



PE INTERNATIONAL
EXPERTS IN SUSTAINABILITY



Lebenszyklusanalyse und ökologische Bewertung der Magnesiumherstellung

**Volker Hasenberg
PE INTERNATIONAL**

**Werkstoff Forum intelligenter Leichtbau
24. April 2012, Hannover Messe**



- 1. Magnesiumproduktion**
- 2. Ökobilanz nach ISO-Norm**
- 3. LCA-Betrachtung des Pidgeon-Verfahren**
- 4. LCA-Anwendung im Automotive-Sektor**

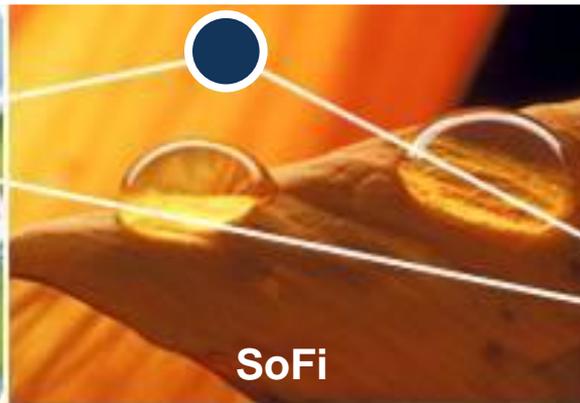


PE INTERNATIONAL

Consulting

Corporate Sustainability

Product Sustainability



- Sustainability Strategies
- Trainings and workshops
- Stakeholder engagement
- Carbon Services

- Sustainability Reporting
- Environmental Management
- Carbon Management
- Corporate Carbon Footprint

- Life-Cycle-Assessment
- Product Carbon Footprint
- Design for Environment
- EPDs and Green Building

LCA / Sustainability Databases for Materials and Processes

PE INTERNATIONAL AG employs approx. 200 people worldwide (heads) representing 20 different nationalities in 10 companies, operating offices in 14 countries. Headquarters are in Stuttgart, Germany



■ PE-Subsidiaries & Offices

■ Software Sales Partners

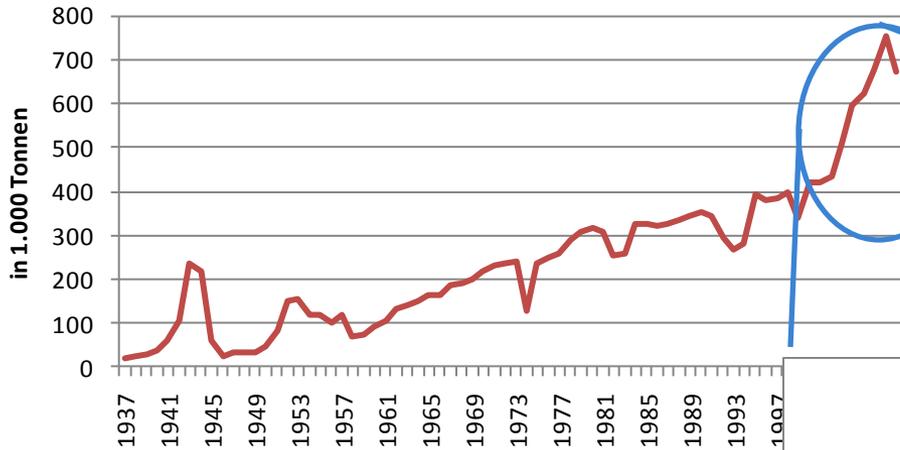


1. **Magnesiumproduktion**
2. **Ökobilanz nach ISO-Norm**
3. **LCA-Betrachtung des Pidgeon-Verfahren**
4. **LCA-Anwendung im Automotive-Sektor**



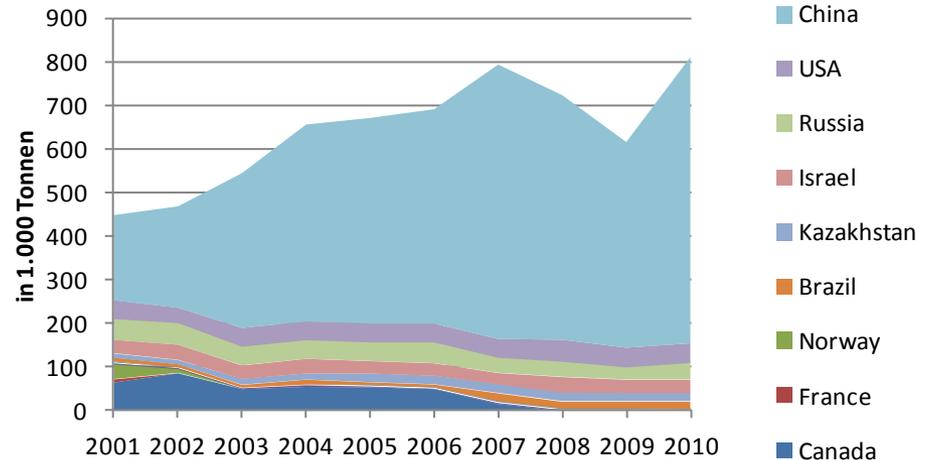
- Leichtester metallischer Konstruktionswerkstoff (spezifischen Gewicht von 1,74 g/cm³, zum Vergleich Aluminium: 2,7 g/cm³)
- Doch vor seinem Einsatz steht ein aufwendiger Gewinnungsprozess der viel Energie benötigt.
- Zusammen mit hohen Lohn- und zum Teil auch hohen Energiekosten dazu geführt, dass viele Hersteller in den westlichen Industriestaaten ihre Produktion eingestellt haben.
 - Metaleurop (Deutschland)
 - Dow Chemicals (USA)
 - Northwest Alloys (Kanada)
 - Pechiney (Frankreich)
 - Hydro-Konzern (Norwegen)

Mg Weltjahresproduktion

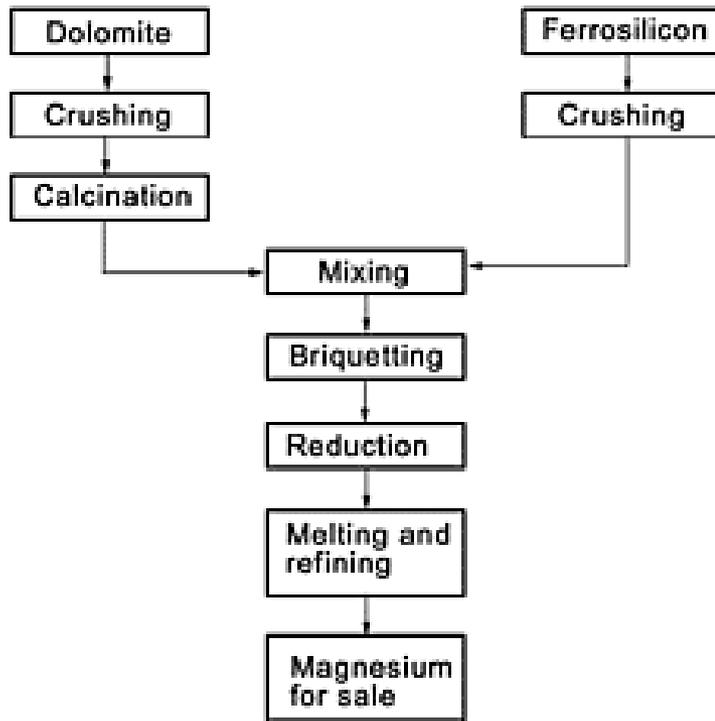


- Über 81% der Jahresproduktion (2010) entfallen auf China.
- Produktion in China fast ausschließlich nach dem Pidgeon-Verfahren (2004: 95%).

Mg Produktion nach Ländern



Quellen:
International Magnesium Association
US Geological Survey



Flow sheet for the production of metallothermic magnesium (Pidgeon and Bolzano process)

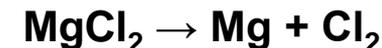
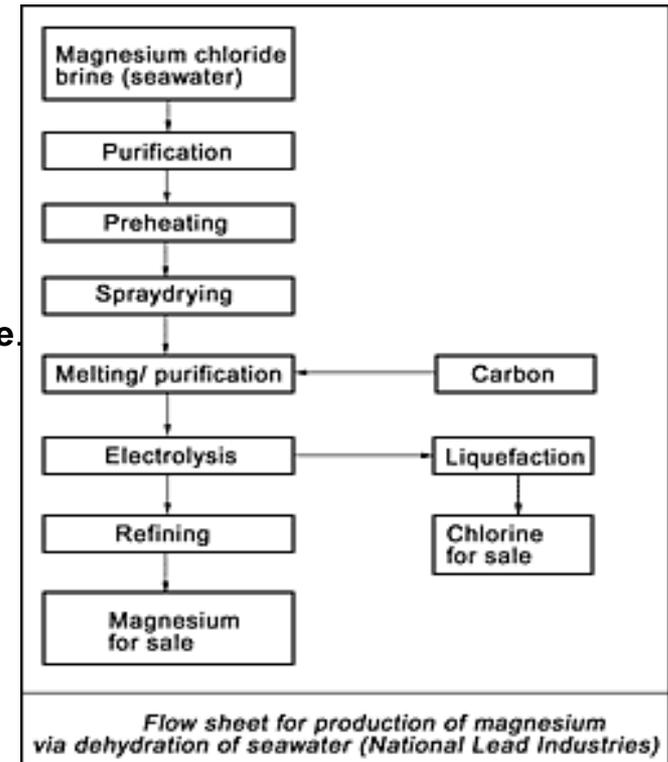


- Dolomit ist der wichtigste Ausgangsrohstoff (abgebaut in Steinbrüchen im Tagebau).
- Abgebautes Dolomit wird in Dreh- oder Vertikalöfen bei etwa 1200°C gebrannt (Kalzinierung).
- Der erzeugte Dolomitskalk wird mit fein gemahlener Ferrosilicium gemischt und brikettiert.
- Die Briketts werden dem Reduktionsofen zugeführt und bei 1200° C erhitzt.
- Kristallines Mg kondensiert bei Abkühlung und bildet so genannte "Crowns".
- Entfernen von Verunreinigungen, Schmelzen und Gießen der "ingots".



Zentrale Schritte der Magnesiumgewinnung durch Elektrolyse

- **Darstellung des Magnesiumchlorid** mit damit verbundenen Extraktions- und Raffinationsschritten.
- **Gewinnung des Magnesiums durch Schmelzflusselektrolyse.** Magnesiumchlorid wird in einer Mischung aus geschmolzenen Alkalichloriden bei 700-800 ° C elektrolysiert.



Bis in die 1980er war die Elektrolyse das vorherrschende Verfahren zur Magnesiumgewinnung (1989: 75%). Die steigenden Produktionskapazitäten in China seit den 1990er Jahren hat das Verhältnis gedreht und Magnesium wird überwiegend durch den Pidgeon-Prozess gewonnen.



1. **Magnesiumproduktion**
2. **Ökobilanz nach ISO-Norm**
3. **LCA-Betrachtung des Pidgeon-Verfahren**
4. **LCA-Anwendung im Automotive-Sektor**



Avoid...

...solving a problem...



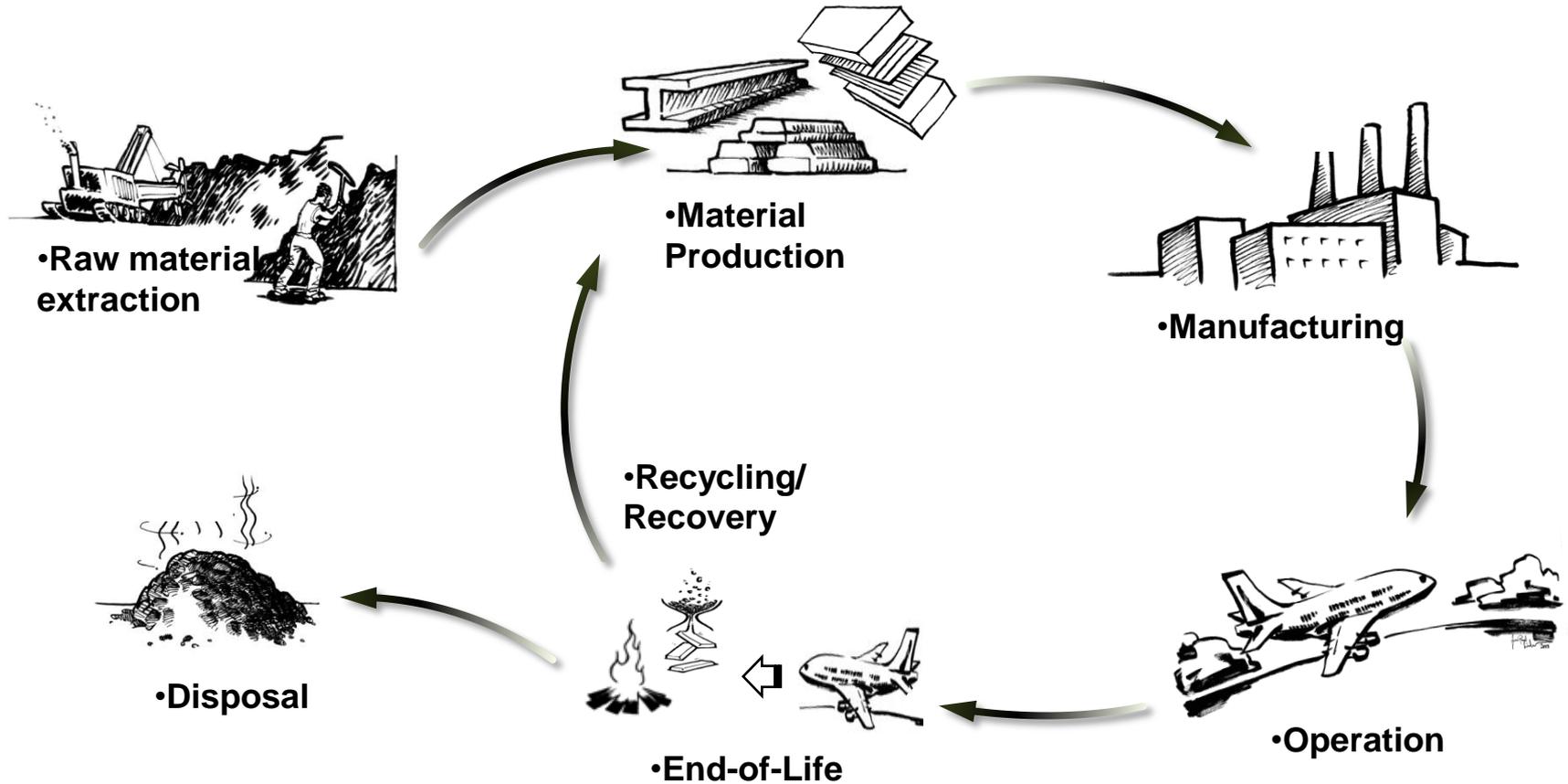
Avoid...

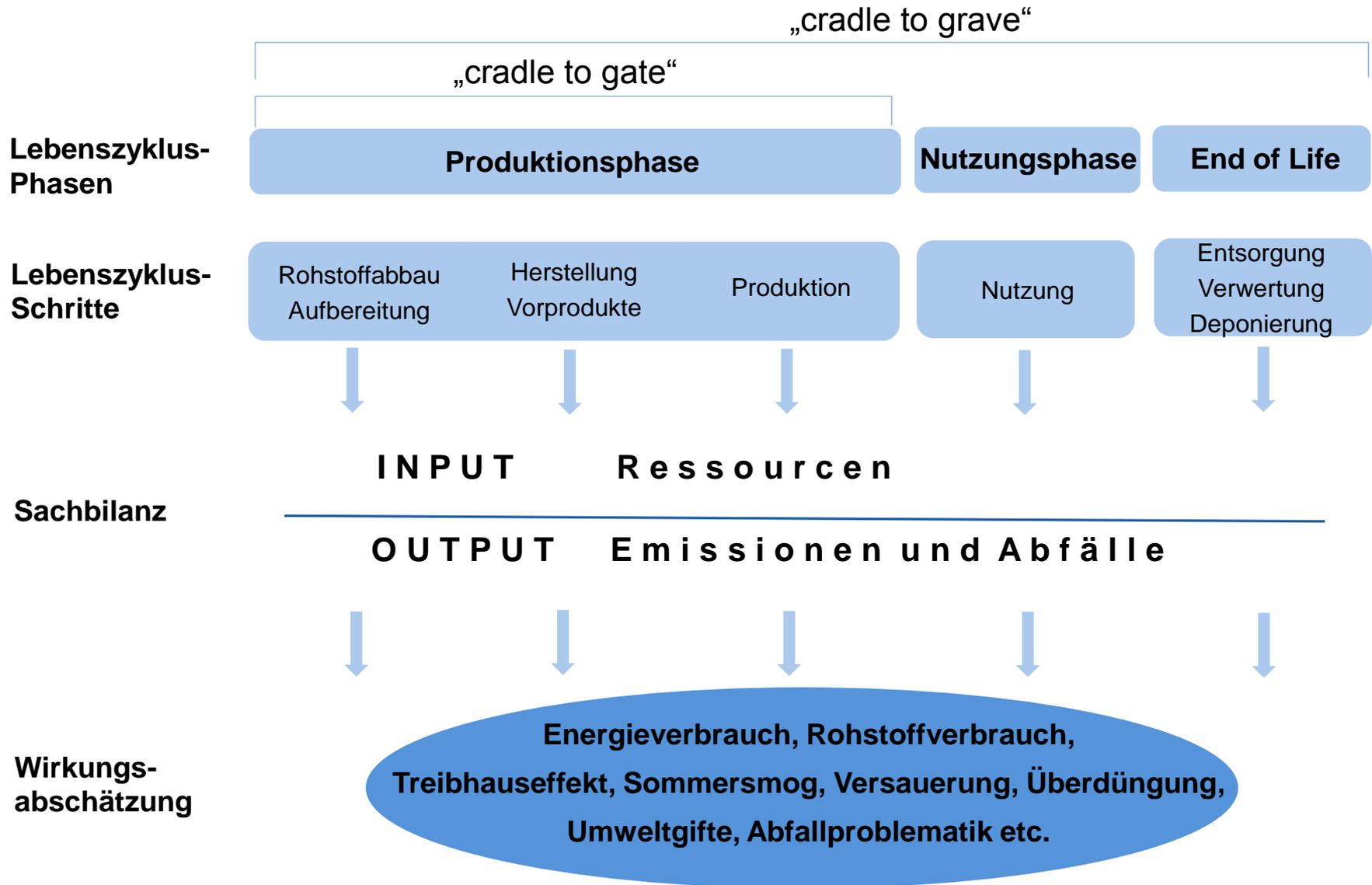
...solving a problem...

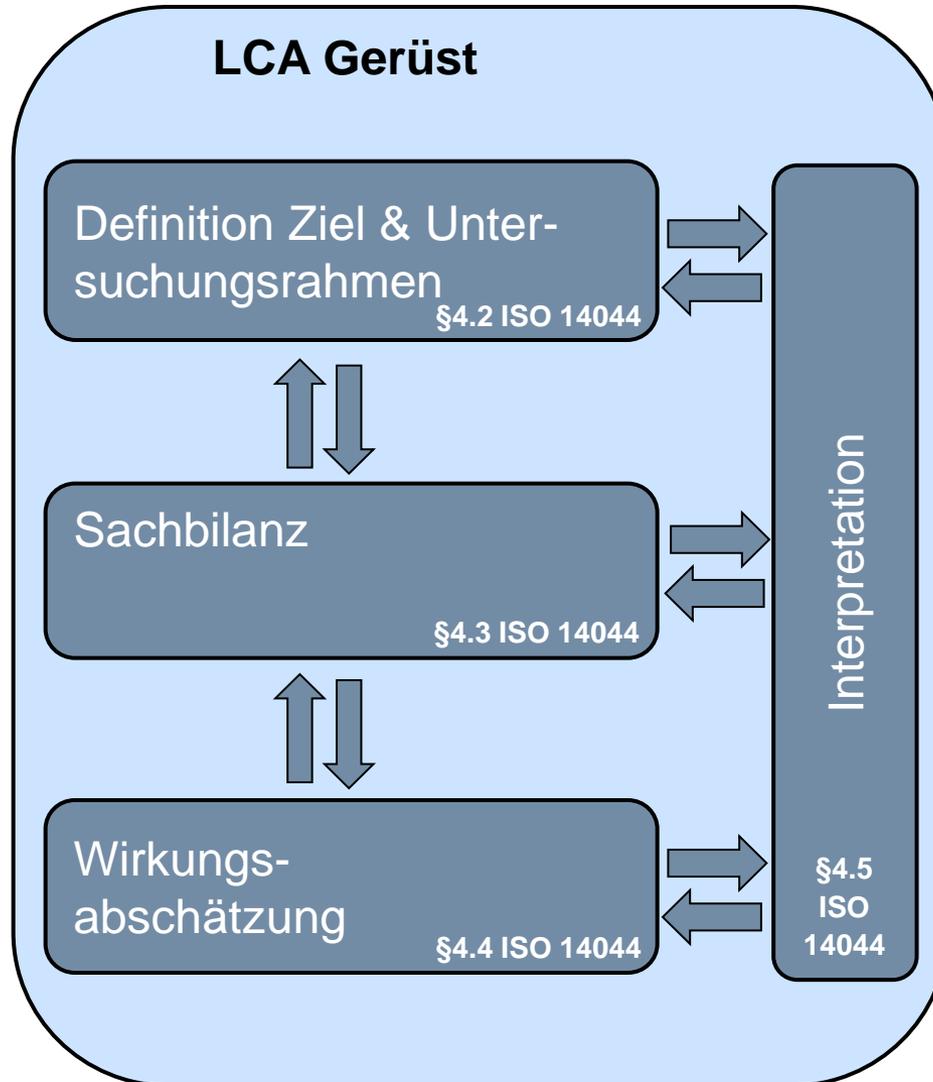


... by creating
a problem.









Die ISO-Norm 14044 gibt die Schritte zur Erstellung einer Ökobilanz vor.

1. Ziel & Untersuchungsrahmen
2. Sachbilanz
3. Wirkungsabschätzung
4. Interpretation

Der Prozess erfolgt iterativ.

Die Ökobilanz ist ein **Werkzeug zur quantitativen Beurteilung** des ökologischen Aspekts bei der nachhaltigen Entwicklung

Ökobilanz ist gleichbedeutend mit dem englischen Begriff Life Cycle Assessment (LCA)

Der Rahmen zur Berechnung von Ökobilanzen ist **über die ISO-Normen 14040/14044 beschrieben**

Das Ergebnis einer Ökobilanz **sind Werte für verschiedene Wirkungskategorien**

(u.a. Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial, Ozonzerstörungspotenzial)

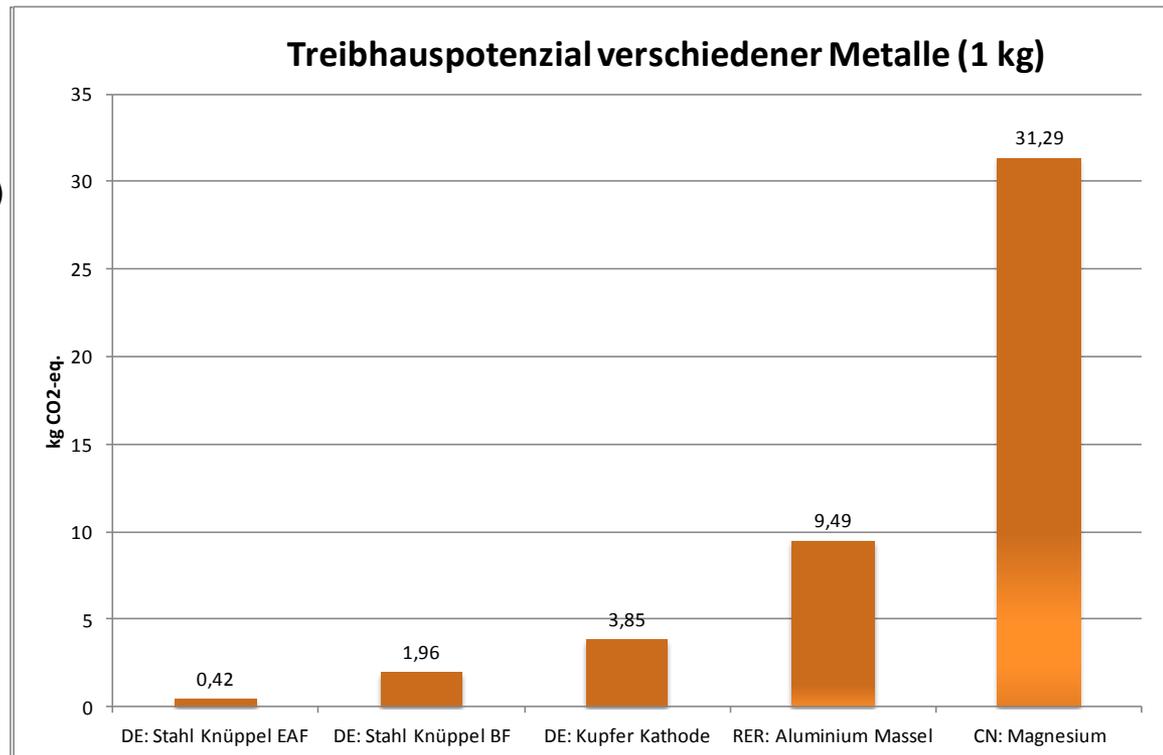


1. **Magnesiumproduktion**
2. **Ökobilanz nach ISO-Norm**
3. **LCA-Betrachtung des Pidgeon-Verfahren**
4. **LCA-Anwendung im Automotive-Sektor**



Treibhauspotenzial verschiedener Metalle

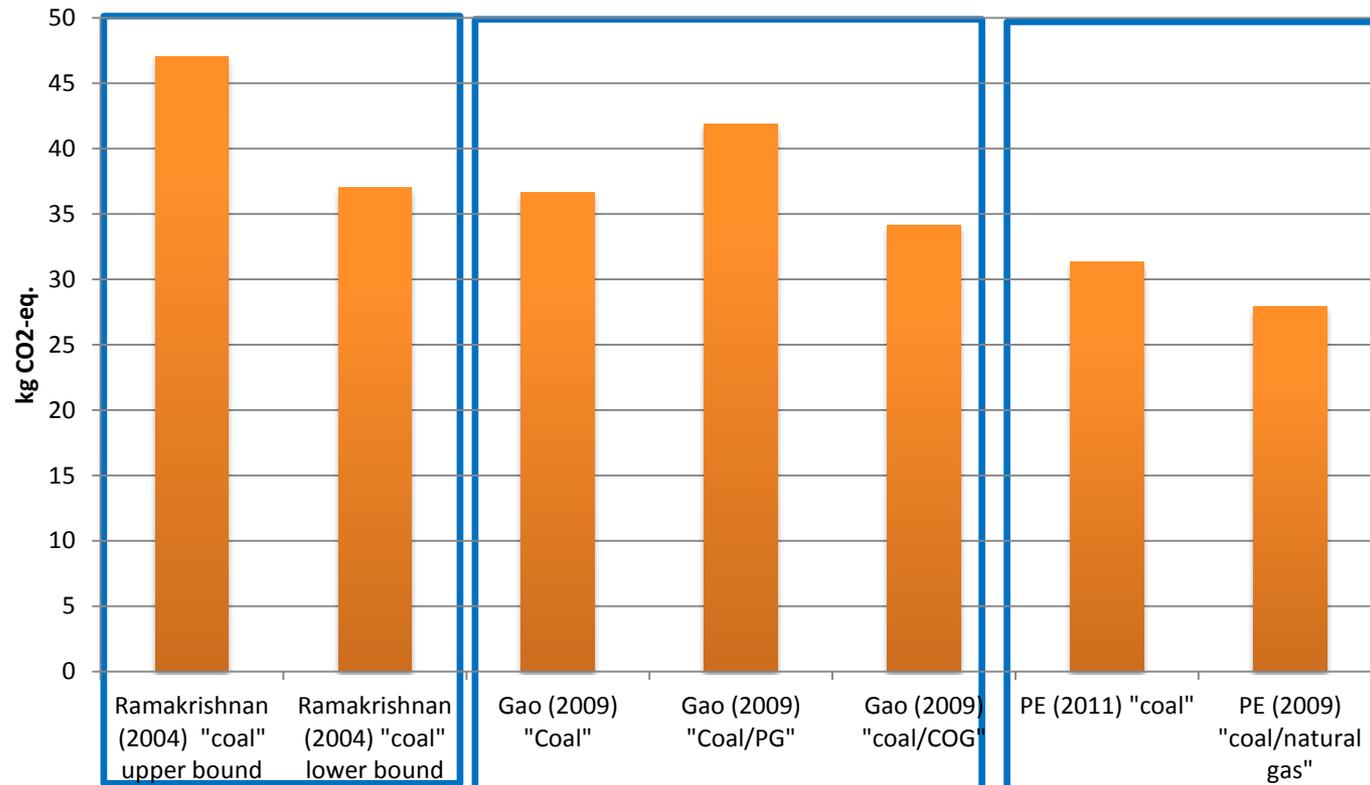
- Stahl Knüppel (Elektrolichtbogen)
- Stahl Knüppel (Hochofen)
- Kupfer Kathode
- Aluminium Massel
- Magnesium (Pidgeon)



Datengrundlage:

- Rohstoffgewinnung und Herstellung („Cradle to gate“), Durchschnittswerte
- Bezugsgröße: 1 kg, Einheit: CO₂-Äquivalente
- Datenbasis: GaBi database 2011

Global Warming Potential CN: Mg Pidgeon Verfahren

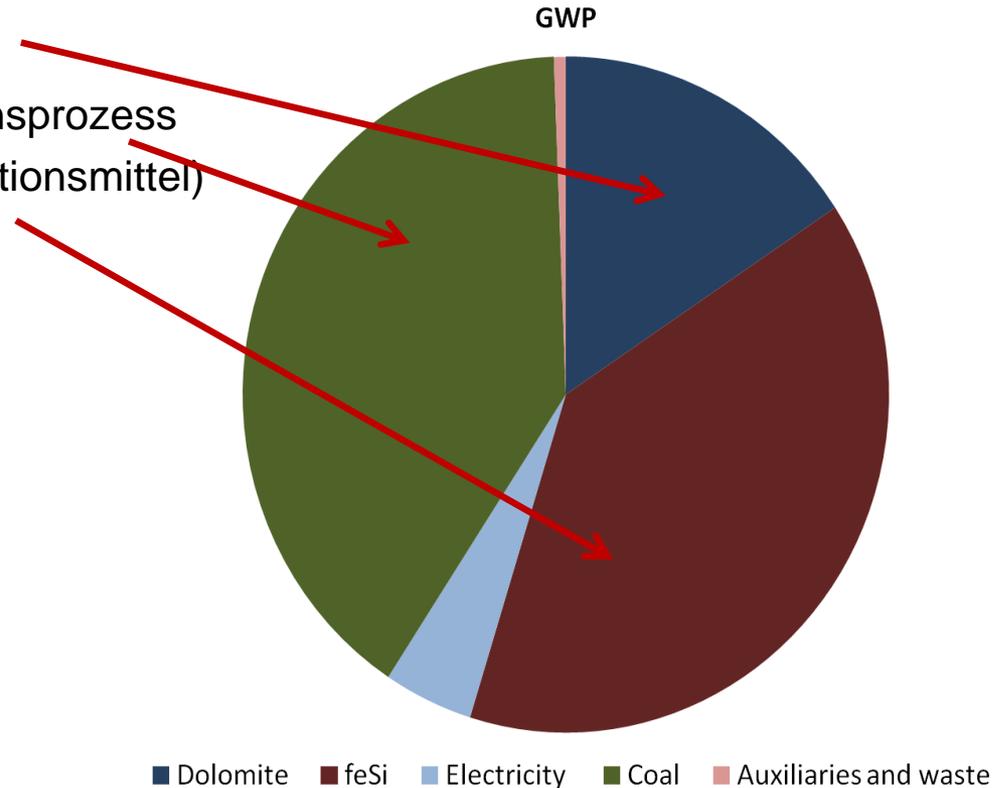


PG = Producer Gas; COG = Coke Oven Gas

Welche Prozessschritte sind die Haupttreiber der Treibhausgasemissionen?

Haupttreiber

- Kalzinierung (CO₂ aus Dolomit)
- Thermische Energie für Reduktionsprozess
- Herstellung Ferro-Silizium (Reduktionsmittel)



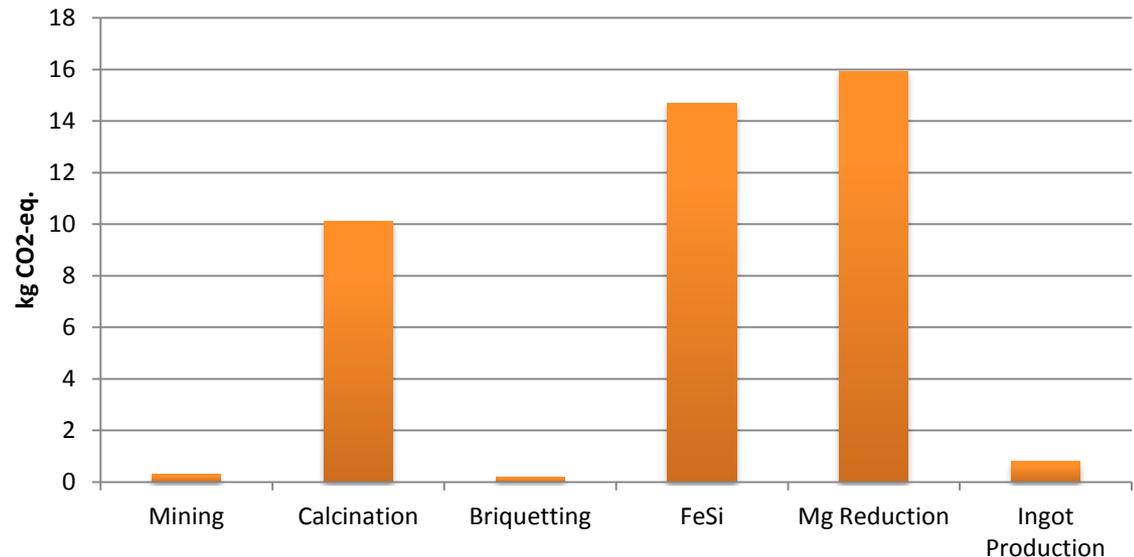
Datengrundlage:

- Pidgeon-Verfahren
- Energieträger Kohle
- Effiziente Anlage
- Quelle: PE Studie 2011

Haupttreiber nach Prozessschritten:

- FeSi Herstellung
- Kalzinierung (Energie & geogenes CO₂)
- Reduktionsprozess

Global Warming Potential



Optimierungspotenziale

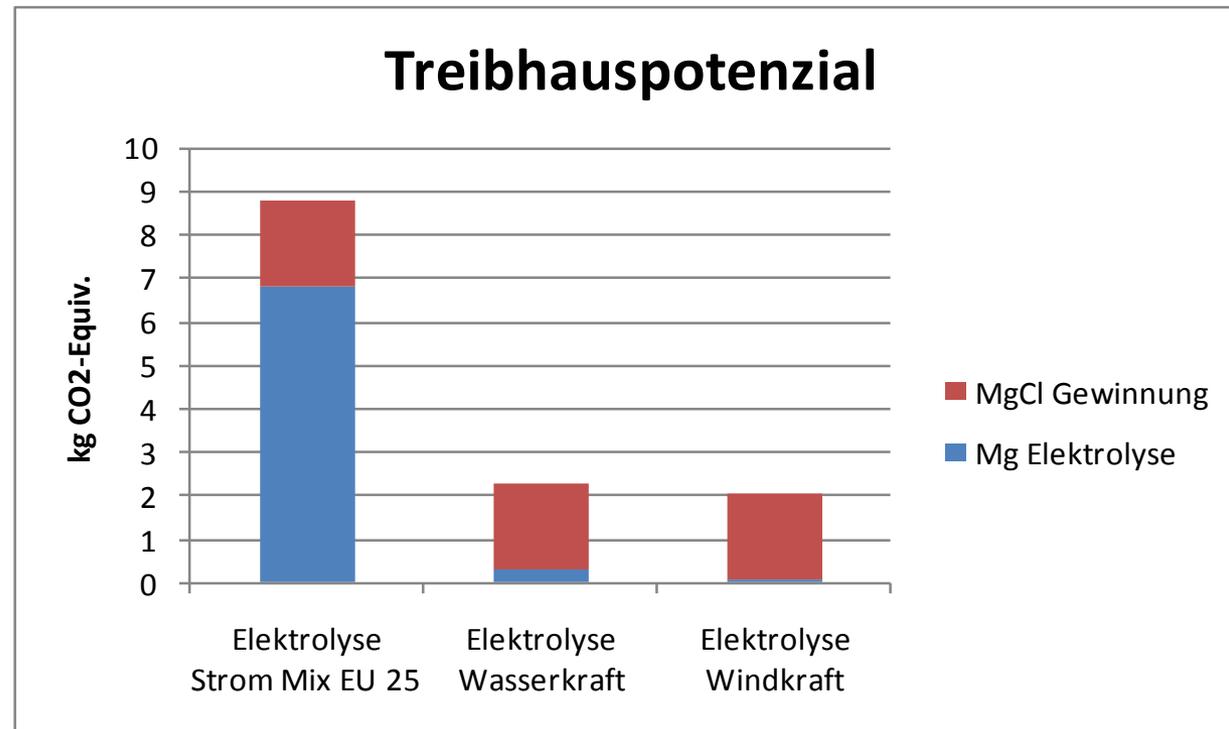
- Einsatz „sauberer“ Energieträger
- Effizienzsteigerung Reduktionsprozess
- Effizienzsteigerung FeSi Herstellung
- Alternative Herstellungsrouten

Datengrundlage:

- Ältere Anlage
- Bezugsgröße 1 kg Mg
- Quelle: Ramakrishnan (2004)

Norsk Hydro hatte nach eigenen Lebenszyklus Analysen Magnesium im Elektrolyseverfahren mit einem deutlich geringeren CO₂-Impact hergestellt (ca. 9 kg CO₂-eq./ kg)

Kalkulatives Beispiel Mg aus Meerwasser



Datengrundlage:

- Mg-Gewinnung aus Meerwasser
- Solare Evaporation
- MgCl₂ Extraktion Abschätzung (thermische Energie aus Erdgas)
- Funktionelle Einheit 1 kg Mg
- Quelle: GaBi database 2006



1. **Magnesiumproduktion**
2. **Ökobilanz nach ISO-Norm**
3. **LCA-Betrachtung des Pidgeon-Verfahren**
4. **LCA-Betrachtung des Elektrolyse-Verfahrens**
5. **LCA-Anwendung im Automotive-Sektor**

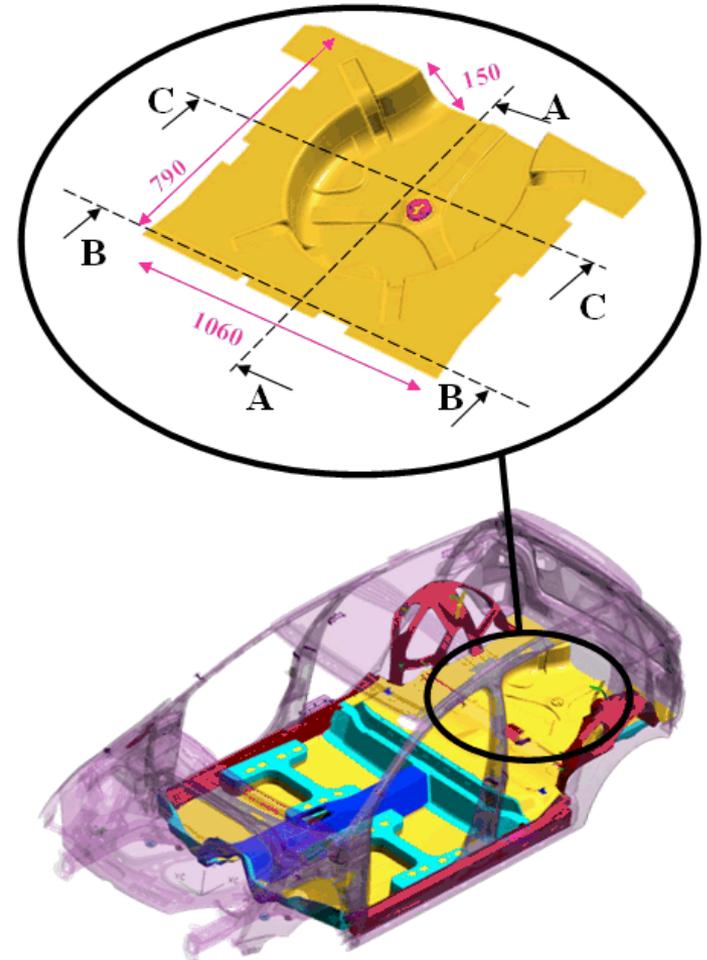


- **Vergleich von 5 verschiedenen Werkstoffkonzepten für die Reserveradmulde über den gesamten Lebensweg:**

- Produktion
- Nutzung
- End of Life (EoL)

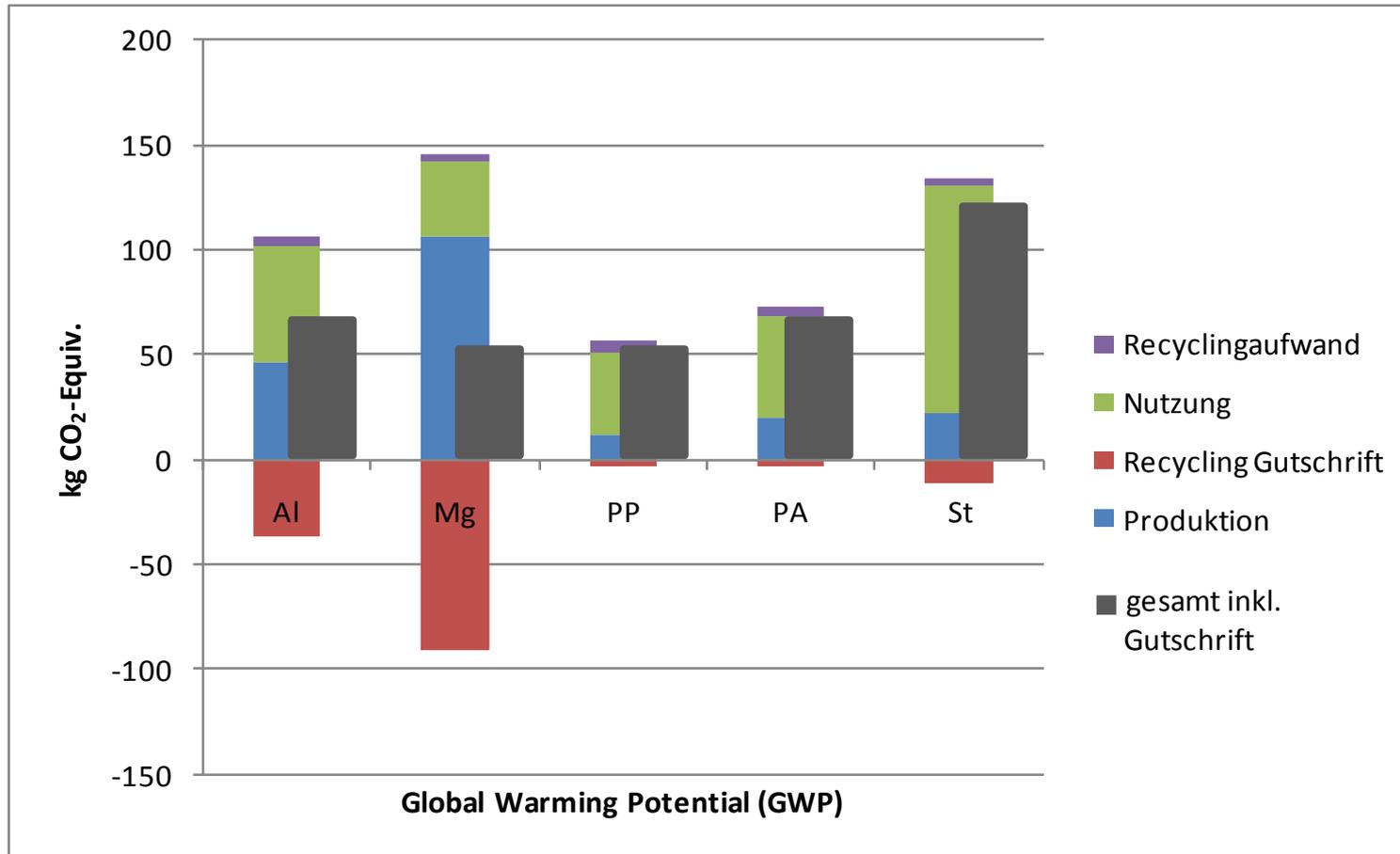
- **Betrachtete Werkstoffe:**

- Stahl (St)
- Aluminium-Blech 5182 (Al)
- Polypropylen GF30 (PP)
- Polyamid 6.6 GF 30 (PA)
- Magnesium Blech AZ31 (Mg)



- Gewichte der unterschiedlichen Werkstoffkonzepte:

Werkstoffkonzept	Gewicht	Gewichtsreduktion
Al	3,4 kg	48%
Mg	2,2 kg	67%
PP/GF	2,4 kg	64%
PA/GF	2, 9 kg	56%
Stahl	6,5 kg	



Quelle:
PE (2010):
Whitepaper
Recycling im
Automobil-
Leichtbau

- Hohes Recyclingpotenzial bei Magnesium und Aluminium
- Materialrecycling entscheidender Faktor im Automobilleichtbau
- Magnesium schneidet unter Berücksichtigung der Gutschrift am besten ab
- Reduktion des GWP in der Mg-Herstellung erforderlich (Prozessoptimierung, Erneuerbare Energien)

- **Mg-Herstellung relativ energieaufwendig, jedoch kann das (reine) Metall immer wieder ohne Qualitätsverlust recycelt werden.**
- **Magnesium bleibt gegenüber anderen Werkstoffen auch bei Effizienzsteigerungen ein energieintensiver Werkstoff, die Wiedergewinnung ist für die Gesamtbilanz daher entscheidend.**
- **Nach Aussagen der Wirtschaftsvereinigung Metalle erfolgt zurzeit nur das Recycling von sauberem, kompaktem Mg-Neuschrott mit bekannter Zusammensetzung.**
- **Effizienzpotenziale sind vorhanden aber Wirtschaftlichkeit ist der entscheidende Faktor.**
- **30 kg CO₂-eq. je kg Mg sind mit modernen Pidgeon-Anlagen zu erreichen, ältere Anlagen liegen allerdings deutlich darüber.**



PE INTERNATIONAL
EXPERTS IN SUSTAINABILITY



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**



PE INTERNATIONAL
EXPERTS IN SUSTAINABILITY

Ihre Ansprechpartner:

**Volker Hasenberg (Dipl.-Geoökol.)
Senior Consultant**



PE INTERNATIONAL AG

Hauptstraße 111-113
70771 Leinfelden-Echterdingen

Telefon +49 [0] 711-34 18 17-415

Fax +49 [0] 711-34 18 17-25

v.hasenberg@pe-international.com

www.pe-international.com