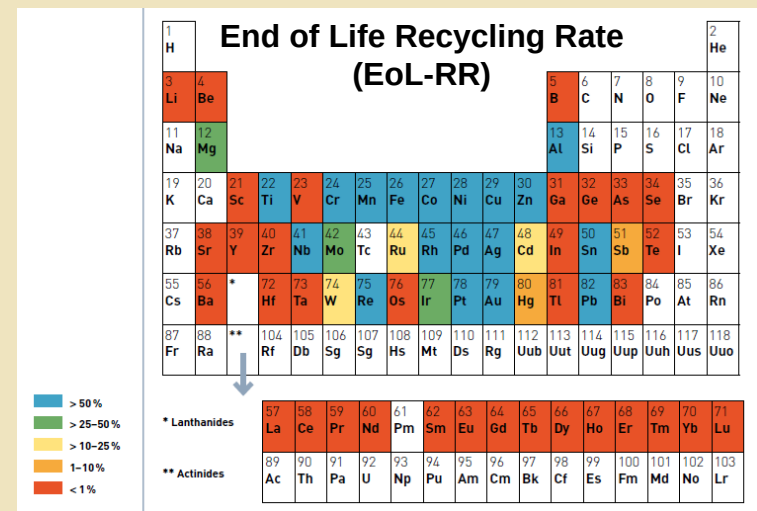
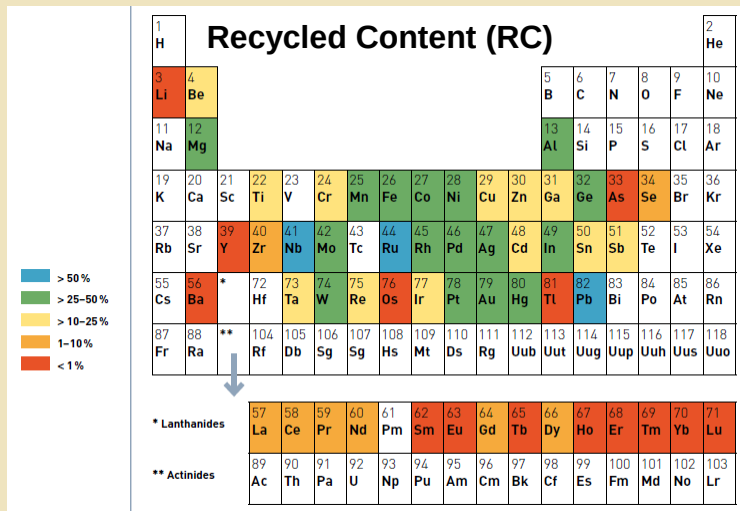
Metall	Menge pro Mobiltelefon (kg)	Rückgewinnungsquote (%)	Preis (USD/kg) ^{c)}	Zurückgewonnene Menge (kg)	Wert der zurückgewonnenen Metalle (USD/Mobiltelefon)
Kupfer	0,015 ^{a)}	95 ^{b)}	7	0,01425	0,10
Silber	0,0005 ^{a)}	95 ^{b)}	430	0,000475	0,02
Gold	0,000027 ^{b)}	98 ^{d)}	22.280	0,00002646	0,59
Palladium	0,000015 ^{a)}	95 ^{b)}	11.413	0,00001425	0,16
Summe					0,87

Shares of secondary metals in total global production (5-years moving average)



According to data of OECD: Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences, OECD Publishing, Paris, 2019, <https://doi.org/10.1787/9789264307452-en>

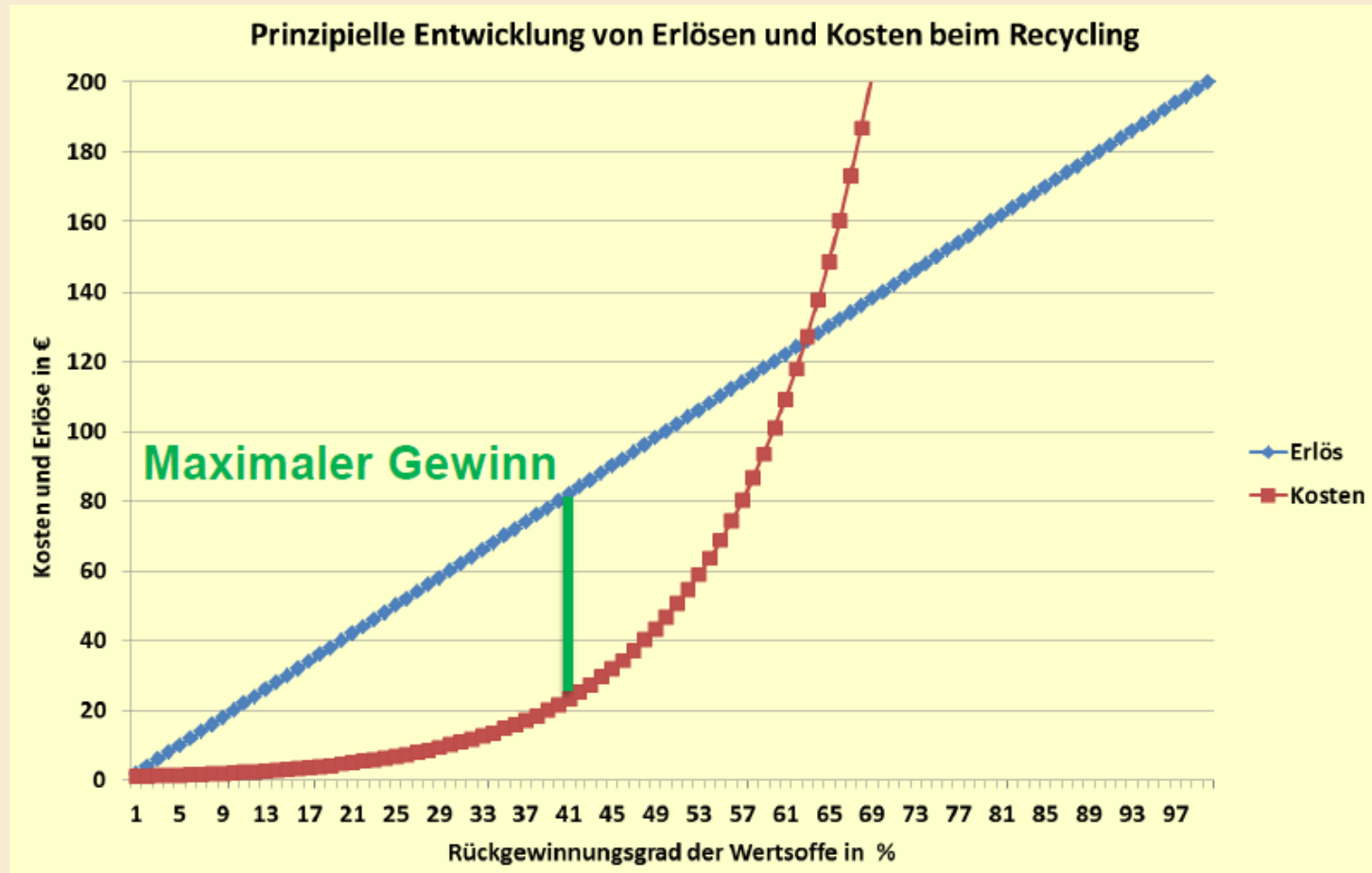
Recycled content and EoL-recycling rate of different metals



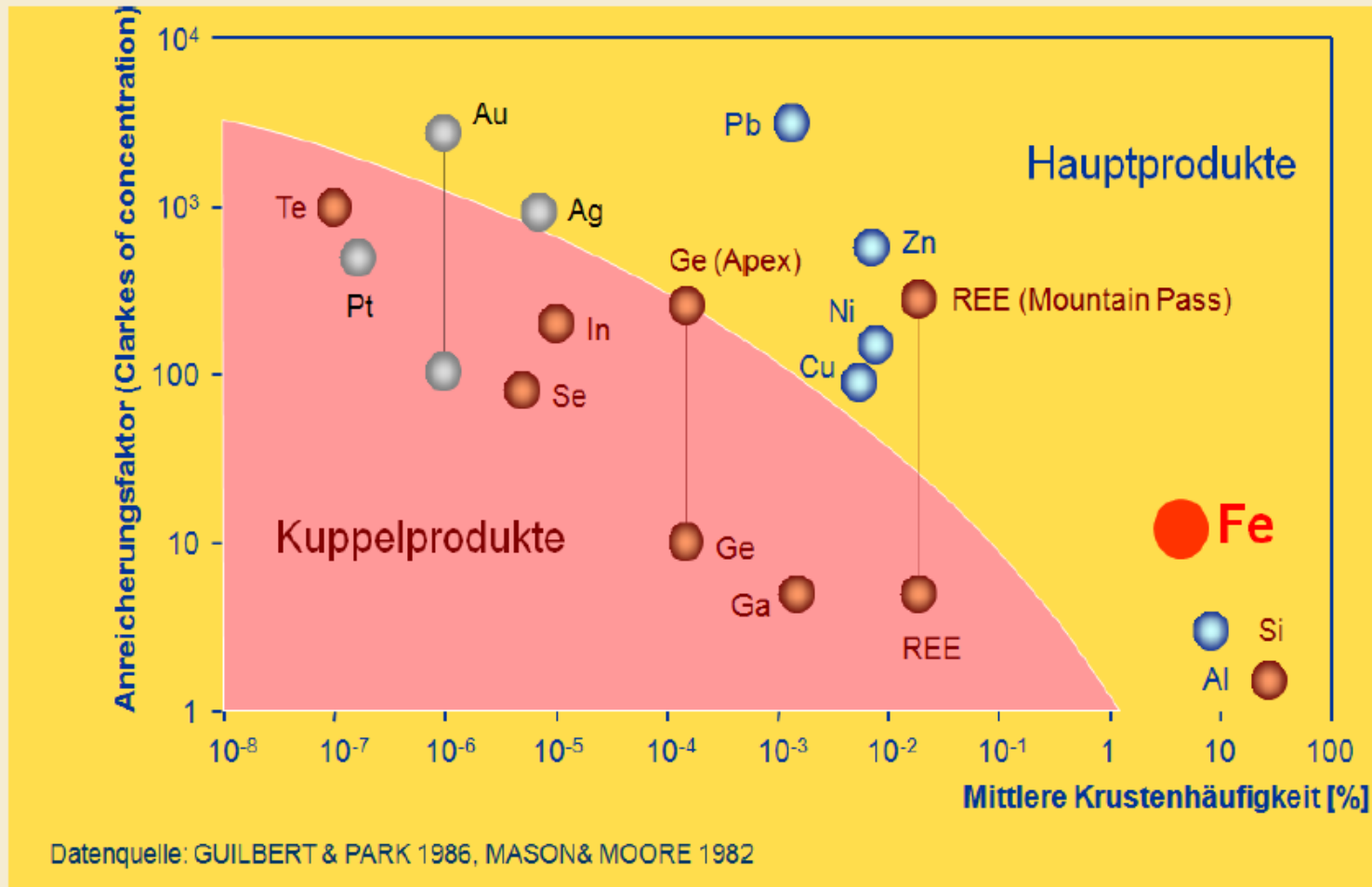
In periods of economic growth, the primary metal share grows faster than the secondary share, so that the recycled content (RC) decreases and is substantially smaller than the EoL-recycling rate. In addition the recycled content is dependent on the availability of secondary raw material.

UNEP International Resource Panel: Recycling rates of metals, 2011, <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/8702>

Principal Development of Revenue and Cost in Recycling Process



In Anlehnung an Bunge, R.: Recycling ist gut, mehr recycling ist besser – oder nicht?, Berliner Recycling und Rohstoffkonferenz, Berlin 08.03.16



Stribrny, B.; Wagner, M.: Geowissenschaftliche Aspekte der Verfügbarkeit von Rohstoffen für die Stahlindustrie, Stahltag, Düsseldorf 10./11.11.2005

6. Definitions and Key Terms Used in Environmental Acts

Air Pollution in Germany in the Past



YouTube: Smog der Film, 1973 Drehbuch Wolfgang Menge,
Regie Wolfgang Petersen

Erster Smog-Alarm in Deutschland Ruhrgebiet ging die Luft aus

Von Dominik Reinle

Vor 30 Jahren wird in Deutschland zum ersten Mal Smog-Alarm ausgelöst:
Im Ruhrgebiet überschreitet am 17. Januar 1979 die Schwefeldioxid-
Konzentration den Grenzwert.



Smog im Ruhrgebiet

http://www1.wdr.de/themen/panorama/smog_ruhrgebiet102.html

Purpose of the Federal Immission Protection Act (BImSchG)

- 1) Zweck dieses Gesetzes ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, | die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen.
- 1) The purpose of this Act is to protect people, animals and plants, soil, water, the atmosphere, as well as cultural and other property against harmful environmental impacts and prevent the formation of harmful environmental impacts.
- 2) Soweit es sich um genehmigungsbedürftige Anlagen handelt, dient dieses Gesetz auch
 - der integrierten Vermeidung und Verminderung schädlicher Umwelteinwirkungen durch Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen, sowie
 - dem Schutz und der Vorsorge gegen Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen, die auf andere Weise herbeigeführt werden.
- 2) Where it is a location requiring official approval, the aim of this law is also
 - The integrated prevention and control of adverse environmental impacts due to emissions to air, water and soil, including the waste management in order to achieve a high level of protection for the environment as a whole, as well as
 - The protection and prevention of hazards, significant disadvantages and significant trouble that are brought about in other ways.

Duties of Someone, Who Runs an Industrial Facility that Needs Government Permission (BImSchG – 2.Part – 1.Section)

(3) Genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten, zu betreiben und stillzulegen, dass auch nach einer Betriebseinstellung:

1. von der Anlage oder dem Anlagengrundstück keine schädlichen Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft hervorgerufen werden können,
2. vorhandene Abfälle ordnungsgemäß und schadlos verwertet oder ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit beseitigt werden und
3. die Wiederherstellung eines ordnungsgemäßen Zustandes des Anlagengrundstücks gewährleistet ist.

(4) Wurden nach dem 7. Januar 2013 auf Grund des Betriebs einer Anlage nach der Industrieemissions-Richtlinie erhebliche Bodenverschmutzungen oder erhebliche Grundwasserverschmutzungen durch relevante gefährliche Stoffe im Vergleich zu dem im Bericht über den Ausgangszustand angegebenen Zustand verursacht, so ist der Betreiber nach Einstellung des Betriebs der Anlage verpflichtet, soweit dies verhältnismäßig ist, Maßnahmen zur Beseitigung dieser Verschmutzung zu ergreifen, um das Anlagengrundstück in jenen Ausgangszustand zurückzuführen. Die zuständige Behörde hat der Öffentlichkeit relevante Informationen zu diesen vom Betreiber getroffenen Maßnahmen zugänglich zu machen, und zwar auch über das Internet. Soweit Informationen Geschäfts- oder Betriebsgeheimnisse enthalten, gilt § 10 Absatz 2 entsprechend.

Duties of Someone, Who Runs an Industrial Facility that Needs Government Permission (BImSchG – 2.Part – 1.Section)

- (3) Licensable facilities shall be constructed, operated and be decommissioned that even after an ending of operation:
 - 1. No harmful effects on the environment and other hazards, significant disadvantages and significant nuisances to the community and the neighborhood can be caused by the installation or system property,
 - 2. Existing waste is properly and hazardous recycling or disposed of without impairment of the public interest and
 - 3. The restoration of a proper state of investment property is guaranteed.

- (4) If after January 7, 2013 due to the operation of an installation according to the industrial emission directive significant soil pollution or significant groundwater contamination by relevant hazardous substances compared to the state specified in the report on the initial state, the operator is after ending of the operation of the plant obliged, so far as is proportionate, to take measures to eliminate that pollution so as to return the investment property in those initial state. The competent authority shall make public relevant information about these measures taken by the operator accessible, even over the Internet. To the extent information contained business or trade secrets, § 10, paragraph 2 accordingly is applied.

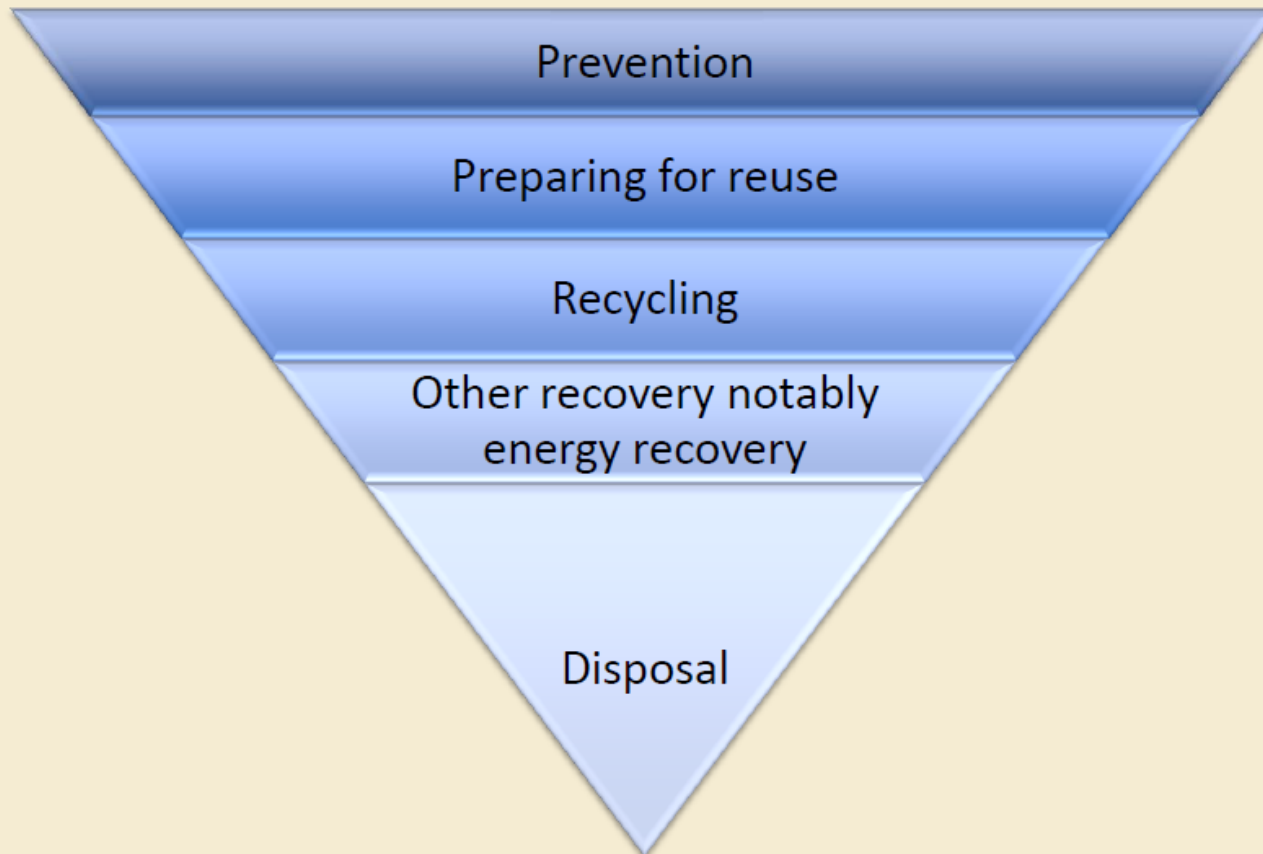
BImSchG, www.bmu.de

The Directive 2008/98/EU establishes a legal framework for the treatment of waste within the Community. It aims at protecting the environment and human health through prevention of the harmful effects of waste generation and waste management.

Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19. Nov. 2008, <http://europa.eu/legislation>

**Any substance or object which
the holder discards or intends
or is required to discard.**

Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19. Nov. 2008, <http://europa.eu/legislation>



Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19. Nov. 2008, <http://europa.eu/legislation>

Measures taken before a substance, material or product has become waste.

Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19. Nov. 2008, <http://europa.eu/legislation>

Any operation the principal result of which is waste serving a useful purpose. If waste replaces other materials, which are normally used for a certain function, it is also called recovery.*

Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19. Nov. 2008, <http://europa.eu/legislation>

* Extended explanation by R.Deike

„Artikel 1

Gegenstand und Anwendungsbereich

Mit dieser Richtlinie werden Maßnahmen festgelegt, die dem Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit dienen, indem die Erzeugung von Abfällen und die schädlichen Auswirkungen der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen vermieden oder verringert, die Gesamtauswirkungen der Ressourcennutzung reduziert und die Effizienz der Ressourcennutzung verbessert werden, und welche für den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft und für die Sicherstellung der langfristigen Wettbewerbsfähigkeit der Union entscheidend sind.“

‘Article 1

Subject matter and scope

This Directive lays down measures to protect the environment and human health by preventing or reducing the generation of waste, the adverse impacts of the generation and management of waste and by reducing overall impacts of resource use and improving the efficiency of such use, which are crucial for the transition to a circular economy and for guaranteeing the Union’s long-term competitiveness.’;

15a. „Stoffliche Verwertung“ jedes Verwertungsverfahren, ausgenommen die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die als Brennstoff oder anderes Mittel der Energieerzeugung verwendet werden sollen. Dazu zählen unter anderem die Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling und Verfüllung;

‘15a. “material recovery” means any recovery operation, other than energy recovery and the reprocessing into materials that are to be used as fuels or other means to generate energy. It includes, *inter alia*, preparing for re-use, recycling and backfilling;’

<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/851/oj/deu>

17. „Recycling“ jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfallmaterialien zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden. Es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, aber nicht die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind;

In the [Waste Framework Directive](#) at present **recycling is defined as** *"any recovery operation by which waste materials are reprocessed into products, materials or substances whether for the original or other purposes"*.

Although sounding simple, it elicits many **questions**:

- Would processes that produce both a product and a fuel be considered recycling?
- How do you measure the amount of recycled material: based on input or output?
- How can you make a distinction between low quality and high quality recycling?

- (49) Bei der Berechnung, ob die Zielvorgaben für die Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling erreicht werden, sollten die Mitgliedstaaten das Recycling von Metallen berücksichtigen können, die im Anschluss an die Verbrennung von Siedlungsabfällen von den Verbrennungsrückständen getrennt werden. Zur einheitlichen Berechnung dieser Daten sollte die Kommission Verfahrensvorschriften für die Qualitätskriterien für recycelte Metalle sowie für die Berechnung, Prüfung und Übermittlung von Daten erlassen.

Änderungen im Artikel 3

- f) Die folgende Nummer wird eingefügt:

„15a. ‚stoffliche Verwertung‘ jedes Verwertungsverfahren, ausgenommen die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die als Brennstoff oder anderes Mittel der Energieerzeugung verwendet werden sollen. Dazu zählen unter anderem die Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling und Verfüllung;“

<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/851/oj/deu>

1.3 The concept of 'End-of-waste'

1.3.1 Subject and background

The WFD incorporates the concept of end-of-waste (EoW) by setting out conditions whereby substances or objects which meet the waste definition can achieve, after undergoing a recovery operation (including recycling), a non-waste status and thus fall outside the scope of waste legislation.

1.3.2 What are the conditions for EoW criteria to be set at EU level?

The cumulative conditions for certain specific waste streams are laid down in Article 6(1)(a) to (d) WFD. These are:

- The substance or object is commonly used for specific purposes;
- A market or demand exists for such a substance or object;

http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/pdf/guidance_doc.pdf

Residue Catalog

According to the EAK Regulation

1. Residues from the mining and mineral processing
2. Residues from the agriculture and the processing of food (food)
3. Residues from the wood processing and the production of paper and furniture
4. Residues from the leather and textiles industry
5. Residues from the oil and coal production
6. Residues from inorganic chemical processes
7. Residues from organic chemical processes
8. Residues from the production of coatings (paint, lacquers) and sealants and printing inks
9. Residues from the photographic industry
10. Inorganic residues from the thermic industry
 - Residues from the iron and steel production
 - Residues from the non ferrous metal production
11. Inorganic residues from the metal working
12. Residues from processes of metal forming
13. Oil waste
14. Residues from organic substances used as solvents
15. Packaging, absorbent materials, filter materials, clothing protection
16. Other waste material
17. Building and demolition waste
18. Residues from human and veterinary medicine
19. Residues from waste from waste treatment processes
20. Municipal waste and similar commercial and industrial waste

Verordnung zur Einführung des europäischen Abfallkatalogs, 13.09.1996

Each country of the member states is responsible for the transportation and disposal of waste by itself, but the regulations to check the treatment and disposal of waste have to meet minimum criteria to guarantee a high protection level for the environment and human health.

Verordnung (EWG) Nr.259/93 des Rates , 01.02.1993

The transport and disposal of waste has to be notified to the legislation authorities, so that they are informed about the transportation, treatment or disposal.

The legislation authorities define all the necessary actions to protect the environment and human health.

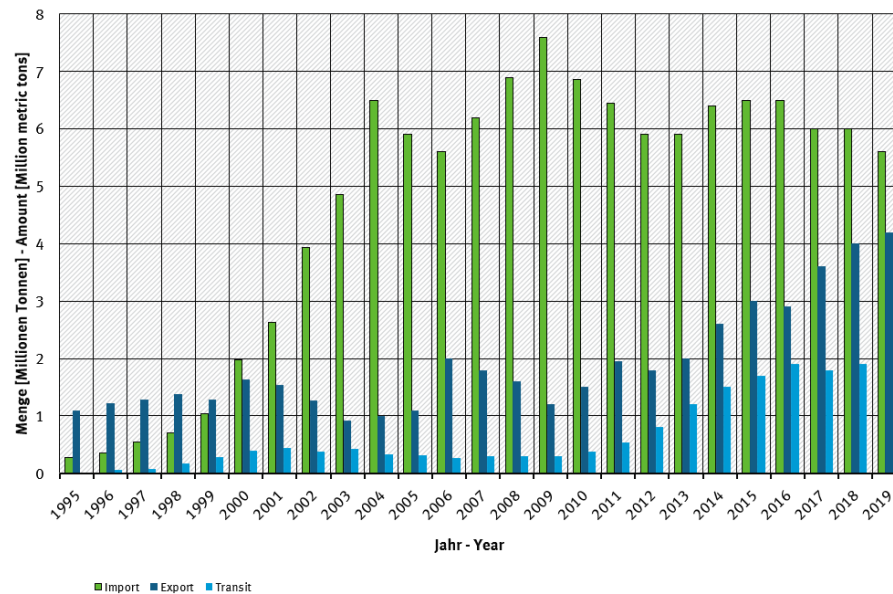
In certain cases the legislation authorities do have the right to forbid the transportation, treatment and disposal of waste materials in the proposed way.

Verordnung (EWG) Nr.259/93 des Rates , 01.02.1993

1. The notification has to cover the complete transfer of waste from the place of dispatch up to the place of final destination
2. The notification has to be done with a special supply note certificated by the legal authorities of the place of dispatch
3. The supply note has to be written by the person who wants the notification of the waste
4. The person who wants the notification has to give the following information in the supply note:
 - Origin, composition and amount of waste which should be processed or disposed
 - Precautions for the transport way and insurances for heavy losses
 - Activities to guarantee the transport security
 - Name of the person who receives the waste (location of the plant, kind of plant and duration)
5. The person who wants the notification signs with the person who receives the waste a contract. The contract contains the following commitments:
 - The person who wants the notification takes back the waste if anything is done against the legal regulations
 - The person who receives the waste has to send the person who wants the notification a confirmation that the waste has been processed or disposed environmentally friendly, latest 180 days after he has got the waste
6. The public authorities of the place of final destination have to decide if they allow or do not allow the processing or disposal of the waste within 30 days
7. Each delivery is only possible with a copy of the original supply note

Verordnung (EWG) Nr.259/93 des Rates , 01.02.1993

Zeitreihe Grenzüberschreitende Abfallverbringung (notifizierungspflichtig)
Time Series Transboundary Shipment of Waste (Subject to Notification)



Zeitreihe notifizierungspflichtige Abfälle
Quelle: Umweltbundesamt

Quelle: Umweltbundesamt

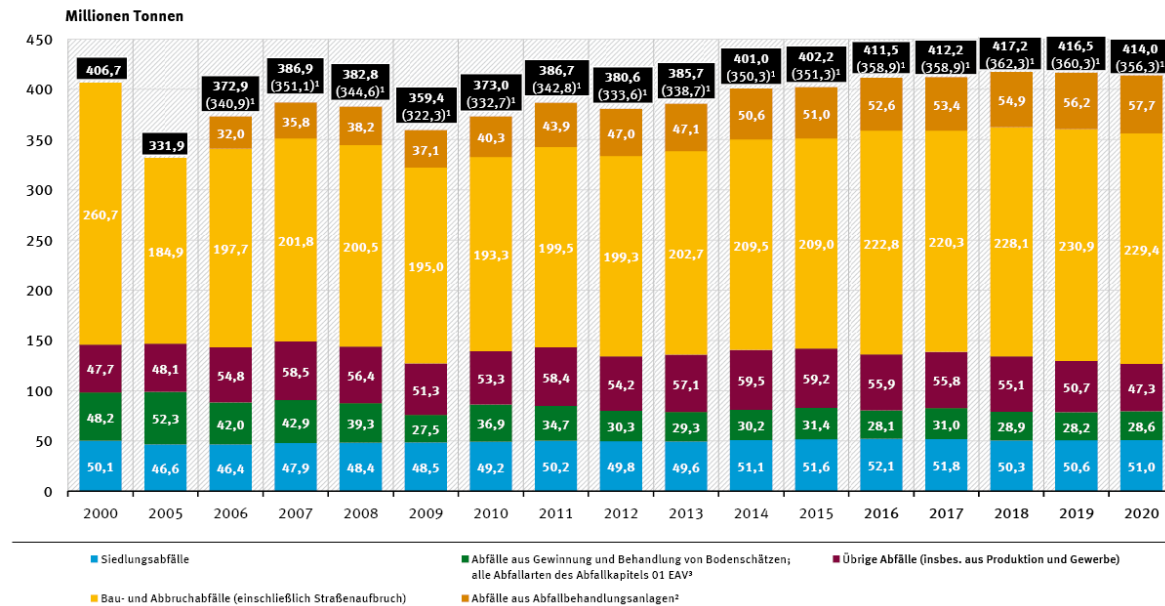
<http://www.umweltbundesamt.de>

7. What Kind of Waste Material Do We Have?



Waste production in Germany from 2000 to 2020

Abfallaufkommen (einschließlich gefährlicher Abfälle)

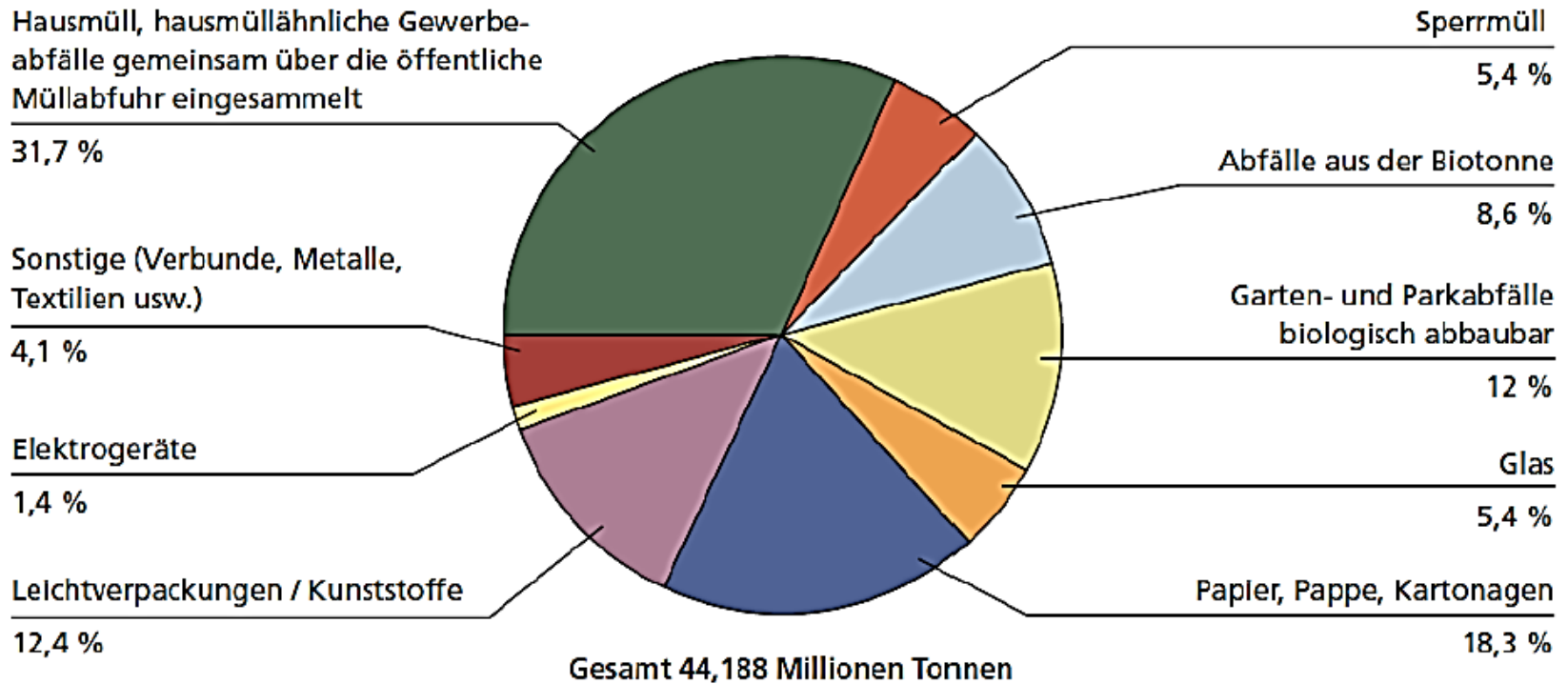


¹ Nettoabfallaufkommen, ohne Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen; 2006 erstmals als Bestandteil des Abfallaufkommens erhoben.
² Ohne Abfälle aus Abwasserbehandlungsanlagen (EAV 1909), Abfälle aus der Zubereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch oder
industriellem Brauchwasser (EAV 1909), Abfälle aus der Sanierung von Böden und Grundwasser (EAV 1913) und Sekundärabfälle, die als
Rohstoffe/Produkte aus dem Entsorgungsprozess herausgehen.
³ Abfälle aus Gewinnung und Behandlung von Bodenschätzen.

Quelle: Statistisches Bundesamt, Abfallbilanz, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen#deutschlands-abfall>

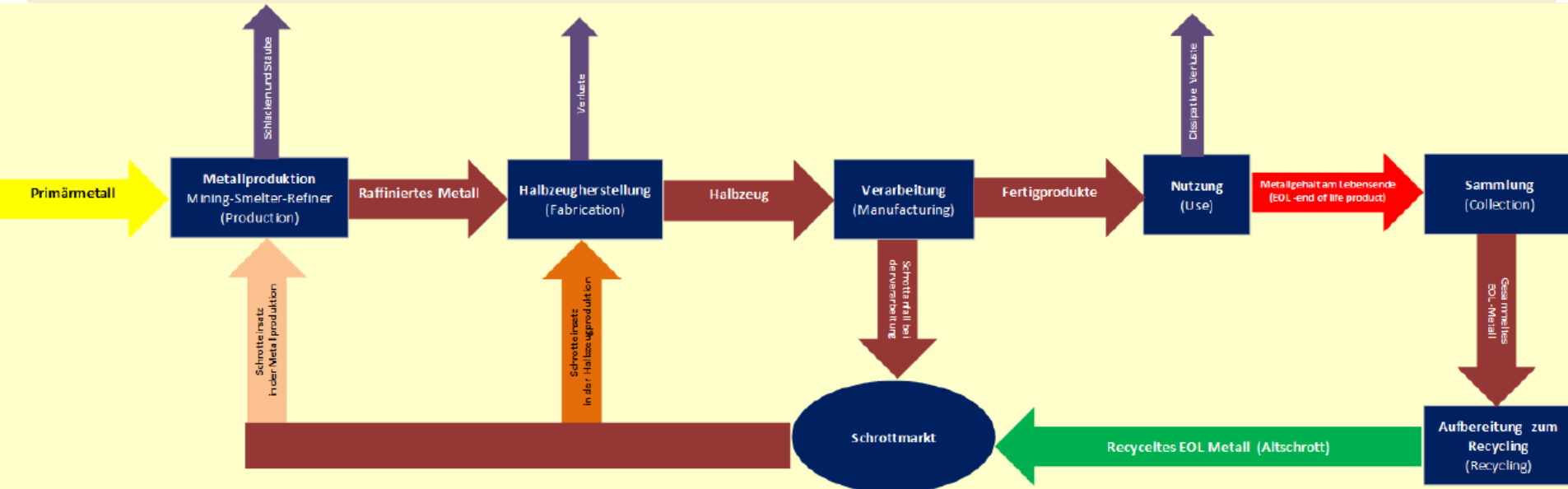
Percentage of Different Kind of Waste Materials in German Municipal Waste in 2012



Dornack, C.; Wunsch, C.: Recycling und Rohstoffe Bd.9, Herausgeber: Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann, Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH, Nietwerder 2016

http://www.vivis.de/phocadownload/Download/2016_rur/2016_RuR_39-54_Dornack_Wuensch.pdf

Recycling Rate and Proportion of Secondary Raw Materials in Metal Production

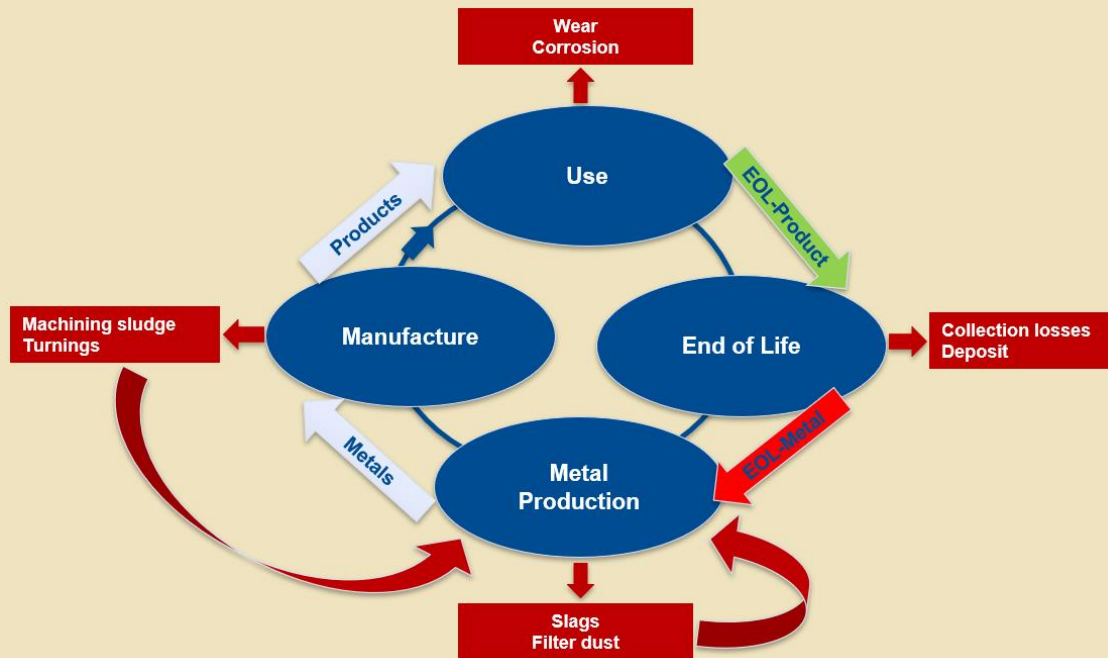


$$\text{End – of – Life Recycling Rate} = \frac{\text{Recycled EOL Metal (Old scrap)}}{\text{Metal content in the end of life}}$$

$$\text{Recycled Content} = \frac{\text{Use of scrap in the production of metal}}{\text{Primary metal + Use of scrap in the production of metal}}$$

Nach Daten : Recycling Rates of Metals, UNEP Report, 2011

What is the difference between recycling rate and recycled content?



End-of-Life Recycling Rate

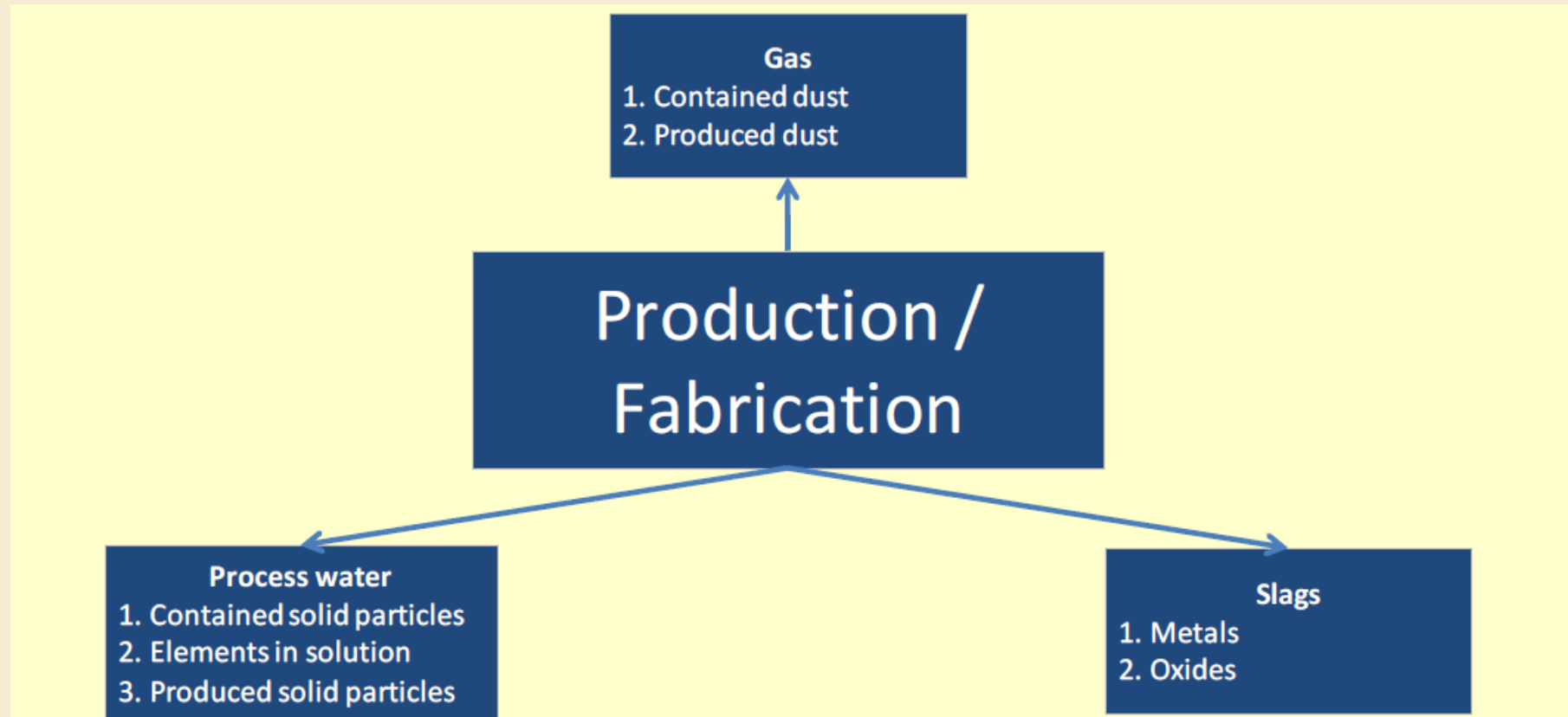
$$\frac{\text{Recycled EOL Metal}}{\text{EOL Product}}$$

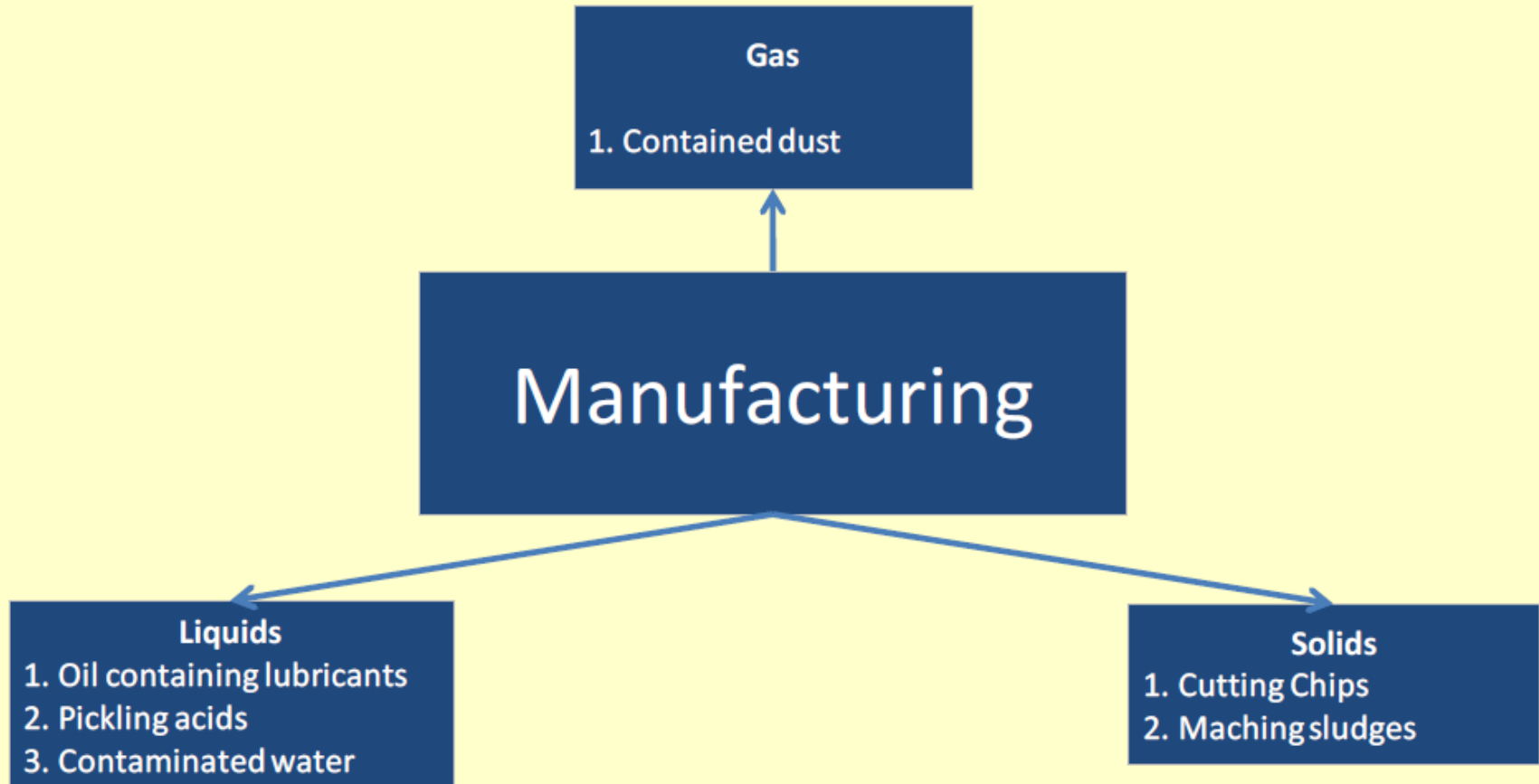
Recycled Content

$$\frac{\text{Use of scrap in metal production}}{\text{Use of scrap + Primary metal}}$$

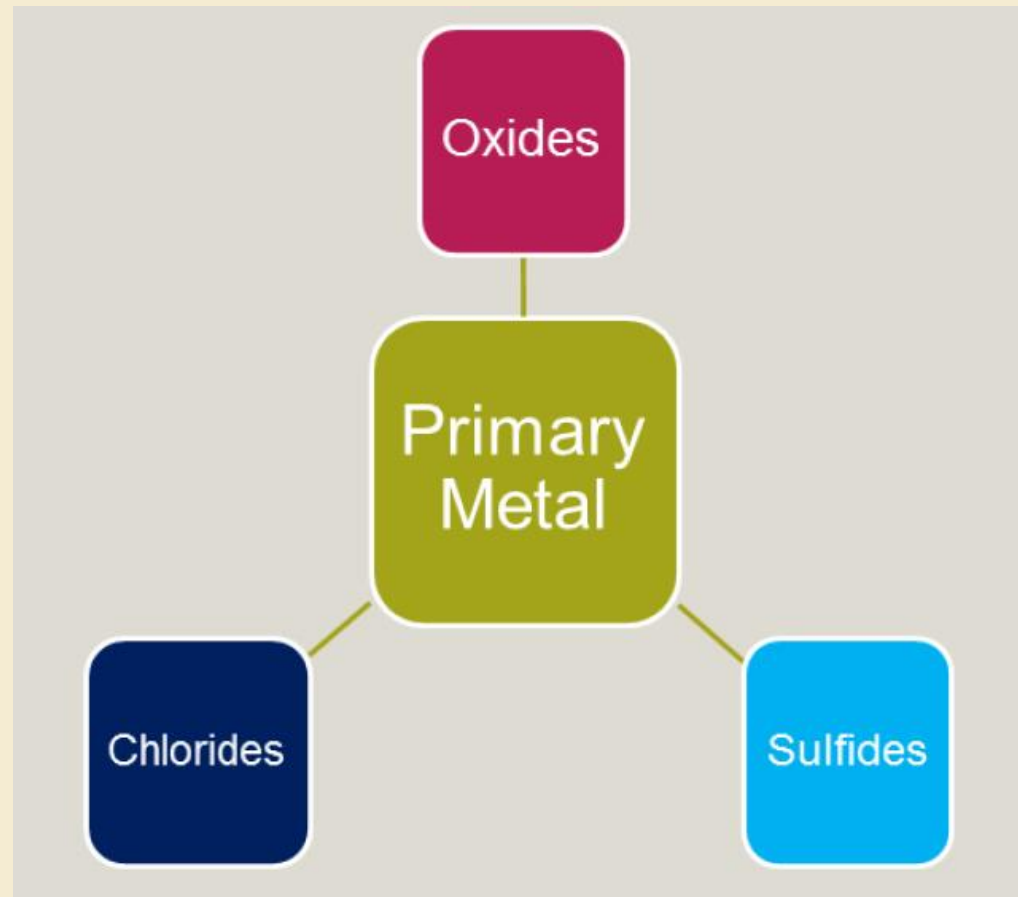
Deike, R.: *The importance of the foundry industry in a circular economy*, 57th International Foundry Conference, Portorož, 13. - 15.09.2017

Principal Structure of Waste Materials in a Production Process

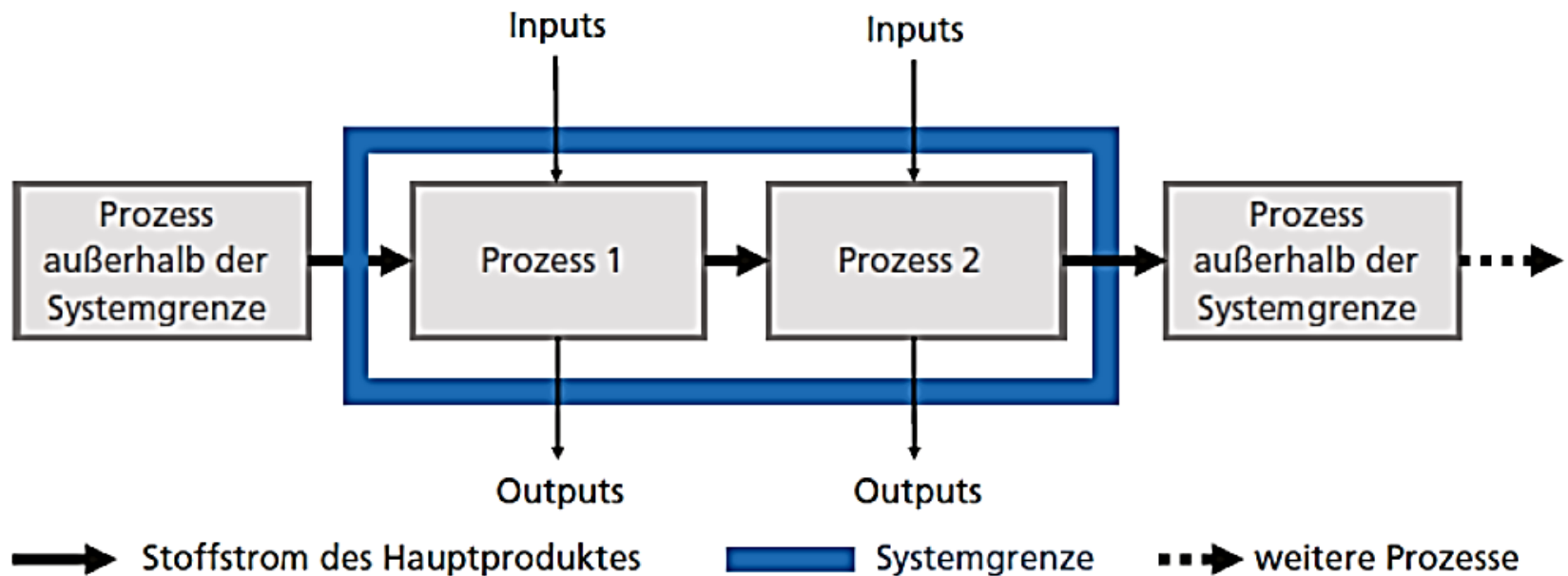




Structural Changes of Metals during Production



R. Deike, D. Ebert, D.Schubert, R.Ulum, R.Warnecke, M.Vogell: International VDI Workshop Recovery of metals an Minerals from ash, Amsterdam, 21.05.2014



Müller, J.; Deike, R.; Mayer, W.: Berliner Rohstoff- und Recyclingkonferenz, 06./07.03.2017,
http://www.vivis.de/phocadownload/Download/2017_rur/2017_RuR_101-116_Mueller.pdf

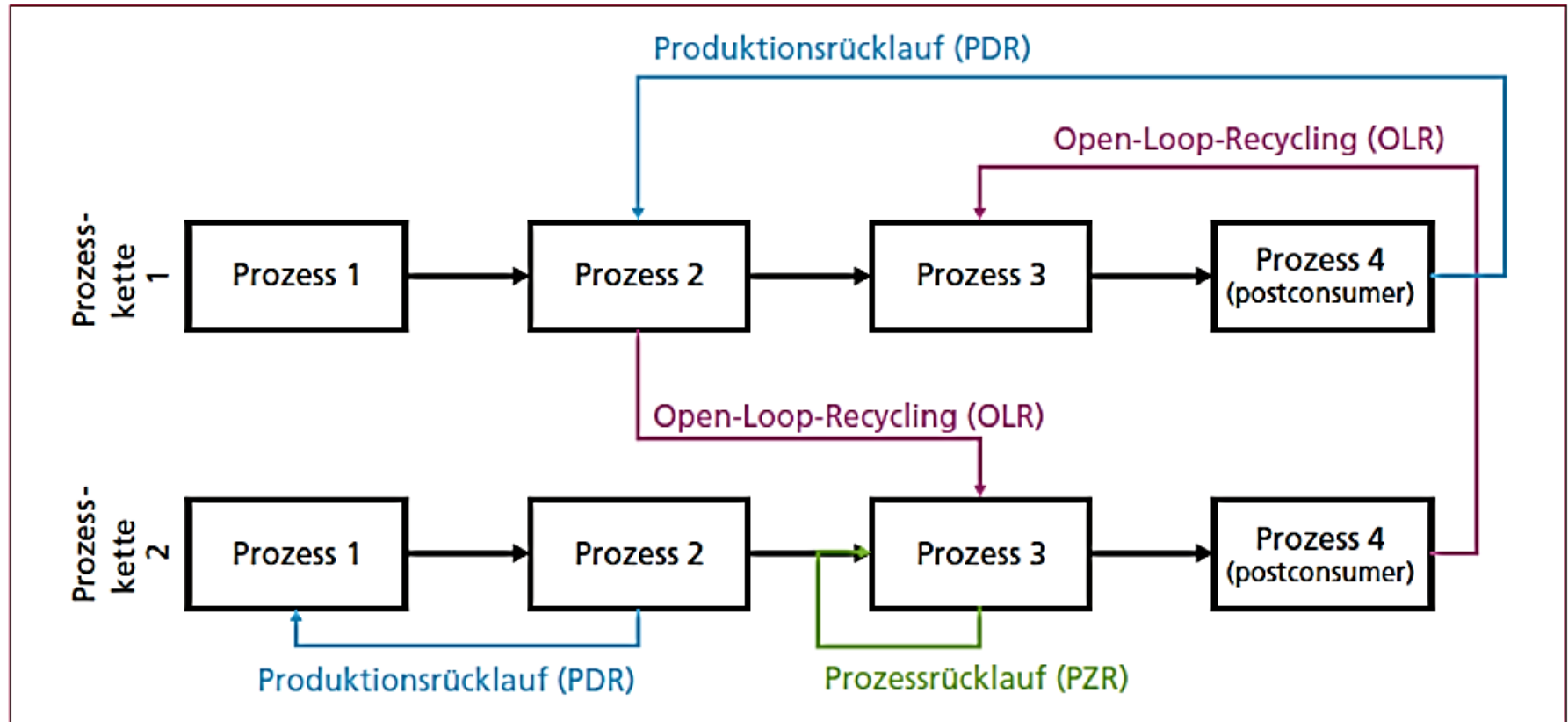


Bild 3: Die vier Kategorien für das Stoffstrommanagement der Untersuchung

Müller, J.; Deike, R.; Mayer, W.: Berliner Rohstoff- und Recyclingkonferenz, 06./07.03.2017,
http://www.vivis.de/phocadownload/Download/2017_rur/2017_RuR_101-116_Mueller.pdf

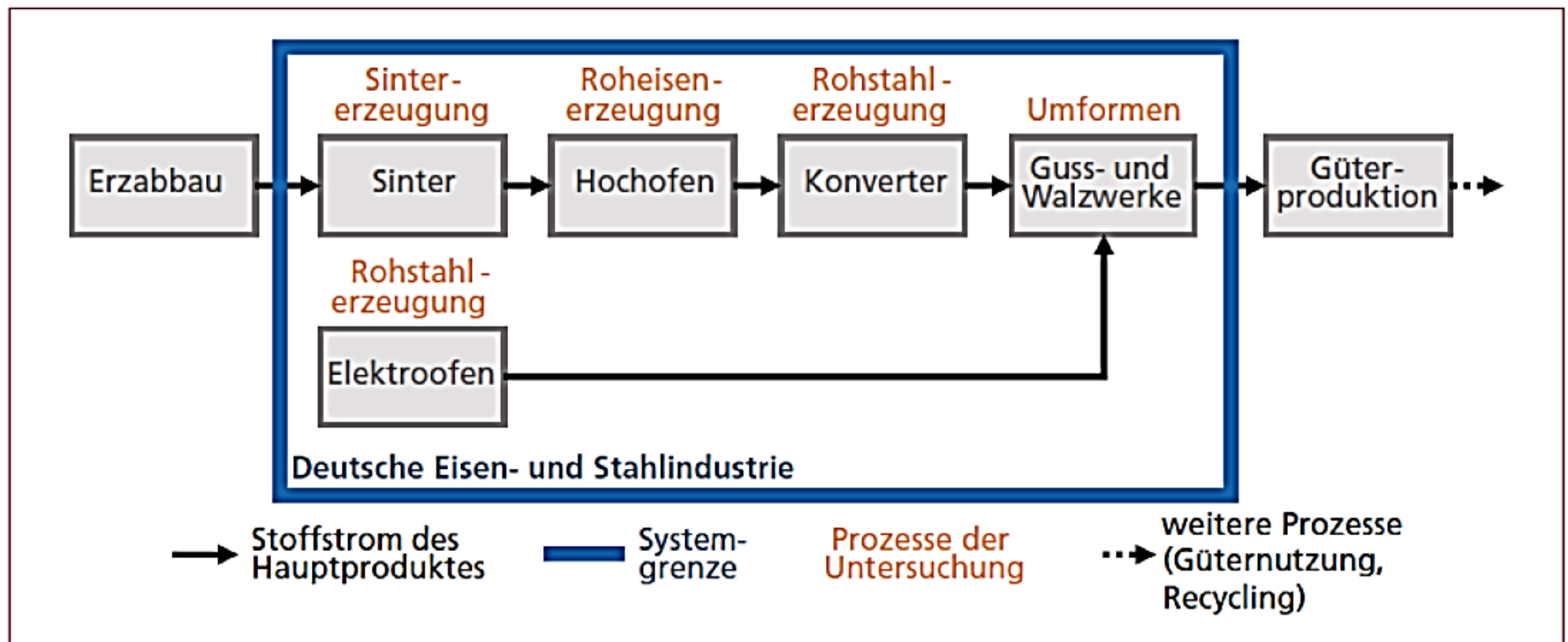


Bild 1: Prozesse der Eisen- und Stahlerzeugung sowie Darstellung der Systemgrenze der Untersuchung

Müller, J.; Deike, R.; Mayer, W.: Berliner Rohstoff- und Recyclingkonferenz, 06./07.03.2017, http://www.vivis.de/phocadownload/Download/2017_rur/2017_RuR_101-116_Mueller.pdf

Material Flow in Hot Metal Production

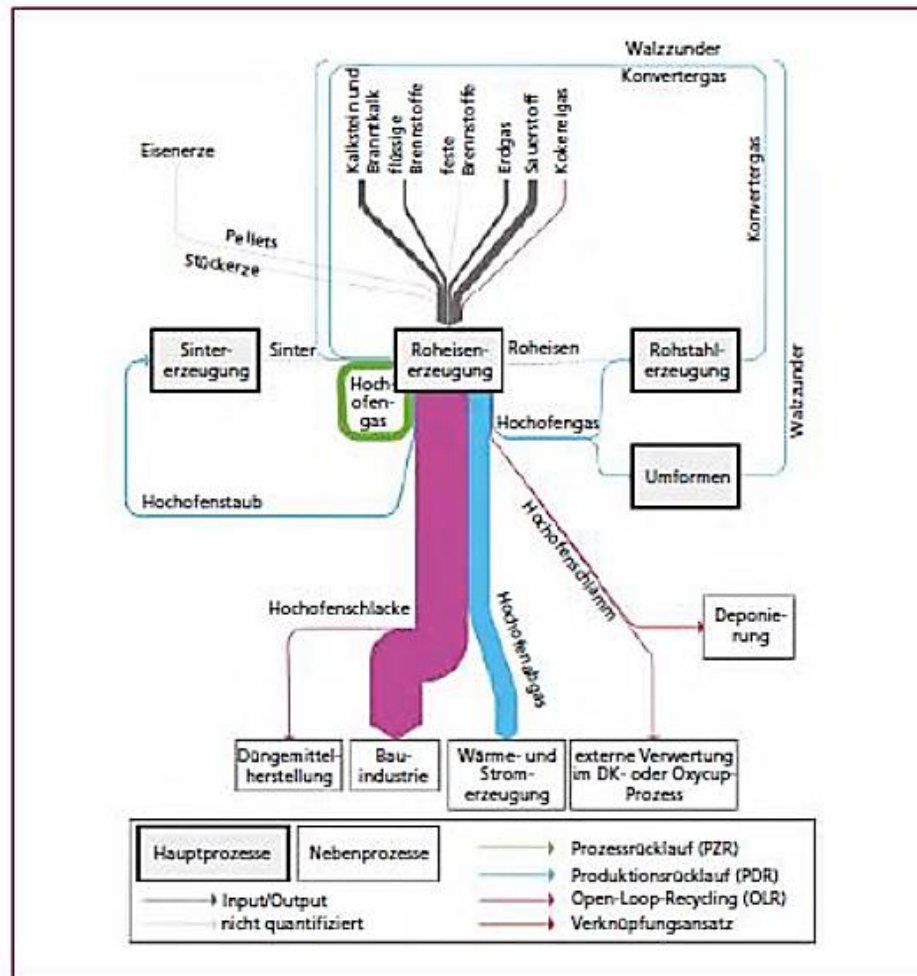


Bild 4: Die Prozessstufe der Roheiserzeugung mit Kategorisierung der Stoffströme

Müller, J.; Deike, R.; Mayer, W.: Berliner Rohstoff- und Recyclingkonferenz, 06./07.03.2017, http://www.vivis.de/phocadownload/Download/2017_rur/2017_RuR_101-116_Mueller.pdf

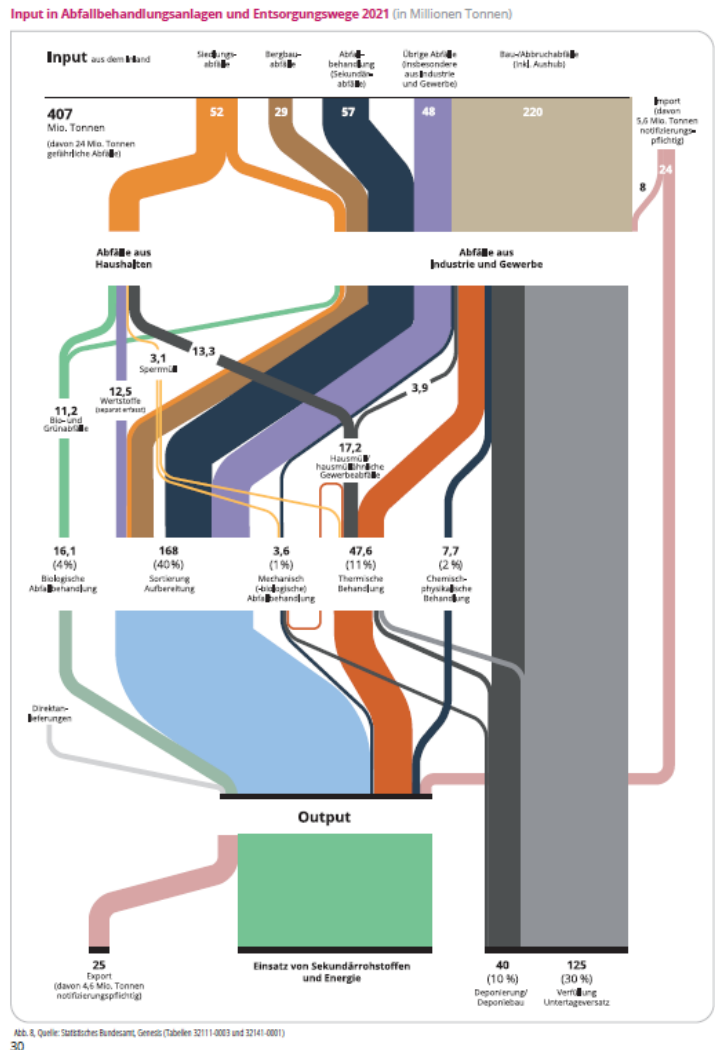
8. Amount of Waste in Europe and Germany

Percentage of Different Kind of Waste Materials in German Municipal Waste in 2019

Angabe in 1.000 t	2019						
	Abfallauf- kom men insg.	Beseitigung		Verwertung		Quote [%]	
		sonstige Beseiti- gung	Therm. Beseiti- gung	Energe- tische Verwertung	Stoffliche Verwertung	Verwer- tung	Recyc- ling
Siedlungsabfälle insgesamt	50.643	655	143	15.618	34.227	98,4	67,6
Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (über öffentliche Müllabfuhr)	13.920	372	98	11.173	2.278	96,6	16,4
Spermmüll	2.767	45	8	1.238	1.476	98,1	53,3
Bioabfälle (ohne Kantinenabfälle)	10.372	9	0	166	10.196	99,9	98,3
getrennt gesammelte Fraktionen (Glas, PPK, LVP, etc.)	18.093	8	10	868	17.208	99,9	95,1
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (separat erfasst)	3.271	28	22	1.863	1.357	98,4	41,5
Sonstige Siedlungsabfälle (Straßenkehrsicht, etc.)	2.219	193	5	310	1.712	91,1	77,2
Abfälle aus Gewinnung und Behandlung von Bodenschätzen	28.147	27.369	1	2	775	2,8	2,8
Bau- und Abbruchabfälle	230.851	28.427	33	1.470	200.921	87,7	87,0
Produktions- und Gewerbeabfälle	50.698	11.659	2.566	11.852	24.621	71,9	48,6
Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen	56.197	5.654	191	18.889	31.463	89,6	56,0
Abfallaufkommen Insgesamt	416.536	73.764	2.935	47.832	292.007	81,6	70,1
			50,8 Mio. -- 12,2 %				

Spohn, C.: Stand und Entwicklungen der Abfallverbrennung in Deutschland Markt, Kapazitäten und Perspektiven, 32. Kasseler Abfall- und Ressourcenforum, 05-07-10.2021

Percentage of Different Kind of Waste Materials in German Municipal Waste in 2021



<https://statusbericht-kreislaufwirtschaft.de/>

Waste Production by economic activities and households in Europe

Waste generation by economic activities and households, 2020

(% share of total waste)

	Mining and quarrying	Manufacturing	Energy	Waste/water	Construction and demolition	Other economic activities	Households
EU	23.4	10.7	2.3	10.8	37.5	5.9	9.4
Belgium	0.0	20.9	1.5	31.4	30.5	7.9	7.8
Bulgaria	81.6	4.2	5.2	2.9	1.6	2.5	2.0
Czechia	0.3	12.1	1.1	15.5	42.9	12.2	15.9
Denmark	0.1	5.4	3.9	7.5	54.8	10.3	18.0
Germany	1.3	13.7	2.0	12.0	56.3	5.1	9.6
Estonia	15.2	24.6	35.0	4.6	9.8	7.4	3.4
Ireland	9.4	22.4	1.0	12.6	32.6	10.1	12.0
Greece	31.1	12.9	5.2	11.1	18.7	5.4	15.6
Spain	2.3	12.4	0.8	20.8	30.8	11.5	21.3
France	0.1	6.0	0.3	8.1	68.5	6.3	10.8
Croatia	11.6	7.5	1.1	16.3	23.8	19.5	20.2
Italy	0.8	15.2	0.9	24.6	37.8	4.1	16.6
Cyprus	6.9	9.5	0.1	6.5	50.2	9.8	17.0
Latvia	0.0	17.0	4.1	33.7	9.7	12.9	22.6
Lithuania	1.0	32.7	2.3	18.4	8.3	16.3	20.9
Luxembourg	1.1	6.5	0.3	3.5	82.1	4.2	2.2
Hungary	0.8	15.8	11.2	9.8	27.1	6.1	29.1
Malta	1.3	1.0	0.0	2.9	82.7	5.5	6.5
Netherlands	0.1	10.6	0.4	7.4	65.4	8.7	7.4
Austria	0.1	7.5	0.6	3.5	76.5	5.2	6.7
Poland	36.6	16.1	6.6	13.4	13.0	6.6	7.8
Portugal	0.1	17.8	1.3	22.9	10.7	15.4	31.8
Romania	84.3	4.6	3.1	2.0	0.9	2.2	3.0
Slovenia	0.1	17.9	12.1	3.8	6.3	51.4	8.4
Slovakia	1.6	24.0	5.5	8.9	9.0	32.5	18.5
Finland	75.1	8.2	0.8	1.0	11.8	1.0	2.1
Sweden	76.5	3.1	1.2	4.5	9.3	2.3	3.1
Iceland	0.0	24.2	0.0	2.0	3.6	31.0	39.2
Liechtenstein (*)	1.6	1.5	0.0	0.3	88.6	1.3	6.7
Norway	1.3	13.6	1.6	8.0	44.2	12.9	18.4
Montenegro	25.3	2.5	29.0	0.3	13.8	10.5	18.5
North Macedonia	35.1	35.0	0.5	17.9	3.8	7.7	0.0
Serbia	77.9	1.9	13.5	0.8	1.2	1.1	3.5
Türkiye	25.6	19.2	22.6	0.3	0.0	5.8	26.5
Bosnia and Herzegovina	11.3	27.3	46.3	0.0	1.3	0.4	13.4
Kosovo (*)	19.9	9.4	52.5	0.3	0.2	3.1	14.6

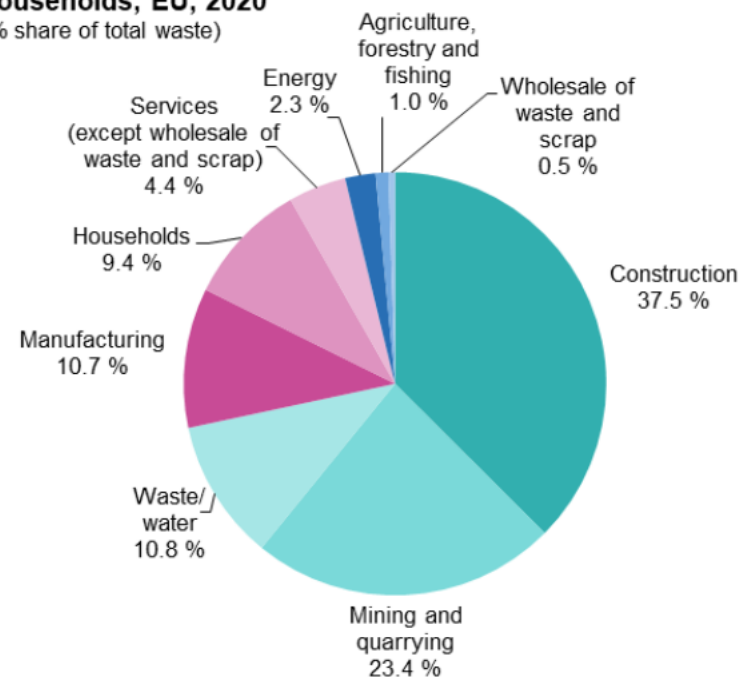
(*) 2018

(*) This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo Declaration of Independence.

Source: Eurostat (online data code: env_wasgen)

Waste generation by economic activities and households, EU, 2020

(% share of total waste)



Source: Eurostat (online data code: env_wasgen)

<https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/>

Waste Production in Europe in 2020

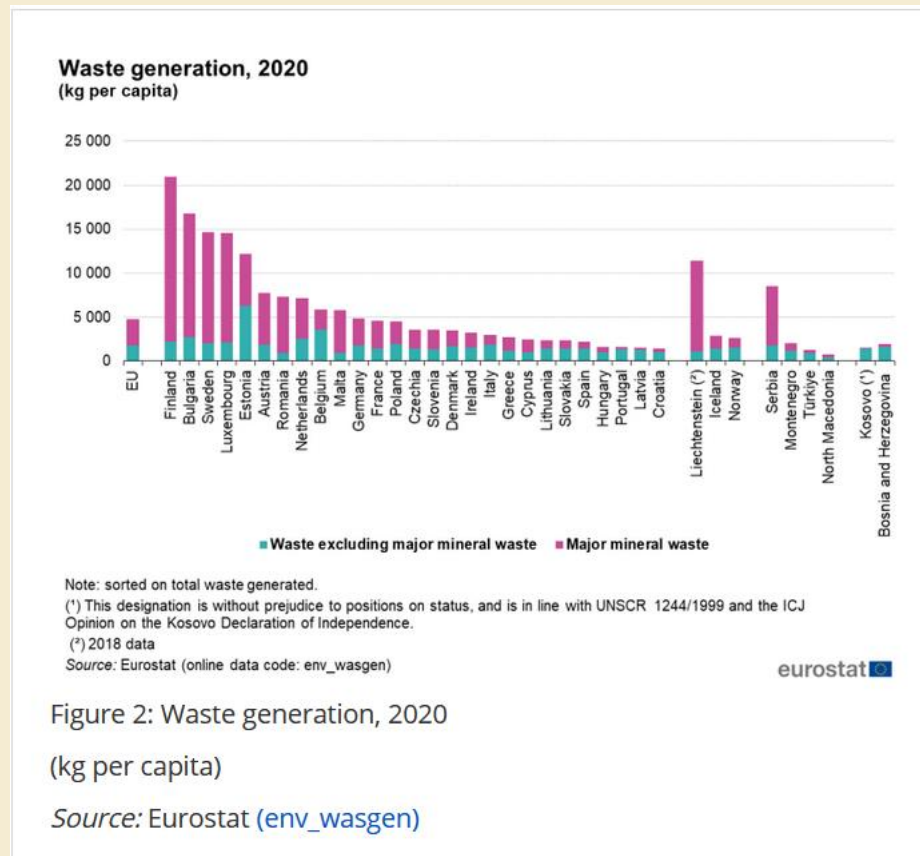


Figure 2: Waste generation, 2020

(kg per capita)

Source: Eurostat (env_wasgen)

<https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/>

Waste generation, excluding major mineral waste, EU, 2004-2020

(million tonnes)

	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	Change 2020/2004 (%)
Total	779.5	789.9	760.5	758.7	758.3	769.0	784.6	813.2	775.2	-0.5
Agriculture, forestry and fishing	62.3	56.7	45.5	20.2	20.4	17.7	19.7	19.4	20.7	-66.8
Mining and quarrying	10.4	7.1	10.0	7.9	7.5	7.7	6.9	8.1	7.5	-28.3
Manufacturing	239.9	225.8	216.8	190.5	176.4	176.0	179.0	180.0	166.5	-30.6
Energy	85.4	93.3	84.1	78.6	88.8	87.4	74.7	75.7	45.6	-46.7
Waste/water	75.2	83.3	98.9	129.9	155.0	180.7	196.8	208.5	211.9	181.6
Construction	34.4	33.4	34.8	42.1	39.8	38.6	37.8	41.3	38.7	12.5
Other sectors	97.7	111.2	88.7	103.5	89.6	85.1	88.5	94.1	88.7	-9.2
Households	174.1	179.2	181.6	186.0	180.7	175.9	181.2	186.1	195.6	12.4

Source: Eurostat (online data code: env_wasgen)

eurostat 

Table 2: Waste generation, excluding major mineral waste, EU,
2004-2020

(million tonnes)

Source: Eurostat ([env_wasgen](#))

<https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/>

Waste treatment, EU, 2004-2020
(Index 2004 = 100)



Source: Eurostat (online data code: env_wastrt)

eurostat

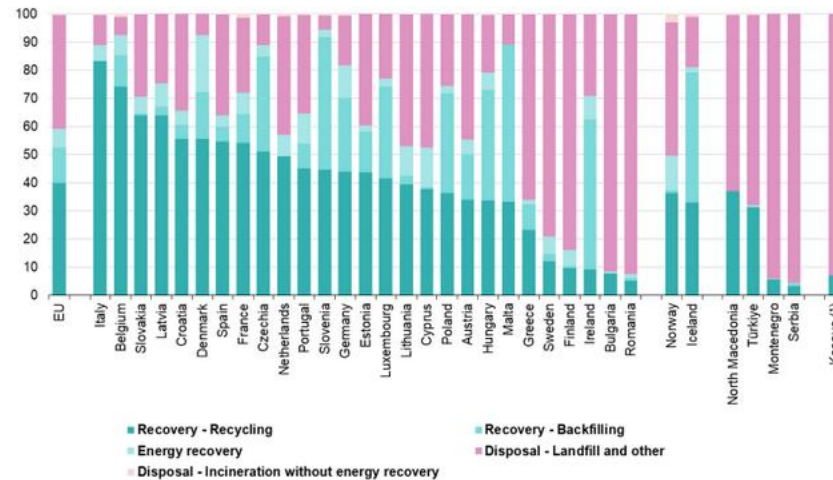
Figure 5: Waste treatment, EU, 2004-2020

(Index 2004 = 100)

Source: Eurostat ([env_wastrt](#))

Waste Treatment in Europe recovery and disposal

Waste treatment by type of recovery and disposal, 2020
(% of total treatment)



(*) This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo Declaration of Independence.
Source: Eurostat (online data code: env_wastrt)

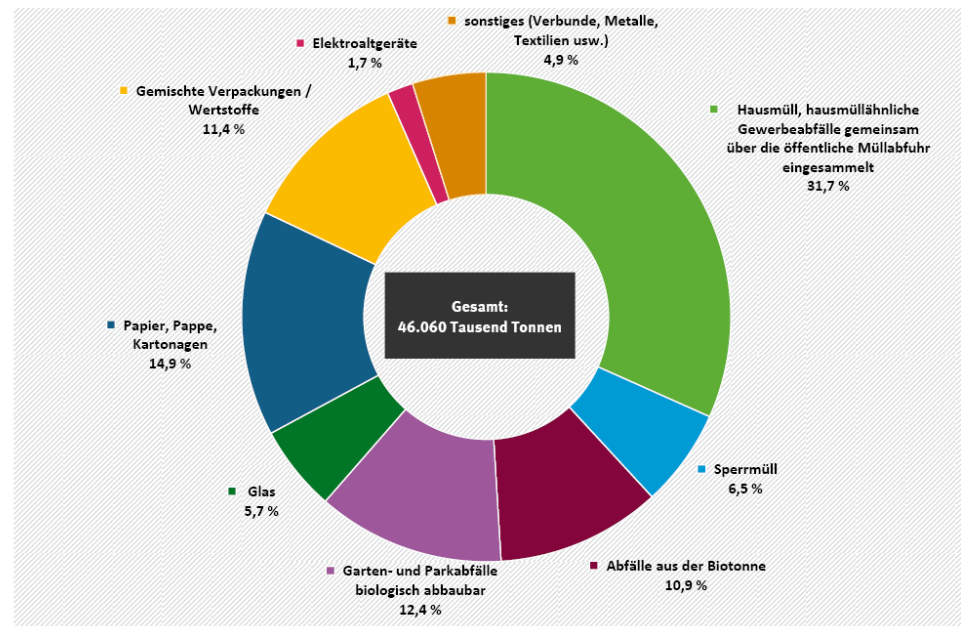
eurostat

Figure 6: Waste treatment by type of recovery and disposal, 2020
(% of total treatment)

Source: Eurostat (env_wastrt)

Waste Composition in Germany 2020

Zusammensetzung der haushaltstypischen Siedlungsabfälle 2020



Zusammensetzung der haushaltstypischen Siedlungsabfälle 2020

Quelle: Statistisches Bundesamt

Quelle: Statistisches Bundesamt, Abfallbilanz 2020, Wiesbaden 2022

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen#siedlungsabfalle-haushaltstypische-siedlungsabfalle>

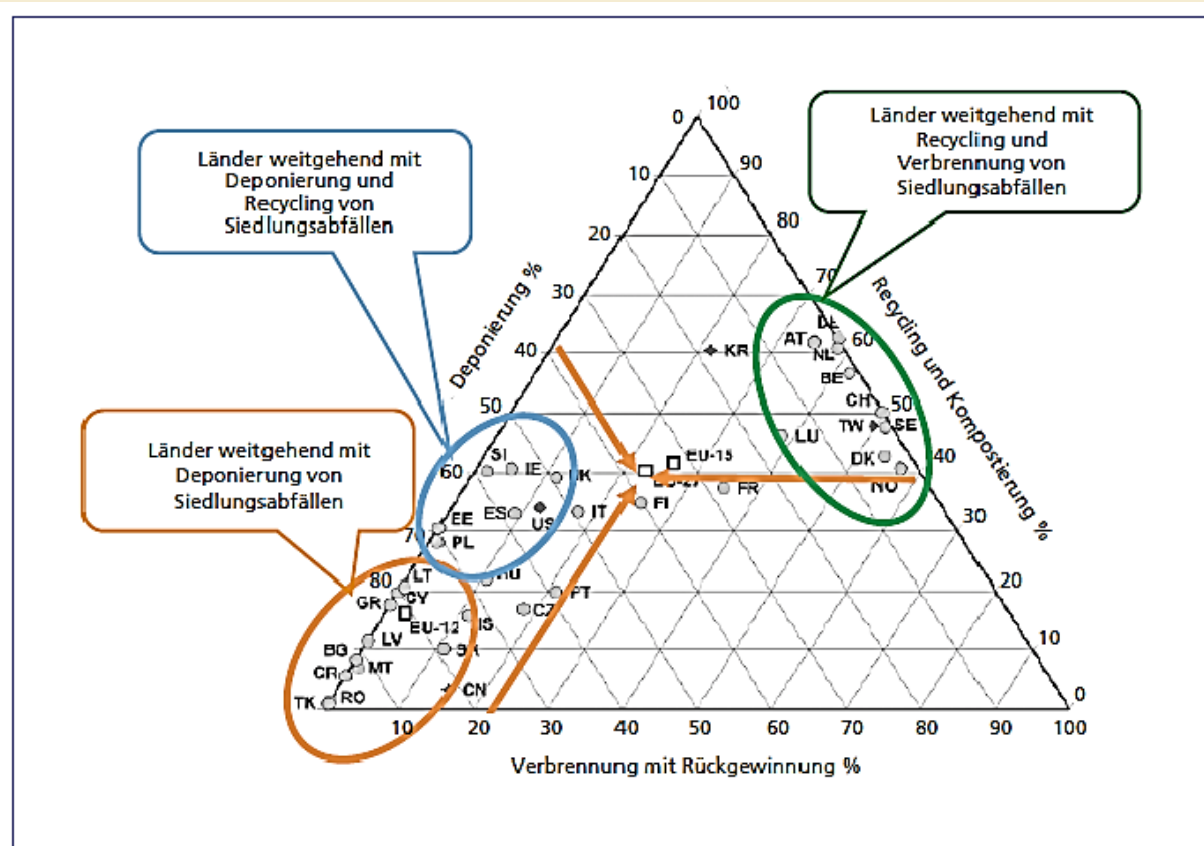


Bild. 1: Abfallwirtschaftliche Position von EU, EU-Mitgliedern und anderen Ländern in Bezug auf ihre Siedlungsabfallbehandlung

Pomberger, R.: Recycling und Rohstoffe Bd. 8 (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky, D. Goldmann), TK-Verlag, Neuruppin 2015

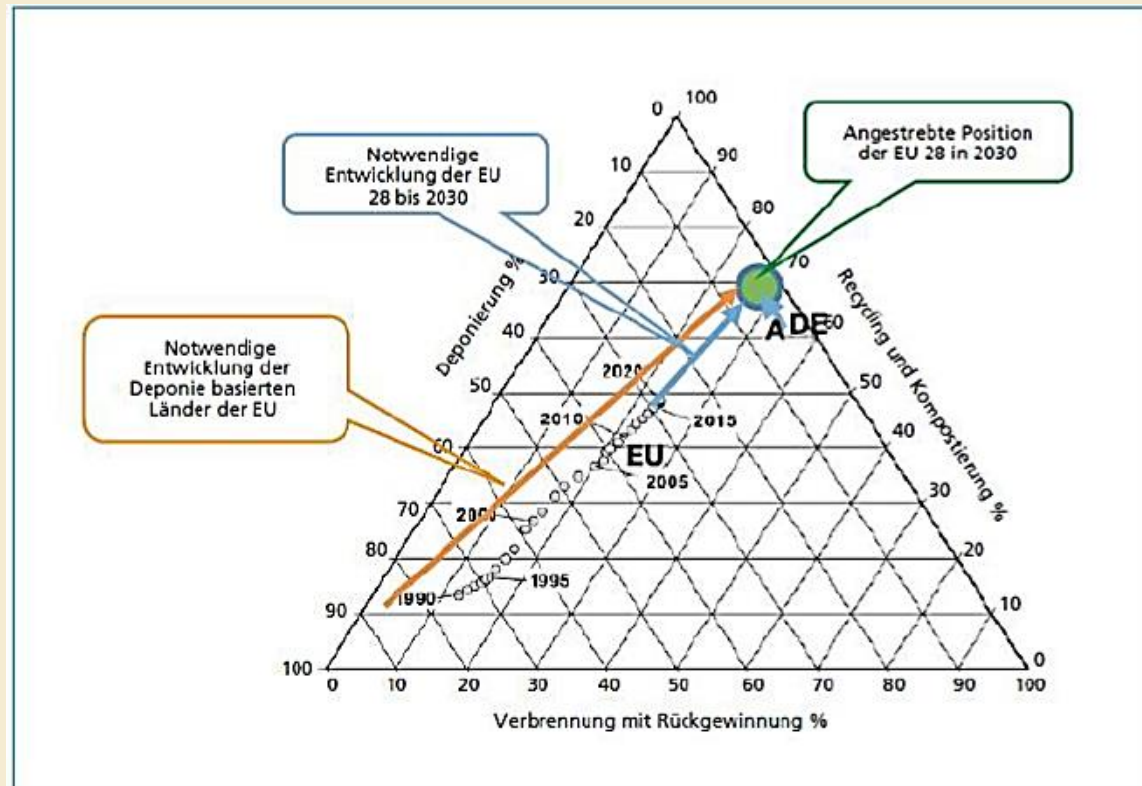


Bild 2: Abfallwirtschaftliche Entwicklung der EU bis 2030 gemäß Zero Waste Paket der EU

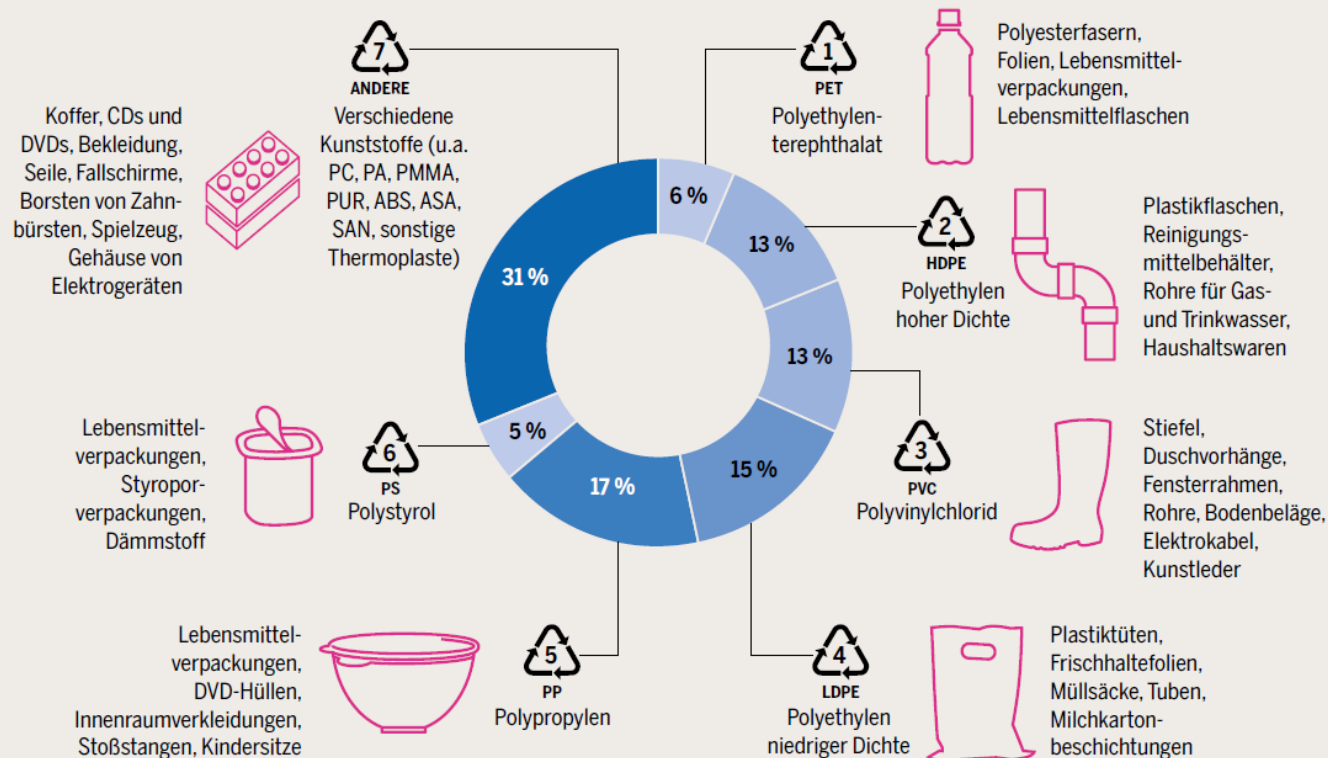
Quelle: verändert nach Bartl, A.: Moving from recycling to waste prevention: a review of barriers and enables. In: Waste Management & Research, Vol. 32, No. 9, 2014

Pomberger, R.: Recycling und Rohstoffe Bd. 8 (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky, D. Goldmann), TK-Verlag, Neuruppin 2015

8.1. Plastics

DER PLASTIK-KREISEL

Anteile verschiedener Kunststofftypen und deren Kennzeichnung mit Recyclingcodes, in Deutschland 2017



© PLASTIKATLAS 2019 / LBA

Heinrich Böll Stiftung und Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) : Der Plastikatlas 2019, https://www.boell.de/de/plastikatlas?gad_source=1&gad_campaignid=2034917491&gclid=EAlalQobChMIwebN90_sjQMVVLODBx0gJjRCEAAYASAAEgIKgPD_BwE

Global plastic production 8.3 billion t between 1950 and 2015 with 50% since 2000

WOFÜR BRAUCHEN WIR PLASTIK?

Nutzung nach Industriezweigen, Gesamtmenge 407 Millionen Tonnen, in Millionen Tonnen pro Symbol, 2015



* Meist nur einmal genutzt

© PLASTIKATLAS 2019 / GEFER

Heinrich Böll Stiftung und Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) : Der Plastikatlas 2019, https://www.boell.de/de/plastikatlas?gad_source=1&gad_campaignid=2034917491&gclid=EAlaIqobChMlwebN9O_sjQMVL0DBx0gJjRCEAAAYASAAEgIKgPD_BwE

Different qualities of plastics

PVC Polyvinylchlorid **EBS** Ersatzbrennstoff **XPS** Extrudiertes Polystyrol

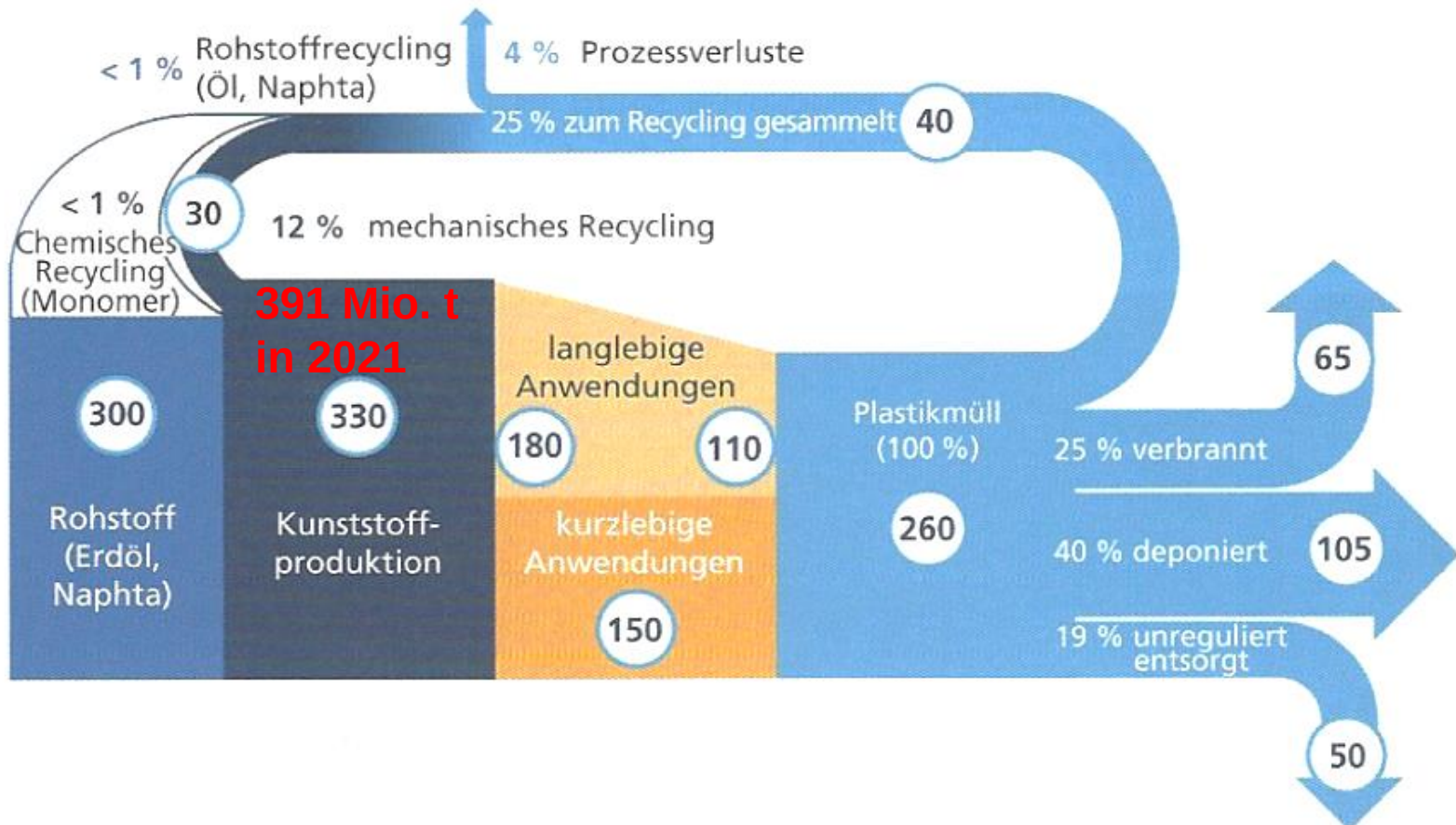
	PVC	EPS/ XPS	PE	PP	PS	ABS
Metalle (Salze/Säuren/o xide)	Ti Zn Pb Ni Cr Mo Cd Co		Cr	Cr		Ti Zn
Halb metalle (Salze/Säure n/Oxide)	As B Sb		As	As	B	B Sb
Organo metalle	Zn Pb Sn					
Organische Stoffe	Phthalate Phenole Pigmente Ver. Einzelstoffe u.a. BPA	Ruß	Pigmente	UV 328 Pigmente	Ruß Pigmente	Ruß Pigmente Ver. Einzelstoffe u.a. BPA
Halogenierte organische Stoffe	S/MCCP TCB Deca BDE	HBCDD	HBCDD TRBP SCCP DP+ TCB	HBCDD TBBPA POP-BDE DP+ TCB	HBCDD	HBCDD TBBPA POP-BDE DP+ TCB

PP Polypropylen **PS** Polystyrol **ABS** Acrylnitril-Butadien-Styrol

PE Polyethylen

Polcher, A, Potrykus, A.: Sachstand über die Schadstoffe in Kunststoffen und ihre Auswirkungen auf die Entsorgung, BMU, 2020
<https://www.bmu.de/service/publicationen>

Global plastic production in 2016



Obermeier, T.; Henkel, I.: Systematisierung des Kunststoffrecyclings, Recycling und Sekundärrohstoffe, Band 13, Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH, Neuruppin 2020

How does plastic waste come into the oceans?

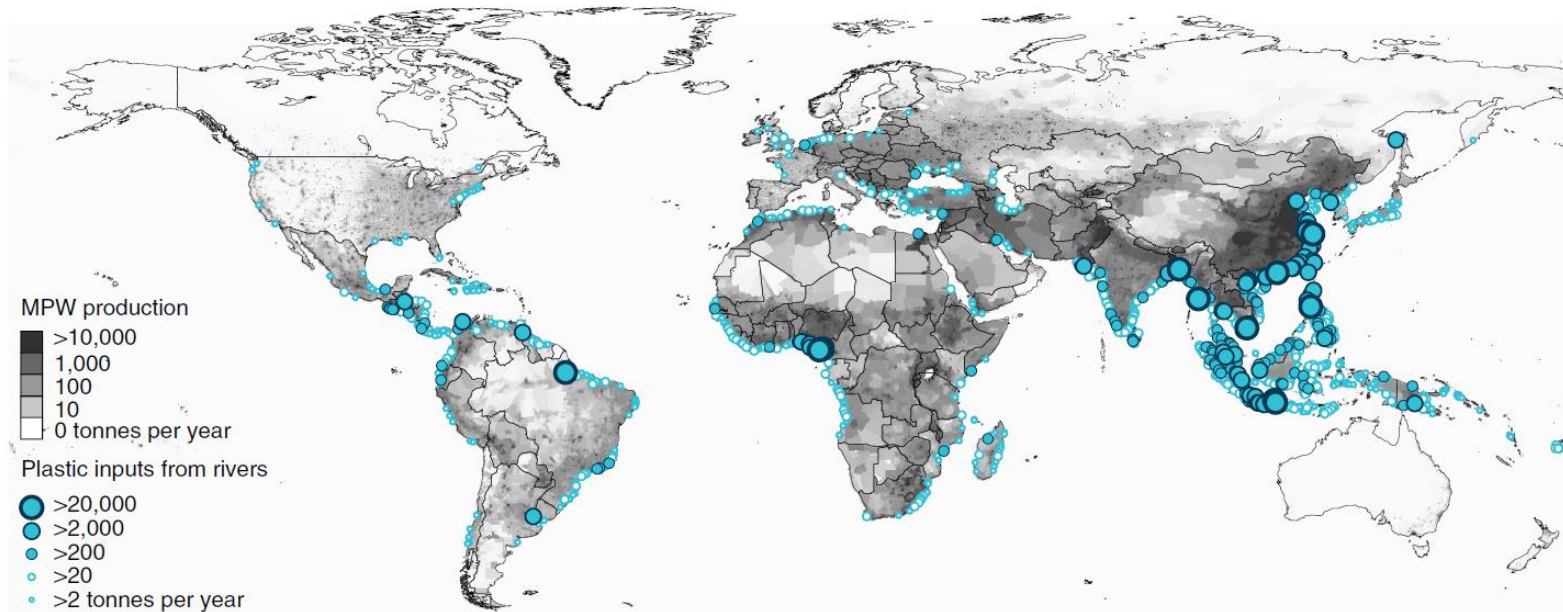
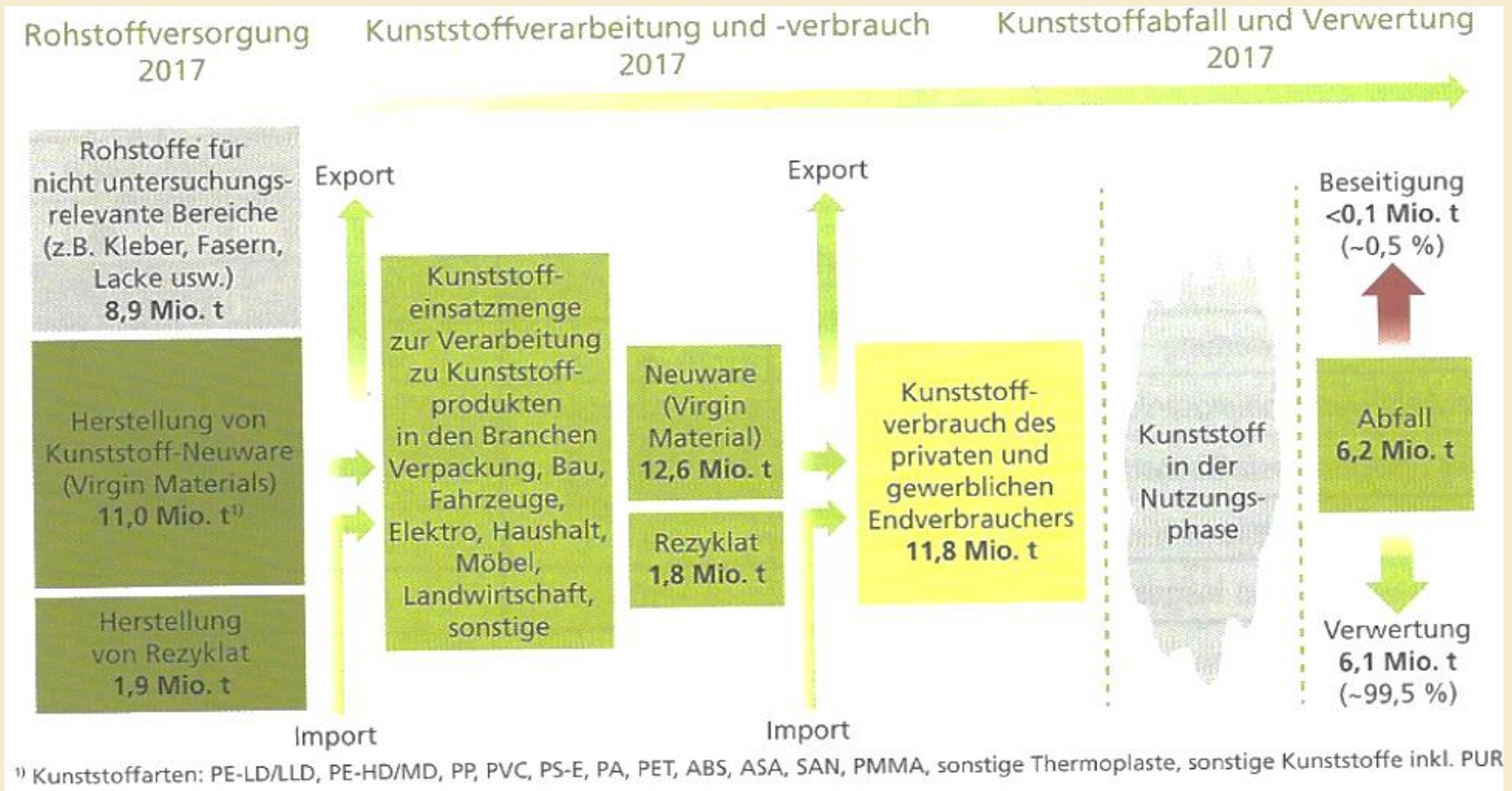


Figure 1 | Mass of river plastic flowing into oceans in tonnes per year. River contributions are derived from individual watershed characteristics such as population density (in inhab km^{-2}), mismanaged plastic waste (MPW) production per country (in $\text{kg inhab}^{-1} \text{d}^{-1}$) and monthly averaged runoff (in mm d^{-1}). The model is calibrated against river plastic concentration measurements from Europe, Asia, North and South America.

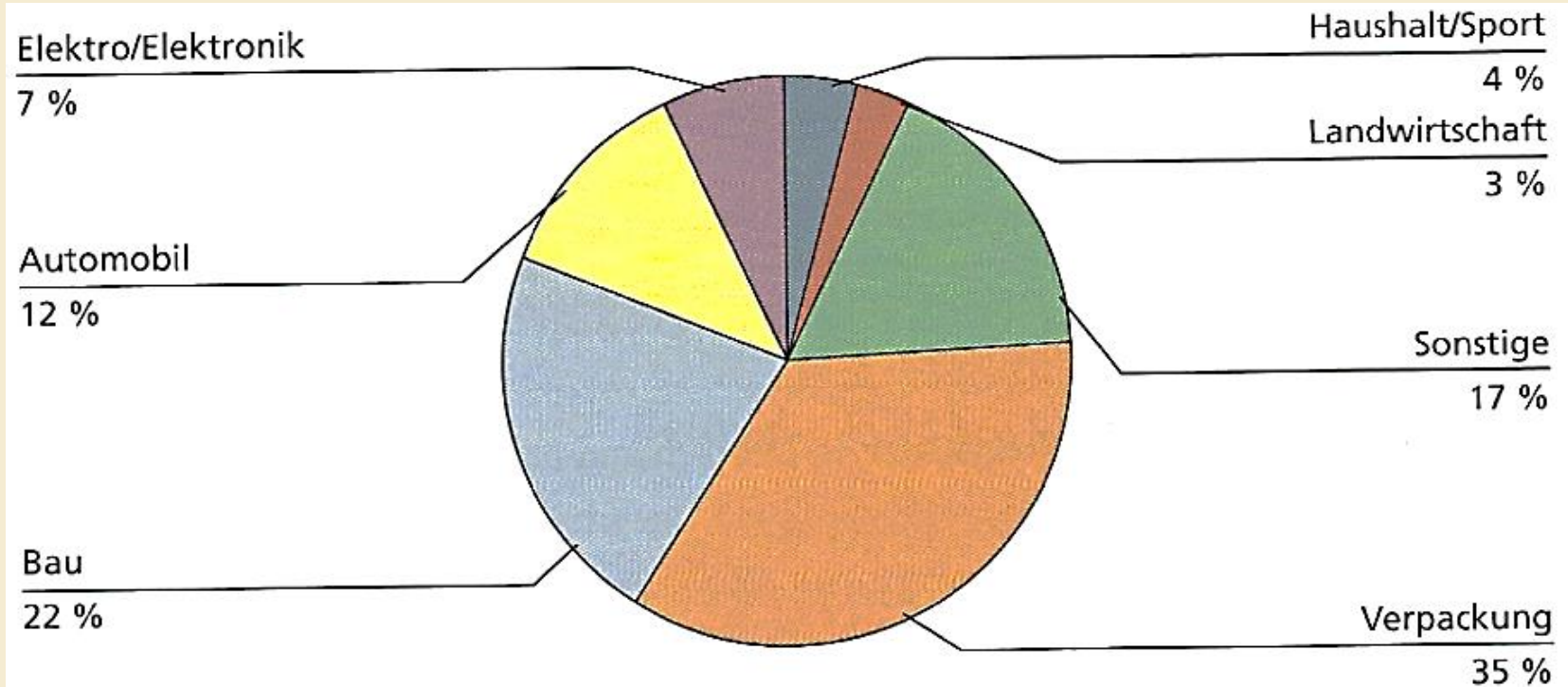
Lebreton, L.C.M.; van der Zwet, J.; Damsteeg1, J-W.; Slat, B.; Andrady, A.; Reisser, J.: River plastic emissions to the world's oceans, NATURE COMMUNICATIONS | 8:15611 | DOI: 10.1038/ncomms15611 | www.nature.com/naturecommunications

Plastic mass flow in Germany in 2017



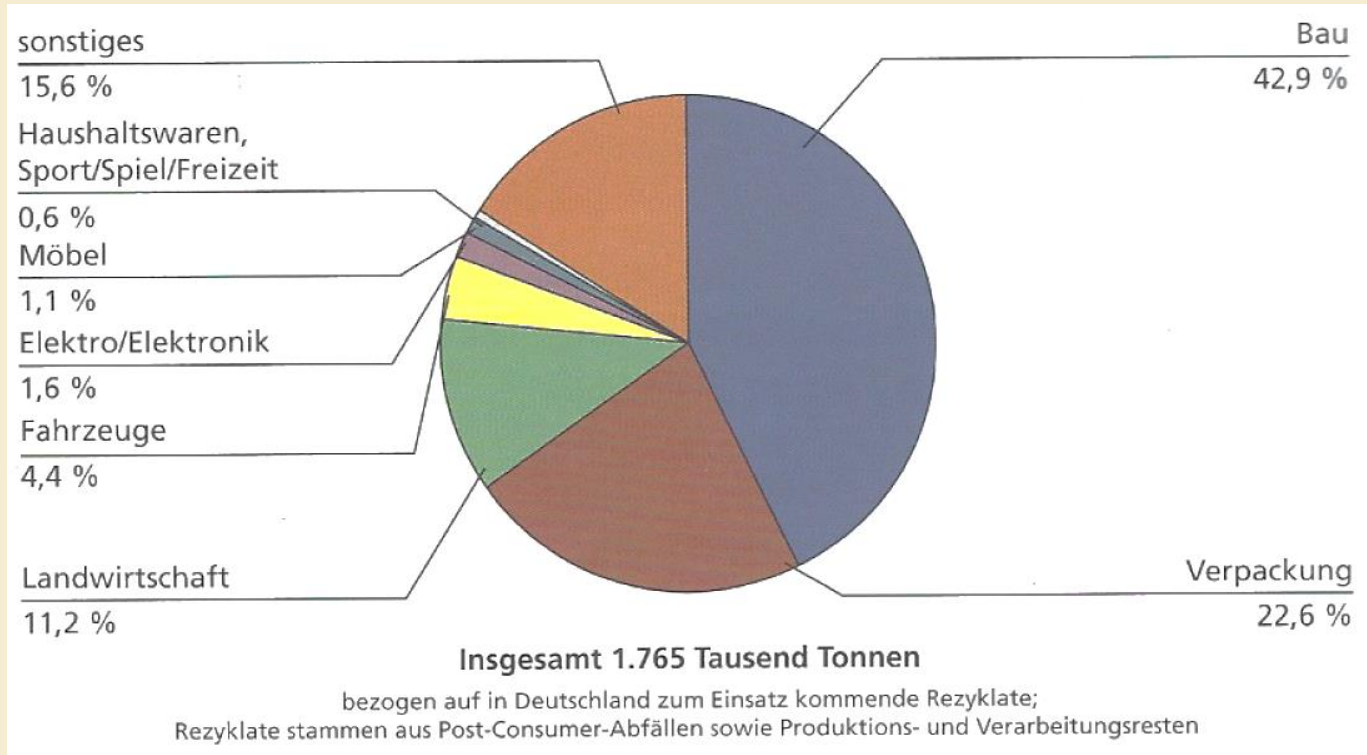
Obermeier, T.; Henkel, I.: Systematisierung des Kunststoffrecyclings, Recycling und Sekundärrohstoffe, Band 13, Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH, Neuruppin 2020

Plastic consumption in Germany in different industries in 2016

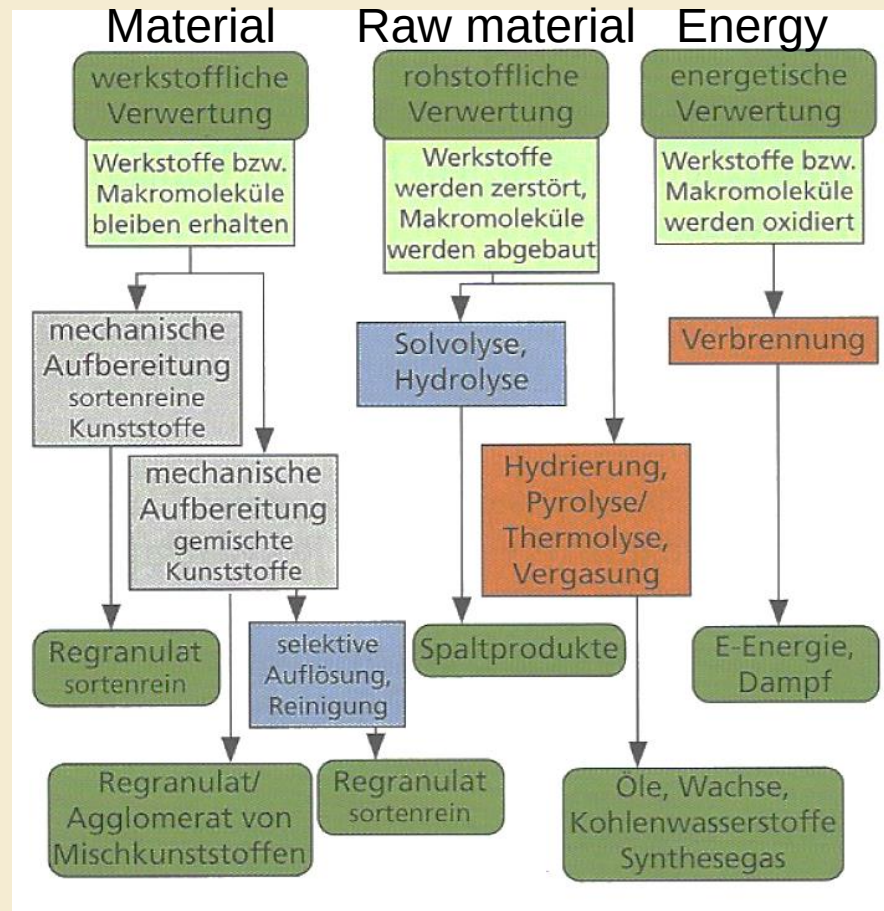


Obermeier, T.; Henkel, I.: Systematisierung des Kunststoffrecyclings, Recycling und Sekundärrohstoffe, Band 13, Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH, Neuruppin 2020

Use of recycled plastic consumption in Germany in 2017



Obermeier, T.; Henkel, I.: Systematisierung des Kunststoffrecyclings, Recycling und Sekundärrohstoffe, Band 13, Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH, Neuruppin 2020



Recovery rates of plastics

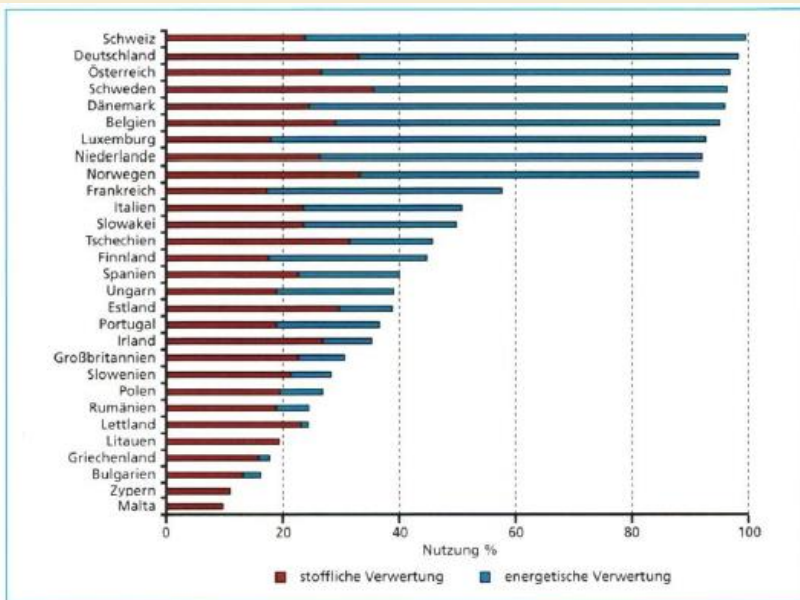


Bild 4: Stoffliche und energetische Verwertungsquote von Altkunststoffen in den EU-Mitgliedsstaaten plus Norwegen und Schweiz im Jahr 2010

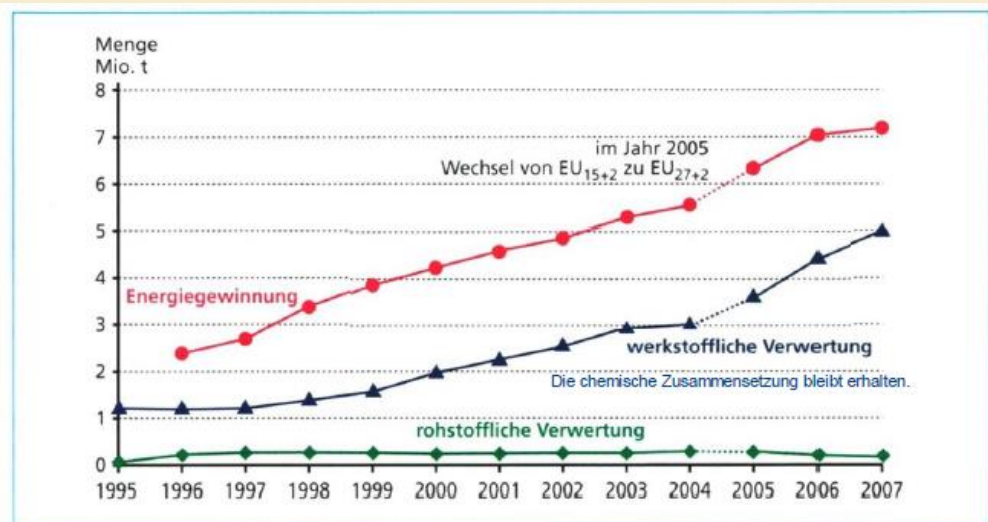


Bild 5: Entwicklung der werkstofflichen, rohstofflichen und energetischen Verwertung von Altkunststoffen in den EU-Mitgliedsstaaten plus Norwegen und Schweiz

Quelle: PlasticsEurope (Hrsg.): Daten und Fakten zu Kunststoff 2007 – Kunststoffproduktion, Verbrauch und Verwertung in Europa 2007. Veröffentlicht im Oktober 2008, S. 15, bearbeitet

Thomé-Kozmiansky, K.J.: Chancen und Grenzen des Recyclings in Recycling und Rohstoffe (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiansky, D. Goldmann), TK-Verlag, Neuruppin 2012

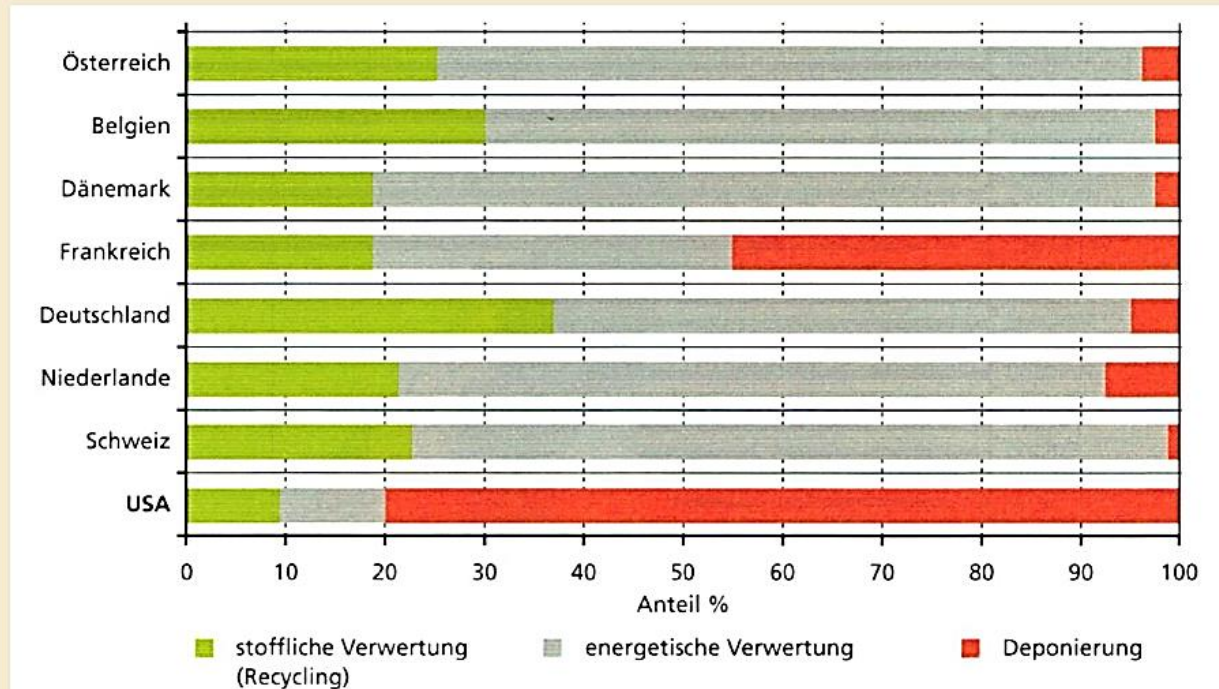


Bild 6: Verwertung und Beseitigung von Kunststoffabfällen in den USA im Vergleich zu ausgewählten Ländern Europas

Quelle: European Environmental Agency, Plastics Europe, U.S. EPA, CPIA, Covanta Energy

itiert in: RECYCLING magazin (2011), Nr. 23, S. 31

Thomé-Kozmiensky, K.J.: Chancen und Grenzen des Recyclings in Recycling und Rohstoffe (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky, D. Goldmann), TK-Verlag, Neuruppin 2012

New processes to recycle plastics



<https://www.youtube.com/watch?v=6g1KNIXPbDo>

Kampf um das bedrohte Paradies



UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ARD.de tagesschau Sportschau KiKA

DasErste.de ARD Audiothek ARD Mediathek

ARD 1

programm.ARD.de[®]

Suche

Tagestipps ▾ Jetzt im TV ▾ Programmübersicht ▾ Rubriken ▾ mehr ▾

18.05.2024
21:45 Uhr

Malediven

Kampf um ein bedrohtes Paradies | phoenix

Türkisfarbenes Meer, bunte Unterwasserwelt, Traumstrände. Die Malediven sind ein einzigartiges Naturparadies. Doch Plastikmüll und die Folgen des Klimawandels bedrohen die Inseln. Umweltaktivistin Shaahina Ali kämpft gegen die Zerstörung ihrer Heimat.

Jeden Tag wächst die Müllinsel Thilafushi um einen Quadratmeter hinein in den Indischen Ozean. Jahrzehntelang wurde der Dreck der 200.000 Einwohner der Hauptstadt der Malediven und der Müll der Touristen einfach hier abgekippt. So kann es nicht weitergehen, sagte sich Shaahina Ali. Fast jeden Tag ist die Tauchlehrerin mit ihren Mitstreiterinnen unterwegs auf den Malediven.

DETAILS

WIEDERHOLUNGEN

ÄHNLICHE SENDUNGEN

Türkisfarbenes Meer, bunte Unterwasserwelt, Traumstrände. Die Malediven sind ein einzigartiges Naturparadies. Doch Plastikmüll und die Folgen des Klimawandels bedrohen die Inseln. Umweltaktivistin Shaahina Ali kämpft gegen die Zerstörung ihrer Heimat.

Jeden Tag wächst die Müllinsel Thilafushi um einen Quadratmeter hinein in den Indischen Ozean. Jahrzehntelang wurde der Dreck der 200.000 Einwohner der Hauptstadt der Malediven und der Müll der Touristen einfach hier abgekippt. So kann es nicht weitergehen, sagte sich Shaahina Ali. Fast jeden Tag ist die Tauchlehrerin mit ihren Mitstreiterinnen unterwegs auf den Malediven - von Insel zu Insel. Gemeinsam mit der Umweltorganisation "Parley for the Oceans" hat sie Müllpressen beschafft und organisiert den Export des Plastikmülls zu Recycling-Anlagen im Ausland. Außerdem hält sie Vorträge, berät Hotelmanager und selbst den Präsidenten. Doch nicht nur der Müll bedroht das Inselparadies. Wegen des Klimawandels steigt der Meeresspiegel. Die Malediven drohen unterzugehen.

Korrespondent Peter Gerhardt ist im Auftrag des Hessischen Rundfunk für die ARD in Südostasien unterwegs. Für die Dokumentation nimmt Shaahina Ali Gerhardt und sein Filmteam mit auf zahlreiche Inseln der Malediven, zeigt die Auswirkungen der Umweltzerstörung und des Klimawandels und was die Einwohner dagegen unternehmen können. Zu ihrem Netzwerk gehört auch der ehemalige Präsident der Malediven Mohamed Nasheed, derzeit Parlamentspräsident. Er ist international einer der engagiertesten Kämpfer gegen den Klimawandel. Er erzählt, warum er nicht dafür planen will, die Bevölkerung zu evakuieren, sondern dafür, das einzigartige Inselparadies der Malediven zu erhalten.

Film von Peter Gerhardt

Samstag, 18.05.24

21:45 - 22:30 Uhr

45 Min.

phoenix

[Link zur Sendung](#) [Link zur Sendung](#)



Umweltfragen/Klima in der ARD

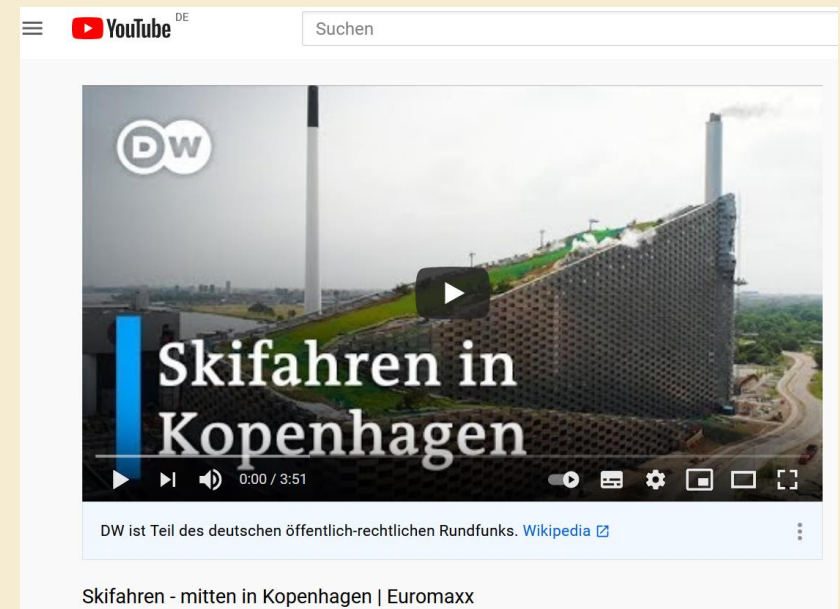
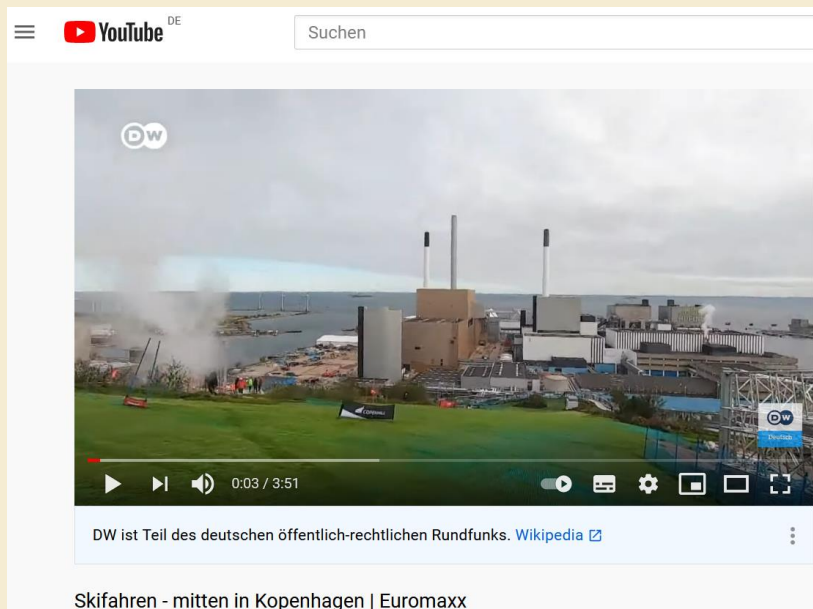
Infos drucken

iCal-Export

Senden

Teilen

The most modern waste incineration plant in the world in Copenhagen

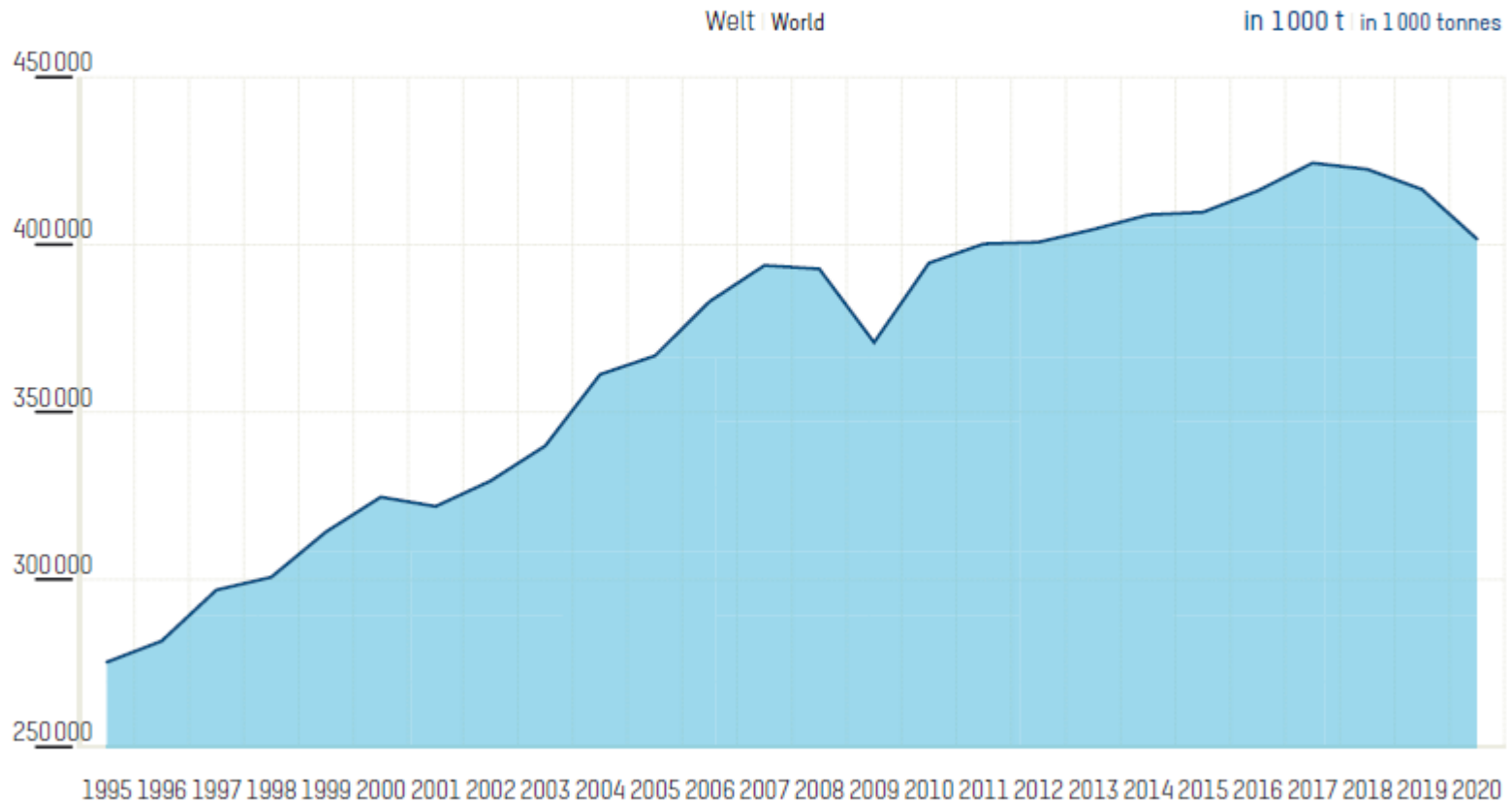


<https://www.youtube.com/watch?v=dKPx4hzFsTU>

8.2 Papers

Consumption of paper and board between 1995 -2000

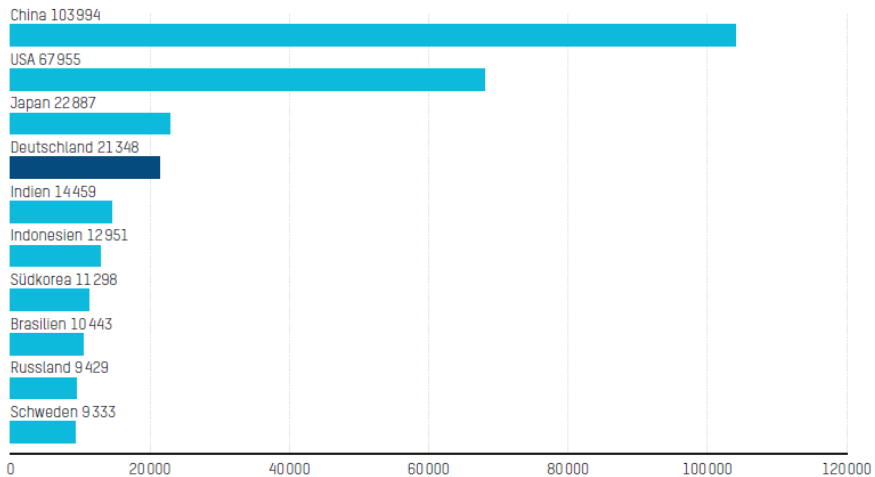
RECHNERISCHER VERBRAUCH VON PAPIER, KARTON UND PAPPE 1995-2020 | APPARENT CONSUMPTION OF PAPER AND BOARD 1995-2020



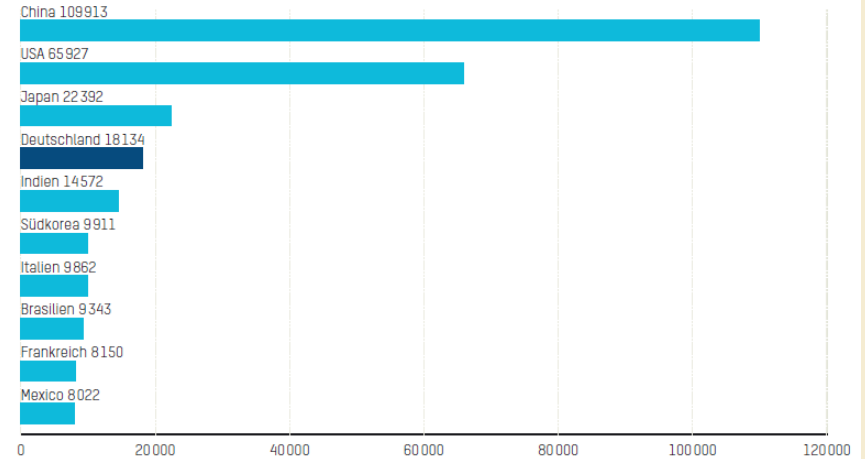
DIE PAPIERINDUSTRIE-Leistungsbericht PAPIER 2022, <https://www.papierindustrie.de/>

Global production and consumption

DIE 10 GRÖSSTEN ERZEUGERLÄNDER VON PAPIER, KARTON UND PAPPE 2020 (IN 1.000 T)
10 BIGGEST PAPER AND BOARD PRODUCING COUNTRIES 2020 (1,000 TONNES)



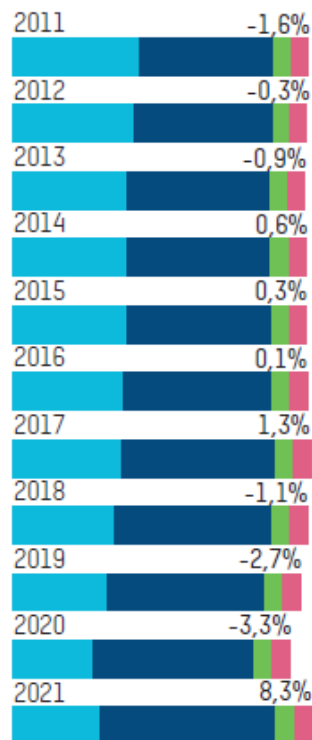
DIE 10 GRÖSSTEN VERBRAUCHERLÄNDER VON PAPIER, KARTON UND PAPPE 2020 (IN 1.000 T)
10 BIGGEST PAPER AND BOARD CONSUMING COUNTRIES 2020 (1,000 TONNES)



Production of paper and board in Germany

PRODUKTION VON PAPIER, KARTON UND PAPPE NACH SORTEN | PRODUCTION OF PAPER AND BOARD BY GRADE

PRODUKTION NACH HAUPTSORTEN | PRODUCTION OF MAIN GRADES

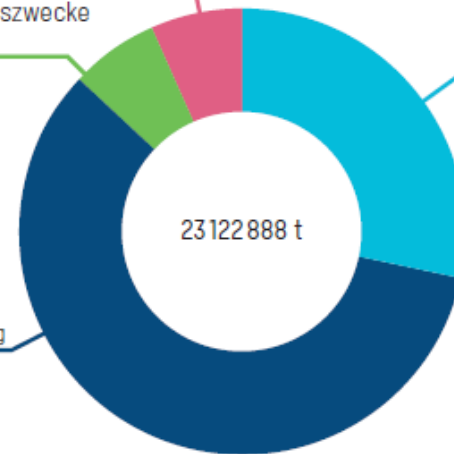


6,4%
Hygienepapiere (Maschinenproduktion)
Sanitary and Household

6,5%
Papier und Pappe für technische
und spezielle Verwendungszwecke
Other Paper and Board

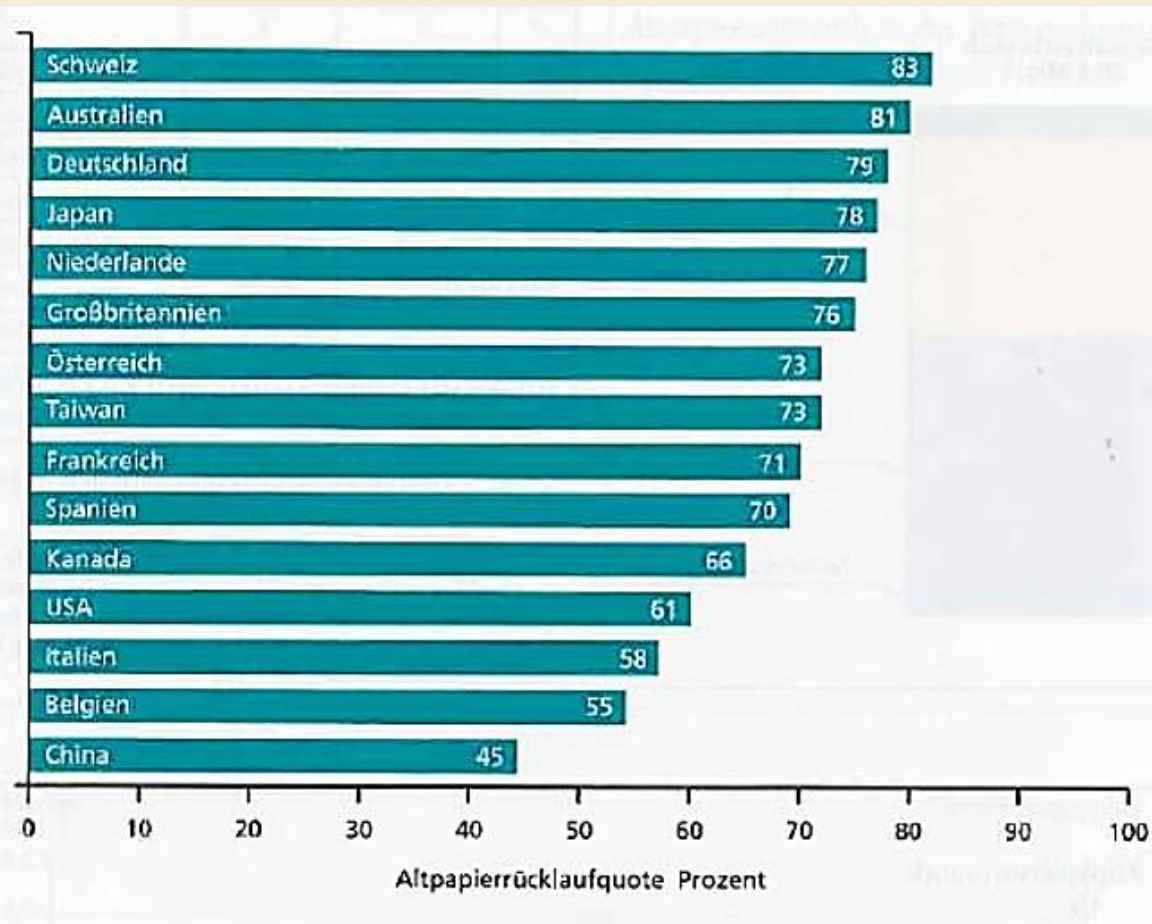
58,7%
Papier, Karton und Pappe
für Verpackungszwecke
Paper and Board for Packaging

28,4%
Grafische Papiere
Graphic Papers



ANTEILE DER HAUPTSORTEN AN DER GESAMTPRODUKTION
SHARE OF MAIN GRADES OF TOTAL PRODUCTION

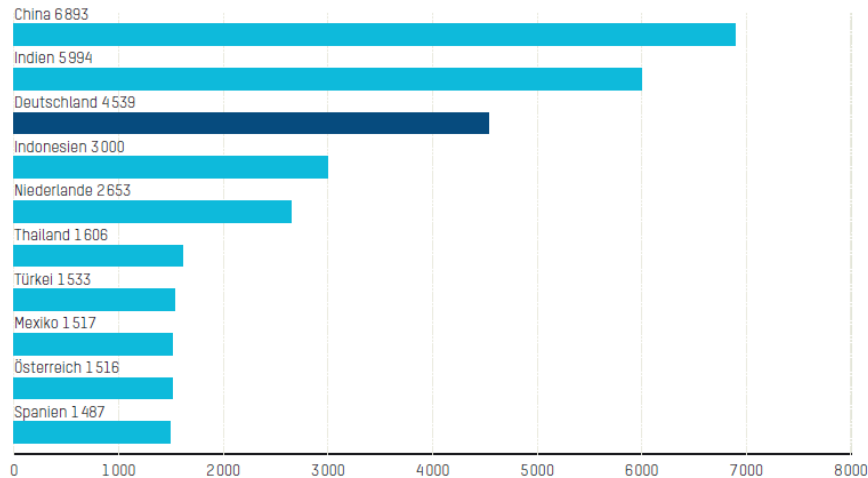
Return Rate of Used Paper in Different Countries



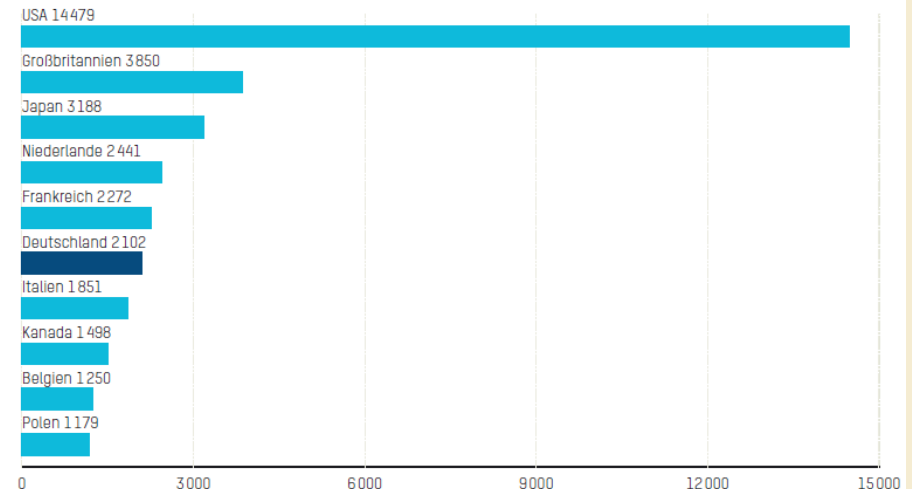
Thomé-Kozmiensky, K.J.: Chancen und Grenzen des Recyclings in Recycling und Rohstoffe (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky, D. Goldmann), TK-Verlag, Neuruppin 2012

The main import and export countries for used paper

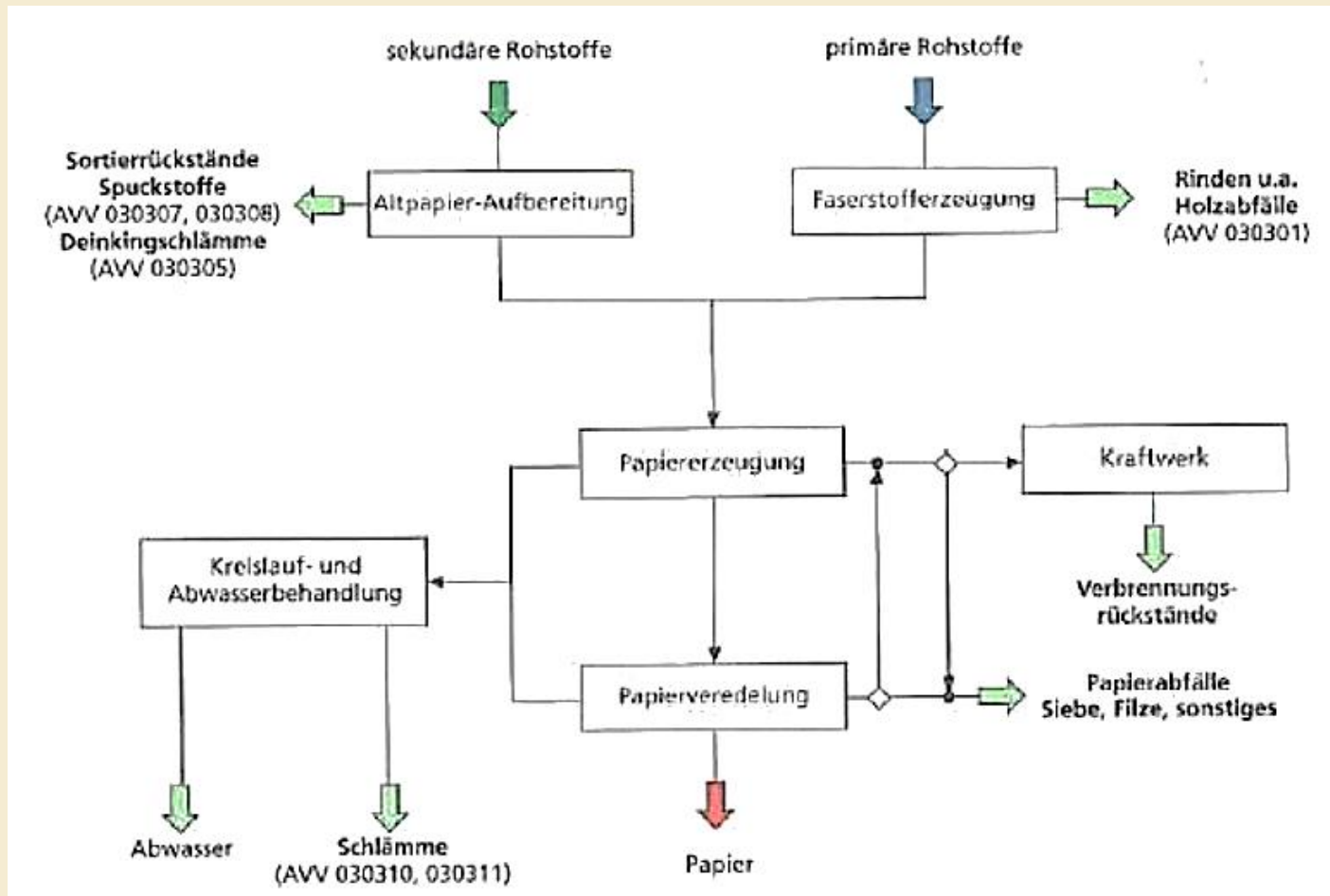
DIE 10 GRÖSSTEN EINFUHLRLÄNDER VON ALTPAPIER 2020 (IN 1.000 T)
10 BIGGEST PAPER FOR RECYCLING IMPORTING COUNTRIES 2020 (1,000 TONNES)



DIE 10 GRÖSSTEN AUSFUHLRLÄNDER VON ALTPAPIER 2020 (IN 1.000 T)
10 BIGGEST PAPER FOR RECYCLING EXPORTING COUNTRIES 2020 (1,000 TONNES)



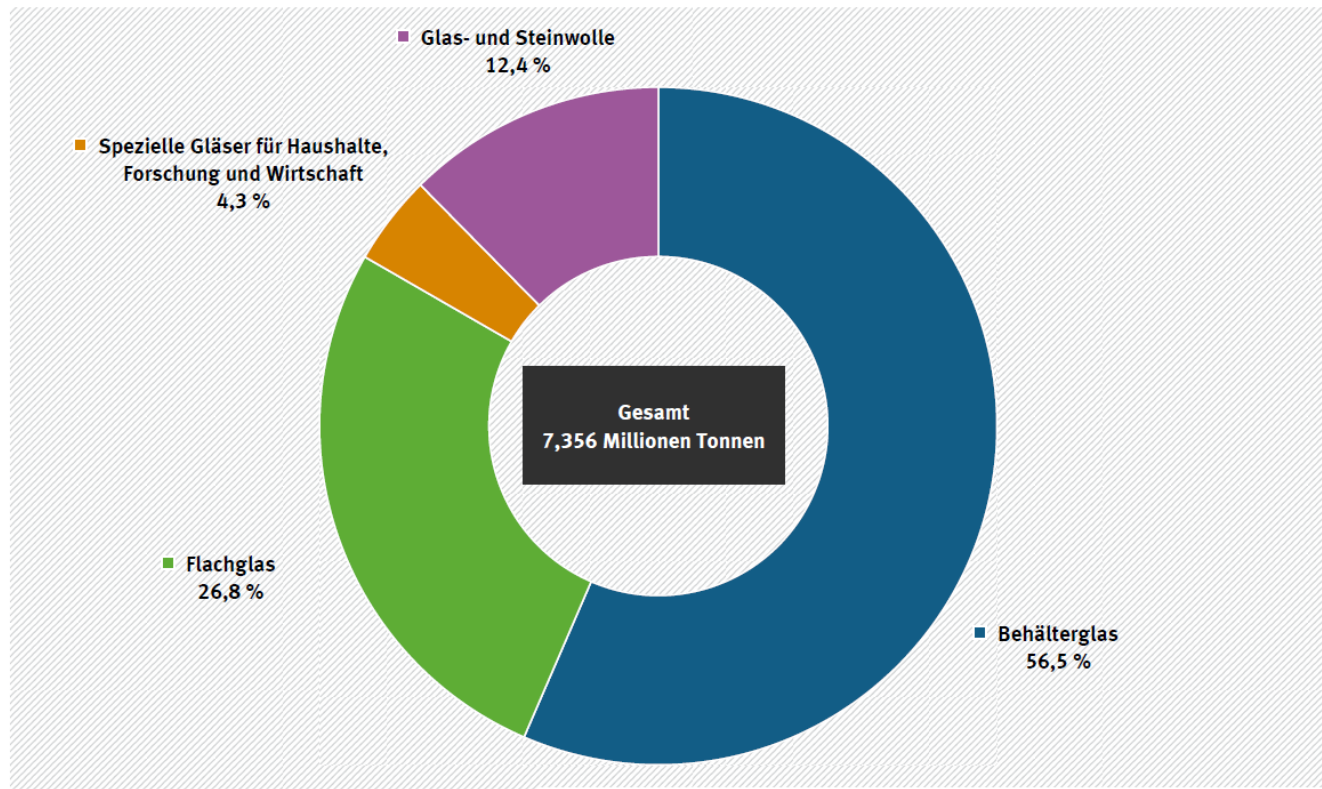
Waste Generation in Paper Production



Thomé-Kozmiensky, K.J.: Chancen und Grenzen des Recyclings in Recycling und Rohstoffe (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky, D. Goldmann), TK-Verlag, Neuruppin 2012

8.3. Glasses

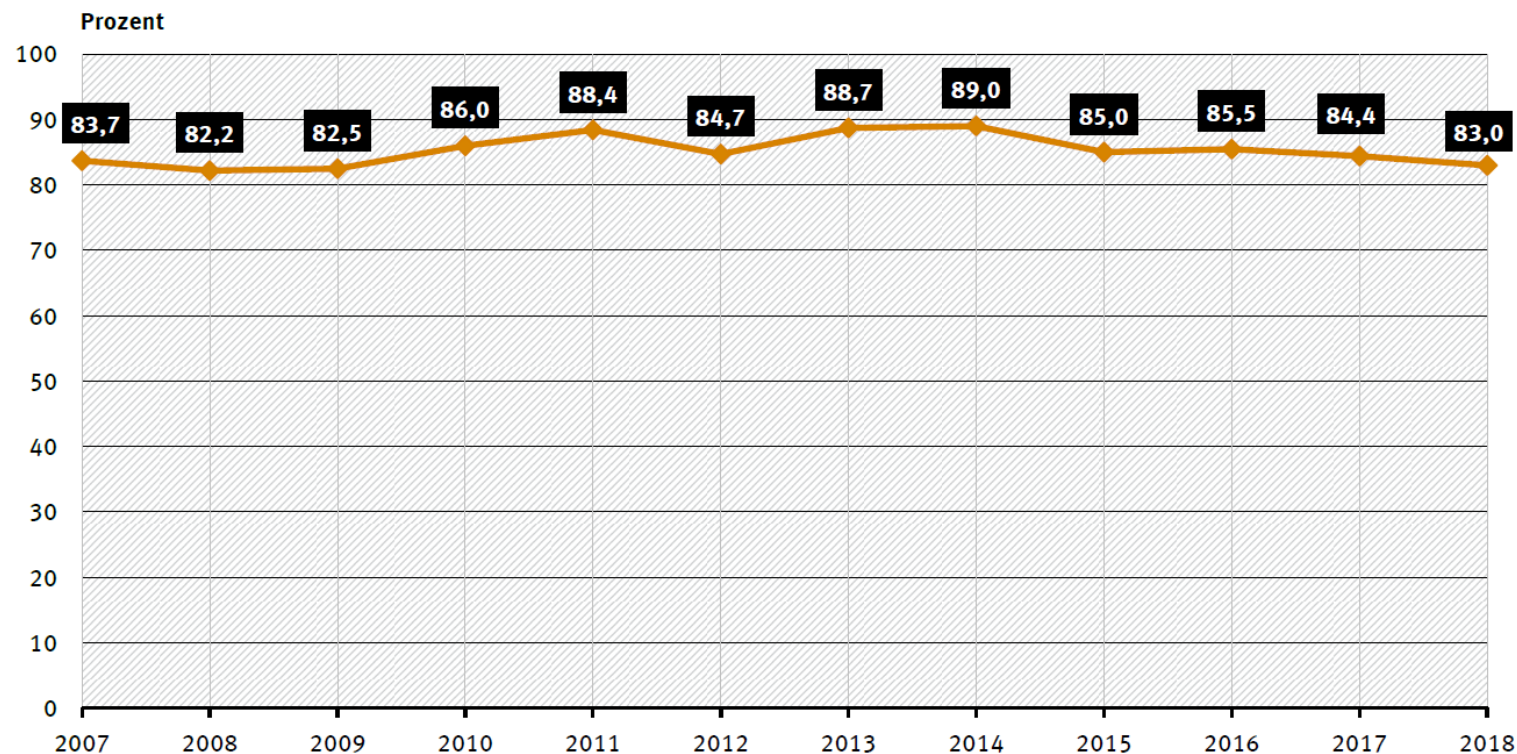
Glasproduktion im Jahr 2020 und die Anteile der einzelnen Glasbranchen



Quelle: Bundesverband Glasindustrie e.V., Statistik zur Produktion von Glas und Glaswaren nach Branchensektoren
https://www.bvglas.de/media/Facts_and_figures_Jahresberichte/Produktion_von_Glas.pdf

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/glas-altglas#stoffliche-verwertung-von-flachglas>

Verwertung von Glas aus gebrauchten Verpackungen



Quelle: Umweltbundesamt, Texte 166/2020, Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2018, Dessau-Roßlau 2020

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/glas-altglas#stoffliche-verwertung-von-flachglas>

Stoffliche Verwertung von Behälterglas

In der Behälterglasindustrie stellt Altglas mittlerweile die wichtigste Rohstoffkomponente dar. Eine Tonne Altglas darf jedoch nicht mehr als 25 g an Keramik, Steinen und Porzellan (KSP-Fraktion) enthalten und maximal 5 g an Nichteisenmetallen wie Aluminium. Zudem sind Grenzwerte für Eisenmetalle und für organische Bestandteile wie Kunststoffe und Papier zu unterschreiten.

Besonders wichtig ist die Farbreinheit der Altglasscherben. Um weißes Behälterglas herzustellen, ist bei einer Altglasscherbenzugabe von 50 % eine Farbreinheit von 99,7 % erforderlich. Der Fehlfarbenanteil im Braunglas darf die 8 %-Marke nicht überschreiten. Lediglich grünes Glas lässt einen Fehlfarbenanteil von bis zu 15 % zu.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/glas-altglas#stoffliche-verwertung-von-flachglas>

Material recycling of container glass

Waste glass has become the most important raw material component in the container glass industry. However, one tonne of waste glass must not contain more than 25 g of ceramics, stones and porcelain (CSP fraction) and a maximum of 5 g of non-ferrous metals such as aluminium. In addition, limits for ferrous metals and for organic components such as plastics and paper must be undercut.

The colour purity of the waste glass cullet is particularly important. To produce white container glass, a colour purity of 99.7 % is required with an addition of 50 % waste glass cullet. The amount of off-colour in the brown glass must not exceed the 8 % mark. Only green glass allows a faulty colour content of up to 15 %.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/glas-altglas#stoffliche-verwertung-von-flachglas>

Stoffliche Verwertung von Flachglas

Für Flachglasprodukte wie Fensterglas und andere Baugläser gelten besondere Qualitätsanforderungen wie Farbreinheit und Blasenfreiheit. Die Flachglasindustrie setzt daher überwiegend sortenreine Glasscherben aus weiterverarbeitenden Betrieben und Eigenschерben ein. In den letzten Jahren wurden die Sammelsysteme zur Erfassung möglichst sortenreiner und fremdstoffarmer Flachglasprodukte im weiterverarbeitenden Gewerbe ausgebaut. Altglas, das nicht den vorgegebenen Anforderungen an den Reinheitsgrad entspricht, muss aufbereitet werden. Hierfür stehen in Deutschland derzeit zehn Aufbereitungsanlagen zur Verfügung.

Altglasfraktionen, die sich aus Qualitätsgründen nicht für die Herstellung neuer Flachgläser eignen, können in geringem Umfang bei der Herstellung von Behälterglas eingesetzt werden, aber auch bei der Herstellung von Dämmwolle, Schmirgelpapier, Schaumglas und Glasbausteinen.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/glas-altglas#stoffliche-verwertung-von-flachglas>

Material recycling of flat glass

Flat glass products such as window glass and other construction glass are subject to special quality requirements such as colour purity and freedom from bubbles. The flat glass industry therefore mainly uses unmixed glass cullet from processing plants and its own cullet. In recent years, collection systems have been expanded to collect flat glass products in the processing industry that are as pure as possible and contain as few foreign substances as possible. Waste glass that does not meet the specified requirements for purity must be processed. Ten reprocessing plants are currently available for this purpose in Germany.

Waste glass fractions that are not suitable for the production of new flat glass for quality reasons can be used to a small extent in the production of container glass, but also in the production of insulation wool, emery paper, foam glass and glass blocks.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/glas-altglas#stoffliche-verwertung-von-flachglas>

Autoscheiben werden geschreddert

Demontagebetriebe für Altfahrzeuge müssen Front-, Heck- und Seitenscheiben sowie Glasdächer von Altfahrzeugen ausbauen und dem Recycling zuführen. Das schreibt die Altfahrzeugverordnung vor. Im Jahr 2019 fielen in Deutschland 464.657 Altfahrzeuge an. Sie enthielten im Schnitt etwa 30 kg Fahrzeugglas je Altfahrzeug, insgesamt rund 14.000 t. Aufgrund behördlicher Ausnahmen von der Demontagepflicht haben die Altfahrzeugverwerter davon nur etwa 8 % – also 1.161 t – demontiert. Der überwiegende Anteil der Fahrzeugscheiben und Glasdächer gelangt mit den Altfahrzeugen in Schredderanlagen. Die dabei anfallenden nichtmetallischen mineralischen Rückstände wurden im Jahr 2019 überwiegend verwertet etwa als Bergversatz oder im Deponiebau und teilweise beseitigt.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/glas-altglas#stoffliche-verwertung-von-flachglas>

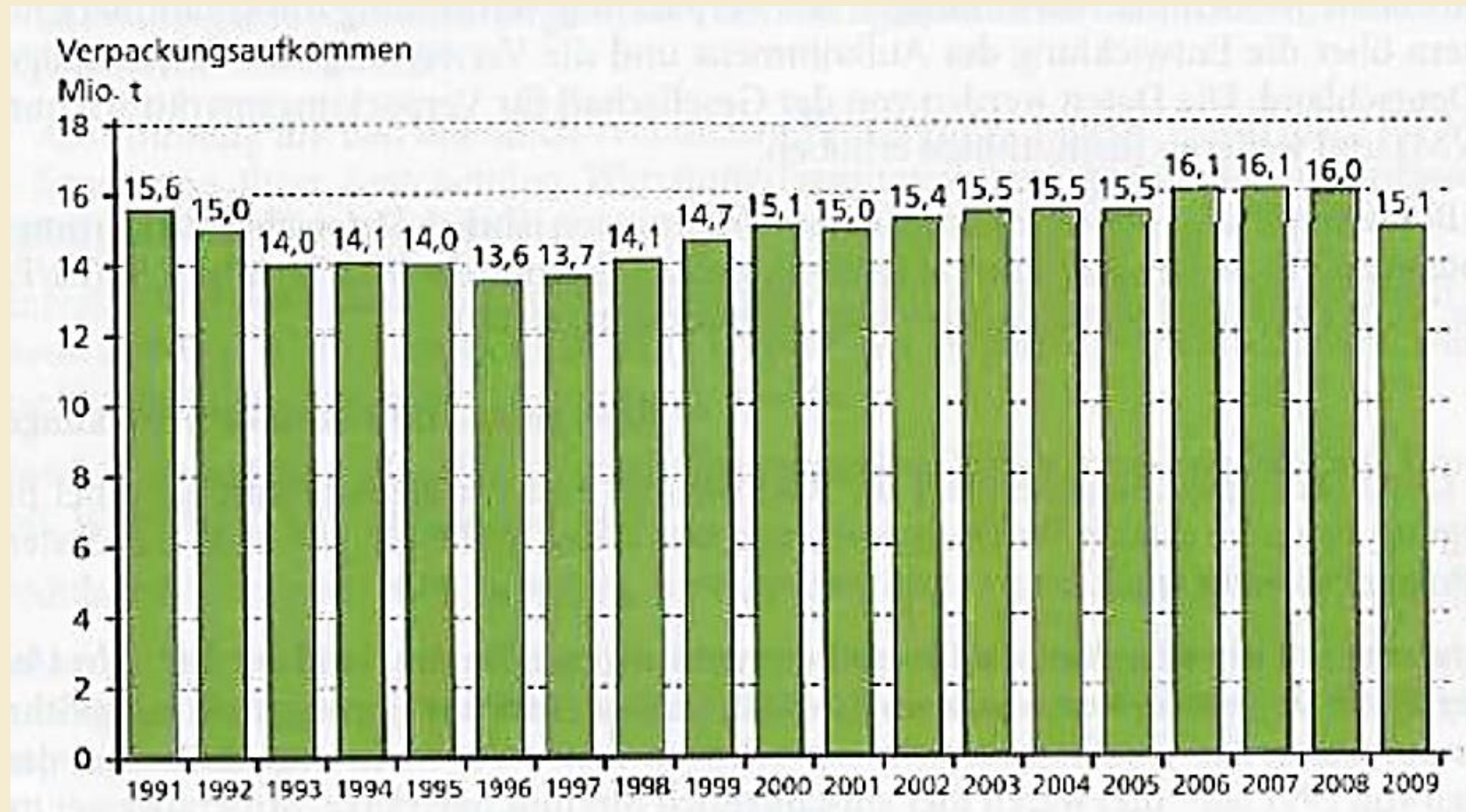
Car windscreens are shredded

Dismantling companies for end-of-life vehicles must remove front, rear and side windows as well as glass roofs from end-of-life vehicles and send them for recycling. This is prescribed by the End-of-Life Vehicles Ordinance. In 2019, 464,657 end-of-life vehicles were generated in Germany. On average, they contained around 30 kg of vehicle glass per end-of-life vehicle, a total of around 14,000 t. Due to exemptions from the dismantling obligation granted by the authorities, ELV recyclers only dismantled around 8% of this - i.e. 1,161 t. The majority of the vehicle windows and glass roofs end up in shredding plants with the end-of-life vehicles. The non-metallic mineral residues produced in the process were mainly recycled in 2019, for example as backfill or in landfill construction, and in some cases disposed of.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/glas-altglas#stoffliche-verwertung-von-flachglas>

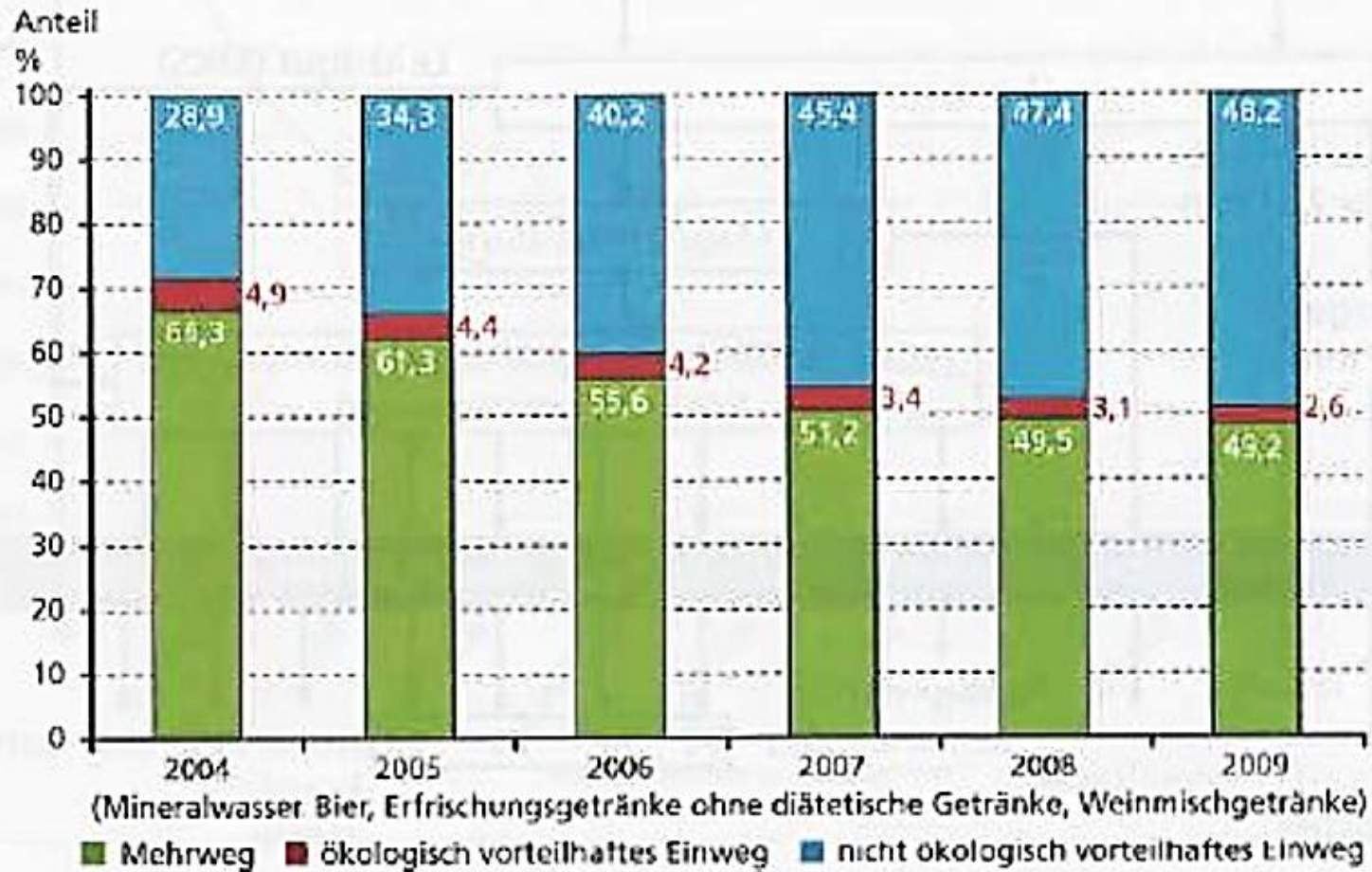
8.4. Packing

The Amount of Packaging Material in Germany



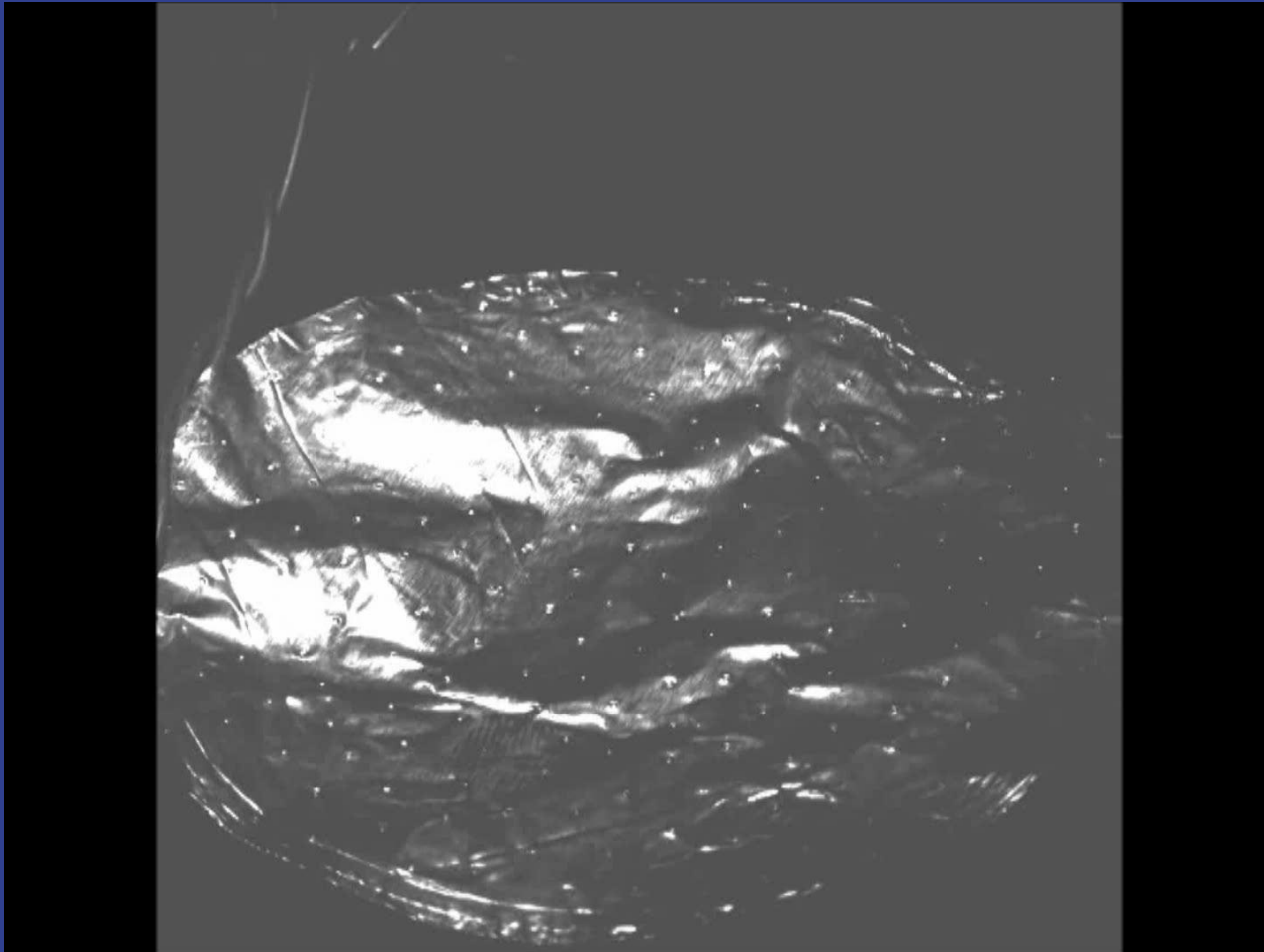
Thomé-Kozmiensky, K.J.: Chancen und Grenzen des Recyclings in Recycling und Rohstoffe (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky, D. Goldmann), TK-Verlag, Neuruppin 2012

Packing Concept for Different Beverages



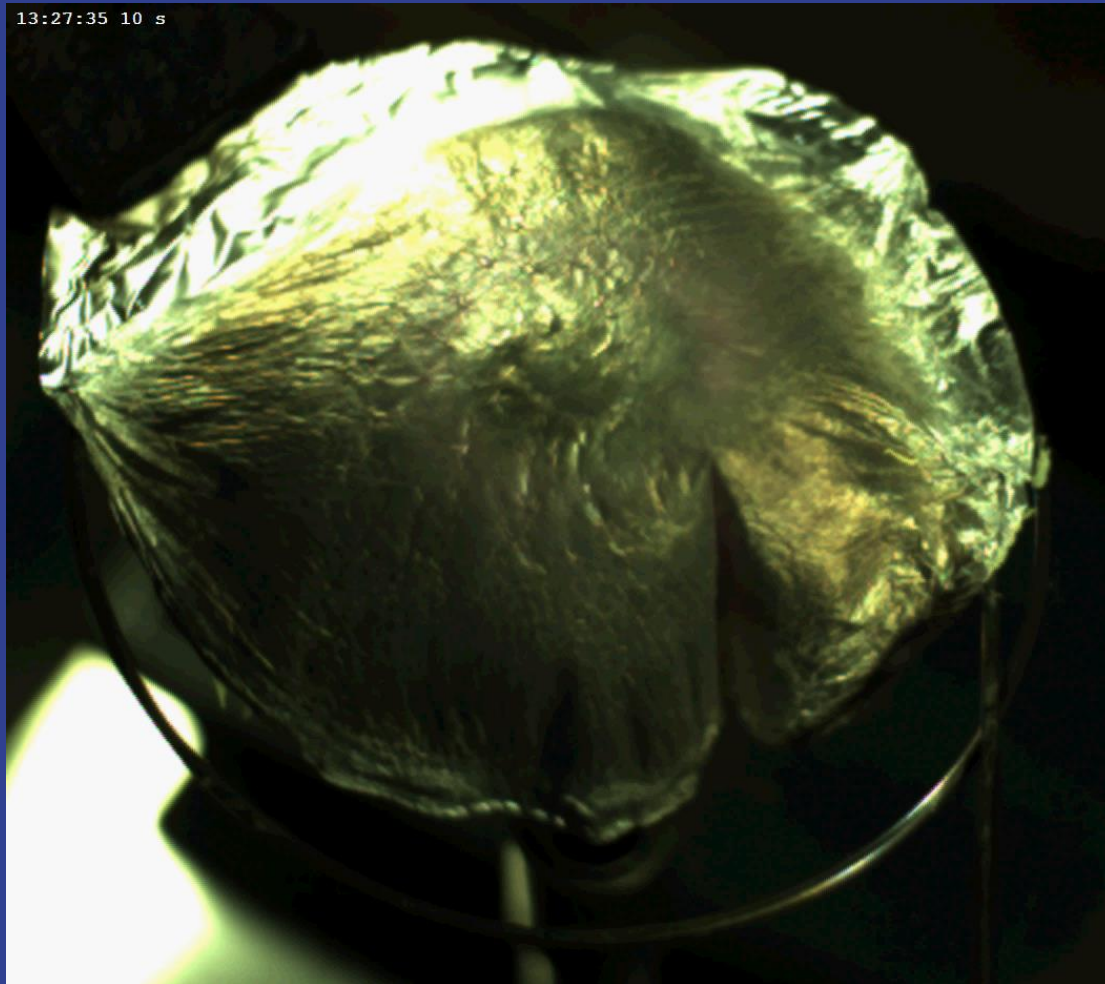
Thomé-Kozmiensky, K.J.: Chancen und Grenzen des Recyclings in Recycling und Rohstoffe (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky, D. Goldmann), TK-Verlag, Neuruppin 2012

Behaviour of Aluminium at about 900° C under normal atmosphere filmed with a high speed camera



Deike, R.; Ebert, D.; Schubert, D.; Ulum, R.; Warnecke, R.; Vogell, M.: Berliner Schlackenkonferenz, Berlin, 23.09.2013

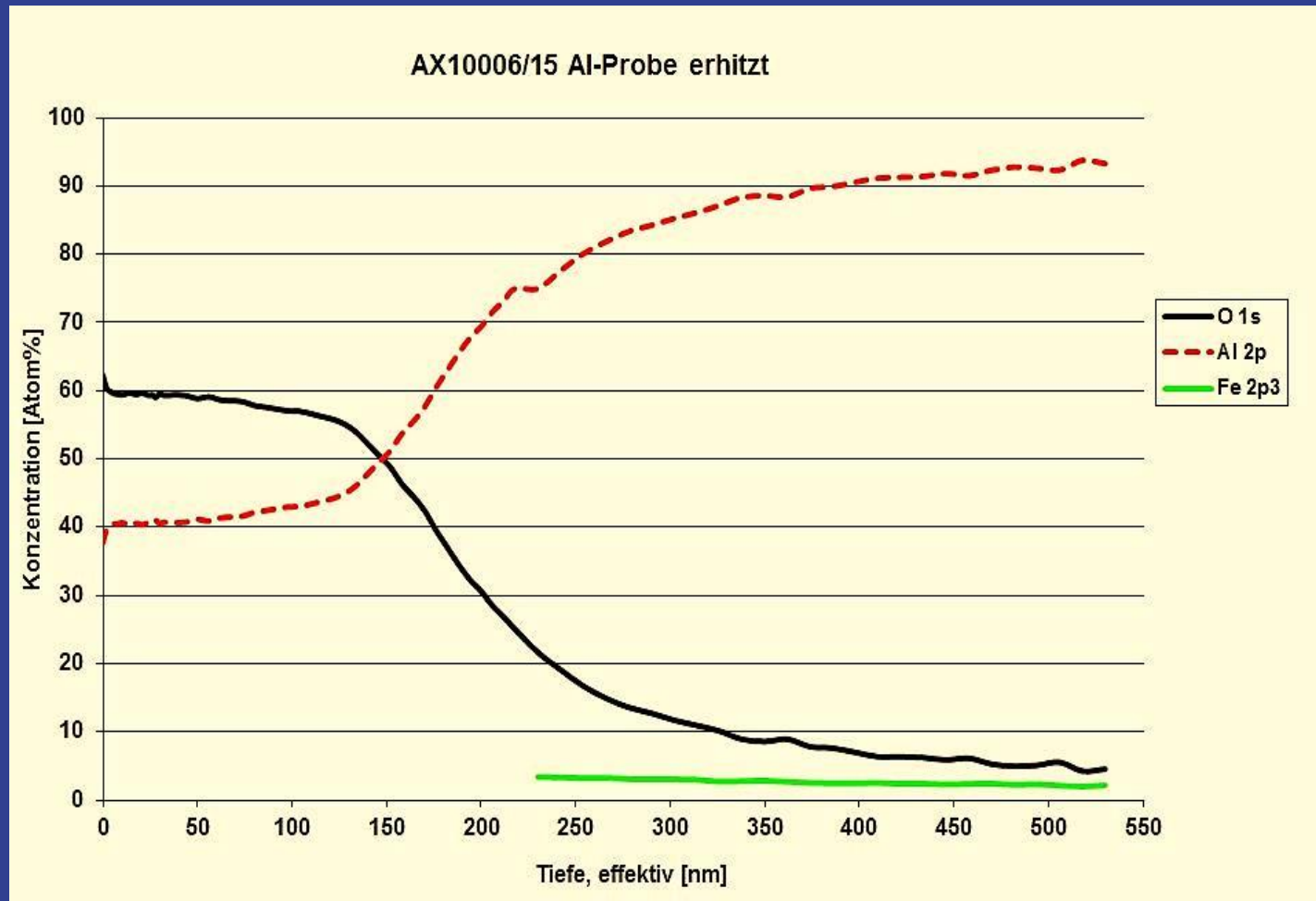
Behaviour of Aluminium at about 900° C under normal atmosphere filmed with a high speed camera

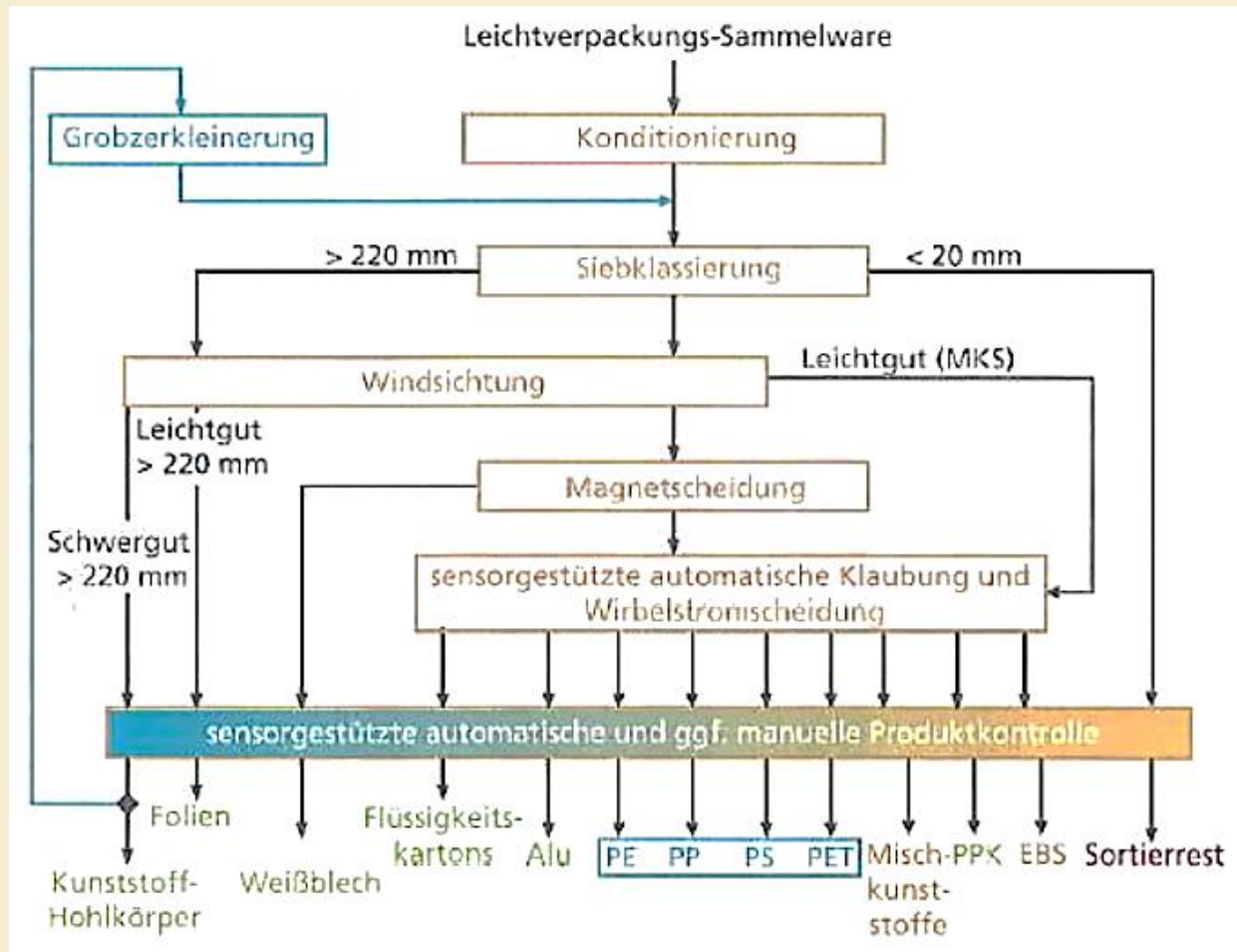


5. What happens with iron and aluminium in MSW-incineration?

147/26

XPS-measurement of an aluminium oxide layer on the surface of an aluminium lid heated up to 900° C



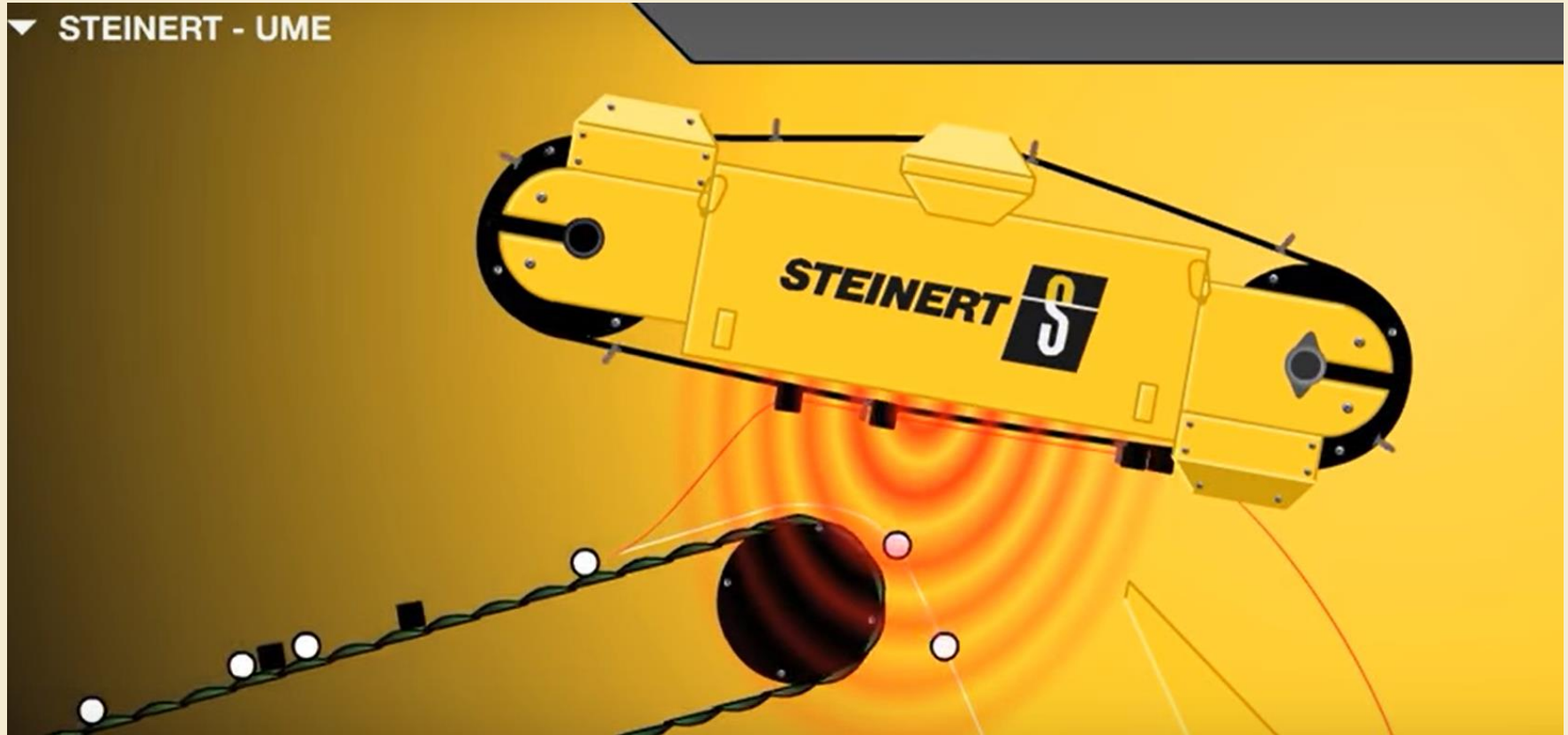


Thomé-Kozmiensky, K.J.: Chancen und Grenzen des Recyclings in Recycling und Rohstoffe (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky, D. Goldmann), TK-Verlag, Neuruppin 2012

Recycling of Light Packing Material

Principle of a magnetic separator

▼ STEINERT - UME



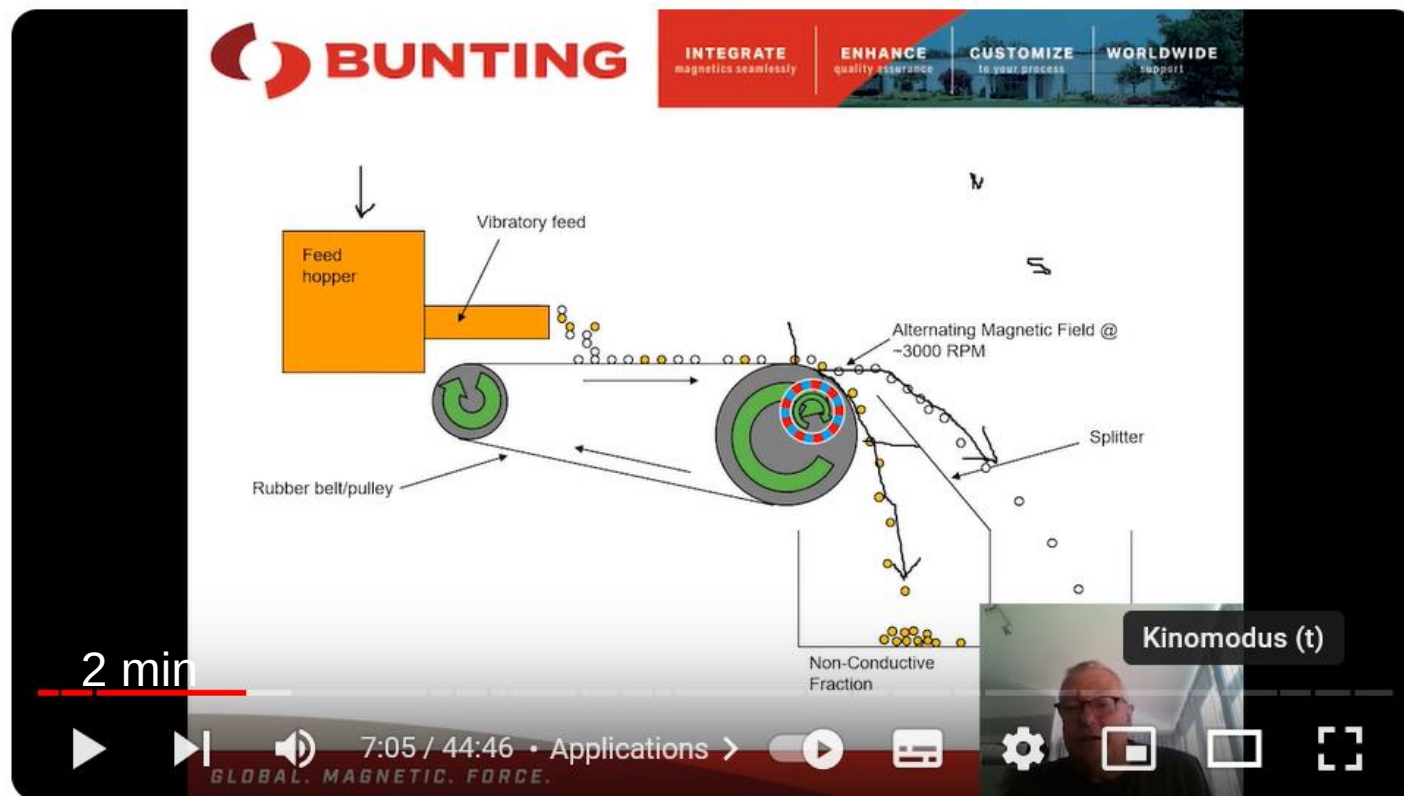
<https://www.youtube.com/watch?v=ynukPjzRfAQ>

In its basic design, an eddy current separator consists of a short belt section which is driven on the feed side. A rapidly rotating permanent magnet system is located in its ejecting head drum. When rotating, this pole system generates high-frequency alternating magnetic fields. These in turn cause strong eddy currents in the conductive non-ferrous metal parts, which in turn now build up their own magnetic fields counteracting the external field. The non-ferrous parts are deflected from the rest of the material flow due to the force pulse.

<https://steinertglobal.com/de/magnete-sensorsortierer/magnetseparation/wirbelstromscheider>

Recycling of Light Packing Material

Principle of an eddy current separator

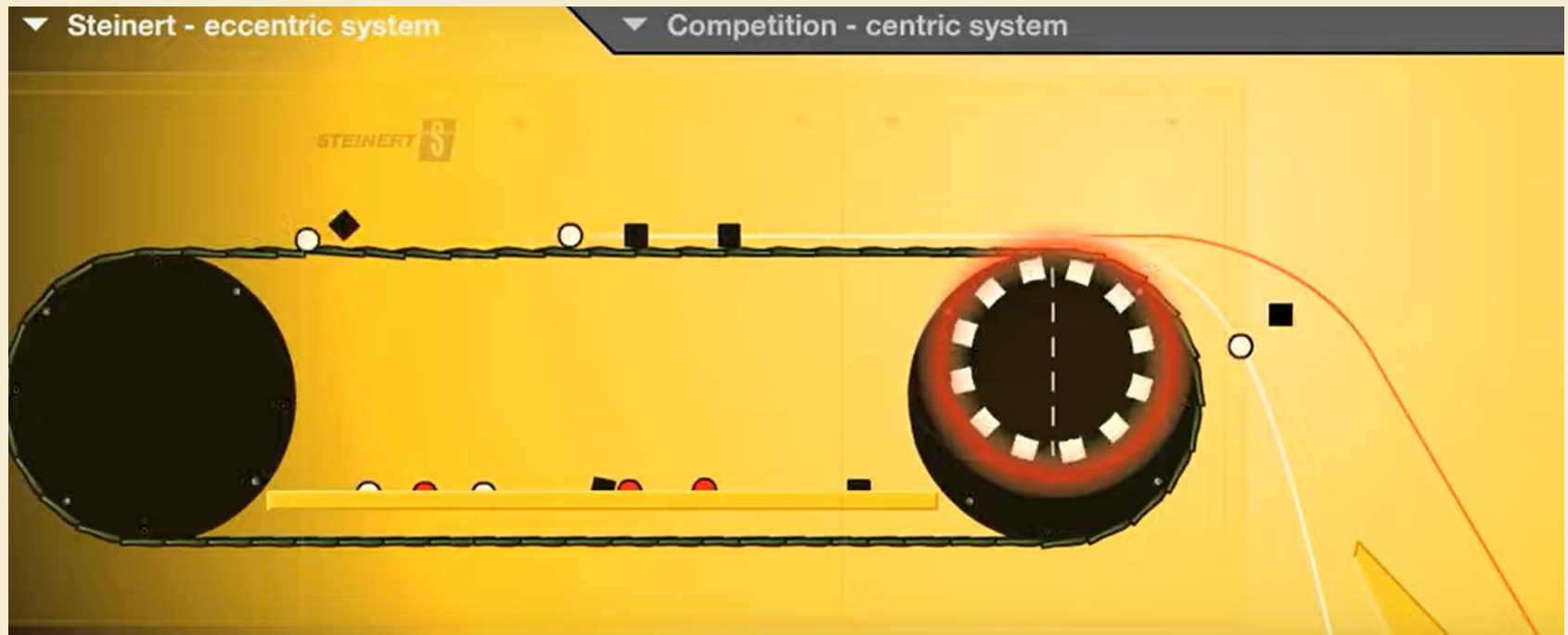


Eddy Current Separator Technical Overview by Prof Neil Rowson

<https://www.youtube.com/watch?v=BiehuIugYE0>

Recycling of Light Packing Material

Principle of an eddy current separator



<https://www.youtube.com/watch?v=qG-8Ls1g2hU>

Institut für Technologien der Metalle

Lehrstuhl für Metallurgie der Eisen- und Stahlerzeugung



Recycling of Oxidic and Metallic Waste Materials

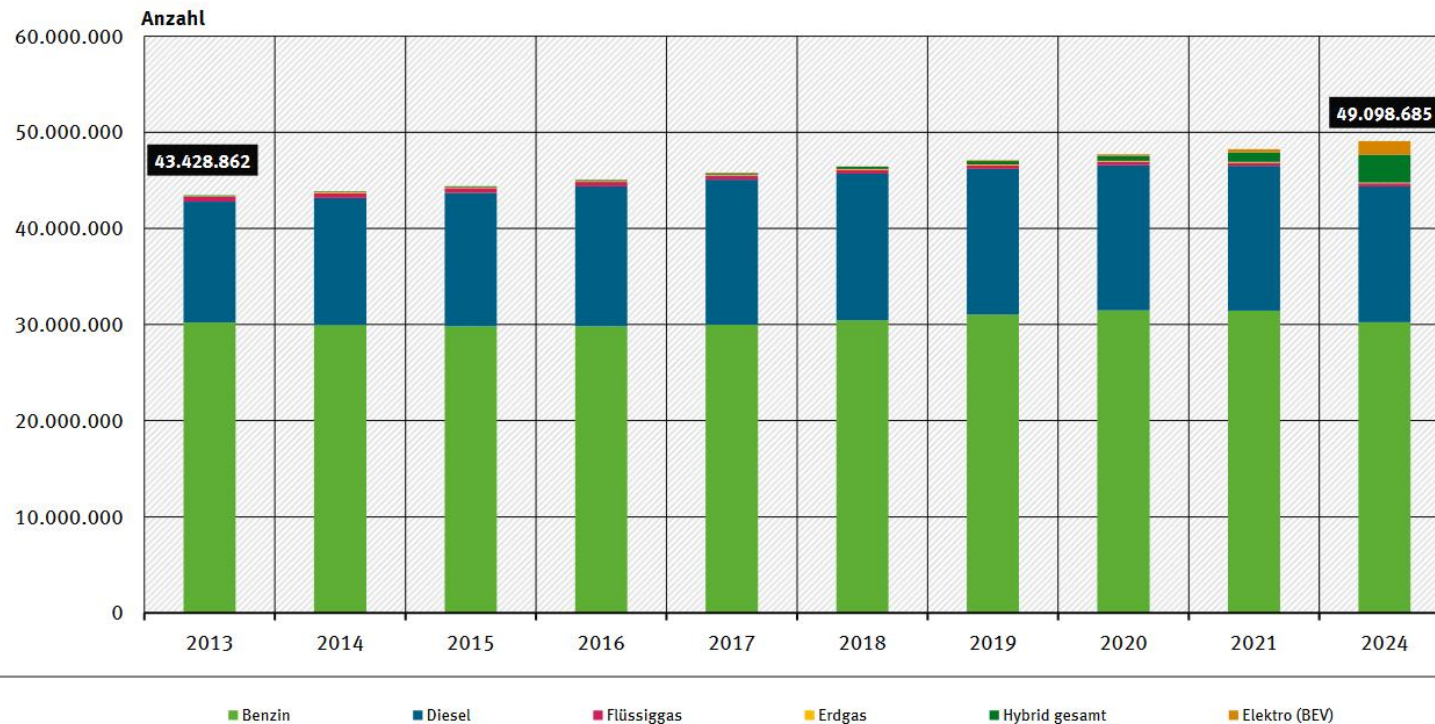
Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Deike

This Lecture Material is Protected by Copyright and Designed for Personal Use Only. Any Unauthorized Redistribution as well as Reproduction for Commercial Use of Part or All of this Document are Strongly Prohibited.

8.5. Cars

Number of cars in Germany

Entwicklung der Pkw im Bestand nach Kraftstoffart

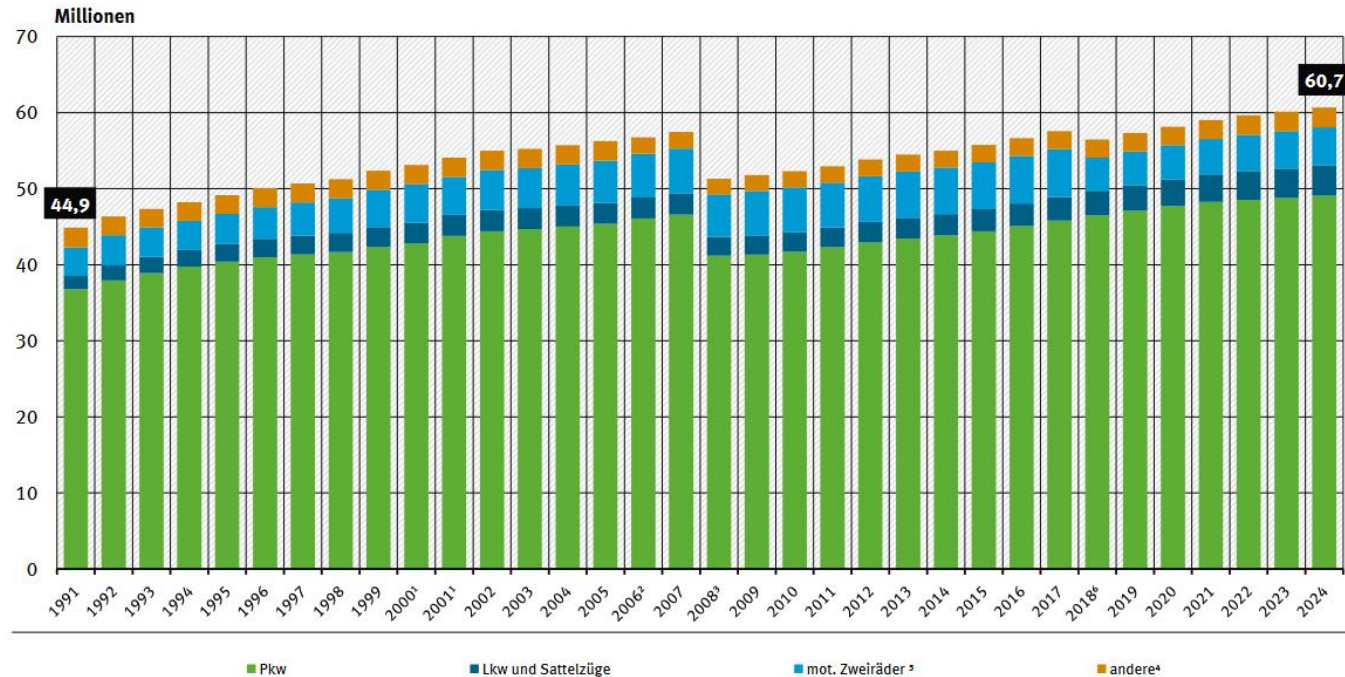


Quelle: Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hrsg.), Verkehr in Zahlen 2023/2024, S. 144 und ältere Jahrgänge; Kraftfahrt-Bundesamt, Jahresbilanz des Fahrzeugbestandes zum 1.1. des jeweiligen Jahres, Daten zu Segmenten im Bestandsbarometer https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz_Bestand/fz_b_jahresbilanz_node.html?yearFilter=2024 (18.03.2024)

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altfahrzeugverwertung-fahrzeugverbleib#altfahrzeuge-2020-niedrigste-anzahl-seit-beginn-der-aufzeichnungen-in-2004>

Development of number of cars in Germany

Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes



¹ Bis 2000 Stand zum 01.07., ab 2001 Stand jeweils zum 01.01. und von 12 auf 18 Monate geänderte Stilllegungsfrist.

² Ab 2006 werden Fahrzeuge mit Zweckbestimmung (zum Beispiel Wohnmobile und Krankenwagen) den Pkw zugeordnet.

³ Ab 2008 ohne vorübergehend abgemeldete Fahrzeuge. Aufgrund von Umstellungen in der Statistik sind die Angaben nicht direkt mit denen der Vorjahre vergleichbar.

⁴ Dazu gehören: Busse, Schlepper (zum Beispiel in der Landwirtschaft) und übrige Fahrzeuge; Ausnahmen siehe unter ².

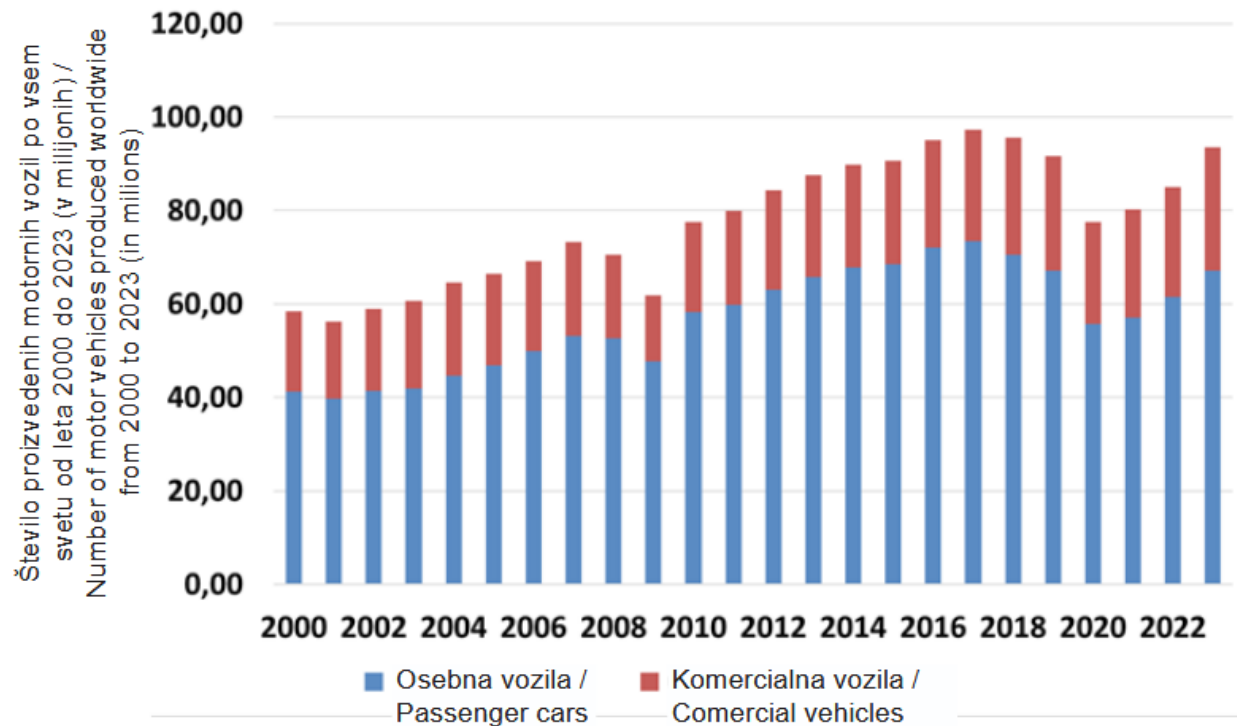
⁵ Ab 2018 ohne Mopeds, Mofas etc. und nicht mit den Vorjahren vergleichbar. Daten werden vom KBA nicht fortgeführt, da teilweise Doppelzählungen bei Versicherungswechsel.

⁶ Summe ab 2018 nicht mit den Vorjahren vergleichbar, siehe ⁵.

Quelle: Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hrsg.), Verkehr in Zahlen
2023/2024, S. 133 und ältere Jahrgänge;

Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt,
https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz_Bestand/2024/2024_b_ueberblick.pdf?__blob=publicationFile&v=3

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altfahrzeugverwertung-fahrzeugverbleib#altfahrzeuge-2020-niedrigste-anzahl-seit-beginn-der-aufzeichnungen-in-2004>



Slika 10. Svetovna proizvodnja motornih vozil v obdobju 2000–2023 [8]

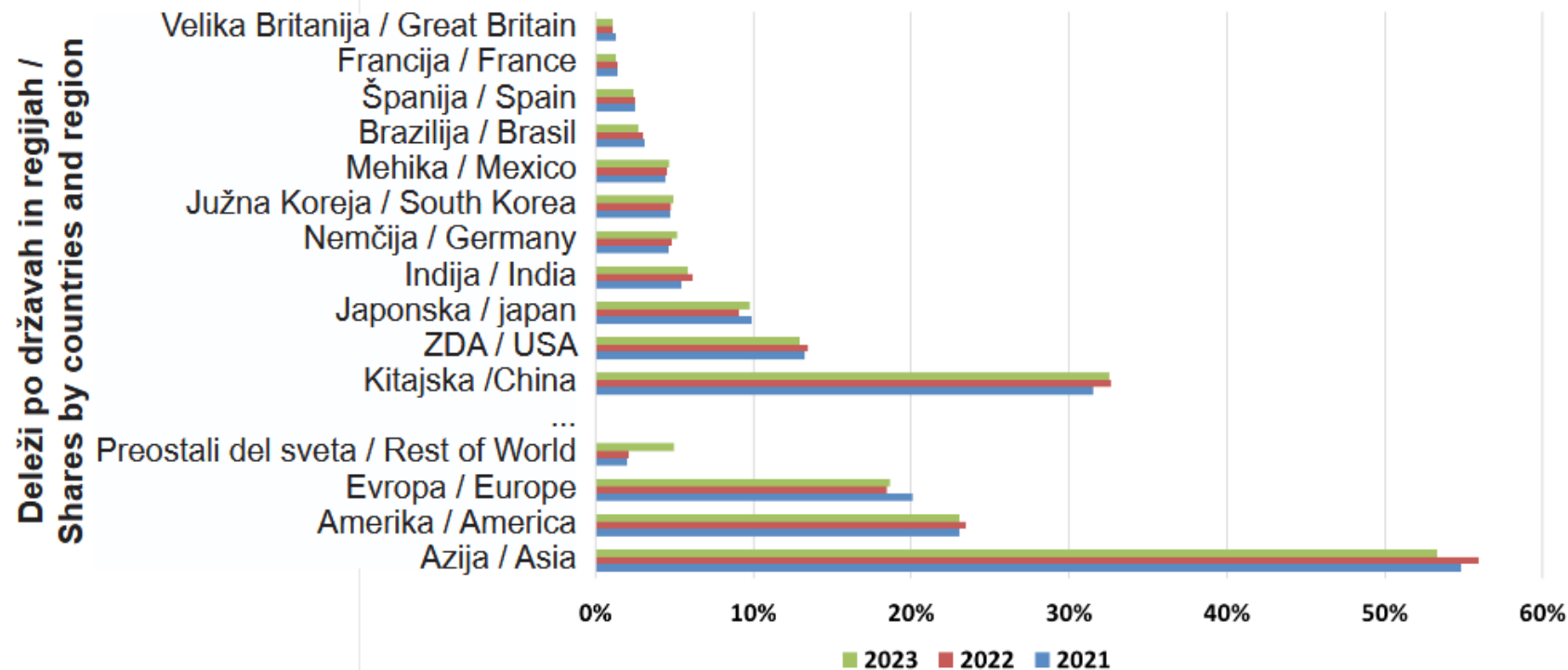
Figure 10. Global motor vehicle production from 2000 - 2023 acc. [8]

Deike, R., 2025. Kaj trenutno vemo o prihodnjem razvoju livarske industrije v Evropi?

What do we currently know about the about the future development of the foundry industry in Europe?

<https://doi.org/10.17185/dupublico/83629>

Shares of countries and regions in global passenger car production



Slika 11. Deleži držav in regij v svetovni proizvodnji osebnih avtomobilov leta 2023 [8].

Figure 11. Shares of countries and regions in global passenger car production 2023 acc.[8].

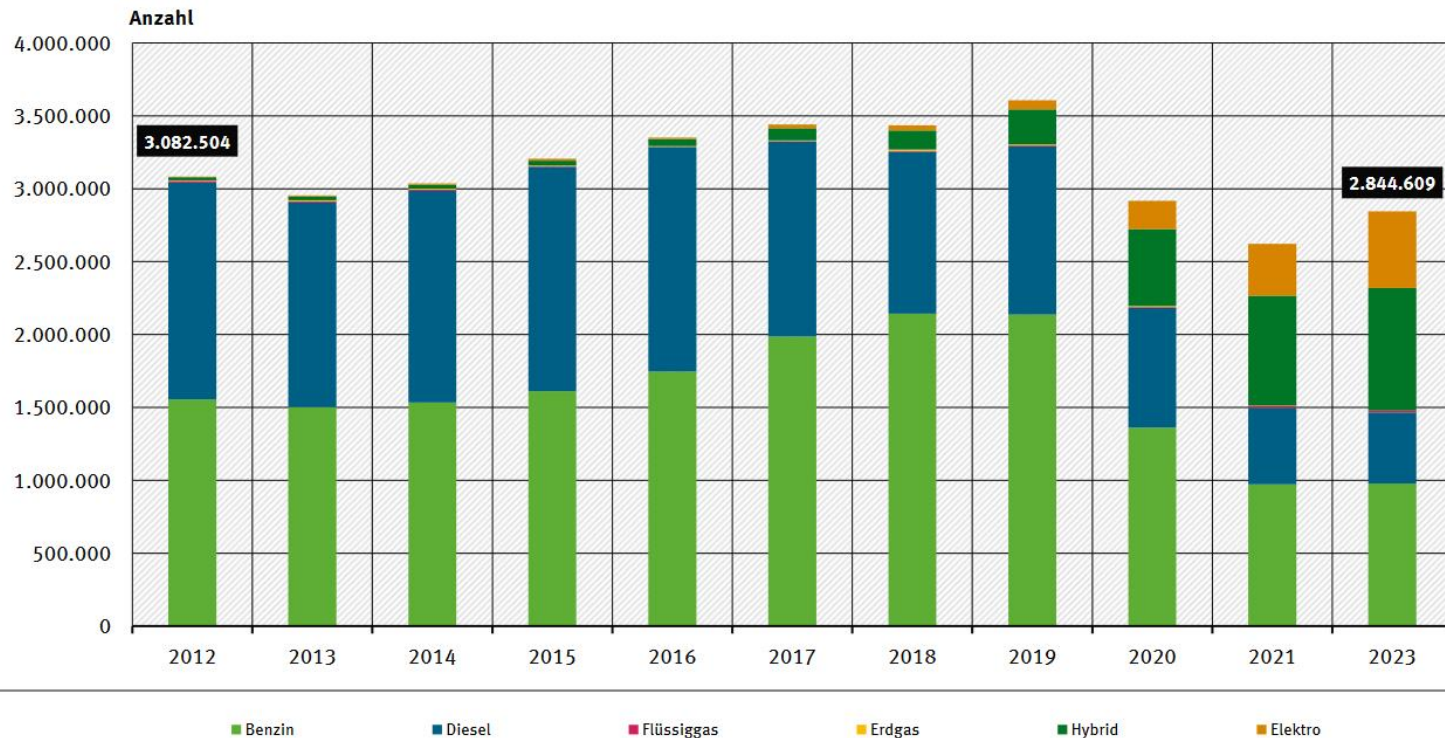
Deike, R., 2025. Kaj trenutno vemo o prihodnjem razvoju livarske industrije v Evropi?

What do we currently know about the about the future development of the foundry industry in Europe?

<https://doi.org/10.17185/dupublico/83629>

Development of number of new cars in Germany

Entwicklung der Pkw-Neuzulassungen nach Kraftstoffart



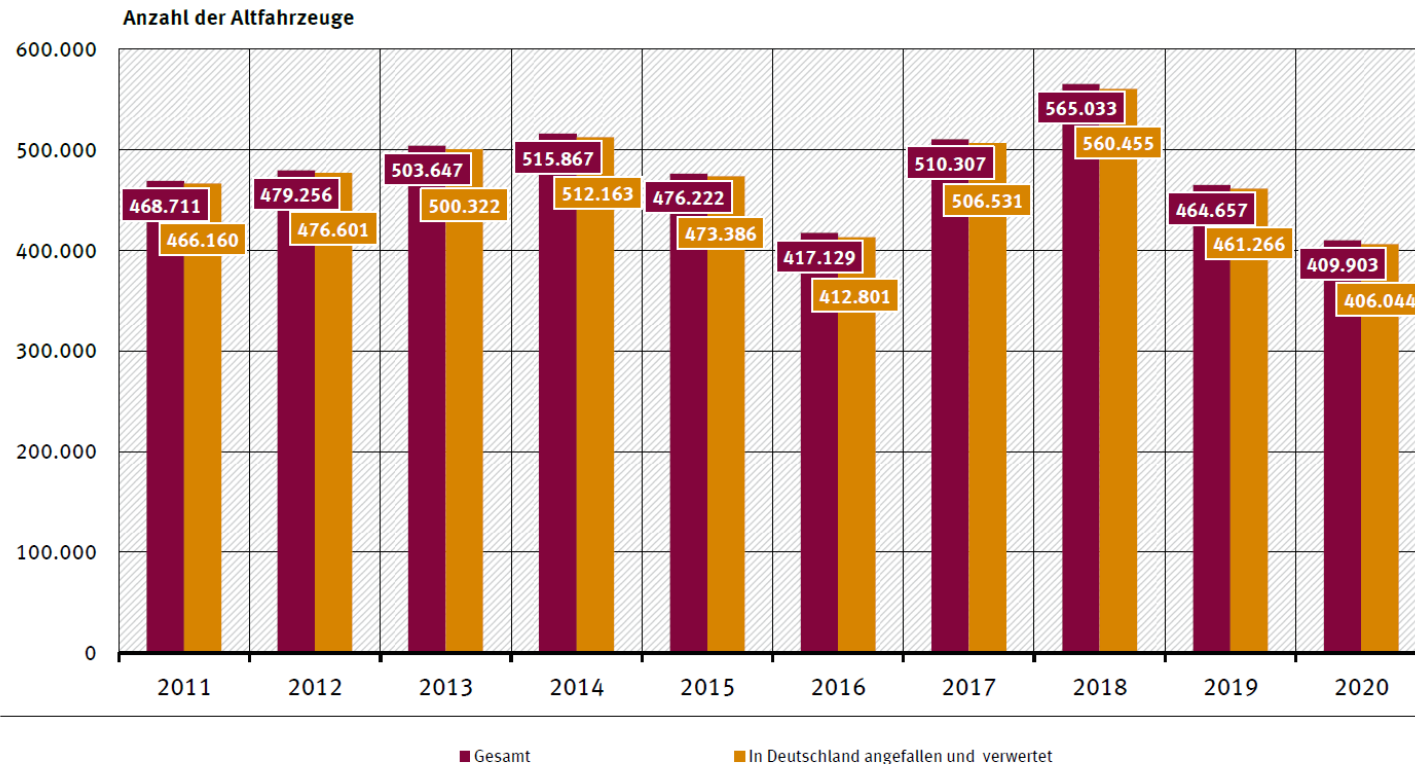
Quelle: Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hrsg.), Verkehr in Zahlen 2023/2024, S. 144 und ältere Jahrgänge; Kraftfahrt-Bundesamt, Jahresbilanz der Neuzulassungen

https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Jahresbilanz_Neuzulassungen/jahresbilanz_node.html?yearFilter=2023 (18.03.2024)

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altfahrzeugverwertung-fahrzeugverbleib#altfahrzeuge-2020-niedrigste-anzahl-seit-beginn-der-aufzeichnungen-in-2004>

Number of end-of-life vehicles for recycling Germany

Anzahl der Altfahrzeuge zur Verwertung in Deutschland



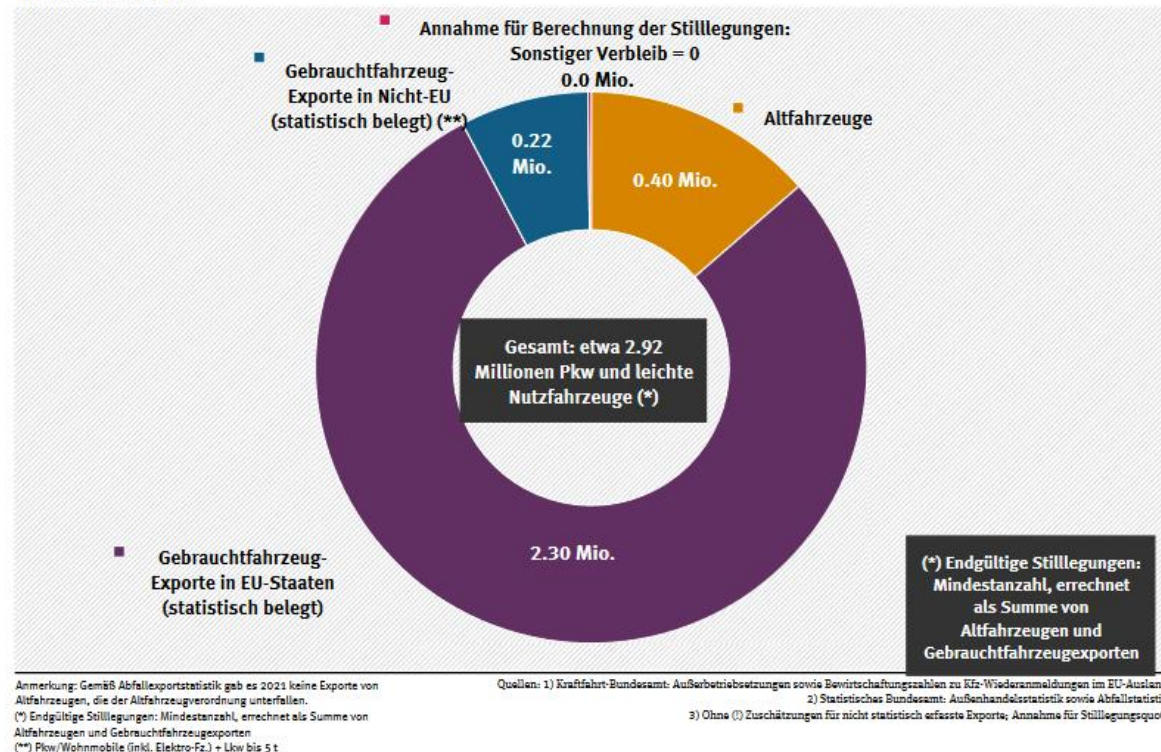
Quelle: Statistisches Bundesamt, Abfallentsorgung – Fachserie 19 Reihe 1, für 2011 bis 2017, Wiesbaden. Sowie ab 2018: Statistisches Bundesamt, GENESIS-ONLINE Datenbank Tabelle 32111-0004, Abfallentsorgung Deutschland, Jahre, Anlagenart, Abfallarten

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altfahrzeugverwertung-fahrzeugverbleib#altfahrzeuge-2020-niedrigste-anzahl-seit-beginn-der-aufzeichnungen-in-2004>

What happens with cars that are deregistered?

Verbleib der endgültig stillgelegten Fahrzeuge in Deutschland 2021

Mindeststilllegungen



<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altfahrzeugverwertung-fahrzeugverbleib#altfahrzeuge-2020-niedrigste-anzahl-seit-beginn-der-aufzeichnungen-in-2004>

Introduction

Every year, end-of-life vehicles (ELV) generate between 7 and 8 million tonnes of waste in the European Union which should be managed correctly. Directive 2000/53/EC (Directive 2000/53/EC - the "ELV Directive") on end-of life vehicles aims at making dismantling and recycling of ELVs more environmentally friendly. It sets clear quantified targets for reuse, recycling and recovery of the ELVs and their components. It also pushes producers to manufacture new vehicles without hazardous substances (in particular lead, mercury, cadmium and hexavalent chromium), thus promoting the reuse, recyclability and recovery of waste vehicles (see also Directive 2005/64/EC on the type-approval of motor-vehicles with regards to their reusability, recyclability and recoverability). The remaining specific exemptions to the prohibition of the use of hazardous substances in vehicles are listed in Annex II to the ELV Directive and are subject to regular reviews according to technical and scientific progress.

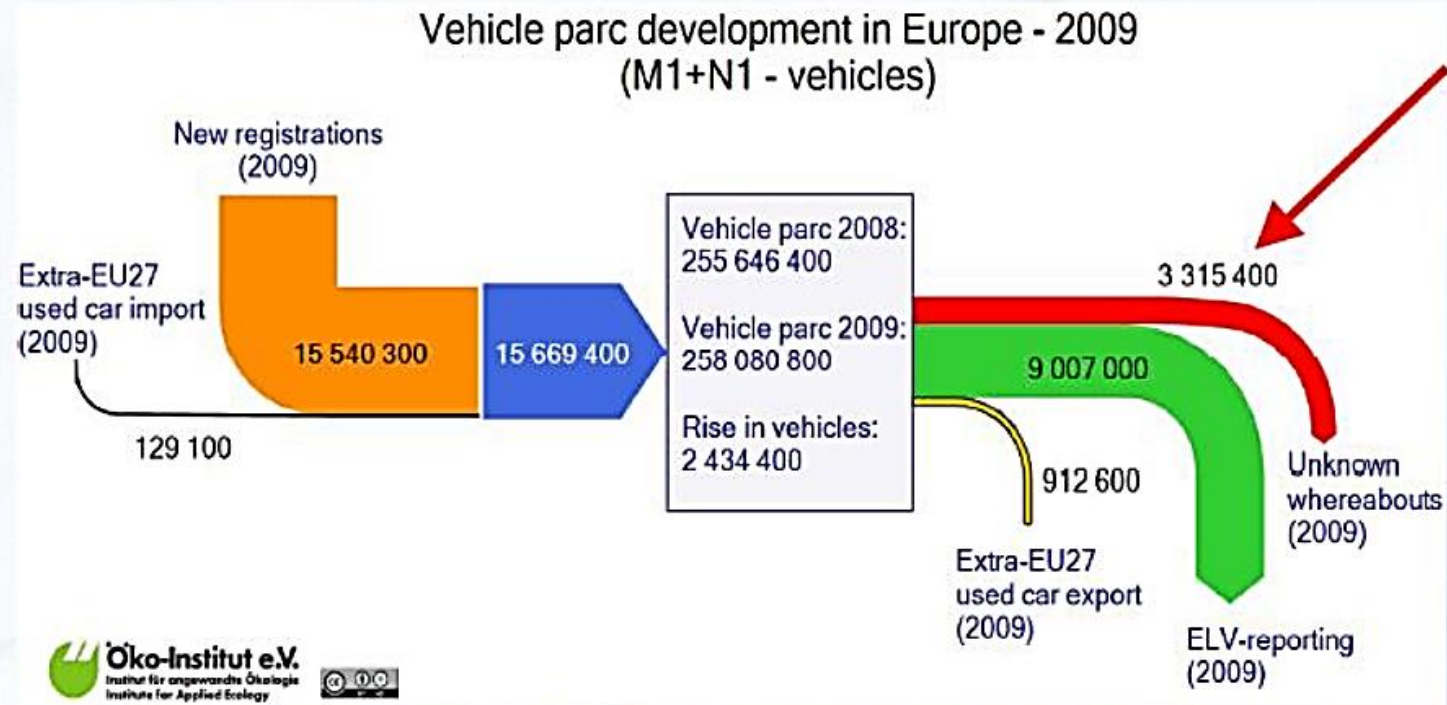
Alongside a number of other waste stream directives, the ELV Directive was subject to an ex-post evaluation ("fitness check") in 2014.



<http://ec.europa.eu/environment/waste/elv/index.htm>

1. Fahrzeugbilanz EU 2009 (M1+N1)

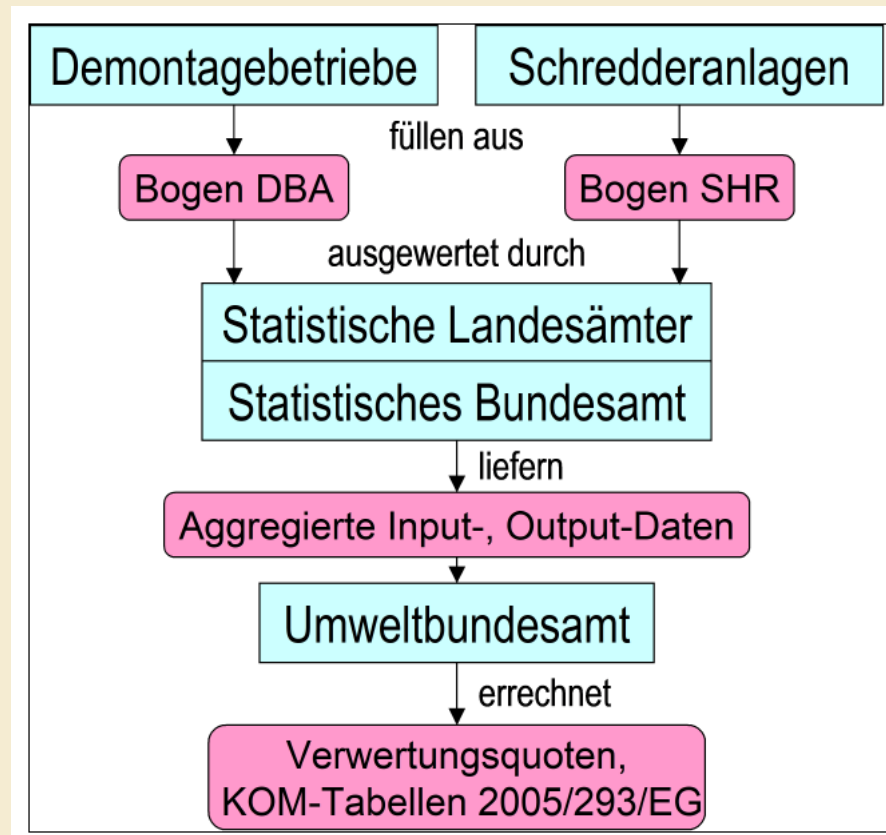
M1 passenger cars
N1 carriage of goods, not exceeding 3,5 t



Quelle: Blumenthal: „End-of-life Vehicles –Data 2009”: Präsentation von Eurostat, Altfahrzeug-TAC 6.3.2012

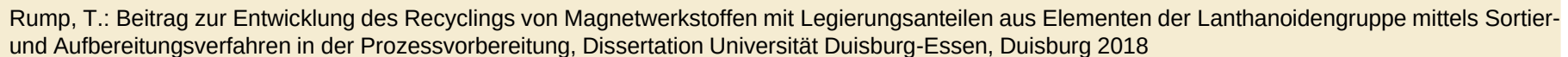
Kohlmeyer, R.: Aktuelles zur Verwertung von Altfahrzeugen, Umwelt-Bundesamt Dessau, 2012

Data flows for determining the German recovery rates according to the End-of-Life Vehicles Directive



<https://www.bmuv.de/download/jahresberichte-ueber-die-altfahrzeug-verwertungsquoten-in-deutschland>

Offen im Denken



Werkstoffe, die bei der Beseitigung von Schadstoffen aus Altfahrzeugen und der Demontage von Altfahrzeugen im Mitgliedstaat anfallen und dort behandelt werden (in Tonnen pro Jahr)

KOM-Tabelle 1 (Demontage) für Deutschland 2021. Metalle + Nichtmetalle					
Werkstoffe aus der Schadstoffbeseitigung und der Demontage	Wiederverwendung	Recycling	Energierückgewinnung	Verwertung insgesamt	Beseitigung
	(A)	(B1)	(C1)	(D1=B1+C1)	E1
	in t	in t	in t	in t	in t
Batterien	208	6.359	6	6.365	0
Flüssigkeiten (ohne Kraftstoffe)	188	3.500	76	3.576	116
ÖlfILTER	1	163	2	165	7
Andere bei der Schadstoffbeseitigung anfallende Werkstoffe (ausgenommen Kraftstoff)	0	46	0	46	4
Katalysatoren	29	1.162	1	1.163	0
Metallbauteile	8.273	38.962	0	38.962	83
Reifen	518	11.949	1.749	13.698	14
Große Kunststoffteile	30	1.331	214	1.545	14
Glas	39	1.313	0	1.313	7
Andere bei der Demontage anfallende Werkstoffe	3.148	2.261	0	2.261	3
Summe	12.434	67.045	2.049	69.094	248

Erläuterung: Welche Abfallschlüssel den einzelnen Demontage-Fractionen zugeordnet sind, ist aus Tabelle 2 des Altfahrzeug-Jahresberichts für 2020 [AltFz-JB 2020, Seite 14] ersichtlich.

Quelle: Aus Daten des Statistischen Bundesamtes [Destatis Tab. 15]

Werkstoffe, die beim Schreddern von Altfahrzeugen im Mitgliedstaat anfallen und dort behandelt werden (in Tonnen pro Jahr)

KOM-Tabelle 2 (Schredder) für Deutschland 2021. Metalle nur anteilig				
Beim Schreddern anfallende Werkstoffe	Recycling (B2)	Energierück- gewinnung (C2)	Verwertung insgesamt (D2 =B2+C2)	Beseitigung (E2)
	in t	in t	in t	in t
Eisenhaltiger Schrott (Stahl)	191.136	0	191.136	0
Nichteisenhaltige Werkstoffe (Aluminium, Kupfer, Zink, Blei usw.)	36.082	0	36.082	0
Schredderleichtfraktion (SLF) ^{a)}	35.243	25.365	60.608	6.924
Andere ^{b)}	0	0	0	0
Summe	262.461	25.365	287.826	6.924

Erläuterungen:

- ▶ Welche Abfallschlüssel den einzelnen Schredder-Outputfraktionen zugeordnet sind, ist aus Tabelle 3 des Altfahrzeug-Jahresberichts für 2020 [AltFz-JB 2020, Seite 16] ersichtlich.
- ▶ Ermittlung der anteiligen Metalle für KOM-Tabelle 2:
 1. Ermittlung verwertete Metalle (gesamt) =
74,214 % (Schätzung des Metallgehalts, siehe Tabelle 3) * 444.950 t (Fahrzeuggesamtgewicht W1)
= 330.213 t.
 2. Abziehen der Metalle, die bereits in KOM-Tabelle 1 (Demontage Metalle: Wiederverwendung und Verwertung) und KOM-Tabelle 3 (Export Metalle) erfasst wurden.
 3. Unterteilung in Eisen / Nichteisen entsprechend dem Verhältnis 62,4 % : 11,8 % (siehe Tabelle 3).

Fußnoten:

- a) Schredderleichtfraktion und weitere nichtmetallische Schredderrückstände sowie in den Schredderanlagen separierte Kunststofffraktionen.
- b) Die in den Schredderanlagen separierten Kunststofffraktionen sind in der Zeile „Schredderleichtfraktion“ mit erfasst.

Quelle:

Aus Daten des Statistisches Bundesamtes [Destatis Tab. 15]

<https://www.bmuv.de/download/jahresberichte-ueber-die-altfahrzeug-verwertungsquoten-in-deutschland>

Werkstoffe aus der Schadstoffbeseitigung und der Demontage	Zugeordnete Abfallschlüsselnummern ⁶
Batterien	160601*, 160605, 200133*, 160121* (Traktionsbatterien)
Flüssigkeiten (ausgenommen Kraftstoff)	130110*, 130205*, 130206*, 130208*, 140601*, 160113*, 160114*, 160115
Ölfilter	160107*
Andere bei der Schadstoffbeseitigung anfallende Werkstoffe (ausgenommen Kraftstoff)	160110*
Katalysatoren	160801, 160807*
Metallbauteile	160116, 160117, 160118, 160122 (metallische Teilfraktion), 160216 (Kabel), 170401 bis 170407, 170411, 191202, 191203
Reifen	160103
Große Kunststoffteile	160119
Glas	160120
Andere bei der Demontage anfallende Werkstoffe	160112, 160122 (nichtmetallische und nicht differenzierte Teilfraktionen); 160122 (Teilfraktion Fahrzeugelektronik), 160213* und 160214

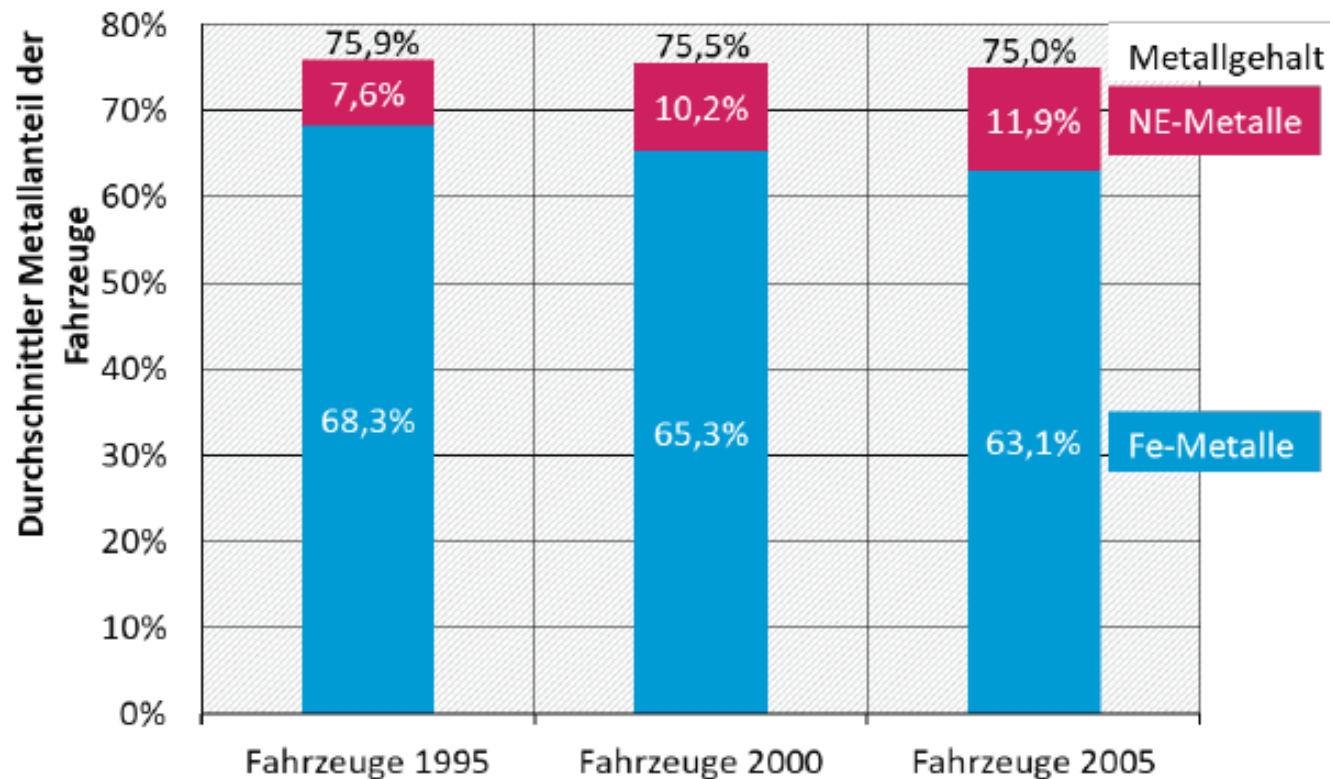
<https://www.bmu.de/download/jahresberichte-ueber-die-altfahrzeug-verwertungsquoten-in-deutschland>

3. Verwertungsquoten 2008 und 2009 in Deutschland

2008	2009	
73,6 %		+ Verwertete Metalle „Schätzung des Metallgehalts“ Durchschnittlicher Metallgehalt 75,9% * Metallverwertung 97 %
6,8 %	3,5 %	+ Nichtmetalle Demontage * Nicht in Quote: Fehlteile, Treibstoff * Aufteilung Altöl 55% R/ 45%V; Bleibatt. 40% N-Metall
11,3 %	8,9 %	+ Verwertung SLF * Summe Abfallschlüssel 19 10 03* und 19 10 04 * Altabbezogene SLF: in Höhe von 25 % des Restkarossgewichts
1,2 %	0,7 %	+ Verwertung im Ausland
929 kg	898 kg	geteilt durch Summe Fahrzeugleergewicht * Summe aus Statistikbögen, Formel (Tank, Fahrer)
92,9 %	86,7 %	= Quote

Kohlmeyer, R.: Aktuelles zur Verwertung von Altfahrzeugen, Umwelt-Bundesamt Dessau, 2012

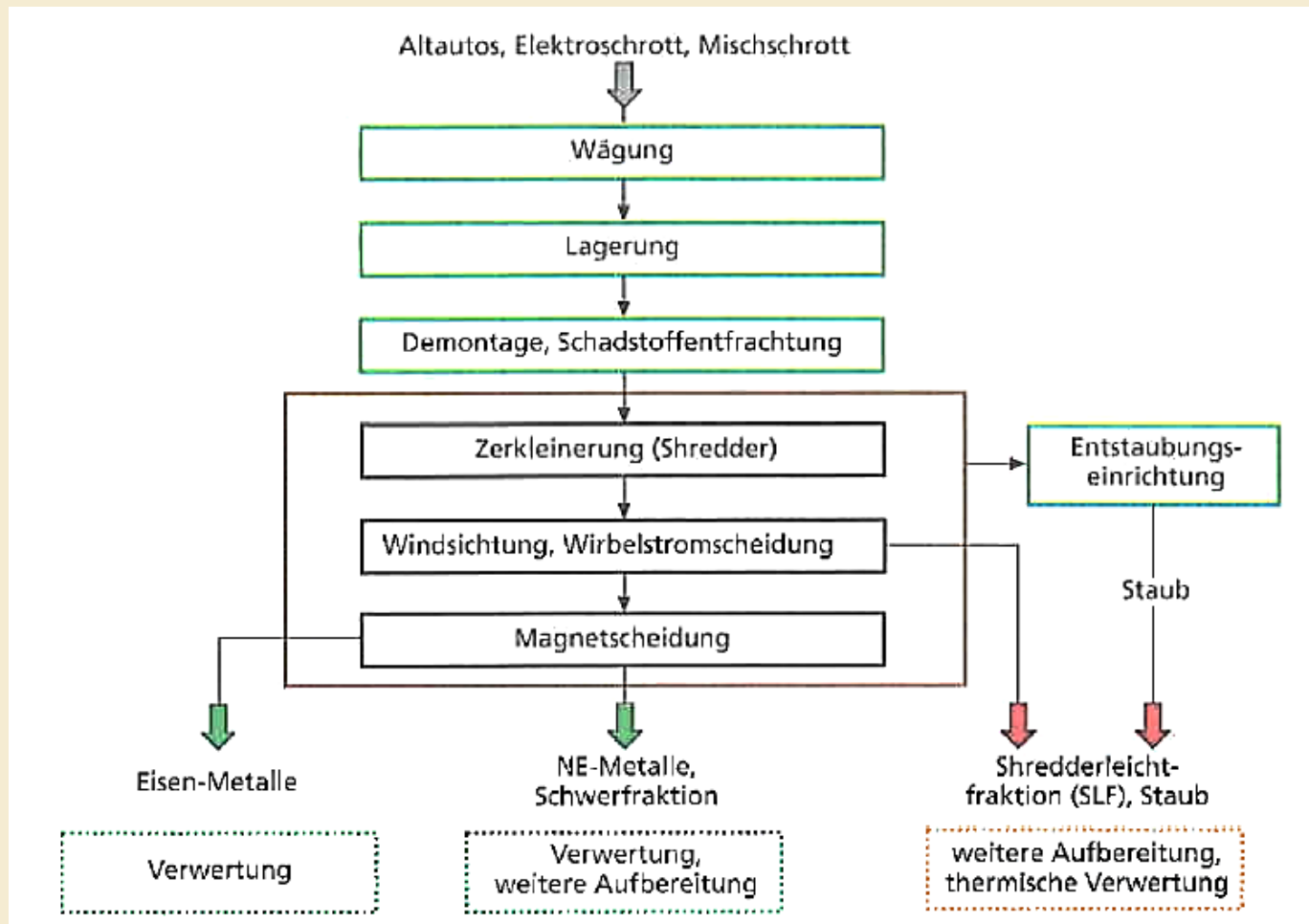
Development of metal content of new vehicles (M1 and N1) in Germany from 1995 to 2005



Quellen: Altfahrzeug-Jahresberichte 2009 und 2013 sowie Tabelle 6 und Tabelle 7 dieses Jahresberichts.

<https://www.bmuv.de/download/jahresberichte-ueber-die-altfahrzeug-verwertungsquoten-in-deutschland>

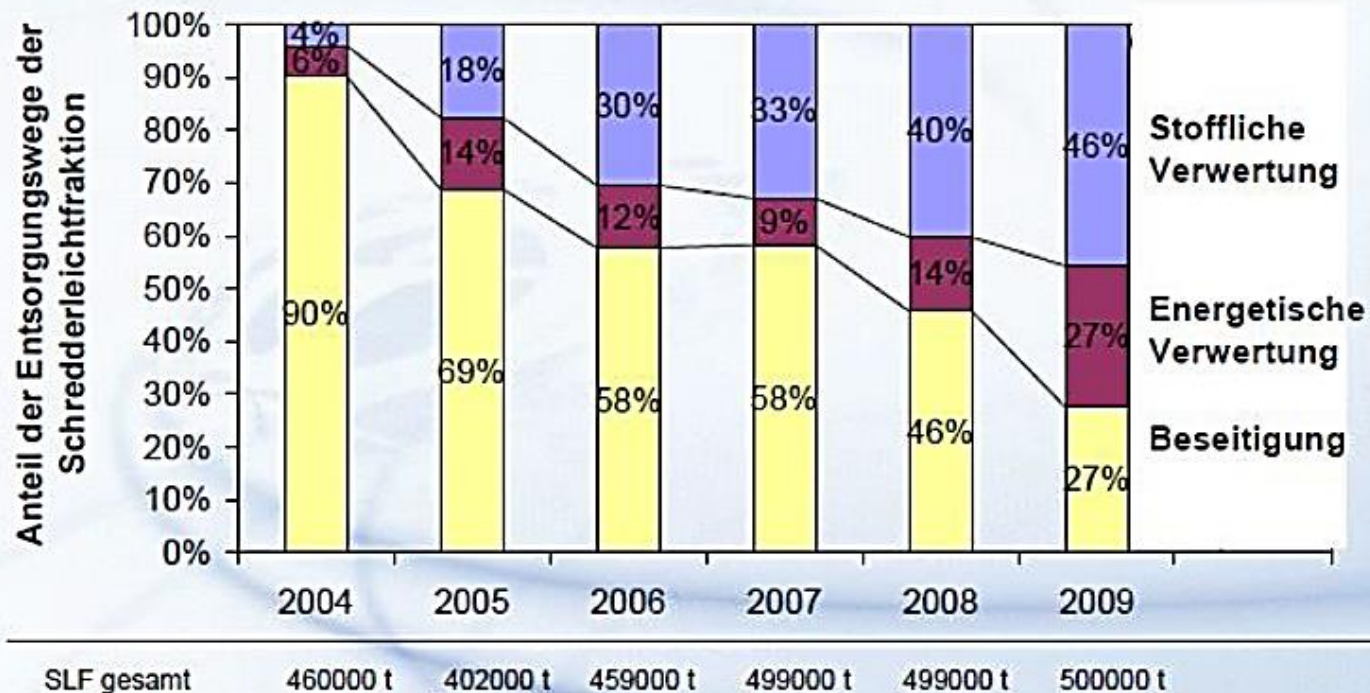
Shredder Process Flow Sheet



Thomé-Kozmiensky, K.J.: Chancen und Grenzen des Recyclings in Recycling und Rohstoffe (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky, D. Goldmann), TK-Verlag, Neuruppin 2012

3. Entsorgung der Schredderleichtfraktion

SLF: ca. 20 % aus Altautos. SLF-Recycling: hps. Bergversatz, Deponiebau.

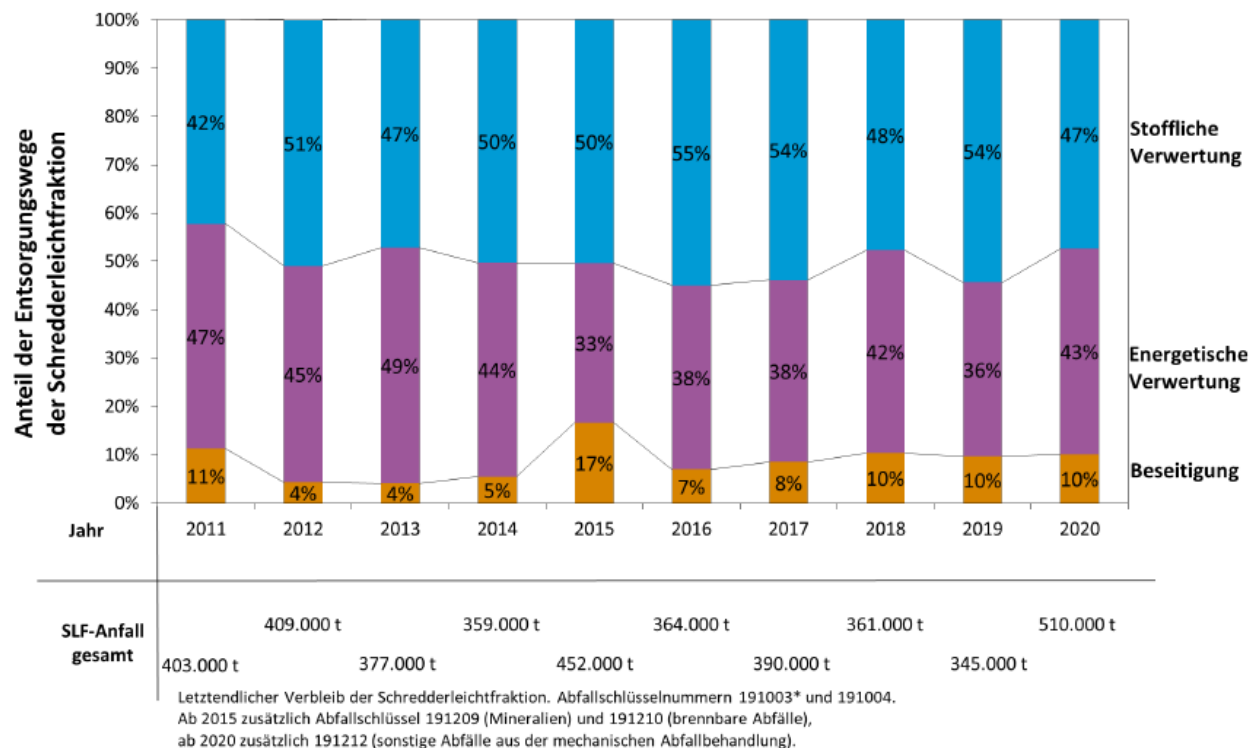


Kohlmeyer, R.: Aktuelles zur Verwertung von Altfahrzeugen, Umwelt-Bundesamt Dessau, 2012

Costs to use the shredder light fraction

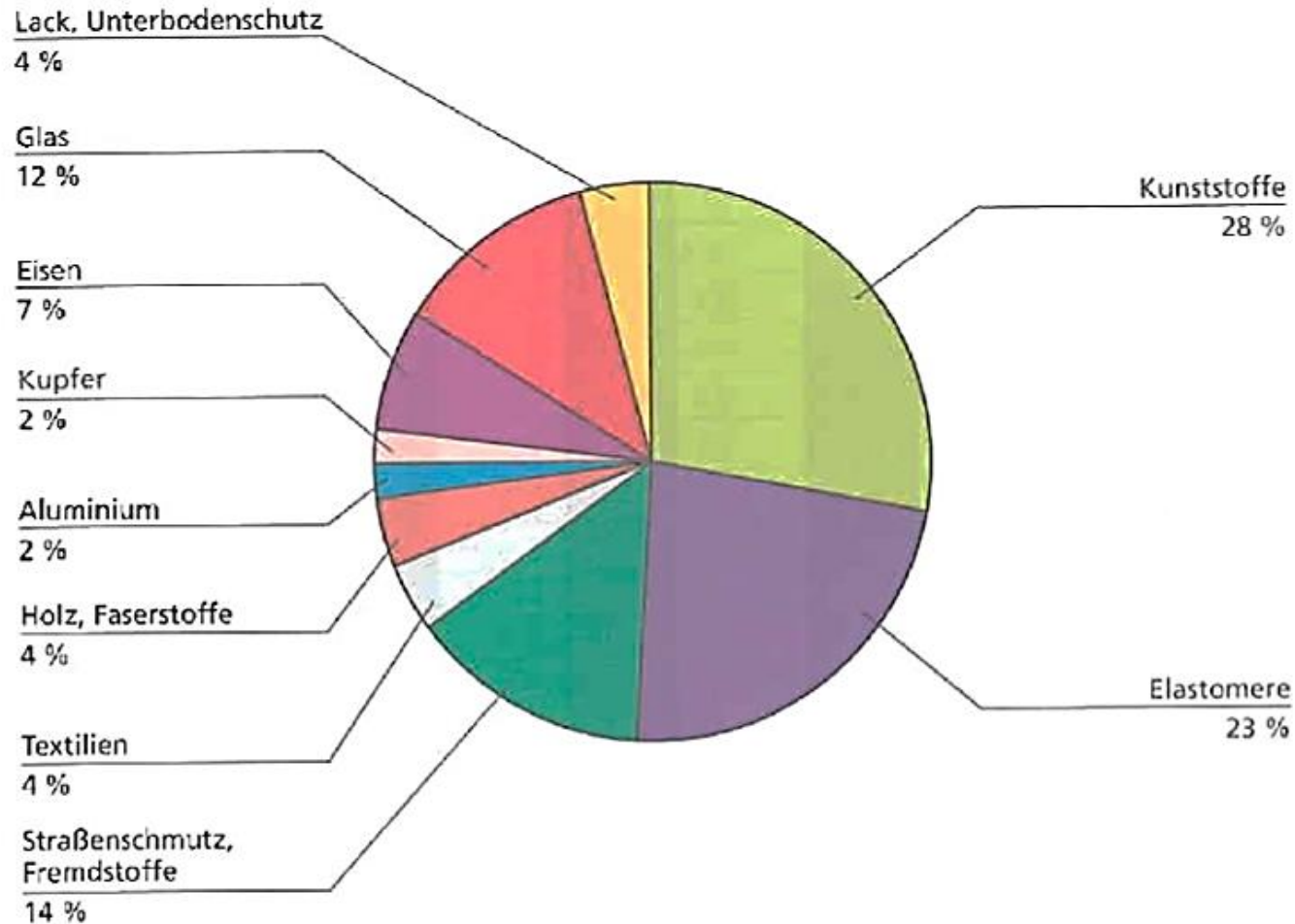
Entsorgung der Schredderleichtfraktion (SLF)

aus den Schredderanlagen mit Restkarossernverwertung



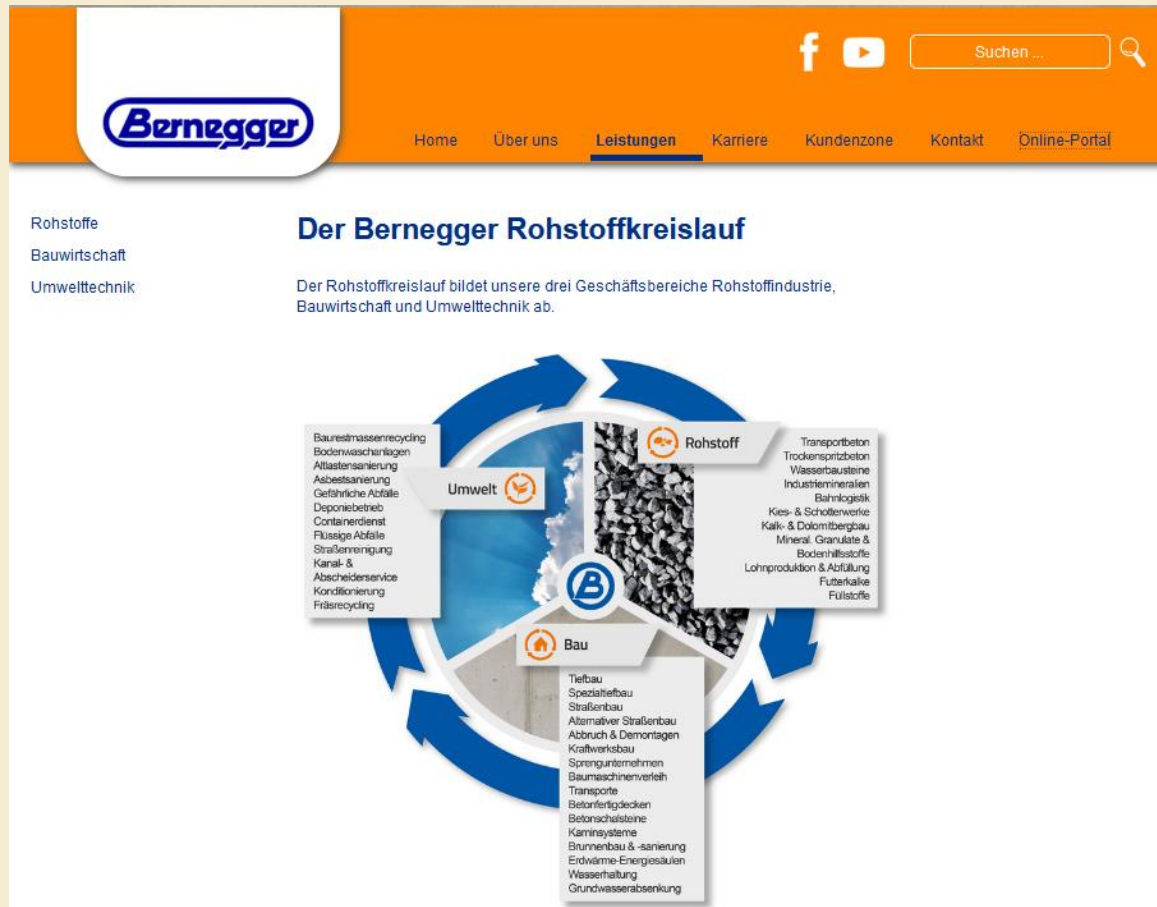
Quelle: Statistisches Bundesamt: Tabelle 15 der Erhebung über die Abfallentsorgung in den Jahren 2011 bis 2020.

Average Composition of Shredder Light Fraction



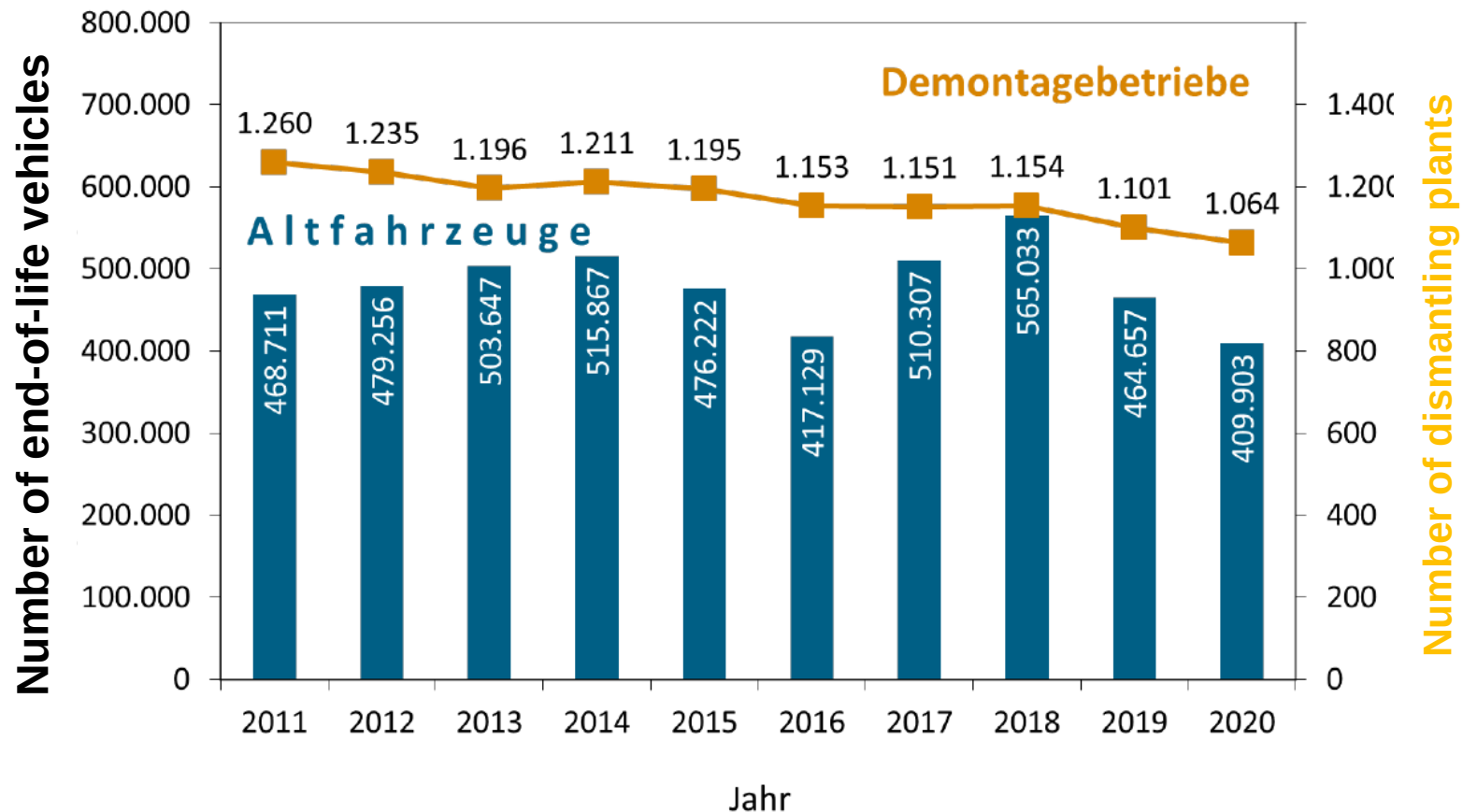
Thomé-Kozmiensky, K.J.: Chancen und Grenzen des Recyclings in Recycling und Rohstoffe (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky, D. Goldmann), TK-Verlag, Neuruppin 2012

Recycling of Shredder Light Fraction



<https://www.bernegger.at/index.php/leistungen.html>

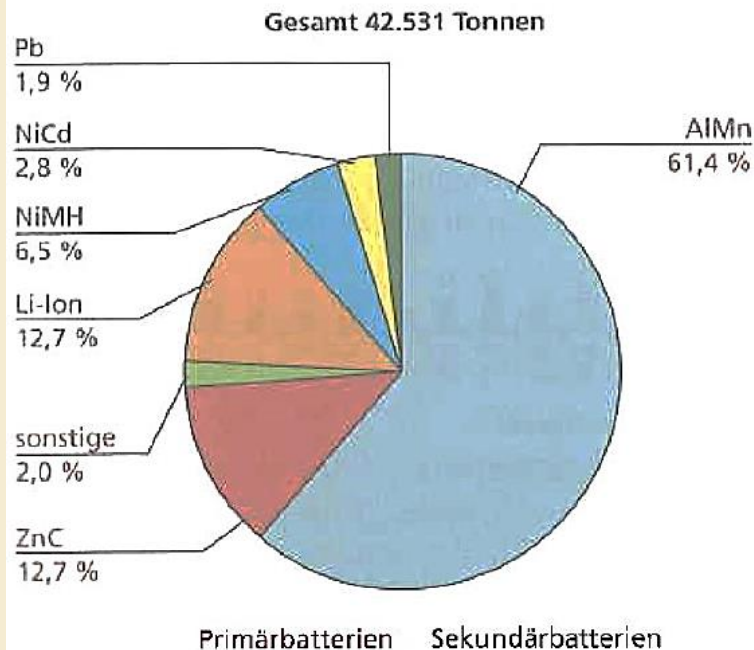
Development of end-of-life vehicle volumes in Germany



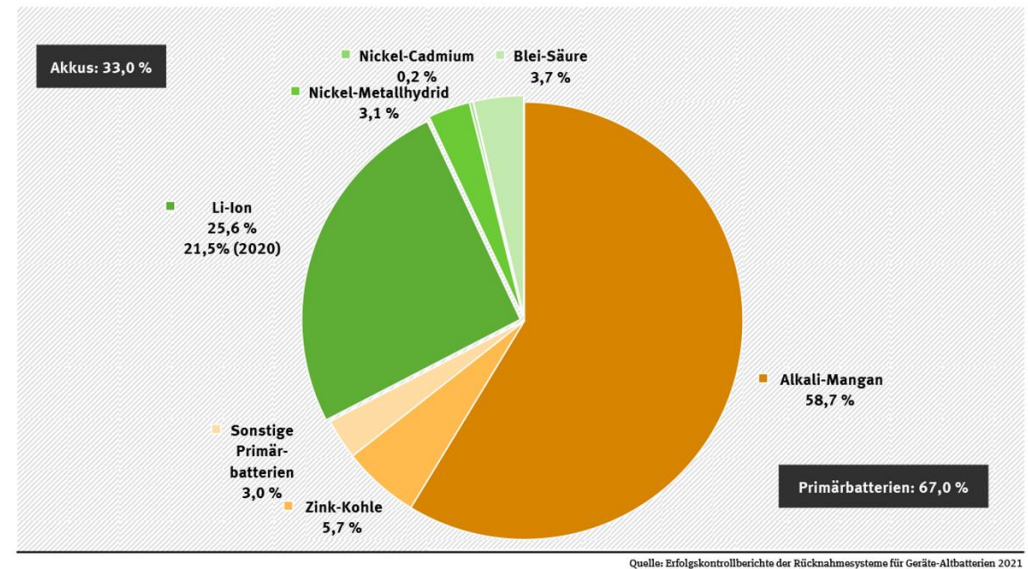
Quelle: Statistisches Bundesamt: Tabelle 14 der Erhebung über die Abfallentsorgung in den Jahren 2011 bis 2020.

8.6. Batteries

Battery Usage in Germany in 2010

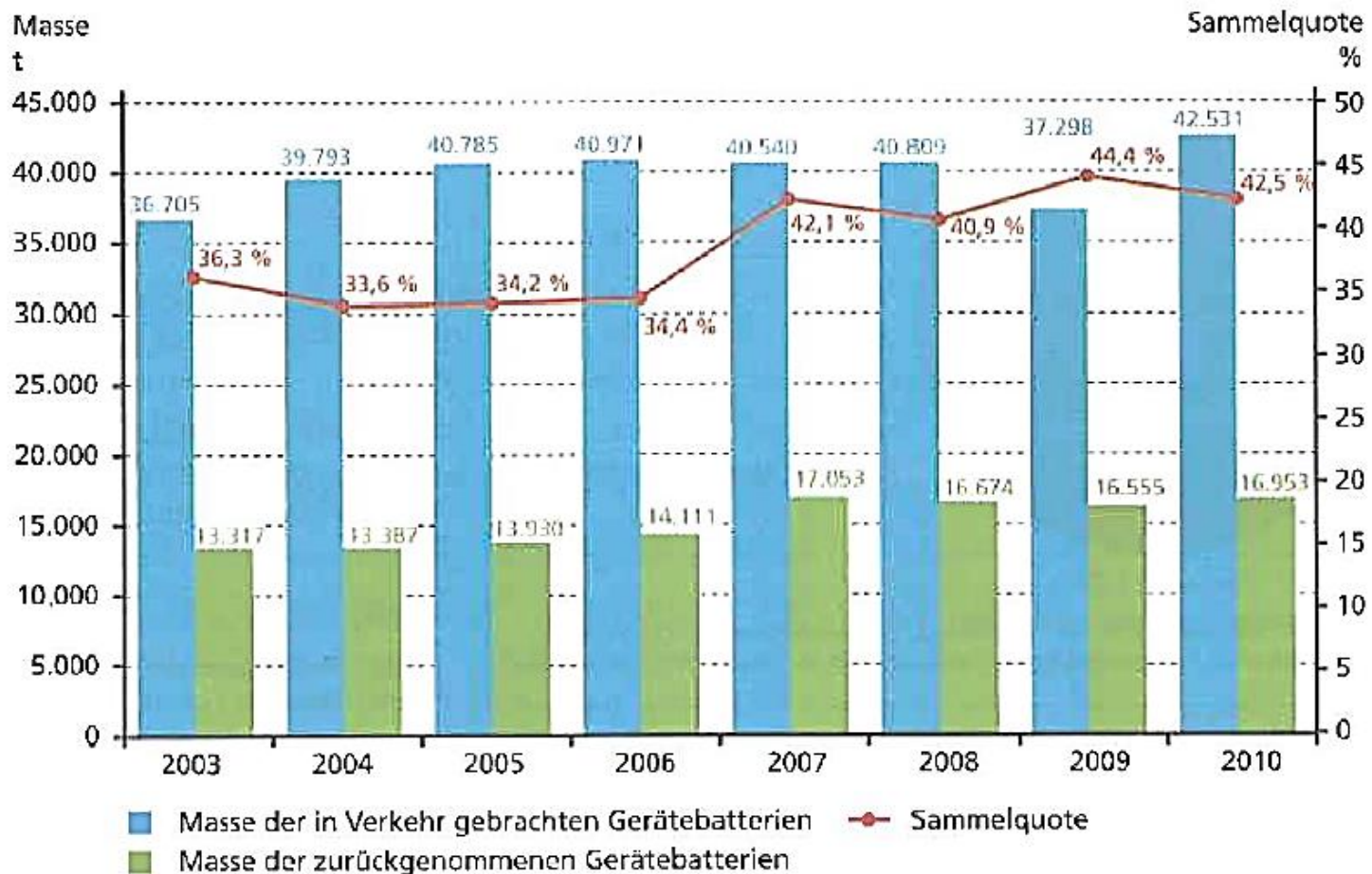


Gerätebatterien: Anteil der in Verkehr gebrachten Akkus betrug im Jahr 2021 33 Prozent
Das Verhältnis Akkus zu Primärbatterien ist im Jahr 2021 gestiegen



Thomé-Kozmiensky, K.J.: Chancen und Grenzen des Recyclings in Recycling und Rohstoffe (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky, D. Goldmann), TK-Verlag, Neuruppin 2012

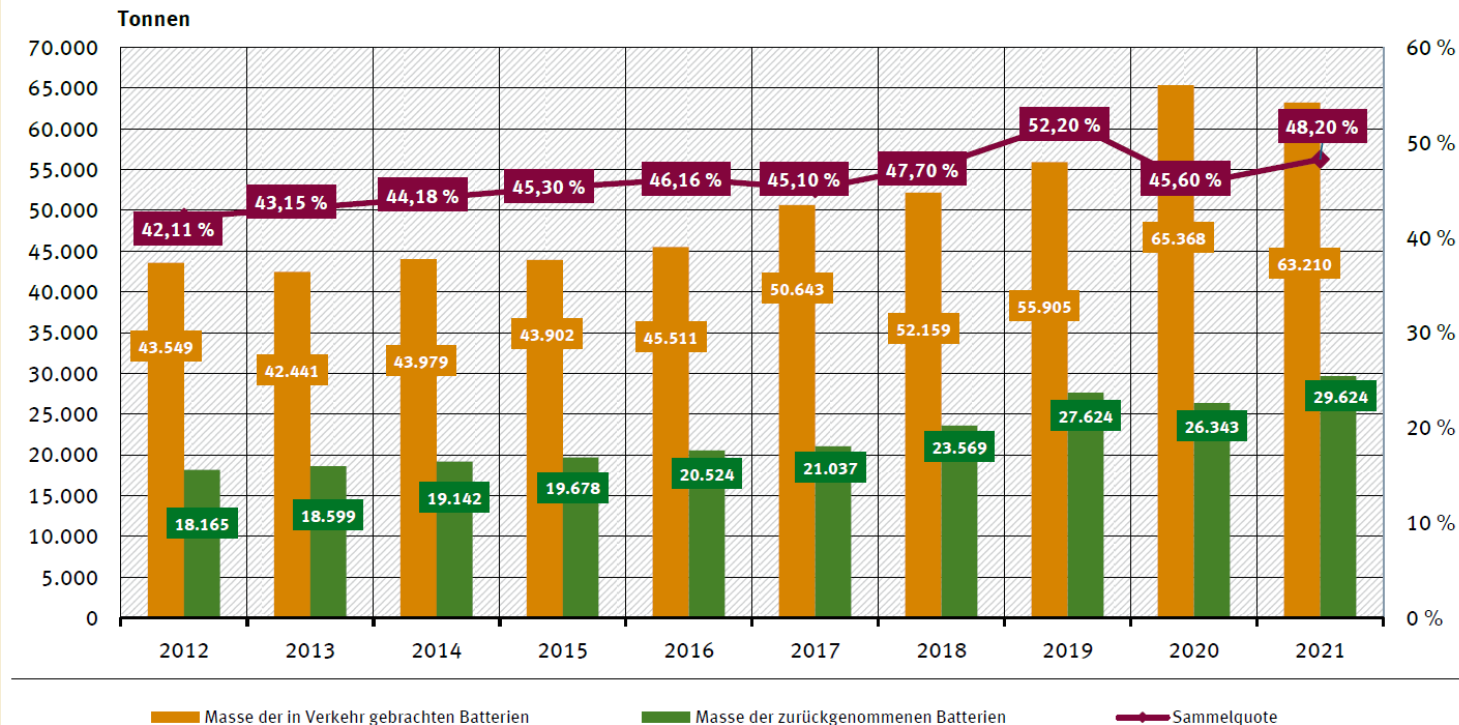
Collecting Rate of Primary Batteries



Thomé-Kozmiensky, K.J.: Chancen und Grenzen des Recyclings in Recycling und Rohstoffe (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky, D. Goldmann), TK-Verlag, Neuruppin 2012

Battery Recovery in Germany from 2012 to 2021

Gerätebatterien: Sammelquote stieg im Berichtsjahr 2021



Quelle: Erfolgskontrollberichte der Rücknahmesysteme für Gerätebatterien. Verschiedene Jahrgänge

9. Current Emission Limits and Ambient Air Quality Standards

Steel Production in Duisburg in the Past



Seydlitz 4 M: Deutschland Formende Kräfte der Erde, Ausgabe für Realschulen, Hermann Schroedel Verlag 1965

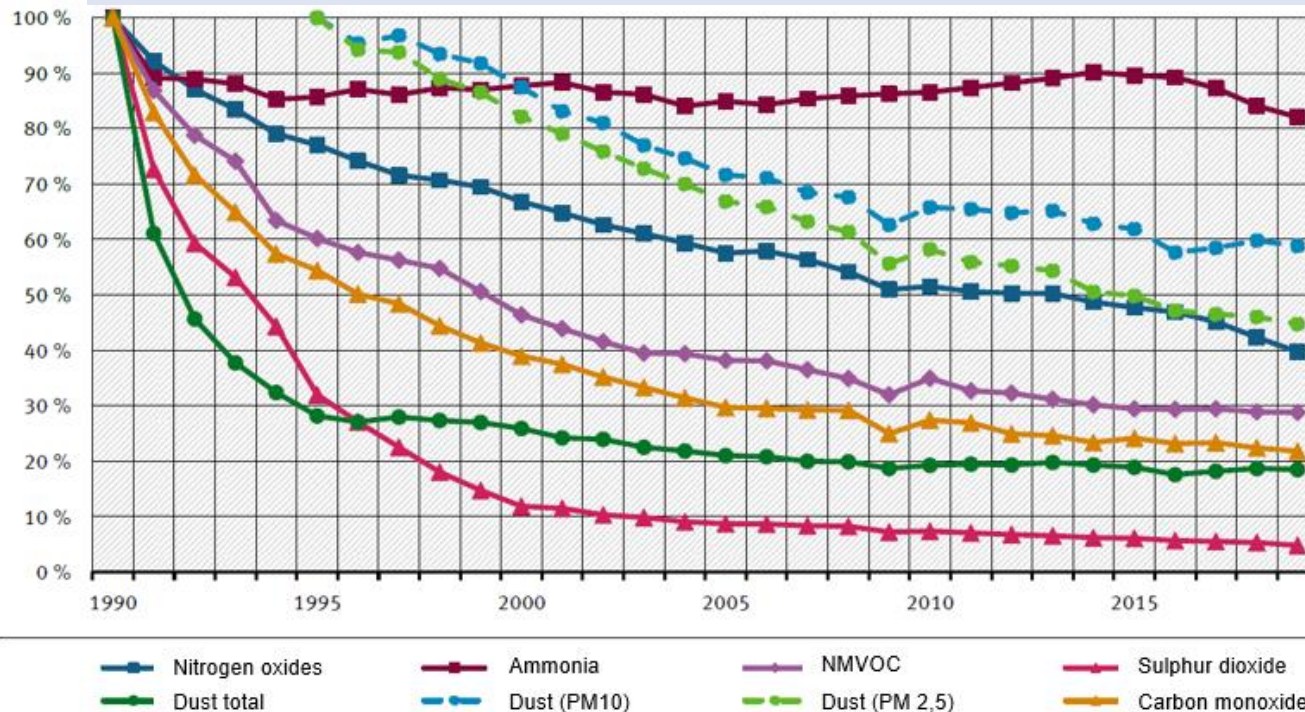
Steel Production in Duisburg in the Past



Köhler, E.: Der Weg vom Thomas zum LD-Verfahren- Bericht eines Zeitzeugen, Duisburg 2004

Long Term Trends of emissions in Germany

Emission reduction in % since 1990/1995



Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2019 (Stand 01/2021)

NMVOC: Non Methane Volatile Organic Compounds

First Smog Alarm in Germany
Ruhr Area Ran Out of Air
Dominik Reinle

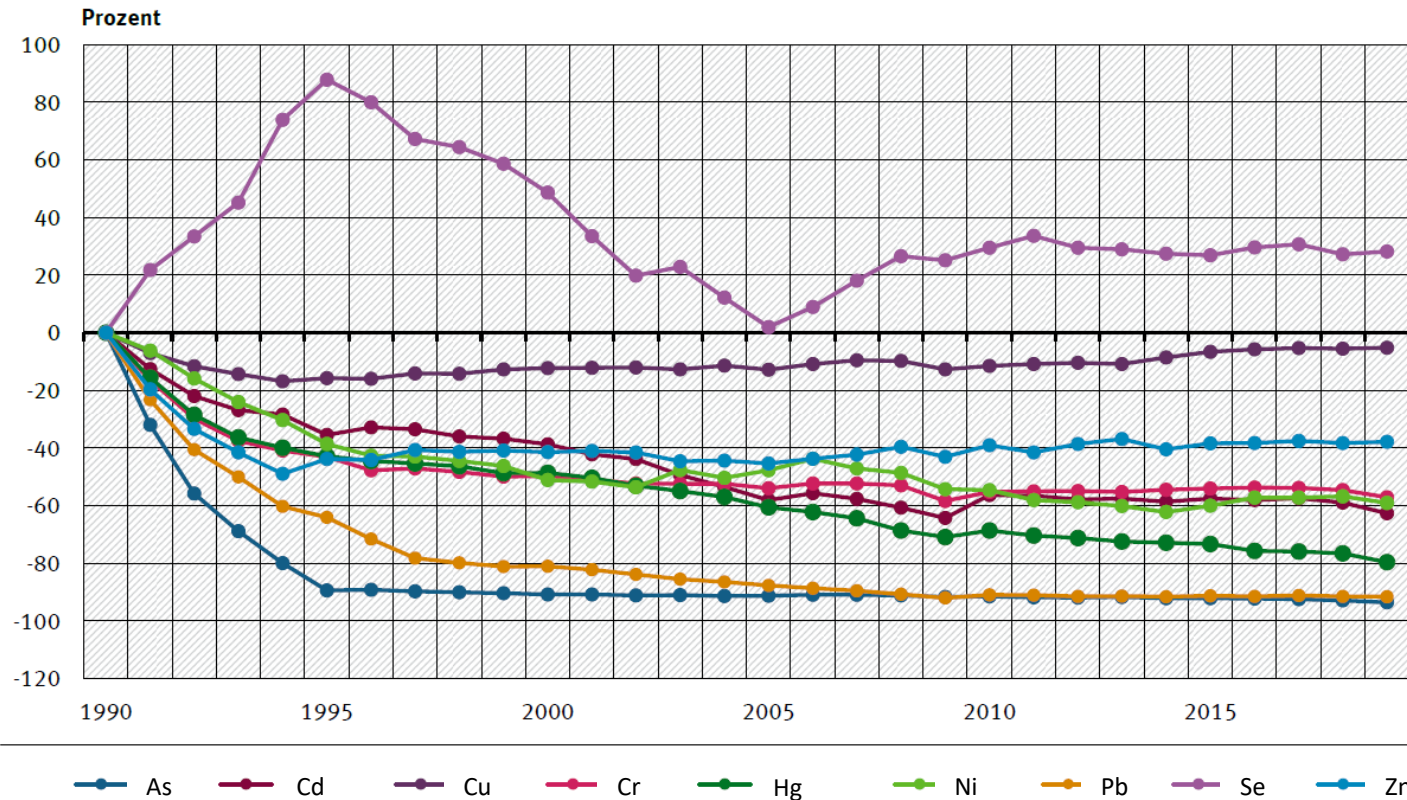
The smog alarm was triggered 30 years ago for the first time in Germany: the sulfur dioxide concentration in Ruhr area on January 17, 1979 exceeded the limit.



http://www1.wdr.de/themen/panorama/smog_ruhrgebiet102.html

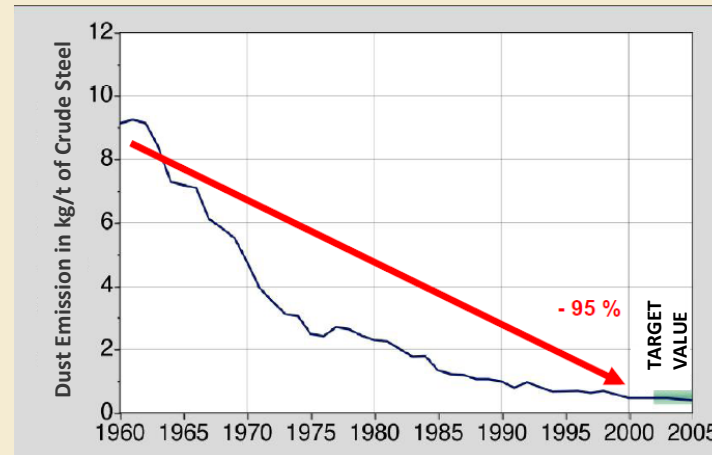
National Trend for the German Atmospheric Emission (Heavy Metals)

Development of heavy metal emissions in %

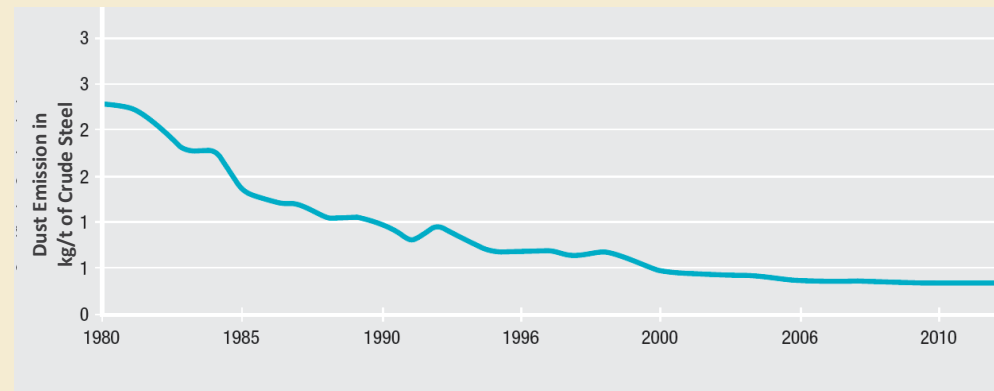


Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2019 (Stand 01/2021)

Steel Production in Duisburg Ruhrort Today



Ameling, D.: Stahl bewegt die Welt, 21.11.2007,



Kerkhoff, H.J.; Dahlmann, P.: Beitrag der Stahlindustrie zur Nachhaltigkeit, Ressourcen- und Energieeffizienz, www.stahl-online.de

Deike, R.: Die Bedeutung energieintensiver metallurgischer Betriebe unter dem Aspekt des Recyclings von Eisen, Stahl und NE-Metallen, Berliner Recycling und Rohstoffkonferenz, Berlin 08.03.2016

Airborne Particles

Solid particles suspended in the air

Small particles ($< 1 \mu\text{m}$)

- falls slowly, in a turbulent atmosphere they may never settle out
- can be washed out by water or rain
- includes viruses, small bacteria, metallurgical fumes, oil smoke, tobacco smoke

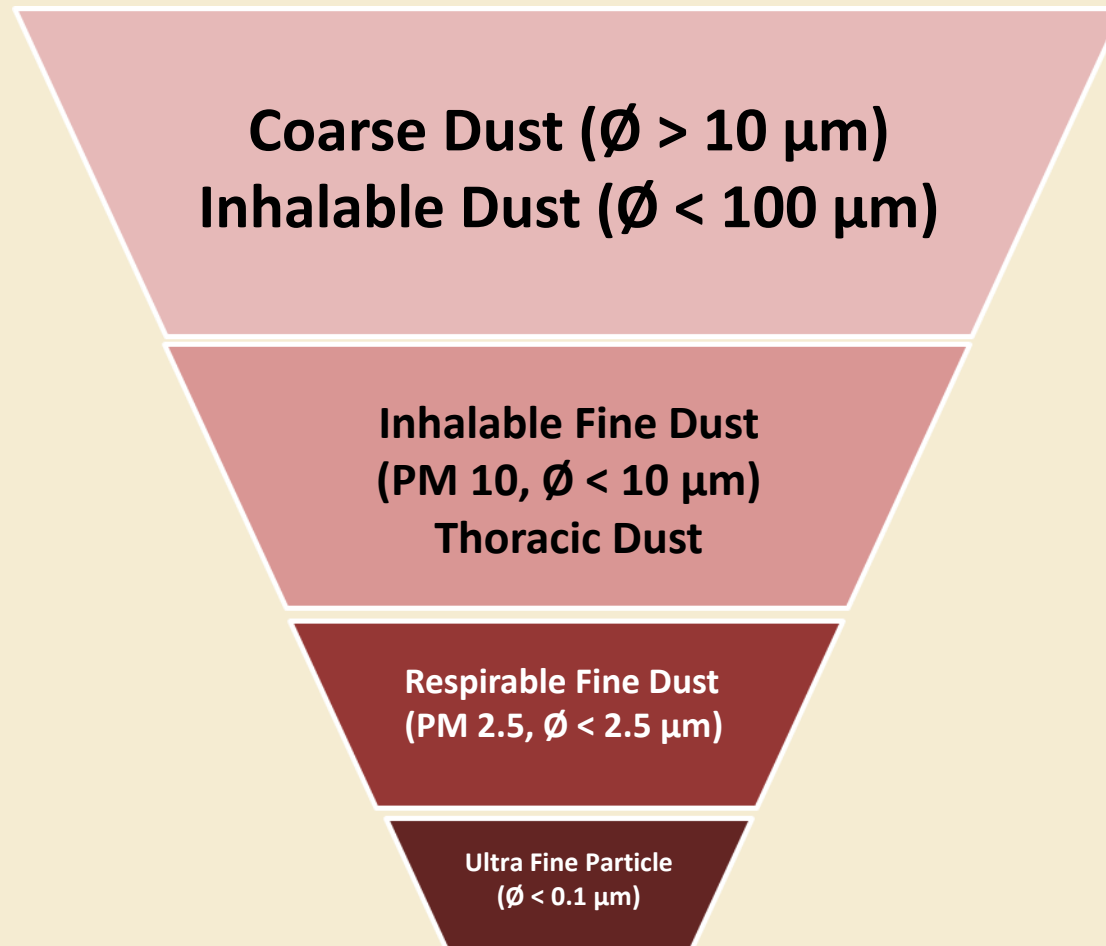
Medium size particles ($1 - 100 \mu\text{m}$)

- sedimentation velocities $< 0.2 \text{ m/s}$
- settles out slowly
- fine ice crystals, pollen, hair, large bacteria, fly ash, coal dust, fine sand, small dust

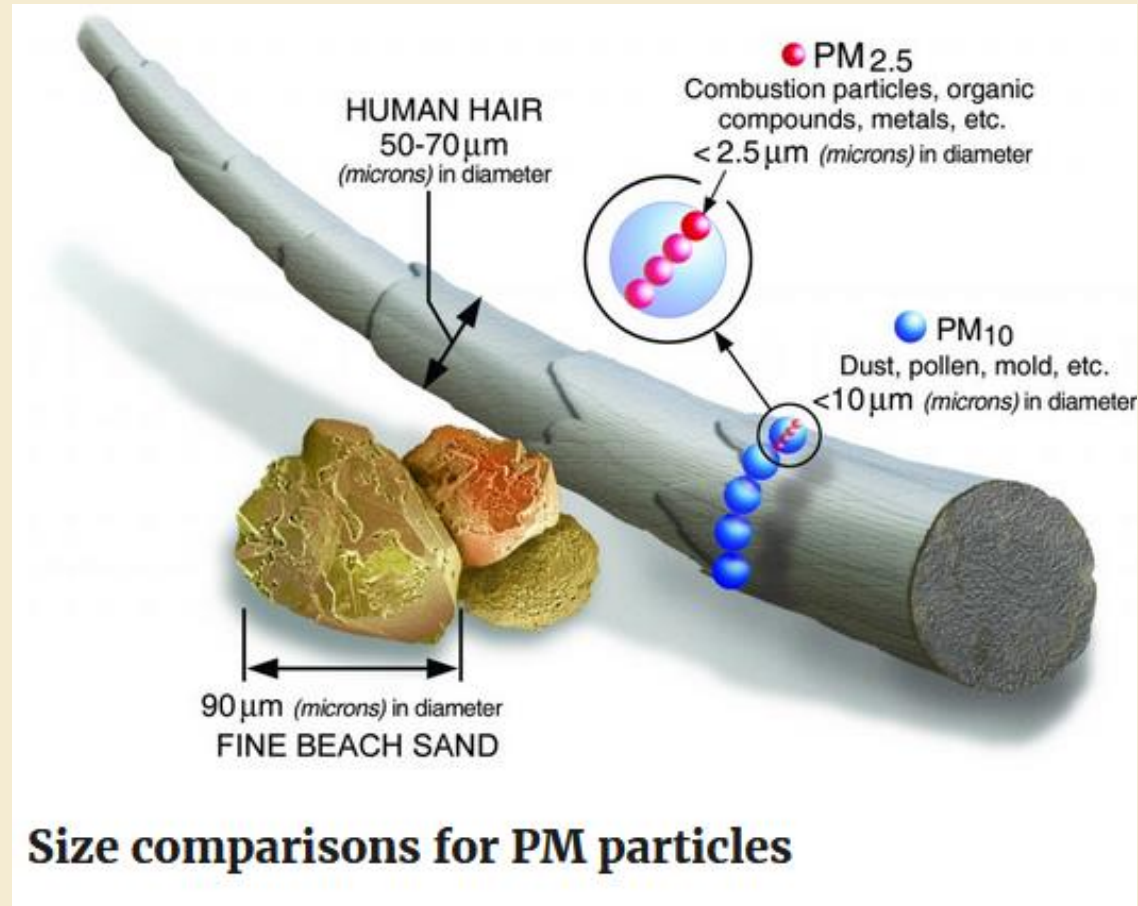
Larger particles ($> 100 \mu\text{m}$)

- terminal velocities $> 0.5 \text{ m/s}$
- fall out quickly
- hail, snow, room dust, soot aggregates, coarse sand, gravel, sea spray

Data: [http:// www.engineeringtoolbox.com](http://www.engineeringtoolbox.com)



What is the difference between PM 10 and PM 2.5?



United States Environmental Protection Agency : What is PM, and how does it get into the air?

<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>

Satellites See Saharan Dust from Space from NASA Goddard



Strong winds in the Sahara desert have swept up millions of tons of dust in the Atlantic Ocean.

Strong winds in the Sahara Desert have swept up millions of tons of dust into the atmosphere.



The dust can be seen by satellite imagery as a hazy brown cloud moving west over the Atlantic Ocean.

The dust can be seen by satellite imagery as a hazy brown cloud moving west over the Atlantic Ocean/



But this phenomenon happens every year, typically during the spring or summer.

But this phenomenon happens every year, typically during the spring or summer.



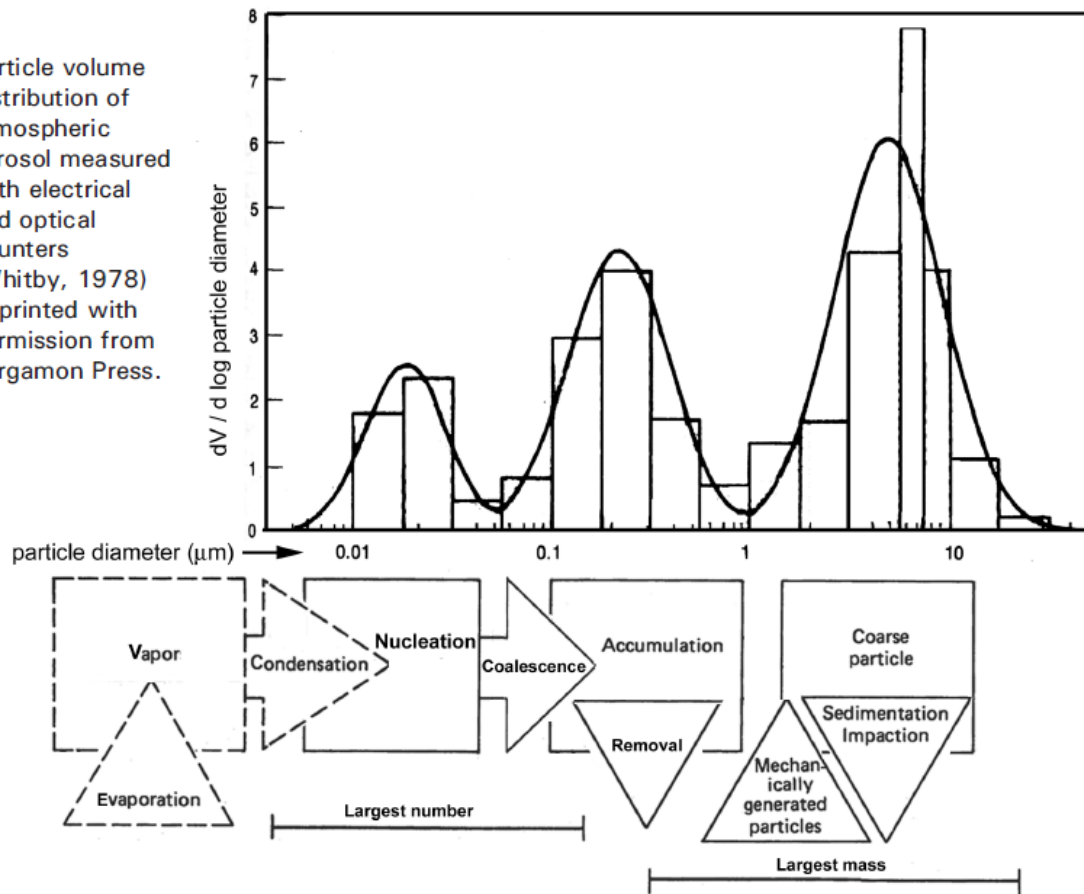
In fact, the Saharan dust plays a significant ecological role, regularly fertilizing soils in the Amazon.

In fact, the Saharan dust plays a significant ecological role, regularly fertilizing soils in the Amazon.

<https://www.youtube.com/watch?v=0bcSVSXcndQ>

Typical Particle Size Distribution and Formation Mechanism of Airborne Particles

Particle volume distribution of atmospheric aerosol measured with electrical and optical counters (Whitby, 1978) Reprinted with permission from Pergamon Press.



“The **nucleation range** includes any group of atoms large enough to be considered a stable liquid or solid.

The **accumulation range** is made up of particles that were created from the collision of smaller condensed particles.

The size of **coarse particles** is determined by the balance between surface and inertial forces.”

The formation of airborne particles during the vaporisation and condensation of gaseous manganese

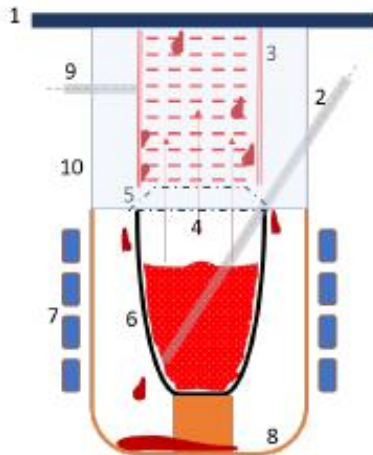


Abbildung 17: Schematische Darstellung des vierten Versuchsaufbaus

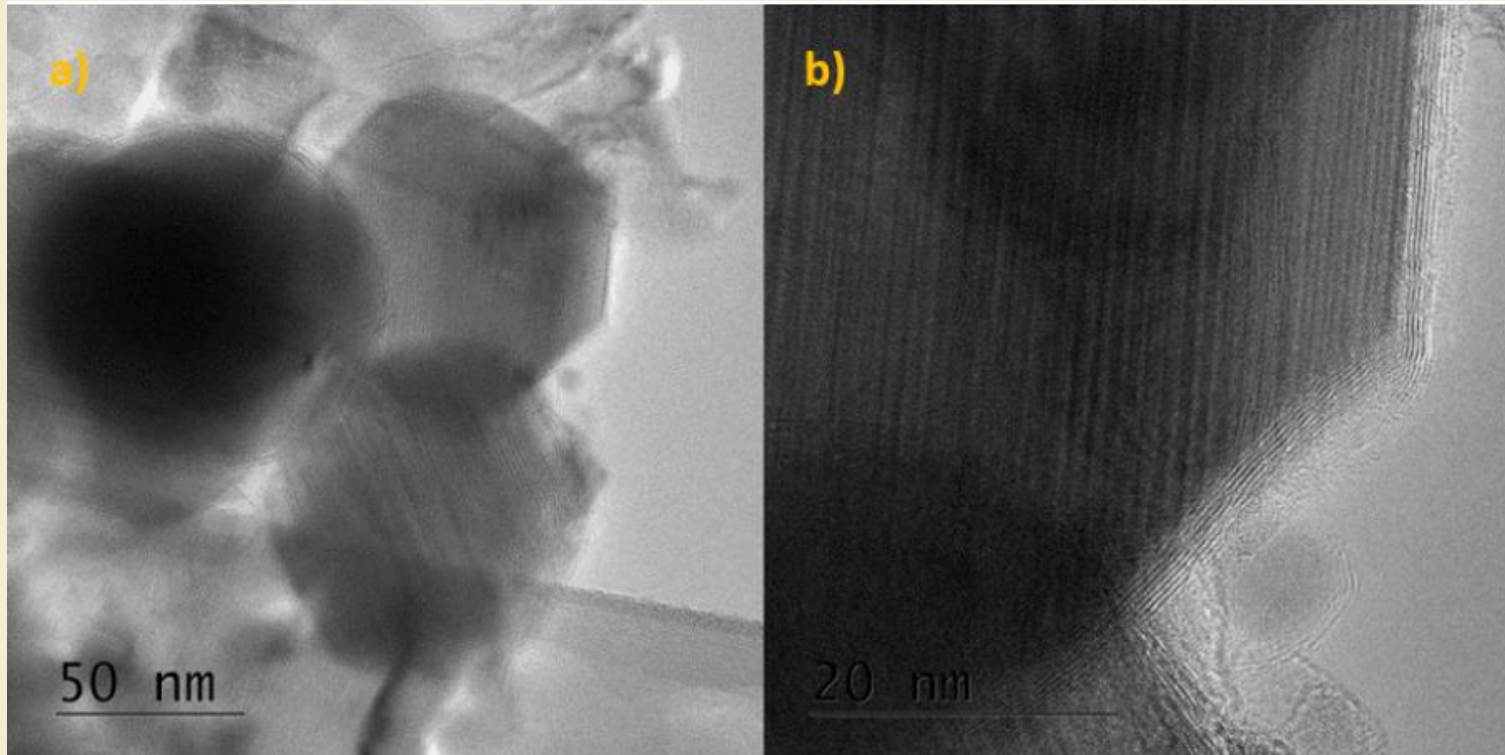
Die wesentlichsten Komponenten sind:

1. CERAN Glaskeramik-Abdeckplatte
2. Typ S-Thermoelement mit Al_2O_3 -Schutzrohr
3. Quarzglasrohr von 200 mm Höhe und 70 mm Durchmesser mit elektrischer Heizspirale aus Molybdän
4. Aufsteigender Mangandampf
5. Ringförmiger Kegelstumpf aus Al_2O_3 mit eingefrästen Ablaufrinnen
6. Tongraphittiegel mit dem geschmolzenen Metall
7. Induktionsspule
8. Äußerer Auffangtiegel aus MgO für das Kondensat
9. Typ S-Thermoelement zur Überwachung der Rohrtemperatur
10. Äußeres Quarzglasrohr zur Abschirmung der aufsteigenden Dämpfe (200 mm Höhe und 150 mm Durchmesser)

Schubert, D.: Experimentelle Entwicklung und Untersuchung eines Verfahrens zur Gewinnung von Mangan aus hochkohlenstoffhaltigem Ferromangan mittels Hochtemperaturdestillation, Dissertation Universität-Duisburg Essen, 15.04.2021

https://duepublico2.uni-due.de/receive/duepublico_mods_00074292

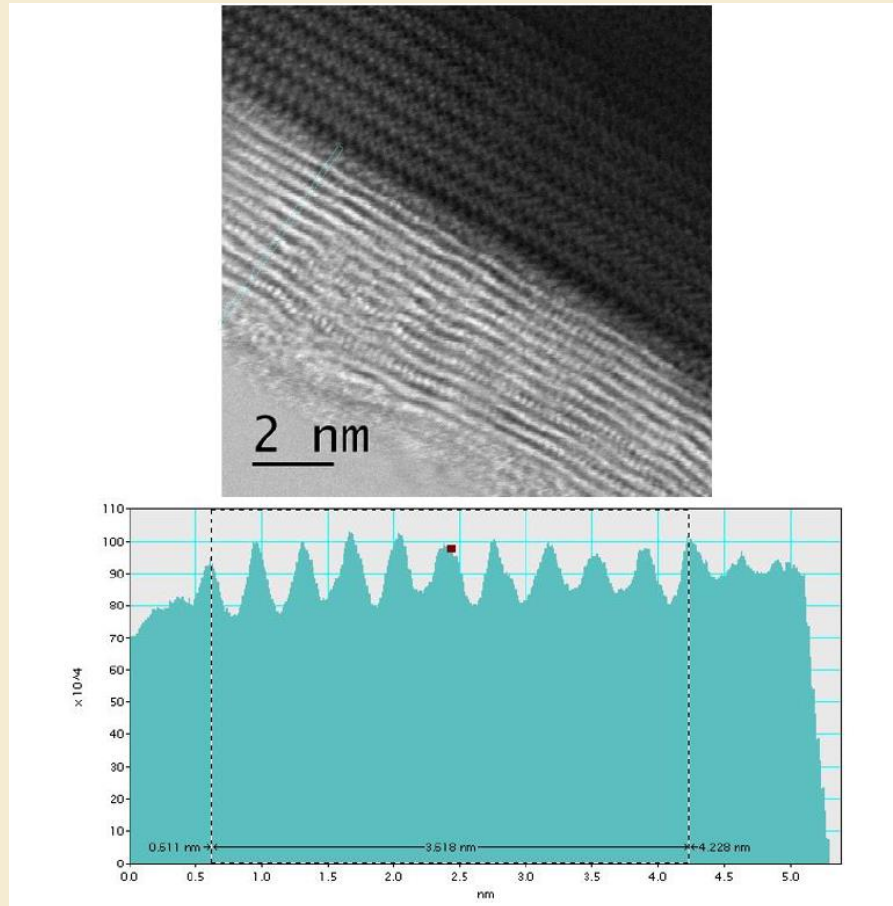
The formation of airborne particles during the vaporisation and condensation of gaseous manganese



Schubert, D.: Experimentelle Entwicklung und Untersuchung eines Verfahrens zur Gewinnung von Mangan aus hochkohlenstoffhaltigem Ferromangan mittels Hochtemperaturdestillation, Dissertation Universität-Duisburg Essen, 15.04.2021

https://duepublico2.uni-due.de/receive/duepublico_mods_00074292

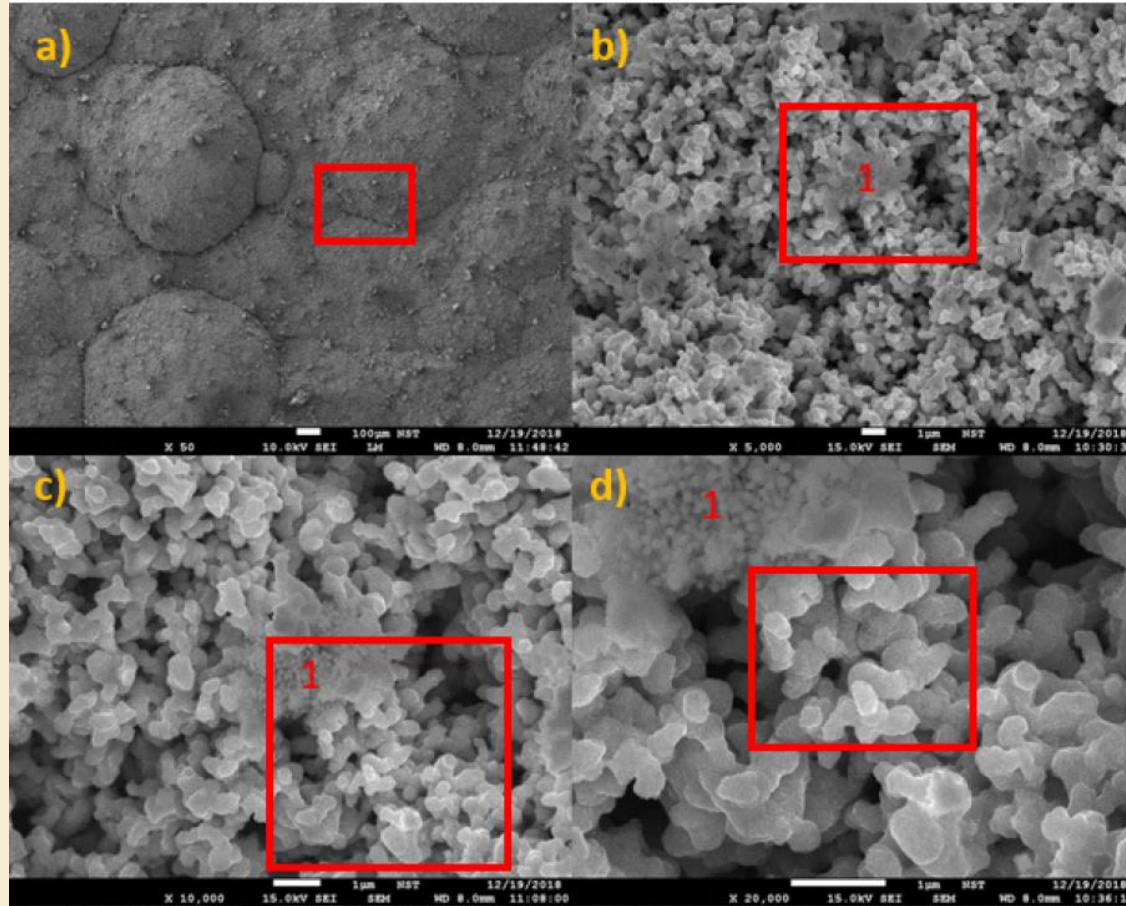
The formation of airborne particles during the vaporisation and condensation of gaseous manganese



Schubert, D.: Experimentelle Entwicklung und Untersuchung eines Verfahrens zur Gewinnung von Mangan aus hochkohlenstoffhaltigem Ferromangan mittels Hochtemperaturdestillation, Dissertation Universität-Duisburg Essen, 15.04.2021

https://duepublico2.uni-due.de/receive/duepublico_mods_00074292

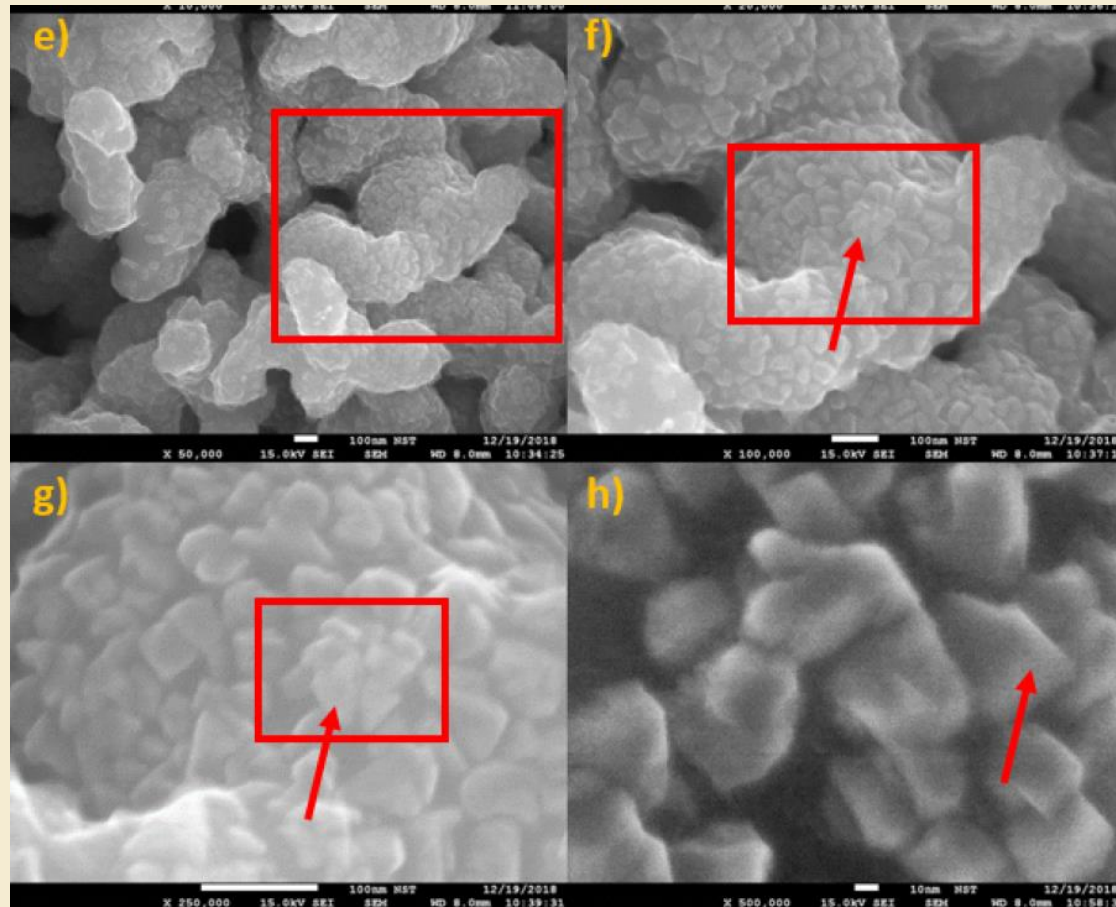
The formation of airborne particles during the vaporisation and condensation of gaseous manganese



Schubert, D.: Experimentelle Entwicklung und Untersuchung eines Verfahrens zur Gewinnung von Mangan aus hochkohlenstoffhaltigem Ferromangan mittels Hochtemperaturdestillation, Dissertation Universität-Duisburg Essen, 15.04.2021

https://duepublico2.uni-due.de/receive/duepublico_mods_00074292

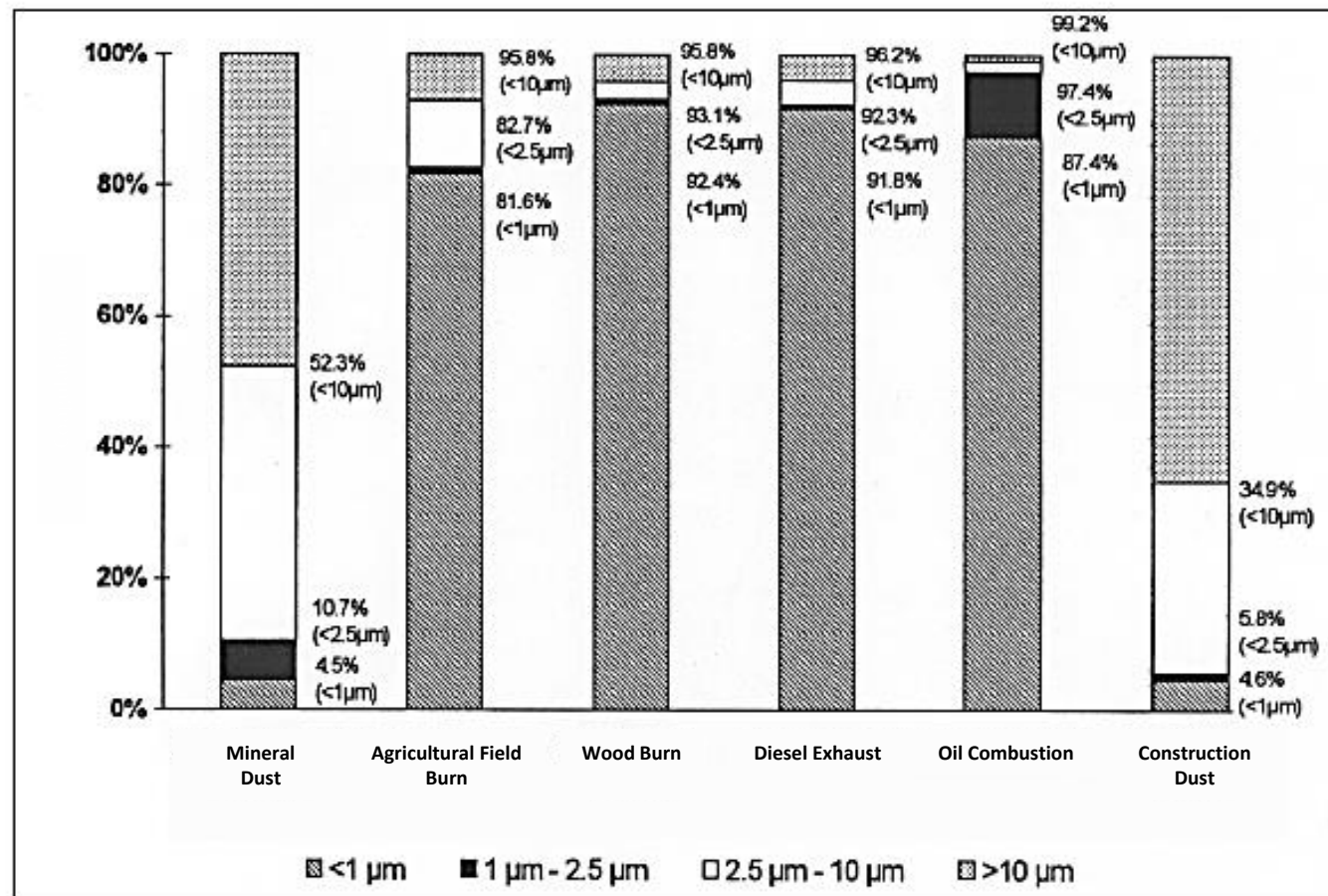
The formation of airborne particles during the vaporisation and condensation of gaseous manganese



Schubert, D.: Experimentelle Entwicklung und Untersuchung eines Verfahrens zur Gewinnung von Mangan aus hochkohlenstoffhaltigem Ferromangan mittels Hochtemperaturdestillation, Dissertation Universität-Duisburg-Essen, 15.04.2021

https://duepublico2.uni-due.de/receive/duepublico_mods_00074292

Particle Size Distribution in Dependence of Particle Sources



Watson, J.G.; Cow, J.C.: Reconciling urban fugitive dust emissions inventory and ambient source contribution estimates, DRI document No. 6110.4F.

Umweltbundesamt: Schwebestaub in Österreich, Bericht BE-277, Wien, 2006, <http://www.umweltbundesamt.at>

The Most Important Air Quality Standards Developed by the European Unions

Component	Significant Sources	Type of Threshold	Mean Value in	Concentration Threshold	Limit of Tolerance	Valid Since
Sulfur dioxide (SO₂)	Imported sulfur dioxide, household heaters, power plants, industries, and transportation with diesel motors.	GW of GS	1 hour	350 µg/m ³	24 / Year (99.73%)	01.01.2005
		GW of GS	24 hours	125 µg/m ³	3 / Year (99.18%)	01.01.2005
		KW of ÖS	Winter-half year	20 µg/m ³	-	19.07.1999
Fine Dust PM10	Transportations, household heaters, imported secondary dust, industries, construction, and pollen.	GW of GS	24 hours	50 µg/m ³	35 / Year (90.41%)	01.01.2005
		GW of GS	1 year	40 µg/m ³	-	01.01.2005
Fine Dust PM2.5	Similar to PM10 with higher proportion of particle from thermal process.	AEI of GS	1 year	20 µg/m ³	-	01.01.2015
		GW of GS, Level 1	1 year	25 µg/m ³	-	01.01.2015
		GW of GS, Level 2	1 year	20 µg/m ³	-	01.01.2020
Nitrogen Dioxide (NO₂)	Transportations, imported nitrogen oxide, household heaters, industries, and power plants.	GW of GS	1 hour	200 µg/m ³	18 / Year (99.8%)	01.01.2010
		GW of GS	1 year	40 µg/m ³	-	01.01.2010
Total of Nitrogen Oxide (NO_x)	Transportations, imported nitrogen oxide, household heaters, industries, and power plants.	KW of ÖS	1 year	30 µg/m ³	-	19.07.1999

Component	Significant Sources	Type of Threshold	Mean Value in	Concentration Threshold	Limit of Tolerance	Valid Since
Benzene (C₆H₆)	Transportation with benzene motors.	GW of GS	1 hour	5 µg/m ³	-	01.01.2010
Carbon monoxide (CO)	Transportations, and heaters.	GW of GS	8 hours	10 mg/m ³	-	01.01.2005
Ozone (O₃)	Reaction result of nitrogen oxide and hydrocarbon which was emitted by the transportations, power plants, industries, and private households.	ZW of GS	8 hours	120 µg/m ³	75 / Year average in 3 Year (93.15%)	01.01.2010
		LZ of GS	8 hours	120 µg/m ³	-	-
		ZW of VS	AOT40 (Mai - Jul)	18,000 µg/m ³ .h	-	01.01.2010
		LZ of VS	AOT40 (Mai - Jul)	6,000 µg/m ³ .h	-	-
		IS	1 hour	180 µg/m ³	-	-
		AS	1 hour	240 µg/m ³	-	-
		Indicator of WS	AOT40 (Apr - Sep)	20,000 µg/m ³ .h	-	-
Heavy Metal	Combustion of Fossil Fuels					
Arsenic (As)		ZW of GS	1 year	6 ng/m ³	-	01.01.2013
Cadmium (Cd)		ZW of GS	1 year	5 ng/m ³	-	01.01.2013
Nickel (Ni)		ZW of GS	1 year	20 ng / m ³	-	01.01.2013
Lead (Pb)		GW of GS	1 year	500 ng / m ³	-	01.01.2005
Benzo(a)pyrene (BaP)	Incomplete combustion processes in automobile motors or carbon heaters.	ZW of GS	1 year	1 ng / m ³	-	01.01.2013
Note: GW = Limit Value, ZW = Target Value, KW = Critical Value AEI = PM2.5 Exposition Mean Indicator, AOT = Accumulated Ozone Exposure GS = Health Protection, ÖZ = Ecological Protection, VS = Vegetation Protection, WS = Forest Protection IS = Information Threshold, AS = Alarm Threshold, LZ = Long Term Target						

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/luftqualitaet/de/messnetz/grenzwert-tabelle.pdf>,
based on <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

Theoretical Relation between Particle Size Distribution, Chemical Composition and Source

	Fine Particle (<2.5 µm)	Coarse Particle (> 2.5 µm)
Emerged as	Gasses	Larger Particles
Emerged on	Chemical transformations, nucleation, condensation, coagulation, & evaporation.	Mechanical processes (abrasion, grind, etc.).
Composition	Sulfate, nitrate, ammonia, elemental and organic carbon, heavy metals, and water.	Dust (earthly dust and street abrasion), fly ash, oxides compound from earth crust (Si, Al, Ti, Fe), CaCO ₃ , NaCl, salt, pollen, and spores, as well as other biological particles.
Solubility	Partially soluble and frequently hygroscopic.	Commonly insoluble and not hygroscopic.
Sources	Combustions process (NO _x , SO ₂ , smoke), agriculture (NH ₃), atmospheric transformation (secondary particle), certain industrial process, and solvent.	Street dust, wind erosion, anthropogenic activities (driving on unpaved road, mining, demolition, construction, etc.), biological sources.
Time of Settlement	Days until weeks	Minutes until hours
Atmospheric Transport Distance	Around 100 - more than 1000 km	Less than 1 - around 10 km

Umweltbundesamt: Schwebestaub in Österreich, Bericht BE-277, Wien, 2006, <http://www.umweltbundesamt.at>

Possible Sources of Heavy Metals in PM 10

Iron (Fe)	Transportation	Abrasion of braking shoe, brake disc, and railroad.
	Earth Crust	Hematite, iron-carbonate, and pyrite.
	Industry	Scales (boiler lining, rolling mills), metal workings, anti-rust, magnetic gravel from power-plant ashes.
Zinc (Zn)	Transportation	Brake lining and tire wear.
	Industry	Incinerator plants, galvanizing, batteries, reducing agents and industrial waste, as well as packaging materials,
Lead (Pb)	Industry	Production and utilization of anti-rust, lead crystal, glazing, coloring, ironmaking, and steelmaking.
Copper (Cu)	Transportation	Brake lining abrasion.
Nickel (Ni)	Transportation	Brake abrasion.
	Industry	Combustion of heavy fuel oil, metal production, catalyst, production of Ni-Cd batteries, resistors, and Co-Ni magnets.
Cadmium (Cd)	Industry	Production and utilization of surface protection for conductors, coloring and pigment, glass industry, metals (screws), Ni-Cd batteries, plastic (yellow and orange).
Antimony (Sb)	Transportation	Brake lining abrasion.

Umweltbundesamt: Schwebestaub in Österreich, Bericht BE-277, Wien, 2006, <http://www.umweltbundesamt.at>

Changes of Technical Instruction on Air Quality Control (TAL) Standards in Germany for the last 30 years

Material		Concentration acc. to TAL			Mass Flow Rate acc. to TAL		
No. in TAL	Designation	1986	2002	2015 (Draft)	1986	2002	2015 (Draft)
5.2.1	Dust Cumulative incl. Fine Dust						
	Total amount of dust	50 mg/m ³	20 mg/m ³	20 mg/m ³	1 kg/h	0.2 kg/h	0.2 kg/h
				then 10 mg/m ³			if >0.4 kg/h
5.2.2	Dusts of Inorganic Materials						
	Class I : Hg, Tl	0.2 mg/m ³	0.05 mg/m ³	0.05 mg/m ³	1 g/h	0.25 g/h	0.25 g/h
	Class II : Pb, Co, Ni, Se, Te	1 mg/m ³	0.5 mg/m ³	0.5 mg/m ³	5 g/h	2.5 g/h	2.5 g/h
	Class III : Sb, Cr, Cyanide, Fluoride, Cu, Mn, V, Sn	5 mg/m ³	1 mg/m ³	1 mg/m ³	25 g/h	5 g/h	5 g/h
5.2.3	Gases of Inorganic Materials						
	Class I : Arsine, Phosphine, etc.	1 mg/m ³	0.5 mg/m ³	0.5 mg/m ³	10 g/h	2.5 g/h	2.5 g/h
	Class II : Bromine, Chlorine, Fluorine, etc.	5 mg/m ³	3 mg/m ³	3 mg/m ³	50 g/h	15 g/h	15 g/h
	Class III : Ammonia, Inorganic Chloric Compounds	30 mg/m ³	30 mg/m ³	30 mg/m ³	0.3 kg/h	0.15 kg/h	0.15 kg/h
	Class IV : Sulfur-oxides, Nitrogen-oxides	0.5 g/m ³	0.35 g/m ³	0.35 g/m ³	5 kg/h	1.8 kg/h	1.8 kg/h
5.2.5	Organic Materials						
	Total amount of carbon	150 mg/m ³	50 mg/m ³	50 mg/m ³	3 kg/h	0.5 kg/h	0.5 kg/h
	Class I : Materials according to Attachment 4	20 mg/m ³	20 mg/m ³	20 mg/m ³	0.1 kg/h	0.1 kg/h	0.1 kg/h
	Class II : Acetic Acid, 1,1,1-Trichloroethane, etc.	100 mg/m ³	100 mg/m ³	100 mg/m ³	1 kg/h	0.5 kg/h	0.5 kg/h
5.2.7.1.1	Carcinogenic Materials						
	Class I : Arsenic, Cadmium, Chromium, Cobalt	0.1 mg/m ³	0.05 mg/m ³	0.05 mg/m ³	0.5 g/h	0.15 g/h	0.15 g/h
	Class II : Acrylamide, Ethylene-oxide, Nickel	1 mg/m ³	0.5 mg/m ³	0.5 mg/m ³	5 g/h	1.5 g/h	1.5 g/h
	Class III : Benzene, Trichloroethane, Vinyl Chloride	5 mg/m ³	1 mg/m ³	1 mg/m ³	25 g/h	2.5 g/h	2.5 g/h
	Formaldehyde			5 mg/m ³			12.5 g/h
	Fibers						
	Asbestos		1·10 ⁴ Fibers/m ³	1·10 ⁴ Fibers/m ³			
	Aluminium Silicate and Oxide, Silicon Carbide		1.5·10 ⁴ Fibers/m ³	1.5·10 ⁴ Fibers/m ³			
	Bio-persistent Mineral Fibers		5·10 ⁴ Fibers/m ³	1.5·10 ⁴ Fibers/m ³			
5.2.7.2	Hardly Degradable and Highly Toxic Materials						
	Dioxin and Furan		0.1 ng/m ³	0.1 ng/m ³		0.25 µg/h	0.25 µg/h

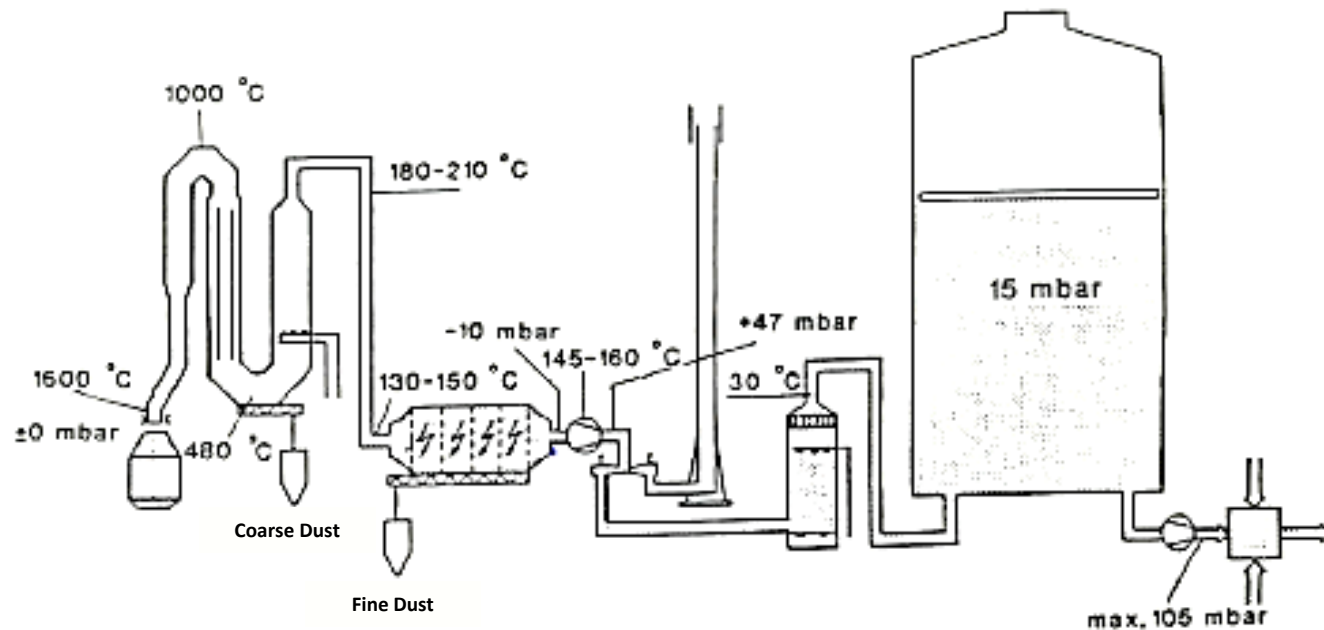
9.1 Formation Mechanism of Dusts in Metallurgical Processes

Steel Production in Duisburg in the Past



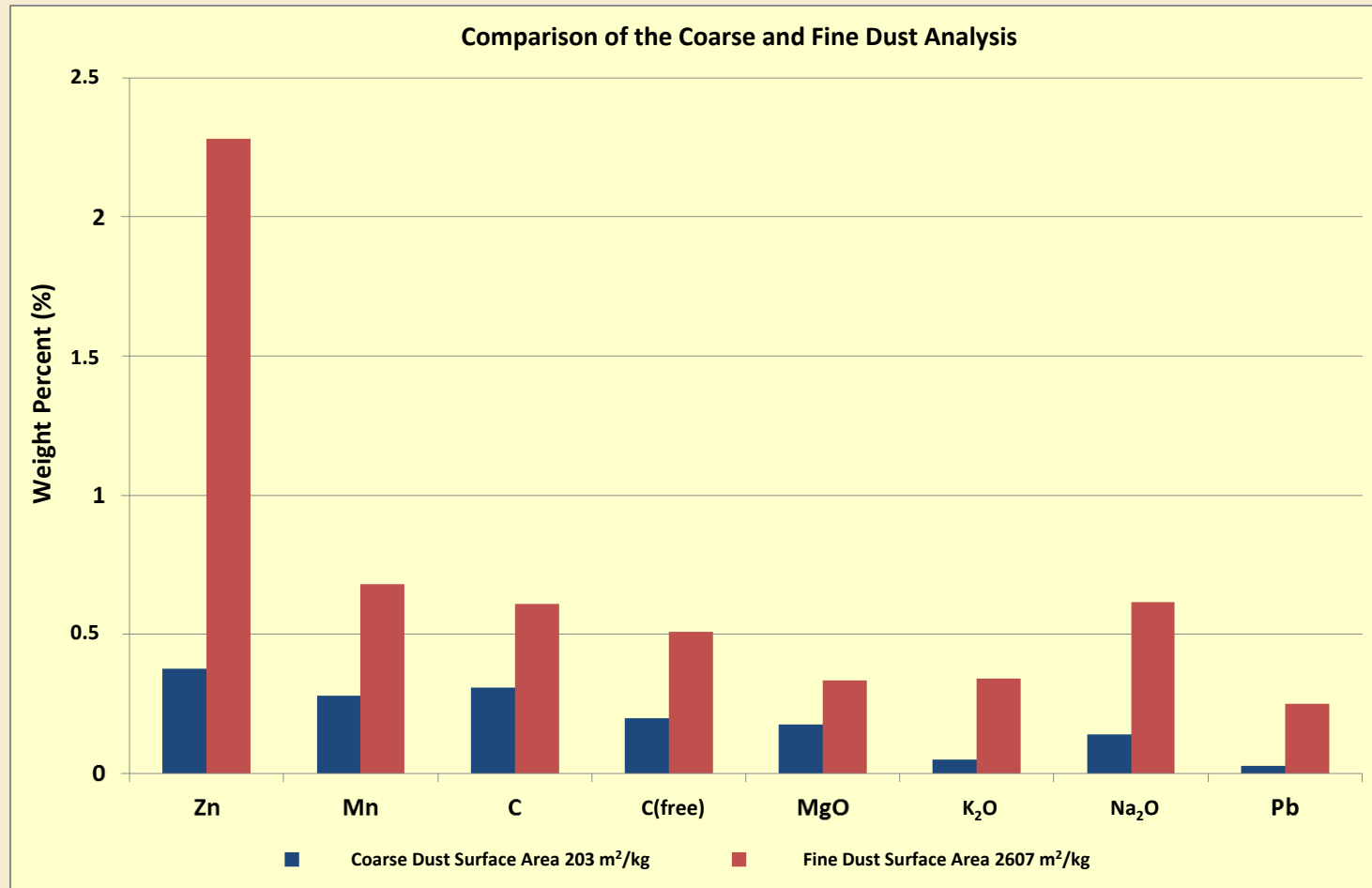
Köhler, E.: Der Weg vom Thomas zum LD-Verfahren- Bericht eines Zeitzeugen, Duisburg 2004

Schematic Representation of Dust Cleaning System in Steel Plant Bruckhausen



Ploch, A.: Entstehungsmechanismen und Beschaffenheit von Stäuben aus einem Sauerstoffaufblaskonverter mit Bodenrührern, Dissertation TU Clausthal, 1993

Comparison of Specific Chemical Analyzes of Fine Dust and Coarse Dusts



Ploch, A.: Entstehungsmechanismen und Beschaffenheit von Stäuben aus einem Sauerstoffaufblaskonverter mit Bodenrührern, Dissertation TU Clausthal, 1993

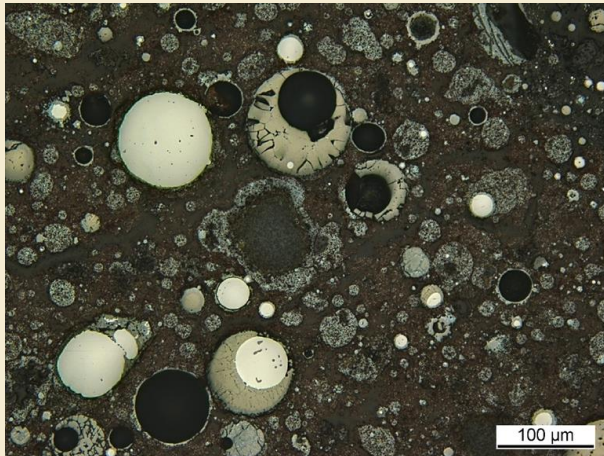
Chemical Composition of a Filter Dust from a Steel Plant

XRF Analysis according to DIN51001

Oxide Composition						Element Composition					
Oxide	Wet (%)	Dry (%)	Oxide	Wet (%)	Dry (%)	Element	Wet (%)	Dry (%)	Element	Wet (%)	Dry (%)
Fe ₂ O ₃	60.00	71.80	K ₂ O	0.09	0.11	Fe	41.97	50.22	K	0.07	0.09
CaO	10.20	12.21	V ₂ O ₅	0.07	0.08	Ca	7.29	8.72	V	0.04	0.05
ZnO	4.09	4.89	Cr ₂ O ₃	0.05	0.06	Zn	3.29	3.93	Cr	0.03	0.04
MgO	1.82	2.18	CuO	0.03	0.04	Mg	1.10	1.31	Cu	0.02	0.03
SiO ₂	1.07	1.28	CdO	0.03	0.04	Si	0.50	0.60	Cd	0.03	0.03
Na ₂ O	0.99	1.18	TiO ₂	0.03	0.04	Na	0.73	0.88	Ti	0.02	0.02
MnO	0.53	0.63	NiO ₂	0.03	0.04	Mn	0.41	0.49	Ni	0.02	0.03
SO ₃	0.29	0.35	Rest	3.93	4.70	S	0.25	0.29	Rest	2.16	2.58
Al ₂ O ₃	0.22	0.26	Water	16.43	-	Al	0.12	0.14	Water	16.43	-
P ₂ O ₅	0.10	0.12				P	0.04	0.05	O	23.84	28.53
						H	0.48	0.57	C	1.16	1.39
Carbon, Hydrogen, and Water based on DIN 51721, DIN 51721, and DIN 51718 respectively											

Kupka, T.; Scholz, R.: in Recycling und Rohstoffe, Bd.6 (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky, D.Goldmann), TK Verlag, Neuruppin, 2013

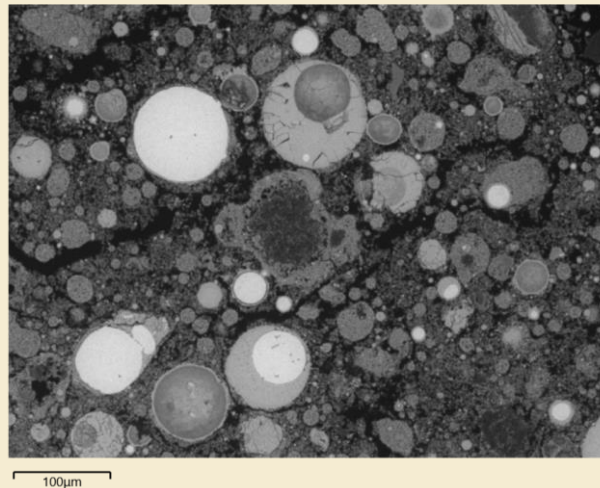
Light microscope bright field



Light microscope dark field

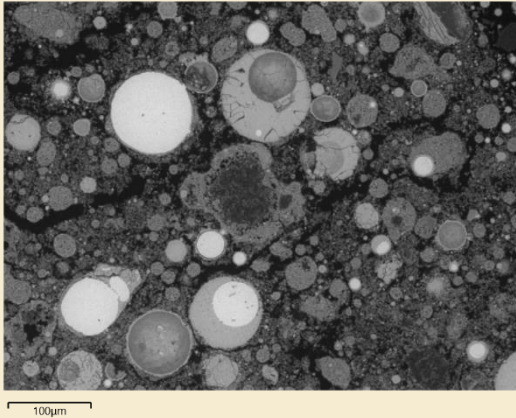


Scanning electron microscope

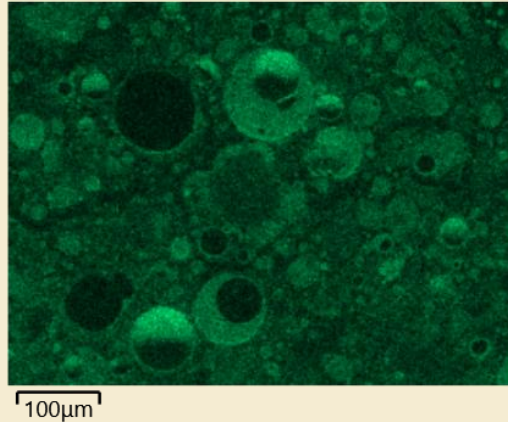


BOF- Dust Elementmapping

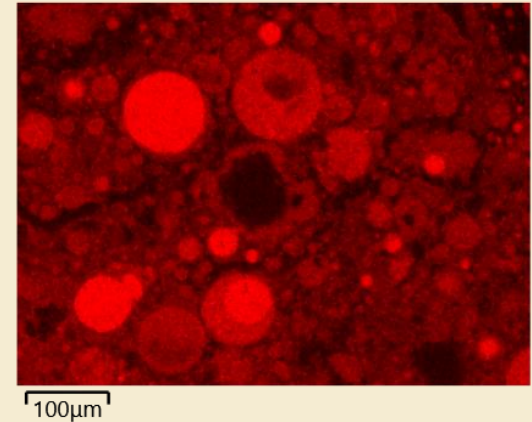
Elektronenbild



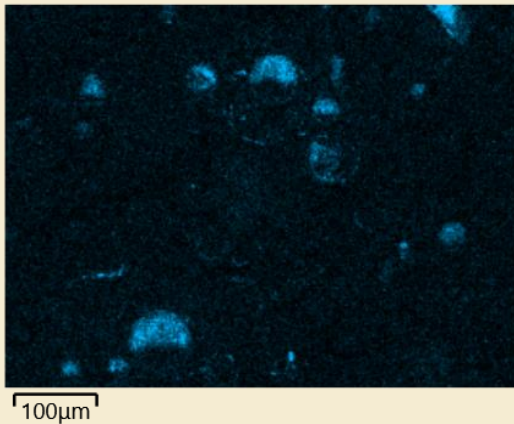
O K α 1



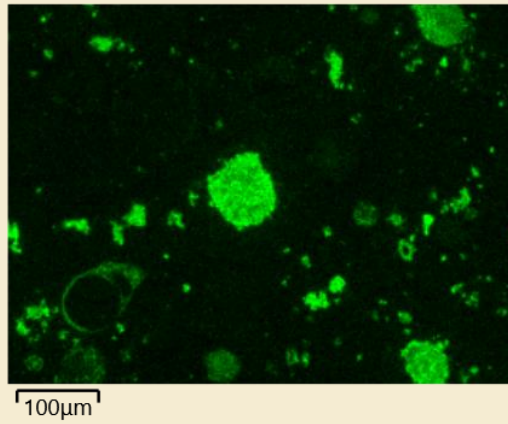
Fe K α 1



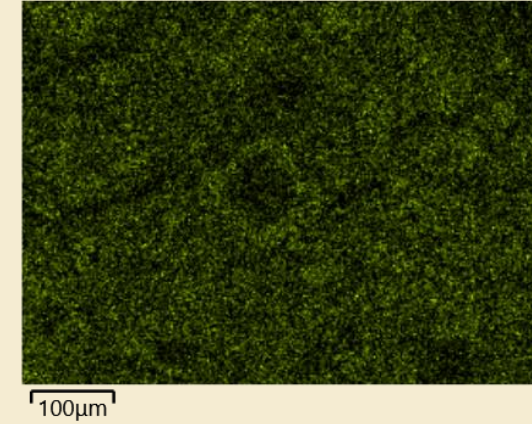
Al K α 1



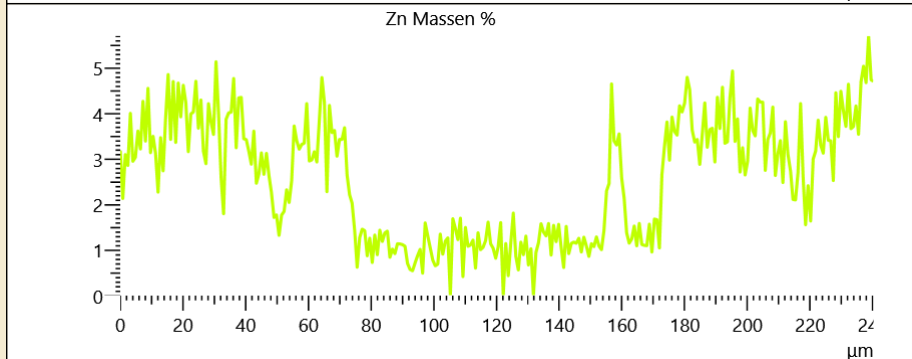
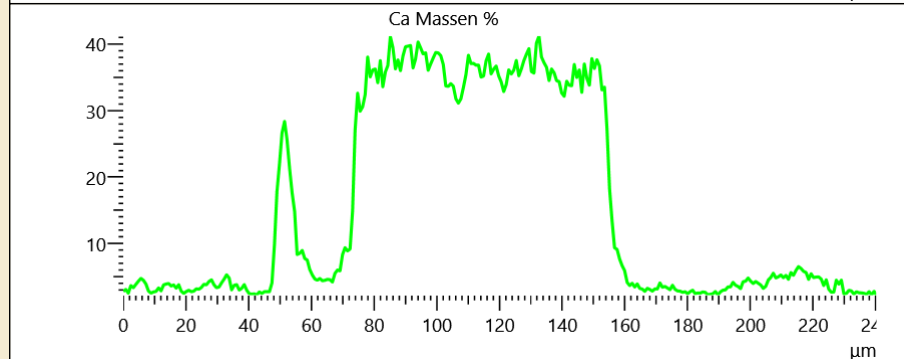
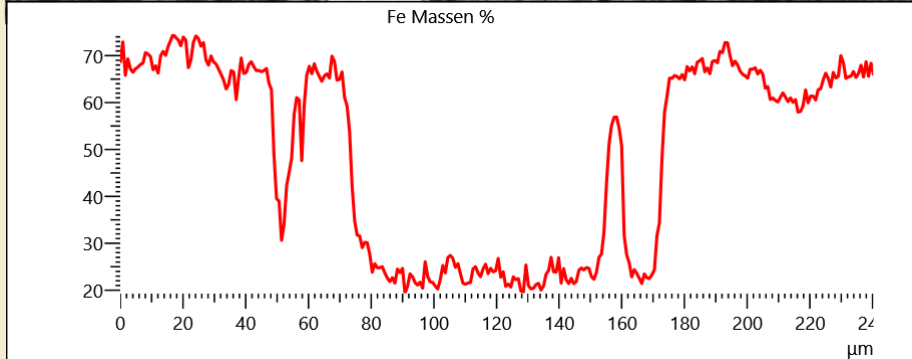
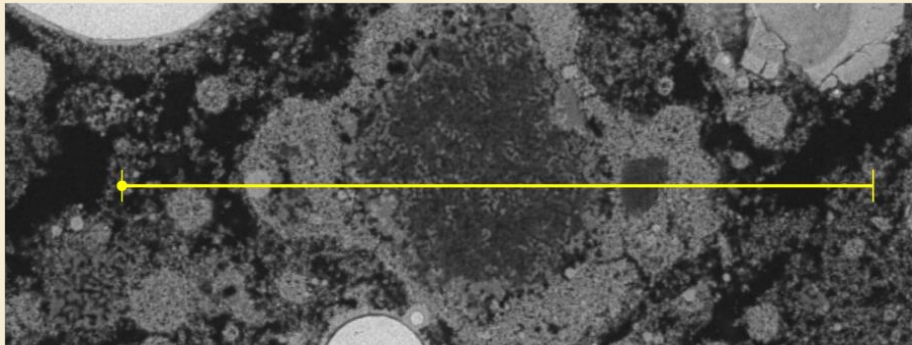
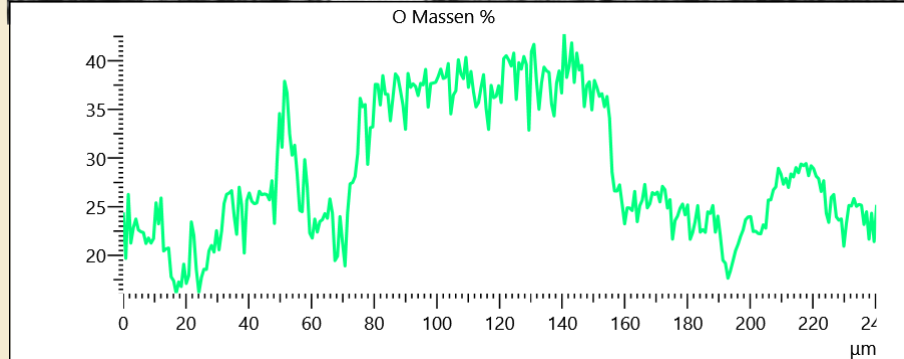
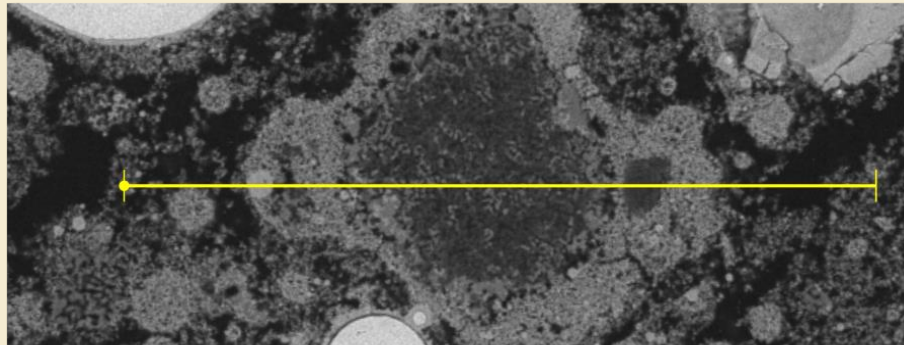
Ca K α 1



Zn K α 1



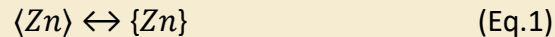
BOF-Dust line scan



What happens with zinc during the incineration process?

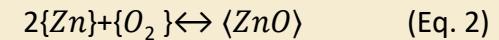
Zinc behaves as follows when zinc-coated sheet metal is melted down:

1. Zinc evaporates at 907°C :

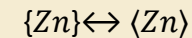


2. In the presence of oxygen

- under oxidizing conditions zinc oxide (melting point: 1975°C) :

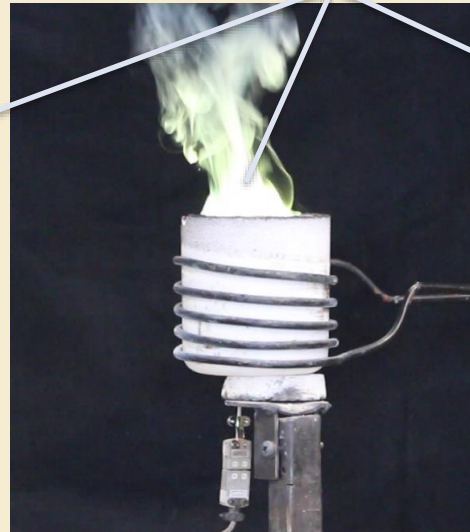


- under reducing conditions zinc liquid (melting point: 420°C) :



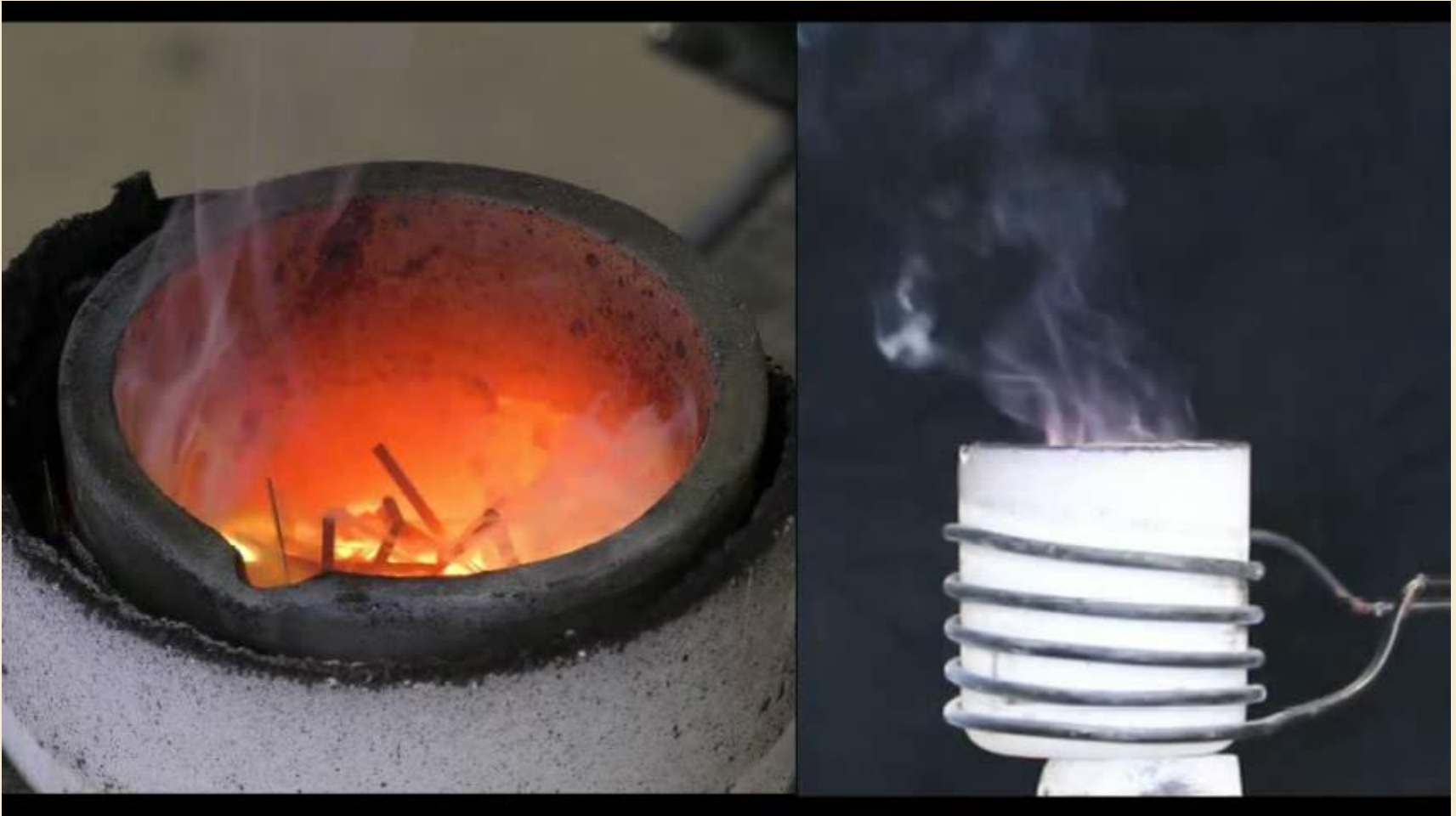
(Eq. 3)

Zink oxide (melting point : 1975°C)



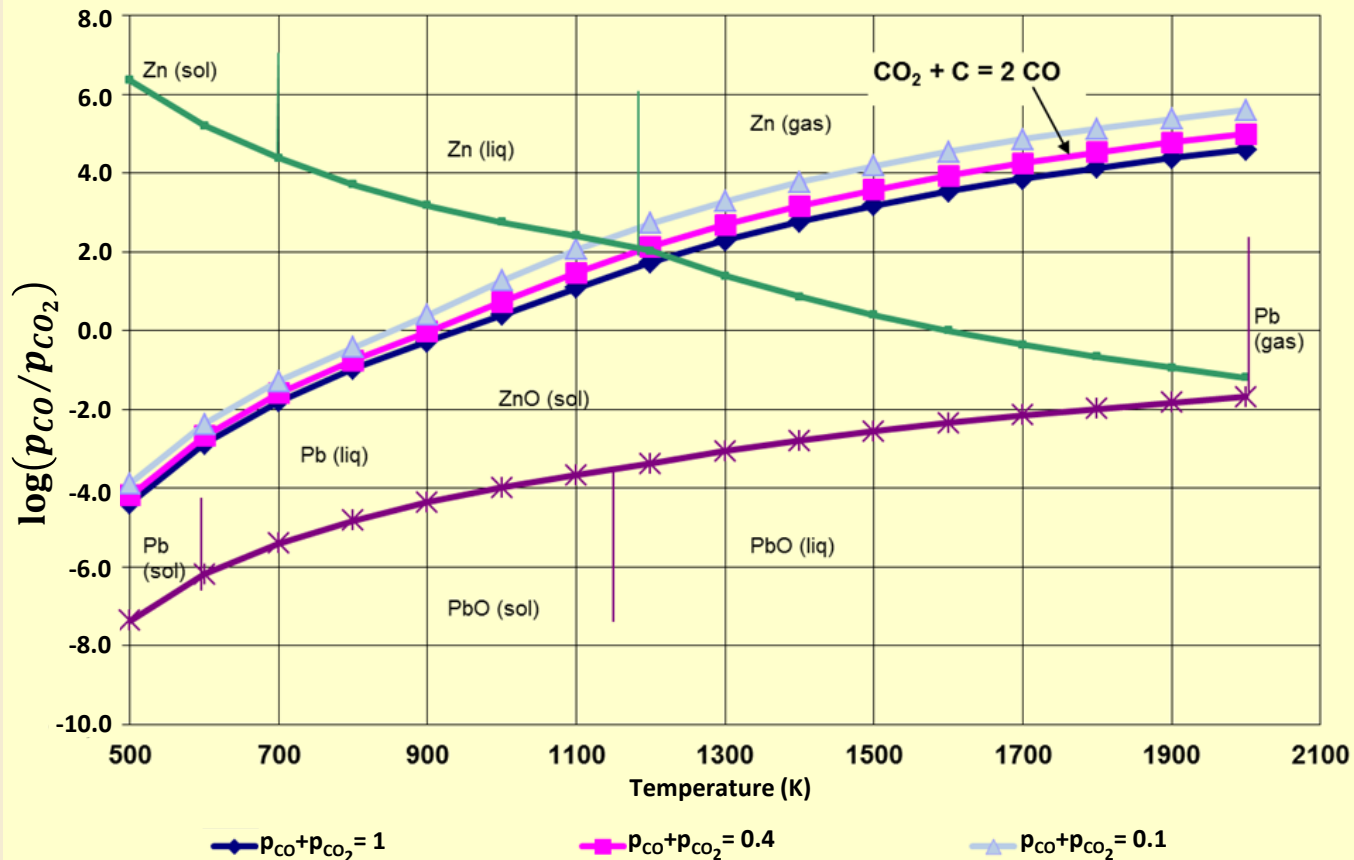
Deike, R.: *Metals in fine Fraction of Bottom Ash*, 3rd International VDI Conference Metals and Minerals Recovery from IBA Düsseldorf, 8th Nov. 2018,

What happens with zinc during the incineration process?



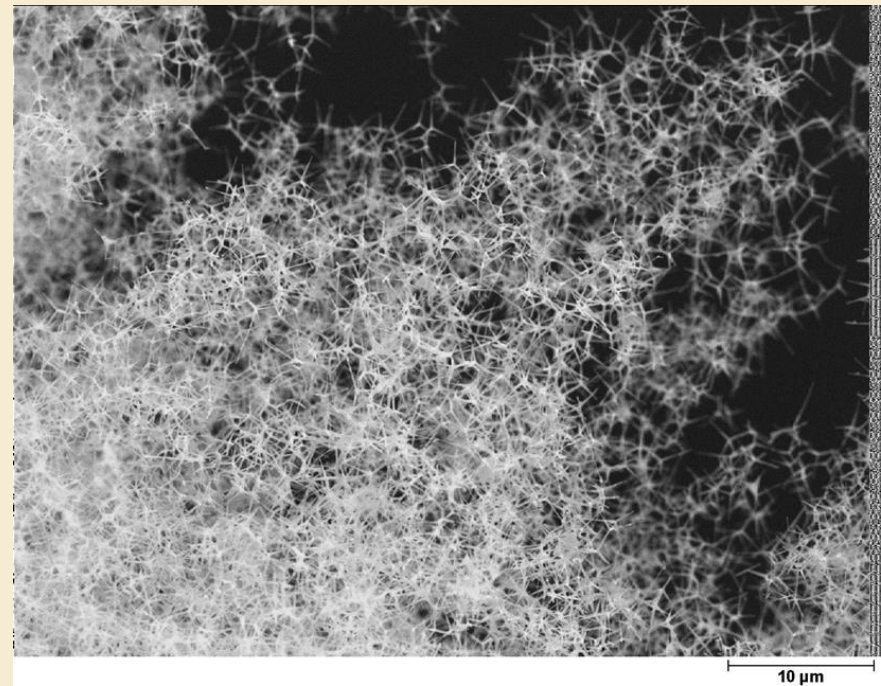
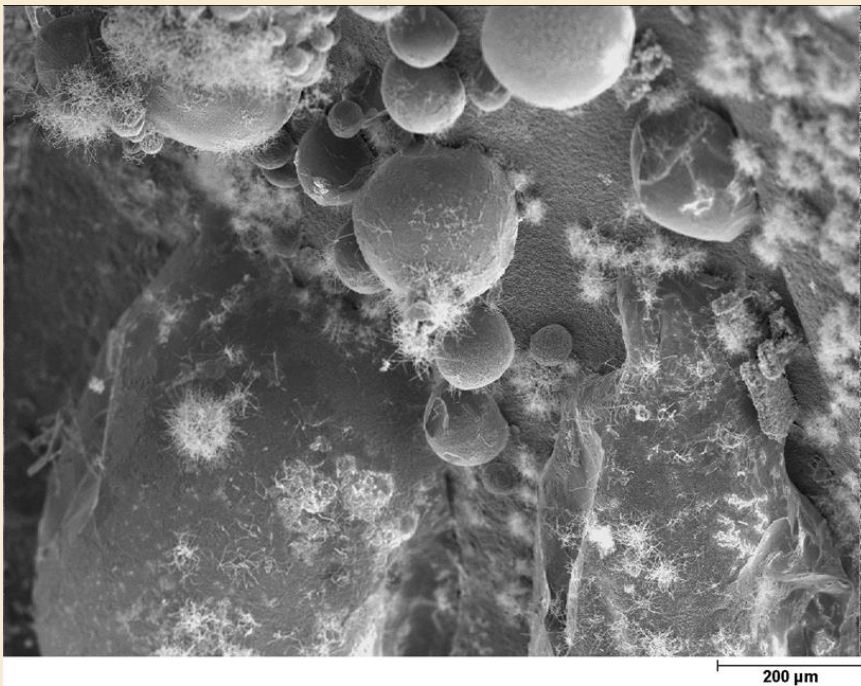
Phase Equilibria in the System of Zn/Pb/O/C Regrading the Boudouard Reaction

Zn-Pb-O-C System under the Consideration of Boudouard Reaction



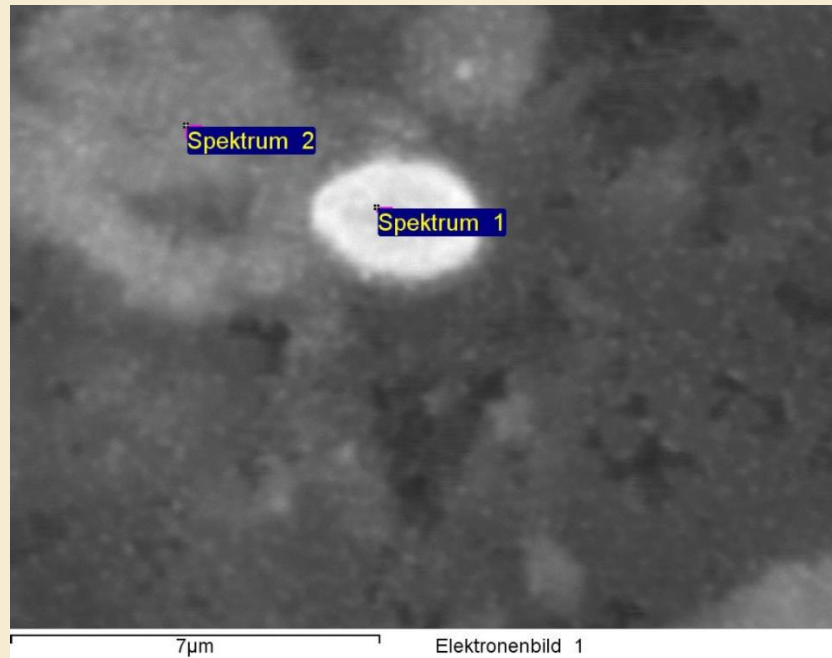
Deike, R.: Das wirtschaftliche Recycling von Metallen und Metalloxiden unter Berücksichtigung der wesentlichen Einflussgrößen, Urban Mining Kongress 2014, Essen, 11-12-06.2014

Different Zinc Reaction Products in dependence of gas atmosphere



Deike, R.: Das wirtschaftliche Recycling von Metallen und Metalloxiden unter Berücksichtigung der wesentlichen Einflussgrößen, Urban Mining Kongress 2014, Essen, 11-12-06.2014

SEM Picture of Zinc Reaction Products

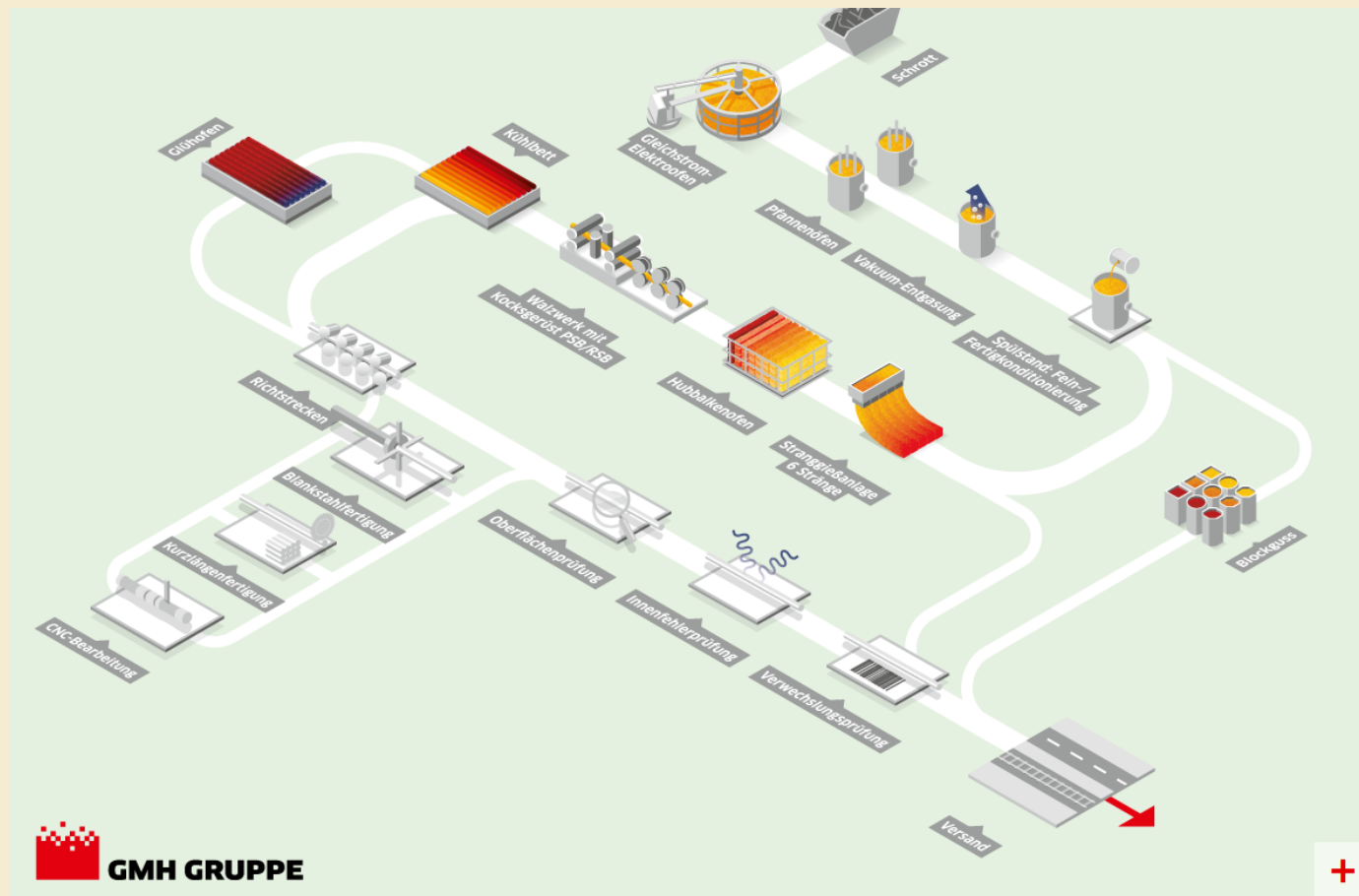


Spektrum	In Statistik	O	Zn	Total
Spektrum 1	Ja	4.78	95.22	100.00
Spektrum 2	Ja	26.76	73.24	100.00

All Results in Mass%

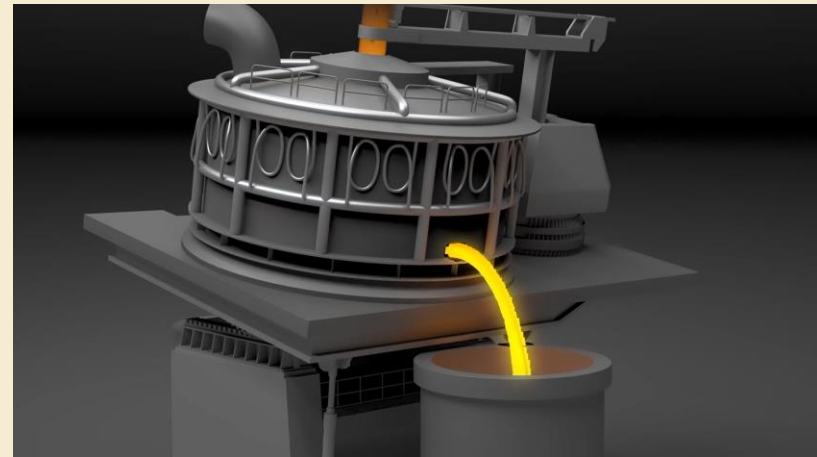
10. Waste Generation in an Electric Arc Furnace (EAF)

Steel Making Process Route by Electric Arc Furnace



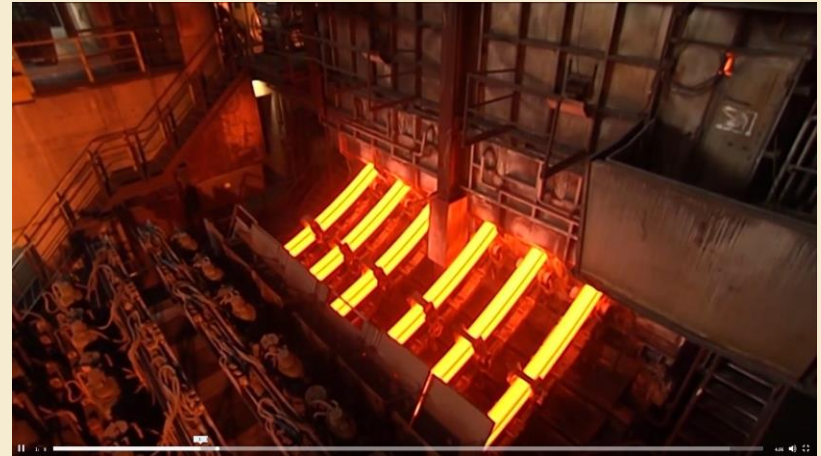
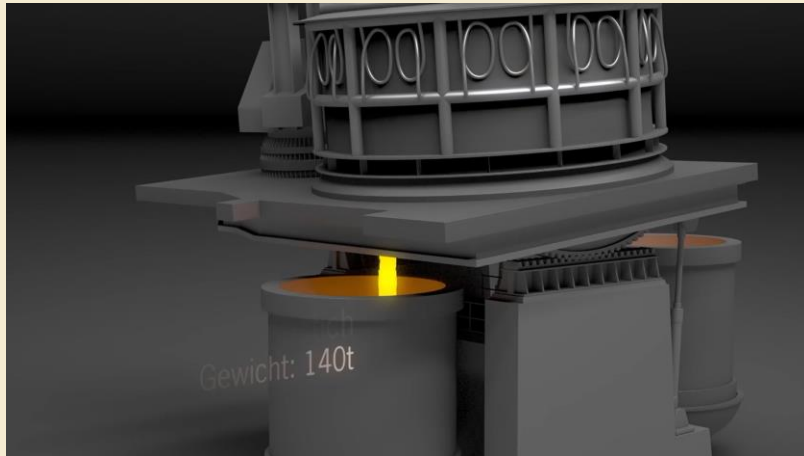
<https://www.gmh-gruppe.de/de-de/gmh-gruppe/wer-wir-sind/produktionsstandorte/georgsmarienhütte-gmbh.html>

Steel Making Process Route by Electric Arc Furnace



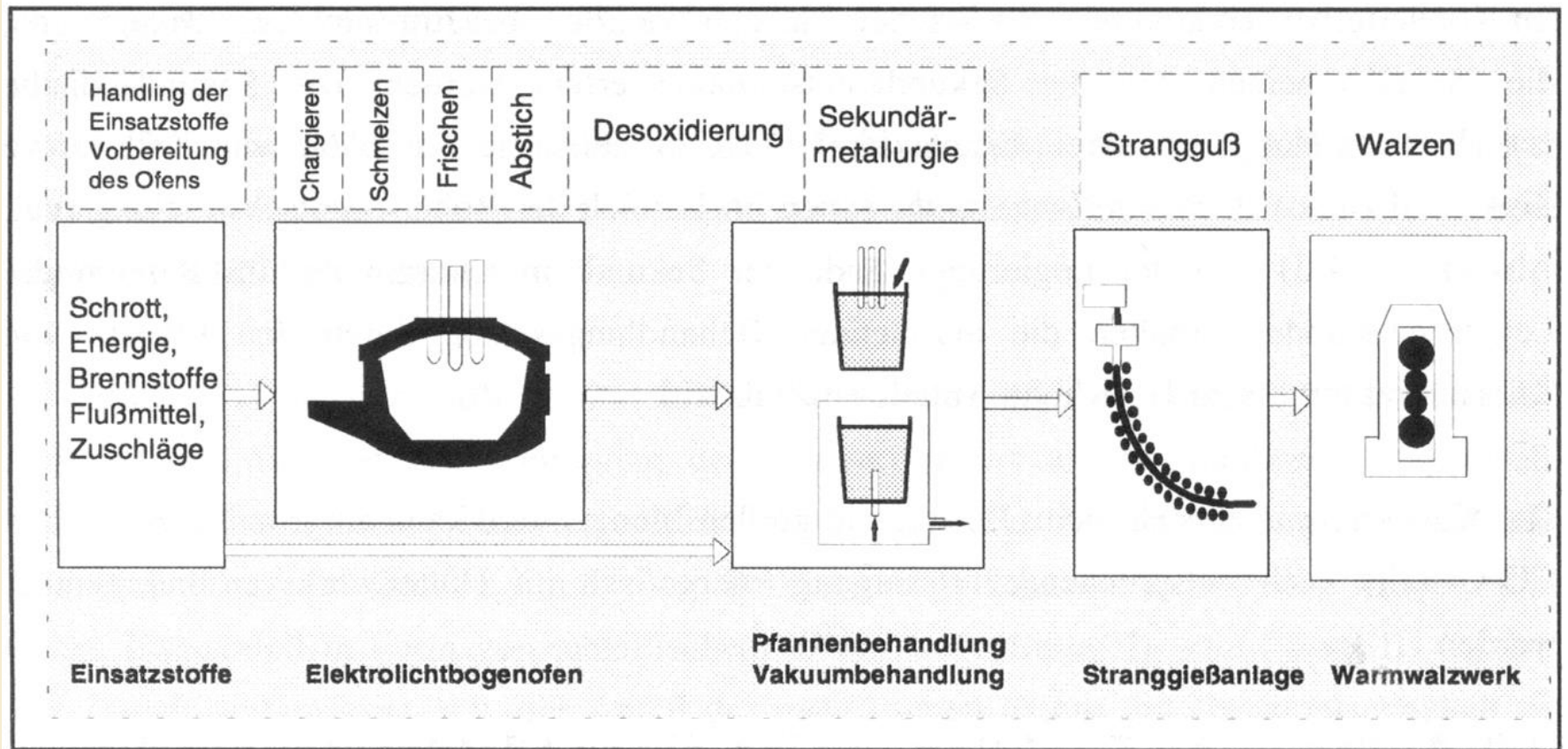
<https://www.gmh-gruppe.de/de-de/gmh-gruppe/wer-wir-sind/produktionsstandorte/georgsmarienhuetten-gmbh.html>

Steel Making Process Route by Electric Arc Furnace



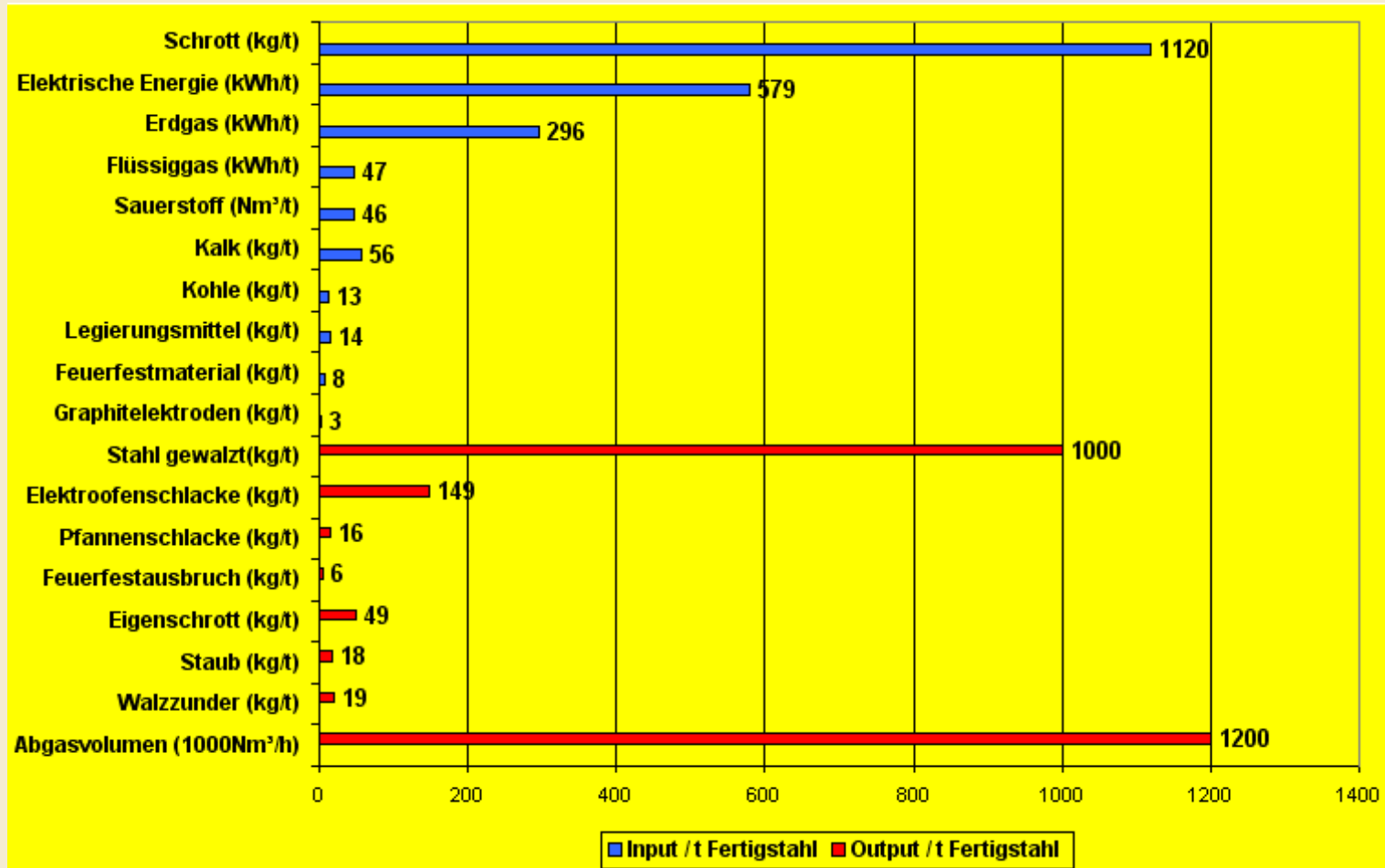
<https://www.gmh-gruppe.de/de-de/gmh-gruppe/wer-wir-sind/produktionsstandorte/georgsmarienhuetten-gmbh.html>

Steel Making Process Route by Electric Arc Furnace



Rentz, O: Prozessintegrierte Umweltschutzmaßnahmen in der Eisen- und Stahlindustrie, BMBF Abschlussbericht 01RV9701, 1999

Material Balance in Electric Arc Furnace



Rentz, O: Prozessintegrierte Umweltschutzmaßnahmen in der Eisen- und Stahlindustrie, BMBF Abschlussbericht 01RV9701, 1999

Elemente Verbindungen	Gew%
Fe_{gesamt}	23
Zn	33
Pb	4
K	1,3
Na	1,2
Cl	3
Mn	1,1
C	0

Wu,C-C.:Phasenuntersuchungen bei der Reduktion von Franklinit für die Zinkgewinnung aus Stahlwerksstäuben, Dissertation TU Clausthal 2003

Institut für Technologien der Metalle



Reduktion von Metalloxiden aus der Elektrolichtbogenofenschlacke

Berliner Konferenz
Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 2019

Berlin, 14. Mai 2019

Marius Großarth, Rüdiger Deike, Hans-Joachim Rauen, Henning Schliephake, David Algermissen

Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung:

- Veränderte Elutionsverfahren und Grenzwerte für Stahlwerksschlacken (Neu: Molybdän)
- Nach aktuellem Stand der Technik Einstufung in SWS-3
- Bisherige Absatzmärkte nicht zugänglich
- Hohe Deponiekosten (bei verfügbarem Deponieraum)

Ziele des Vorhabens: Definierte Metalloxidreduktion

- Verringerung der Auslaugung der Metalle
- Erzeugung von Baustoffen der Klasse SWS-1
- Rückgewinnung von Metallen und Wiedereinsatz in einem Schmelzprozess

Beteiligte Partner:

- Hermann Rauen GmbH und Co. vorm. Steinhandel Rauen
- Georgsmarienhütte GmbH
- FEhS – Institut für Baustoff-Forschung e.V.
- Universität Duisburg-Essen - Institut für Technologien der Metalle



HERMANN RAUEN GMBH & CO.
VORM. STEINHANDEL RAUEN



Georgsmarienhütte
GmbH · seit 1856 · Edelstahl

INSTITUT FÜR
BAUSTOFF
FORSCHUNG

FEhS

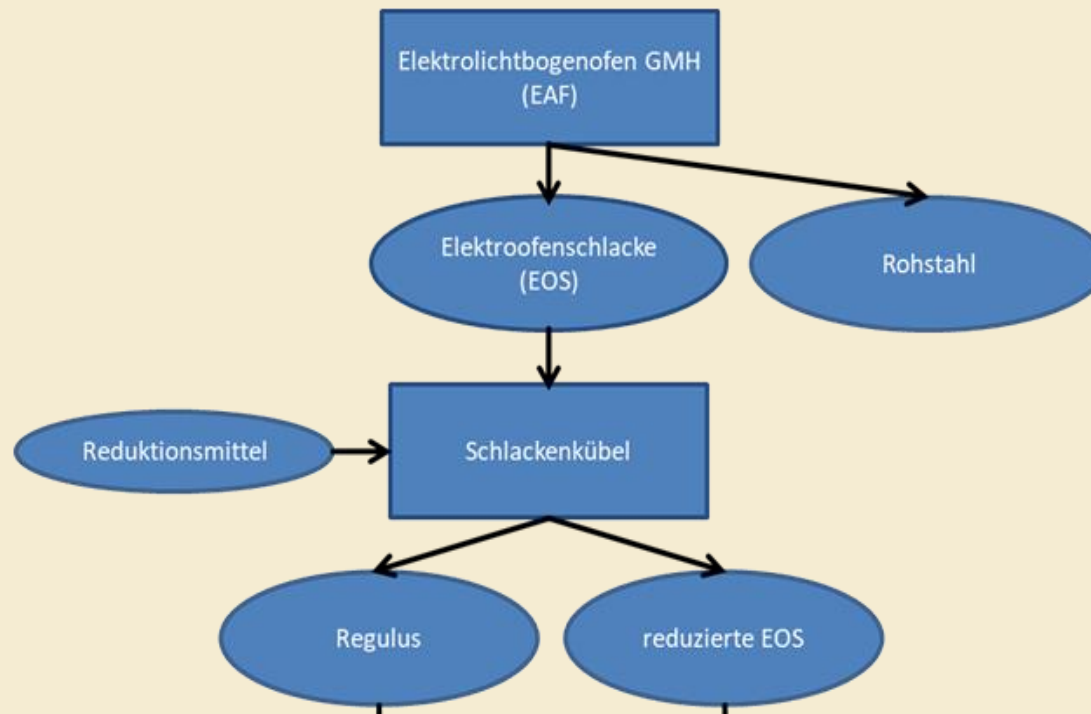
UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

INSTITUT FÜR
TECHNOLOGIEN
DER METALLE

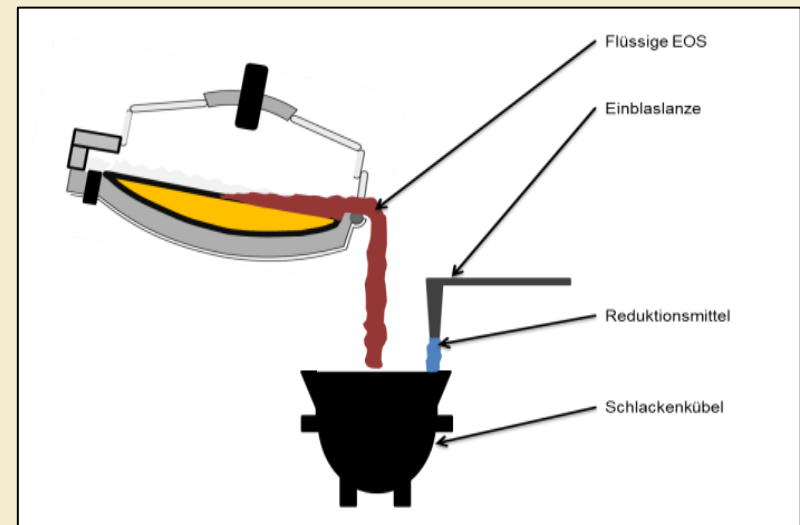


Verfahren der Pilotversuche



Versuchsablauf

- Einblasen der Reduktionsmittelmischung erfolgt gleichzeitig zum Abgießen der EOS
- Ziel der definierten Reduktion ist die Verringerung der Auslaugung der Metalle
- Hoher Reduktionsgrad führt zu einer hohen Viskosität der Schlacke und hohen Phosphorgehalten im Reduktionsmetall



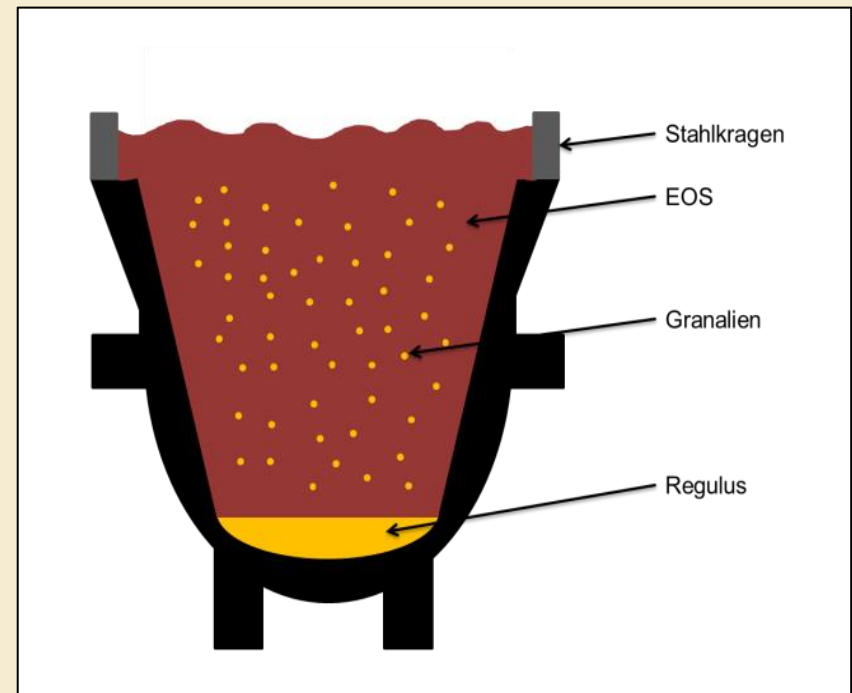
Reduktionsreaktion

- Reaktionsgase sorgen für gute Durchmischung und Auflösung des Reduktionsmittels in der EOS
- Aufgrund der hohen Reaktionskinetik wurde in späteren Versuchen ein Kragen an der Pfanne angebracht und weitere Kübel mit einem größeren Volumen angeschafft.



Schematischer Schnitt durch den Schlackenkübel

- Reduzierte Metalle aus der EOS bilden Granalien
- Ausbildung eines Regulus am Pfannenboden
- Variation der Standzeiten



Brechen und Trennen der Metallreguli

BTI 3



BTI 4



BTI 5



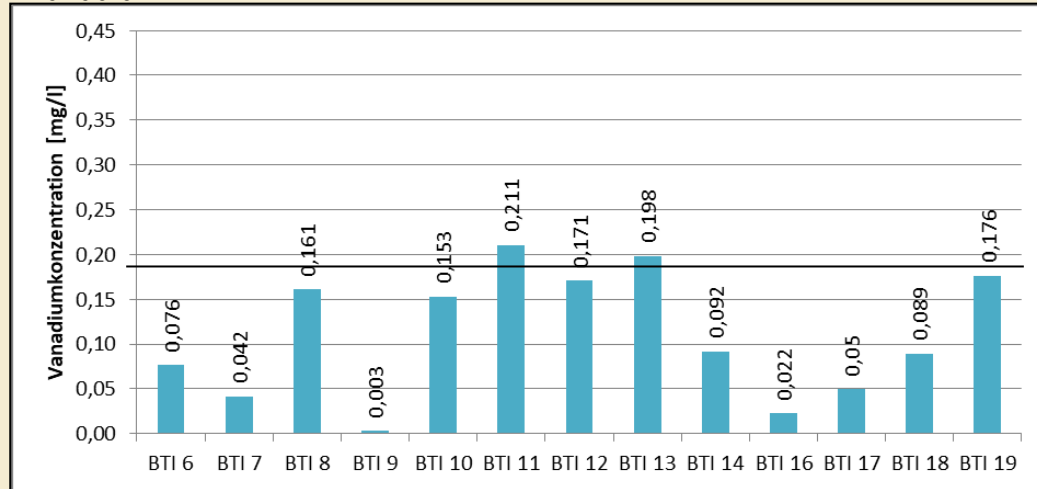
BTI 8



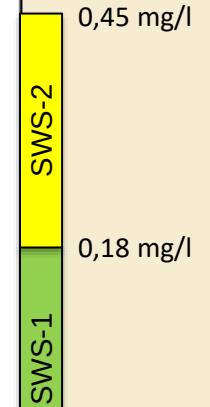
Elutionsergebnisse

- Perkolationsverfahren
W/F-Verhältnis 2:1
Korngröße 0/32 mm
- Deutliche Absenkung der Molybdänkonzentration im Eluat (Referenz Klasse SWS-3)

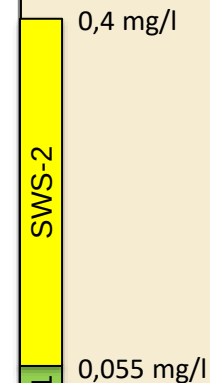
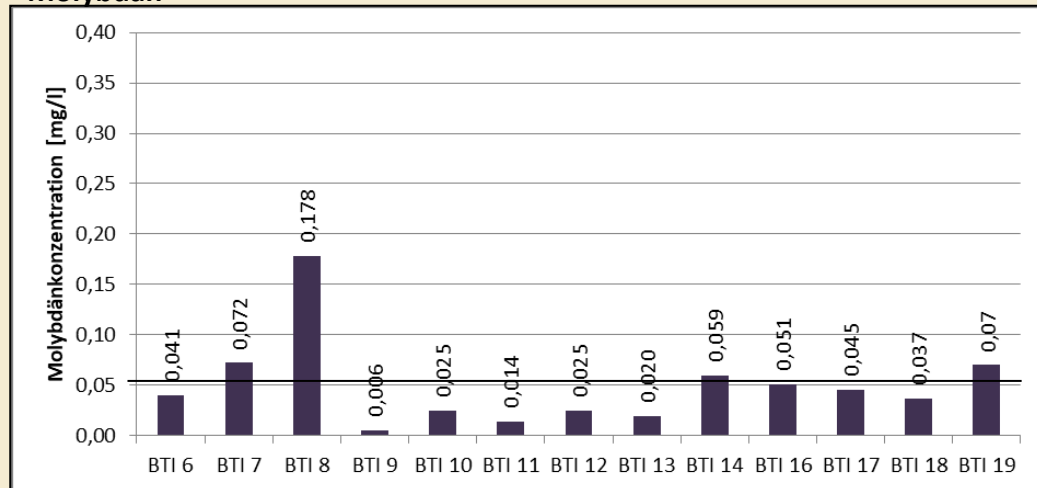
Vanadium



Grenzwerte



Molybdän



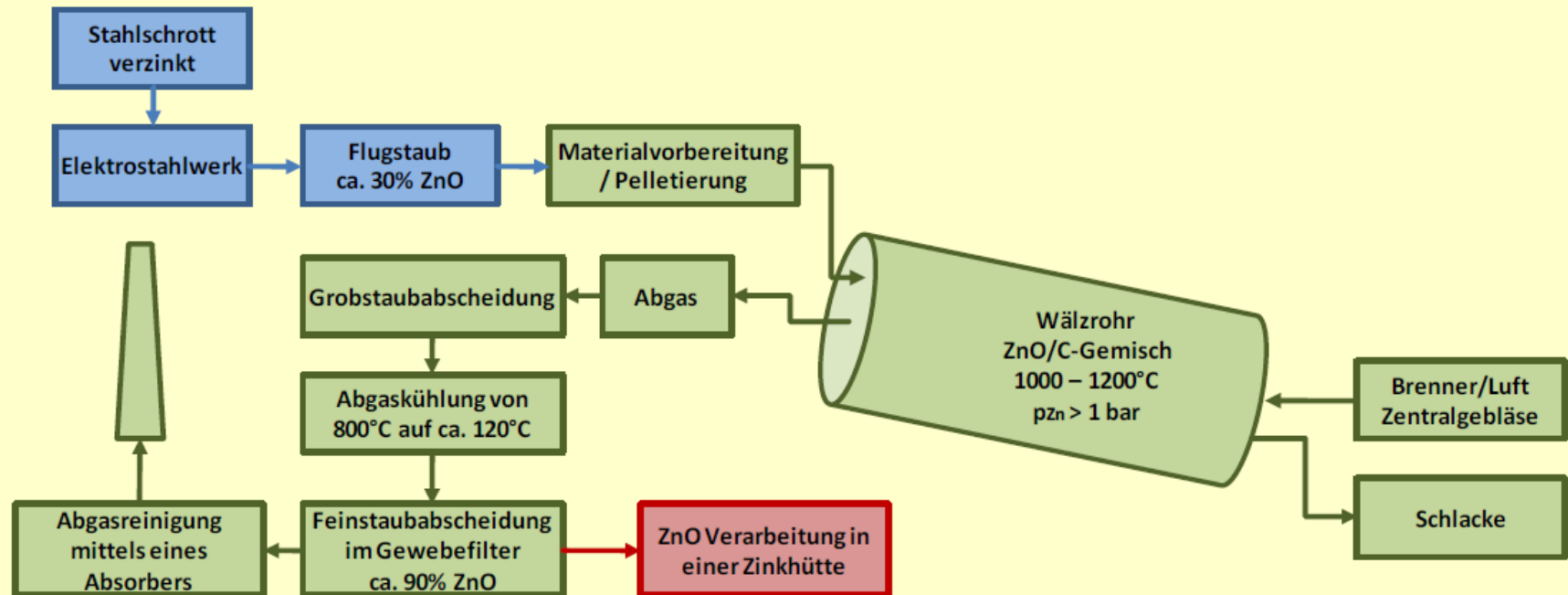
- Die definierte Reduktion der Elektroofenschlacken ist im Pilotmaßstab realisierbar.
- Es konnten Schlacken erzeugt werden, die den Umweltaspekten der zukünftig geltenden EBV entsprechen.
- Die technische Eigenschaften entsprechen den Anforderungen zum Einsatz im Straßenbau.
- Es wurde ein metallischer Regulus erzeugt, welcher dem Wertstoffkreislauf wieder zugeführt werden kann und somit die Rohstoffeffizienz steigert.
- Durch die Reduktion der Elektroofenschlacke kann die Molybdänelution deutlich verringert werden.



Wir bedanken uns für die Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (33756/01-21 „DIREKT“)

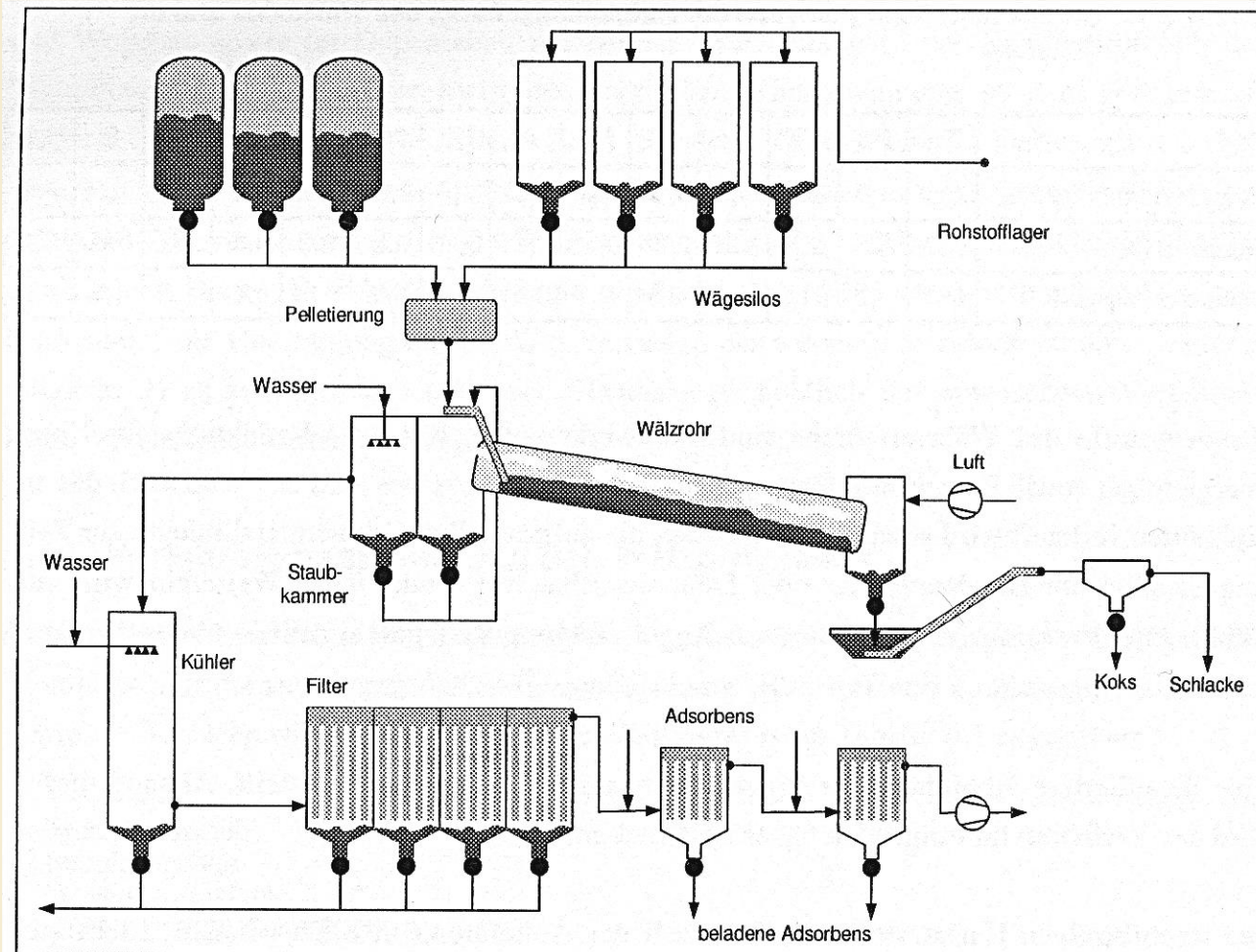
11. Rotary Kiln

Recycling Process of Zinc from EAF Dust Filter using Rotary Kiln in BEFESA Zinc Duisburg GmbH



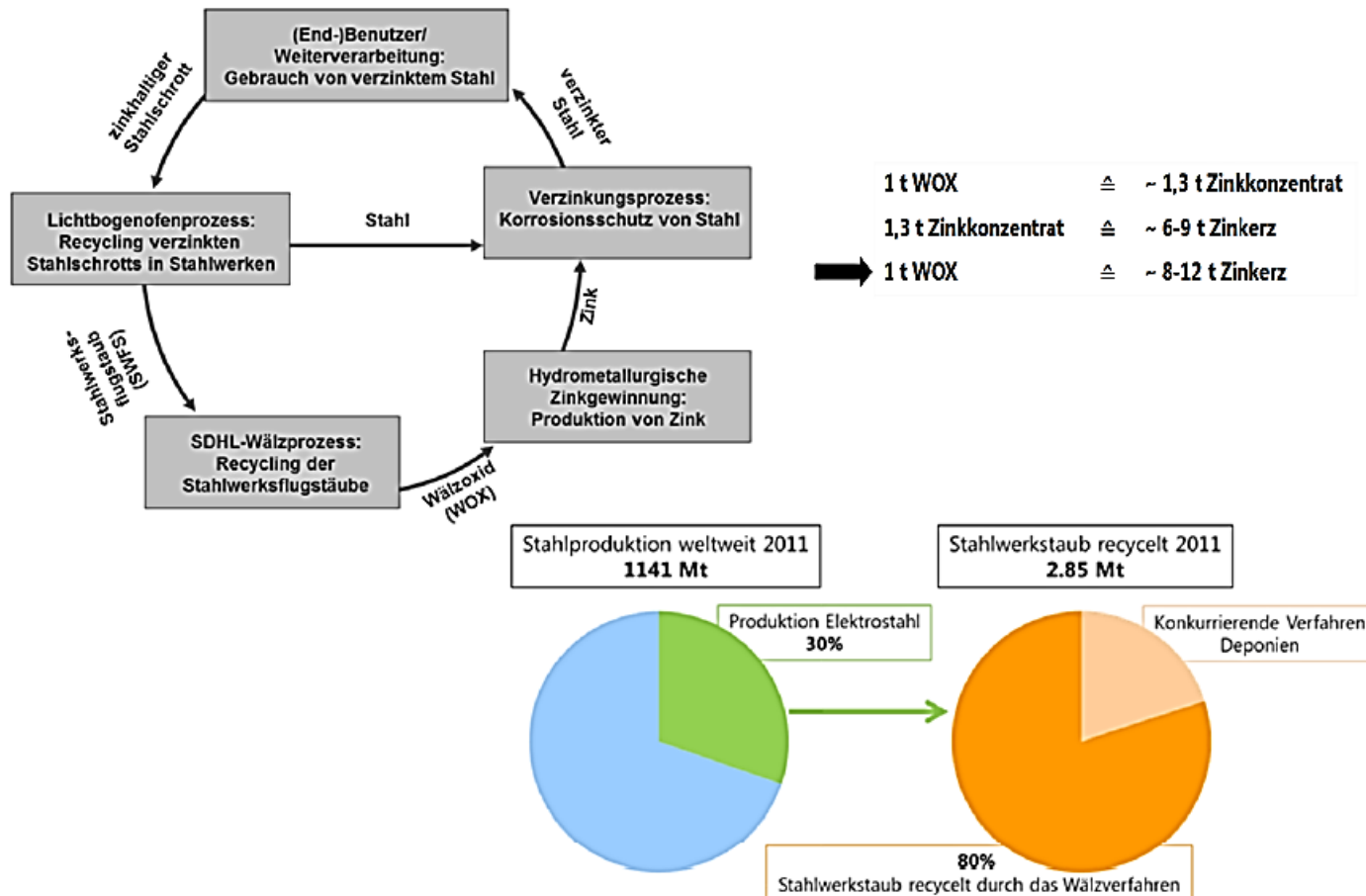
Deike, R.: Die zukünftige Bedeutung des Recyclings metallischer und oxidischer Reststoffe unter dem Aspekt veränderter globaler Rohstoffmärkte, in Rohstoffeffizienz und Rohstoffinnovationen (Hrsg. U.Teipel u. R.Schmidt), Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2011

Process Flow Diagram of Rotary Kiln Process



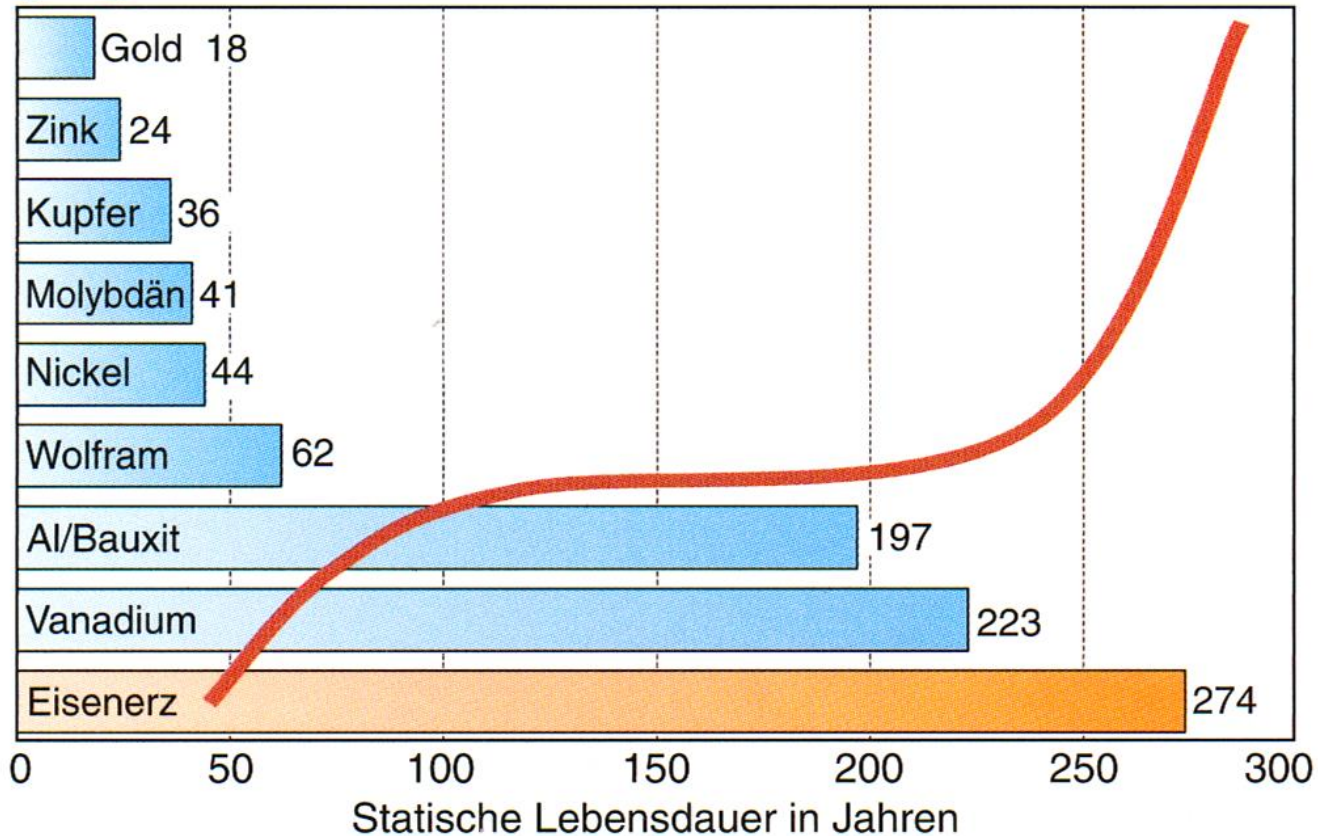
Rentz, O.; Fröhling, M.: Integrierter Umweltschutz in der Metallerzeugung, BMBF Abschlussbericht 01RWO169, 2006

The Iron – Zinc Cycle



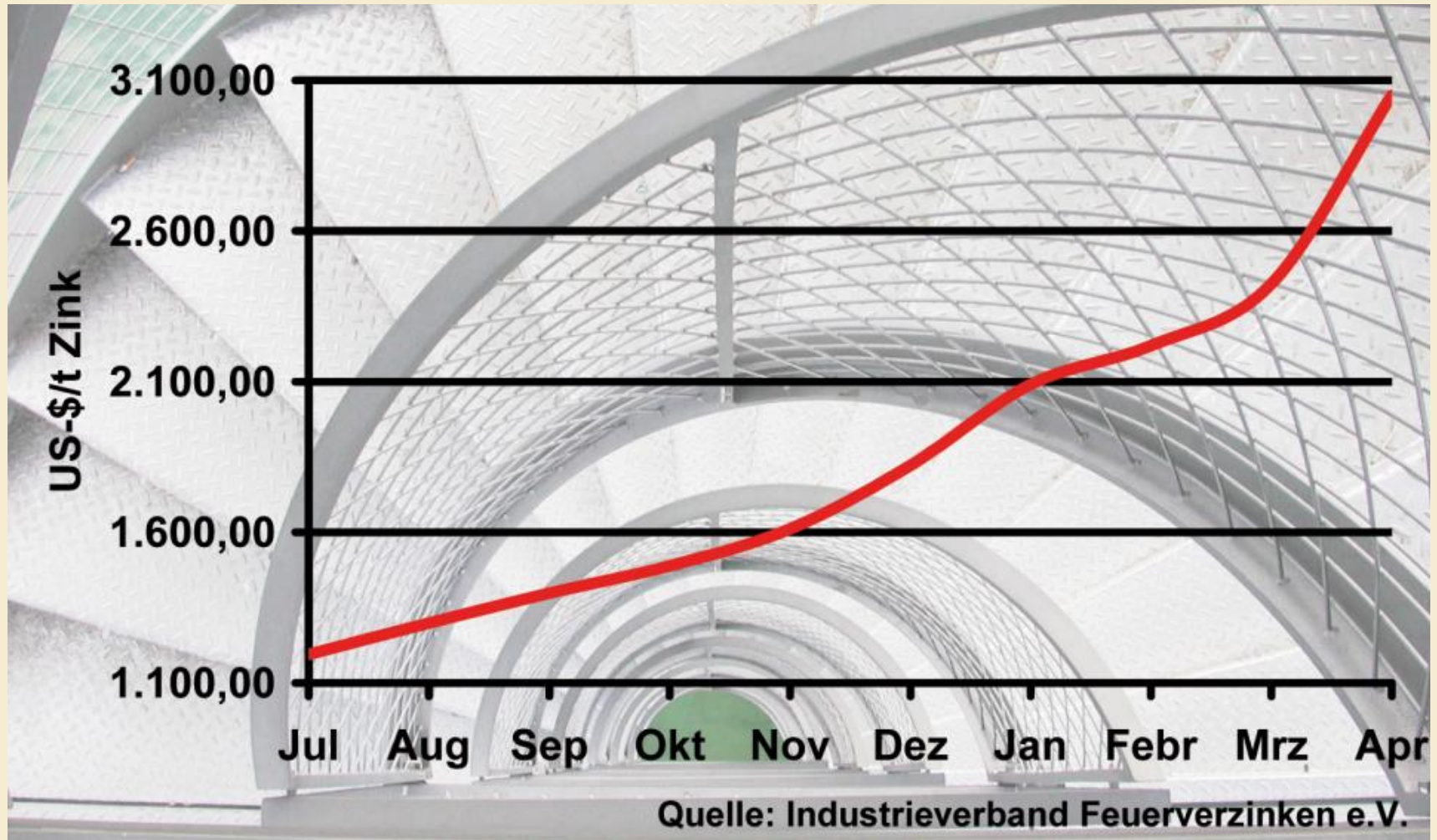
Von Billerbeck, E.. Verarbeitung von Filterstäuben aus der Elektrostaahlerzeugung im Wälzprozess, Aschen-Schlacken-Stäube und Baurestmassen, Berlin, 01.07.2014

Bedarf für die Erschließung neuer Lagerstätten (Explorationsausgaben/Reserven)
gering hoch



Wagner, M., Wellmer F.-W. : stahl und eisen 124 (2004) Nr.7, S.41-45

Zinc Price between July 2005 and April 2006



12. Waste Generation in Steel Industry

Steel Production in an Integrated Metallurgical Plant



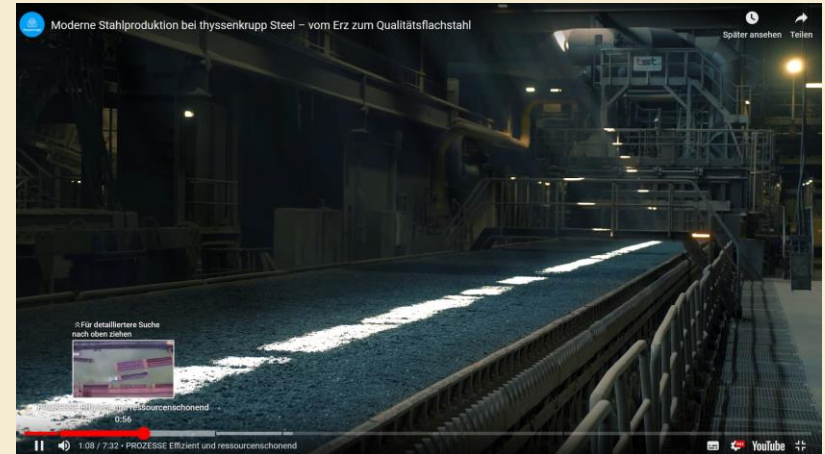
UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken



<https://www.google.de/search?q=Stahlherstellung+bei+Thyssen&source>

Steel Production in an Integrated Metallurgical Plant



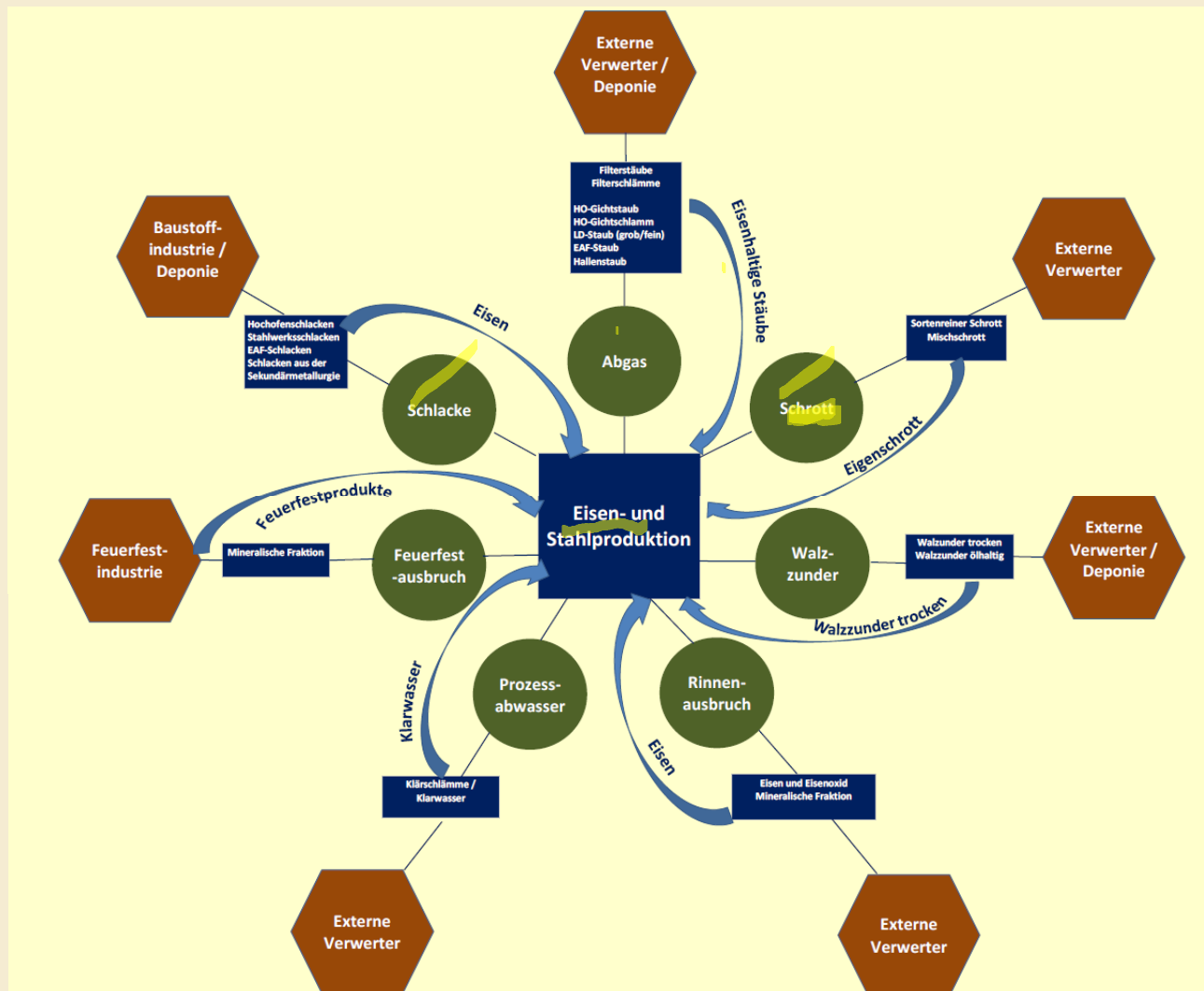
<https://www.google.de/search?q=Stahlherstellung+bei+Thyssen&source>

Steel Production in an Integrated Metallurgical Plant

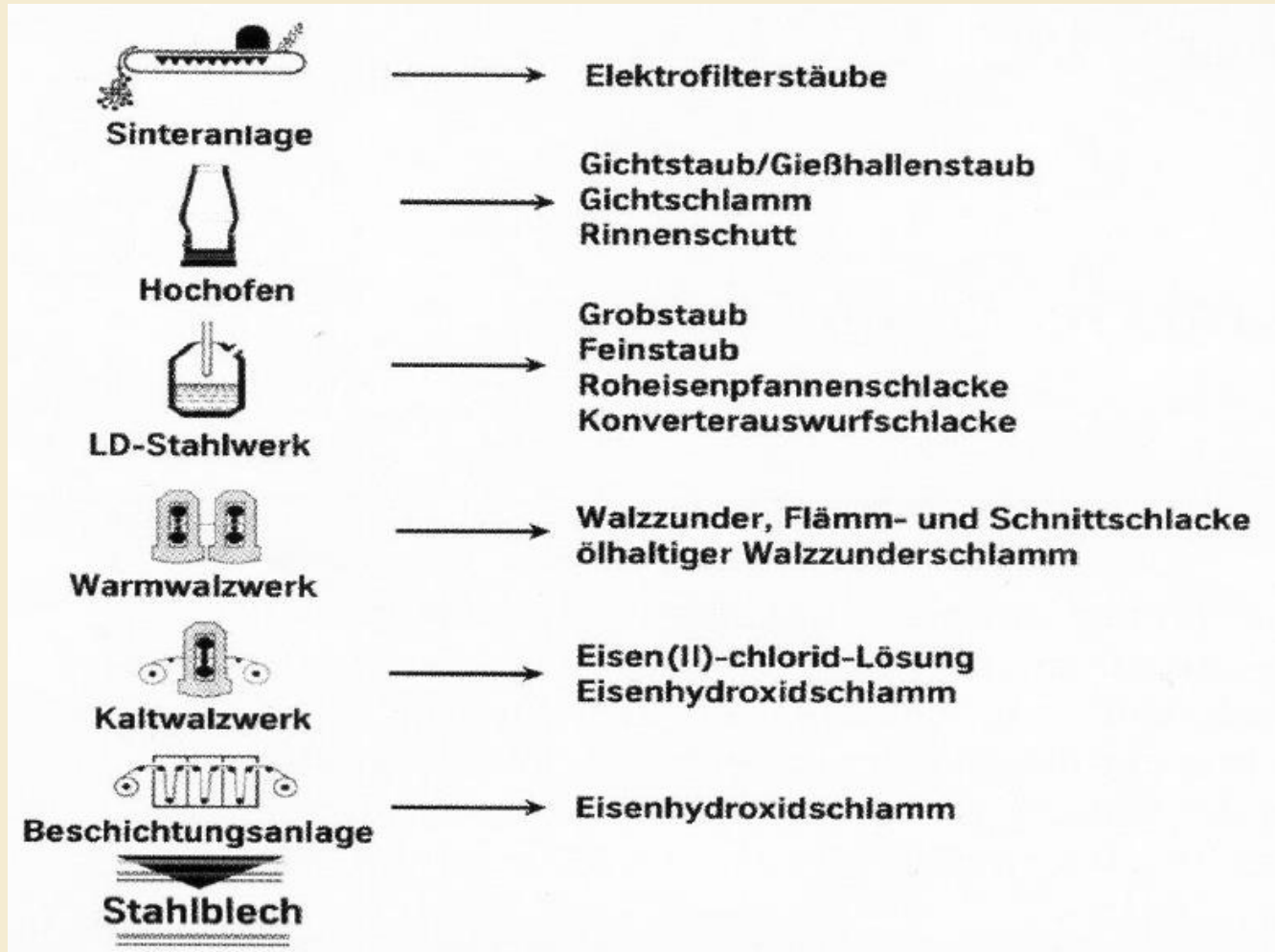


Ameling, D.: Stahl trägt die Welt, Vortrag TU Braunschweig, 25.06.2007

Application and Recycling of Waste Materials in the Steel Industry

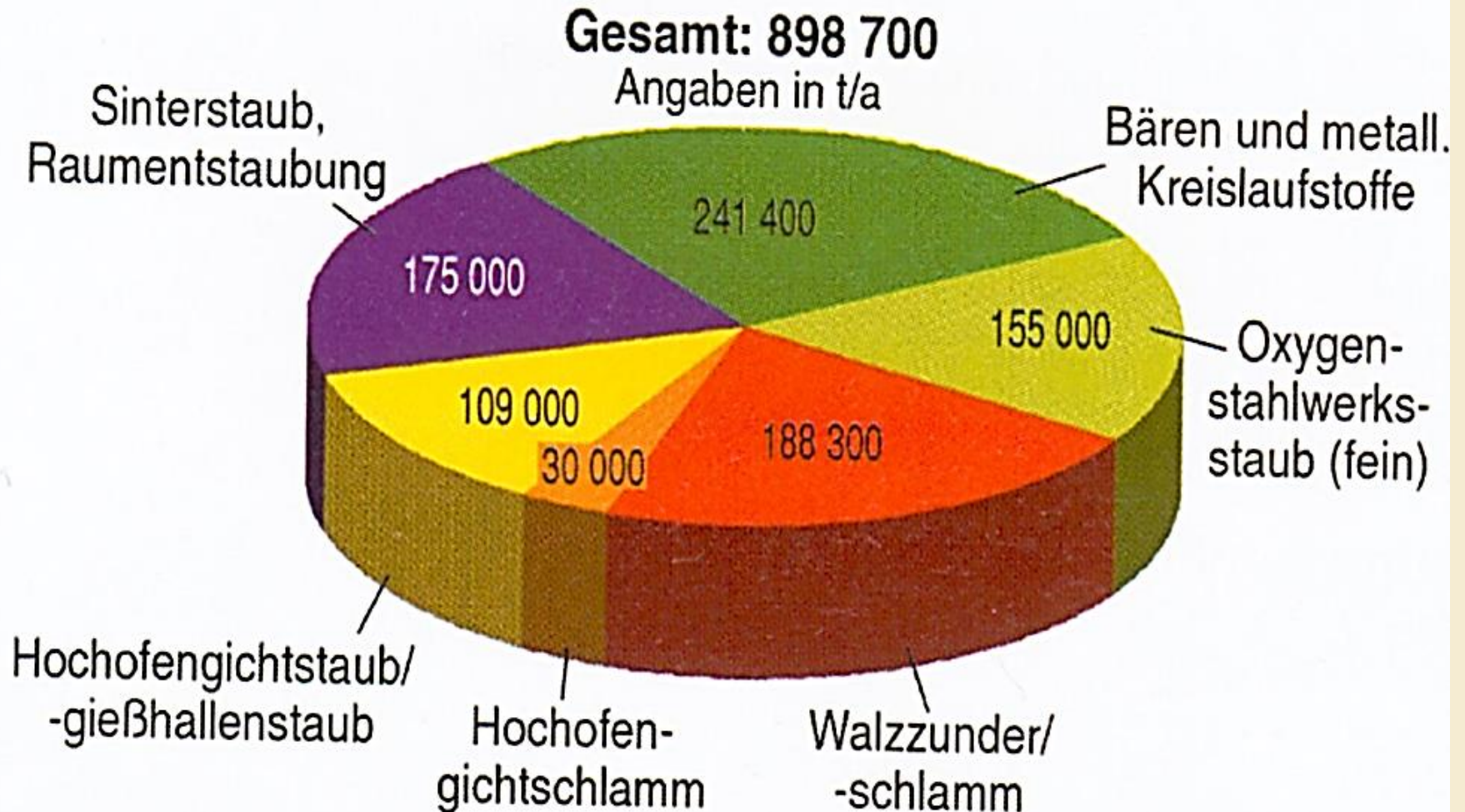


Formation of Iron- and Carbon-containing Residue at ThyssenKrupp Stahl AG

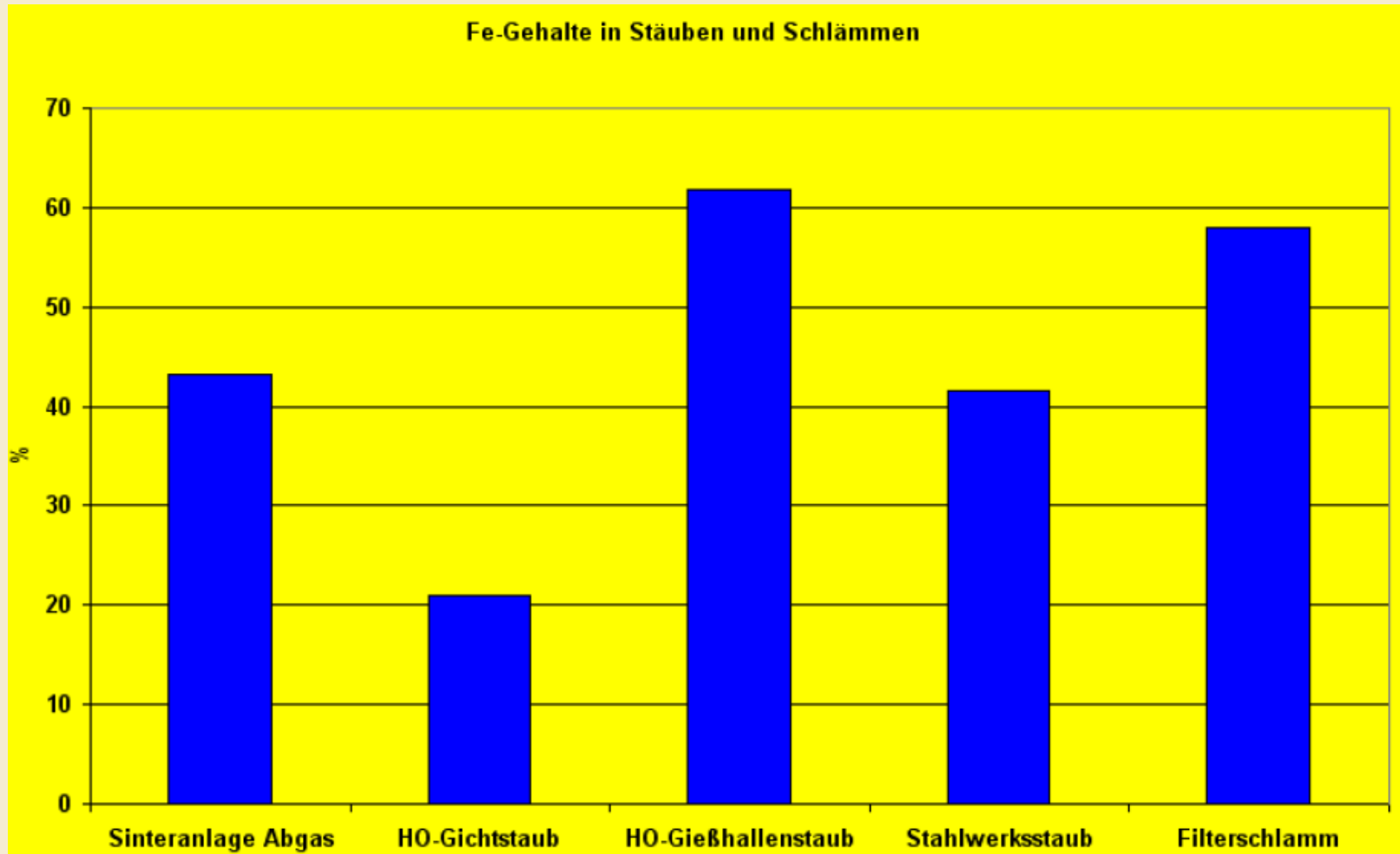


Stahl und eisen 125 (2005) Nr. 2, S.21-24

Content of Residues in Year 2004 at ThyssenKrupp Stahl AG

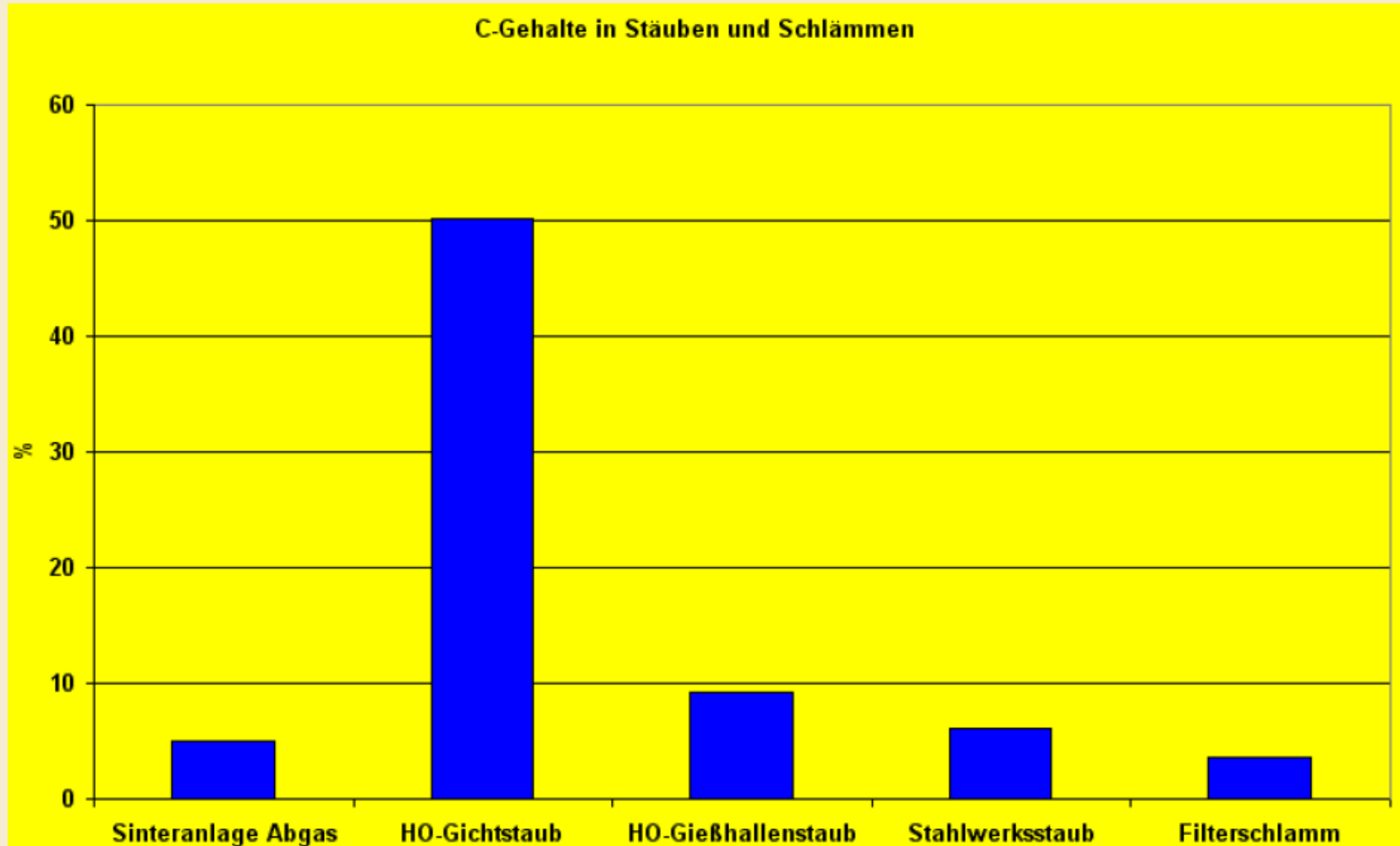


Typical Iron Content in Dust and Sludge of a Steel Plant



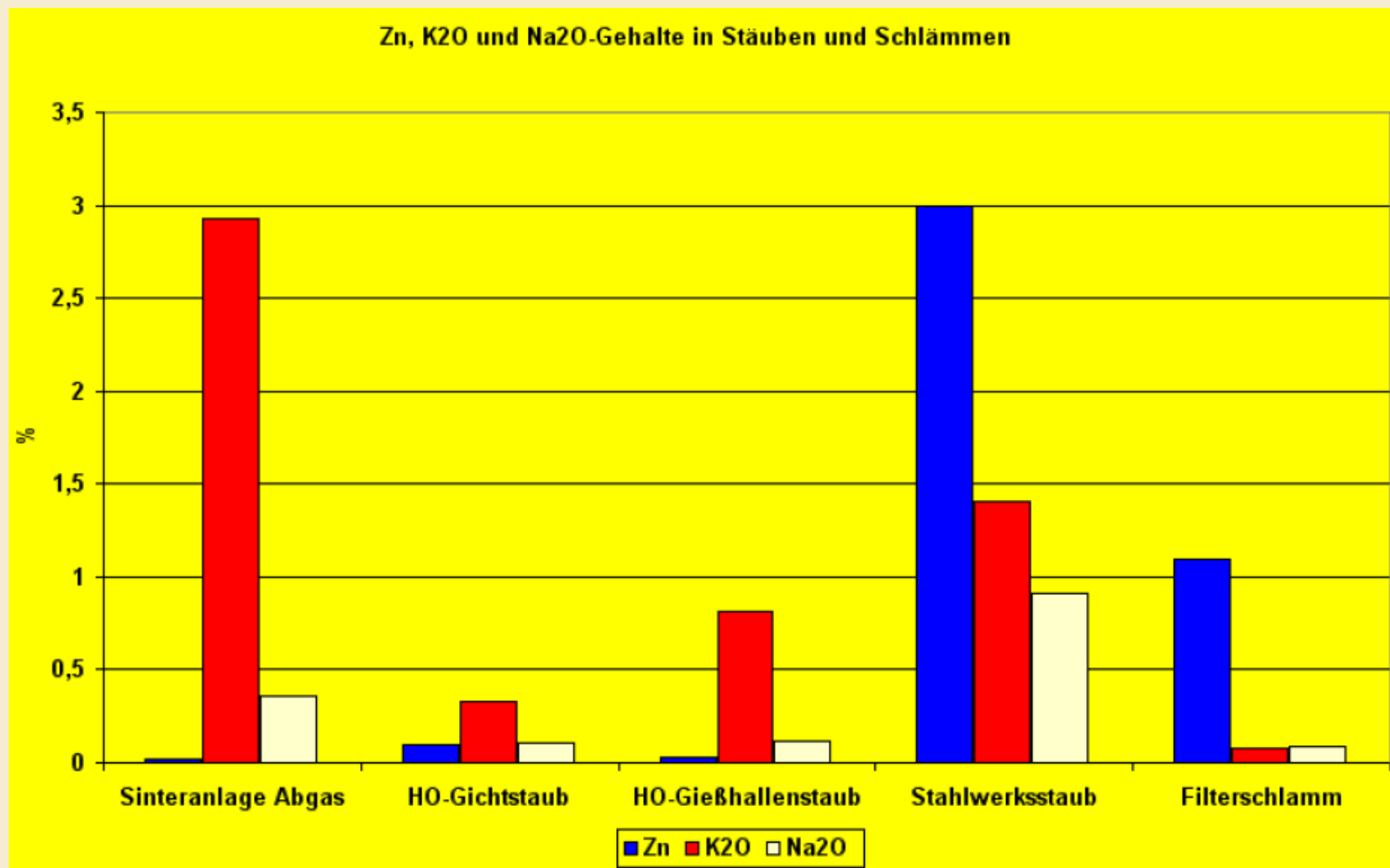
Liebisch, R.: Diplomarbeit, Duisburg 1992

Typical Carbon Content in Dust and Sludge of a Steel Plant



Liebisch, R.: Diplomarbeit, Duisburg 1992

Typical Zinc, K₂O and Na₂O Content in Dust and Sludge of a Steel Plant



Liebisch, R.: Diplomarbeit, Duisburg 1992

Dust and Sludge in the German Steel Industry in 2004

• Fine Dust from Sinter Plant	:	30,974 ton/a
• Course Dust form Sinter Plant	:	315,206 ton/a
• Dust from Blast Furnace Gas	:	327,960 ton/a
• Sludge from Blast Furnace Gas	:	216,818 ton/a
• Dust Collector of Blast Furnace	:	105,676 ton/a
• Fine Dust/Sludge from Converter	:	426,350 ton/a
• Course Dust/Sludge from Converter	:	191,310 ton/a
• Dust from Electric Arc Furnace	:	154,870 ton/a
• Other Dust	:	52,838 ton/a
Total of Dust and Sludge	:	1,822,002 ton/a

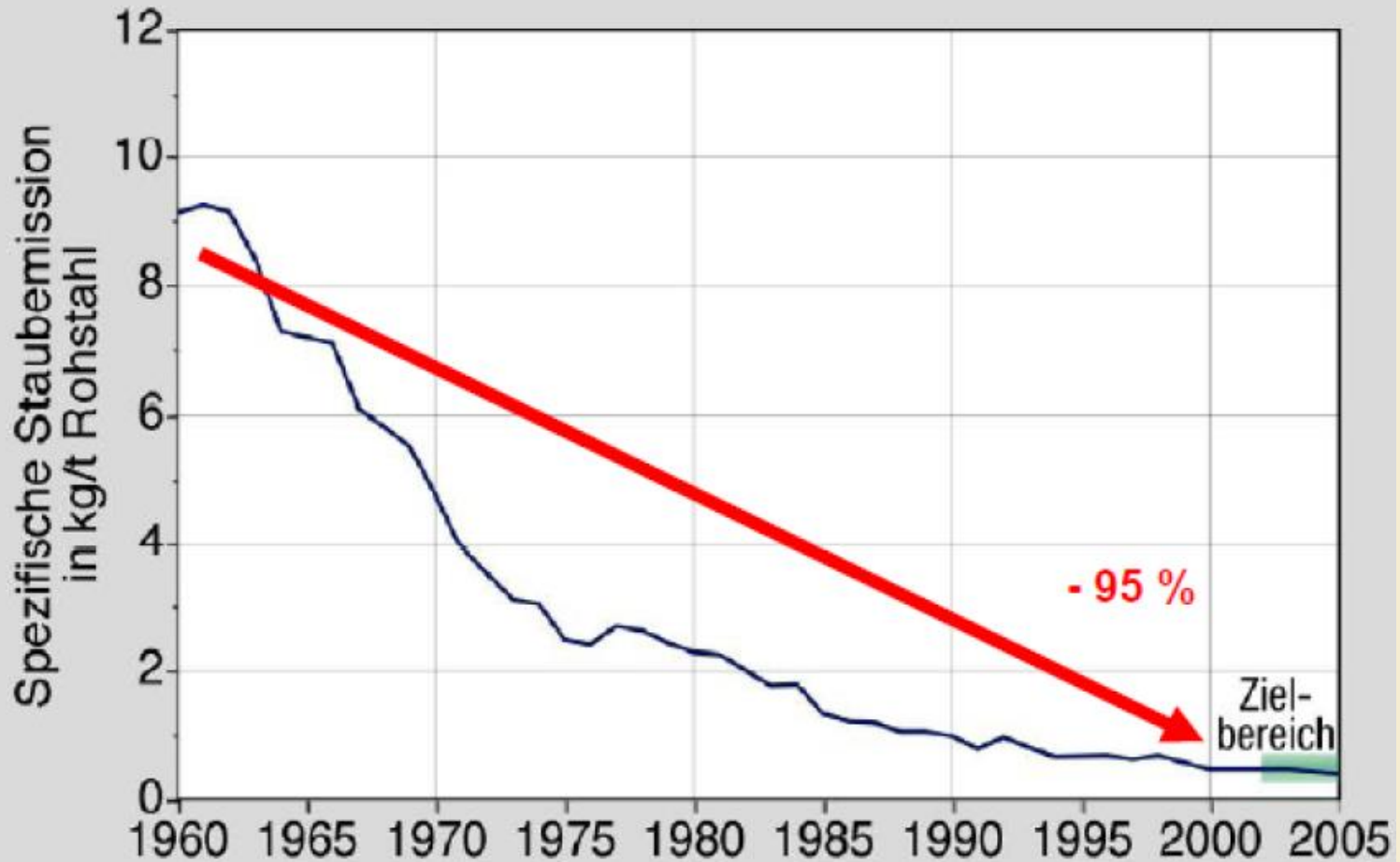
TOTAL Crude Steel Production in Germany

• LD Converter Production Route (70%)	46,408,000 ton/a
• Electric Arc Furnace Production Route (30%)	32,485,600 ton/a
	13,922,400 ton/a

Dust and Sludge in Germany

• LD Converter Production Route (51 kg/Steel)	1,656,765 ton/a
• EAF Production Route (11 kg/Steel)	153,146 ton/a

The Development of Specific Dust Emission



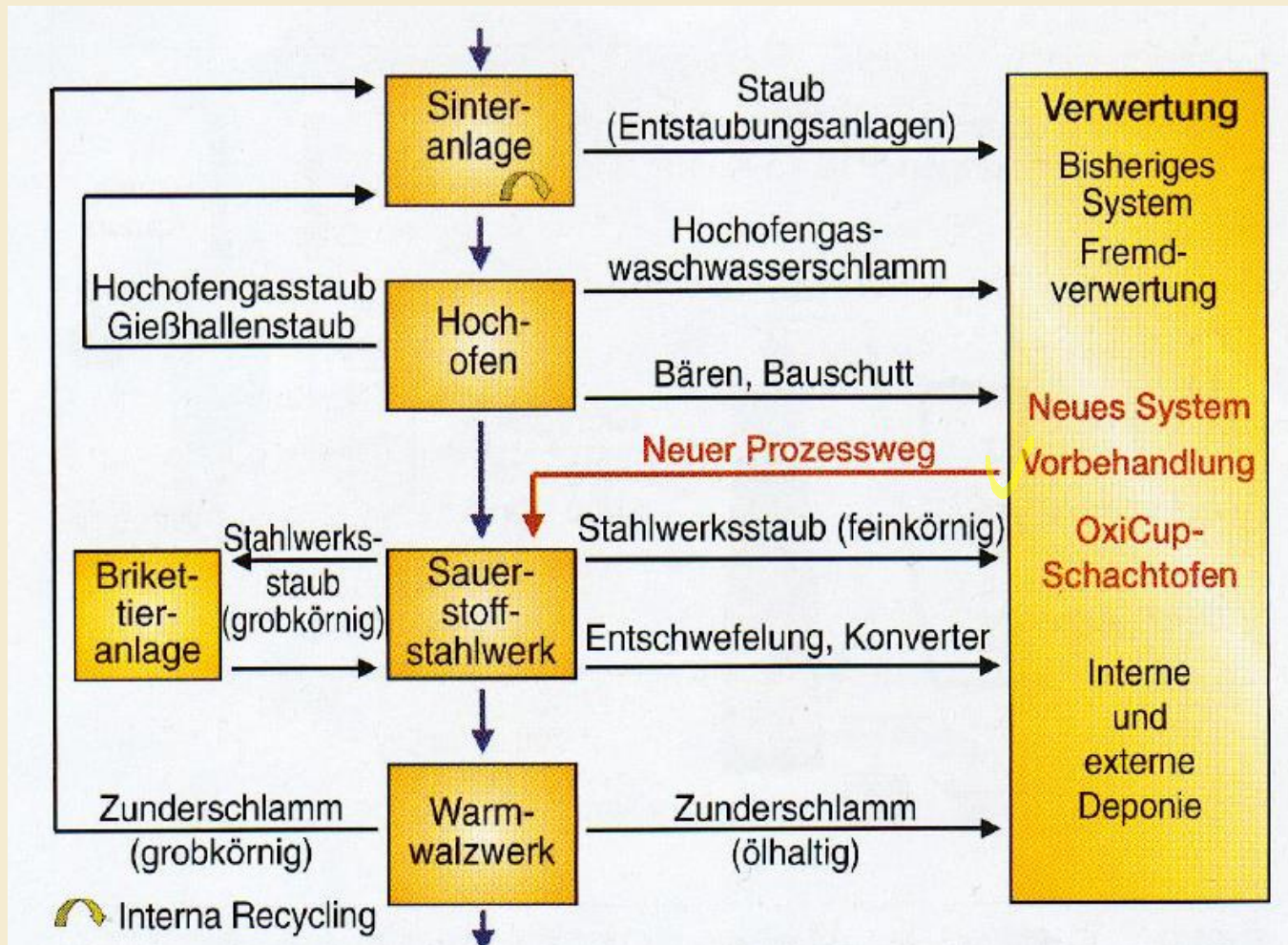
Ameling, D.: Ressourceneffizienz-Stahl ist die Lösung, BDSV Jahrestagung, 14.09.07

Key Figures of the Circular Economy and Waste Disposal in 2002

	ThyssenKrupp Stahl AG	voestalpine- Division Stahl
Werksintern verwertete eisenhaltige Rohstoffe	1 085 000 t/a	310 000 t/a
davon Zunder, Stäube, Schlämme	680 000 t/a	120 000 t/a
Abfallbeseitigung auf werksinternen Deponien	96 500 t/a	50 000 t/a
Abgabe an externe Recyclingunternehmen	285 000 t/a	564 000 t/a

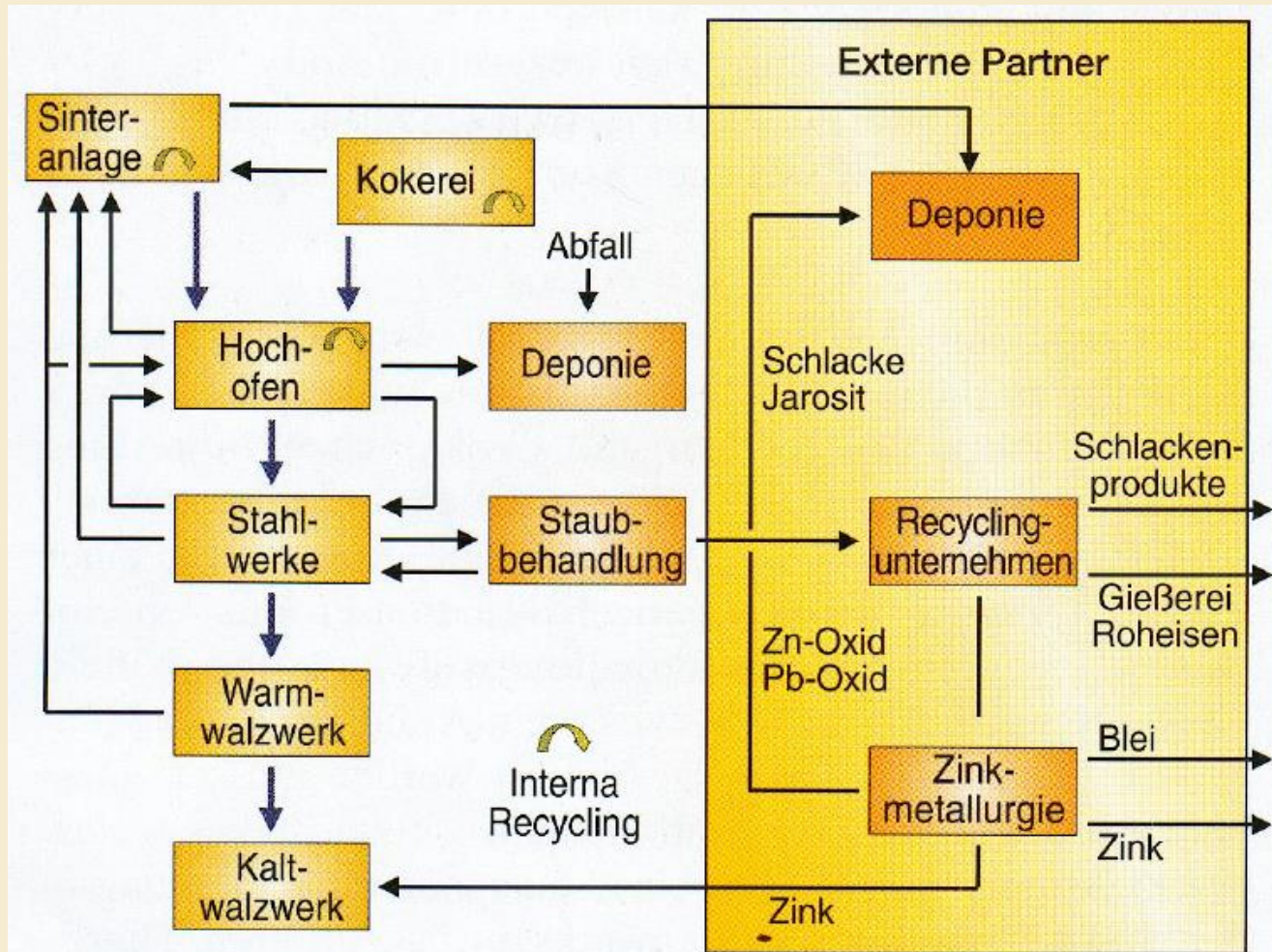
Stahl und eisen 123 (2003) Nr. 2, S.73-78

Substance Flow Management System of ThyssenKrupp Stahl AG



Stahl und eisen 123 (2003) Nr. 2, S.73-78

Substance Flow Management System of Voestalpine Stahl AG



Stahl und eisen 123 (2003) Nr. 2, S.73-78

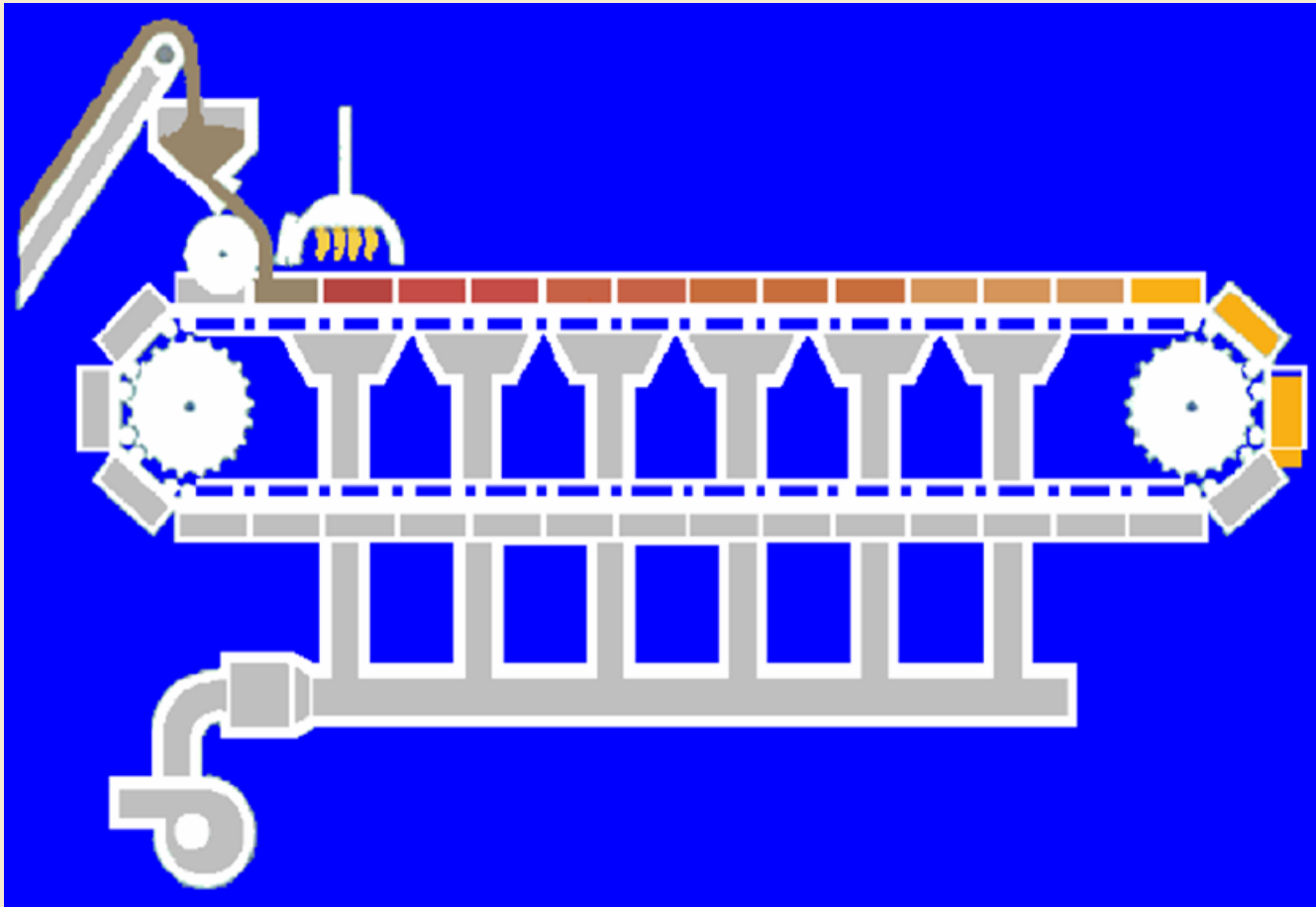
Average Amount of Waste in Steel Production

Reststoffe	Spezifische Mengen [kg / t flüssiger Stahl]
Sinteranlage	
• Staub	0,9 – 15
Hochofen	
• Gießhallenstaub	0,5 – 1,5*
• Gichtgasreinigungsstäube und –schlämme	14
• Schlacke	280
Roheisenentschwefelung	9 – 18
Oxygenstahlwerk	
• Stäube aus der Konvertergasreinigung, grob	3 – 12
• Stäube aus der Konvertergasreinigung, fein	9 – 15
• Konverterschlacke	99
• Schlacken von Roheisenpfanne, Mischer, Stahlpfanne und Gießwanne	34
• Schlacken aus der Sekundärmetallurgie	11
• Feuerfestausbruch	6
Elektrolichtbogenofen	
• Schlacken	
• unlegierte Stähle	129
• niedrig legierte Stähle	109
• hochlegierte und rostfreie Stähle	161
• Staub der Ofen- und Raumentstaubung	15
Stranggießen	4 – 6
Walzwerke und Oberflächenveredelung	
• Eigenschrott	80 – 100*
• Walzzunder	15 – 50*
• ölhaltiger Walzzunder	2,5 – 10*
• Beizen, Eisensulfat	1 – 5*
• Entfettungsrückstände	<< 1*

Rentz, O: Prozessintegrierte
Umweltschutzmaßnahmen in der Eisen- und
Stahlindustrie, BMBF Abschlussbericht
01RV9701, 1999

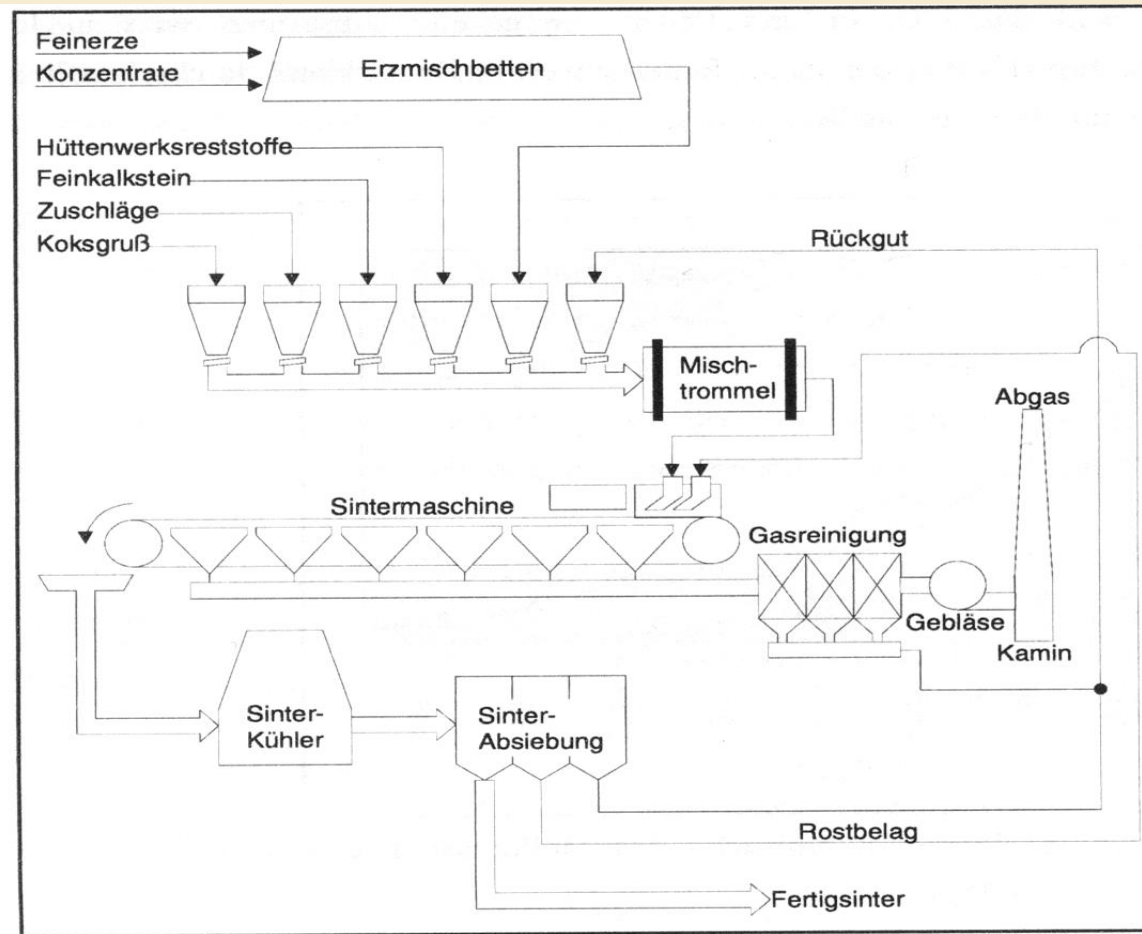
12.1. Waste Generation in a Sinter Plant

Principle of the Sinter Process



www.hkm.de

Mass Flow Sheet of a Sinter Plant



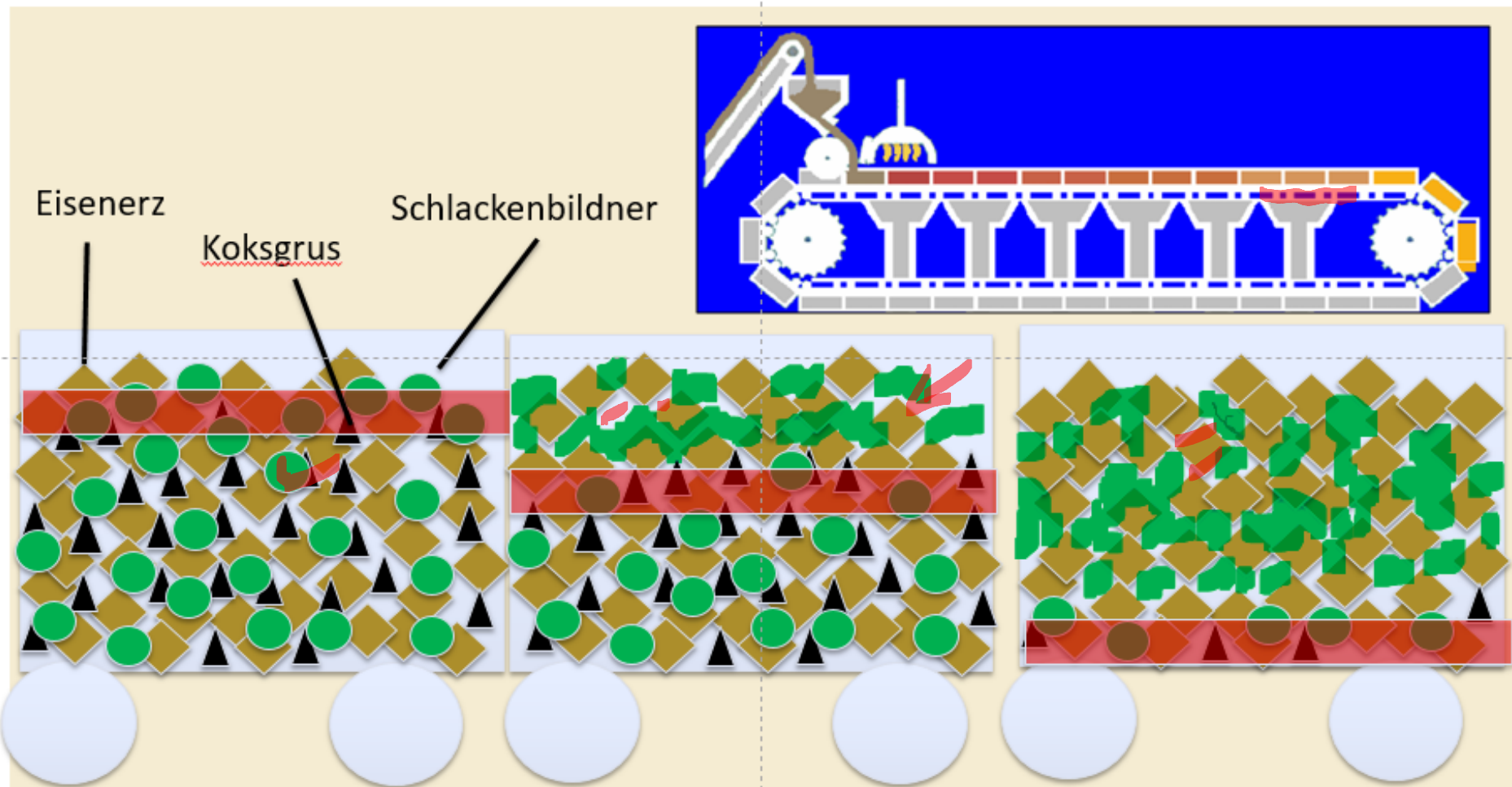
Rentz, O: Prozessintegrierte Umweltschutzmaßnahmen in der Eisen- und Stahlindustrie, BMBF Abschlussbericht 01RV9701, 1999

Sinter Belt

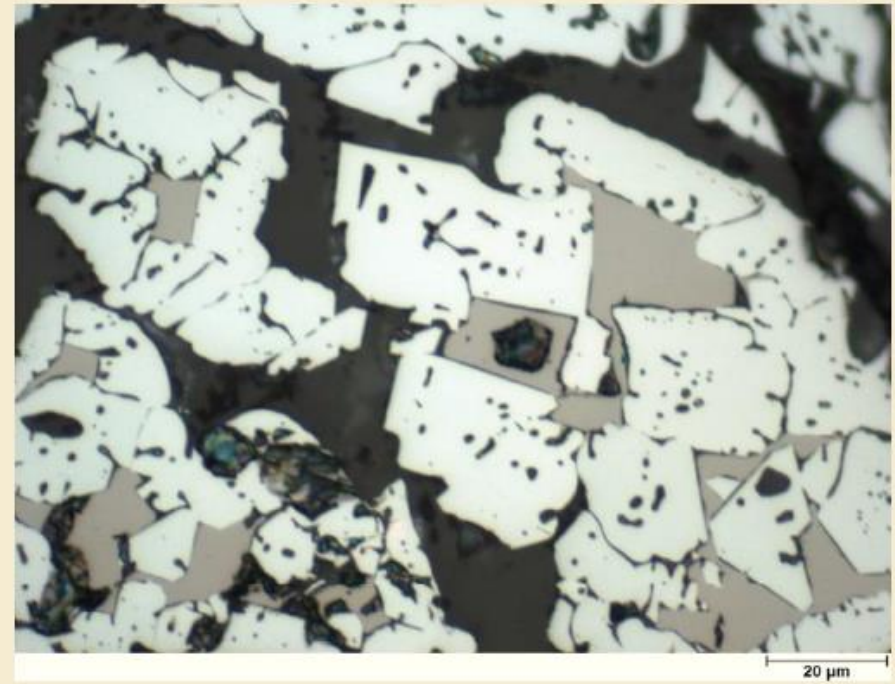
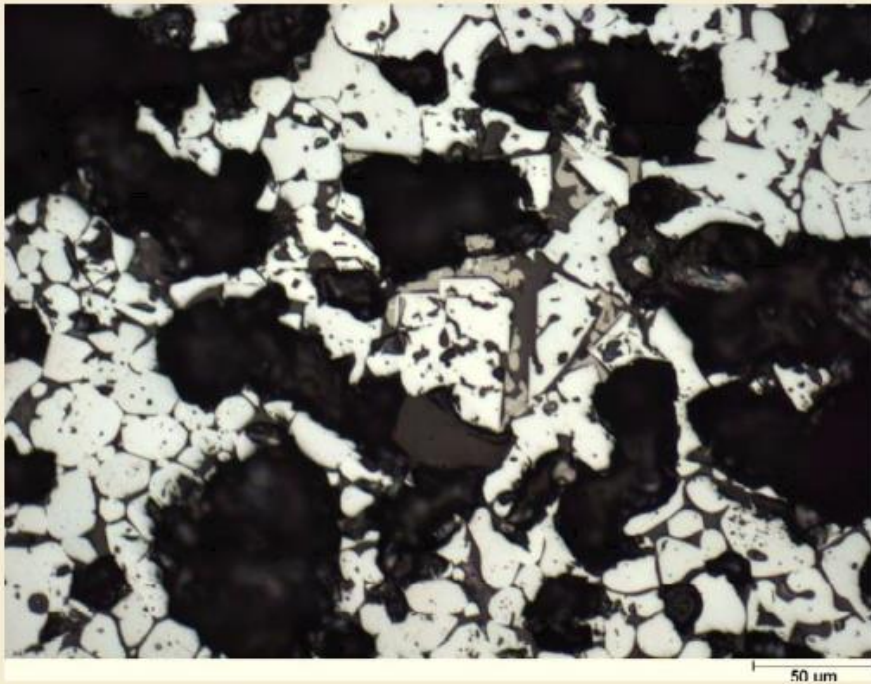


TKSE Imagebroschüre

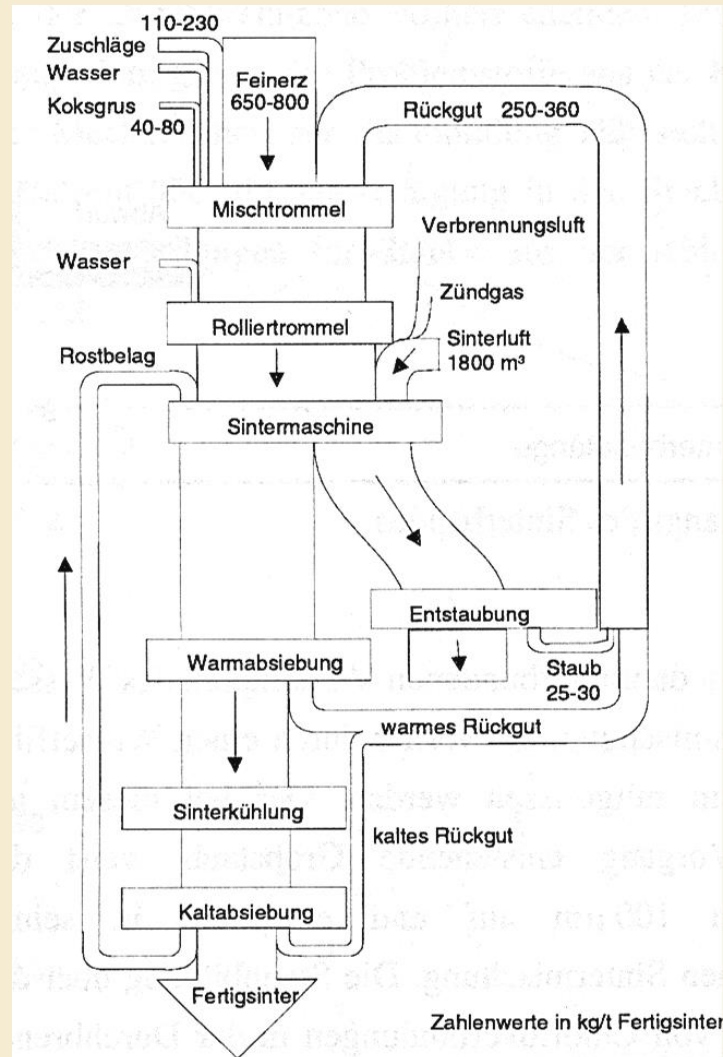
Agglomeration der Erzpartikel beim Sintern



Micrograph of a Sinter



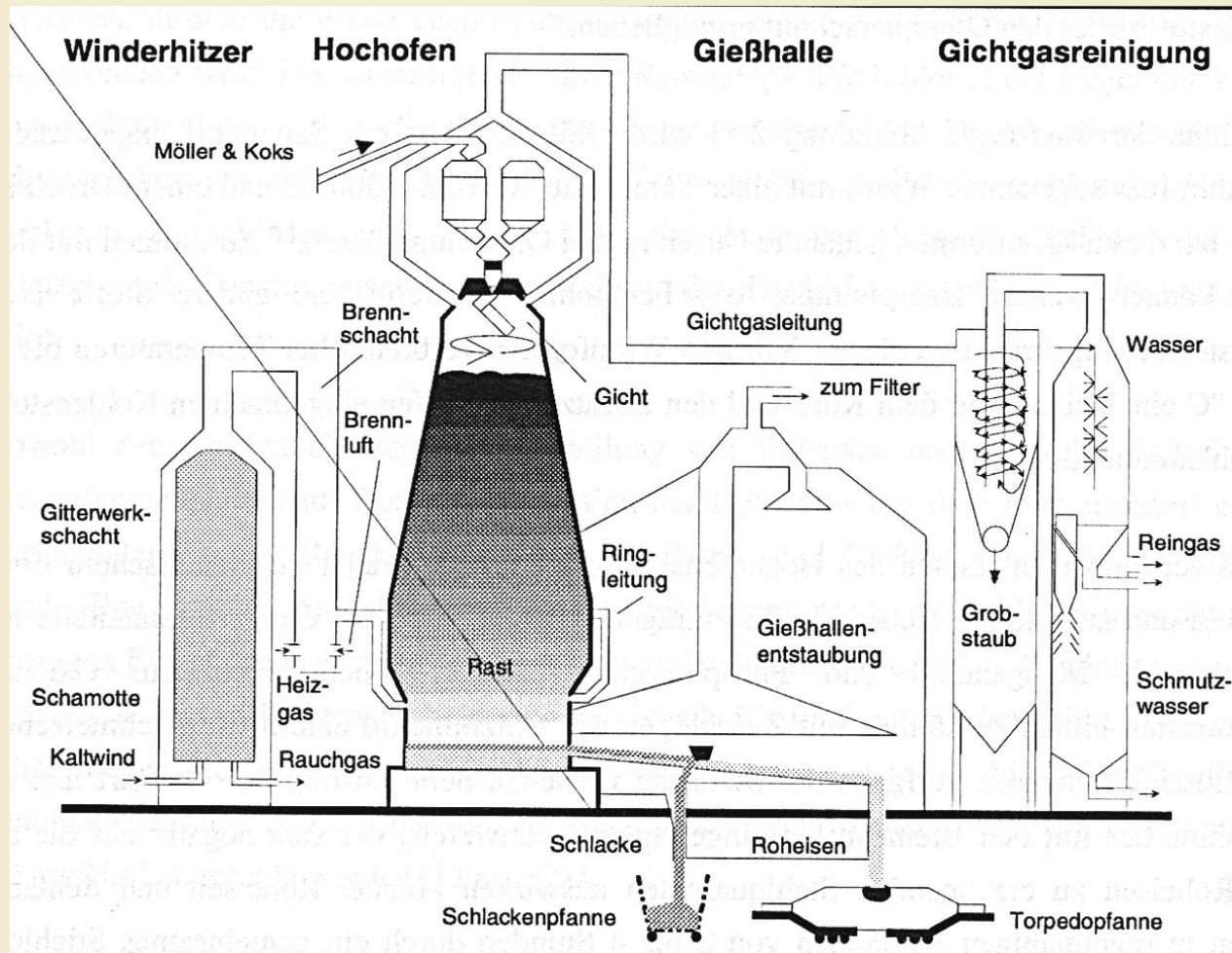
Mass Balance in a Sinter Plant



Rentz, O: Prozessintegrierte
Umweltschutzmaßnahmen in der Eisen- und
Stahlindustrie, BMBF Abschlussbericht
01RV9701, 1999

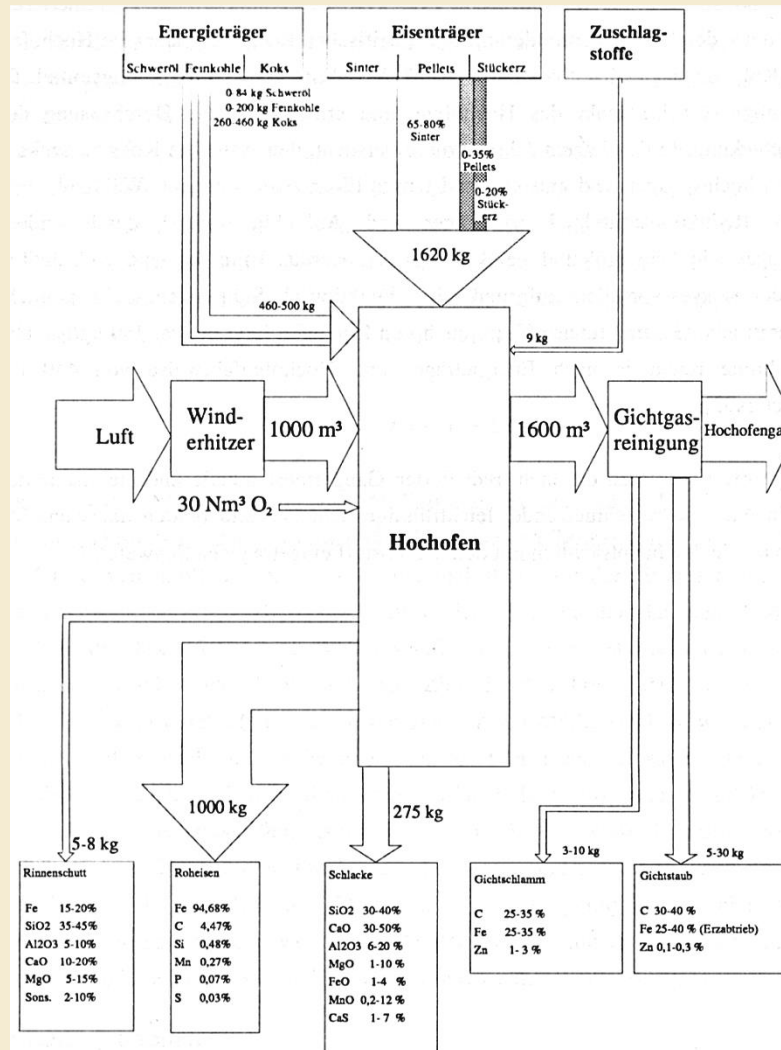
12.2. Waste Generation in a Blast Furnace

Illustration of a Blast Furnace



Rentz, O: Prozessintegrierte Umweltschutzmaßnahmen in der Eisen- und Stahlindustrie, BMBF Abschlussbericht 01RV9701, 1999

Material Balance in Blast Furnace Process



Rentz, O: Prozessintegrierte
Umweltschutzmaßnahmen in der
Eisen- und Stahlindustrie, BMBF
Abschlussbericht 01RV9701, 1999

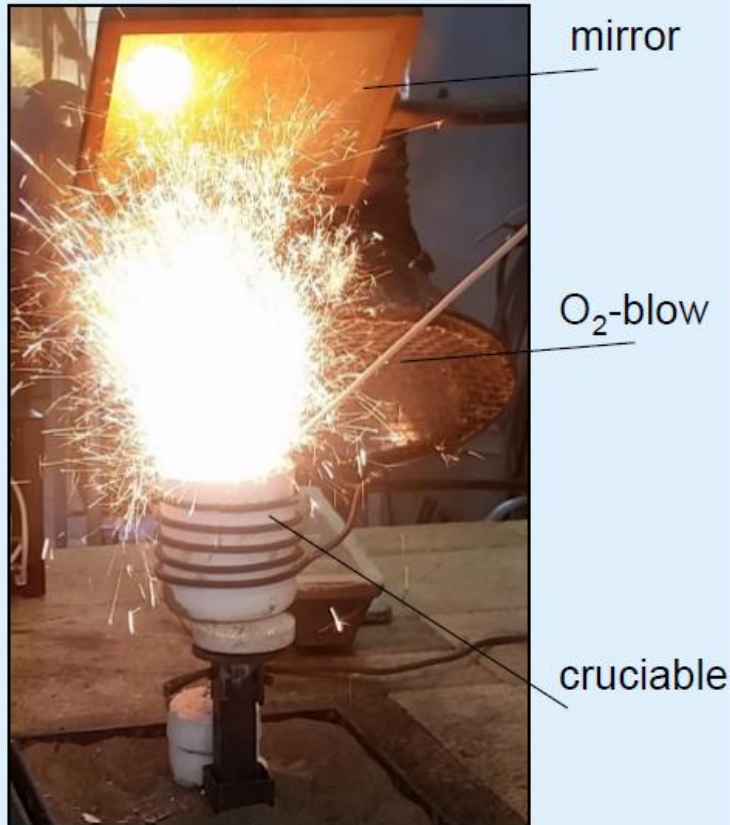
Composition of the Dust and Sludge from Blast Furnace

Elemente Verbindungen	Gichtstaub Gew%	Gichtschlamm Gew%
Fe_{gesamt}	34,4	25,7
Fe_{gesamt}		39,5
FeO		2,5
Fe₂O₃		53,28
C	28,9	23,1
SiO₂	6,3	9,2
CaO	6,3	5,4
Al₂O₃	2	4,6
Zn	0,2	4,2
Pb	0,07	2

Rentz, O: Prozessintegrierte Umweltschutzmaßnahmen in der Eisen- und Stahlindustrie,
BMBF Abschlussbericht 01RV9701, 1999

12.3. Waste Generation in a Steel Plant

Experiments at University Duisburg-Essen



Experimental set up

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Deike; Manuel Foppe, M.Sc.

Confidential · All rights reserved · © 2014 SMS Siemag AG

Aim

- Investigate slag formation for the first 2min of blow (before lime addition)
- Investigate effect of carbon on reaction kinetics and slag formation

Procedure

O₂-blow of a high and a low C melt

- Similar initial composition (Heat 66615)
- Estimate C, Si and Mn oxidation
- Slag amount + composition
- Blowing observed + camera recorded

Set-Up

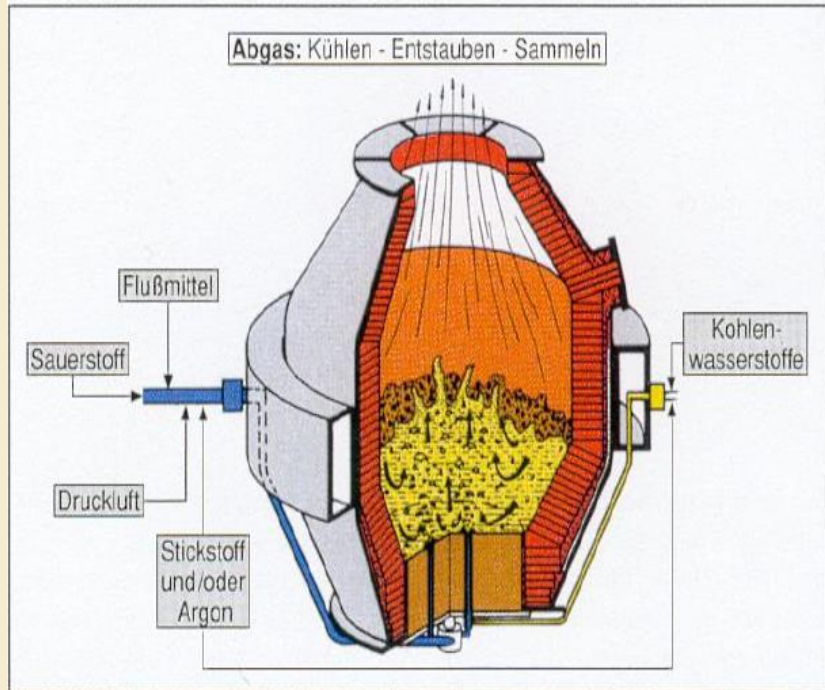
1. Inductive melting and heating of ~1kg of materials to a temperature of 1550°C
2. Initial Sampling: melt
3. O₂ blown at 2.4 L/min
4. Sampling after 2min: melt + slag

The Converter

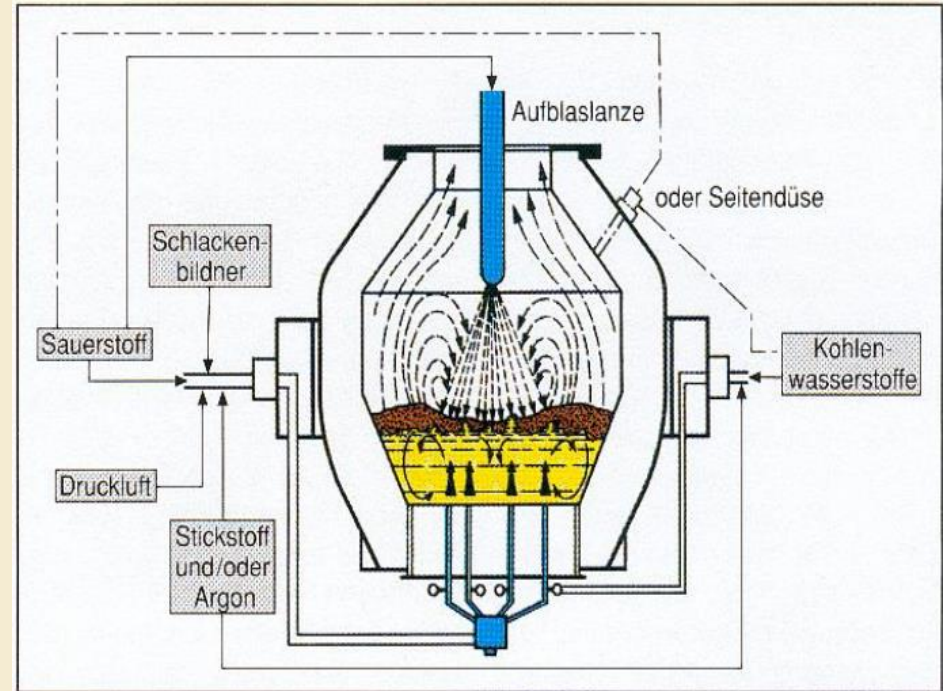


Köhler, E.: Der Weg vom Thomas zum LD-Verfahren- Bericht eines Zeitzeugen, Duisburg 2004

Combined Oxygen-blown Steel Making Process



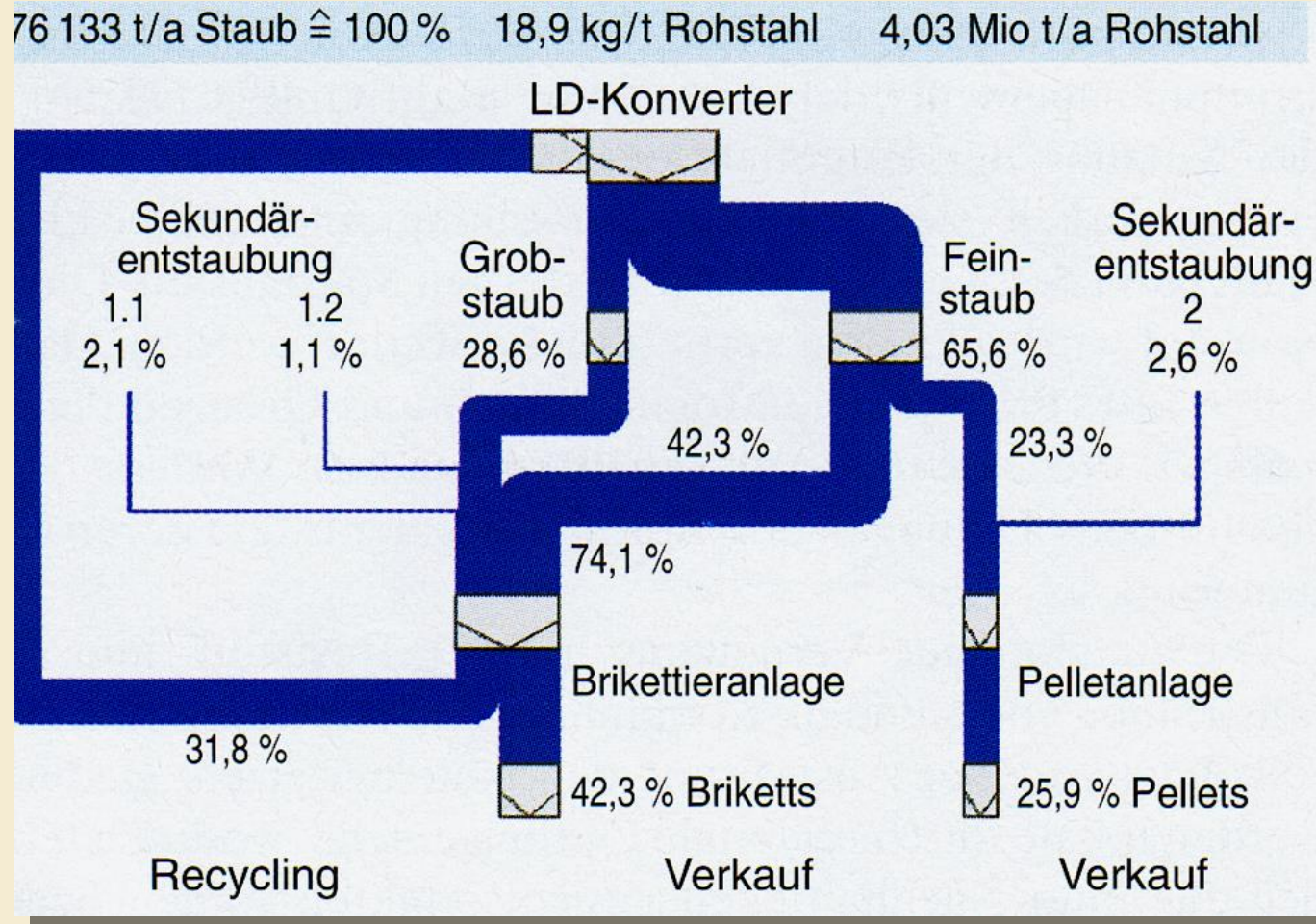
**Oxygen Bottom Blowing Process
(OBM Converter)**



**Combined (Top & Bottom) Oxygen
Blowing Process**

Stahlbibel, Verlag Stahleisen GmbH, Düsseldorf 2007

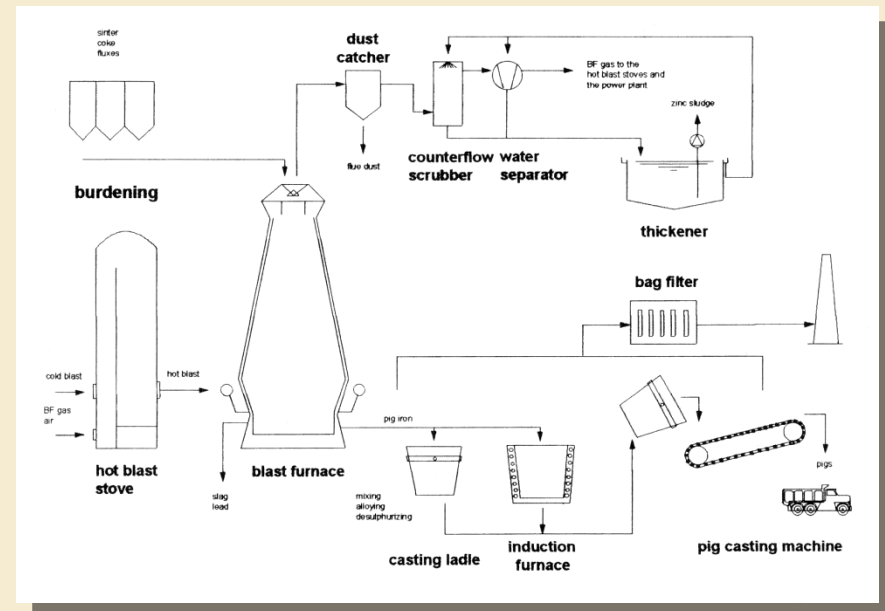
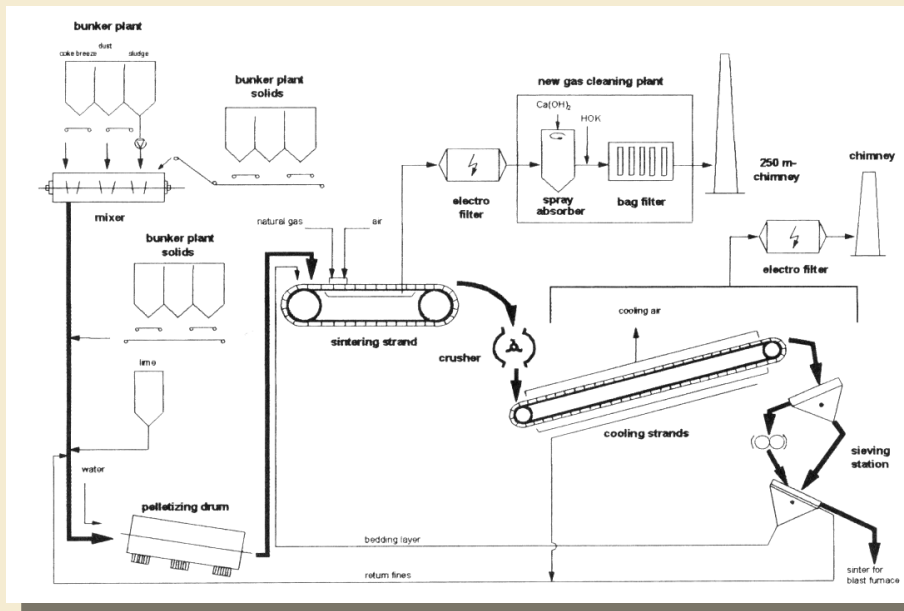
Dust Management of the LD-Converter III at Voestalpine Stahl



Stahl und eisen 123 (2003) Nr. 2, S.73-78

12.4. DK Recycling and Roheisen GmbH

Process Flow Diagram of Sintering Line and Blast Furnace



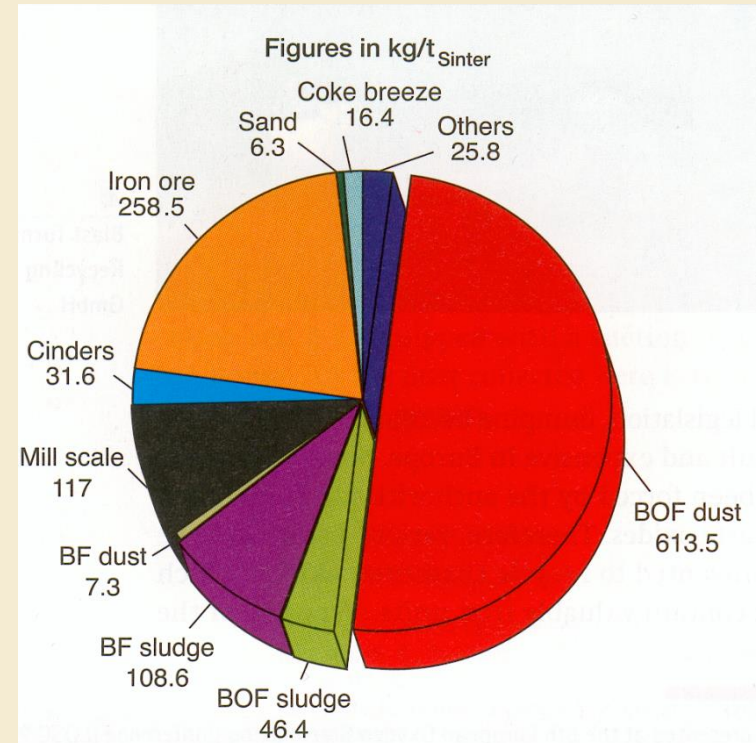
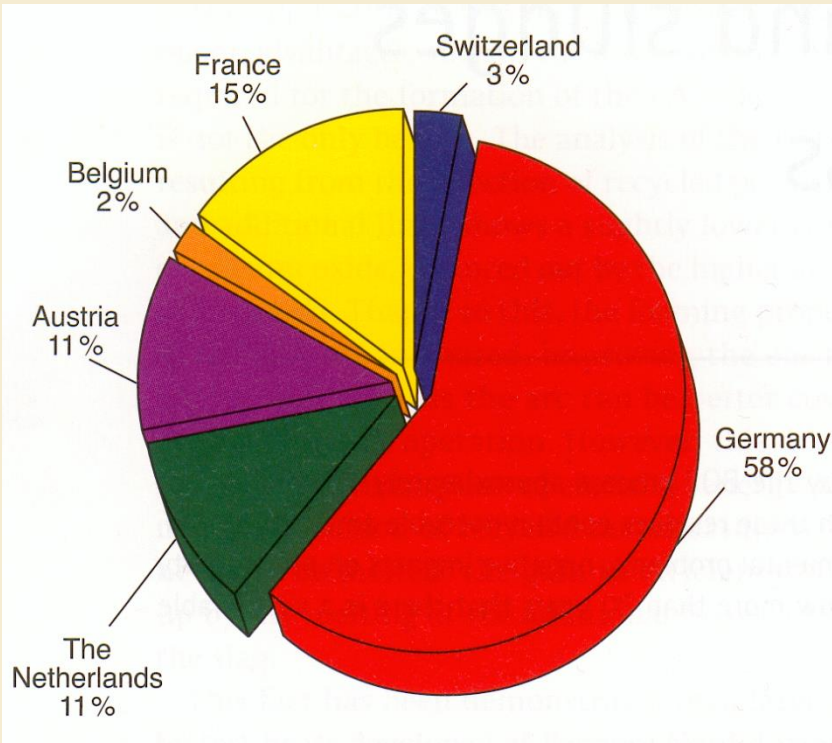
Deike, R.; Hillmann, C.: Scandinavian Journal of Metallurgy 1999, 28, S.86-91

Chemical Composition of Waste Material from Production Process of Iron, Steel and Non-ferrous Industry

Type	H ₂ O %	Fe %	Mn %	Cr %	Zn %	Cu %	P %	C %	Cl %	K ₂ O %	Na ₂ O %
BF sludge	30-40	19	0,2	0,02	7,1	0,02	0,10	36,0	0,14	1,44	0,28
BOF dust	10-20	59	0,8	0,06	3,2	0,03	0,05	0,6	0,25	0,29	0,39
Sand blasting dust	<1	74	0,7	0,21	0,8	0,11	0,05	1,6	0,03	0,09	0,16
Cupola dust	0-2	14	2,6	0,07	4,8	0,09	0,09	21	0,41	2,11	0,74
Cu-sludge	20-30	11	0,1	2,00	0,7	22,8	0,85	13,8	0,26	0,11	0,80
P-sludge	40-50	22	1,7	0,06	9,7	0,03	14,6	2,0	0,15	0,14	2,20
Iron ore	6-8	61	0,08	0,009	0,03	<0,001	0,03	0,4	<0,01	0,05	0,10

Moore, C.M; Deike, R.; Hillmann, C.: 4th European Coke and Ironmaking Congress, Paris, France, 19-22 June 2000

Origin of the Residue and their Percentage in Sinter Mixture



	% H ₂ O	% Fe	% Zn	% Na ₂ O	% K ₂ O
BOF dust 1	10.0	65.0	0.9	0.43	0.24
BOF dust 2	1.5	51.1	2.2	0.84	0.39
BOF dust 3	0.0	44.2	11.9	0.31	0.27
BOF sludge 1	21.1	44.8	1.3	0.14	0.10
BOF sludge 2	20.0	48.0	1.1	0.12	0.14

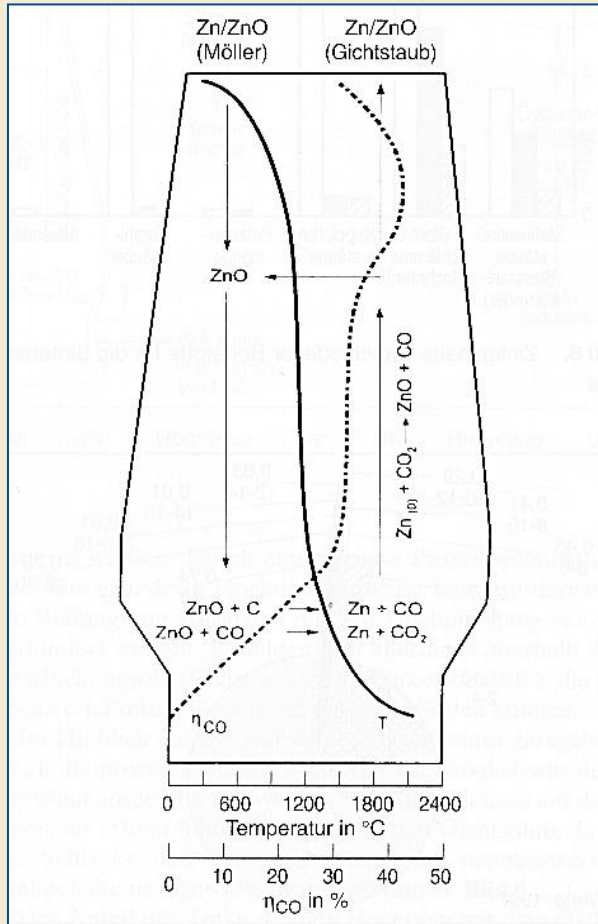
Hillmann, C.; Sassen, K.-J.: stahl und eisen 126 (2006) Nr.11, S.149-156

Average Composition of the Net Mixture and the Sinter

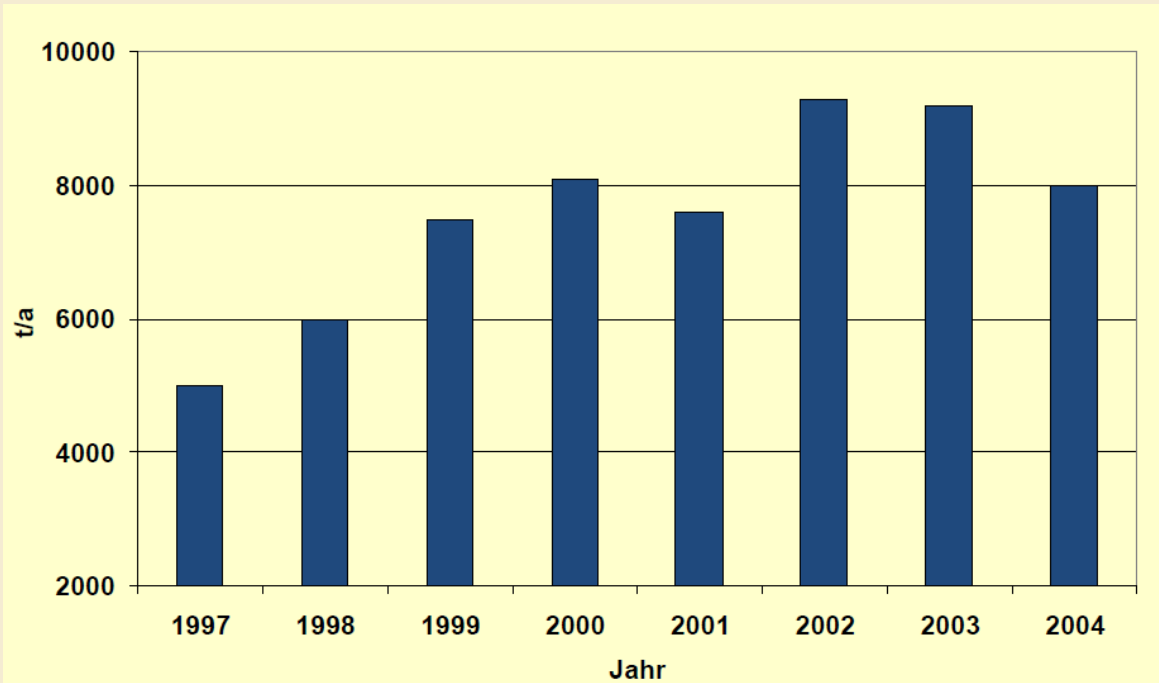
	Fe	Zn	Pb	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	Cu	Cr	P	S	C
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Nettomischung	51,3	2,5	0,18	0,25	0,30	8,5	7,6	1,1	1,0	0,03	0,05	0,05	0,35	5,5
Sinter	54,5	2,6	0,07	0,25	0,21	9,0	8,1	1,2	1,1	0,03	0,05	0,05	n.b.	0

Rentz, O., Fröhling, M., Nebel, F. u.a.: Integrierter Umweltschutz in der Metallerzeugung, Universitätsverlag Karlsruhe 2006

Zn Cycle in Blast Furnace ($\text{ZnO} + \text{CO} \leftrightarrow \text{Zn} + \text{CO}_2$)

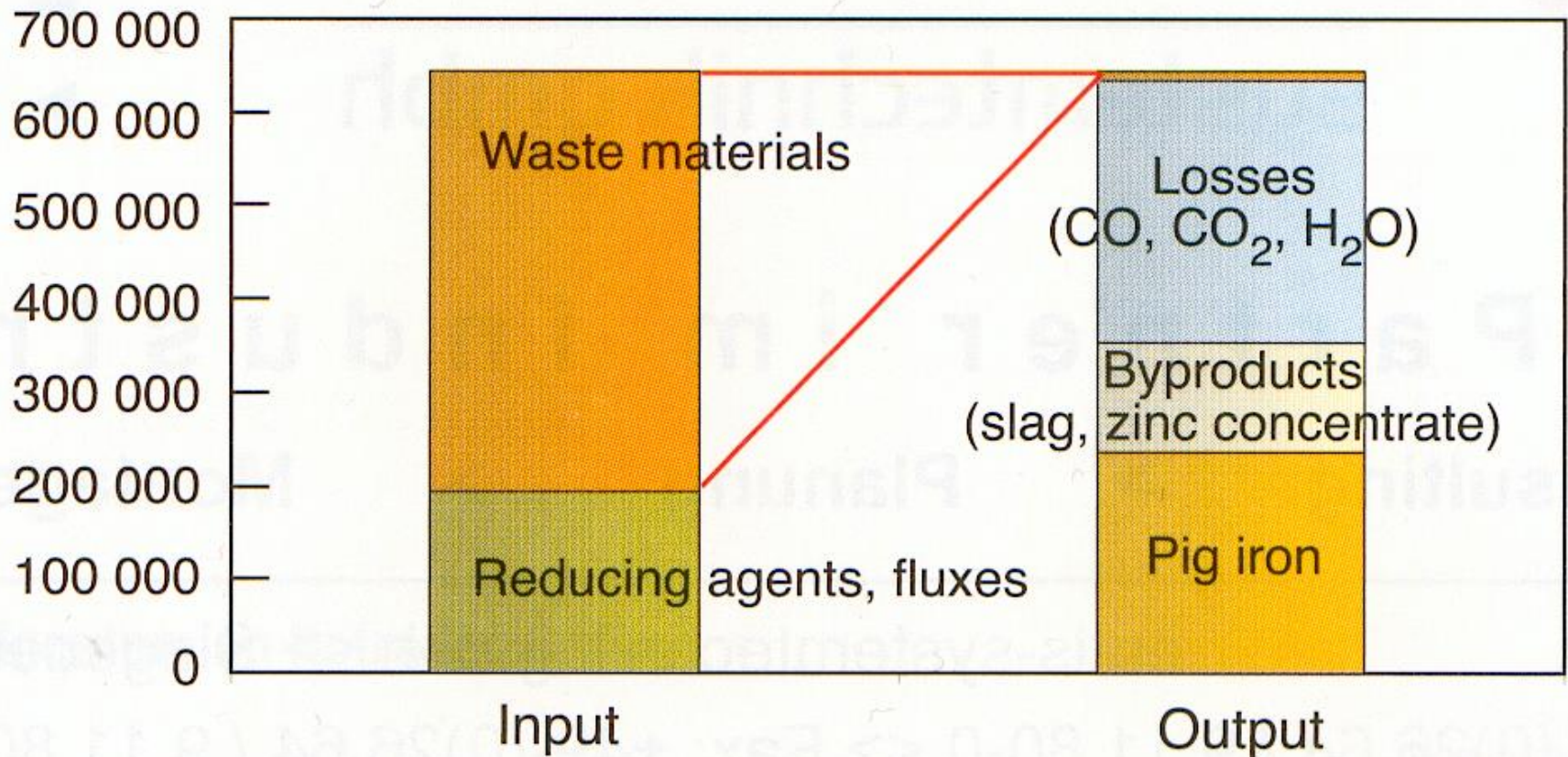


Deike, R.; Hillmann, C.: stahl und eisen 119 (1999) Nr.2, S.53-58



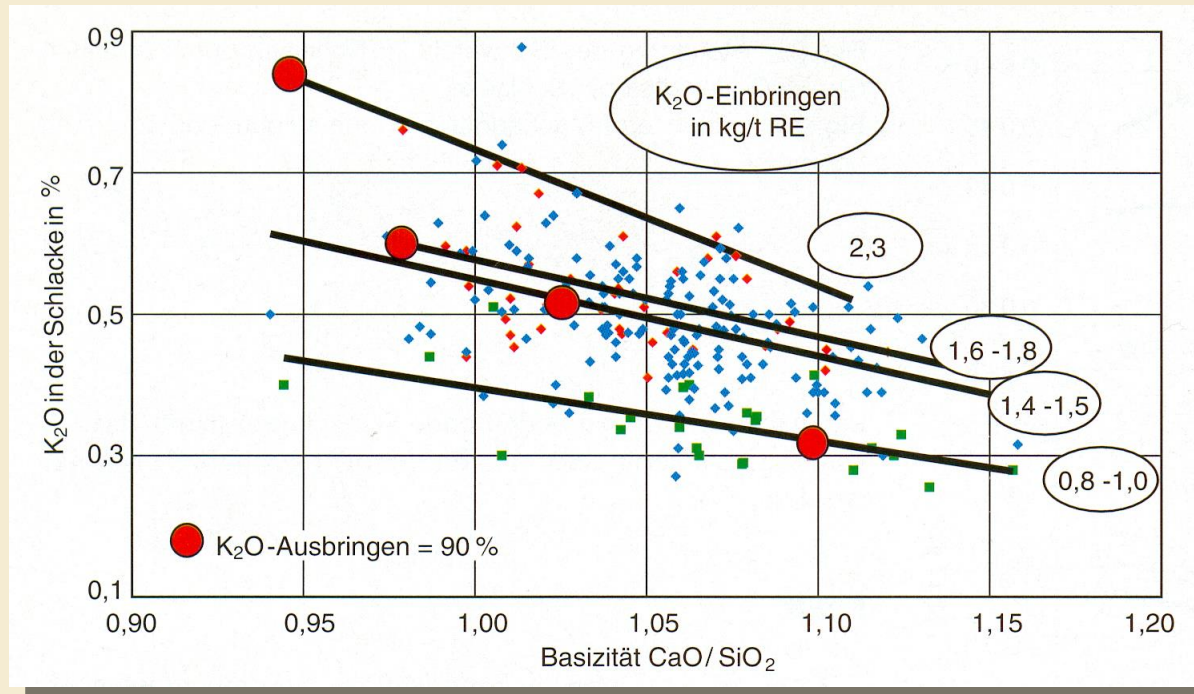
Hillmann, C.; Sassen, K.-J.: Solutions for dusts and sludges from the BOF-process; stahl und eisen, vol 126, Nr.11, pp.S149-S156, 2006.

Input – Output Balance of DK Process



Hillmann, C.; Sassen, K.-J.: stahl und eisen 126 (2006) Nr.11, S.149-156

Effect of Slag Basicity to the K_2O Content in Slag (250 kg/ton Pig Iron)

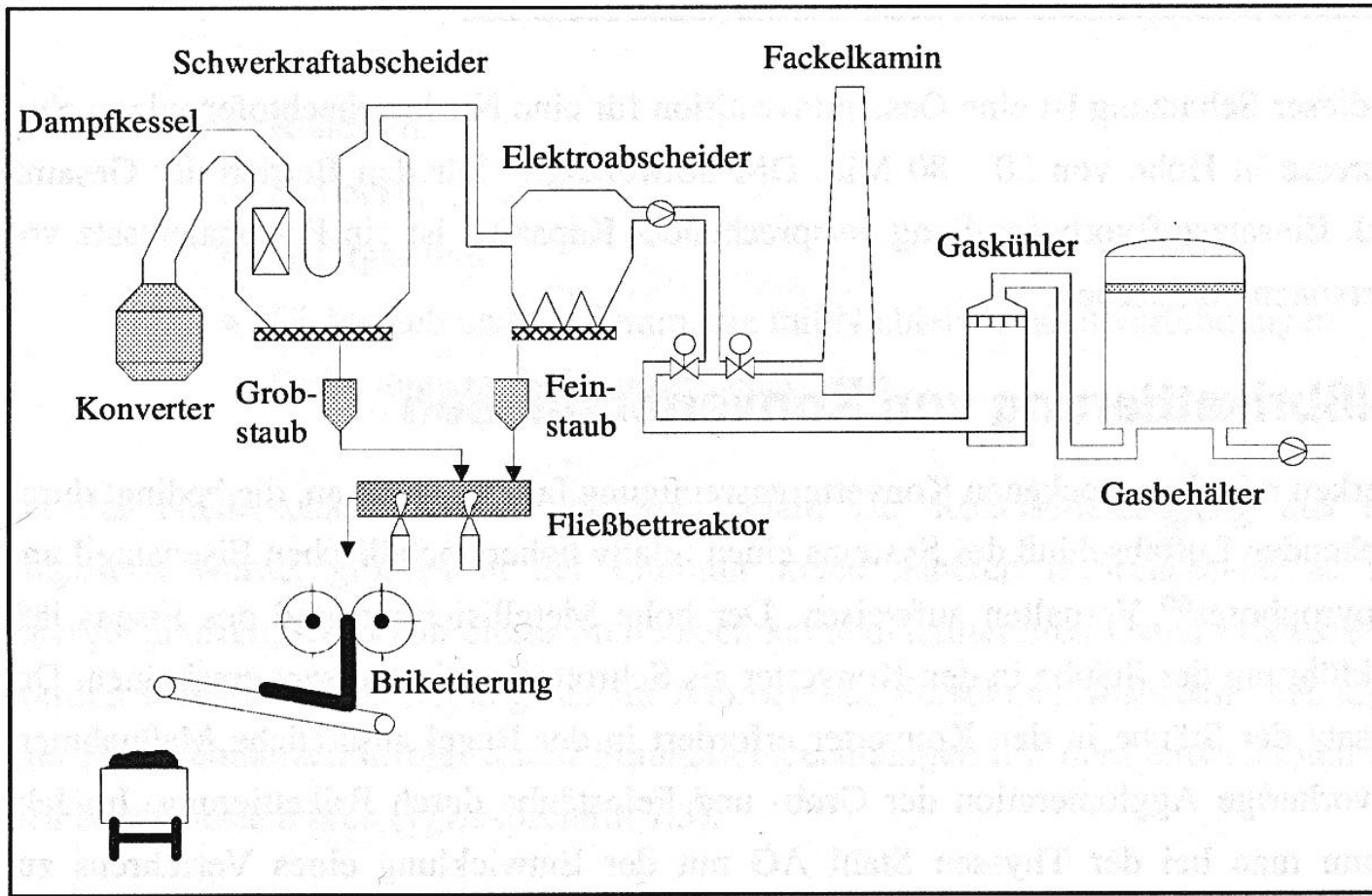


Atland, R.; Beckmann, K.; Stricker, P.: stahl und eisen 119 (1999) Nr.11, S.53-58

K_2O	1.15 – 1.25 kg/t Pig Iron	} X 10 } X 600	} In Recycling Process
Na_2O	0.60 – 0.70 kg/t Pig Iron		
Zn	0.05 – 0.06 kg/t Pig Iron		

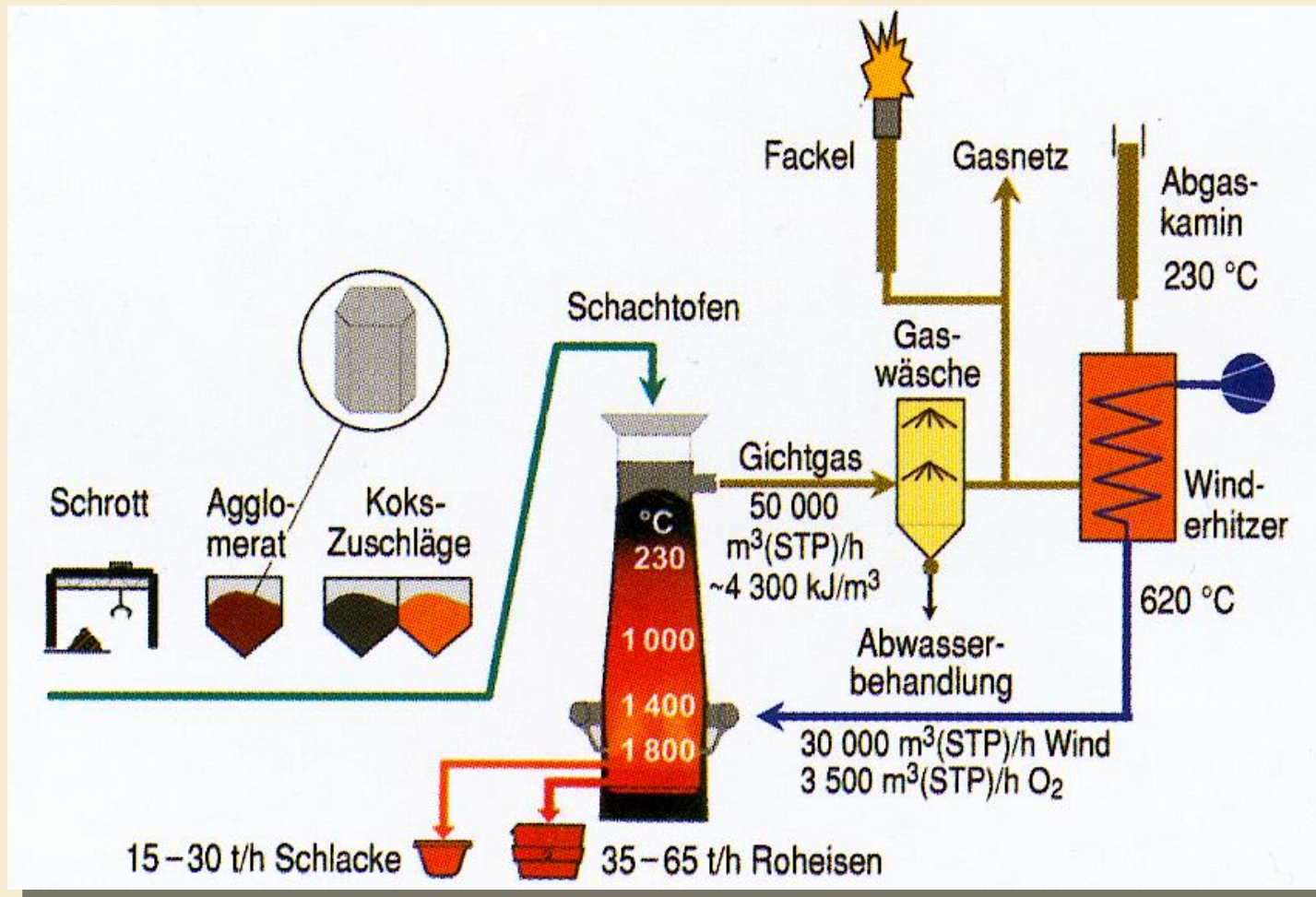
12.5. TKSE Hot Briquetting and Oxy-Cup Furnace

Hot Briquetting Process Flow Diagram



Rentz, O: Prozessintegrierte Umweltschutzmaßnahmen in der Eisen- und Stahlindustrie, BMBF Abschlussbericht 01RV9701, 1999

Flow Diagram and Process Data of Shaft Furnace in Hamborn



Stahl und eisen 125 (2005) Nr. 2, S.21-24

Abfälle der ThyssenKrupp Stahl AG

Stahlwerksstaub	179 200 t/a	47 %
Ölhaltiger Walzenzunder	44 300 t/a	12 %
Gichtschlamm	21 500 t/a	5 %
Summe ThyssenKrupp Stahl AG	244 500 t/a	64 %

Abfälle der Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH

Stahlwerksschlamm, Gichtschlamm	106 400 t/a	28 %
Verschiedene Stäube und Schlämme	31 100 t/a	8 %
Summe Hüttenwerk Krupp Mannesmann GmbH	137 500 t/a	36 %

Gesamteinsatz	382 000 t/a	100 %
---------------	-------------	-------

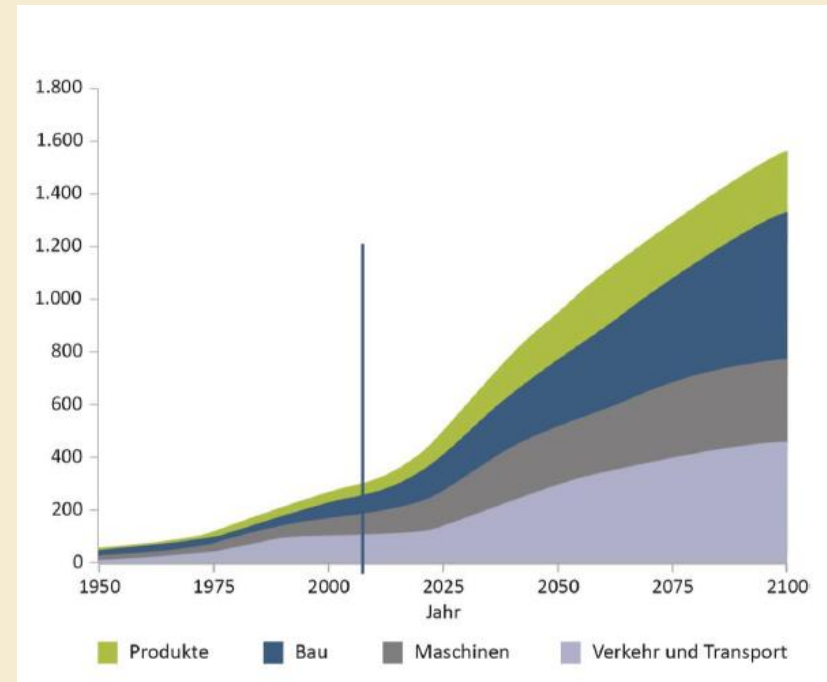
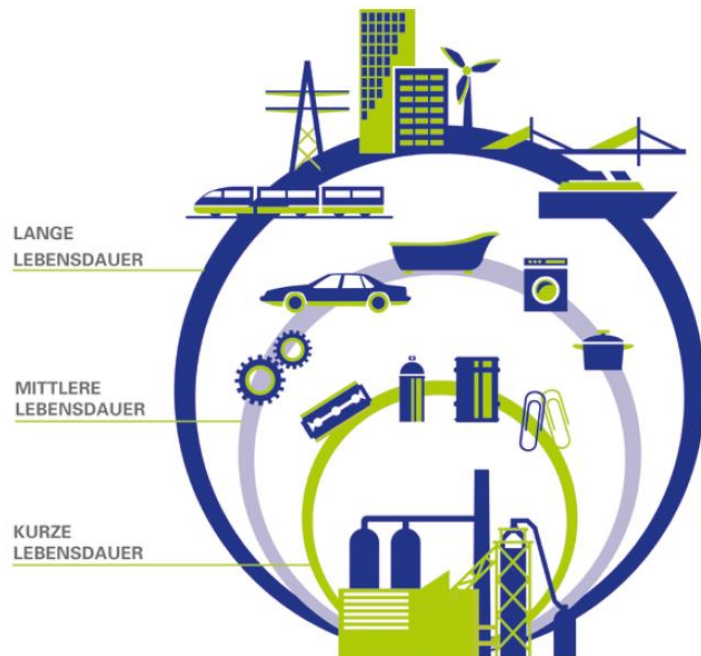
13. International Scrap Business

The importance of the foundry industry in a Circular Economy



Deike, R.: *Die Bedeutung der Gießereiindustrie in einer Circular Economy*, Giesserei 107, Nr. 1, S. 26- 31

Forecast of old scrap in different areas



Hiebel, M.; Nühlen, J.: 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 2016 Entsorgungsunternehmen e.V. (BDSV), Oberhausen, November

<https://www.bdsv.org/unser-service/publikationen/studie-zukunft-stahlschrott/>

Tolerable Alloying Elements for the Production of Various Steel Grades

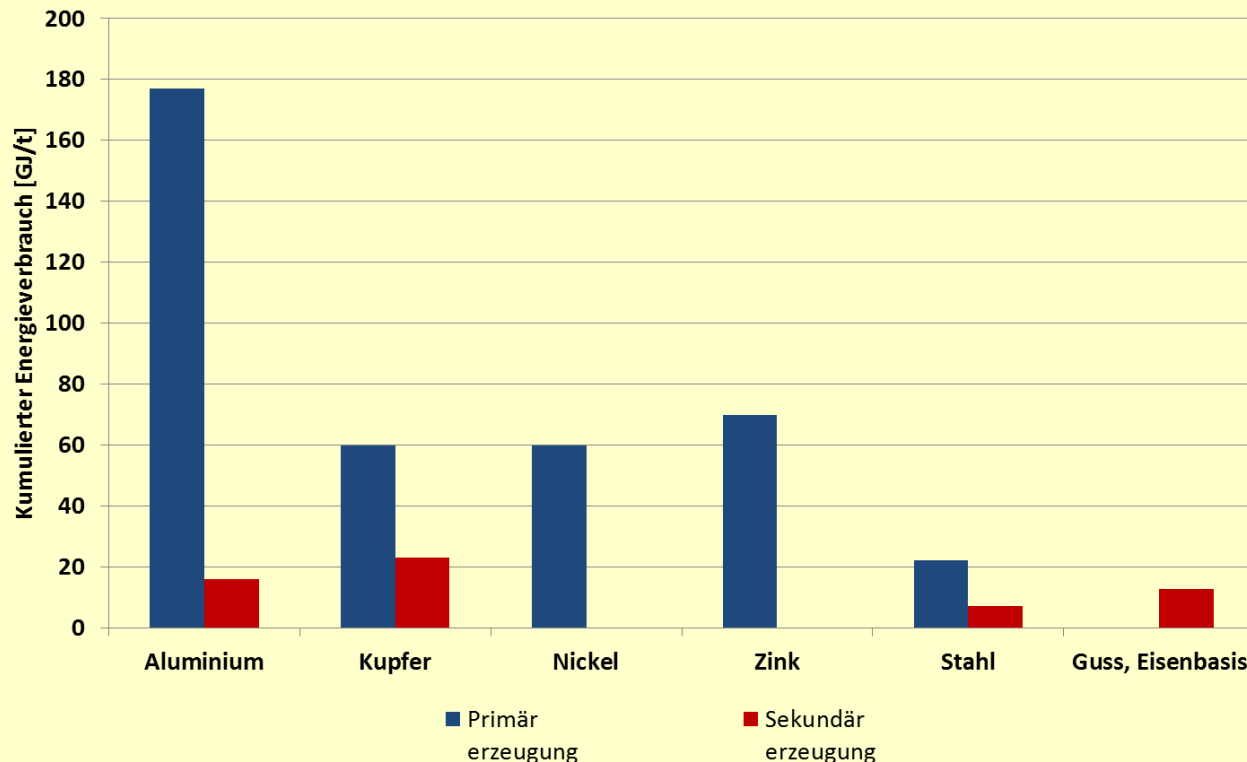
Zulässige Gehalte an Begleitelementen

Vormaterial Erzeugnis Analyse	Brammen		Knüppel			Edelstahl	
	Feinblech	Grobblech/Rohre	Betonstahl	Steelcord	Kaltstauchgüten	18/8	17/12/2
	%	%	%	%	%	%	%
C	0,02-0,08	0,08-0,10	0,190	0,640	0,040		
Si	0,02	0,20-0,30	0,230	0,170	0,040		
Mn	0,15-0,22	1,40-1,55	0,500	0,520	0,350	< 2,000	< 2,000
P	< 0,012	< 0,020	< 0,035	< 0,010	< 0,015	< 0,045	< 0,045
S	< 0,012	< 0,002	< 0,025	< 0,010	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Al	0,035	0,030	-	-	0,035		
Cu	< 0,040	< 0,100	< 0,400	< 0,050	< 0,100	< 0,400	< 0,400
Cr	< 0,040	< 0,030	< 0,200	< 0,050	< 0,100	16-19	16,5-18,5
Ni	< 0,040	< 0,030	< 0,200	< 0,050	< 0,080	6,0-8,5	10,0-13,0
Mo	< 0,010	< 0,080	< 0,050	< 0,010	< 0,010	< 0,800	2,00-2,50
Cu+Cr+Ni+Mo	< 0,130	< 0,350	< 0,800	< 0,100	< 0,200		
Roheisenanalyse			Eisenschwammanalyse				
Cu	< 0,010	< 0,010		< 0,010	< 0,010		
Cr	0,030	0,030		< 0,010	< 0,010		
Ni	0	0		0	0		
Mo	0	0		0	0		
Einsatz in %							
Roheisen	80	80	0	0	0	0	0
Eisenschwamm	0	0	0	65	65	0	0
Schrott	20	20	100	35	35	100	100
Zulässige Gehalte an Begleitelementen im Schrott in %							
Cu	< 0,160	< 0,460	< 0,400	< 0,120	< 0,280	< 0,400	< 0,400
Cr	< 0,080	< 0,030	< 0,200	< 0,120	< 0,260	16-16,5	15-17
Ni	< 0,200	< 0,150	< 0,200	< 0,140	< 0,220	8-9,5	9-12
Mo	< 0,050	< 0,400	< 0,050	< 0,028	< 0,028	< 0,500	1,7-2,2
Cu+Cr+Ni+Mo	< 0,490	< 1,050	< 0,800	< 0,248	< 0,530		

Stahl-Zentrum, Düsseldorf 2001

Cumulative energy consumption for the production of different elements

Vergleiche der Kumulierten Energieverbräuche (KEA) für die Primär- und Sekundärerzeugung verschiedener Industriemetalle



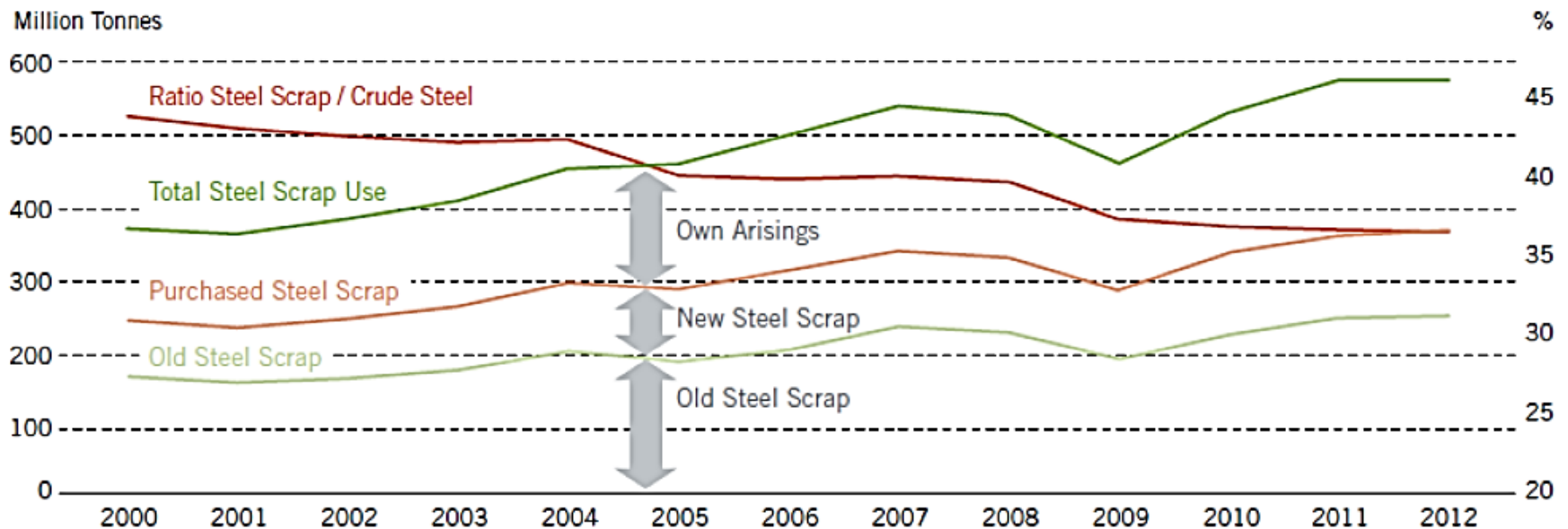
The energy consumption for the production of secondary metals from waste materials are lower than those used for the production of primary metals

Nach Daten : <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php>

Deike, R.: Stahl ein nahezu 100% recycelbarer Werkstoff, Die Zukunft liegt in geschlossenen Rohstoffkreisläufen, IGM Branchenkonferenz Stahl, Gelsenkirchen, 11.06.2015

Steel Production and Scrap Consumption 2000 – 2012

STEEL SCRAP FOR STEELMAKING IN THE WORLD



Source: WV Stahl/BIR

Bureau of International Recycling, www.bir.org

Summary of Scrap Varieties List

Kurzfassung der europäischen Schrottsortenliste

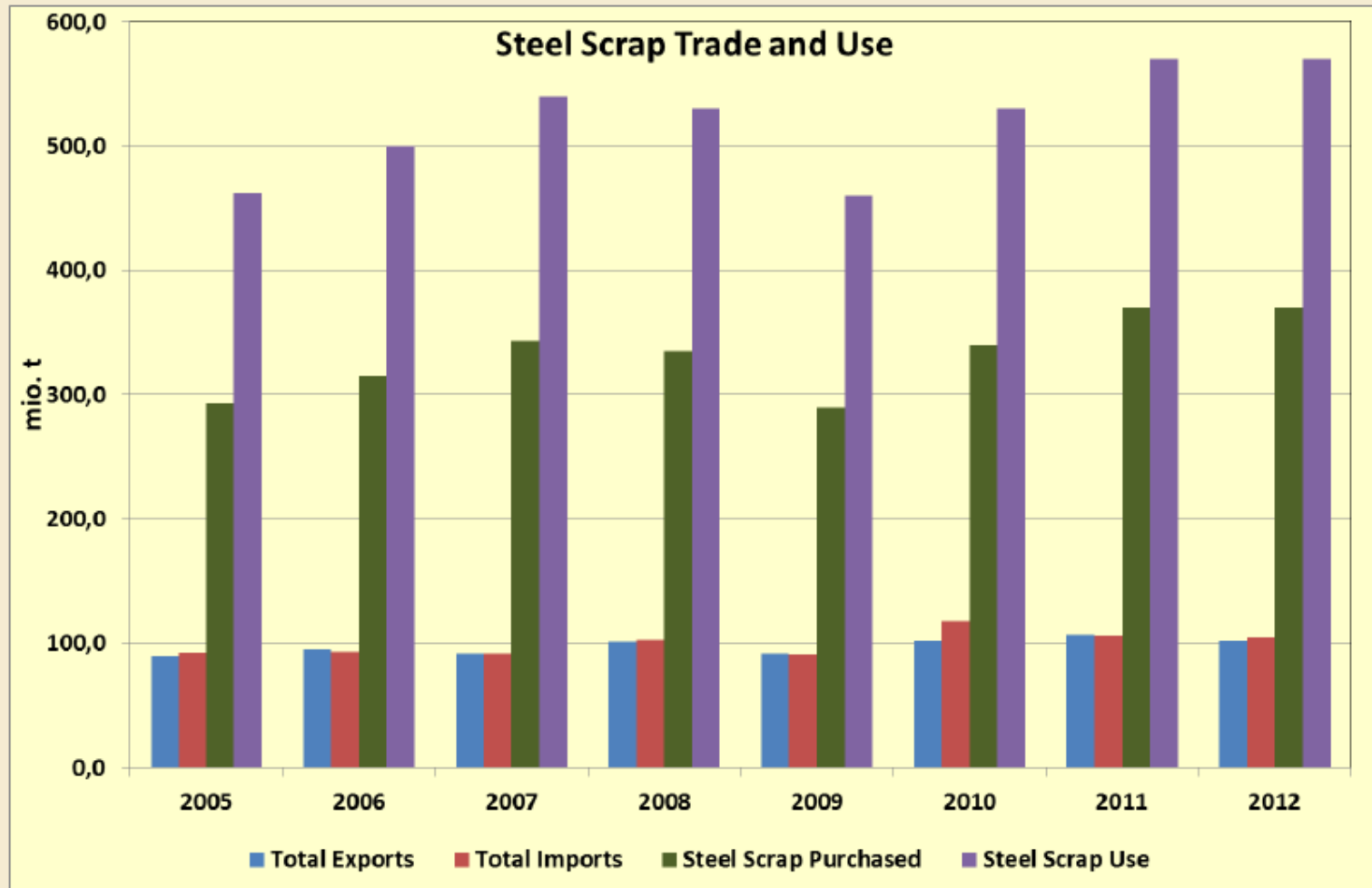
Sorte	Kurzbeschreibung	Max. Maße in m	Min. Gew. in t/m³	Max. Schutt in %	Angestrebte Analysenwerte in %		
					Cu	Sn	Cr, Ni, Mo
E 1	Leichter Stahlaltschrott, meist < 6 mm Stärke	<1,5x0,5x0,5	> 0,5	< 1,0	< 0,400	< 0,020	$\Sigma < 0,300$
E 3	Schwerer Stahlaltschrott, meist > 6 mm Stärke	<1,5x0,5x0,5	>0,6	< 1,5	< 0,250	< 0,010	$\Sigma < 0,250$
E 2	Schwerer Stahlneuschrott, meist > 3 mm Stärke	<1,5x0,5x0,5	>0,6	< 0,3	$\Sigma < 0,300$		
E 8	Leichter Stahlneuschrott, meist < 3 mm Stärke	<1,5x0,5x0,5	>0,4	< 0,3	$\Sigma < 0,300$		
E 6	Leichter Stahlneuschrott, meist < 3 mm Stärke, verdichtet oder in festen Paketen		>1,0	< 0,3	$\Sigma < 0,300$		
E 40	Shredderschrott, zerkleinerter Stahlaltschrott		>0,9	< 0,4	< 0,250	< 0,020	
E 46	Shredderschrott aus der Müllverbrennung		>0,8	Fe > 92 %	< 0,500	< 0,070	
E 5 H	Kohlenstoffstahlspäne, homogen				Eine chemische Analyse kann gefordert werden		
E 5 M	Kohlenstoffstahlspäne, gemischt				< 0,400	< 0,030	$\Sigma < 1,0$
EHRB	Alter und neuer Stahlschrott, Betonstahl	<1,5x0,5x0,5	>0,5	< 1,5	< 0,450	< 0,030	$\Sigma < 0,350$
EHRM	Alte und neue Maschinenteile	<1,5x0,5x0,5	>0,6	< 0,7	< 0,400	< 0,030	$\Sigma < 1,0$

Stahl-Zentrum, Düsseldorf 2001

A European list of scrap grades has been agreed between the European Steel Industry Association (EUROFER) and the European Recycling Association for Iron and Steel (EFR), which is published in 6 languages and entered into force on 01.07.1995. Defined steel scrap grades refer only to carbon steel scrap and the varieties must:

1. To be capable of charging
2. Dischargeable with magnet
3. Absolutely clean
4. Free of any constituents and attachments which are harmful to the treatment and smelting and cause unacceptable emissions
5. Explosives, explosive objects and closed hollow bodies are excluded
6. Deliveries containing the following components are excluded from acceptance:
 - Old car bodies
 - Engines
 - Oiled gear
 - Shavings
 - sinter and slag
7. Steel scrap from waste incineration and from waste separation (separate recycling of cans) have to be recorded separately due to different Cu and Sn contents.

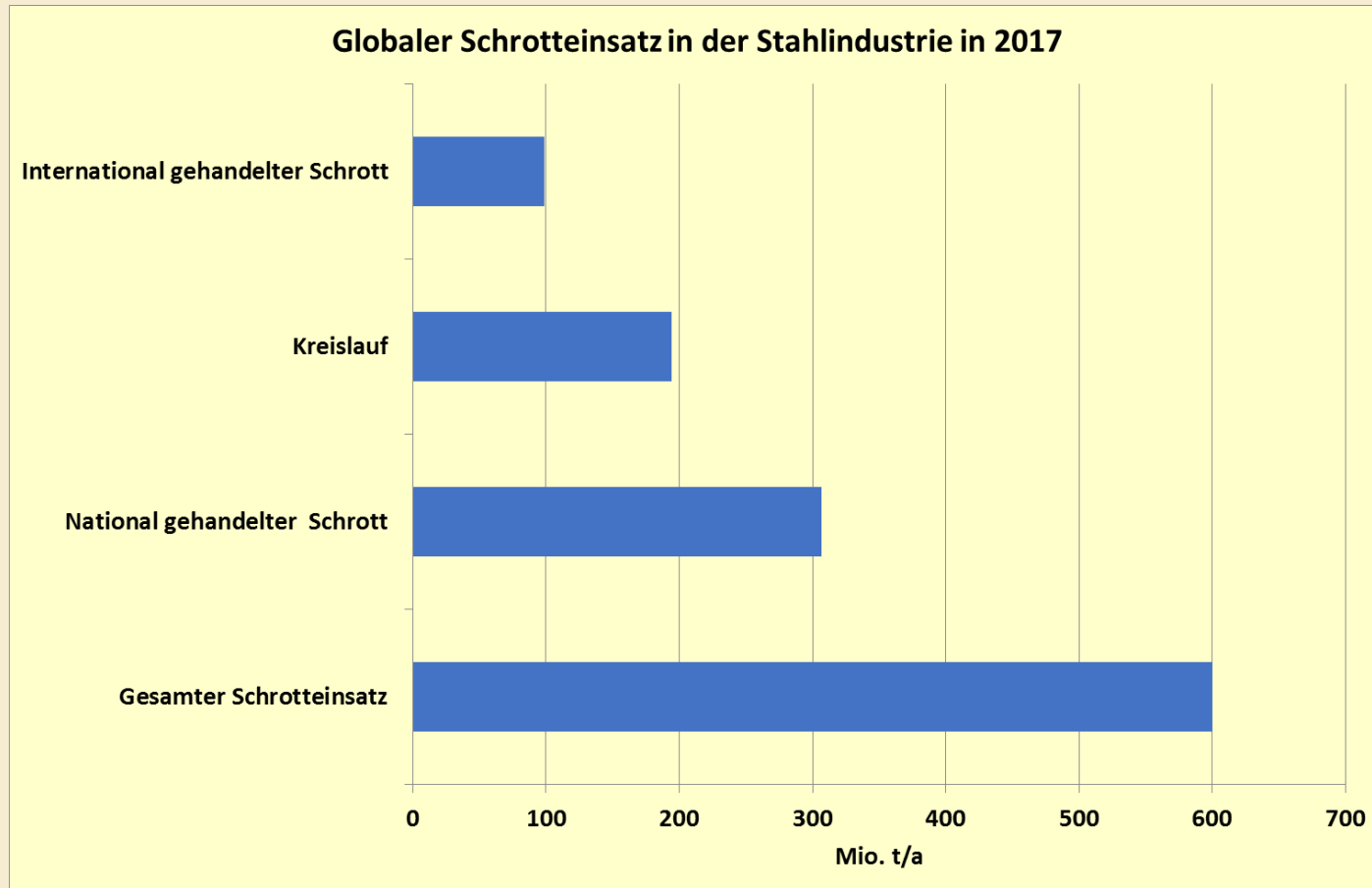
Verordnung (EWG) Nr.259/93 des Rates , 01.02.1993



Bureau of International Recycling, www.bir.org

Deike, R.: Zur Rohstoffversorgung der deutschen Gießereiindustrie, 10. Prozesswärmetagung; Essen 02.-04.12.2019

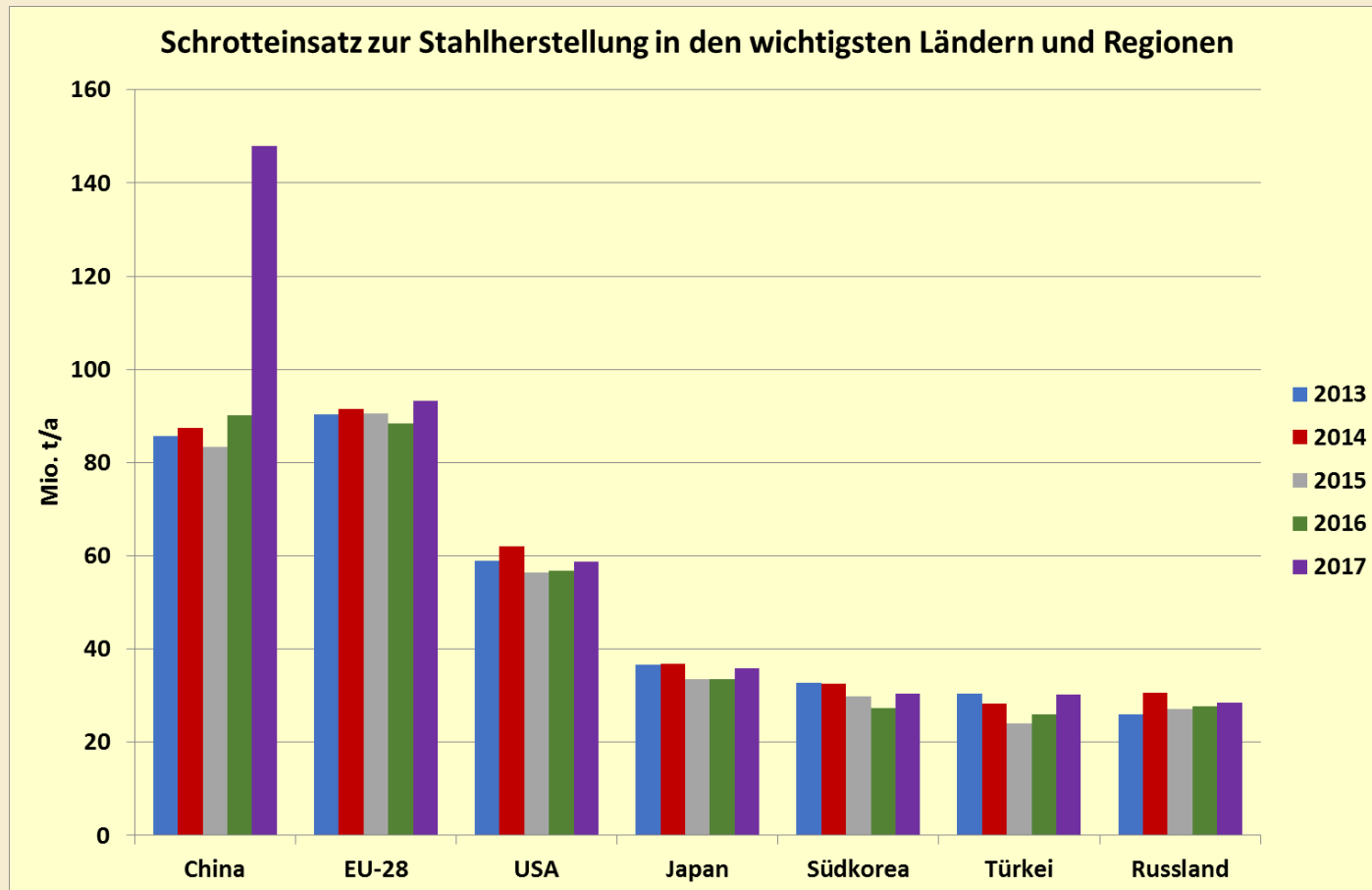
Der weltweite Schrotteinsatz in 2017 bei der Herstellung von Stahl nach der Herkunft



Daten nach: Bureau of International Recycling (BIR) , <https://bir.org>

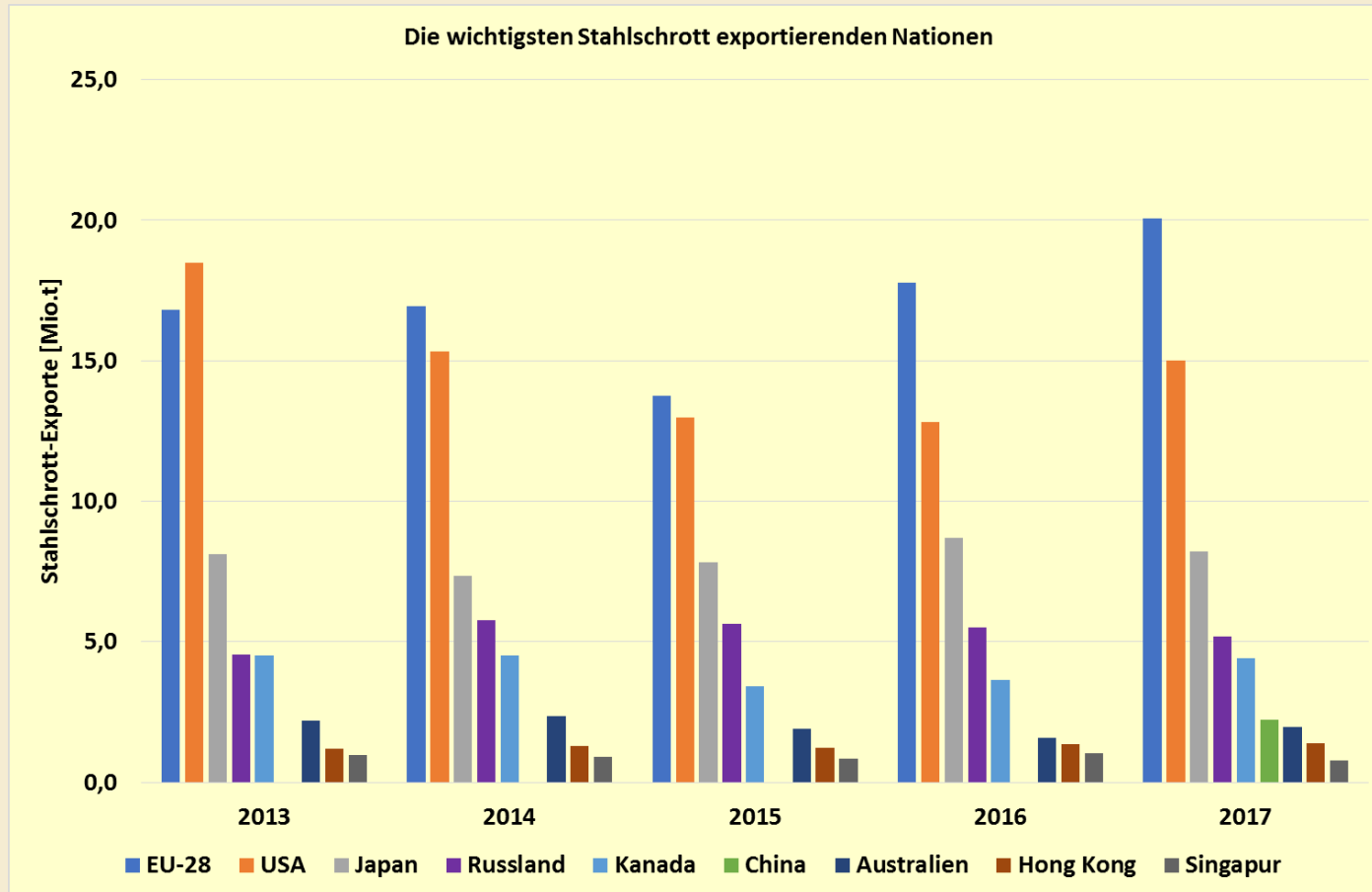
Deike, R.: *Zur Rohstoffversorgung der deutschen Gießereindustrie*, 10. Prozesswärmetagung; Essen 02.-04.12.2019

The worldwide use of scrap in steel production by countries and regions

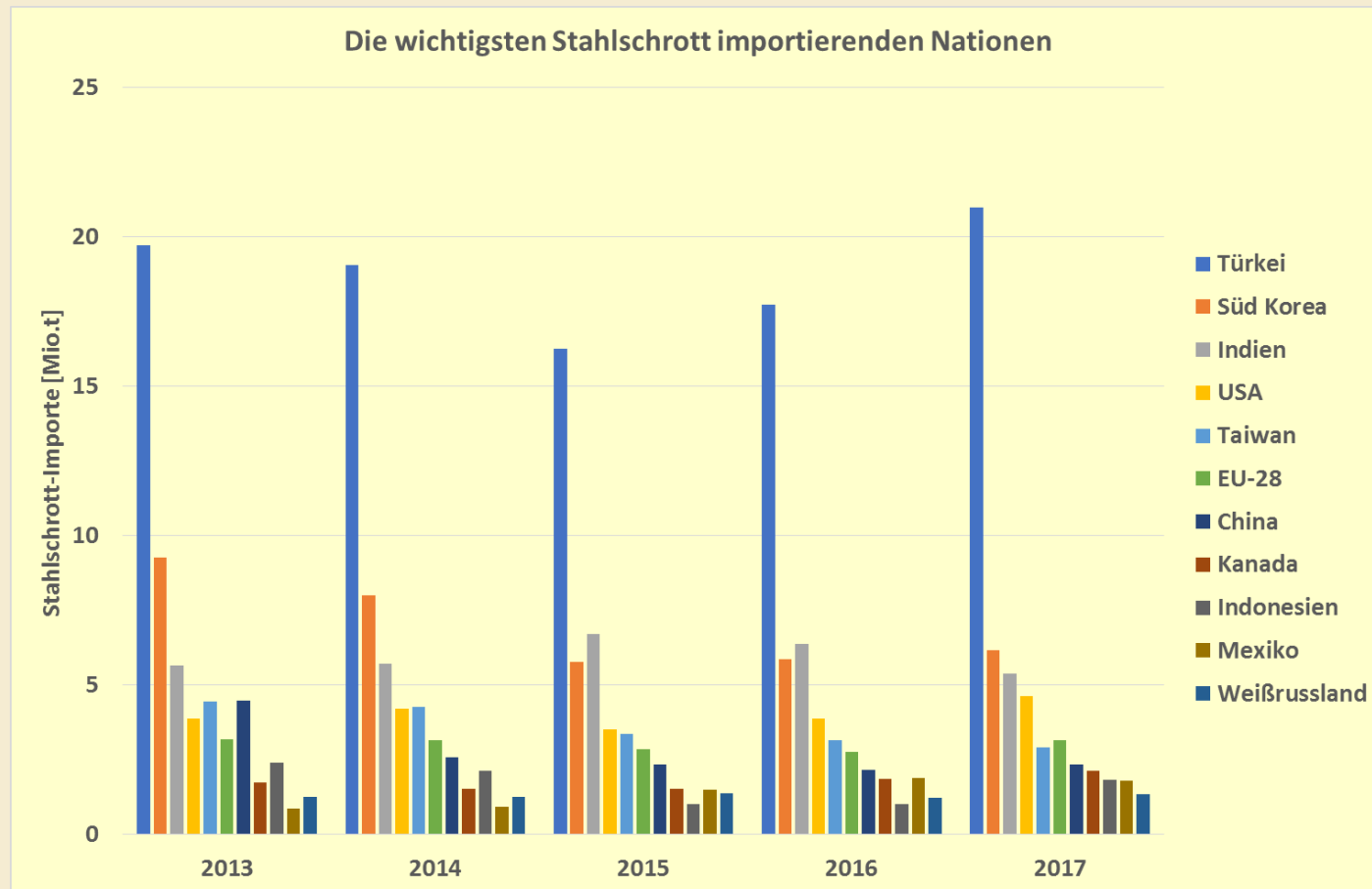


Daten nach: Bureau of International Recycling (BIR) , <https://bir.org>

The main steel scrap exporting nations

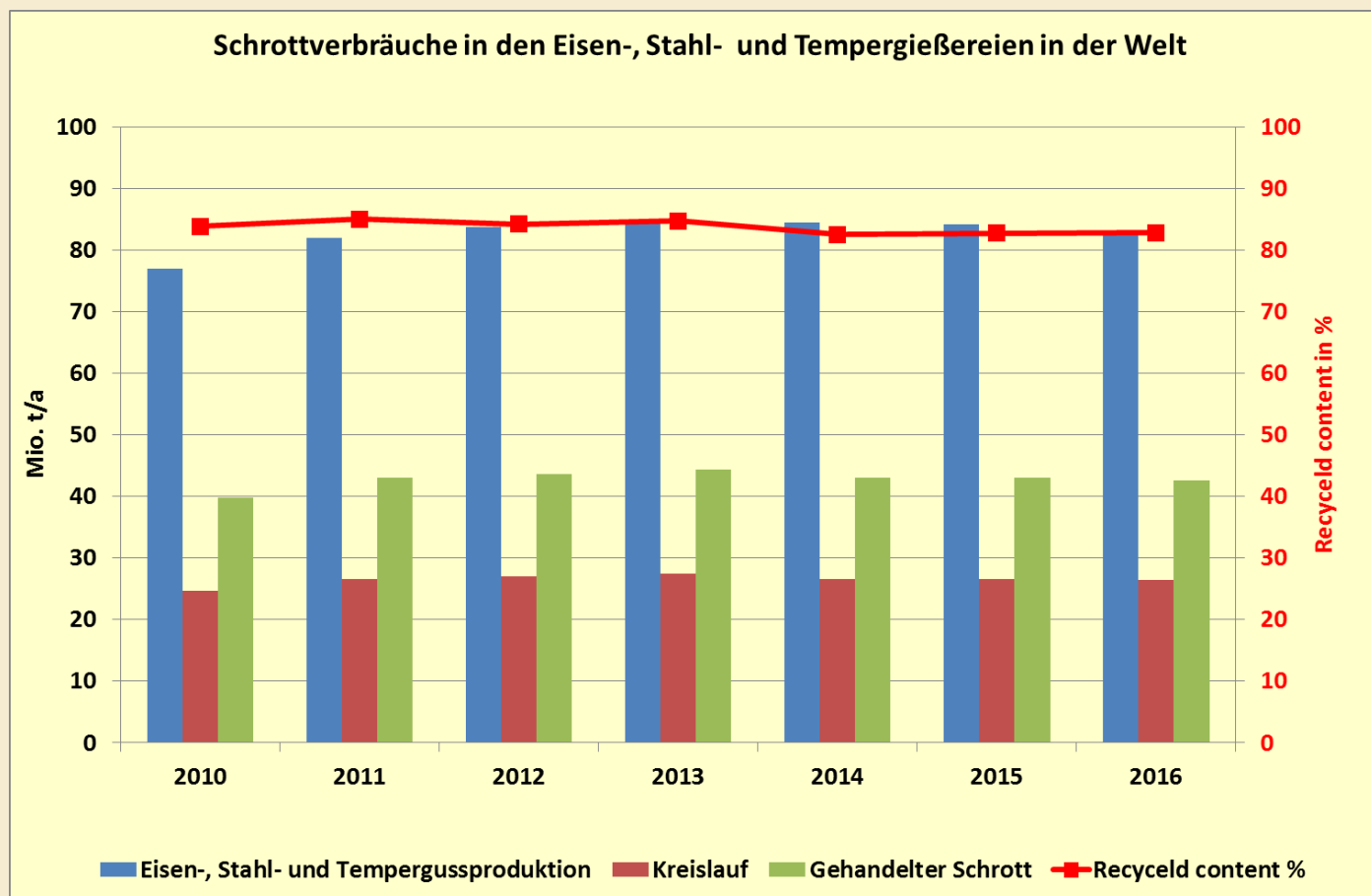


Daten nach: Bureau of International Recycling (BIR), <https://bir.org>

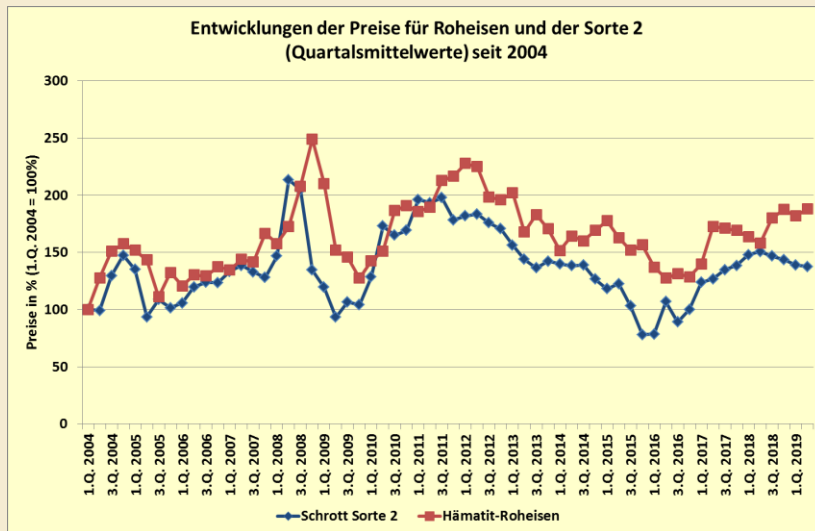


Daten nach: Bureau of International Recycling (BIR) , <https://bir.org>

The worldwide scrap consumption in the production of iron, steel and malleable cast iron

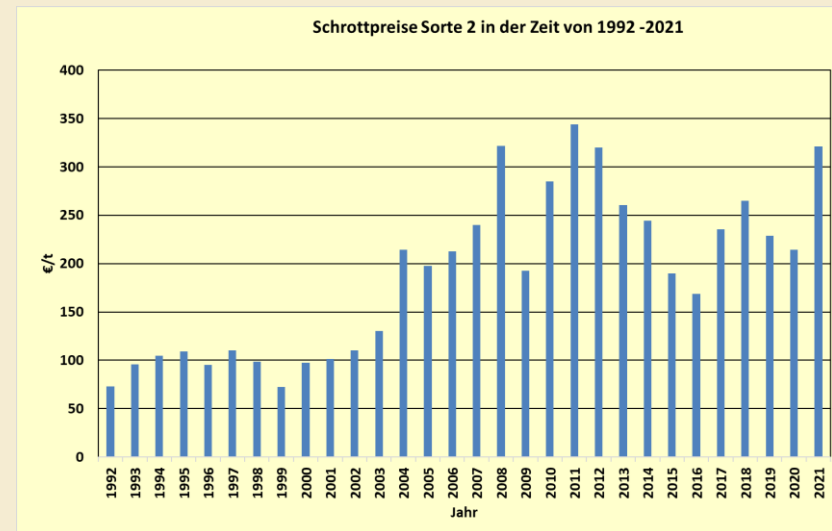


Daten nach: Bureau of International Recycling (BIR), <https://bir.org>



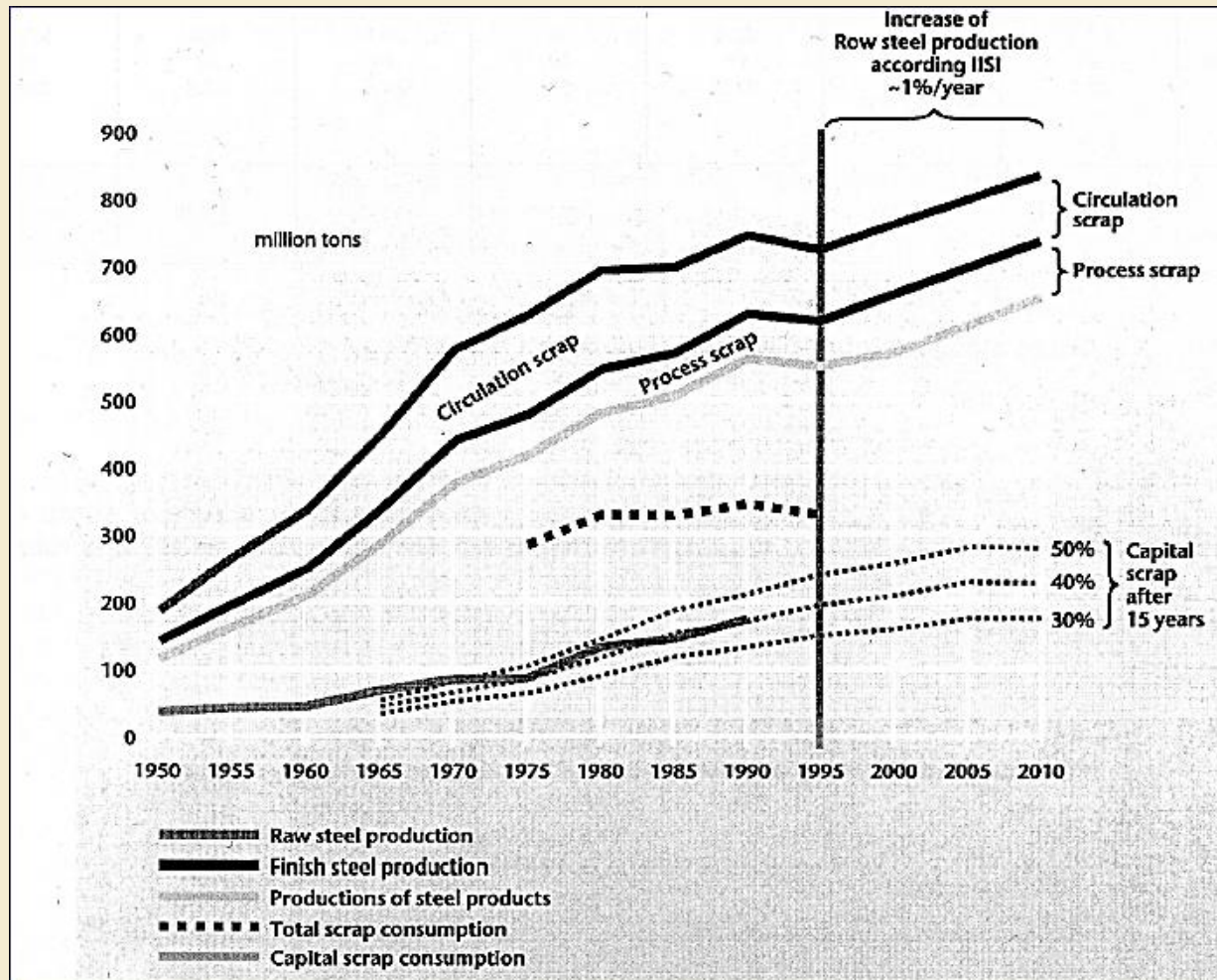
Daten nach: VW-Stahl, BDG

Deike, R.: *Zur Rohstoffversorgung der deutschen Gießereiindustrie*, 10.
Prozesswärmetagung; Essen 02.-04.12.2019



https://www.bdsv.org/fileadmin/user_upload/bdsv_preise_02_2021_bundesweit.pdf

Steel Production and Scrap Consumption 1950 – 2010



Metallurgy for Steelmaking, IISI, Singapore 1996

A European list of scrap grades has been agreed between the European Steel Industry Association (EUROFER) and the European Recycling Association for Iron and Steel (EFR), which is published in 6 languages and entered into force on 01.07.1995. Defined steel scrap grades refer only to carbon steel scrap and the varieties must:

1. To be capable of charging
2. Dischargeable with magnet
3. Absolutely clean
4. Free of any constituents and attachments which are harmful to the treatment and smelting and cause unacceptable emissions
5. Explosives, explosive objects and closed hollow bodies are excluded
6. Deliveries containing the following components are excluded from acceptance:
 - Old car bodies
 - Engines
 - Oiled gear
 - Shavings
 - sinter and slag
7. Steel scrap from waste incineration and from waste separation (separate recycling of cans) have to be recorded separately due to different Cu and Sn contents.

Verordnung (EWG) Nr.259/93 des Rates , 01.02.1993

4. Retention of Title

The scrap delivered remains the property of the supplier until all demands are met in the business relationship.

5. Payment Date

Payment shall be made in such a way that the seller on the 20th, but no later than 30th of the month, following the month the goods are receipt in the receiving point (for truck delivery) or railway station / port of destination following will get the money.

6. Suspension

The seller is obliged to accept suspensions. The suspensions can be pronounced by the buyer by telephone or in writing. The delivery has to stop latest by the end of the next business day, when the buyer gives a telephone message, provided that it is before 12 clock. If notification is after 12 clock, the delivery has to stop no later than the end of the day after the next business day.

Bundesnaziieger Nr. 101 vom 03.06.2003, S.12022

7. Dispatch

In all dispatch documents (e.g. bill of loading, delivery note, etc.) have to be specified:

- the order number
- the exact specification
- the main supplier
- the subcontractors
- the delivery weight
- the receiving point
- at DSD (Duales System Deutschland) and old scrap the pressing point should be specified

Bundesnazienger Nr. 101 vom 03.06.2003, S.12022

8. Weight

For invoicing, the net weight determined by the buyer is decisive. Differences measured by the buyer from the declared weight by the seller are taken into account as follows:

- a) From +/- 300 kg weight difference, the net weight determined by the buyer (full and empty) is used.
- b) In shiploads the net weight is determined by calibration measurement of the immersion depth of the ship in the port of discharge.
 - If the difference between weights is +/- 0.5 - 3% (supplier/buyer) an authorized calibration measurement (full/empty) in the port of discharge is used for invoicing.
 - If the difference is more than +/- 3% to the seller's weight, the seller must be informed before the discharge of the vessel. In this case discharge start only, with the agreement of the seller.
- c) For truck deliveries, the net weight ascertained by the receiving station on verified scales by means of full and empty weighing is decisive for the settlement

9. Defects

The evaluation of the buyer is relevant for the defect detection and the classification. With the complete discharge the goods shall be delivered according to the contract in respect of all identifiable defects.

The plant can do claim damage caused by hidden defects later, but only up to the equivalent value of the goods or replacements incorrectly delivered.

- a) A refusal must be sent to when the first deficiency or a wrong kind of declaration is determined.
- b) Any steel scrap must be free of all ingredients that are harmful for smelting.
- c) Any steel scrap must be free of radioactive radiation higher than the natural characteristic radiation of steel. If radioactive radiation is detected, the buyer is obliged refuse the delivery and he has to inform the supplier and environmental authorities. The environmental authorities decide what to do and for all costs the supplier is responsible.

In addition, the supplier has to organize a separation on the spot, in consultation with the competent authorities. The procedures are going to be determined by the authorities after further analyses of each case.

Any and all costs associated with the refusal, return transport or disposal shall be borne by the supplier.

The supplier shall provide the buyer with a written certificate of the following contents in the case of new purchases of steel scrap deliveries, otherwise at the beginning of each new calendar year, a written certificate with the following quotation:

Bundesanzeiger Nr. 101 vom 03.06.2003, S.12022

Commercial Conditions for the Supply of Carbon Steel Scrap (VI)

When loading from our own warehouse, we assure that we will only deliver steel scrap which has been tested by us with our own measuring devices for freedom from ionizing radiation.

In the case of loading by subcontractors, we declare that we have advised our subcontractors on the obligation to carefully examine the steel scrap to be delivered by you for the freedom from ionizing radiation that is above the appropriate background radiation.

Our suppliers have assured us that they will carefully examine the steel scrap to be delivered with our own measuring instruments and that they can declare to the best of our knowledge that the steel scrap to be delivered is free of radiation that is above the appropriate background radiation.

In the case of steel scrap deliveries from direct imports by ship, wagon or truck, we declare that the contract from which the import quantities originate expressly assures that the steel scrap to be delivered is free of radiation due to testing with its own measuring devices adequate background radiation.

Bundesnaziieger Nr. 101 vom 03.06.2003, S.12022

10.Cologne Agreement

- The complete scrap delivered is free from explosives and closed containers. But if, the buyer do have the right do refuse the delivery. The buyer has to inform the authorities and the police and they decide what to do.
- The supplier has to guarantee at the beginning of a new business and afterwards yearly, that the scrap is free from munition and other possible explosive materials.
- The supplier instructs the buyer to pay per ton delivered scrap the insurance fee written in the “Cologne agreement” to the special account of the insurer.

Bundesanzeiger Nr. 101 vom 03.06.2003, S.12022

- EXW : Ex Works
- FAS : Free Alongside Ship
- FOB : Free on Board
- CFR : Costs and Freight
- CIF : Costs, Insurance, Freight
- DAF : Delivered at frontier
(Goods cleared for export but uncleared for import)

Wörlen, R.; Metzler-Müller, K.: Handelsklauseln im nationalen und internationalen Warenverkehr, Richard Boorberg Verlag 1996

In practice, the delivery of the supplier is a process that involves risks and costs.

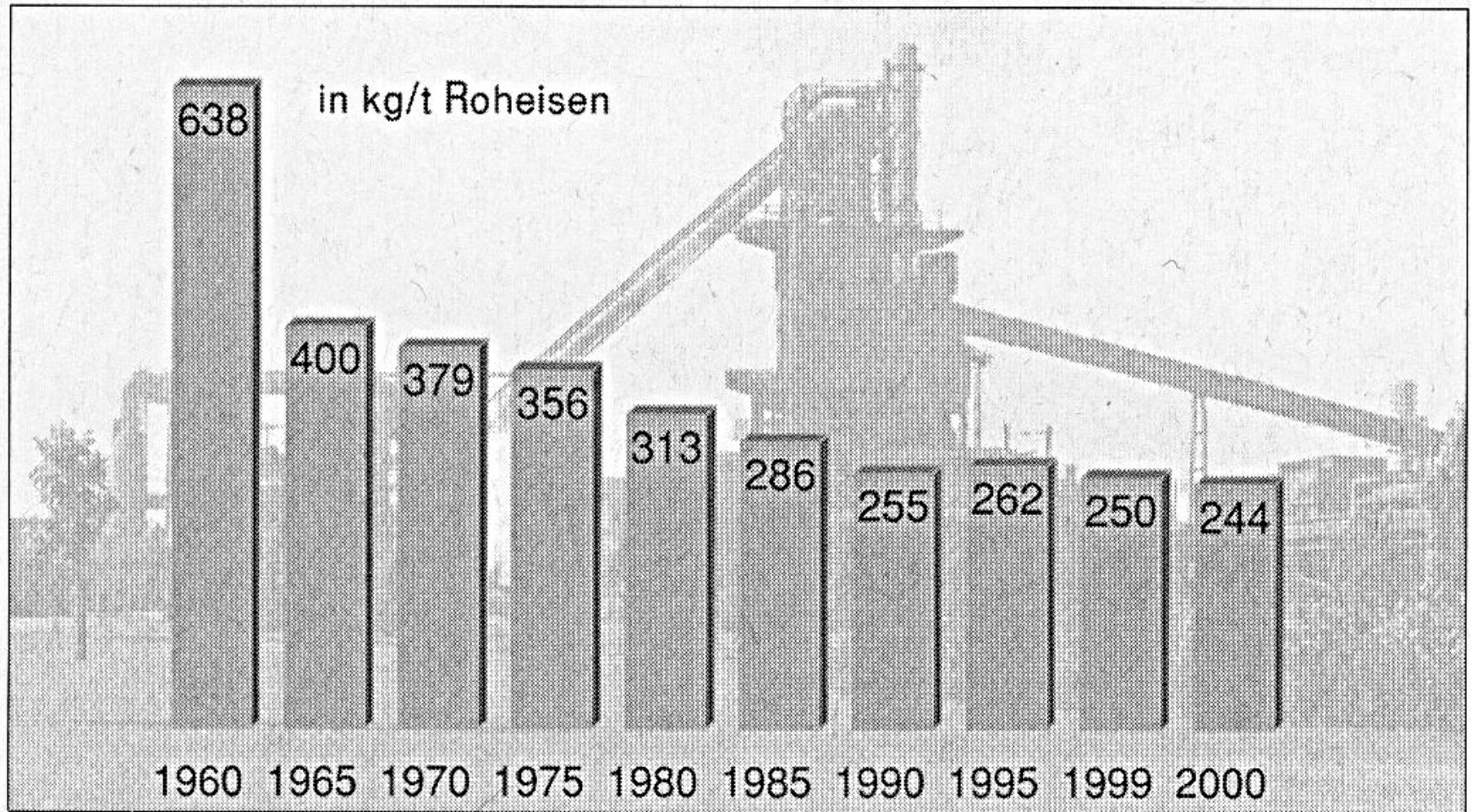
One of the contracting parties must decide to make preliminary payments if the implementation of the contract is to be initiated.

- Payment net cash, or payment on delivery
- Cash on delivery
- Cash against documents
- Cash against letter of credit

Wörlen, R.; Metzler-Müller, K.: Handelsklauseln im nationalen und internationalen Warenverkehr, Richard Boorberg Verlag 1996

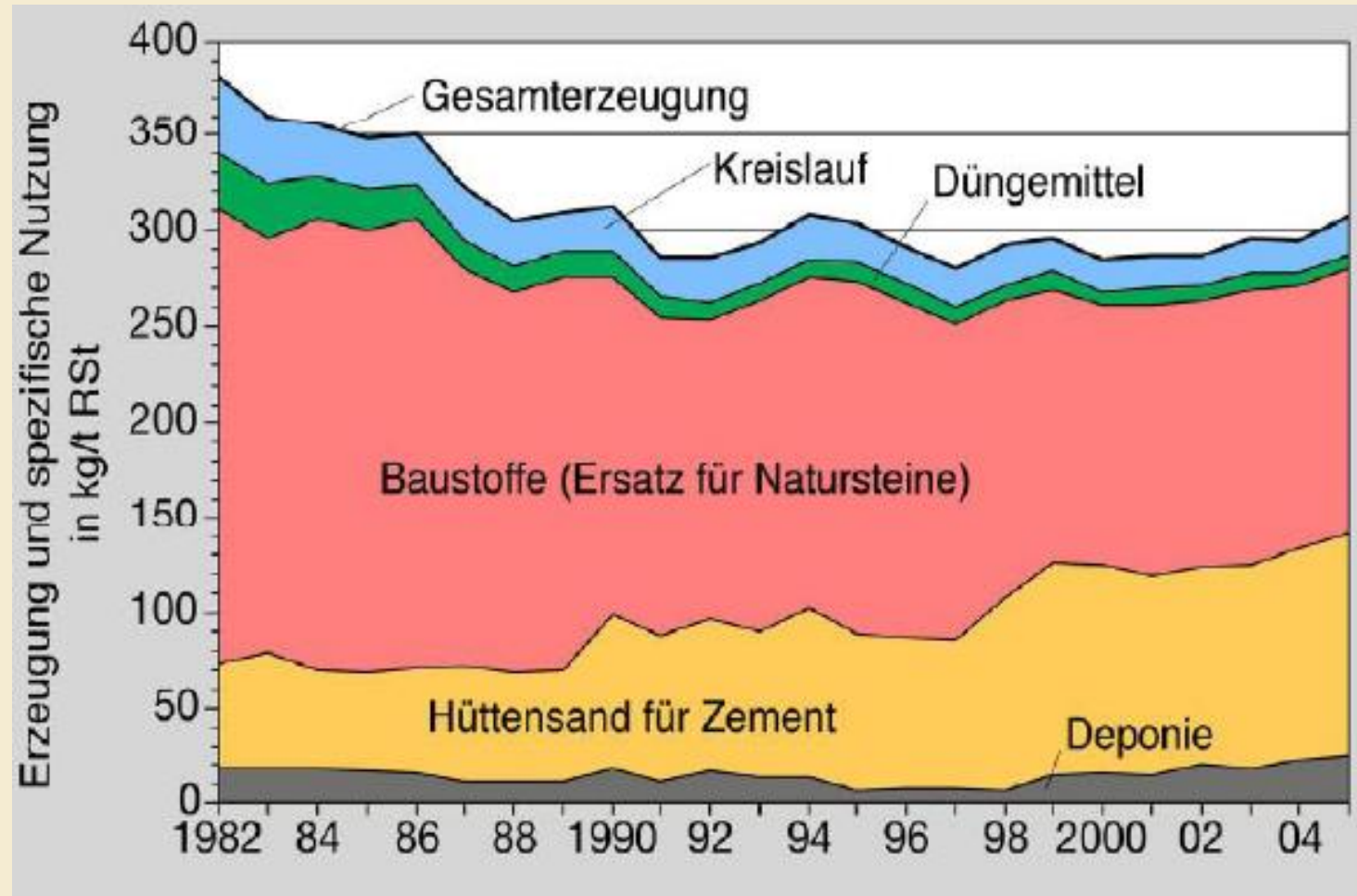
14. Slag Use

Development of Slag Amount per Pig Iron Production (Iron Making)



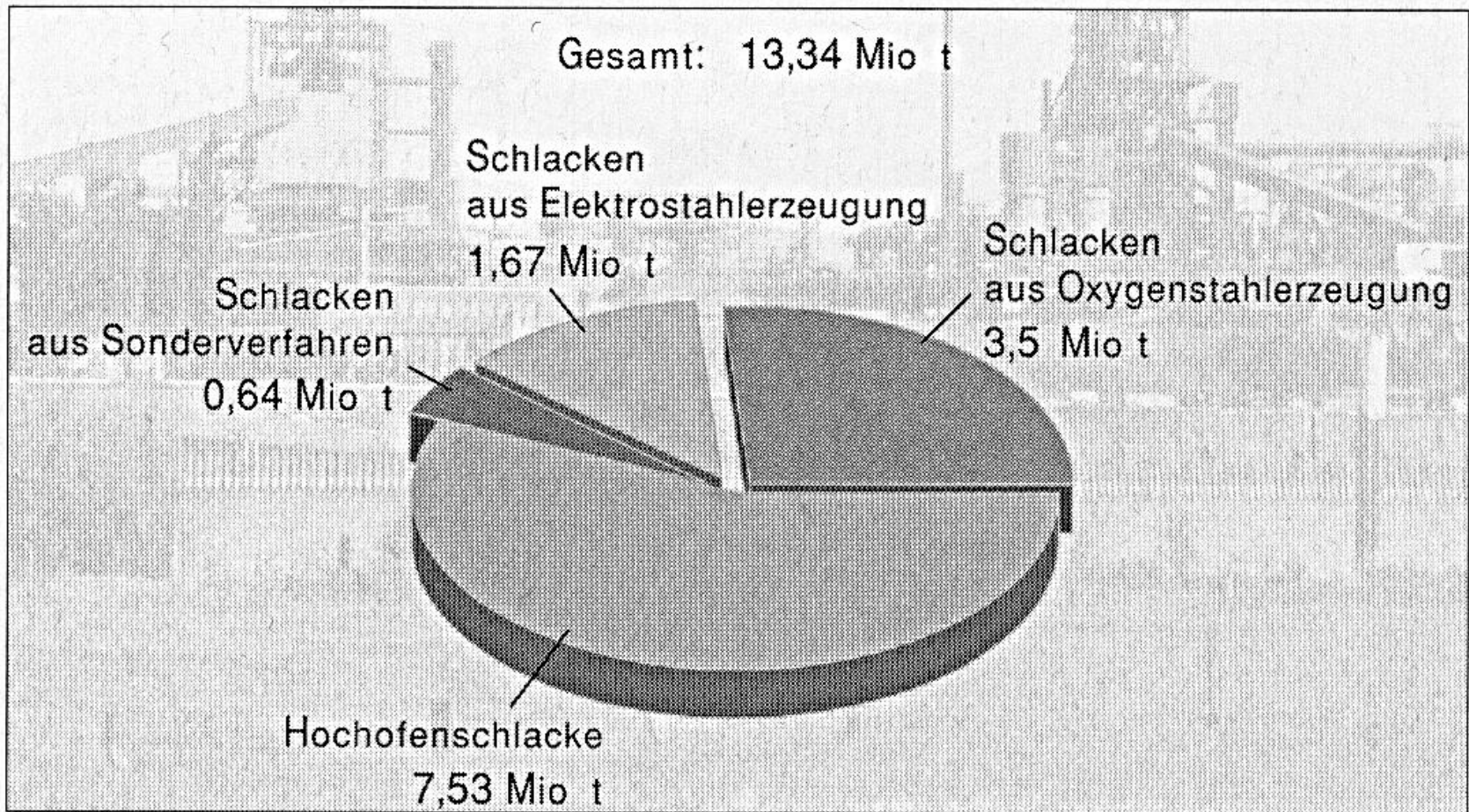
Quelle : Bredehöft, R.:stahl und eisen 122 (2002) Nr.7, S.71-76

Production and Specific Utilization of Mineral Residues



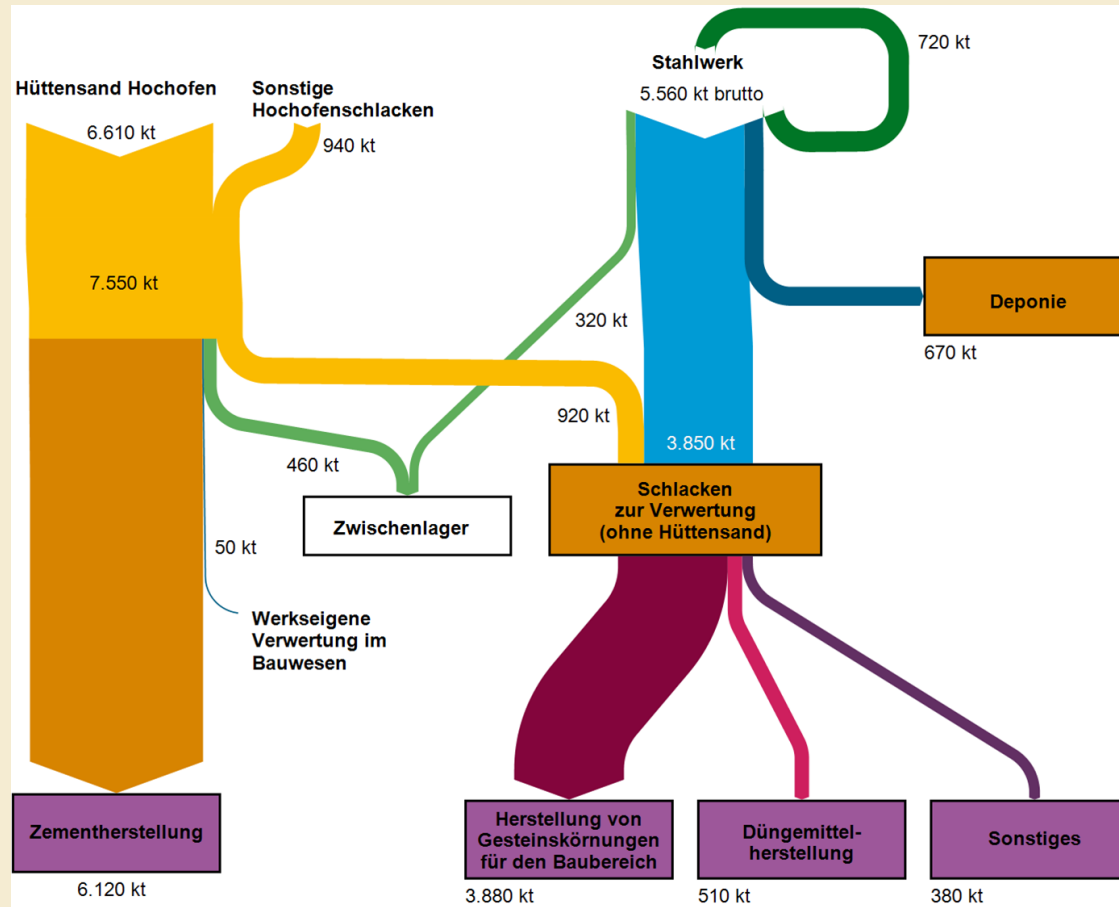
Quelle : Ameling, D.: Ressourceneffizienz-Stahl ist die Lösung, BDSV Jahrestagung, 14.09.07

Slag Production of Iron and Steel Mill in 2001



Quelle : Bredehöft, R.:stahl und eisen 122 (2002) Nr.7, S.71-76

Slag Production of Iron and Steel Mill in 2013

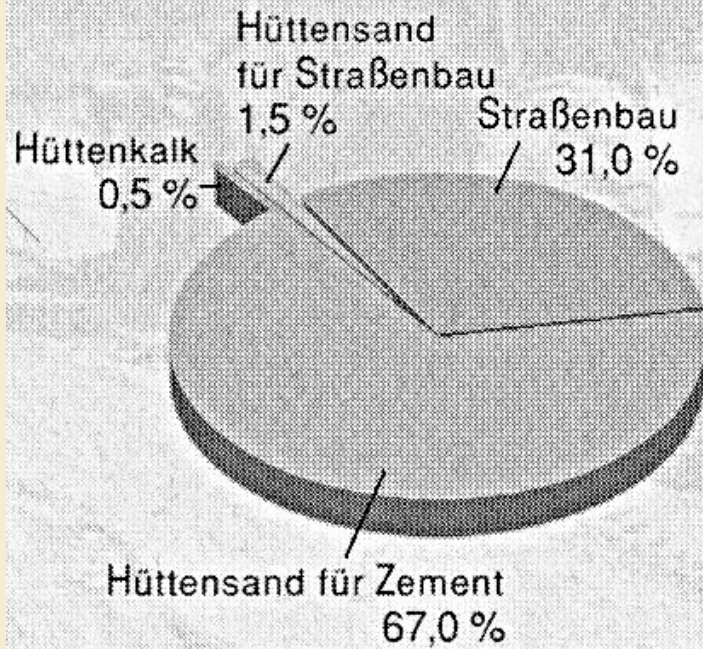


<https://www.umweltbundesamt.de/schlacken-huettensande-aus-der-eisen-stahlerzeugung#verwertung-und-produktion-in-deutschland>

Production and Utilization of Metallurgical Slag in Germany 2000/2001

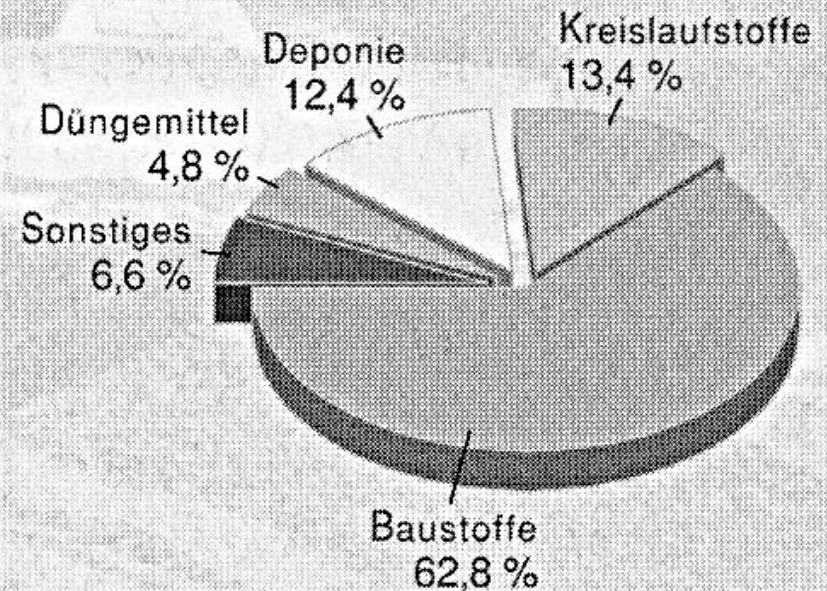
Hochofenschlacke

Erzeugung: 7,56 Mio t
Einschl. Lagerabbau



Stahlwerksschlacke

Erzeugung: 5,81 Mio t
Einschl. Lagerabbau



Quelle : Bredehöft, R.: stahl und eisen 122 (2002) Nr.7, S.71-76

Production and Utilization of Metallurgical Slag in Germany 2021

Erzeugung	2021	2020
Schlacke aus Stahlroheisenerzeugung	7,52	6,31
Schlacke aus sonstiger Roheisenerzeugung	0,10	0,10
Summe Erzeugung	7,62	6,41
davon: HS 6,90 HOS 0,72		
Lagerabbau	0,87	0,91
Summe	8,49	7,32

Nutzung	2021	2020
HOS (Gesteins- körnungen)	0,29	0,27
HOS (Baustoff- gemische)	0,59	0,48
HS zur Zement- herstellung	7,41	6,42
HS für andere Einsatzgebiete	0,10	0,08
Eigenverbrauch der Werke	0,10	0,07
Summe	8,49	7,32

Tabelle 1: Erzeugung und Nutzung von Hochofenschlacke 2021/2020 (jeweils in Mio. t)

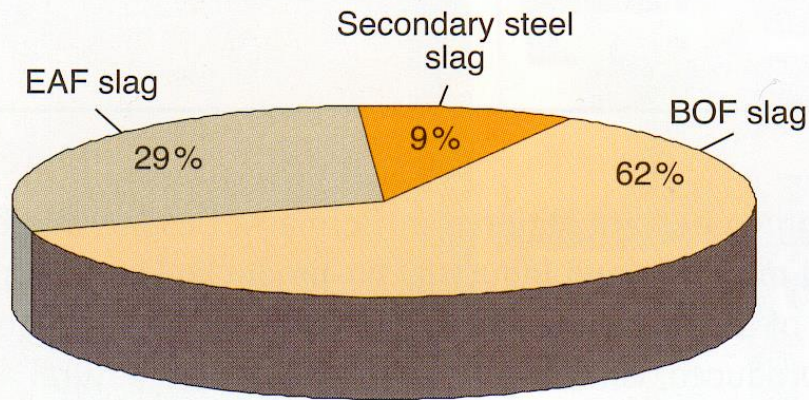
Erzeugung	2021	2020
Schlacke aus Oxygenstahlerzeugung	2,82	2,53
Schlacke aus Elektrostahlerzeugung	1,58	1,46
Schlacke aus Sonderverfahren	0,58	0,46
Summe Erzeugung	4,98	4,45
Lagerabbau		0,01
Summe	4,98	4,46

Nutzung	2021	2020
Metallurg. Kreislaufführung	0,51	0,61
Düngemittel	0,40	0,43
Baustoffe (Straßenbau, Erdbau, Wasserbau etc.)	2,56	2,66
Sonstiges	0,31	0,21
Summe Verwendung	3,78	3,91
Deponie	0,44	0,55
Zwischenlager	0,76	
Summe	4,98	4,46

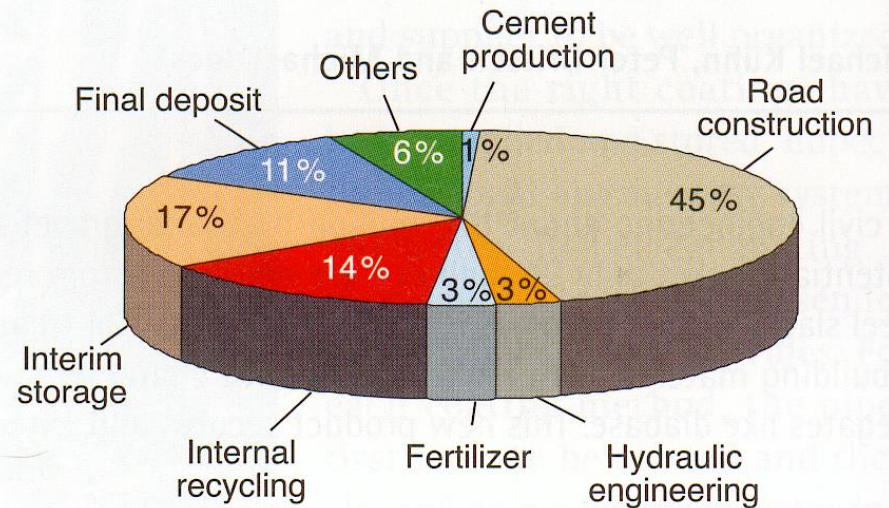
Tabelle 2: Erzeugung und Nutzung von Stahlwerksschlacke 2021/2020 (jeweils in Mio. t)

Production and Utilization of Metallurgical Slag in Europe 2004

a) Production of steel slags in Europe [1]
2004: 15.2 million t



b) Use of steel slags in Europe [1]
2004: 15.2 million t



Quelle : Kühn, M.; Drissen, P.; Joost, M.: stahl und eisen 126 (2006) Nr.11, S.S159-166



KONDEOS

Industrielle Demonstrationsanlage zur definierten Metalloxid-Konditionierung von Elektroofenschlacken zur Erzeugung ökologischer Baustoffe und vermarktungsfähiger Metallfraktionen



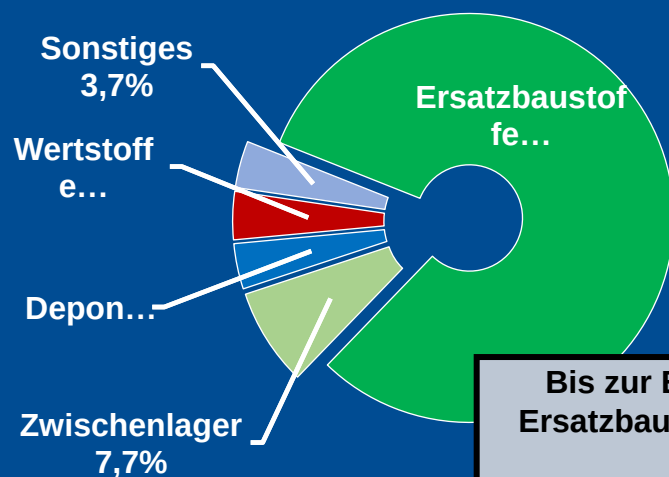
Julian Kuschewski, M.Sc. - Institut für Technologien der Metalle
Universität Duisburg-Essen



Dominik Ebert, M.Sc. - Leiter Schmelzlabor
FEhS – Institut für Baustoffforschung



EAF-Schlacke 2022 in Deutschland: 1,27 Mio. t



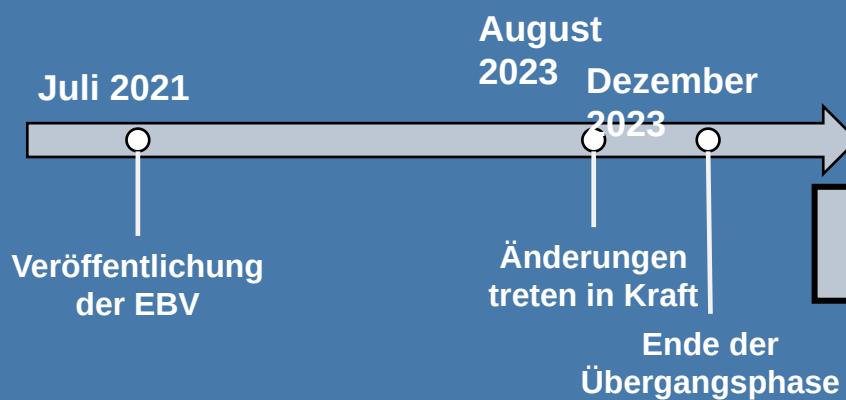
Bis zur Einführung der
Ersatzbaustoffverordnung
(EBV)



Quelle: FEhS - Institut für Baustoff-Forschung

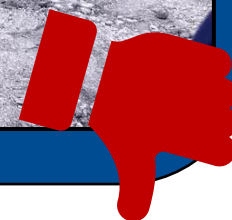


Veröffentlichung der geänderten Ersatzbaustoffverordnung



Änderung der
Parameter und
Analyseverfahren

Deponie



- Die Einblaslanze wird über den Schlackenkübel gefahren und das Konditionierungsmittel beim Austritt der Schlacke parallel in den Schlackenkübel geblasen.
- Die Einblasrate konnte durch Variation verschiedener Parameter (Drosselgröße, Kammerdruck, Fördergasmenge und Auflockerungszustand) um 61 % erhöht werden.
- Die Schwankungen der Fördermenge konnten durch die Optimierungen von 43 kg/min auf 18 kg/min verringert werden.



- Die Schlacke wird zuerst durch einen Magnetbagger grob in eine oxidische und magnetische Fraktion aufgeteilt.
- Es folgt ein Mehrstufiger Brechprozess.
- Mittels eines Überbandmagneten wird die Schlacke in eine oxidische und magnetische Fraktion separiert.



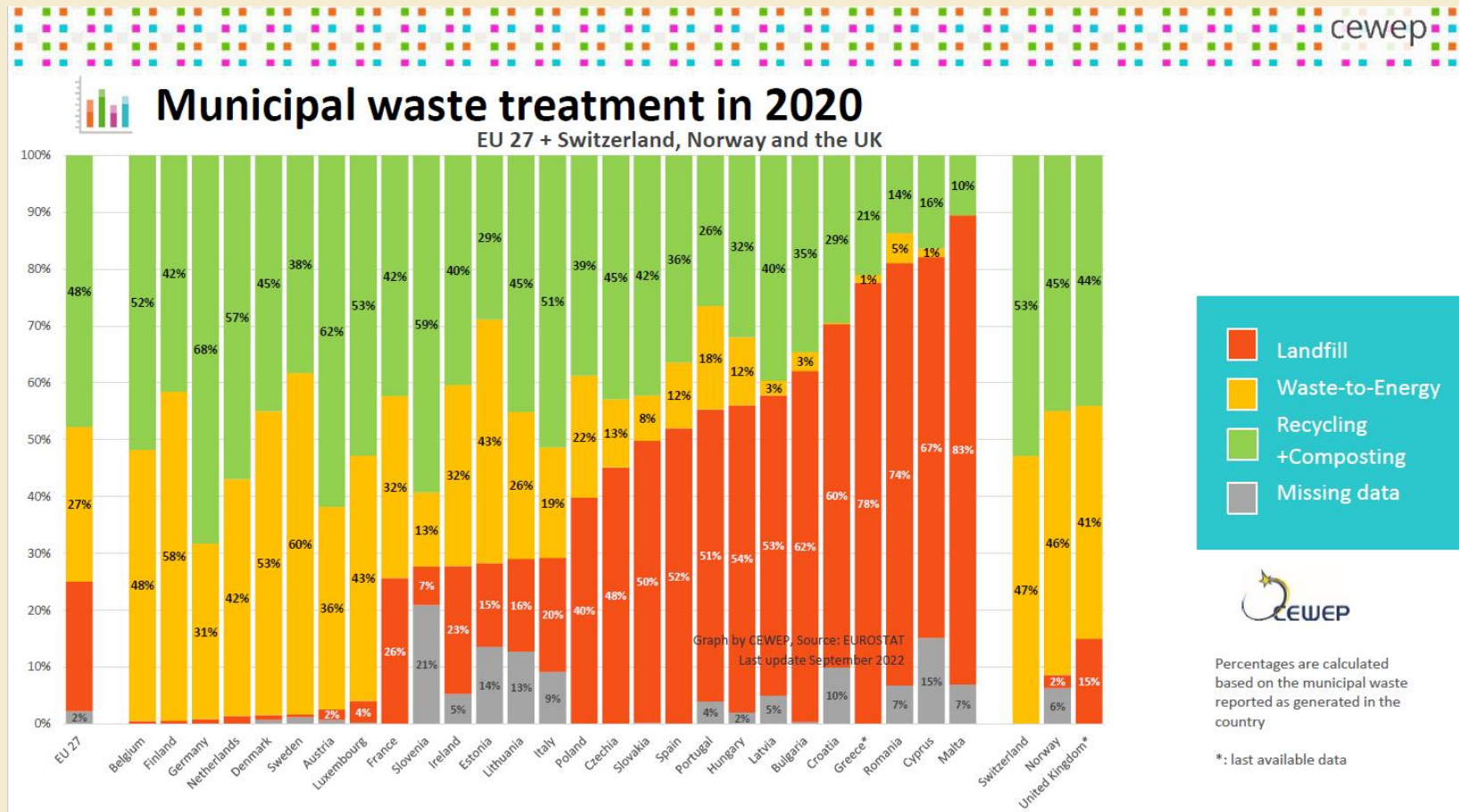
Ersatzbaustoff



Separationseisen

15. Recycling of Metals from Bottom Ash

Waste Treatment in Europe



<https://www.cewep.eu/municipal-waste-treatment-2020/>

Scheme of a Waste Incineration Plant



www.gks-schweinfurt.de

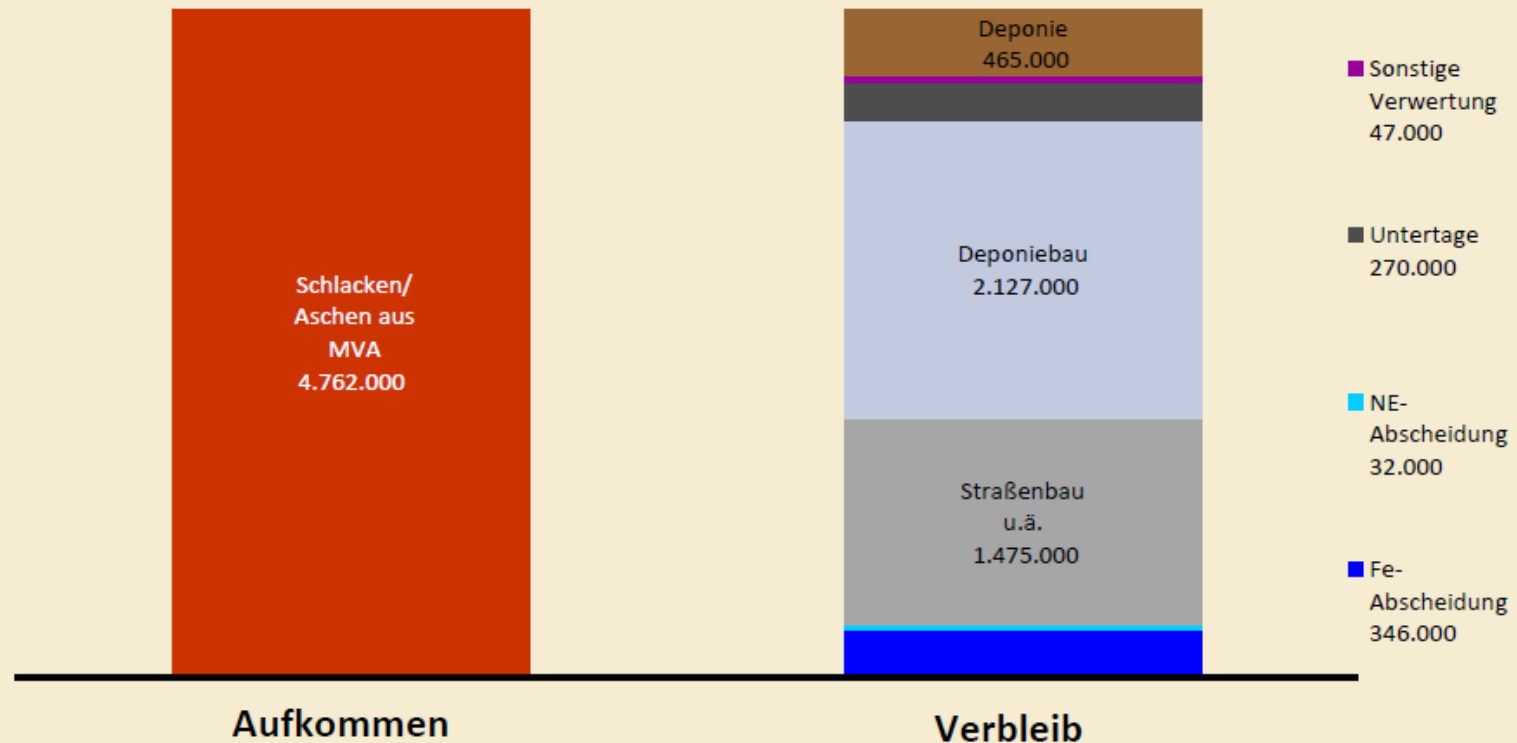
Fuel Fraction in the Catchment Area of the Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH

	Fraktionen:	Massenanteile
		[Mas.-%, f.]
1	Feinfraktion (bis 8 mm)	10,84
2	Mittelfraktion (8 - 40 mm)	16,31
3	Organik	25,20
4	Papier, Pappe, Kartonagen	4,93
5	Hygieneprodukte	13,21
6	Kunststoffe	7,03
7	Textilien	4,13
8	Verbunde	6,41
9	Holz	0,75
10	Sonstige Abfallarten	1,94
11	Problemabfall	0,22
12	Spermmüll	0,00
13	Glas	4,04
14	Metalle	2,34
15	Inertes	2,64
	Gesamt	100,00

Deike, D.Ebert, R.Warnecke, M.Vogell: 24.VDI-Fachkonferenz
Thermische Abfallbehandlung, Würzburg, 11.-12.10.2012 162

Estimated Incidence and Fate of Slag from the Incinerator (MVA) in Germany 2009

Slags/Ashes form Incineration in 2009 (around 4.76 Mio.Mg)



https://www.itad.de/wissen/studien/20130110_deike-hmvarecyclingpotentialabschlussbericht.pdf

COARSE SCRAP



FINE SCRAP



SCRAP FROM CANS



FERROUS FRACTION



NON-Fe FRACTION

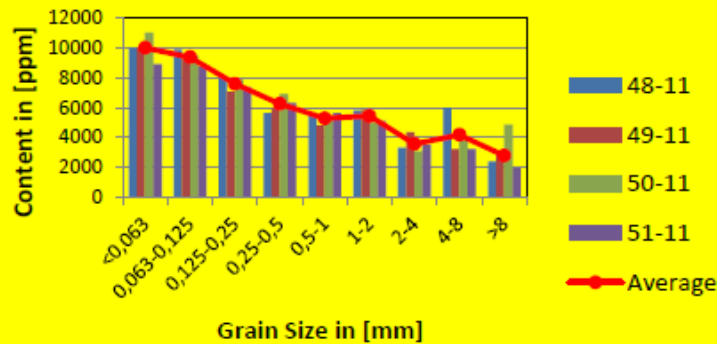


ELECTRIC MOTORS

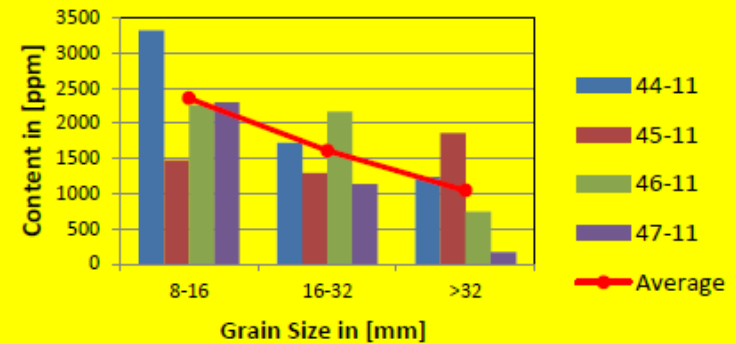


Zinc and Copper according to the Grain Size

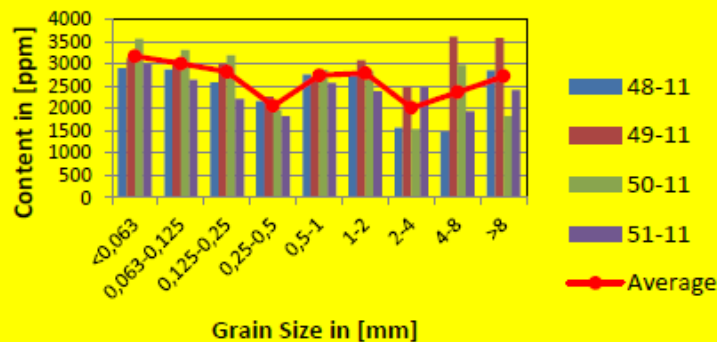
Zn



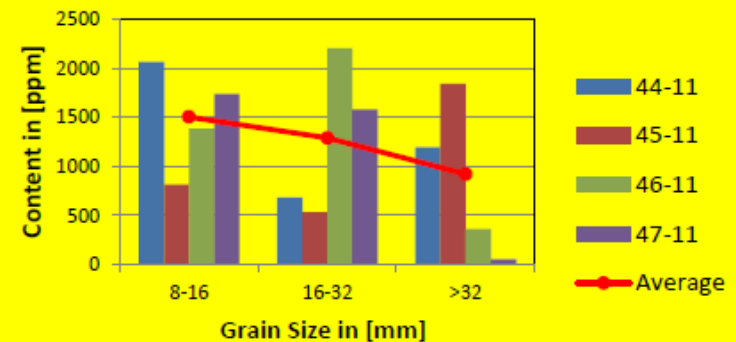
Zn



Cu



Cu

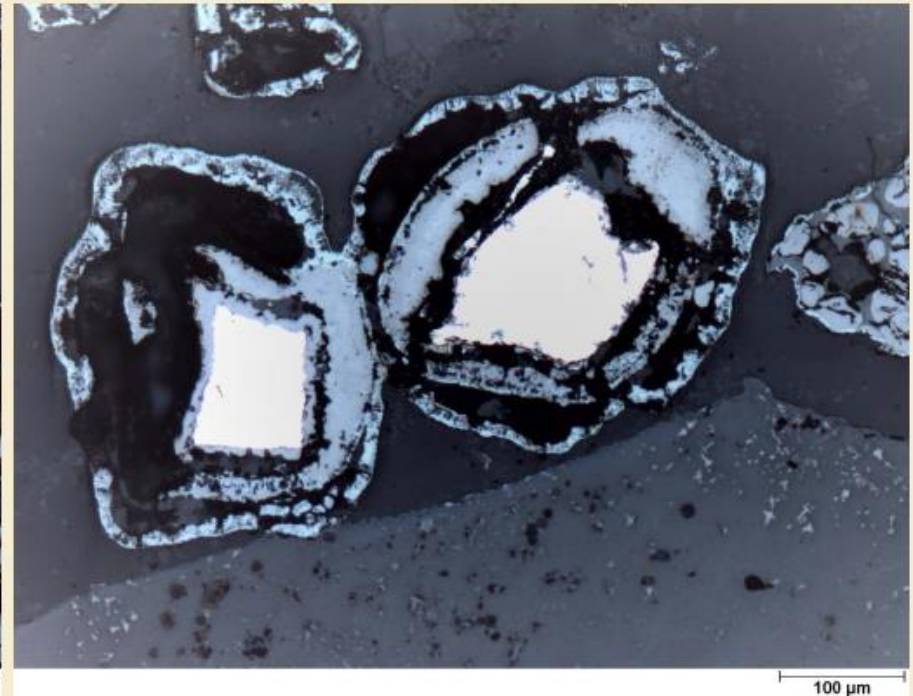
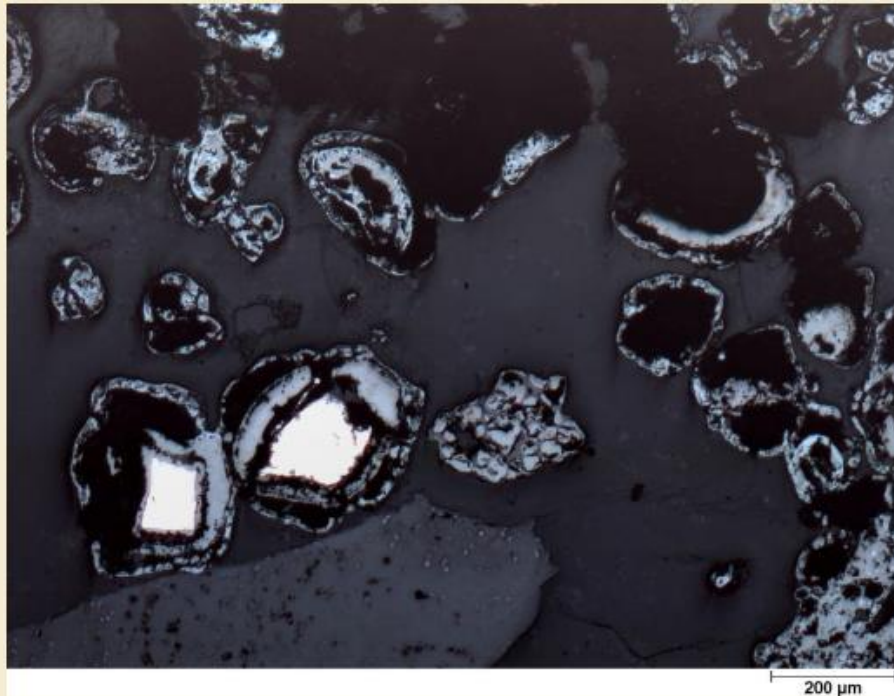


Macroscopic 3D-image of a Particle from Waste Incineration Plants



Deike, R.; Ebert, D. : VGB Workshop Produkte aus der thermischen Abfallverwertung, Bleicherode, 18.04.2012

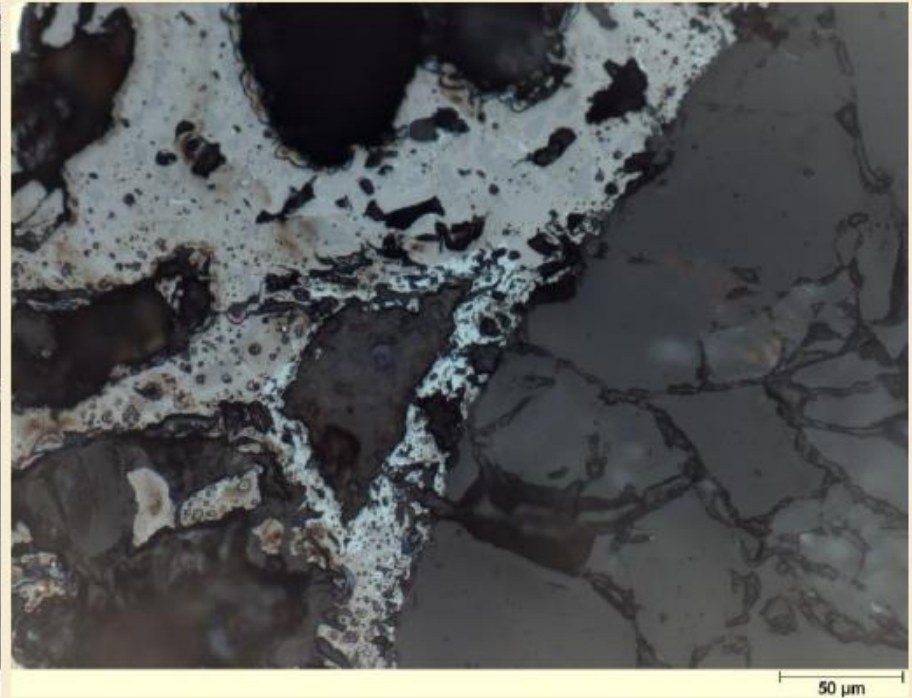
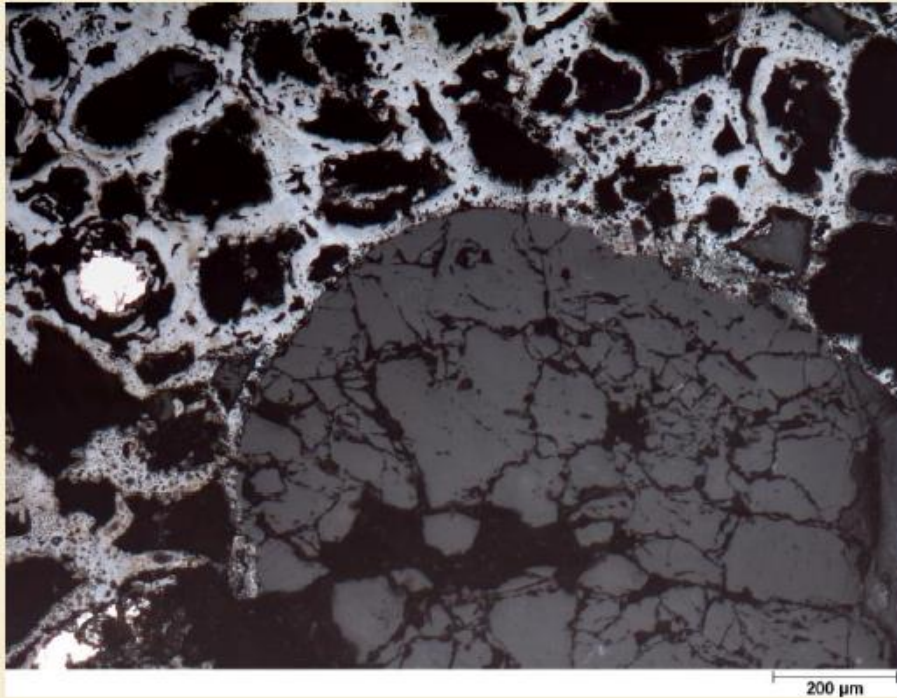
Formation of Iron Oxide Layers at the Temperature of 850°C



Deike, R.; Ebert, D.: CEWEP Kongress 2012, Würzburg , 06-07.09.12

Referent: Prof. Dr. Ing. Rüdiger Deike, Universität Duisburg-Essen; Vortrag: Möglichkeiten des Recyclings von HMV- Schlacke

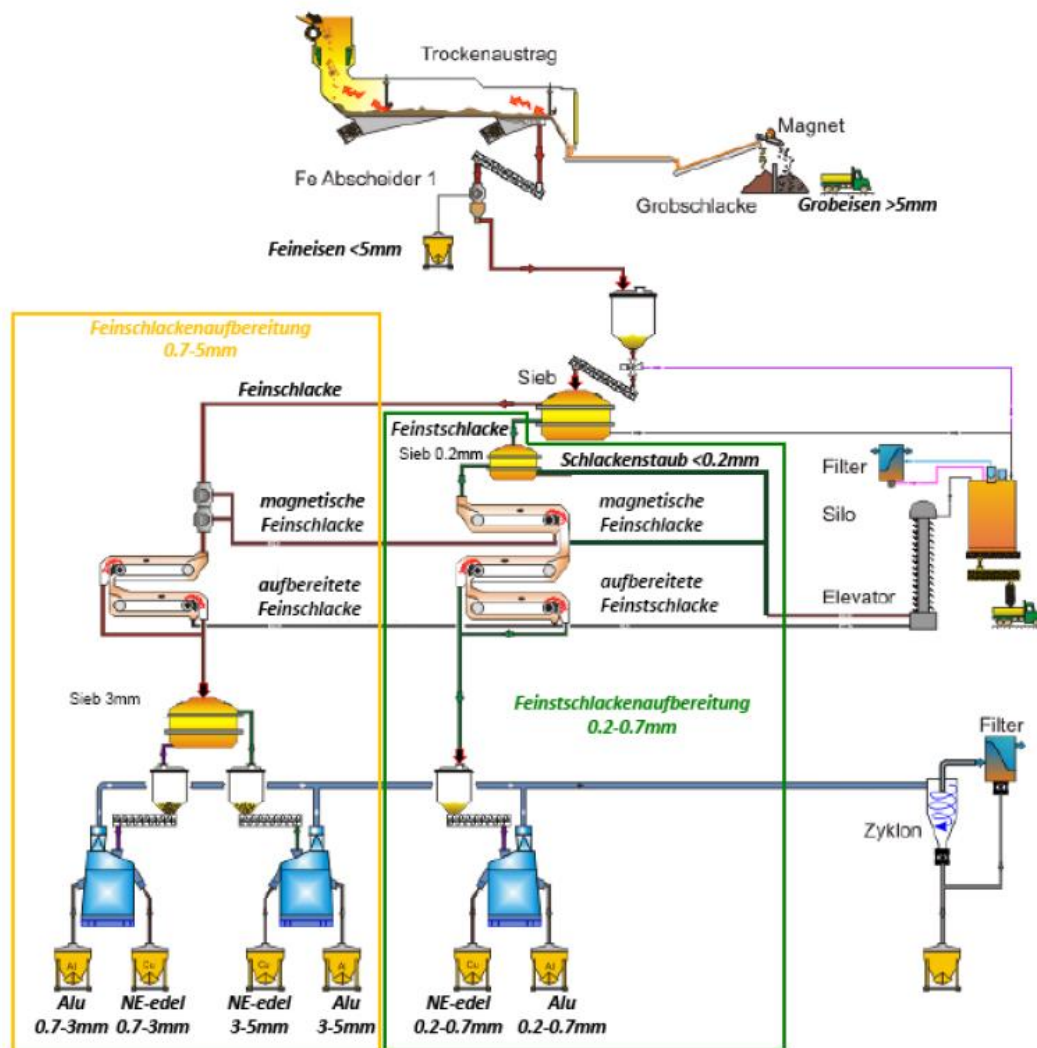
Formation of Iron Oxide Layers at the Temperature of 1000°C



Deike, R.; Ebert, D.: CEWEP Kongress 2012, Würzburg , 06-07.09.12

Referent: Prof. Dr. Ing. Rüdiger Deike, Universität Duisburg-Essen; Vortrag: Möglichkeiten des Recyclings von HMV- Schlacke

Waste Incineration with Dry Slag Discharge



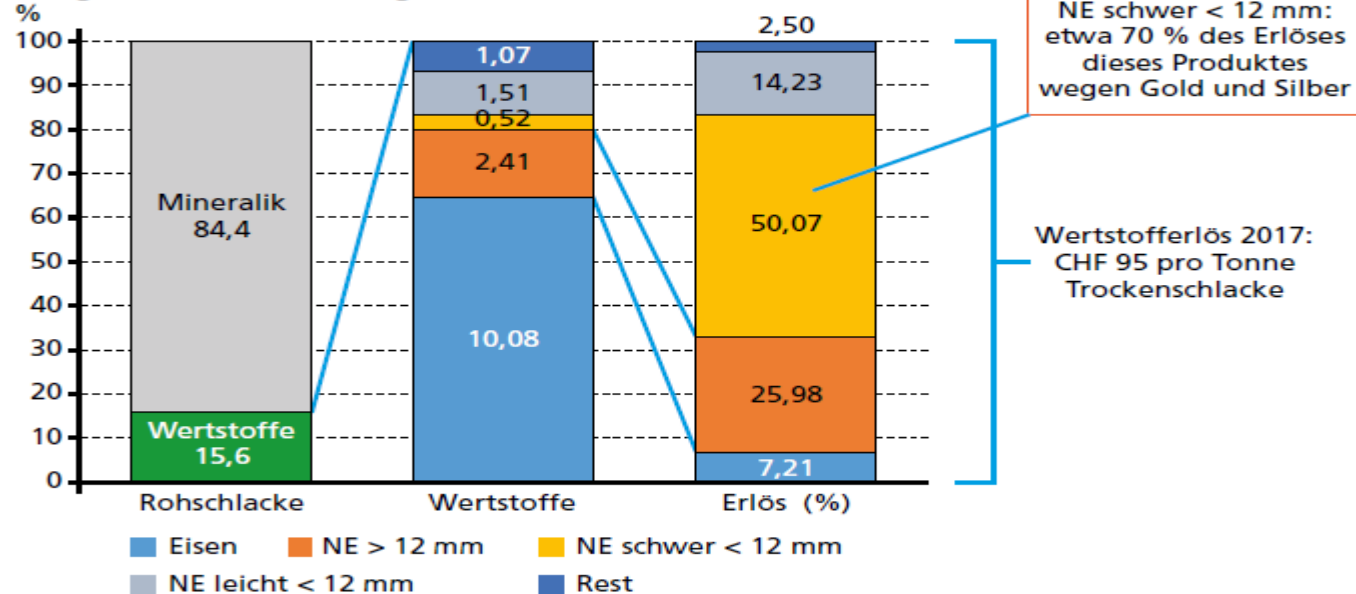
<https://www.zar-ch.ch/zar/die-stiftung/>

Preparation of Various Different Metallic Particles by Appropriate Cleaning of the Fractions



The distribution of metals in bottom ash and their economic importance

Mengen- und Erlösverteilung 2017



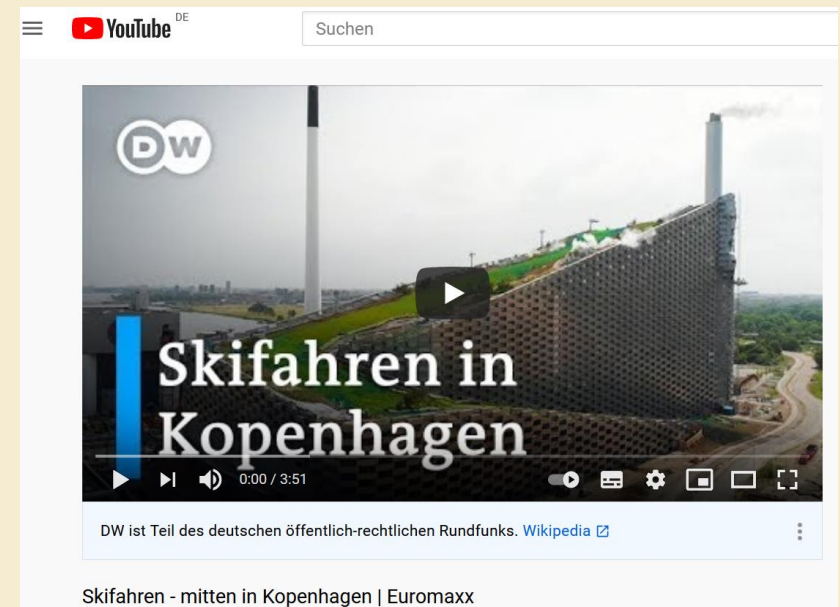
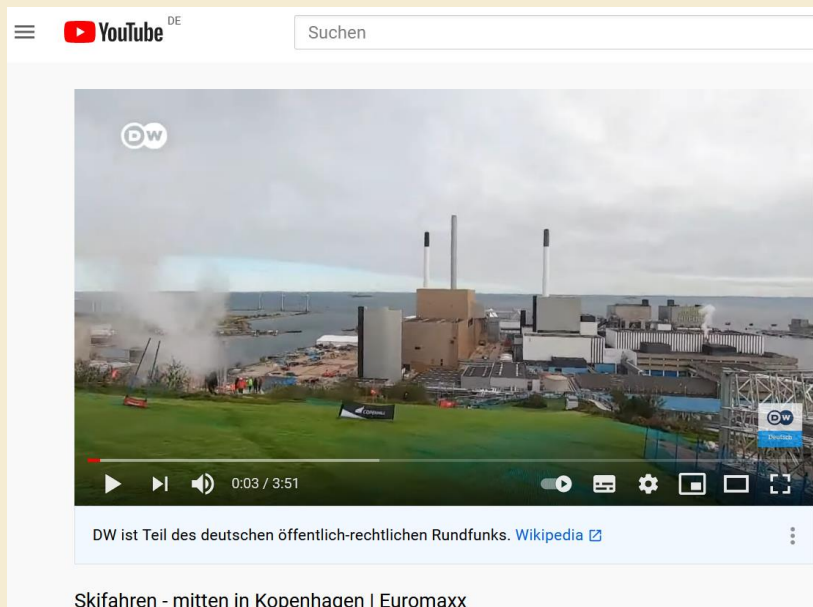
Böni, D.: Thermo-Recycling: Effiziente Gewinnung von Wertstoffen aus der Trockenschlacke, Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 5, Hrsg. S. Thiel und E. Thomé-Kozmiensky, TK-Verlag (ISBN: 978-3-944310-41-1), 2018

The most modern waste incineration plant in the world in Copenhagen



UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken



<https://www.youtube.com/watch?v=dKPx4hzFsTU>



EMSARZEM

Alternative Perspective to Valorize the Municipal Waste
Incinerator Bottom Ash for Metals and Cement Industries

Ida Adhiwiguna, M.Sc.
Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Deike
Dr.-Ing. Ragnar Warnecke

Universität Duisburg Essen
Universität Duisburg Essen
GKS-Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH



Table of Content

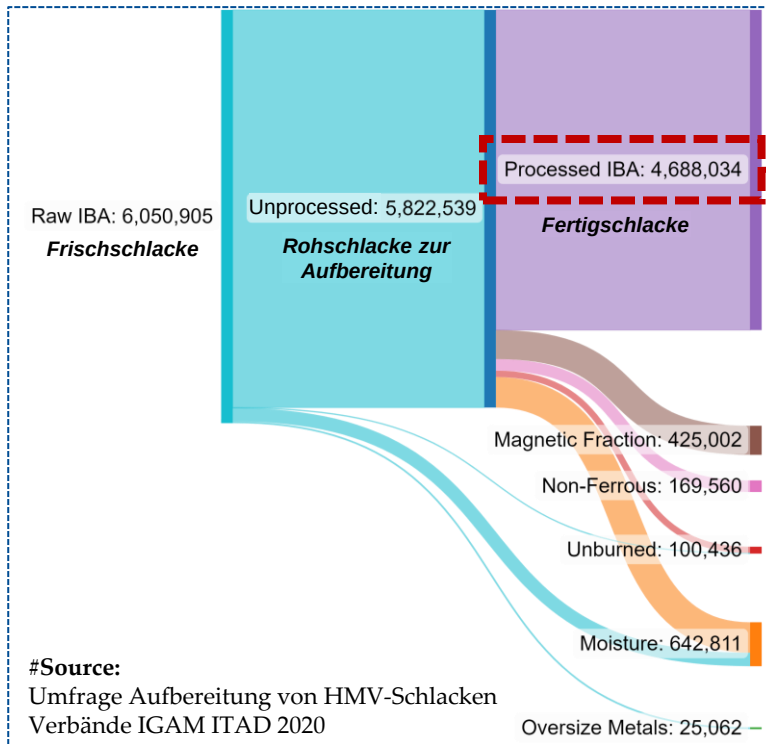
1. Purpose & Process Description
2. Output Mineral as Raw Material for the Cement Industry and Concrete Production
3. Output Magnetic as Raw Material for the Ferrous and Non-Ferrous Industry
4. Output Non-Ferrous as Raw Material for the Non-Ferrous Metal Industry
5. Summary

Purpose & Process Description



Definition and Purpose

Annual Volume of IBA in Germany



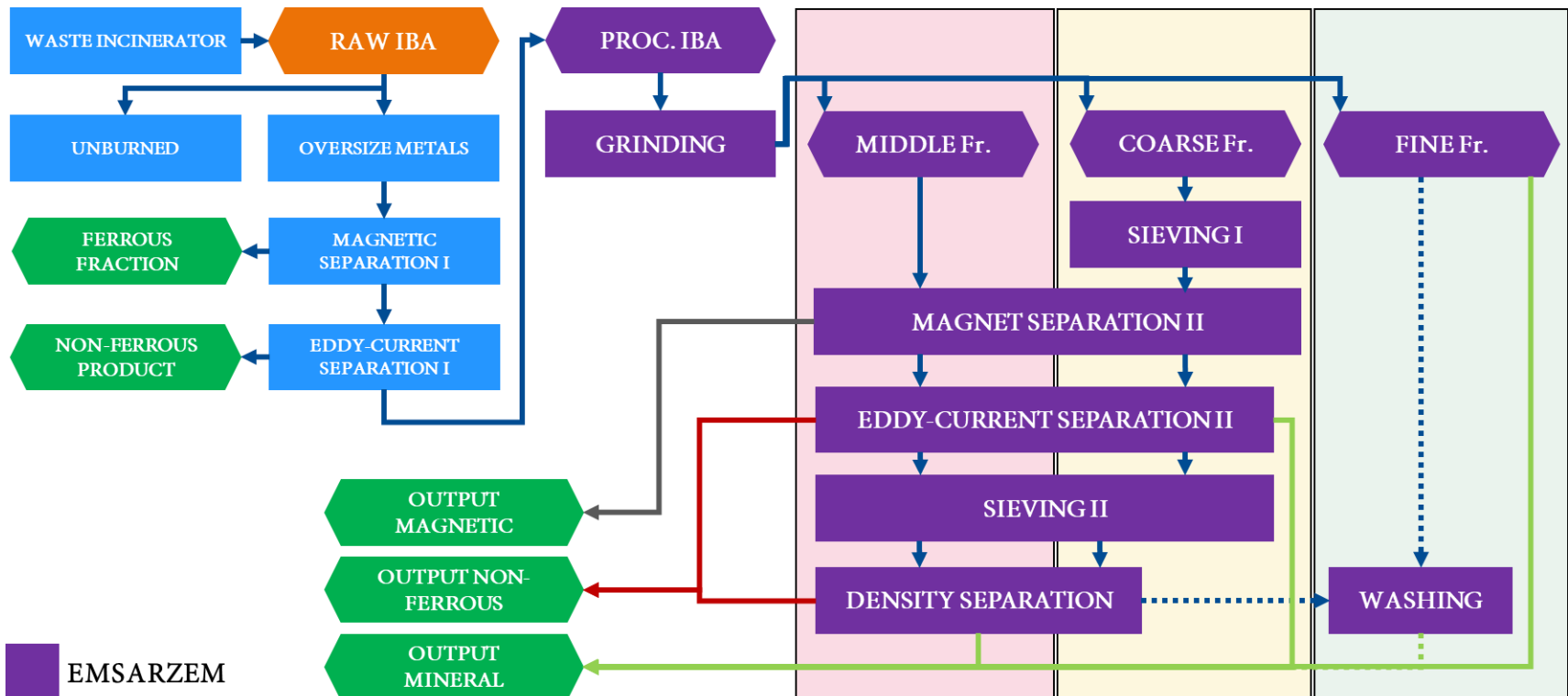
Processed IBA Fraction 0-10 mm



PROJECT PURPOSES

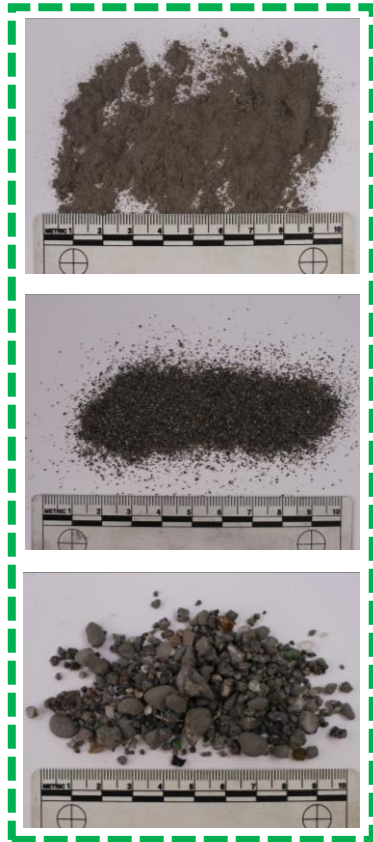
- Metals separation
- Production of a clean mineral product that can be used as raw material in clinker production in cement industry

Process Scheme



EMSARZEM

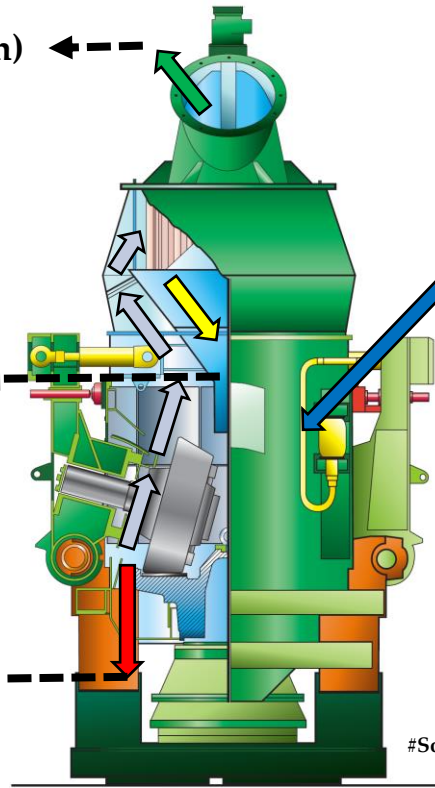
Grinding as the First Concentration Step



Sichterfeingut (Fine Fraction) ←

Grieße (Middle Fraction) ←

Reject (Coarse Fraction) ←

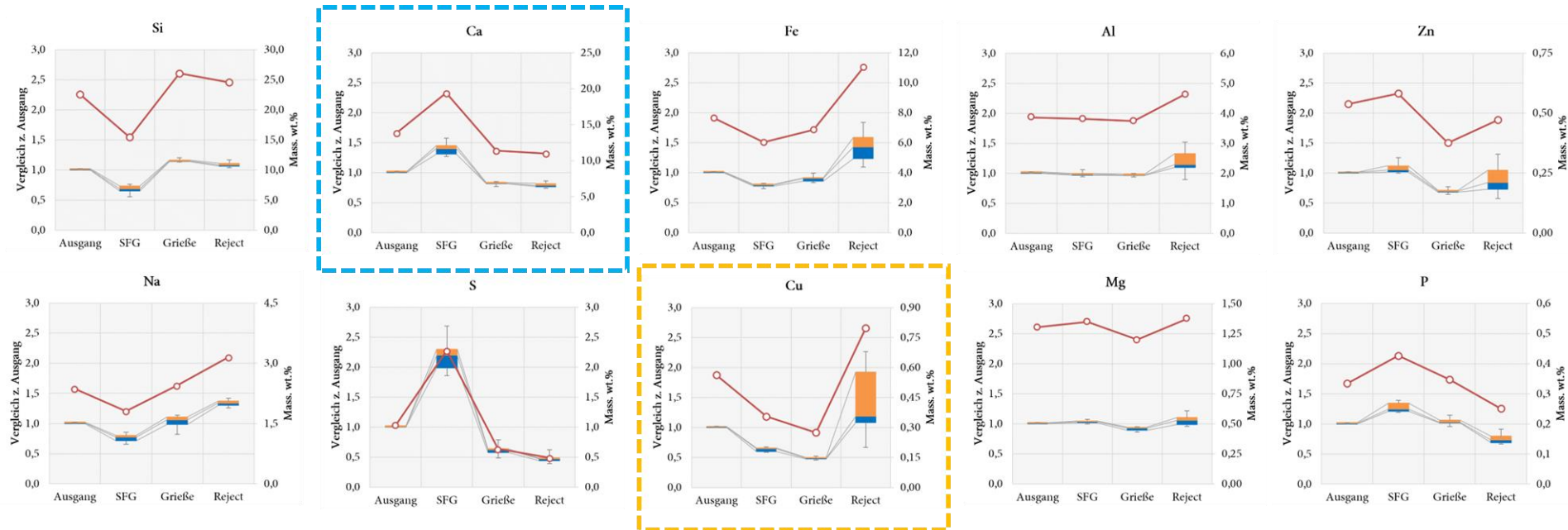


INPUT: Fertigschlacke
(Processed IBA)



#Source:
LOESCHE Milling
Machine

Change in Chemical Composition after Grinding



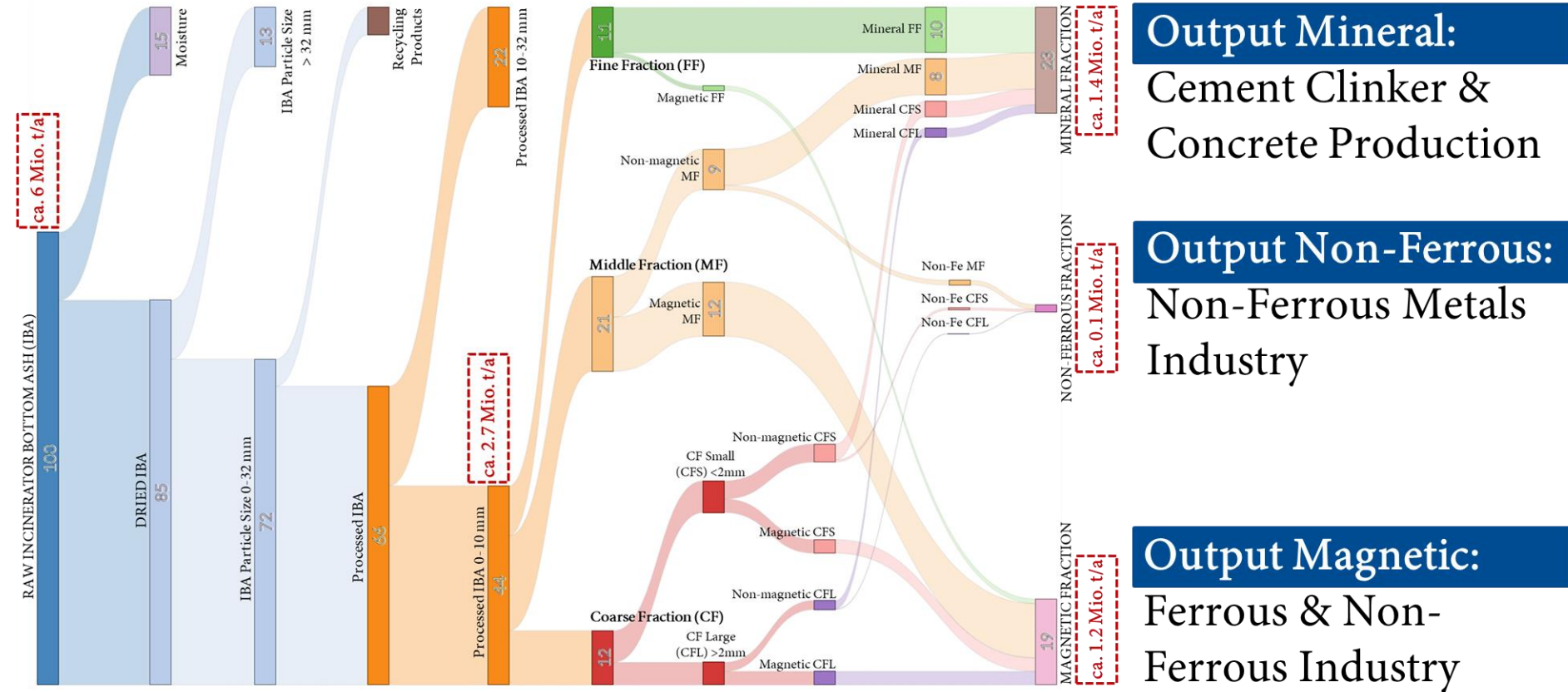
Relative Values Compared to As-Received (Ausgang)

Measured Mass Fraction in Percent

#analysed by Verein Deutscher Zementwerke e.V.

Mass Balance based on 6 Mio. t/a

After Grinding, Magnetic and Eddy Current Separation



Output Mineral:
Cement Clinker &
Concrete Production

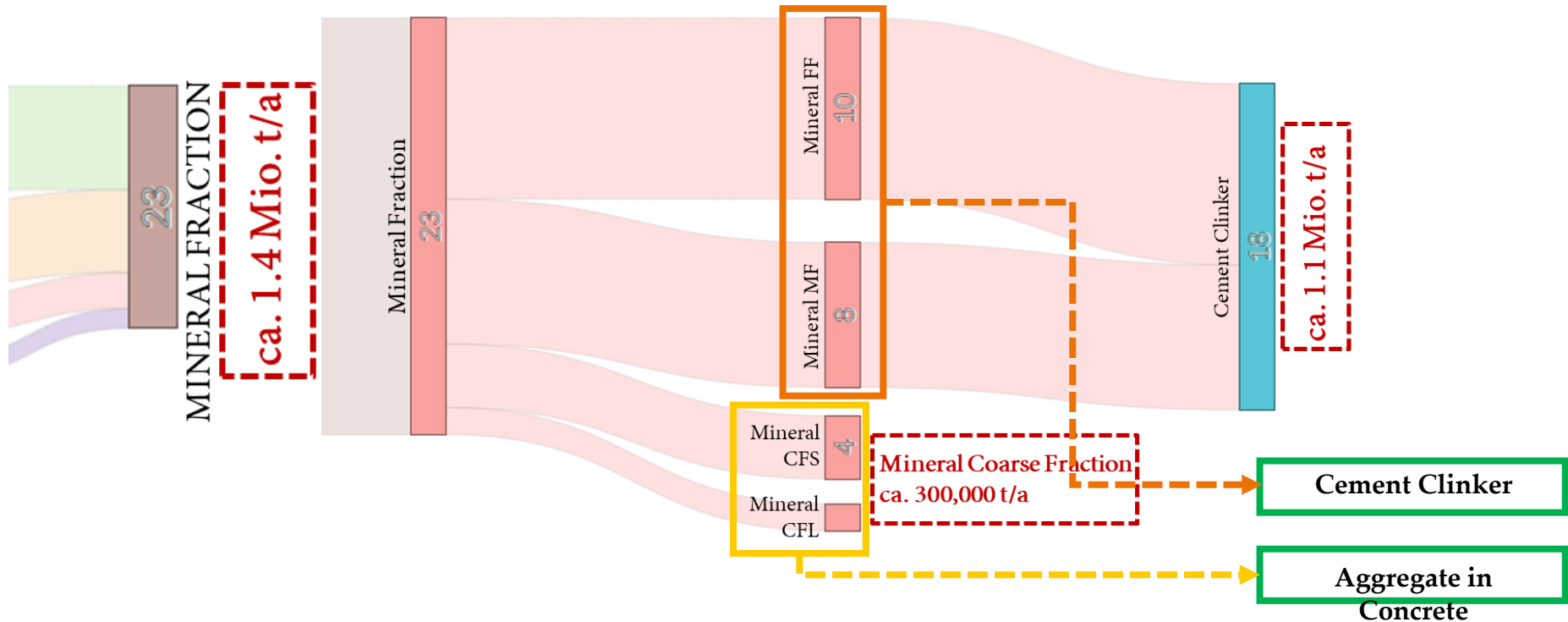
Output Non-Ferrous:
Non-Ferrous Metals
Industry

Output Magnetic:
Ferrous & Non-
Ferrous Industry

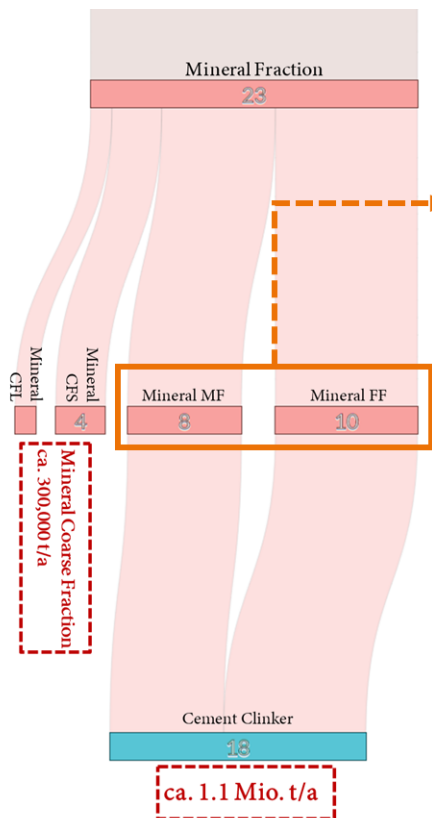
Output Mineral as Raw Material for the Cement Industry and Concrete Production



Expected Valorization of the Mineral Fraction



Mineral FF/MF as Material in Cement Clinker

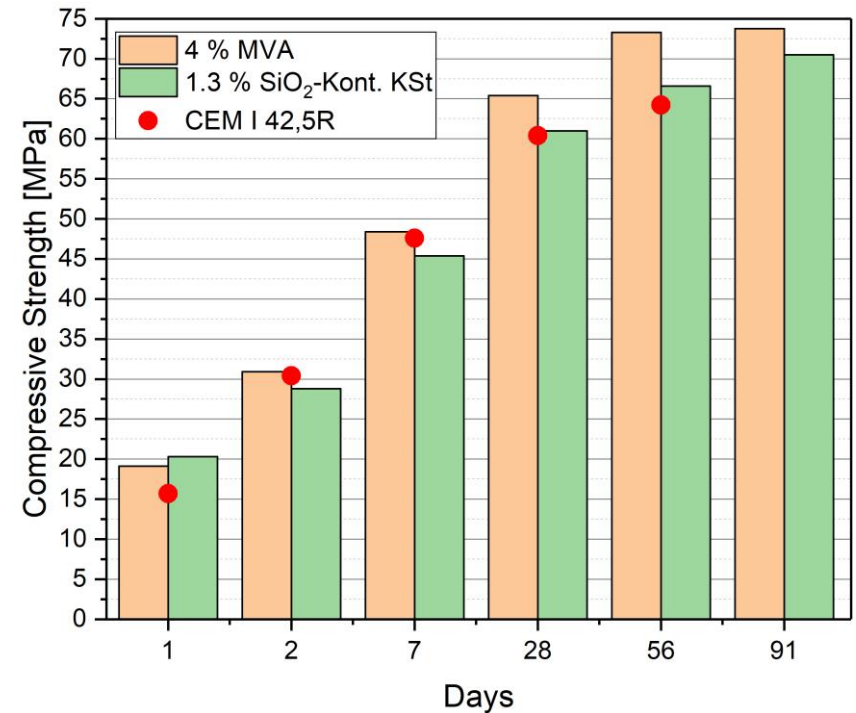
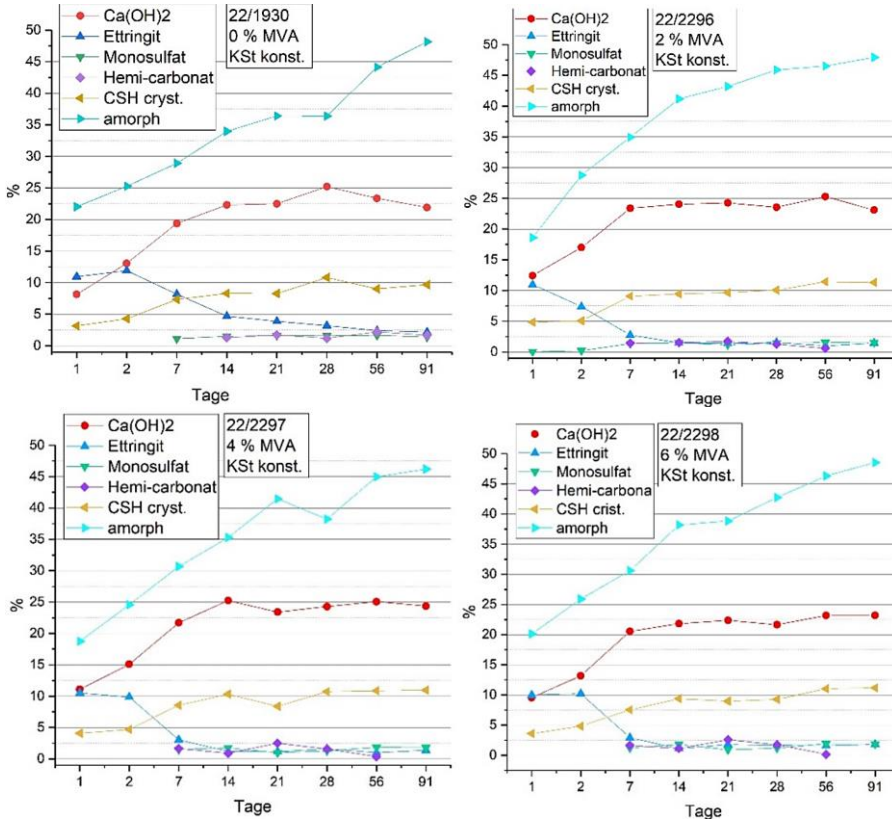


CHEMICAL COMPOSITION DIFFERENCES											
Sample	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	SrO
Raw Meal (RM)	16.6	6.0	2.5	71.2	0.91	0.6	1.1	0.12	0.32	0.01	0.3
Min. FF (MVS)	34.4	8.4	5.4	30.0	2.5	7.7	1.4	2.6	1.9	1.5	0.08
Min. MF	64.3	5.1	2.1	14.3	1.6	1.3	1.1	3.4	1.0	0.7	0.04

EXPECTED MIXTURE PROPORTION OF IBA IN BLENDING MATERIALS										
Sample	Additive (%)	XRF - Analysis				XRD - Analysis				
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	KSt.
100% (RM + 1%SiO ₂)	-	22.85	5.72	1.85	66.82	57.3	22.3	12.0	5.6	92.9
98% (RM) + 2% MVS	0.4 SiO ₂	22.54	5.87	2.10	66.35	56.4	22.1	12.0	6.4	92.9
96% (RM) + 4% MVS	0.5 CaO	22.36	5.91	2.27	66.18	56.5	21.5	11.8	6.9	93.1
94% (RM) + 6% MVS	1.6 CaO	22.38	5.76	2.36	66.06	56.8	21.3	11.3	7.2	93.1

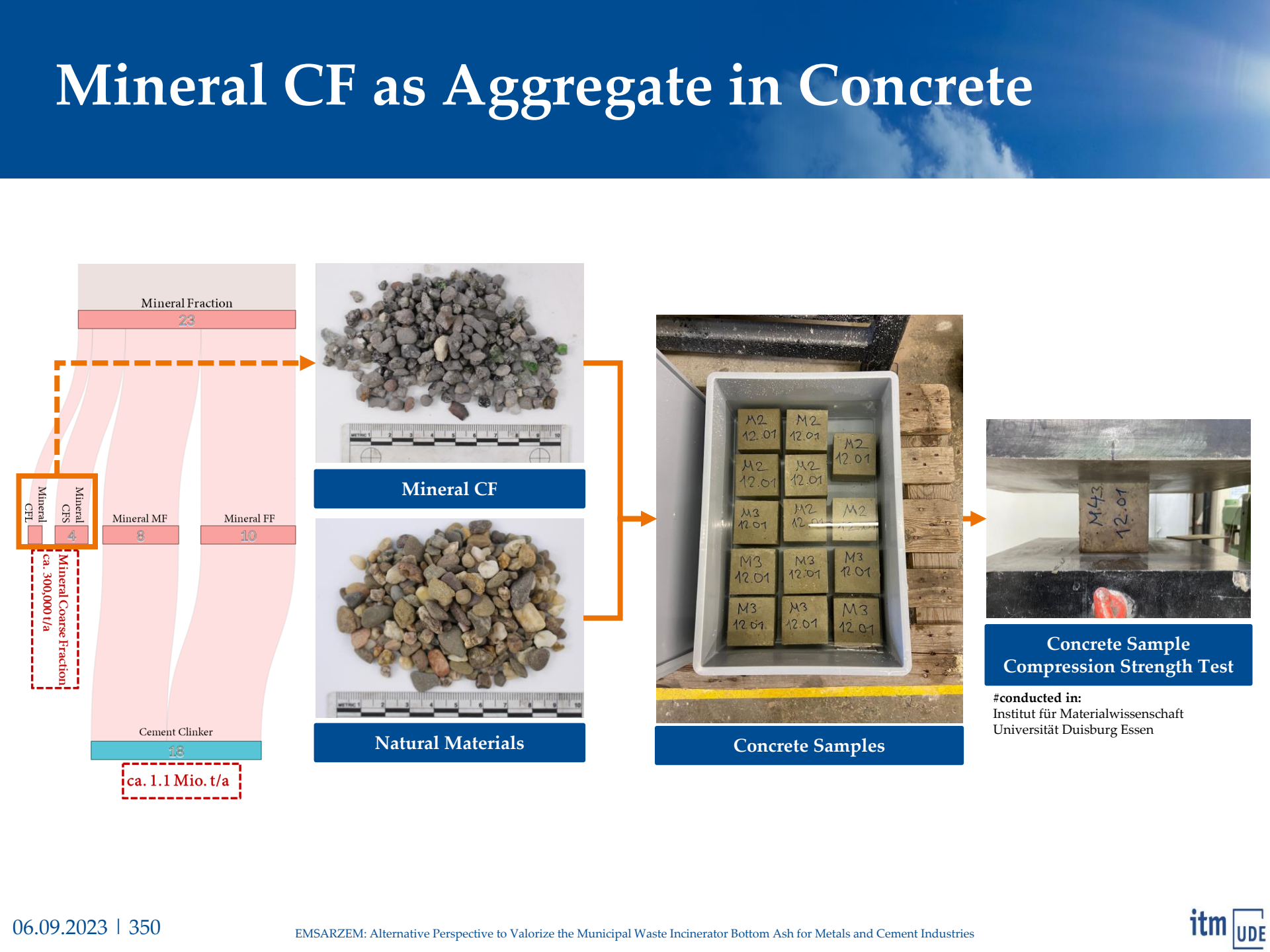
#conducted by Wilhelm-Dyckerhoff-Institut für Baustofftechnologie

Hydration & Compression Test of Cement

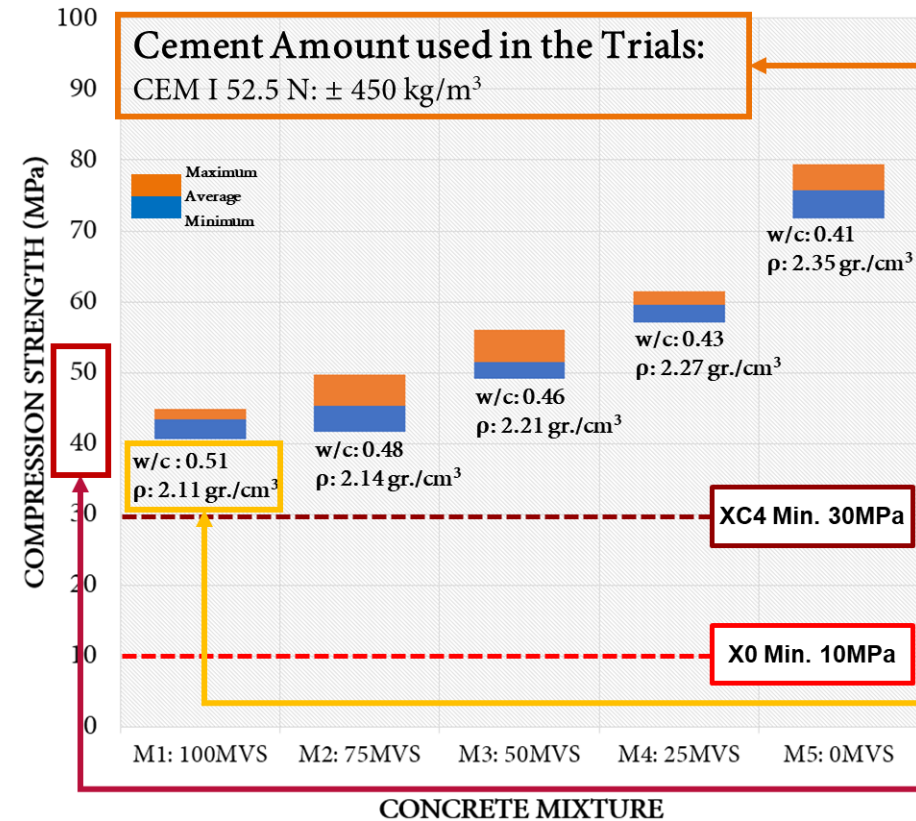


#conducted by Wilhelm-Dyckerhoff-Institut für Baustofftechnologie

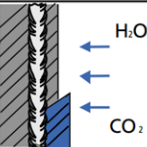
Mineral CF as Aggregate in Concrete



Compression Test of Concrete



min. c: minimum cement (kg) for 1 m^3 of concrete

Expositionsklassen (Umwelteinwirkungen, „Angriffe“) Exposure classes (environmental effects, „attacks“)				Betontechnische Maßnahmen („Widerstände“) Concrete technology measures („resistances“)					
Klassenbez. class designation		Einwirkung und Beanspruchung effect and stress		Max. w/z max. w/c		Min. z min. c		f_{ck} cube f_{ck} cube	
XO		 kein Angriff no attack	kein Betonangriff <i>no concrete attack</i>	keine Anforderung <i>no requirement</i>		keine Anforderung <i>no requirement</i>		C8/10 <i>C8/10</i>	
XC	1		trocken <i>dry</i>	0,75		240		C16/20	
	2		ständig nass <i>constantly wet</i>	0,75		240		C16/20	
	3		mäßig feucht <i>moderately moist</i>	0,65		260		C20/25	
	4	Carbonatisierung <i>carbonation</i>	nass / trocken <i>wet / dry</i>	0,60		280		C25/30	

Grube, H., & Kerkhoff, B. (2001). Die neuen deutschen Betonnormen DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 als Grundlage für die Planung dauerhafter Bauwerke.

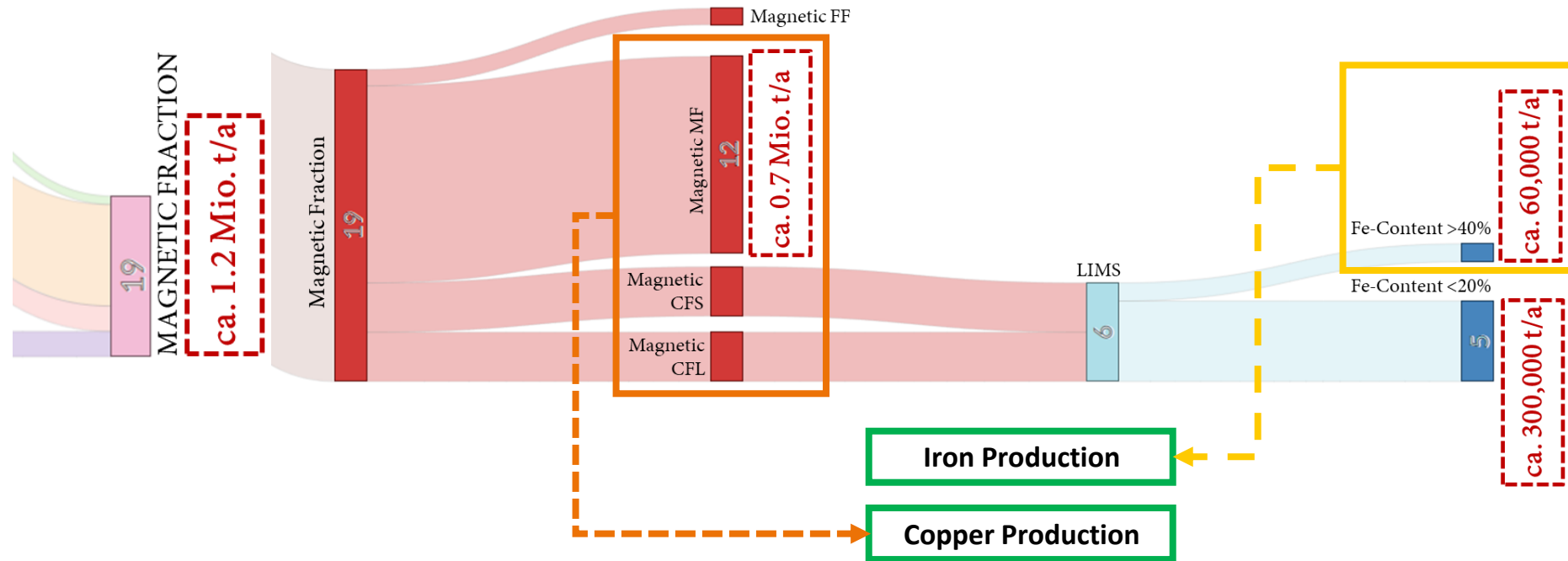
Max. w/c: maximum water to cement ratio in concrete

C25/30: minimum strength of concrete samples for cylinder (25 MPa) and cube (30 MPa) sample

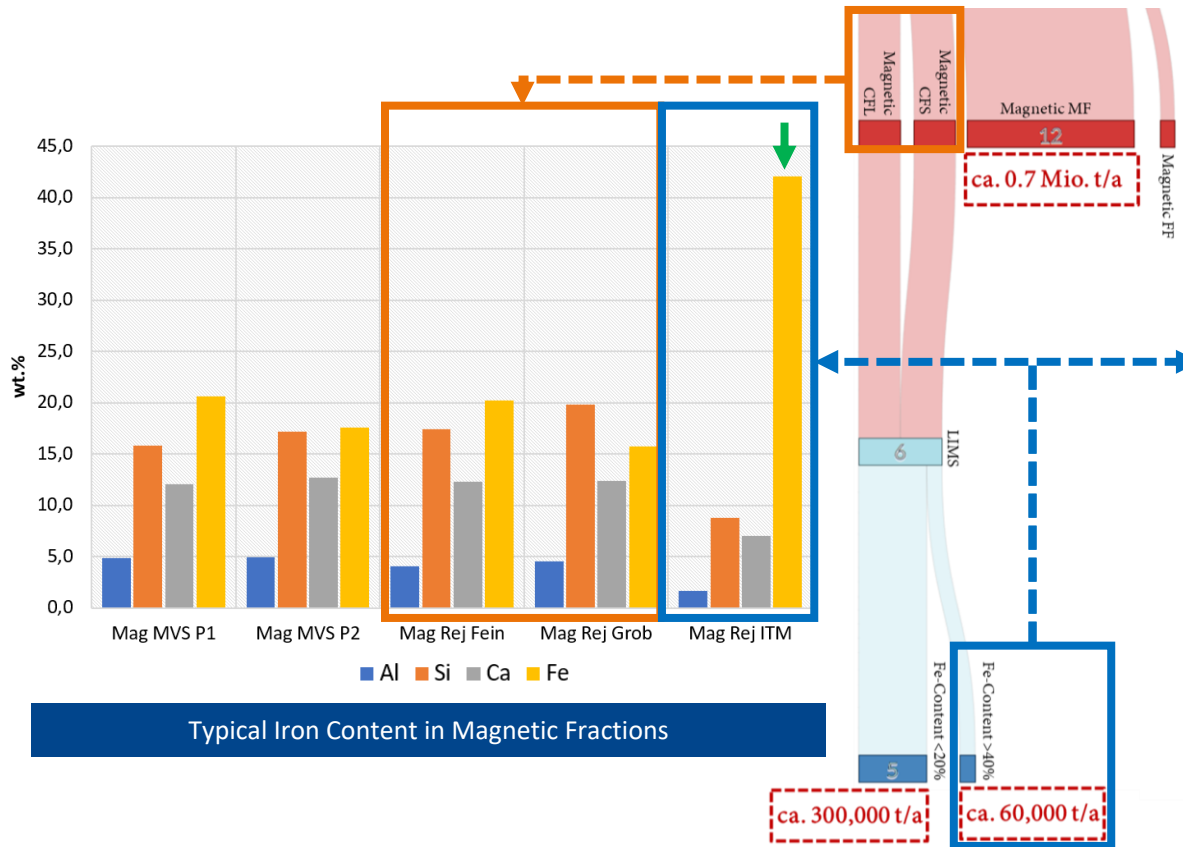
Output Magnetic as Raw Material for the Ferrous and Non-Ferrous Industry



Expected Valorization of the Magnetic Fraction



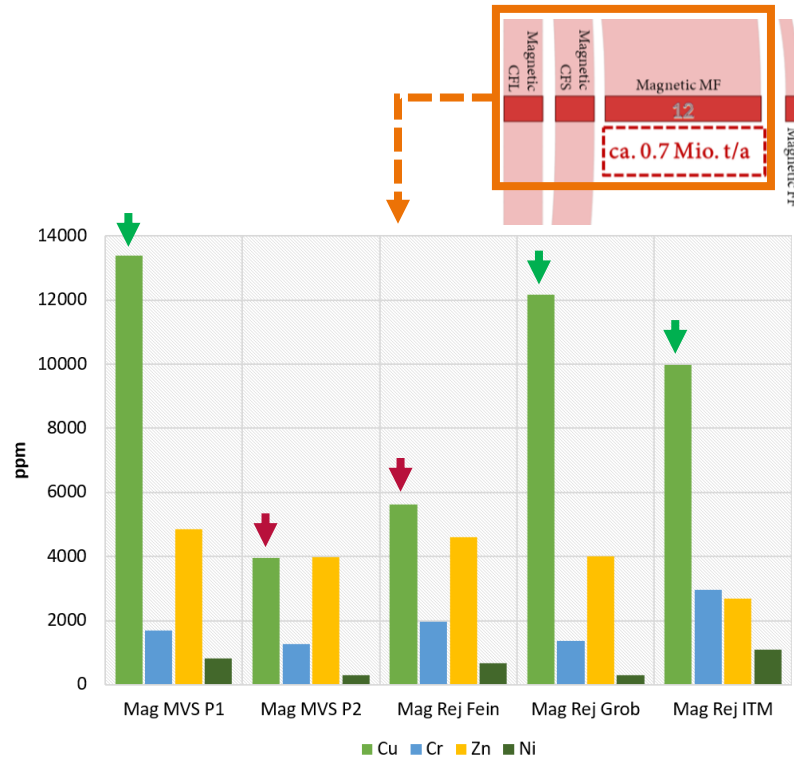
Magnetic Fraction for the Iron Production



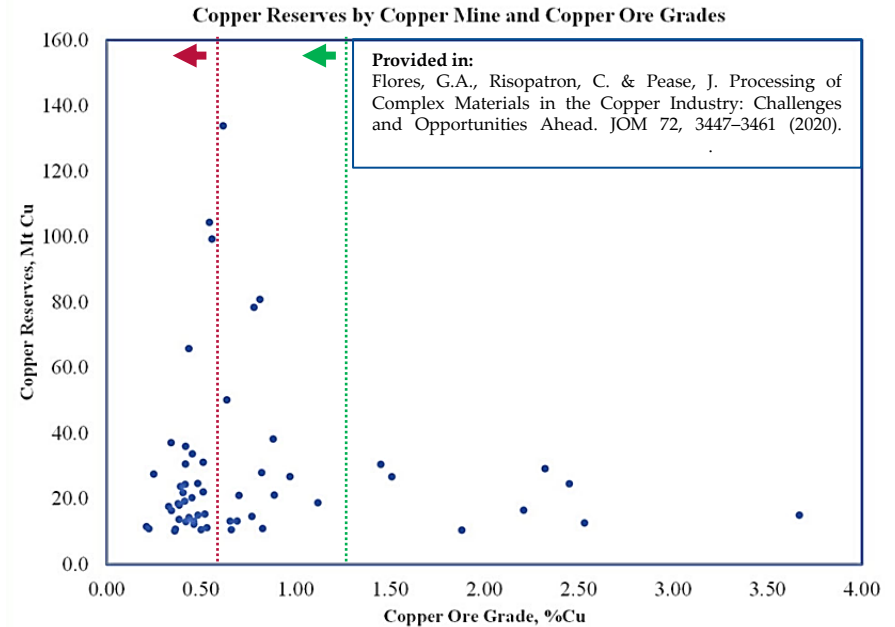
Chemical Composition of Produced Fe-Concentrate						
Fe (%)	Mn (%)	Cr (%)	Ti (%)	Zn (%)	Ni (%)	Cu (%)
42.19	0.36	0.27	0.46	0.39	0.16	0.7
Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%)			
3.61	16.52	9.78	1.35			

#analysed by DK Recycling und Roheisen GmbH

Magnetic Fraction for the Cu-Production



Composition of Trace Elements in Magnetic Fractions

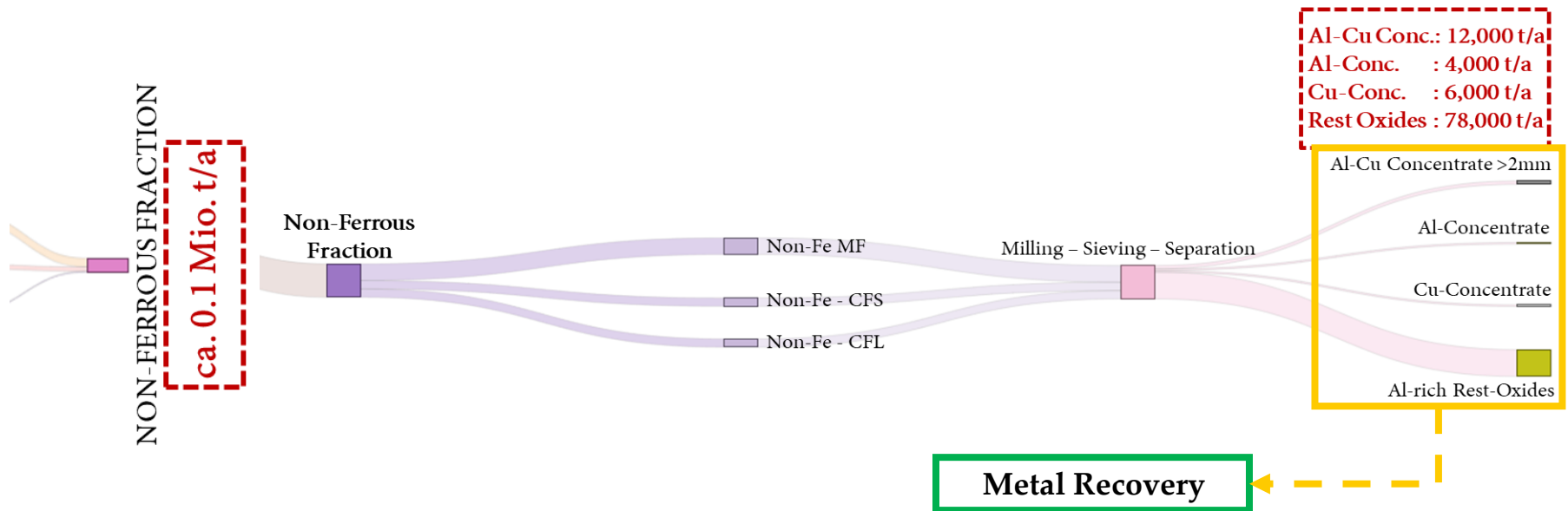


Copper Ore Grade from Ranked Top Reserves Cu-Mines Worldwide

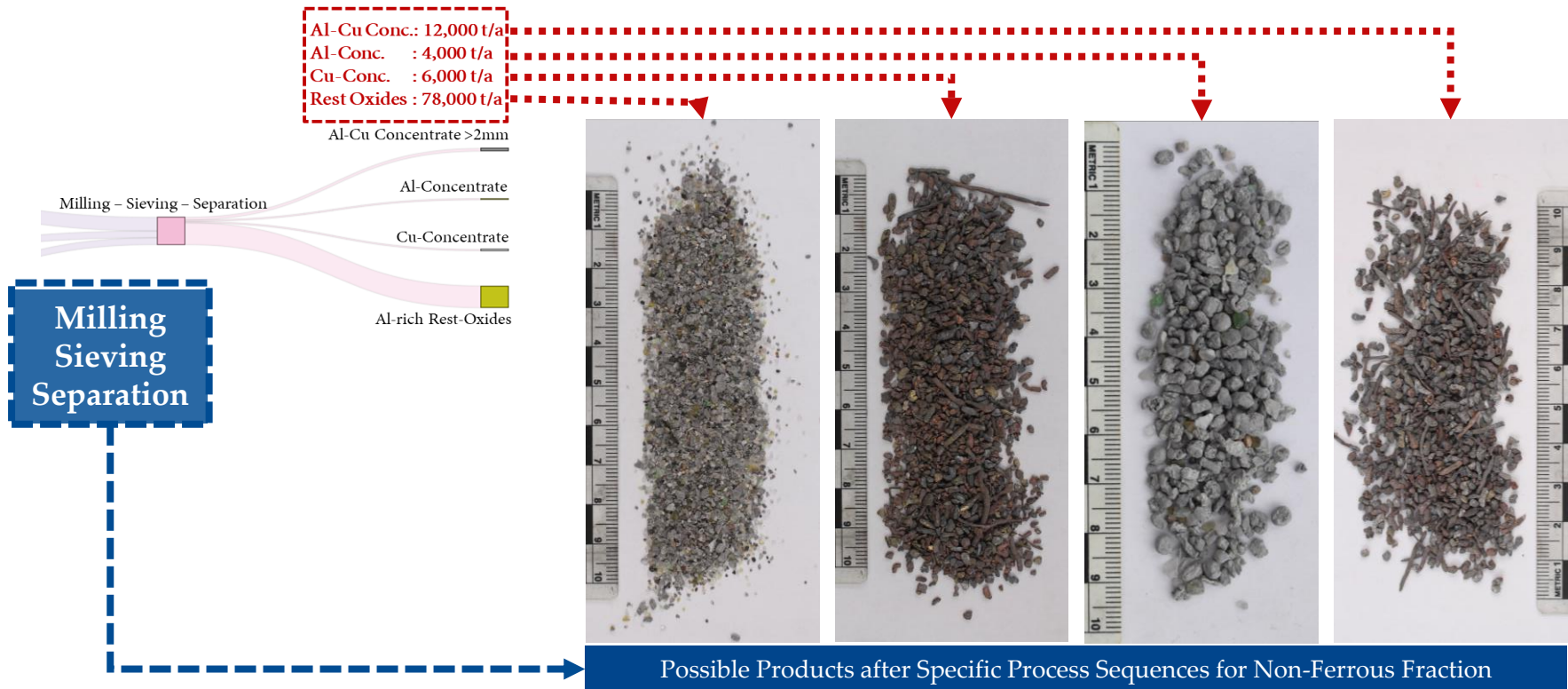
Output Non-Ferrous as Raw Material for the Non-Ferrous Metal Industry



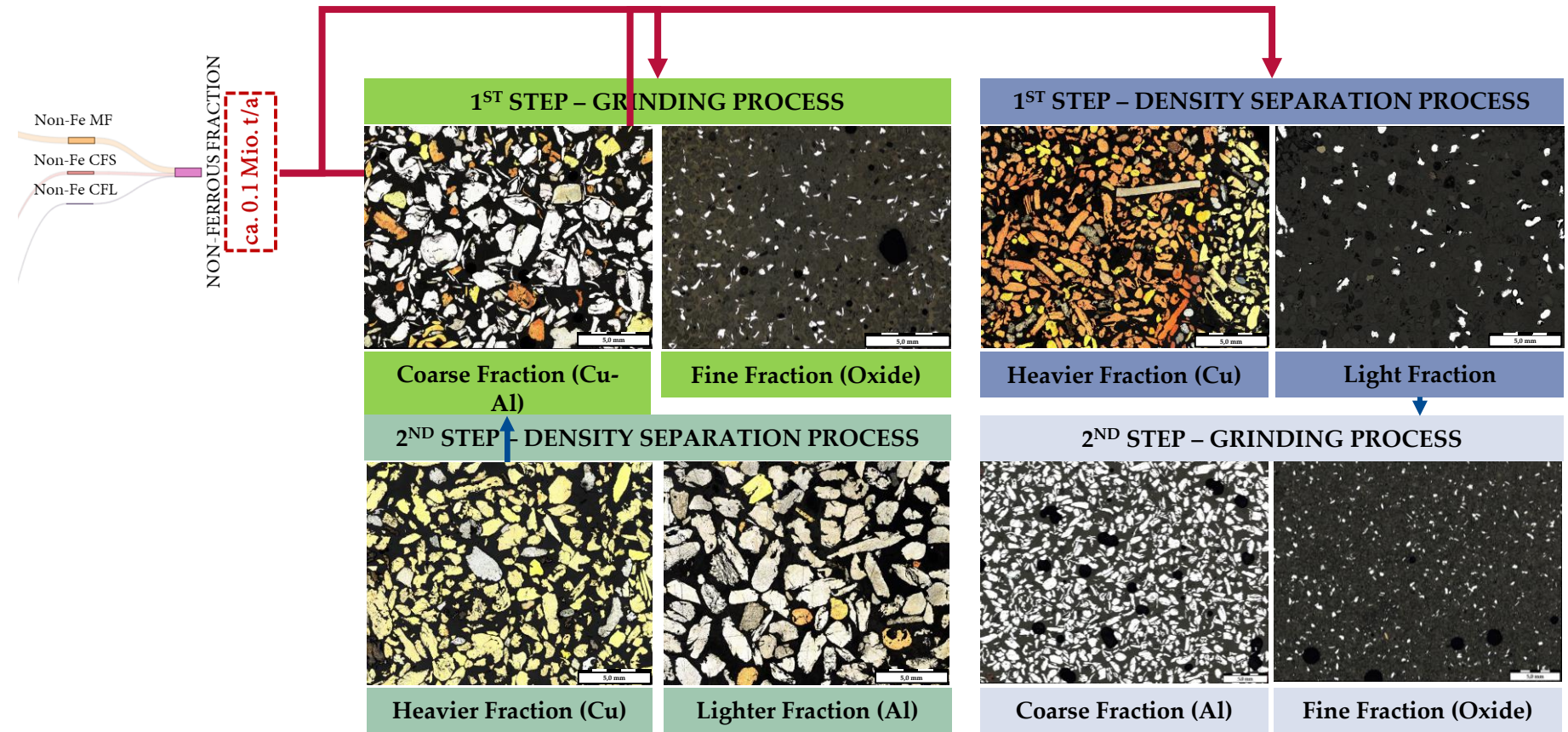
Expected Valorization of the Non-Fe Fraction



Metal Recovery from Non-Ferrous Fraction



Classification of Recovered Metals



Summary



Summary

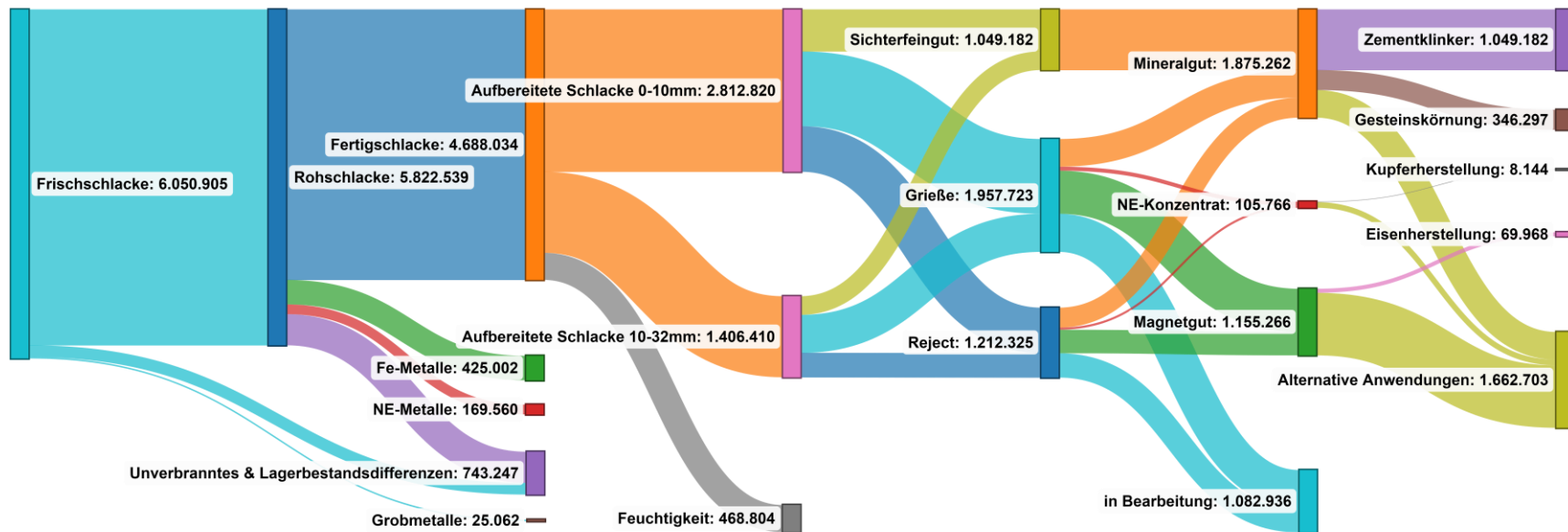
Based on pilot scale tests:

1. It is possible to **grind the processed incinerator bottom ash** (*Fertigschlacke*) without any noticeable problem.
2. It is possible **after further separation process sequences** from estimated 2.7 Mio. t/a processed IBA (*Fertigschlacke*) 0-10 mm to produce following valuable products:
 - **Output Mineral** : theoretically ca. 1.4 Mio. t/a
 - **Output Magnetic** : theoretically ca. 1.2 Mio. t/a
 - **Output Non-Ferrous** : theoretically ca. 0.1 Mio. t/a

Summary

Based on current laboratory trials:

1. It is promisingly possible to use the **output mineral in cement clinker and concrete production.**
2. It is provenly possible to increase the **iron content of output magnetic for the iron production.**
3. It is rationally possible to develop next assessment to extend the use of **output magnetic in copper production** since the copper concentration is comparable to the copper ore.
4. It is technically possible to separate the **output non-ferrous** into different products for further recycling in **respective non-ferrous metal industry.**



Thank you and look forward to our next collaboration.

Universität Duisburg Essen Institut für Technologien der Metalle
Lehrstuhl für Metallurgie der Eisen- und Stahlerzeugung
Friedrich-Ebert-Straße 12, 47119 Duisburg

GKS-Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH
Hafenstraße 30, 97424 Schweinfurt





Erkenntnisse zum Einsatz von MV-Schlacke in der Zementindustrie

R. Deike¹, I. Adhiwiguna², I. Zacharopoulos¹, J. Geldermann¹, R. Warnecke³

¹ Universität Duisburg Essen – Institut für Technologien der Metalle

² Pt. Zenith Allmart Precising, East Java, Indonesia

³ Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

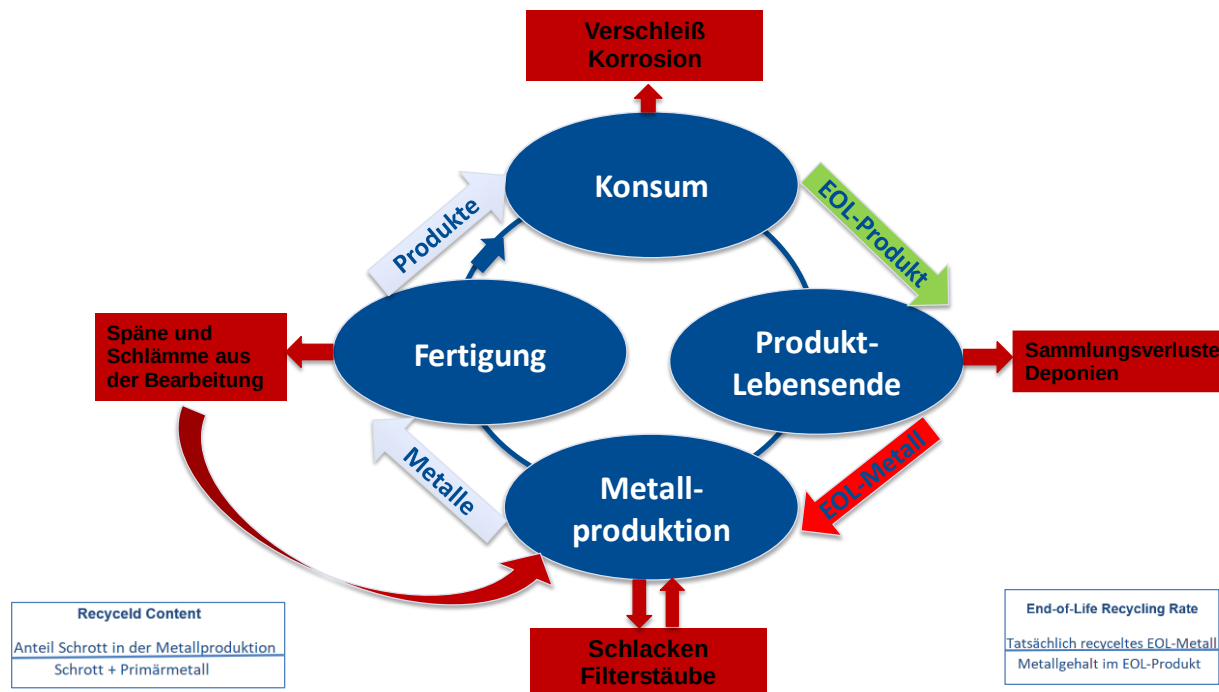
Agenda

- 1. Voraussetzungen zur Realisierung wirtschaftlicher Recyclingverfahren**
- 2. Die wesentlichen charakteristischen Merkmale des EMSARZEM-Prozesses**
- 3. Verwendung der Output-Fractionen als sekundäre Rohstoffe im Open-Loop Recycling**
- 4. Ökonomische Bewertung des EMSARZEM-Prozesses**

Voraussetzungen zur Realisierung wirtschaftlicher Recyclingverfahren



Voraussetzungen zur Realisierung ökonomisch und ökologisch erfolgreicher Recyclingverfahren



Voraussetzungen zur Realisierung ökonomisch und ökologisch erfolgreicher Recyclingverfahren

- 1. In den Reststoffen müssen möglichst hohe Konzentrationen des Stoffes/der Stoffe enthalten sein, die zurückgewonnen werden sollen.**
- 2. Die Reststoffe dürfen nur geringe Konzentrationen an störenden Begleitstoffen enthalten.**
- 3. Die Anwendung einfacher und robuster Recyclingtechnologien sollte möglich sein.**
- 4. Die Verwendung der Sekundärprodukte sollte ohne Qualitätseinbußen möglich sein.**

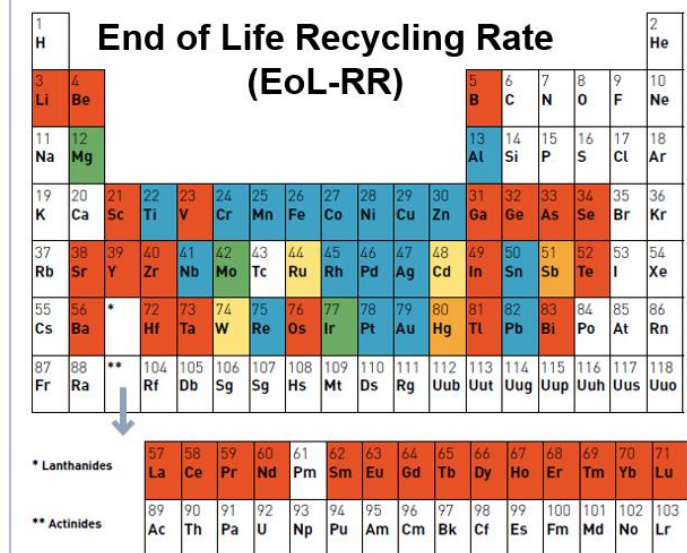
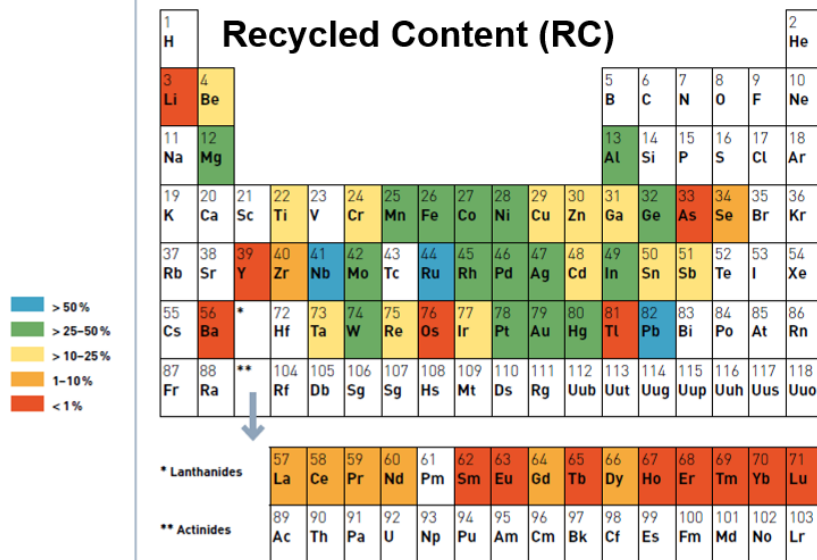
Deike, R.: Ressourceneffizienz unter dem Aspekt sich verändernder internationaler Märkte für Industriemetalle, Chemie Ingenieur Technik (CIT), Vol 84, Issue 10, p1685, 2012
DOI 10.1002/cite.201200063

Die Eisengießerei-Industrie ein gutes Beispiel für ein erfolgreiches



Deike, R.: *Die Bedeutung der Metalle in einer Circular Economy*, Giesserei Rundschau JHG 69, Nr. 04, S. 6-12, 2022, <https://doi.org/10.17185/dupublico/78773>

Wieso funktioniert das nicht bei allen Metallen?



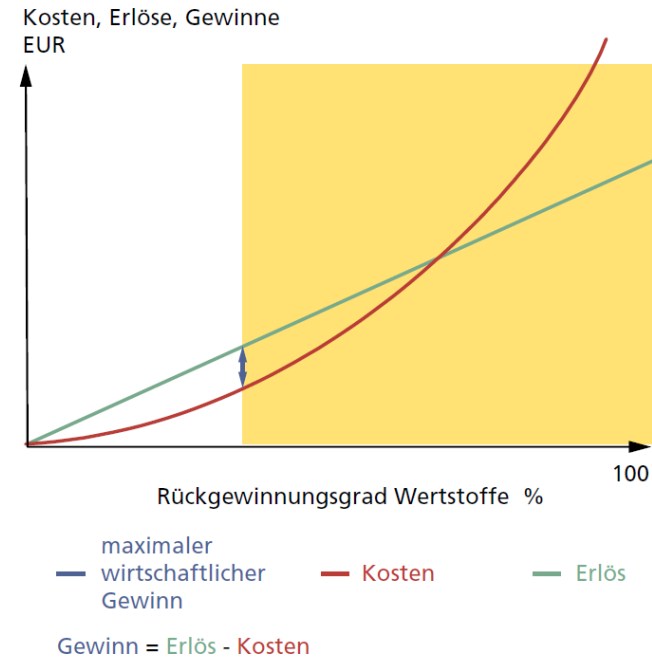
In Zeiten des Wirtschaftswachstums wächst der Anteil der Primärmetalle schneller als der Anteil der Sekundärmetalle, so dass der Recycled Content sinkt und wesentlich geringer ist als die EoL-Recycling-Rate. Darüber hinaus ist der Recycled Content von der Verfügbarkeit von Sekundärrohstoffen abhängig.

UNEP International Resource Panel: Recycling rates of metals, 2011, <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/8702>

Was ist eines der größten Probleme beim Recycling, das aber oft



Deike, R.: *Die Bedeutung von Eisen und Stahl für die Circular Economy.* stahl., Sonderdruck Nr. 1-2 | 2023, S. 3-10., <https://doi.org/10.17185/dupublico/78771>



Bunge, R.: Recycling ist gut, mehr Recycling ist besser – oder nicht?, in K. J. Thomé-Kozmiensky, D. Goldmann (Hrsg.) *Recycling und Rohstoffe* – Band 9, ISBN 978-3-944310-27-5, TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Wie kann das Problem der Wertstoffrückgewinnung aus dissipativen

Wir benötigen:

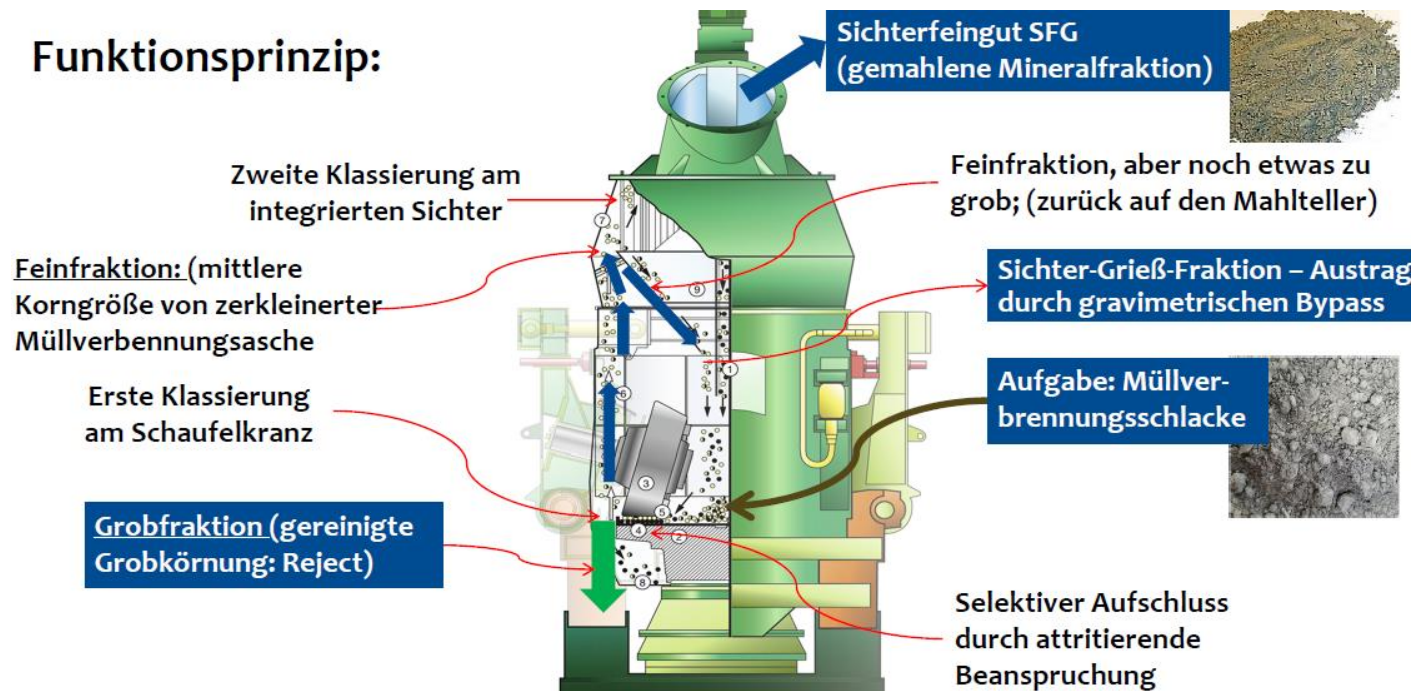
- 1. Eine effektive und wirtschaftliche Sammellogistik,**
- 2. Prozesse mit denen komplex zusammengesetzte Materialströme in großen Massenströmen unter hohen Umweltschutzstandards verarbeitet werden können,**
- 3. Prozesse in denen die dissipativ verteilten Wertstoffe aufkonzentriert werden,**
- 4. Prozesse durch die mehrere Produkte gewonnen werden, für die**

Diese Anforderungen erfüllt die thermische Abfallbehandlung in Kombination mit einer modernen MV- Schlackenaufbereitung!

Die wesentlichen charakteristischen Merkmale des EMSARZEM-Prozesses

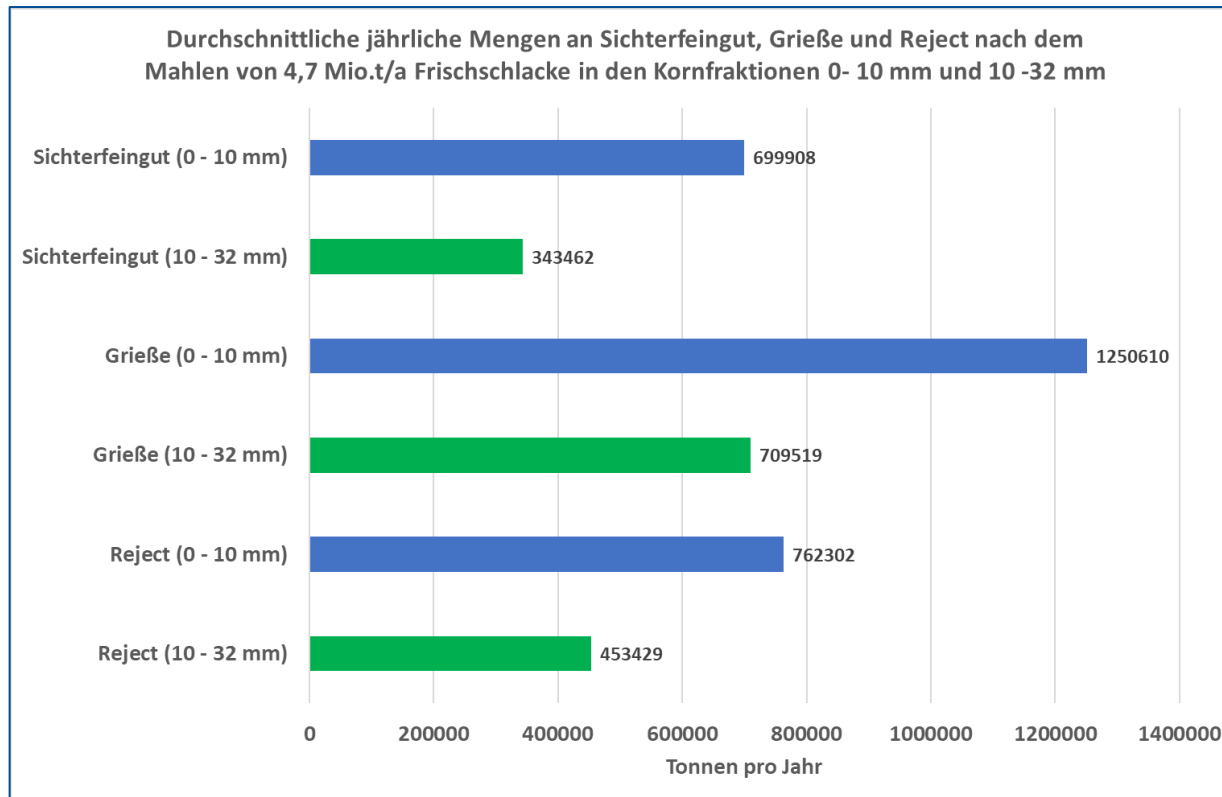


Funktionsprinzip:

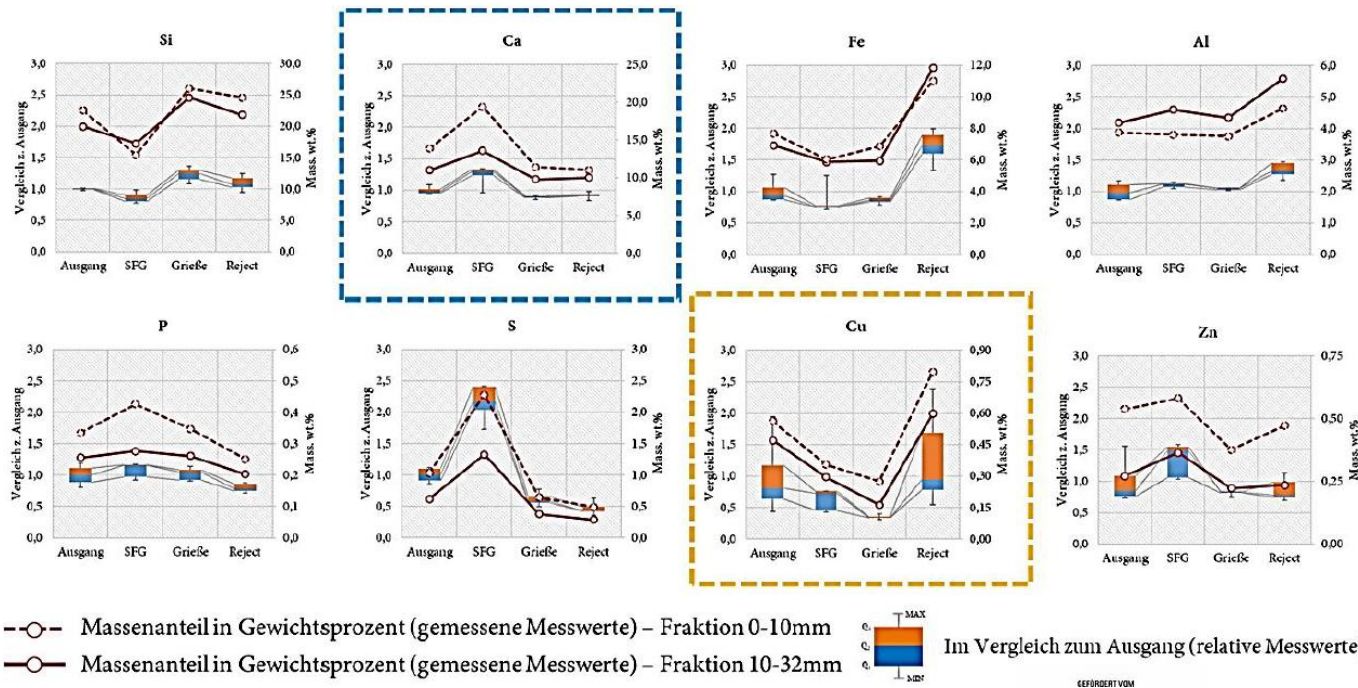


Deike, R.; Ruhkamp, W.; Adhiwiguna, I.; Warnecke, R.: *Einsatz von Rostasche – Feinfraktion < 10 mm als Rohstoff für die Herstellung von Zement und Beton*, BKMNA 24, Berliner Konferenz Mineralische Nebenprodukte und Abfälle, Berlin, 12-13.06.2024

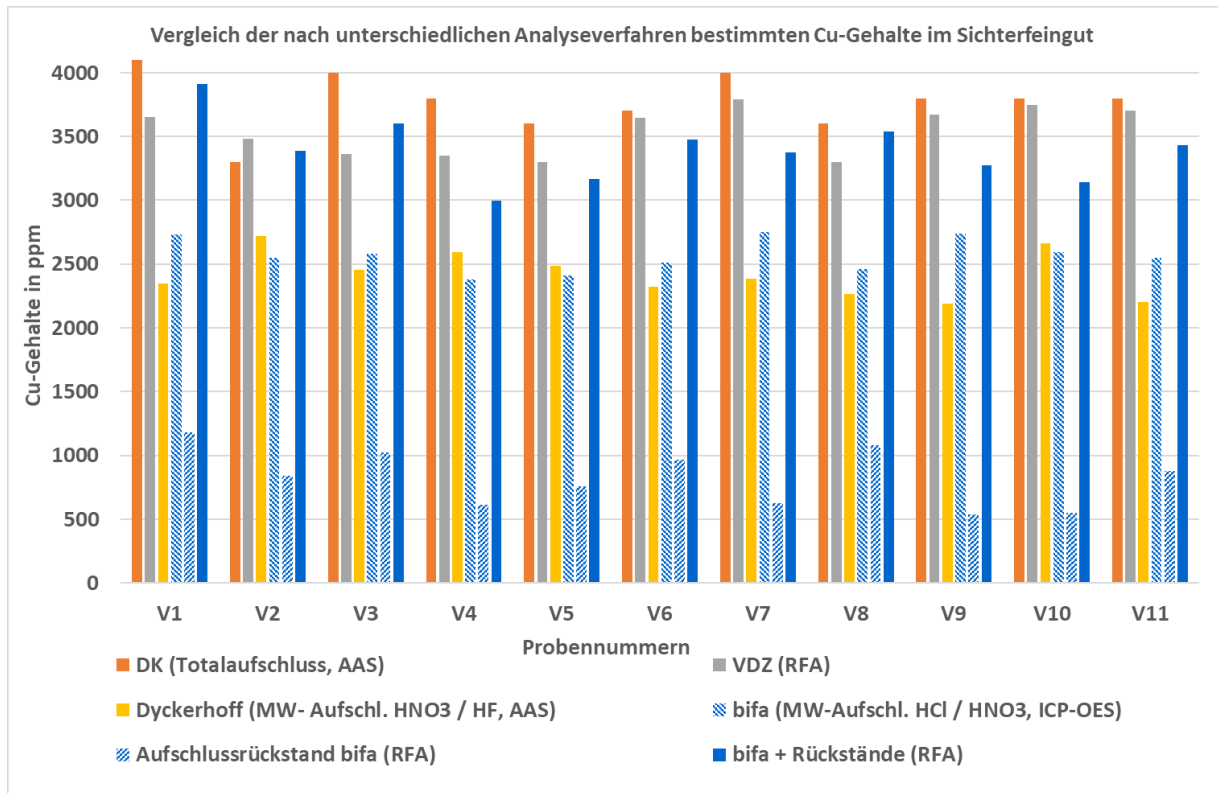
Anteile an Siebfeingut, Gries und Reject nach dem Mahlen von



Veränderungen der Gehalte wichtiger Elemente in der Feinfraktion (Sichterfeingut), der



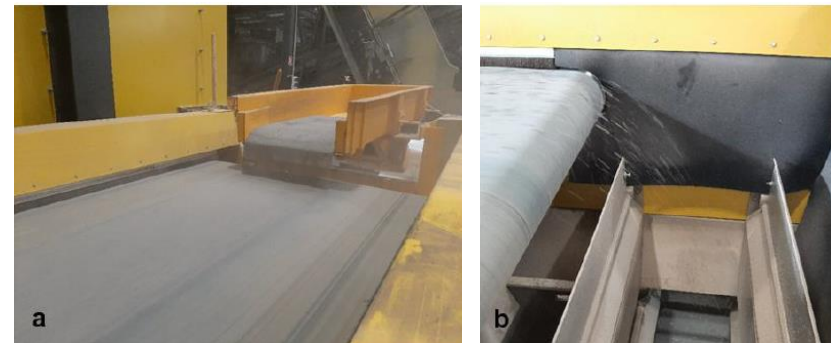
Deike, R.; Adhiwiguna, I.; Warnecke, R.: *EMSARZEM Einsatz von Müllverbrennungsschlacke als Rohstoff für die Zementherstellung*, VGBE energy, Produkte aus der thermischen Abfallverwertung 2024, Augsburg, 27.11.2024



Moderne Separationstechnologie im Industriemaßstab



Magnetscheidung



Wirbelstromscheidung



Elementgehalte in den magnetischen und Nicht-Eisen-Fractionen der

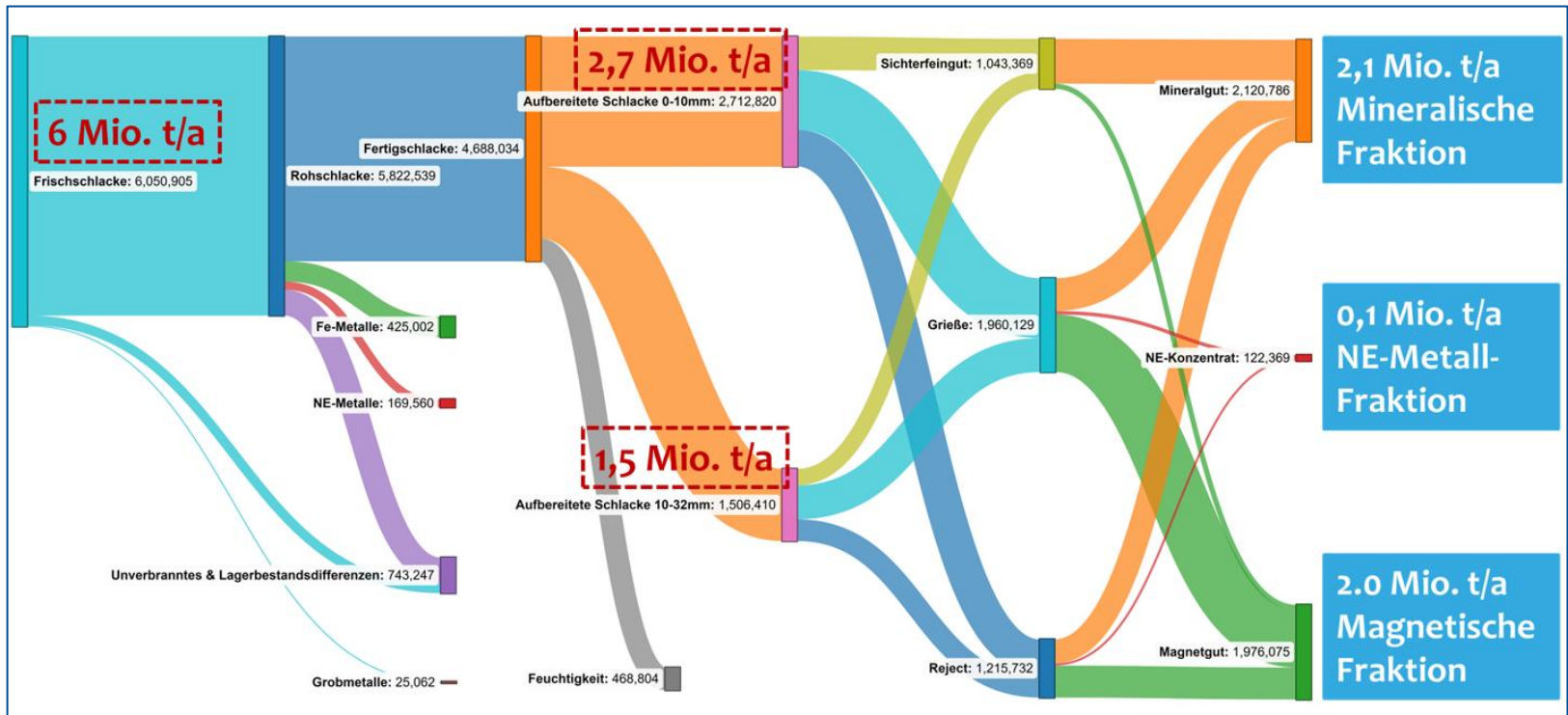
Elemente		Magnetischer Anteil der Grieße (58 %)	NE-Anteil der Grieße (5 %)	Mineralischer Anteil der Grieße (37 %)
Silicium (Si)	Gew.%	22,70	34,30	30,10
Calcium (Ca)	Gew.%	12,20	6,70	10,20
Eisen (Fe)	Gew.%	11,60	0,70	1,50
Aluminium (Al)	Gew.%	3,90	4,30	2,70
Natrium (Na)	Gew.%	2,30	3,70	2,60
Magnesium (Mg)	Gew.%	1,40	0,80	1,00
Titan (Ti)	Gew.%	0,81	0,29	0,60
Kalium (K)	Gew.%	0,87	0,63	0,88
Schwefel (S)	Gew.%	0,70	0,26	0,50
Kupfer (Cu)	Gew.%	0,26	0,65	0,20
Zink (Zn)	Gew.%	0,39	0,23	0,33
Chlor (Cl)	Gew.%	0,44	0,15	0,35
Phosphor (P)	Gew.%	0,40	0,13	0,29
Barium (Ba)	Gew.%	0,28	0,14	0,20
Mangan (Mn)	Gew.%	0,18	0,04	0,07
Blei (Pb)	Gew.%	0,07	0,11	0,09
Chrom (Cr)	Gew.%	0,11	0,02	0,03
Strontium (Sr)	ppm	387	218	304
Zirkon (Zr)	ppm	336	240	263
Nickel (Ni)	ppm	401	62	93
Zinn (Sn)	ppm	134	159	112
Antimon (Sb)	ppm	173	73	87
Cobalt (Co)	ppm	92	40	40
Molybdän (Mo)	ppm	60	9	19
Vanadium (V)	ppm	60	17	27
Rubidium (Rb)	ppm	30	20	34
Niob (Nb)	ppm	20	7	12
Arsen (As)	ppm	9	22	9

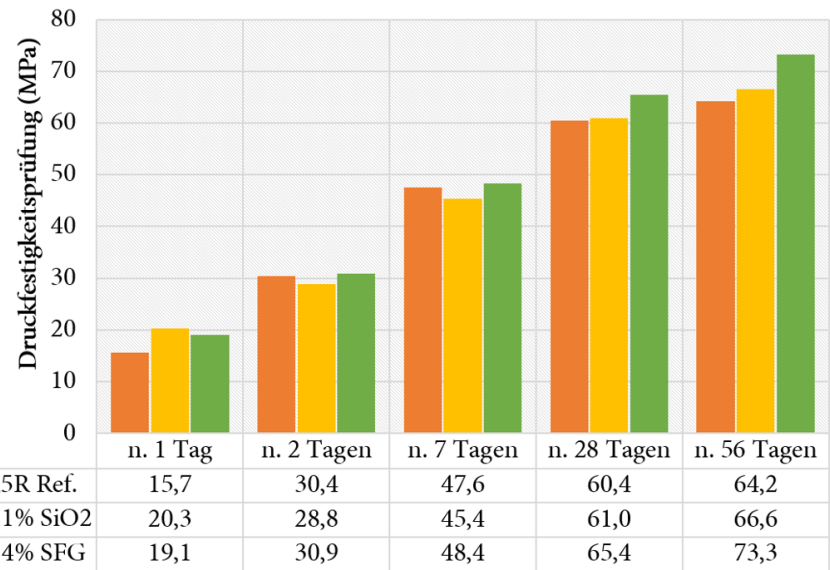
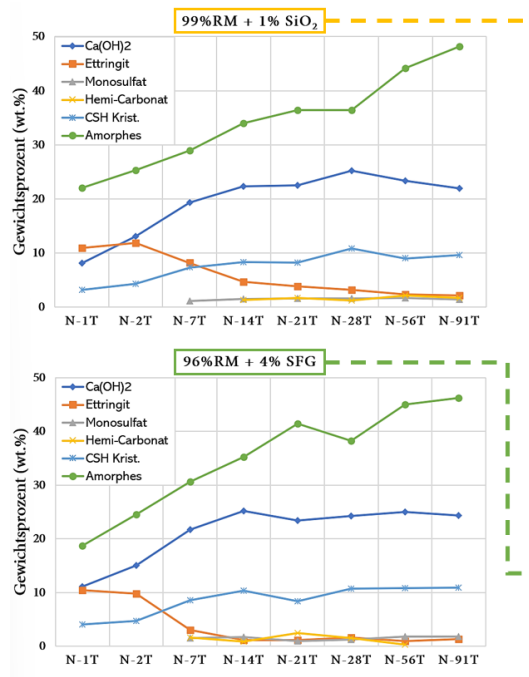
Elemente		Magnetischer Anteil des Rejects (51 %)	NE-Anteil des Rejects (5 %)	Mineralischer Anteil des Rejects (44 %)
Silicium (Si)	Gew.%	20,70	20,80	30,30
Calcium (Ca)	Gew.%	12,70	7,50	10,30
Eisen (Fe)	Gew.%	16,90	1,20	2,30
Aluminium (Al)	Gew.%	3,80	21,50	2,60
Natrium (Na)	Gew.%	2,50	2,80	3,00
Magnesium (Mg)	Gew.%	1,50	0,90	1,10
Titan (Ti)	Gew.%	0,79	0,28	0,47
Kalium (K)	Gew.%	0,63	0,64	0,74
Schwefel (S)	Gew.%	0,53	0,68	0,34
Kupfer (Cu)	Gew.%	0,70	7,37	0,47
Zink (Zn)	Gew.%	0,35	1,73	0,36
Chlor (Cl)	Gew.%	0,28	0,29	0,23
Phosphor (P)	Gew.%	0,32	0,16	0,22
Barium (Ba)	Gew.%	0,29	0,13	0,18
Mangan (Mn)	Gew.%	0,25	0,12	0,12
Blei (Pb)	Gew.%	0,07	1,03	0,20
Chrom (Cr)	Gew.%	0,13	0,03	0,18
Strontium (Sr)	ppm	401	193	362
Zirkon (Zr)	ppm	324	318	479
Nickel (Ni)	ppm	452	178	333
Zinn (Sn)	ppm	199	990	267
Antimon (Sb)	ppm	140	128	84
Cobalt (Co)	ppm	83	13	52
Molybdän (Mo)	ppm	55	20	24
Vanadium (V)	ppm	64	38	30
Rubidium (Rb)	ppm	24	33	31
Niob (Nb)	ppm	25	10	16
Arsen (As)	ppm	7	22	16

Verwendung der Output- Fraktionen als sekundäre Rohstoffe im Open-Loop Recycling



Theoretisch in Deutschland anfallende Output-Fractionen aus dem



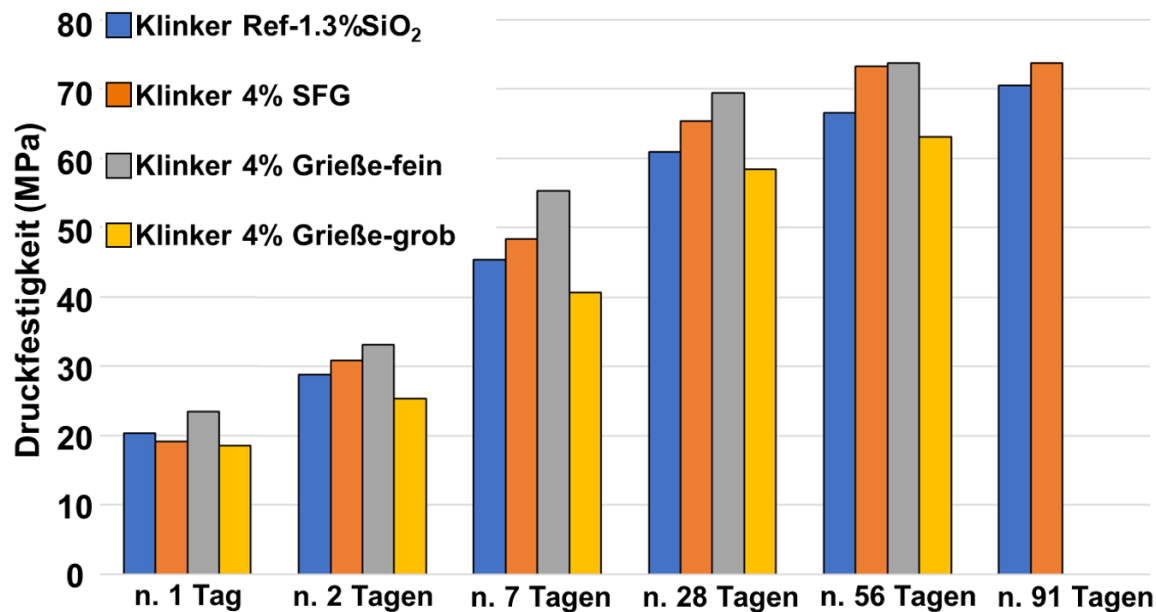


DRUCKFESTIGKEIT VON ZEMENT-PROBEN NACH 56 TAGEN

#Wilhelm-Dyckerhoff-Institut für Baustofftechnologie

Deike, R.; Ruhkamp, W.; Adhiwiguna, I.; Warnecke, R.: *Einsatz von Rostasche –Feinfraktion < 10 mm als Rohstoff für die Herstellung von Zement und Beton*, BKMNA 24, Berliner Konferenz Mineralische Nebenprodukte und Abfälle, Berlin, 12-13.06.2024

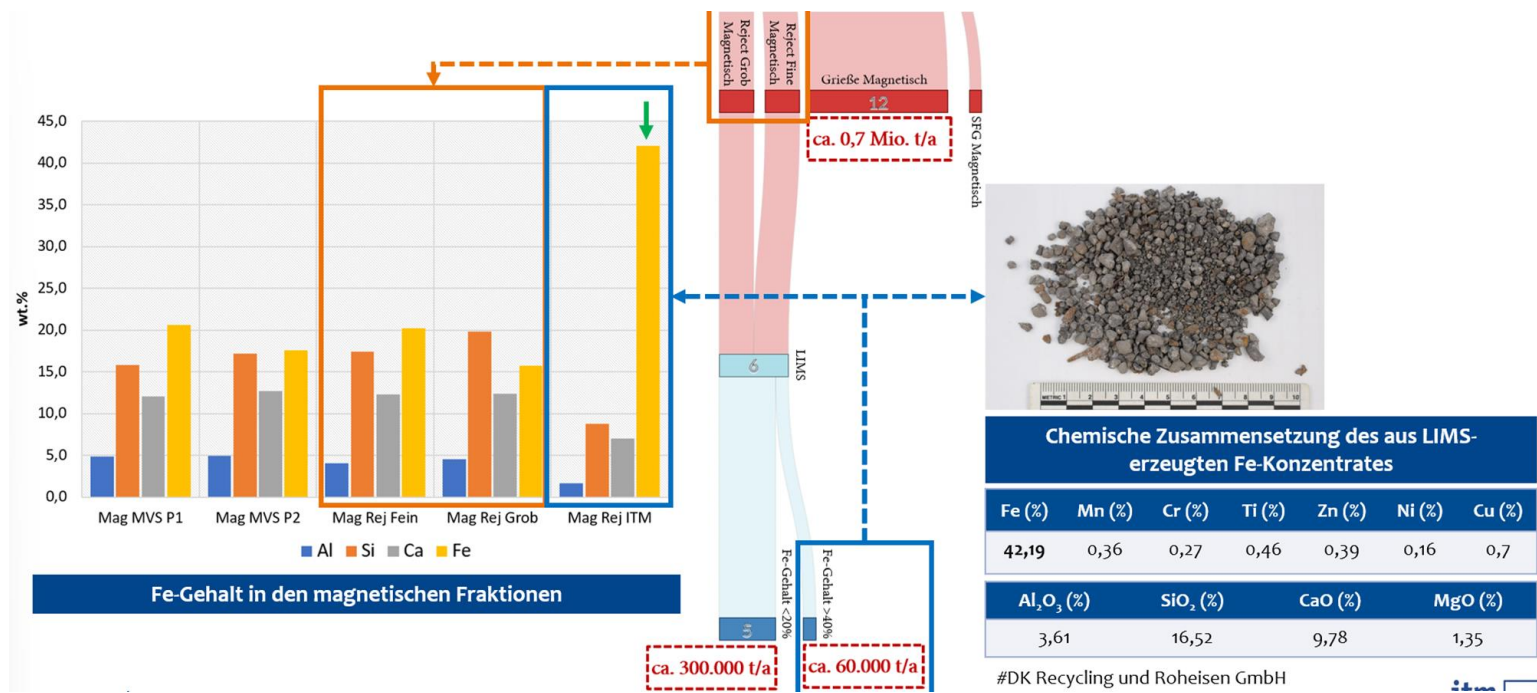
Druckfestigkeitsprüfungen von Zementen mit unterschiedlichen



#Wilhelm-Dyckerhoff-Institut für Baustofftechnologie

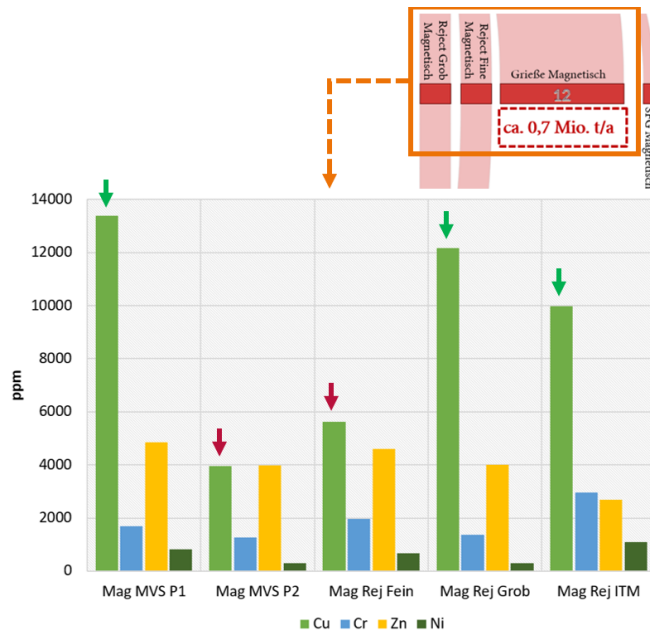
Deike, R.; Adhiwiguna, I.; Warnecke, R.: *EMSARZEM Einsatz von Müllverbrennungsschlacke als Rohstoff für die Zementherstellung*, VGBE energy, Produkte aus der thermischen Abfallverwertung 2024, Augsburg, 27.11.2024

Mit schwächeren Magneten können höhere Eisengehalte in der

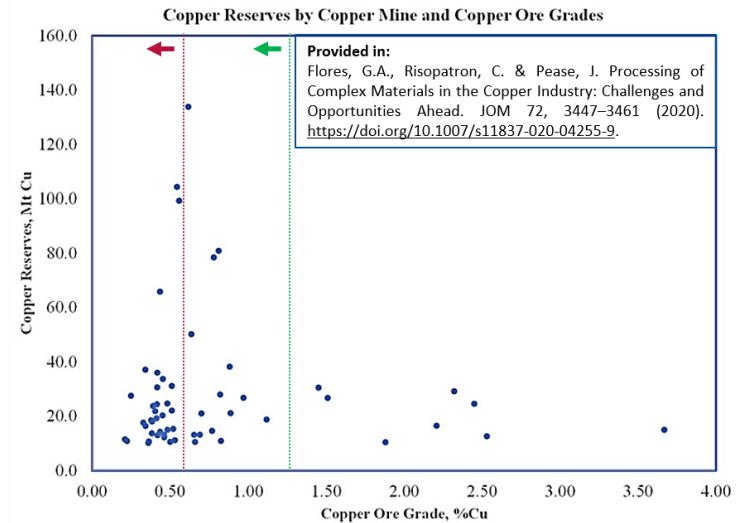


Deike, R.; Adhiwiguna, I.; Warnecke, R.: EMSARZEM Einsatz von Müllverbrennungsschlacke als Rohstoff für die Zementherstellung, VGBE energy, Produkte aus der thermischen Abfallverwertung 2024, Augsburg, 27.11.2024

Magnetische Fraktionierung der Kunsortimente



Spurenelemente in den magnetischen Fraktionen



Cu-Gehalte in größten Lagerstätten weltweit

Deike, R.; Ruhkamp, W.; Adhiwiguna, I.; Warnecke, R.: *Einsatz von Rostasche –Feinfraktion < 10 mm als Rohstoff für die Herstellung von Zement und Beton*, BKMNA 24, Berliner Konferenz Mineralische Nebenprodukte und Abfälle, Berlin, 12-13.06.2024

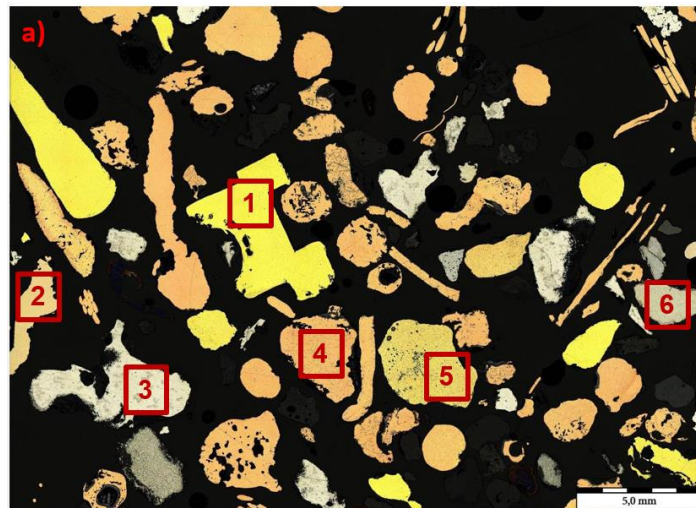


Umschmelzen



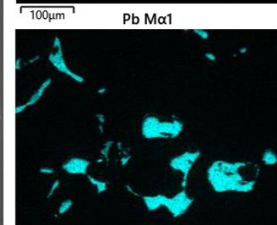
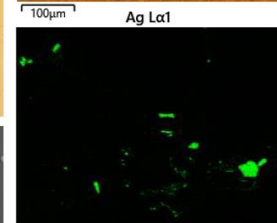
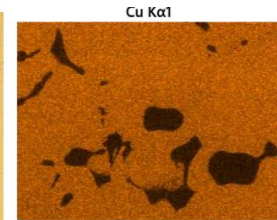
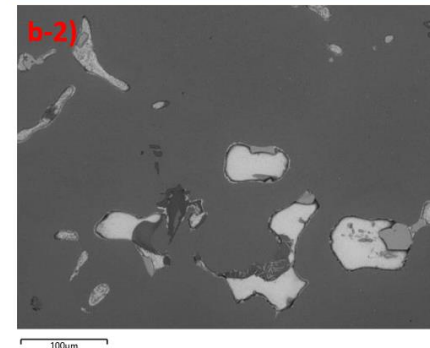
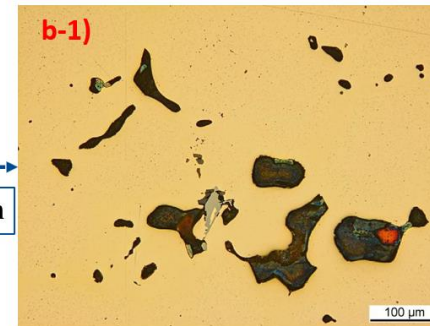
Element (%)	Aurubis ¹	Aurubis ²	ITM	Bachema
Cu	85.4	83.2	83.3	
Sn	2.57	2.89	2.27	
Pb	4.0	6.9	7.8	
Zn	3.4	3.7	3.4	
Fe	0.8	1.1	0.7	
Ni	0.3	0.3	0.3	
As	0.01	0.03	0.01	
Sb	0.1	0.3	0.2	
Bi	0.01	0.04	0.01	
Al	0.04	0.05	0.01	
Ag in ppm	7673.8			7200
Au in ppm	35.2			33.5
Pt in ppm	0.03			
Pd in ppm	1.17			

Lichtmikroskopische Analyse von Metallpartikel aus separierter NE-



- | | |
|------------|---------------|
| 1 Cu-Zn | 4 Cu-Metal |
| 2 Cu-Zn-Sn | 5 Cu-Zn-Sn-Ni |
| 3 Zn-Al-Cu | 6 Al-Cu |

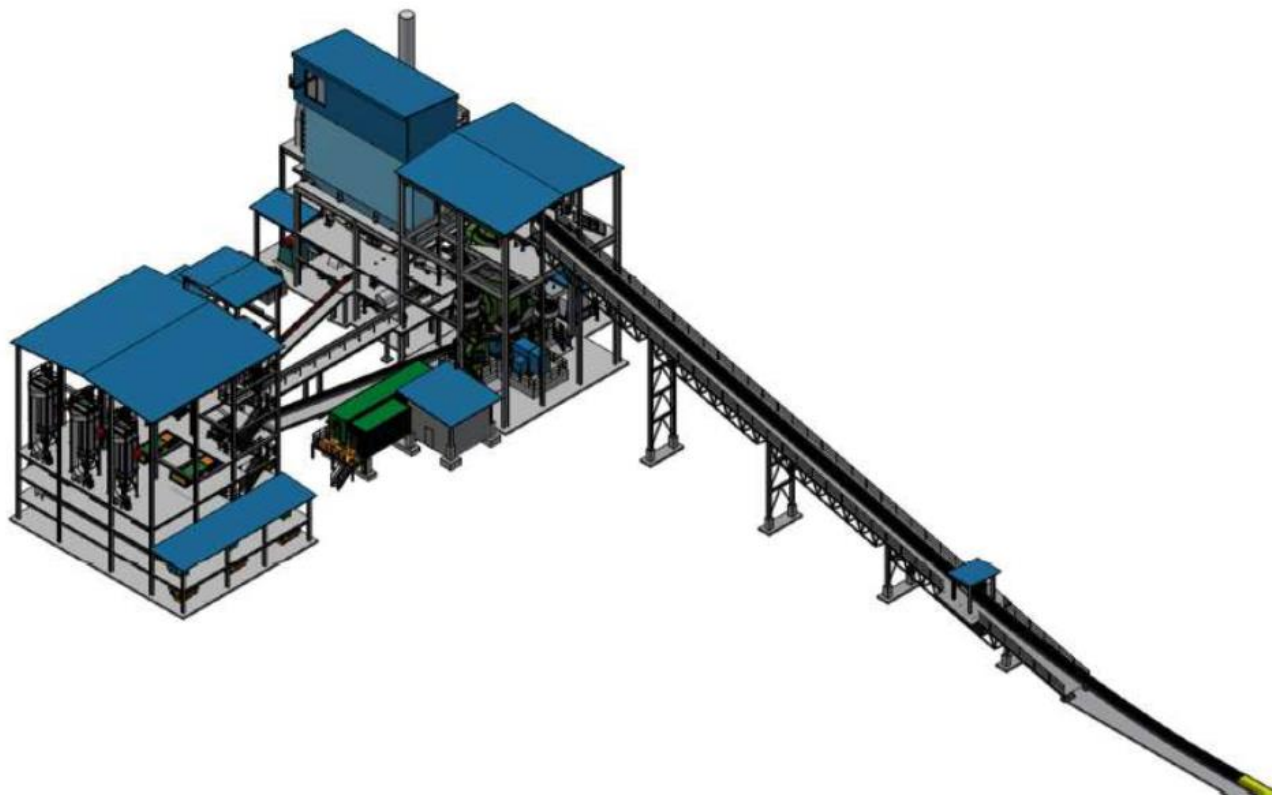
Umschmelzen



Deike, R.: Einsatz von MV-Schlacke als Rohstoff für die Zementherstellung, ReMin-Abschlusskonferenz, Goslar, 20.06.2024

Ökonomische Bewertung des EMSARZEM- Prozesses





Elementgehalte in den magnetischen und Nicht-Eisen-Fractionen der

1. **Status Quo (2023):** Der Betrieb nutzt Erdgas mit einem spezifischen Verbrauch von 19,947 GJ/h und bezieht Strom aus dem Marktmix DE 2023. Sekundärrohstoffe substituieren Primärrohstoffe zu 80 %, der CO₂-Preis für vermiedene Emissionen liegt bei null, und die Produktpreise entsprechen dem aktuellen Markt.

2. **Hohe Ambitionen 2030:** Die grüne Transformation setzt sich durch, erneuerbare Energien dominieren den Strommix. Eine effizientere Müllverbrennung senkt den Erdgasverbrauch auf 16,234 GJ/h, während die Stromkosten auf 0,10 €/kWh sinken. Höhere Rohstoff- und Abfallverwertungspreise werden erwartet. Die Qualität der Sekundärrohstoffe steigt, mit einem Substitutionsfaktor von bis zu 100 %. Der CO₂-Preis für vermiedene Emissionen wird berücksichtigt.

3. **Worst Case 2030:** Die grüne Transformation bleibt aus oder verläuft unzureichend. Ineffiziente Müllverbrennung erhöht den Erdgasverbrauch auf 23,829 GJ/h. Die Stromkosten sinken leicht auf 0,09 €/kWh, während der Strommix unverändert bleibt. Sekundärrohstoffe erfüllen nicht die zukünftigen Anforderungen, was den Substitutionsfaktor auf 20 % reduziert.

Zacharopoulos, L., Geldermann, J., 2025. Ökonomische und ökologische Bewertung des EMSARZEM-Industriemodells. <https://doi.org/10.17185/duepublico/83603>

Elementgehalte in den magnetischen und Nicht-Eisen-Fractionen der

		2023	2030	2030
Operator		Basis-Szenario	Hohe Ambitionen	Worst Case
+	Summe Betriebskosten	16,71 €	12,57 €	14,54 €
+	Summe investitionsabhängige Kosten	11,51 €	9,25 €	13,77 €
=	Kosten pro 1 Tonne aufbereitete MV-Schlacke	28,22 €	21,83 €	28,32 €
	potenzielle Erlöse aus Produkten	8,94 €	69,27 €	3,40 €
+ Erlös - Kosten =	Option Aufbereitung der Schlacke: potenzieller Nettoerlös/-kosten	- 19,28 €	47,44 €	- 24,91 €
	Option Verwertung der Fertigschlacke	- 25,00 €	- 100,00 €	- 15,00 €
+ Nettoerlös/-kosten - Verwertungsoption =	Ersparnis durch Aufbereitung	5,72 €	147,44 €	- 9,91 €

Zacharopoulos, L., Geldermann, J., 2025. Ökonomische und ökologische Bewertung des EMSARZEM-Industriemodells. <https://doi.org/10.17185/dupublico/83603>

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**