

Stoffflüsse und Kritische Rohstoffe



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Forum Produktion 2017, 01.06.2017 Wien:

Digitalisierte Produktion - Schlüsseltechnologien für eine intelligente Sachgüterproduktion

Prof. Dr. Liselotte Schebek

Institut **IWAR**

Technische Universität Darmstadt



Fraunhofer-Projektgruppe

IWKS

Ressourcenstrategie
Recycling und Wertstoffkreisläufe
Substitution

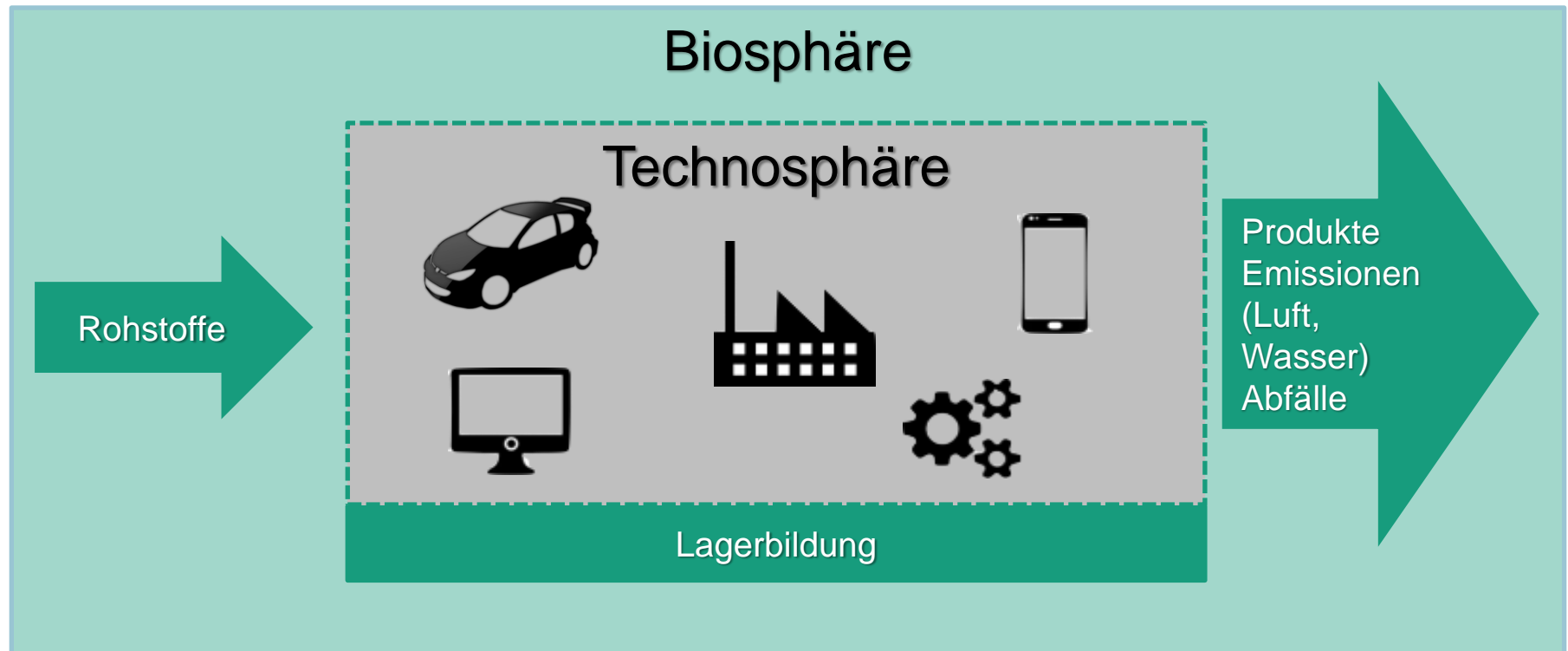


Quelle: Zepf, Universität Augsburg

Fraunhofer
ISC

PROJEKTGRUPPE IWKS

SuR IWAR

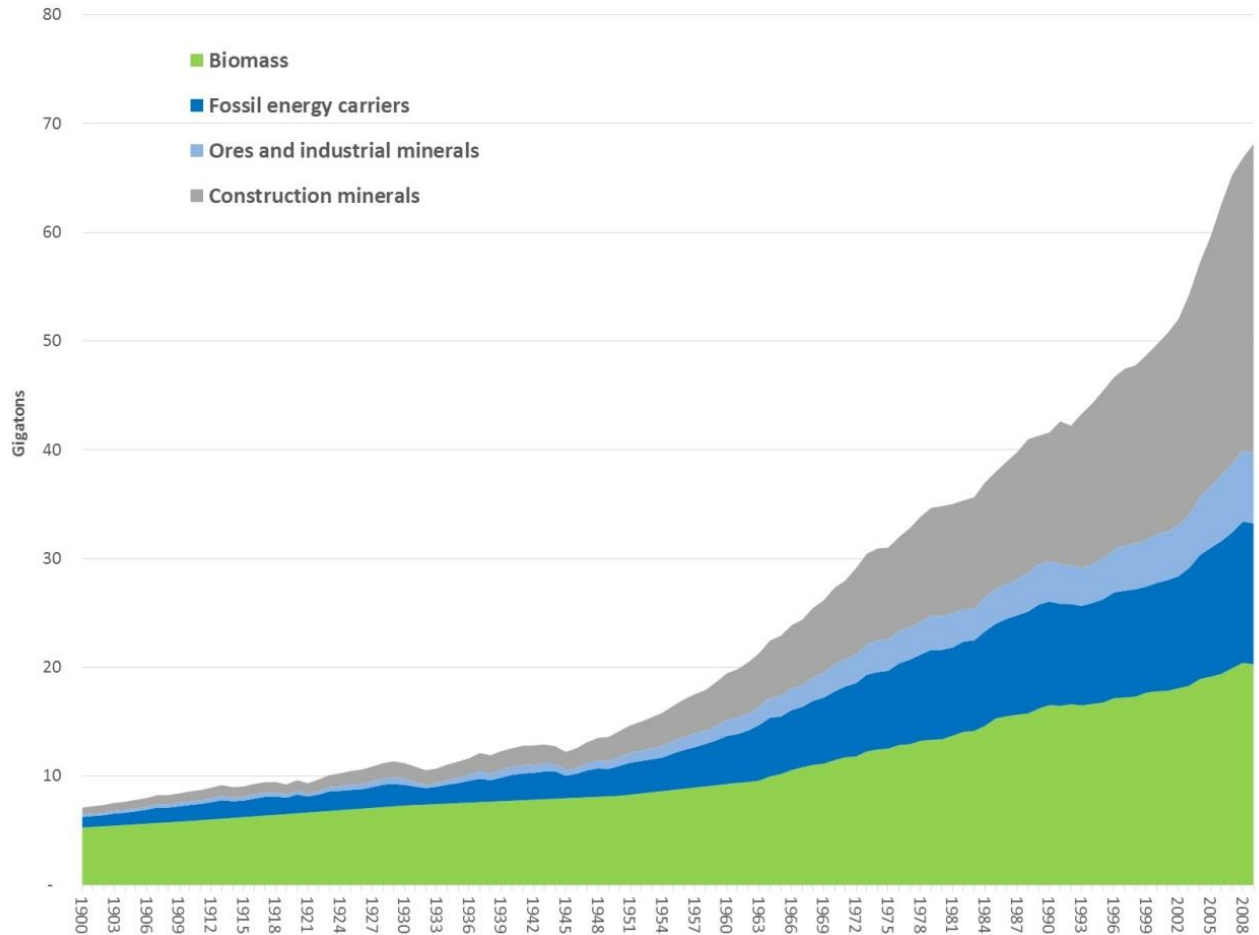


Globaler Verbrauch von Rohstoffen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Global materials extraction [1900 - 2009]

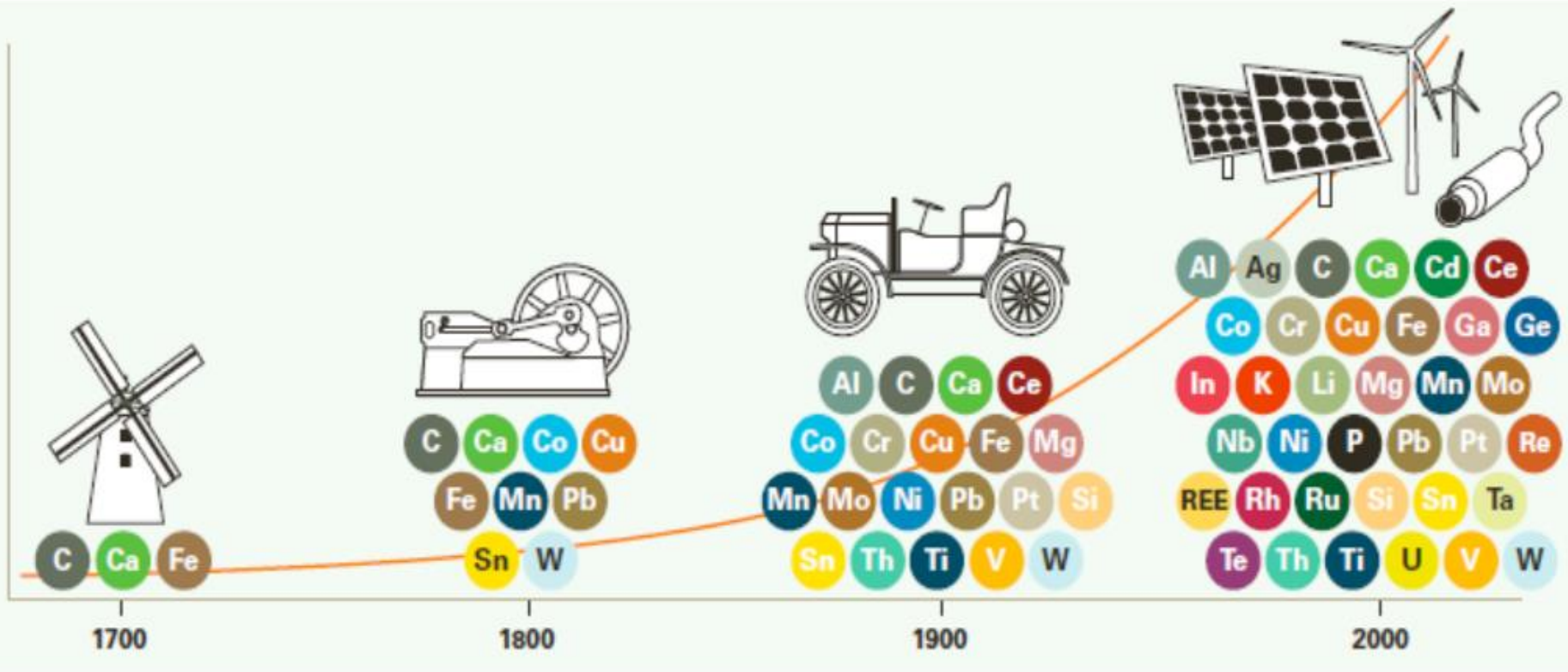


https://www.uni-klu.ac.at/socec/bilder/Global_DE.jpg

 **Fraunhofer**
ISC

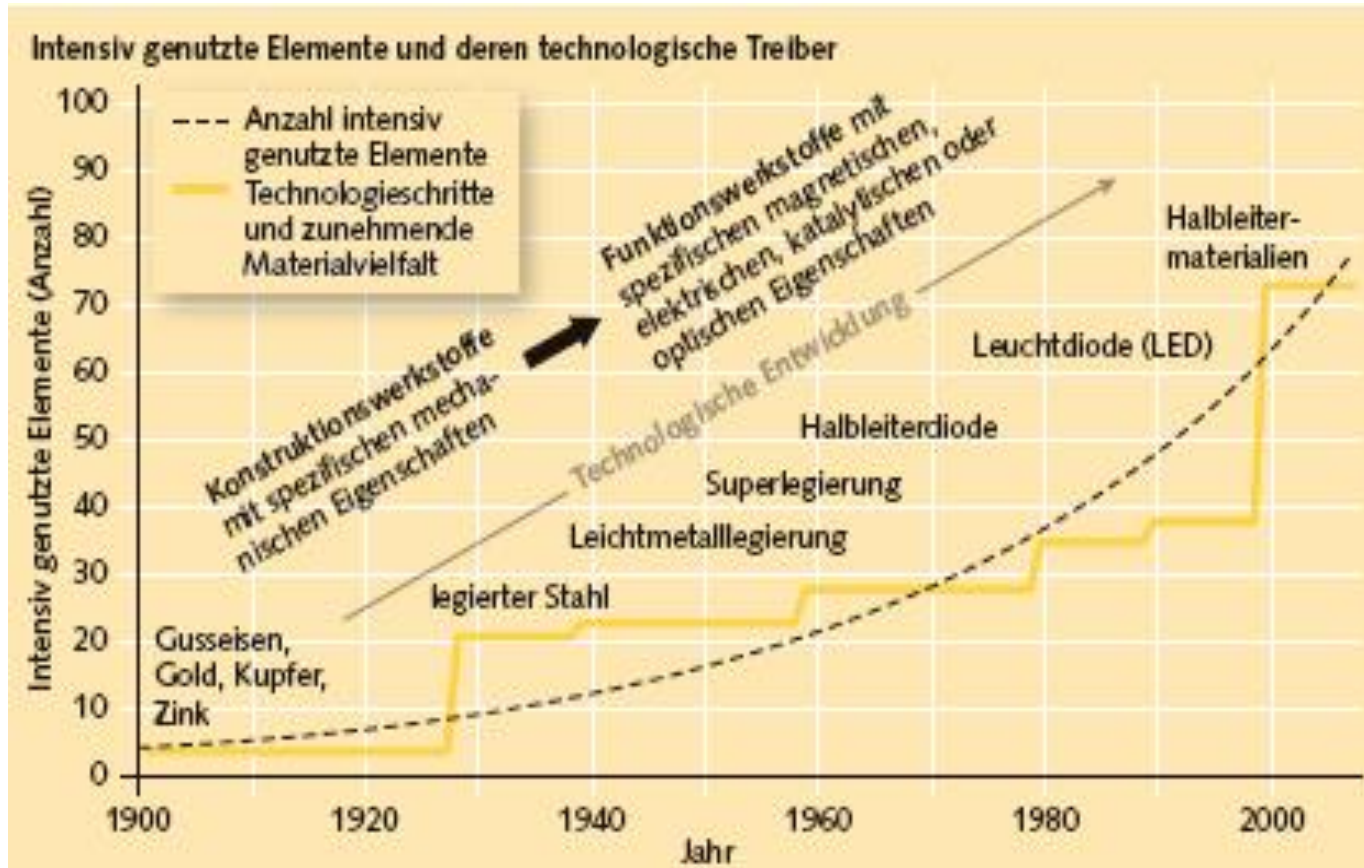
PROJEKTGRUPPE IWKS

Industriegüter und chemische Elemente



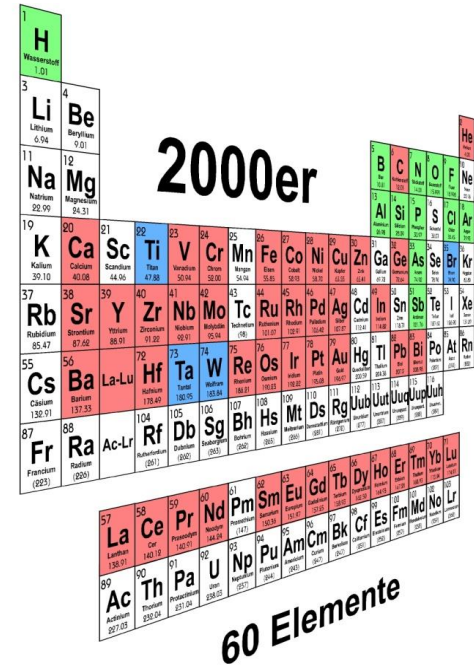
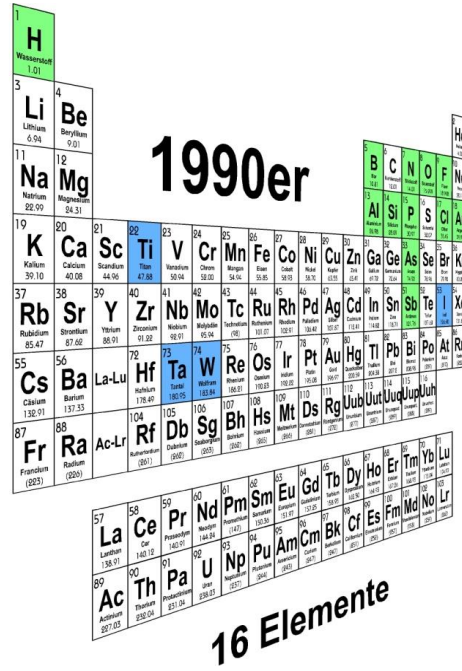
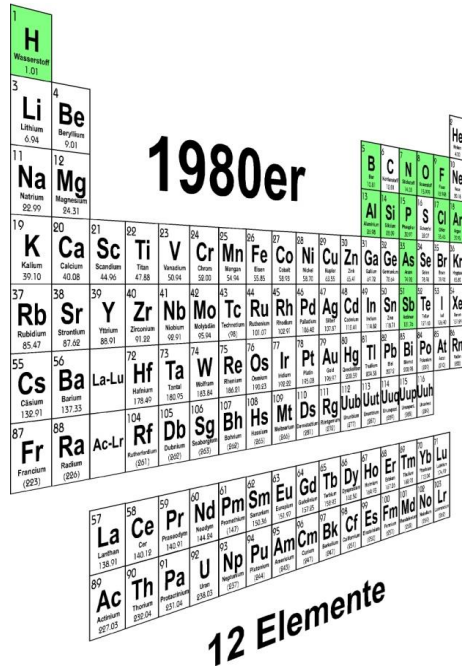
Bildquelle: Reller, Zepf, Achzet, Rennie (2011)

Technologische Treiber der Materialvielfalt



Quelle: Achzet / Reller, 2011

Beispiel: Halbleiterindustrie



Quelle: nach Theis, 2007

3 Gründe, um über Stoffströme zu sprechen:

- Ökonomische Verfügbarkeit



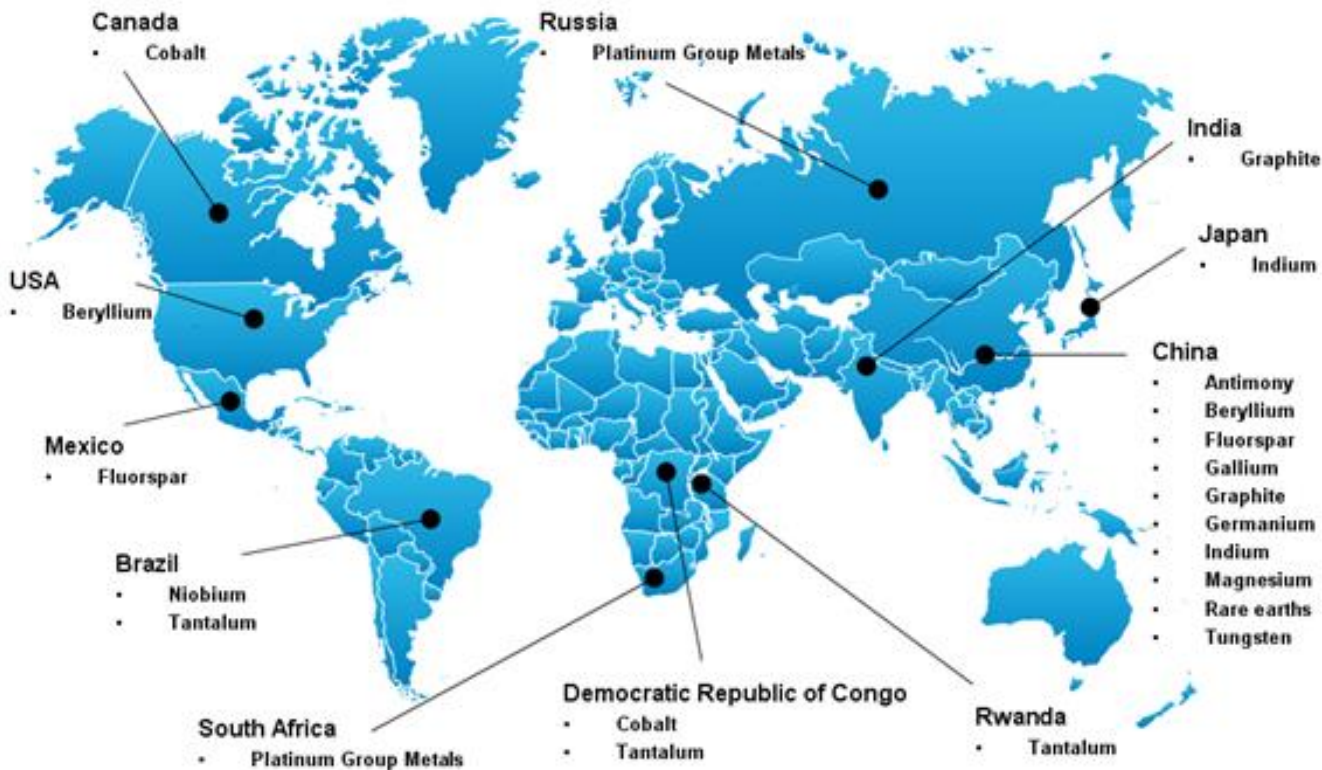
Quelle: <http://rohstoffe.onvista.de/>

Ökonomische Verfügbarkeit

Beispiel: Versorgungsrisiko durch Konzentration der Förderung



Production concentration of critical raw mineral materials



Quelle: Europäische Kommission http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/critical/index_de.htm

3 Gründe, um über Stoffströme zu sprechen:

- Ökonomische Verfügbarkeit
- Tragfähigkeit der Umwelt



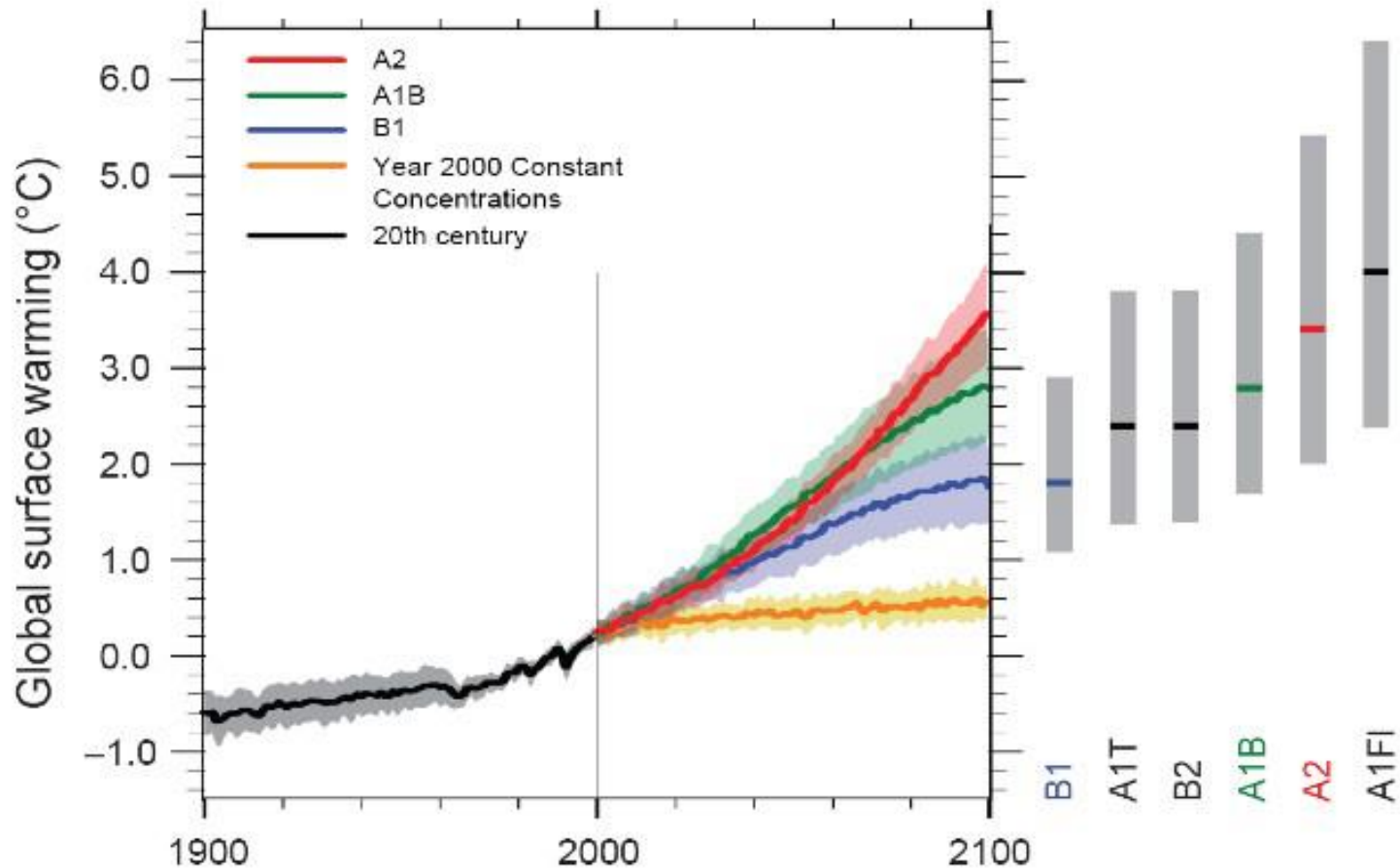
Quelle: <http://rohstoffe.onvista.de/>



Quelle: http://www.energie-umweltschutz.de/Bilder/Wald-Rodung_400P.jpg

Tragfähigkeit der Umwelt

Beispiel: Klimawandel



Quelle: IPCC Fourth Assessment Report, Climate Change 2007 (AR4) Synthesis Report Fig SPM5

3 Gründe, um über Stoffströme zu sprechen:

- Ökonomische Verfügbarkeit
- Tragfähigkeit der Umwelt
- Gerechtigkeit



Quelle: <http://rohstoffe.onvista.de/>



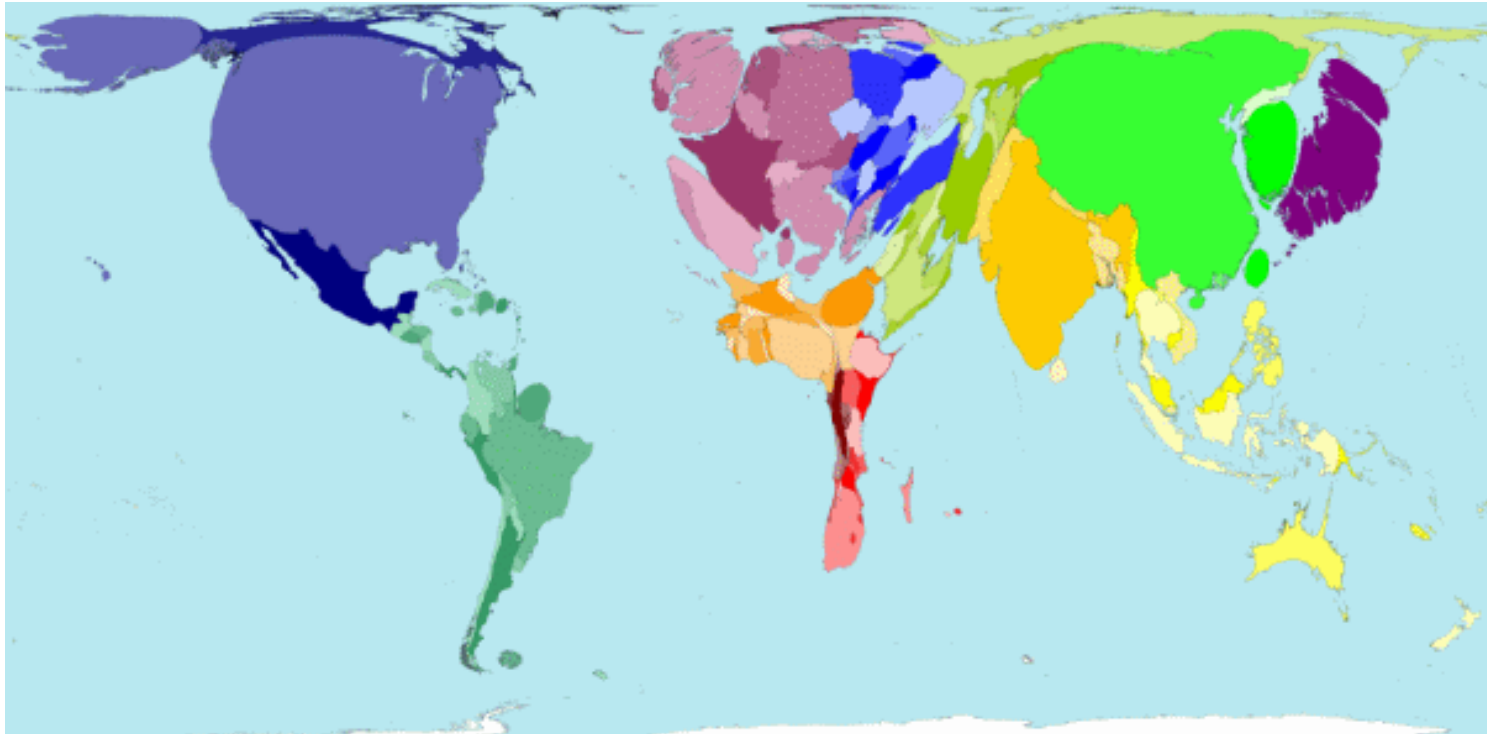
Quelle: http://www.energie-umweltschutz.de/Bilder/Wald-Rodung_400P.jpg



Quelle:
http://www.worstpolluted.org/gallery_images/report

Gerechtigkeit

Beispiel: „Ökologischer Fußabdruck“



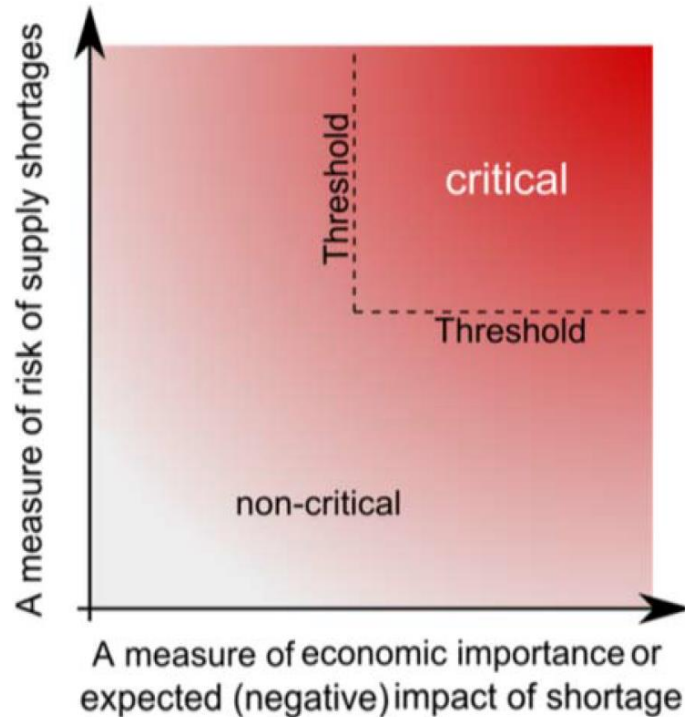
Die Fläche eines jeden Staates entspricht dem Ökologischen Fußabdruck seiner Bewohner.

Quelle: Abbildung: © Copyright 2006 SASI Group (University of Sheffield) and Mark Newman (University of Michigan),
entnommen: <http://www.oekosystem-erde.de/html/globale-aenderungen.html>

Was sind „kritische Rohstoffe“?

Materialspezifische 2-Faktoren-Matrix der Europäischen Kommission

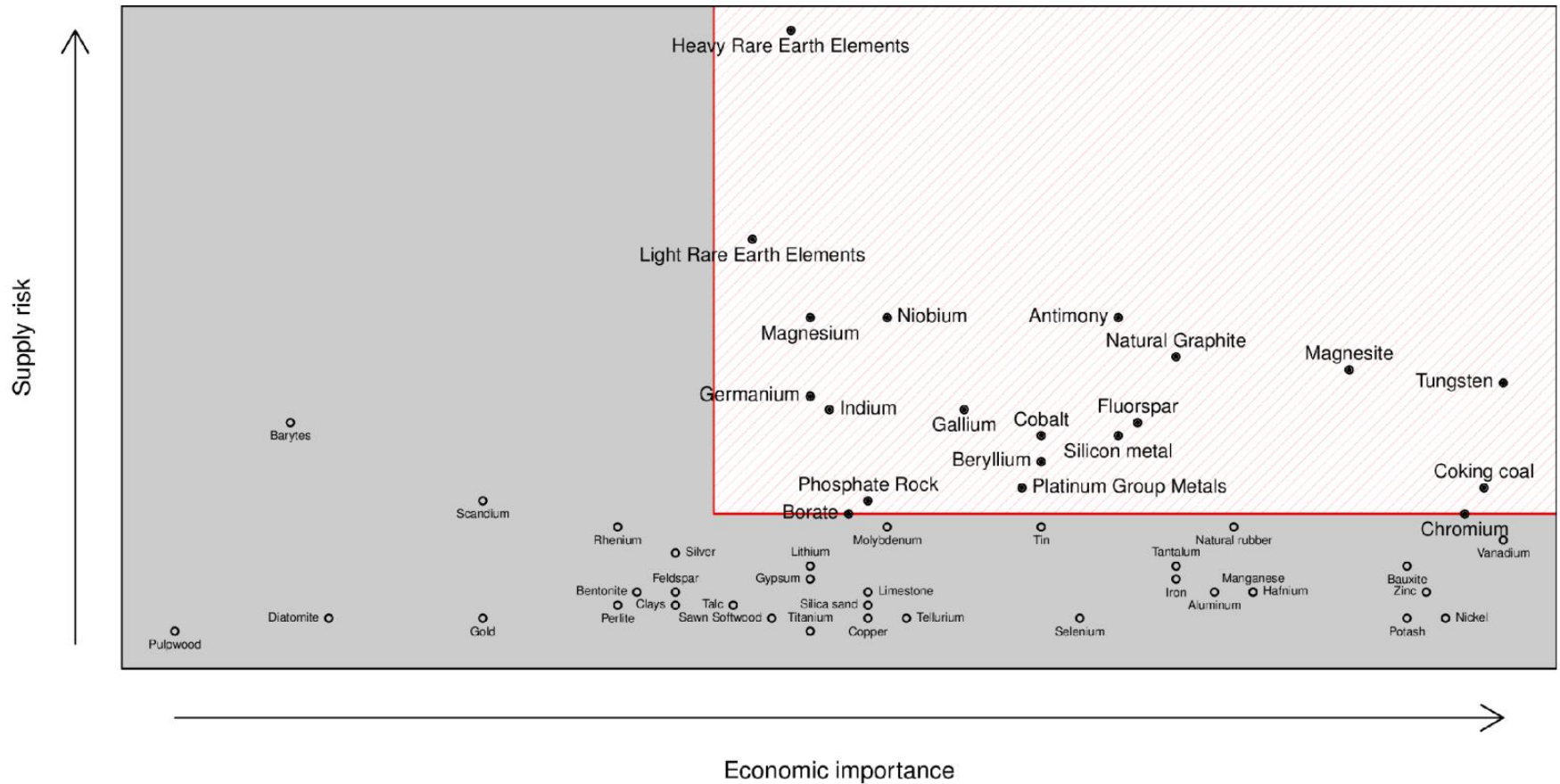
„Klassischer“ Ansatz der Kritikalitätsbewertung:



- **Wirtschaftliche Bedeutung**
 - Beitrag des Rohstoffs zum EU-BIP
 - → Wirtschaftliches Risiko eines Versorgungsausfalls
- **Versorgungsrisiko**
 - World Governance Indicators (WGI) gewichtet anhand relativer Fördermengen abzüglich Substitutions- und Recyclingpotenzialen
 - geopolitisches Risiko

Quelle: Sievers 2012

Kritische Rohstoffe auf Basis EU-Ansatz



Quelle: EC 2014

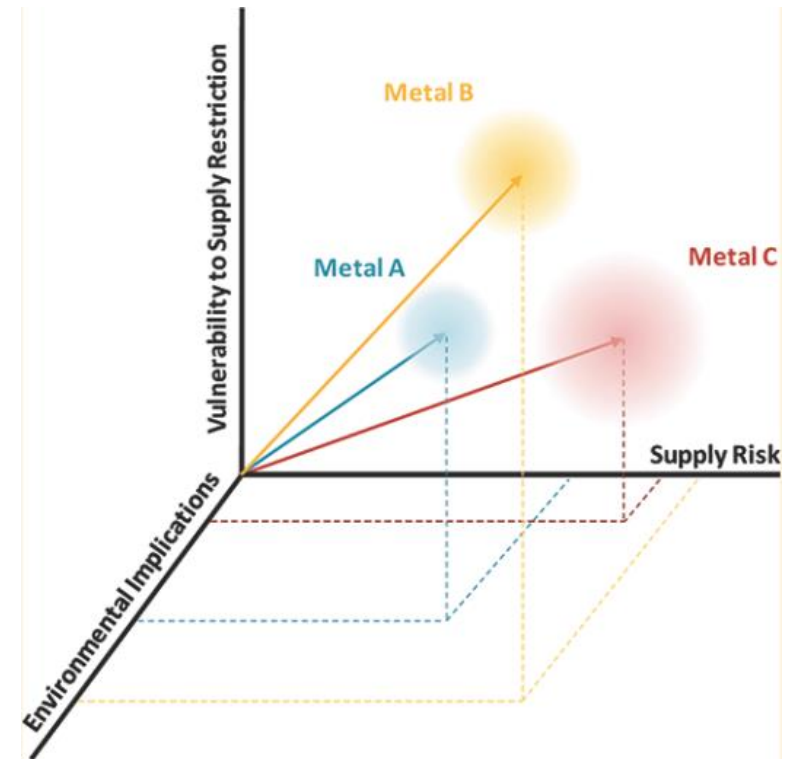
Von einer rein materialbezogenen Bewertung... ... zur Integration von Umwelteffekten



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Graedel et al. (2012)

- Integration von Umweltwirkungen:
Einbeziehung von Umweltwirkungs-
kategorien auf Basis des Life Cycle
Assessment
- Gleichgewichtete Bewertung mit
Versorgungsrisiko und Vulnerabilität



Graedel et al. 2012

Von einer rein materialbezogenen Bewertung... ... zu einer regionalisierten Betrachtung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Gemechu, Sonnemann et al. (2015)

- regionalisierte Wirkungsabschätzung der Materialkritikalität
- Regionalisierung wird durch einen Perspektivwechsel (von global zu länderspezifisch) umgesetzt)
- länderspezifische Importquoten als Gewichtungskriterien für Indikatoren, die Materialkritikalität ausdrücken



Europäische Kommission

 **Fraunhofer**
ISC

PROJEKTGRUPPE IWKS

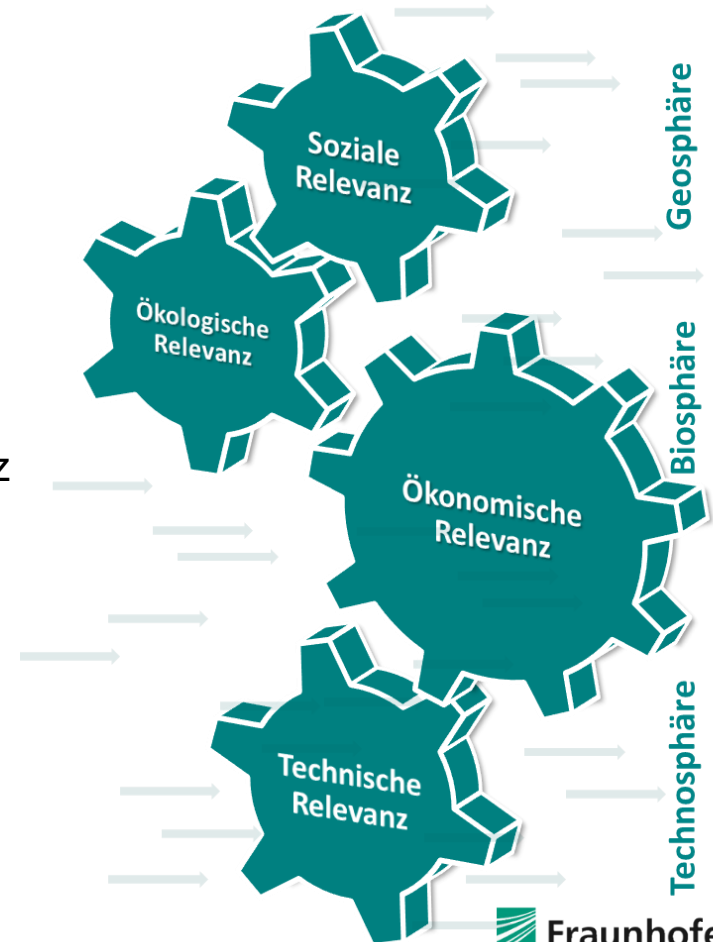
Kritikalität als Multi-Kriterien-Ansatz



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Bedeutung
von
Kritikalität

- Ökotoxologie
- Dissipationsfähigkeit
- Stoffkreislauffähigkeit
- Kontrollierbarkeit
- Bioaktivität
- Ressourcenverfügbarkeit
- Gesellschaftliche Akzeptanz
- Reintegrierbarkeit
- Effiziente Produktion
- Zukunftsfähigkeit
- CSR

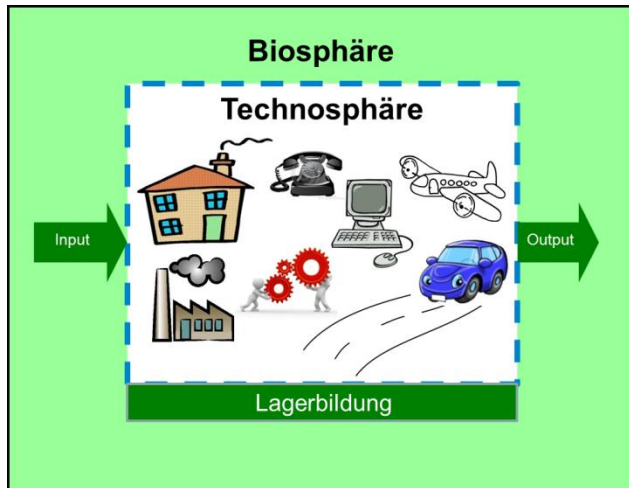


Quelle: Reller, Lehrstuhl für Ressourcenstrategie / Universität Augsburg

Fraunhofer
ISC

PROJEKTGRUPPE IWKS

Was wir wissen sollten: Forschungsfragen und -methoden



„Wo sind die Stoffe?“

„Wo sind die Stoffe?“ „Prospektion“ des anthropogenen Lagers

„Urban Mining“:

- strategischer Ansatz des Stoffstrommanagements,
- reicht vom Aufsuchen (Prospektion), der Erkundung (Exploration), der Erschließung und der Ausbeutung anthropogener Lagerstätten bis zur Aufbereitung der gewonnenen Sekundärrohstoffe.



<http://ruhrgebiet.bme.de/veranstaltungen/369>

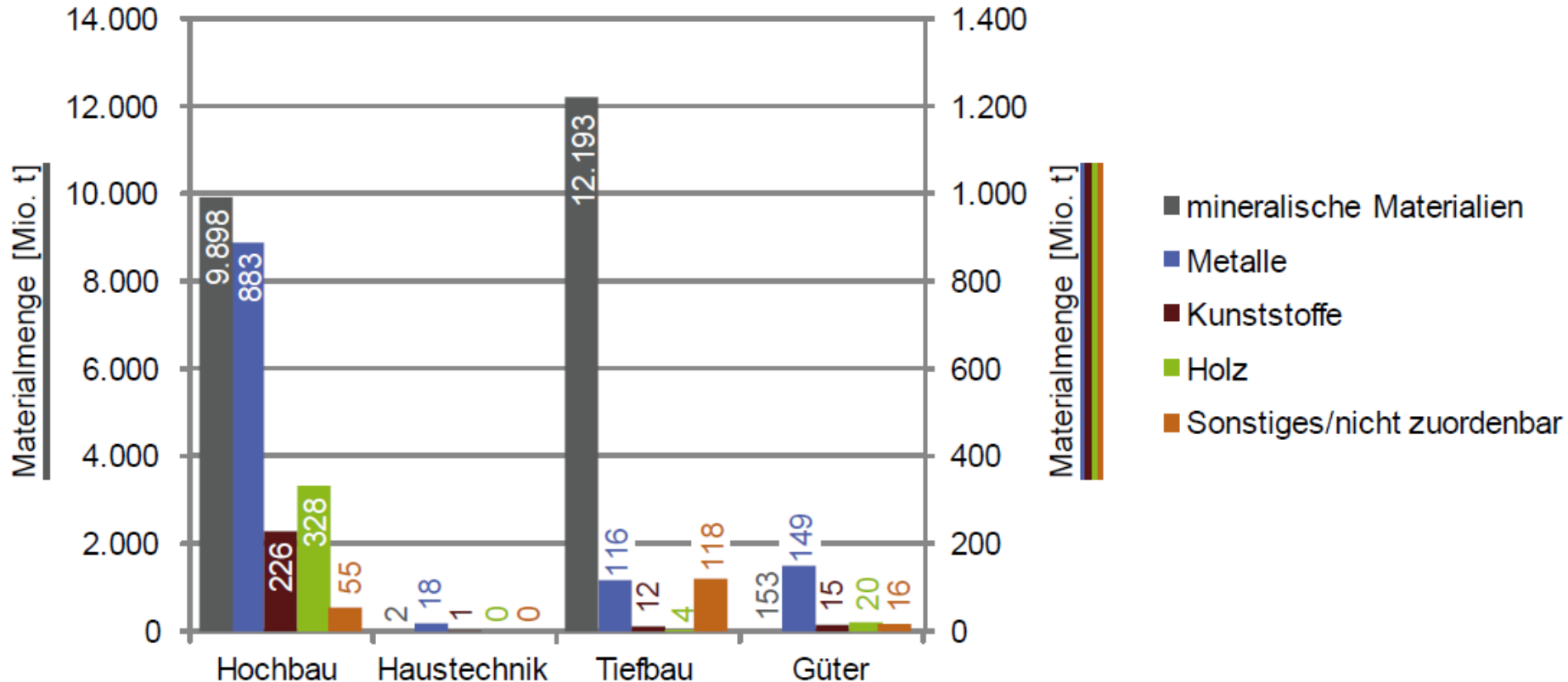


Untersuchung des Gesamtbestands an langlebigen Gütern, um möglichst früh künftige Stoffströme prognostizieren zu können und bestmögliche Verwertungswege abzuleiten

Quelle: Umweltbundesamt

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/abfallwirtschaft/urban-mining#textpart-2>

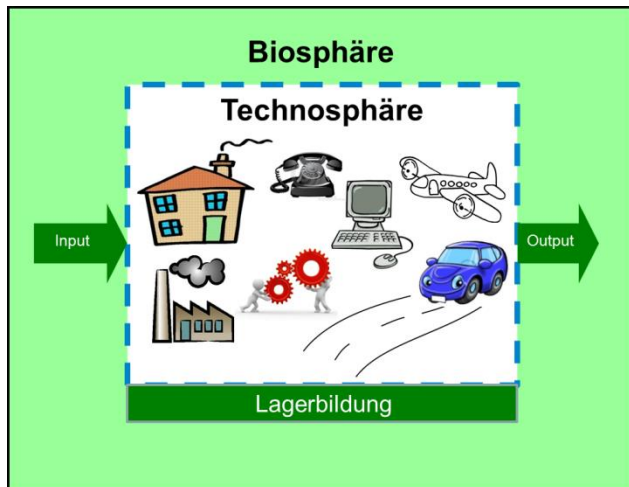
Beispiel: Das anthropogene Lager in Deutschland



Quelle: Schiller et al. 2015

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_83_2015_kartierung_des_anthropogenen_lagers.pdf

Was wir über Stoffströme wissen sollten:



„Wo sind die Stoffe?“

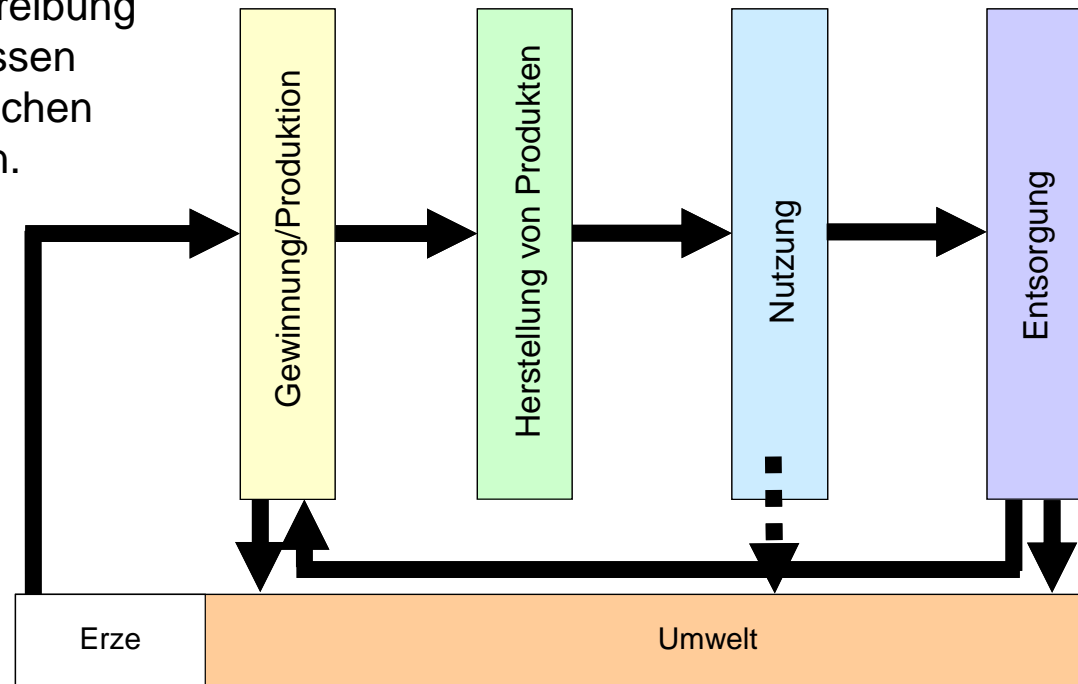
„Wodurch werden Stoffflüsse gesteuert?“

„Wodurch werden Stoffflüsse gesteuert?“ Stoffstromanalyse

Stoffstromanalyse/Materialflussanalyse (Material Flow Analysis):

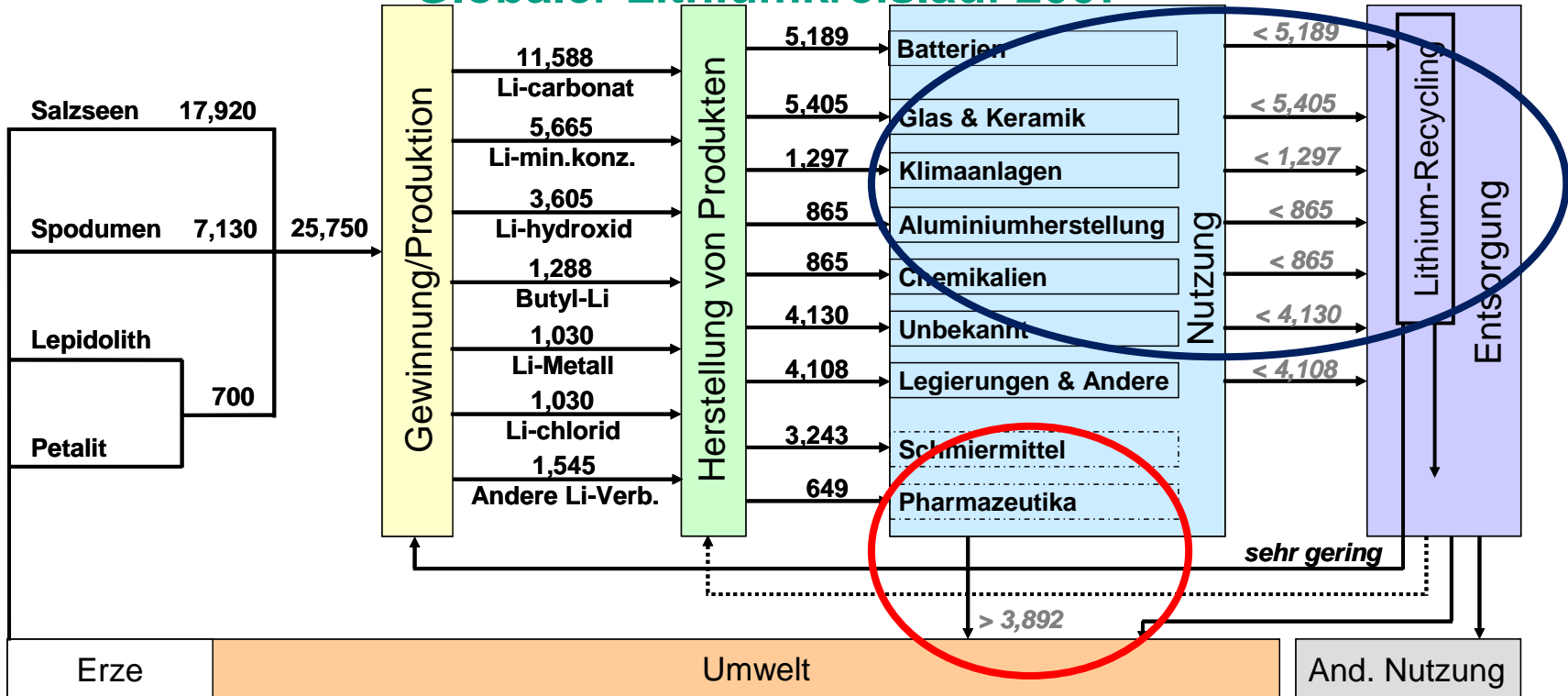
Methode zur Erfassung, Beschreibung und Bewertung von Materialflüssen und –lagern innerhalb von zeitlichen und räumlichen Systemgrenzen.

(Baccini und Bader 1996;
Brunner und Rechberger 2004)



Beispiel: Globale Stoffflüsse von Lithium

Globaler Lithiumkreislauf 2007

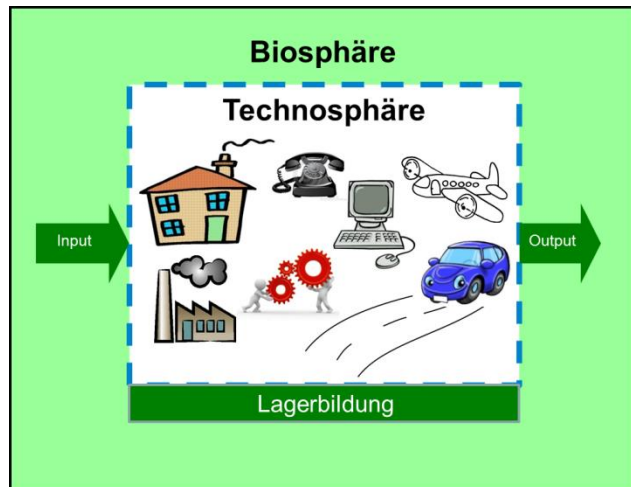


(Datenquellen: RMG 2009, Miller 2008, USGS 2008)

→ Lithiumstoffströme in Tonnen Lithiumgehalt pro Jahr dissipative Anwendungen Annahmen

Nach: Ziemann, S.; Weil, M.; Schebek, L.; Tracing the fate of lithium – the development of a material flow model.; Zeitschriftenbeitrag; Resources, Conservation and Recycling 63 (2012), pp 26 - 34

Was wir über Stoffströme wissen sollten:



„Wo sind die Stoffe?“

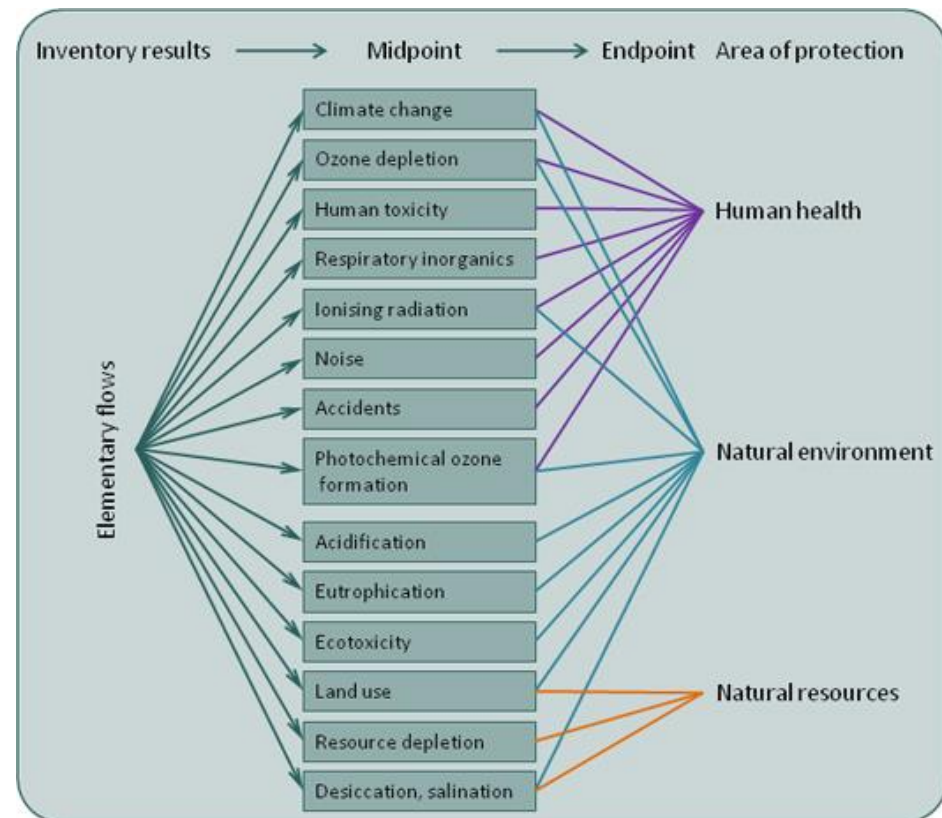
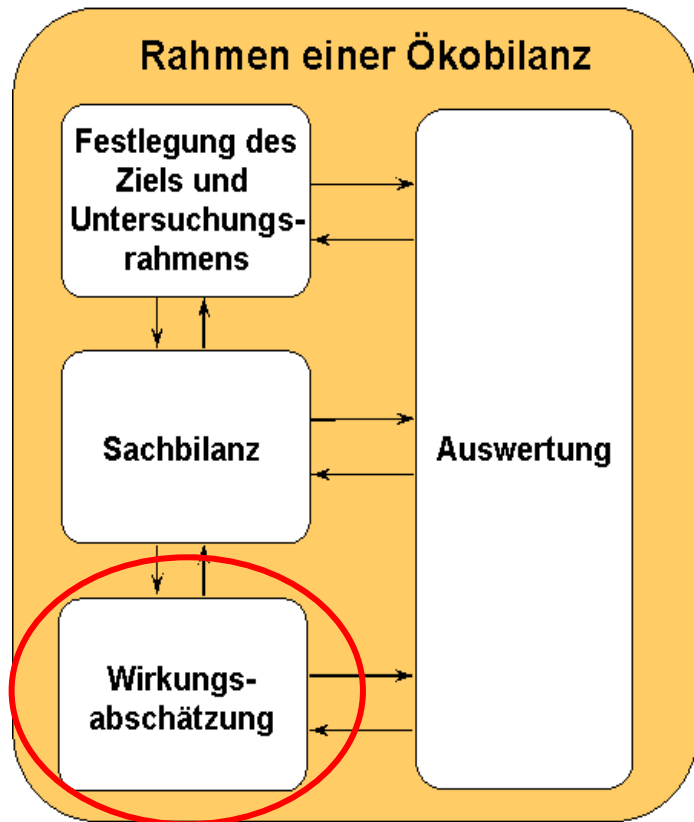
„Wodurch werden Stoffflüsse gesteuert?“

„Welche Effekte haben Stoffflüsse
auf die (natürliche) Umwelt?“

„Welche Effekte haben Stoffflüsse auf die (natürliche) Umwelt?“ Ökobilanz/Life Cycle Assessment



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



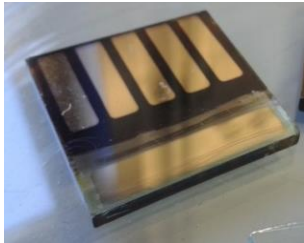
Source: http://epca.jrc.ec.europa.eu/?page_id=43

Fraunhofer
ISC

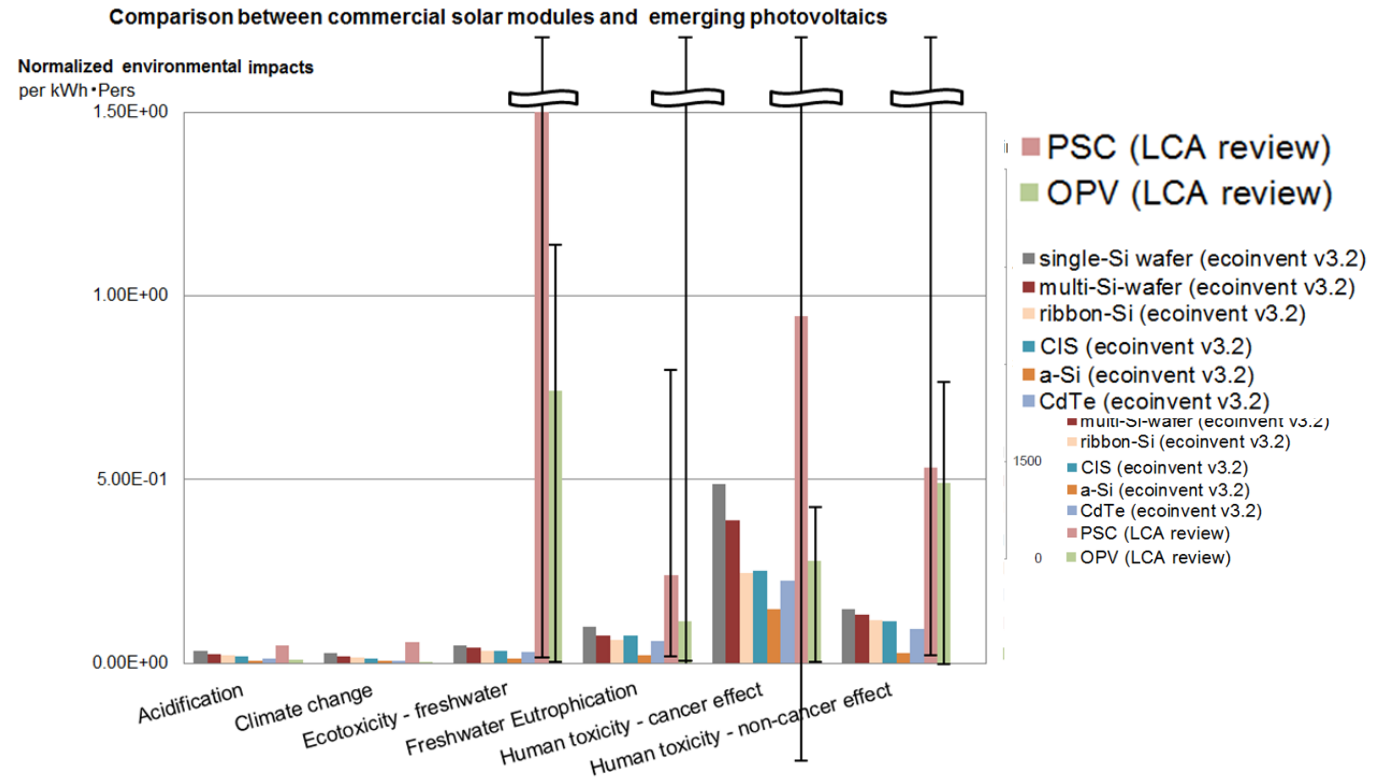
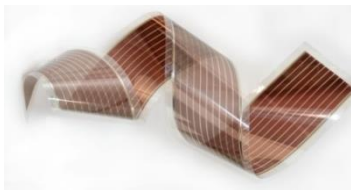
PROJEKTGRUPPE IWKS

Beispiel: LCA neuer Photovoltaik-Materialien

Perowskit Solarzellen



Organische Photovoltaik (OPV)



S. Weyand, L. Schebek:

Emerging photovoltaic technologies: Life Cycle Assessment of Organic Photovoltaics and Perovskite Solar Cells

Platform Presentation, EcoBalance 2016, October 3-6, Kyoto, Japan

Source: mawi.tu-darmstadt.de/of (top left),
images.nrel.gov (bottom left),

***Rohstoffe** sind sowohl aus ökonomischen Gründen als auch wegen der begrenzten Tragfähigkeit der Umwelt für die Aufnahme von Stoffen aus der Technosphäre „**knappe Güter**“, die gerecht verteilt werden müssen.*

➤ **Verringerung der Stoffflüsse:**

- „Dematerialisierung“, „Decoupling“, Erhöhung der Ressourceneffizienz
- Nutzung von Sekundärrohstoffen und Wertstoffkreisläufe
- Substitution kritischer Rohstoffe

➤ **Verringerung des Eintrags/der Wirkungen auf die Umwelt**

- Vereinbarung von Schutzzielen und Schutzmechanismen
- Etablierung von Kontrollmöglichkeiten und Herkunftsnachweisen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Danke für die Aufmerksamkeit!



Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek

Technische Universität Darmstadt

Institut **IWAR**

Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft

E-mail: l.schebek@iwar.tu-darmstadt.de

Web: www.iwar.tu-darmstadt.de/sur

 **Fraunhofer**
ISC

PROJEKTGRUPPE IWKS

