



# Nachhaltigkeit und Recycling von Elektronikkomponenten

Prof. Dr.-Ing. Christine Minke, Circular Economy Systems

Thementag Nachhaltigkeit im Leitungssatz, Wolfsburg  
06.03.2024



## Prof. Dr.-Ing. Christine Minke

- 2022 Professorin Circular Economy Systems
  - Competence Center in ECPE European Center for Power Electronics
  - Vorstand CUTEC Clausthaler Umwelttechnik Forschungszentrum
  - Board of SESBC Swedish Electricity Storage and Balancing Center
- 2016-2022 Postdoc
  - Institut für Elektrische Energiesysteme, Leibniz Universität Hannover
  - Fraunhofer IST, Braunschweig
  - Forschungszentrum Energiespeichertechnologien, TU Clausthal
- 2016 Dr.-Ing. @Batterieforschung TU Clausthal
- 2011 MBA @Collège des Ingénieurs Paris, France
- 2010 R&D Manager Sustainability @Ammann Group, Schweiz
- 2010 Dipl.-Ing. Verfahrenstechnik @TU Clausthal





# Circular Engineering & Transformation

Energy out (43.2%)

Energy in (100%)

Formalin energy (28.2%)

Synthesis Gas Process Energy Loss (25.6%)

Thermal energy of steam (3.2%)

Thermal energy of process synthesis (0.6%)

Thermal energy of industrial processes (2.3%)

Process	CO <sub>2</sub> emissions (kg)
FD high/MS PDS	7.845-98 kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /t
VAETP 100	0.335764 kg 1,4-DCB/t
HTP 100	0.043277 kg 1,4-DCB/t
FAETP 100	0.10572 kg 1,4-DCB/t
EP panels	0.00019 kg PO <sub>2</sub> /t
QWP 100	0.04494 kg CO <sub>2</sub> /t
AP average Europe	0.00084 kg SO <sub>2</sub> /t

anylogic Vensim

umberto know the flow

econvent

sphera

python

Brightway

Process engineering & economics

Resource criticality analysis

Material Flow Analysis (MFA)

Environmental Life Cycle Assessment (LCA)

Exergetic Life Cycle Assessment (ExLCA)

Circular Economy Potential Analysis

Circularity Indicators (CI)

Life Cycle Costing (LCC)

Website

Gefördert im Niedersächsischen Vorab der Volkswagenstiftung



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium für Bildung und Forschung

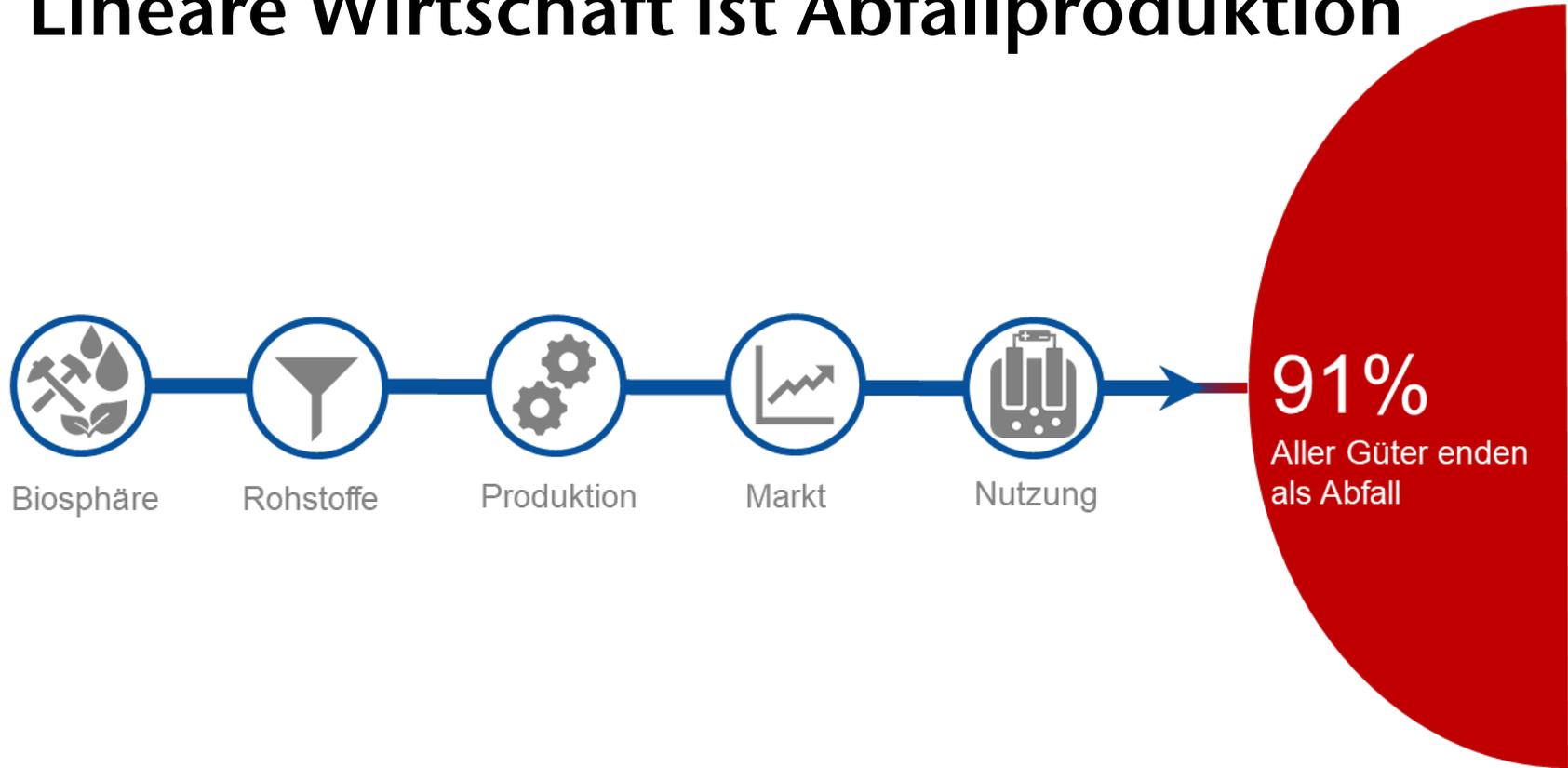
Gefördert durch:



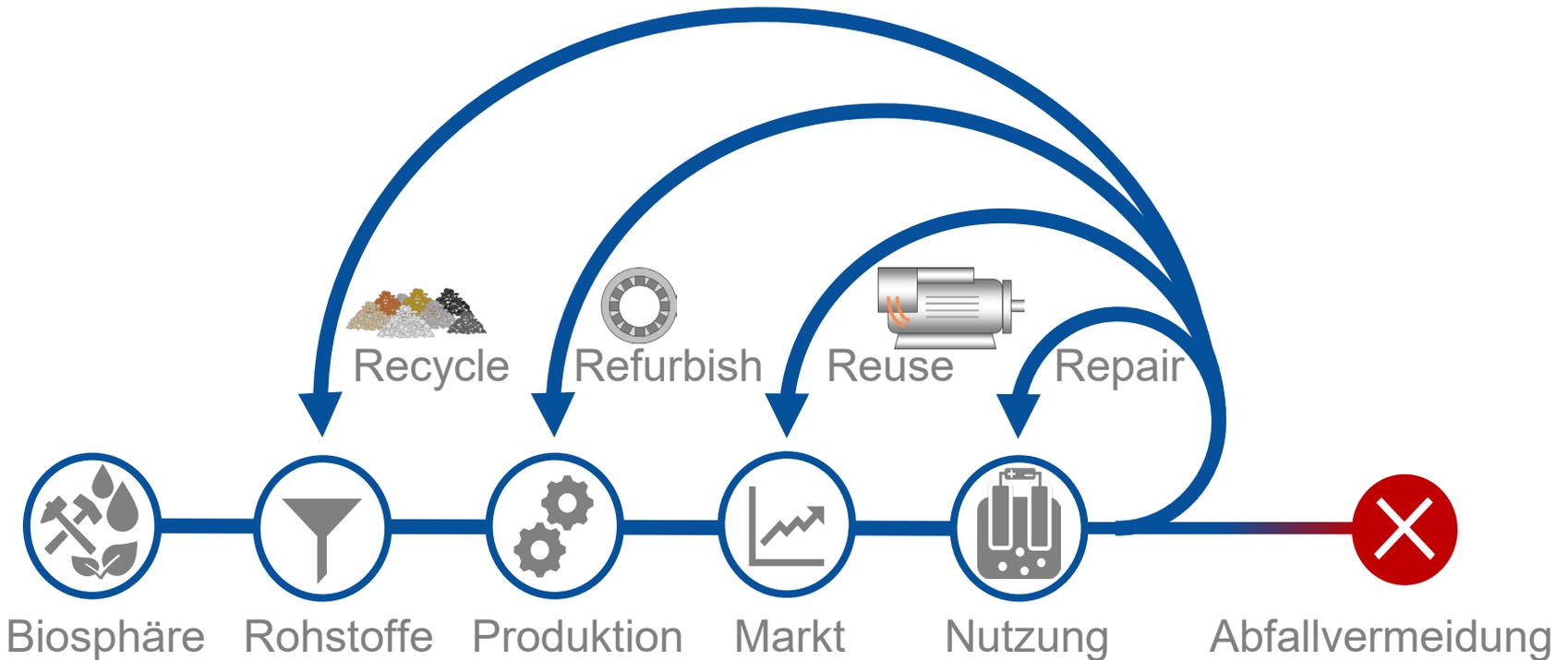
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

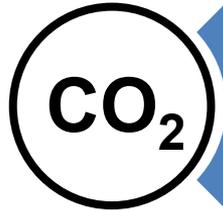
# Lineare Wirtschaft ist Abfallproduktion



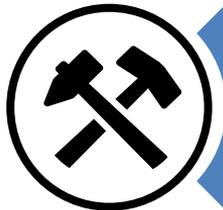
# Circular Economy



# Ziele der Circular Economy



Klimaschutz und  
Ressourcenschonung



Wettbewerbsfähigkeit und  
Rohstoffunabhängigkeit



Beschäftigung und lokale  
Wertschöpfung

### Ressourcenverbrauch



**1,6**  
Erden

an Ressourcen  
verbraucht die  
Menschheit derzeit  
pro Jahr.

**3**  
Erden

würden pro Jahr  
verbraucht werden,  
wenn der  
Ressourcenverbrauch  
in Deutschland dem  
globalen Durchschnitt  
entspräche.

### Planetare Belastung



**50%**

der globalen  
Treibhausgas-  
emissionen

werden durch die Förderung  
und Veredelung natürlicher  
Ressourcen verursacht.

**90%**

des weltweiten  
Biodiversitätsverlustes  
und Wasserstress

### Ökonomische Verantwortung

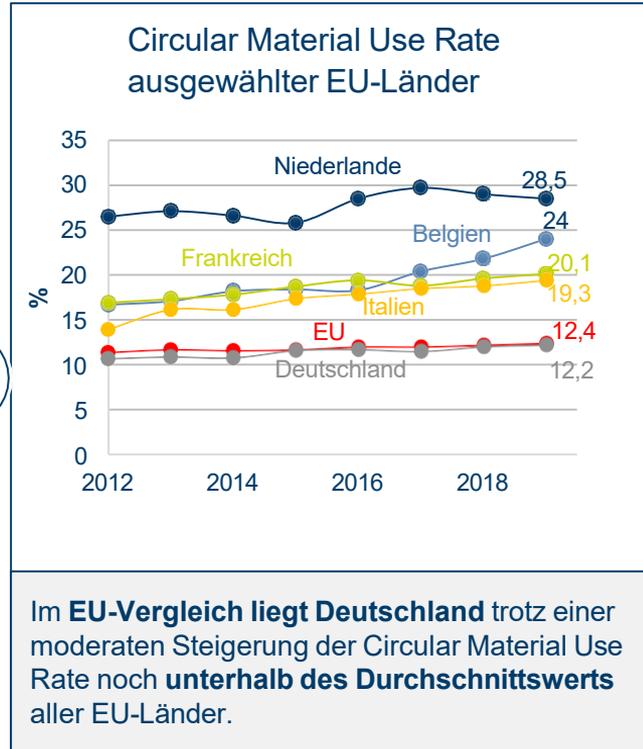
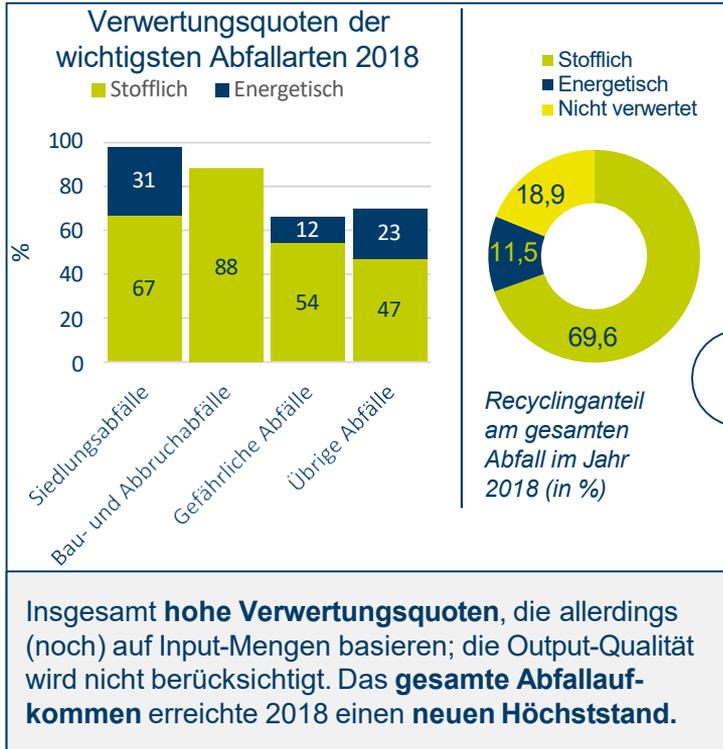
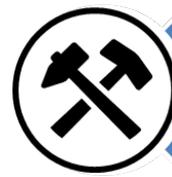


**7-14%**

der globalen  
Wirtschaftsleistung  
könnten durch das  
Ausbleiben einer  
ambitionierten  
Klimapolitik bis 2100  
verlorengehen.

**55%**

der gesamten  
Importmenge in  
Deutschland  
machen Rohstoffe  
aus.



Quellen: Circular Economy Initiative Deutschland, Statistisches Bundesamt 2020, UBA 2020a, Steger et al. 2019, Eurostat 2020



### Rohstoffkonsum pro Kopf in **Deutschland**



### Rohstoffkonsum pro Kopf **global**



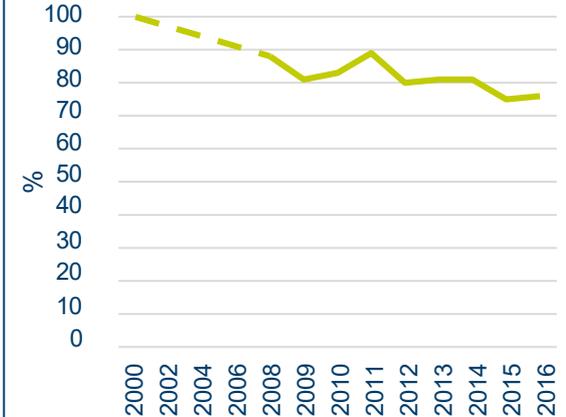
Der Rohstoffkonsum in Deutschland ist immer noch fast **doppelt so hoch** wie der weltweite Durchschnitt.

Die **Gesamtrohstoffproduktivität** soll bis 2030 um jährlich 1,6% steigen.



Von 2000 bis 2016 lag das Wachstum bei durchschnittlich **2,2%**. Der **Anstieg ist fast ausschließlich auf das BIP-Wachstum** zurückzuführen.

### Entwicklung des Rohstoffkonsums in Deutschland zum Vergleichsjahr 2000



Seit 2009 ist **kein klarer Entwicklungstrend** für den absoluten Rohstoffkonsum zu erkennen.

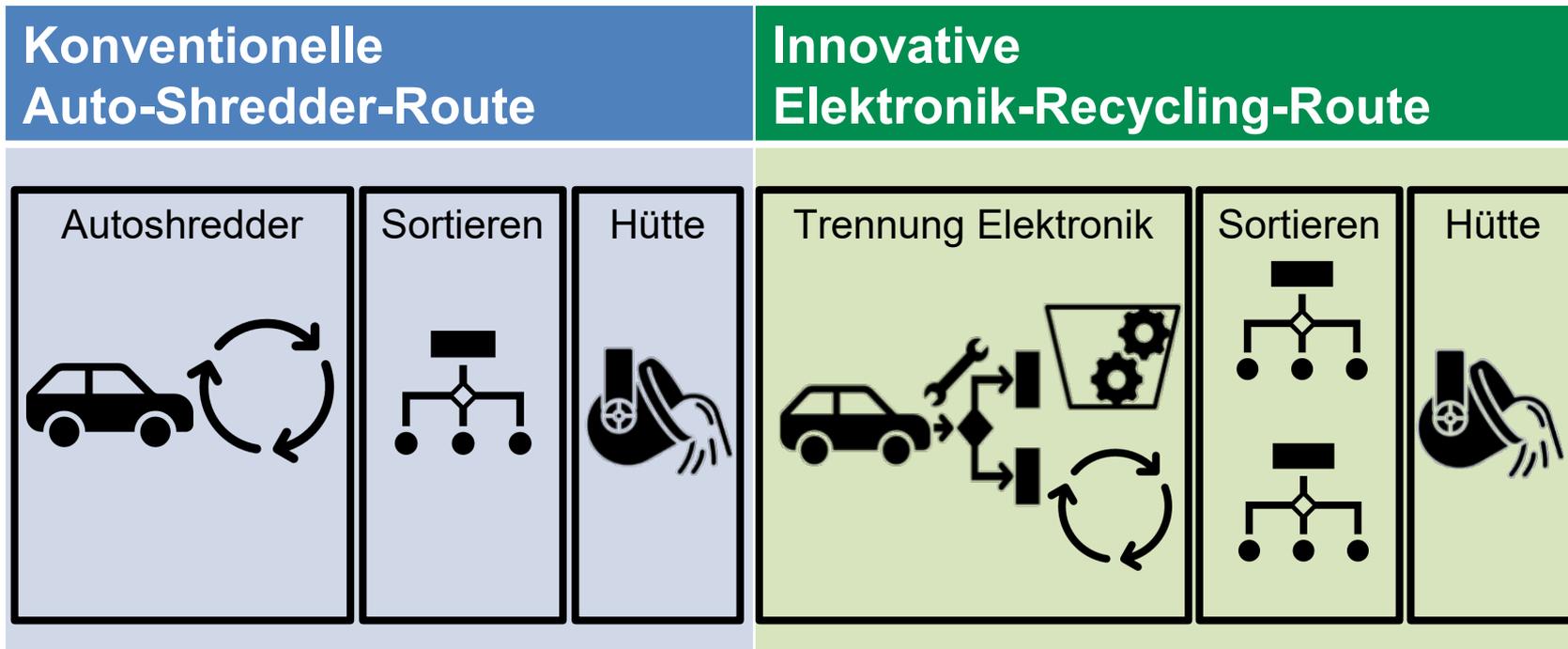
Quelle: Circular Economy Initiative Deutschland, Umweltbundesamt 2020b, Umweltbundesamt 2020c, Sachverständigenrat für Umweltfragen 2020, Umweltbundesamt 2020d

# Beispiel: Fahrzeugrecycling



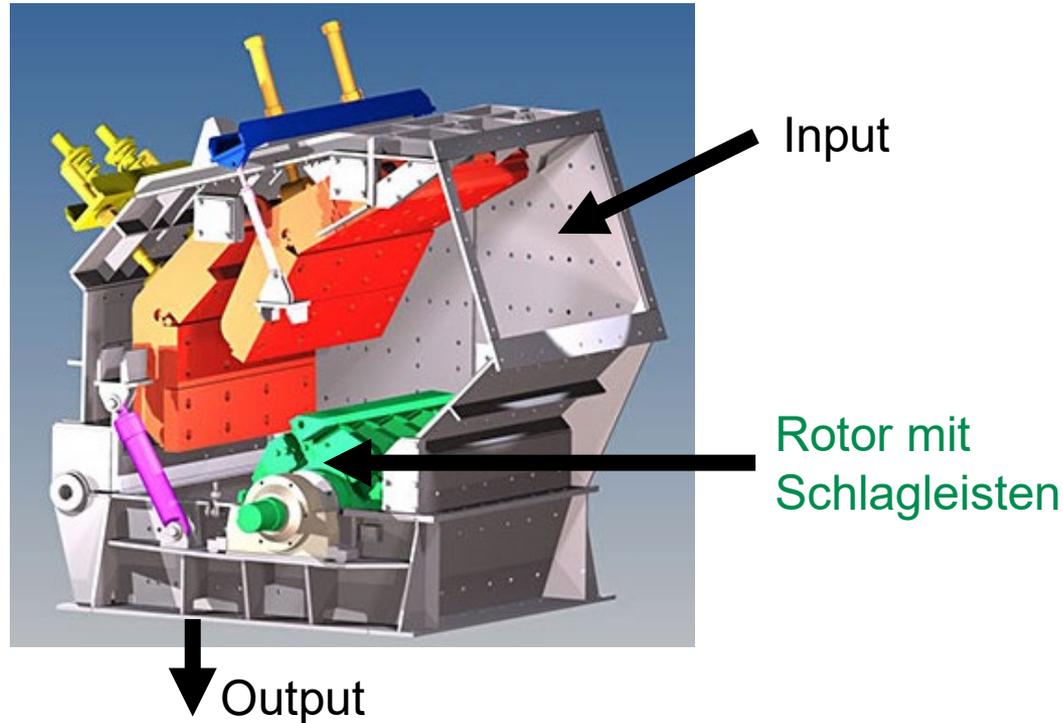
Foto: Documerica

## Innovative Recyclingprozesse für Elektro-Autos



TU Clausthal: doi 10.1177/0734242X18759191

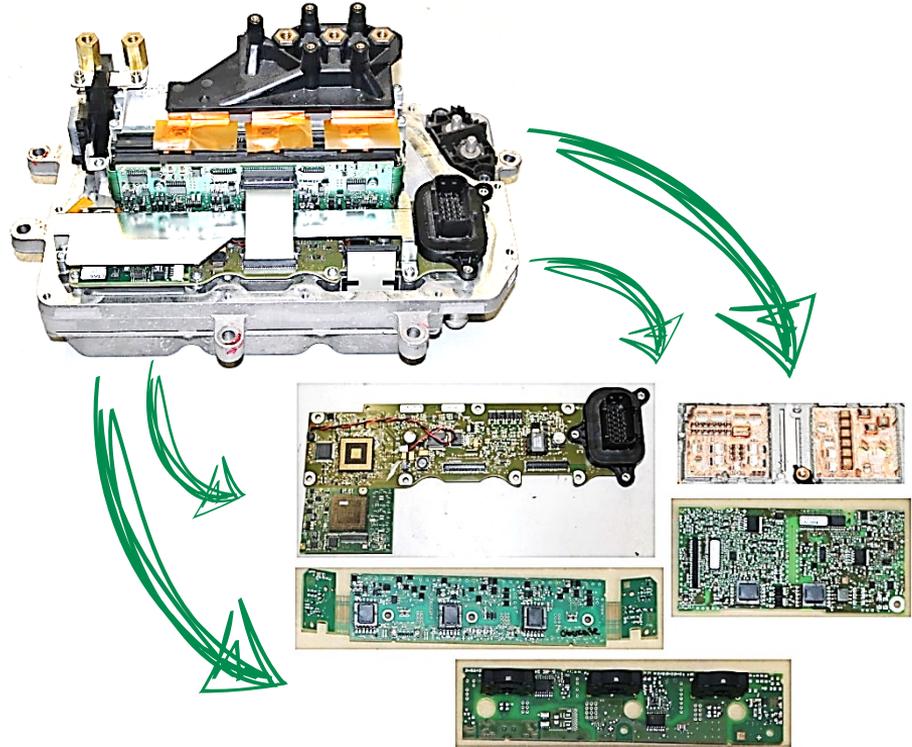
# Mechanische Aufbereitung mit Prallmühle



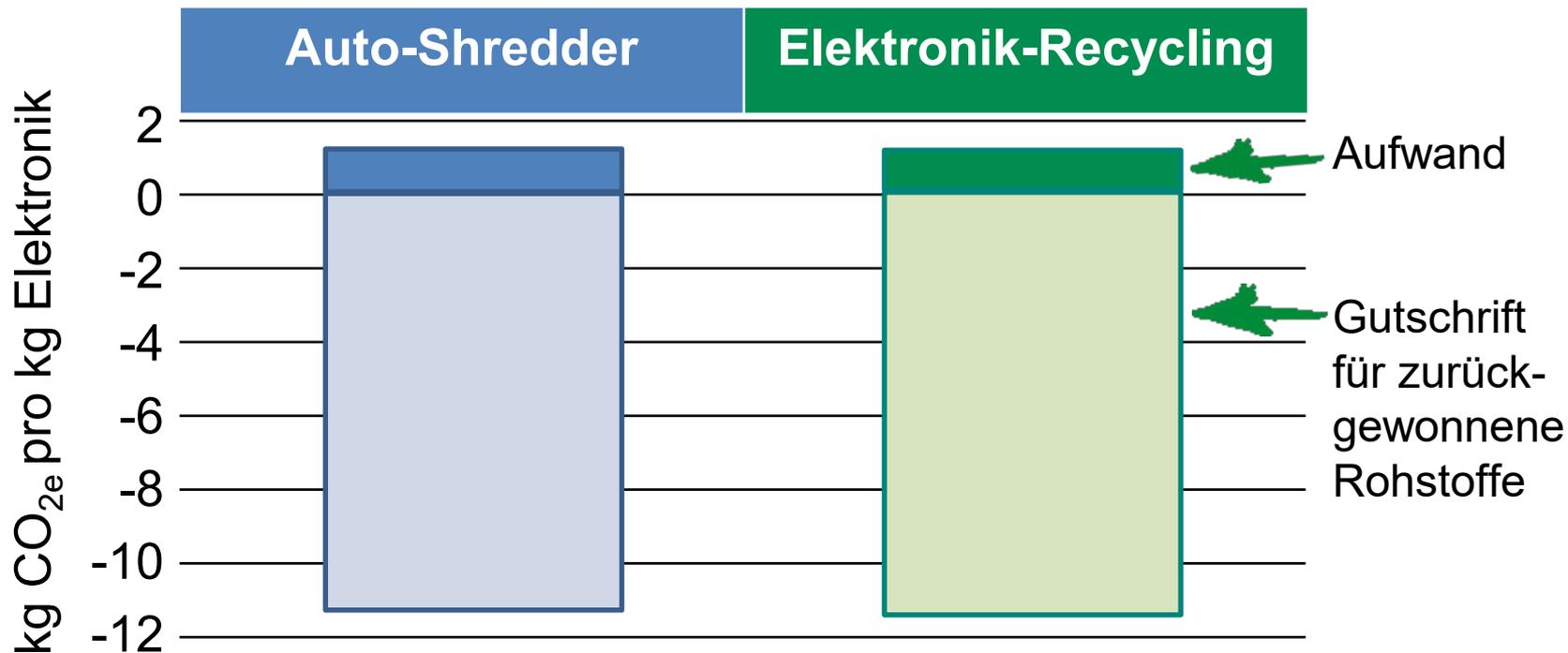
- Wenig Stauberzeugung
- Geringe Verluste werthaltiger Metalle
- Fraktionen eignen sich für Standard-Aufbereitung von Elektronikschrott

# Rückgewinnung wertvoller Metalle

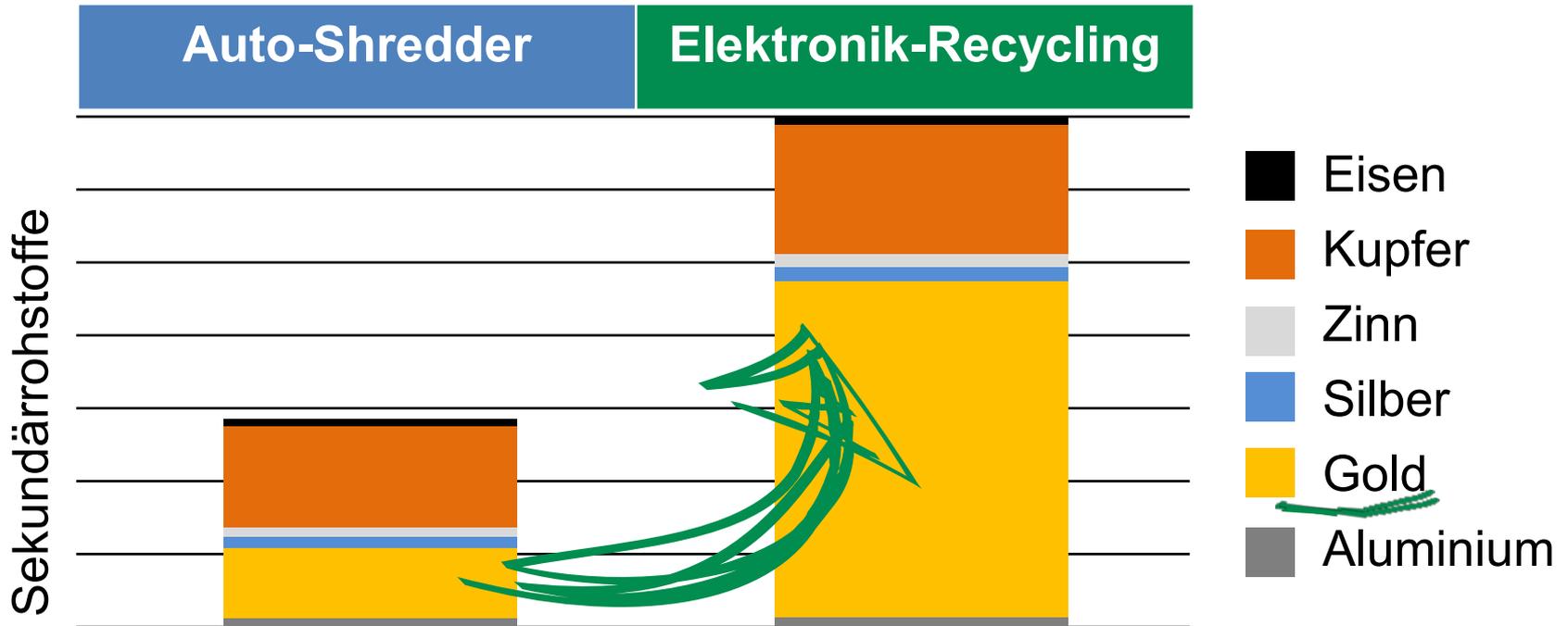
	Anteil	
<b>Aluminium</b>	58,1%	✓
<b>Kupfer</b>	12,3%	✓
<b>Eisen</b>	8,9%	✓
<b>Zinn</b>	0,11%	✓
Antimon	0,029%	✗
<b>Silber</b>	0,0032%	✓
Tantal	0,0012%	✗
<b>Gold</b>	0,0009%	✓
<b>Palladium</b>	0,00015%	✓
Niob	0,00010%	✗
Polymere	18,6%	✗
<b>Andere</b>	1,95%	



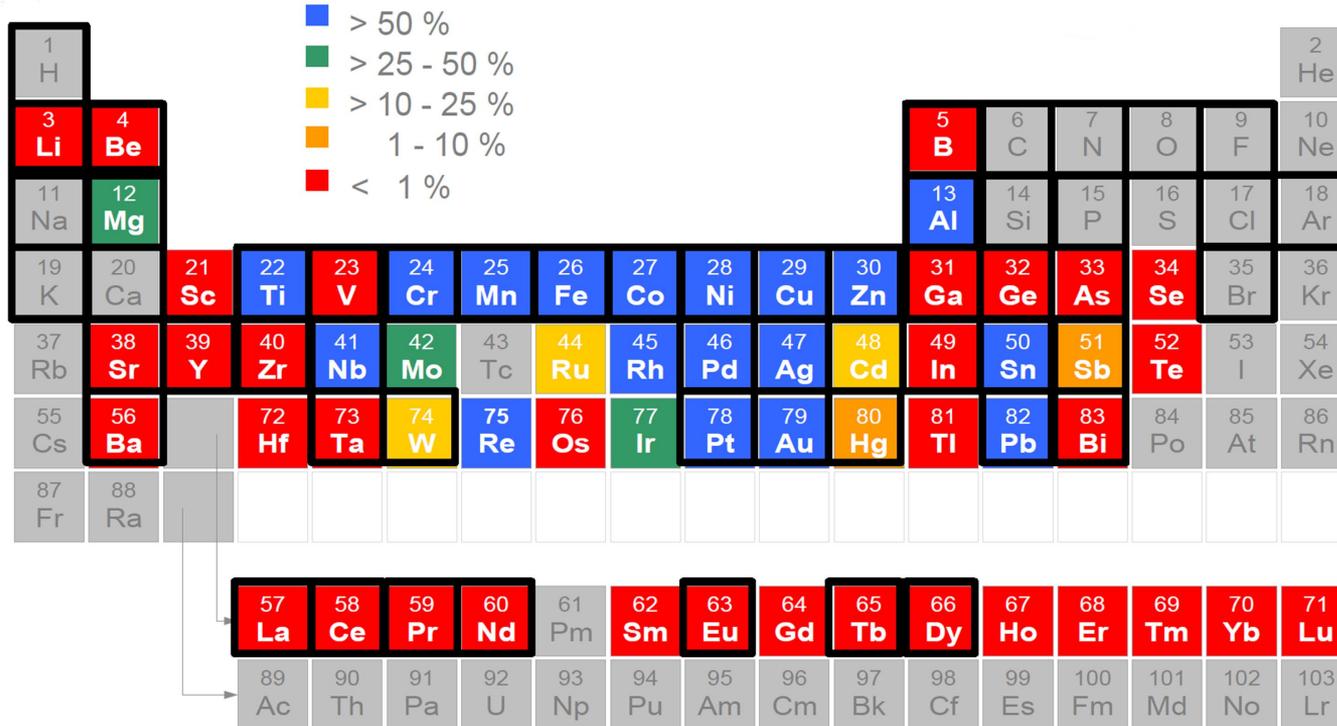
# Recycling für Klimaschutz: CO<sub>2</sub>e-Bilanz



# Recycling für Ressourcenökonomie



## Recyclingraten Metalle aus EoL-Produkten



UNEP (2011) Recycling rates of metals - status report <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/8702>

Prof. Dr.-Ing. Christine Minke | Institut für Aufbereitung, Recycling und Kreislaufwirtschaftssysteme

# Vielen Dank!

