
Rückführung strategischer Metalle

Schließen von Stoffkreisläufen durch Recycling

Max Marwede

5. Ökobilanz-Werkstatt
Freising, 6. Oktober 2009

Gliederung

1. Motivation und Definition
2. Ziel
3. Ergebnisse
4. Vorgehen
5. Offene Fragen

1. Definition und Motivation

Strategische Metalle

Eigenschaften

- Funktionsmaterialien für Effizienz- oder Hochtechnologien
- schwer substituierbar

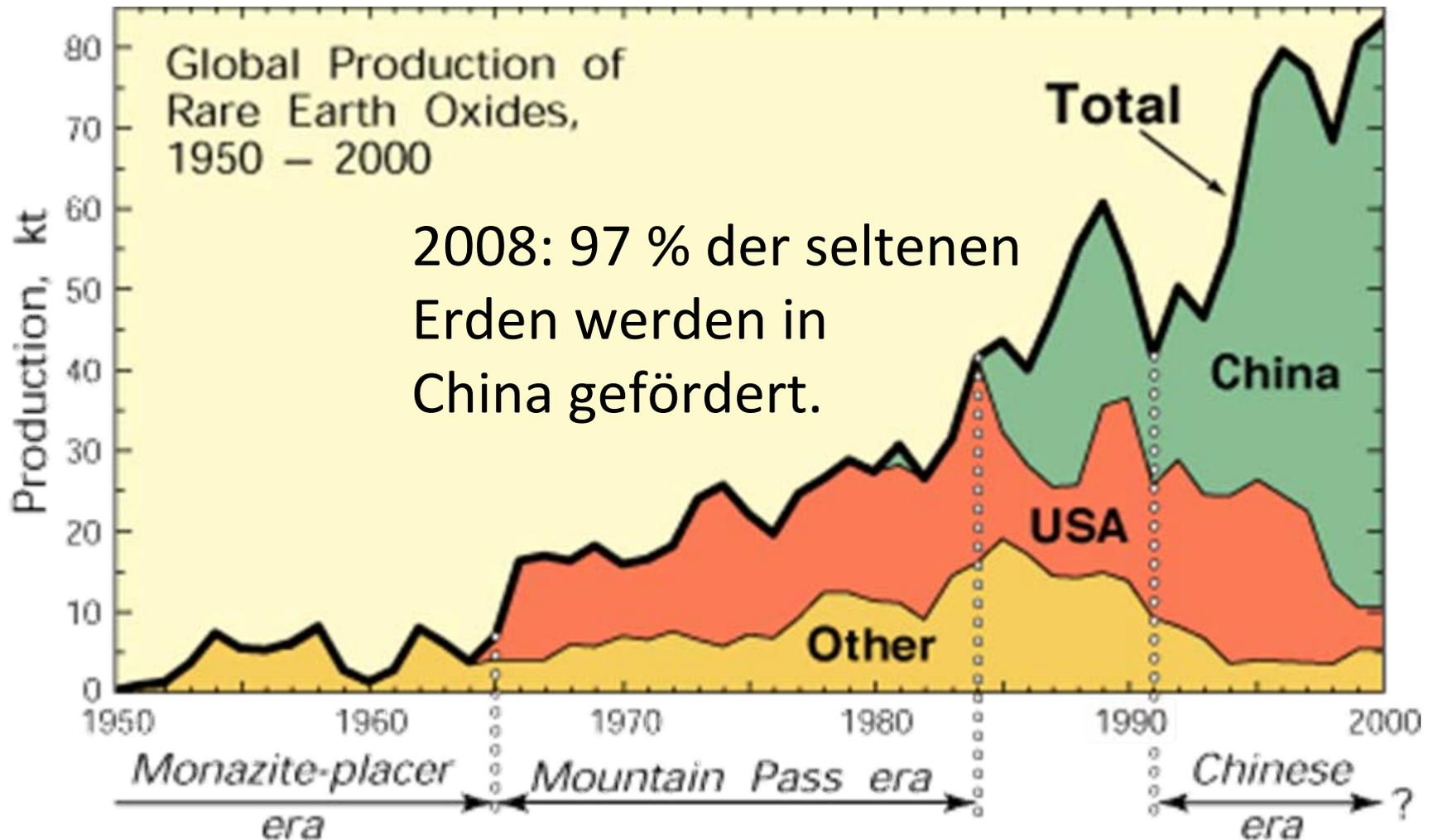
Verfügbarkeit

- geologische Verfügbarkeit begrenzt
- Konzentration der Förderstätten oder Bergbauunternehmen
- Kuppelprodukte (z.B. Indium in Zinkminen)
- Nachfrageüberhang (lead time)
- Konkurrenz unterschiedlicher Technologien um den gleichen Rohstoff (z.B. ITO in Displays und PV)

➔ **Preisvolatilität, Importabhängigkeiten**

1. Motivation

Konzentration der Förderländer



1. Motivation

Nachfrageüberhang

Rohstoffanteil der Technologien 2006 an Weltproduktion 2006		Rohstoffbedarf Technologien 2030 - als Anteil an der Weltproduktion 2006	
Gallium	31 %	663 %	Dünnschicht Photovoltaik, IC, WLED
Neodym	59 %	479 %	Permanentmagnete, Traktionsmotoren, Laser
Indium	40 %	329 %	Displays, Dünnschicht Photovoltaik, WLED
Scandium	gering	228 %	Solid Oxid Fuel Cell (SOFC)
Germanium	22 %	176 %	Glasfaserkabel
Platin	gering	156 %	Brennstoffzellen, Farbstoffsolarzellen
Tantal	39 %	101 %	Mikrokondensatoren
Silber	26 %	78 %	RFID, Bleifreie Lote, Mikrokondensatoren, Nanosilber, CSP
Zinn	62 %	77 %	Bleifreie Weichlote, Mikrokondensatoren, Farbstoffsolarzellen
Kobalt	19 %	40 %	Lithium-Ionen-Akku, GtL, CtL, BtL, Orthopädische Implantate
Palladium	10 %	34 %	Meerwasserentsalzung, Mikrokondensatoren
Titan	8 %	29 %	Meerwasserentsalzung, Implantate, Mikrokondensatoren
Kupfer	9 %	26 %	Elektromotoren, RFID, Supraleitung, Bleifreie Weichlote

2. Ziel

- Modell für quantitative Szenarien zum Bedarf und Rohstoffverfügbarkeit strategischer Metalle für Effizienztechnologien
- Bewertung von Optionen zur Verbesserung der Verfügbarkeit durch das Recycling
- Qualitative Beschreibung der Rahmenbedingungen und Handlungsmöglichkeiten

3. Ergebnisse

Modell für Szenarien zu

- Materialbedarfen
- Sekundärmaterialströmen

Analyse von

- Rücknahme- und Logistiksystemen
- Recyclingverfahren

Ableitung von

- Gestaltungsmöglichkeiten Recyclingsystem
 - F&E Maßnahmen
 - Politische Rahmenbedingungen
- ➔ Orientierung für Industrie und Politik

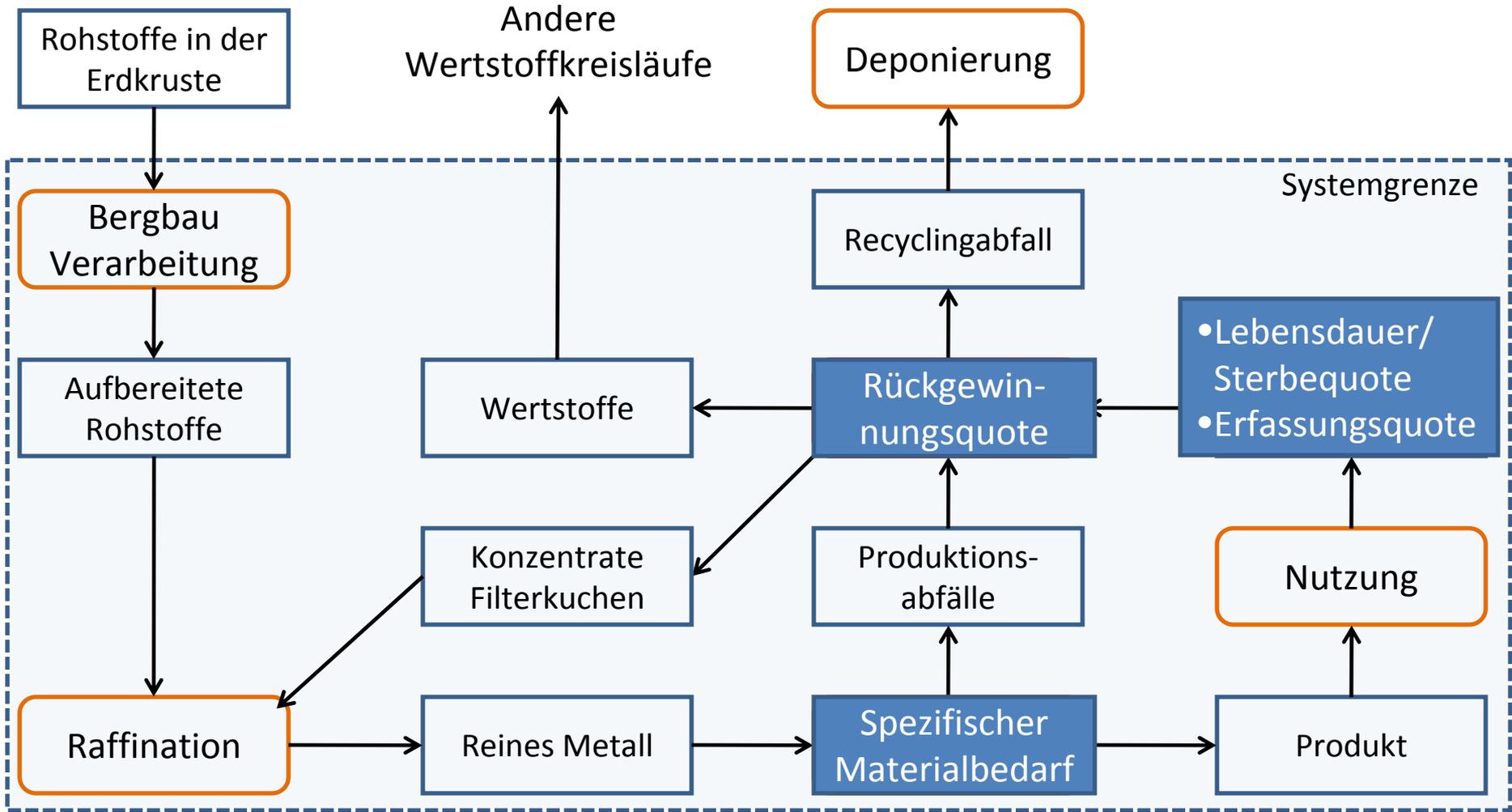
4. Vorgehen

Ebenen und Faktoren für das Modell



4. Vorgehen

Geschlossener Kreislauf strategischer Metalle



4. Vorgehen Technologien



5. Vorgehen

Auswahl der Technologien und Stoffe

System:

Stromerzeugung ➡ Speicherung ➡ Umwandlung



Dünnschicht-Photovoltaik
- In, Mo, Te, Ag ...

Lithium-Ionen-Akkus
Li, Co

Elektromotor
Nd

5. Vorgehen

Mengen und Kosten strategischer Metalle in PV

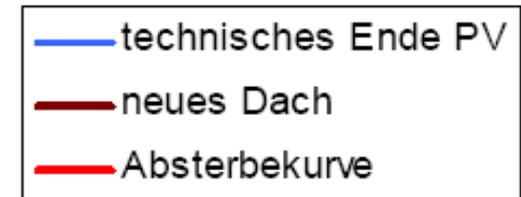
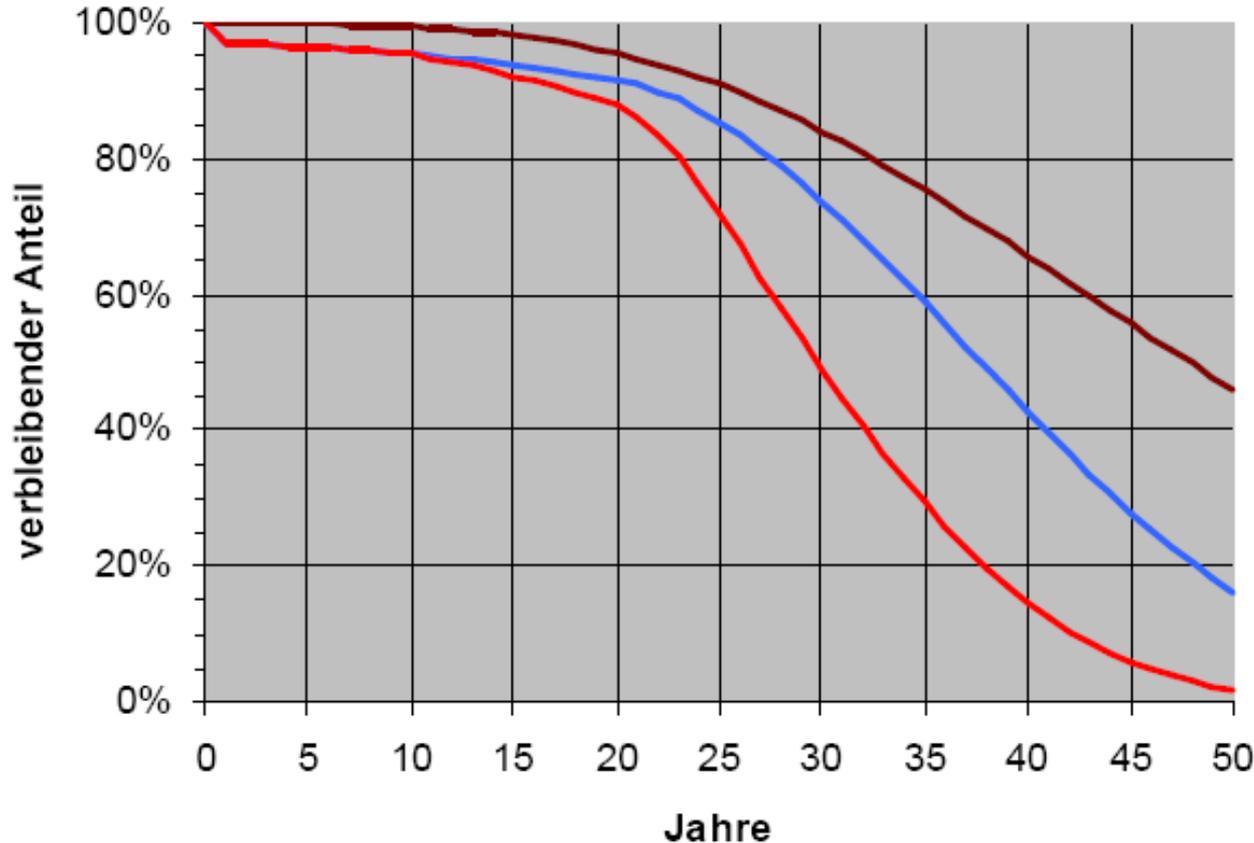
	g/m ² *µm	€/g Metall		€/m ² Schicht (1µm Dicke)	
		High purity	Low purity	High purity	Low Purity
In (in CIS)	2,26	5	0,7	11,3	1,6
In (in ITO)	0,85	5	0,7	4,3	0,6
Mo	10,3	1	0,1	10,3	1,0
Te (in CdTe)	3,1	2,5	0,2	7,8	0,6

	ITO Dicke (µm)	CIS Dicke (µm)	CdTe Dicke (µm)	Mo Dicke (µm)	Kosten €/m ² In+Mo+Te (high purity)	Kosten €/m ² In+Mo+Te (low purity)
CIS Modul	0	3	0	1	44,2	5,8
µc Si Modul	4,5	0	0	0	19,1	2,7
CdTe Modul	1	0	5	0	43,0	3,7

5. Vorgehen

Sterbekurve Photovoltaik

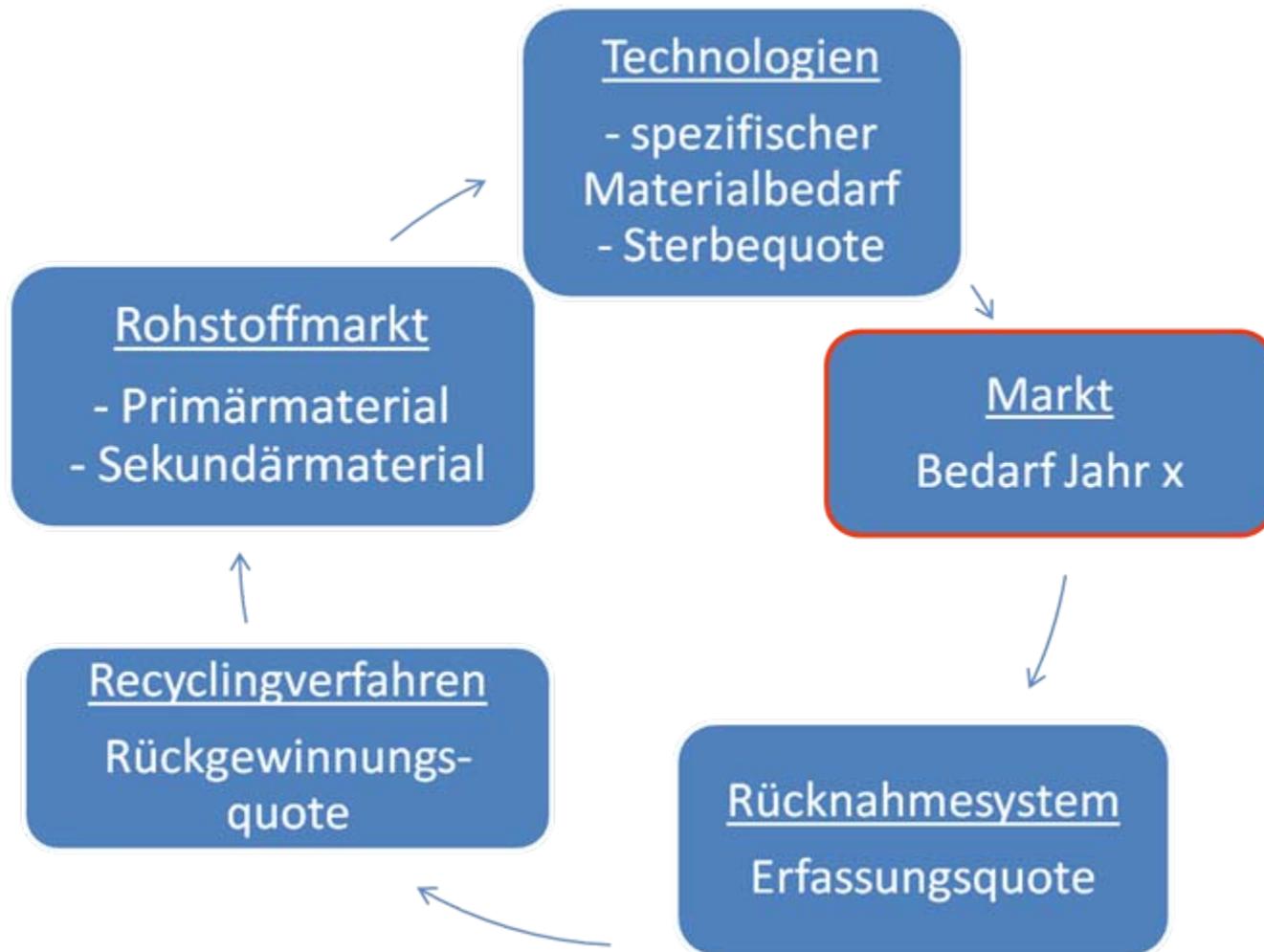
Absterbekurve für PV-Anlagen



Quelle: Ökopool

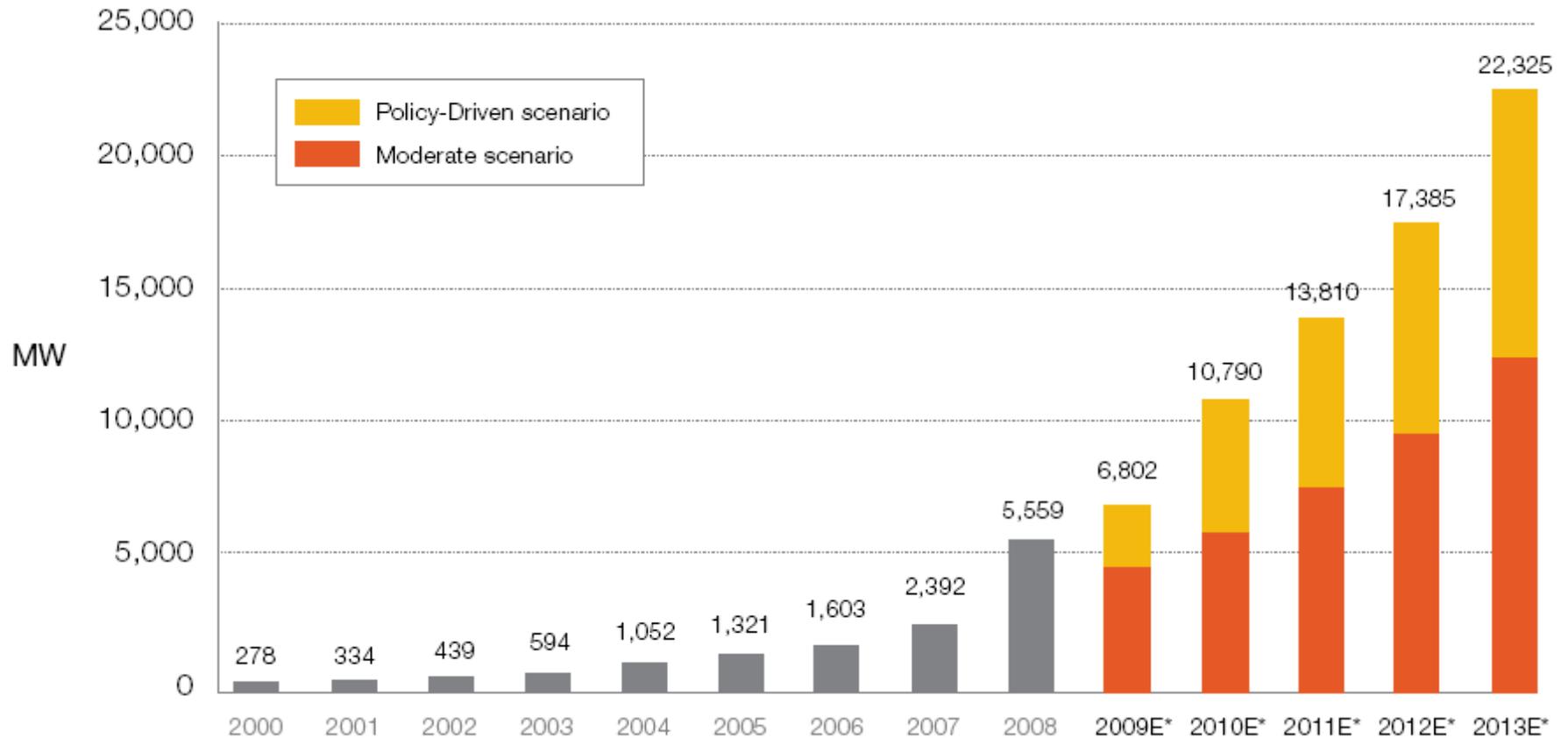
4. Vorgehen

Markt



5. Vorgehen

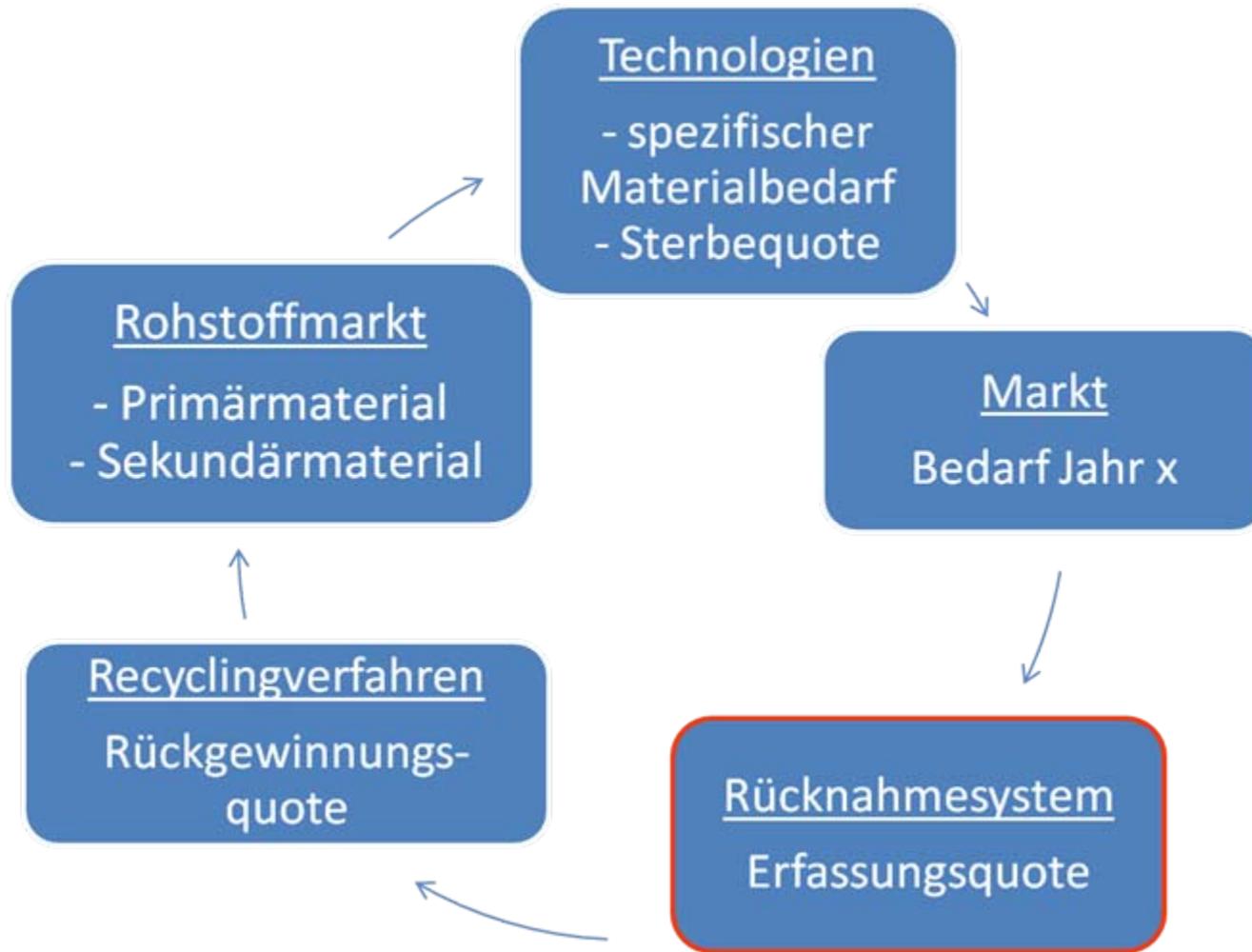
Prognose des weltweiten Photovoltaikmarktes



Quelle: EPIA

4. Vorgehen

Rücknahmesystem



5. Vorgehen

Rücknahme- und Recycling-Programm

Energieerzeugung



Ende des Lebenszyklus



Recycling



Sammlung



- **Sammelquote: 65 %** aller seit 1990 installierten Module
- **massenbasierte Recyclingquote: 85 %**

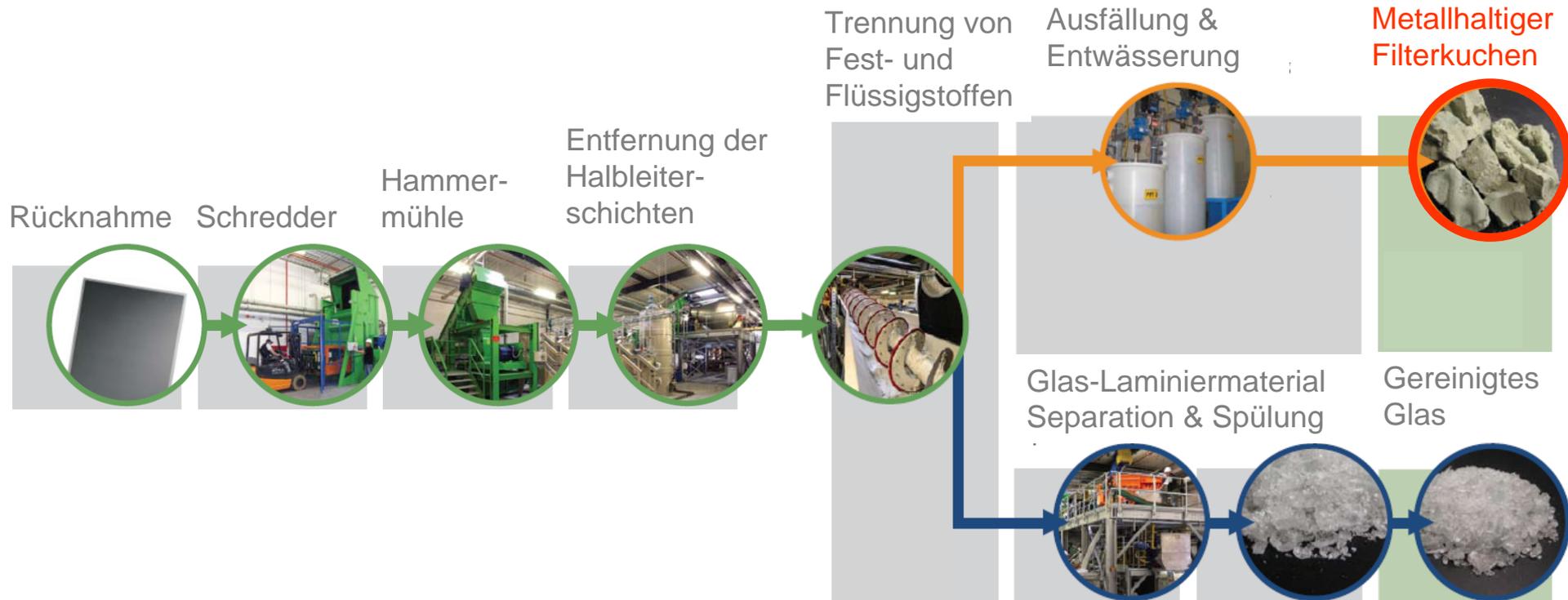
4. Vorgehen

Recyclingverfahren



5. Vorgehen

Recycling-Verfahren von First Solar



- Rückgewinnungsquote 95 % CdTe

4. Vorgehen

Rohstoffmarkt



5. Vorgehen

Tellur: Rohstoffproduktion und-bedarf

Jahr	2008	2015	2020
Produktion	38 t	?	?
Bedarf	?	?	?
Recycling	?	?	?

6. Offene Fragen

- Welches Modell (Stofffluss oder System-Dynamics)?
- Welche Faktoren?
- Euro oder Tonnen?
- Bewertung von Knappheit
(Knappheitsindices: Herfindahl-Index,
Nachfrageüberhang, Konzentration der Unternehmen
etc.)

Vielen Dank!

Max Marwede
m.marwede@izt.de
Tel. 030 803088-54

Add on



Verbindungen des Projektes zum Stiftungszweck

- Verknüpfung von Verantwortung und Vernunft: Inter- und intragenerationelle Gerechtigkeit durch Ressourcenschonung für Effizienztechnologien
- Systemanalyse
 - a) Kette von Effizienztechnologien
 - b) Schließung des Stoffkreislaufes
 - c) Rahmenbedingungen und Akteure
 - Modellierung der Einflüsse systemischer Steuerungs- und Regelungsmechanismen auf Stoffströme

Vielen Dank!

1. Motivation

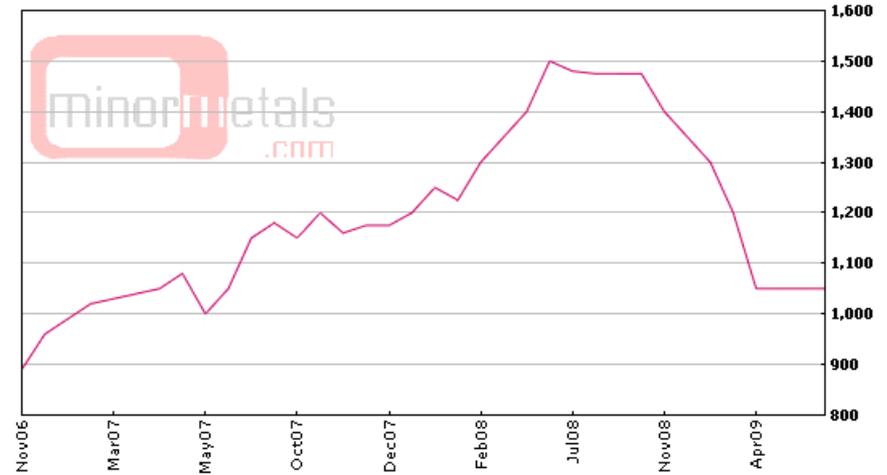
Preisvolatilität

Cobalt 99.8 (\$ per lb)



Cobalt 99.8 (\$ per lb)

Germanium (\$ per kg)

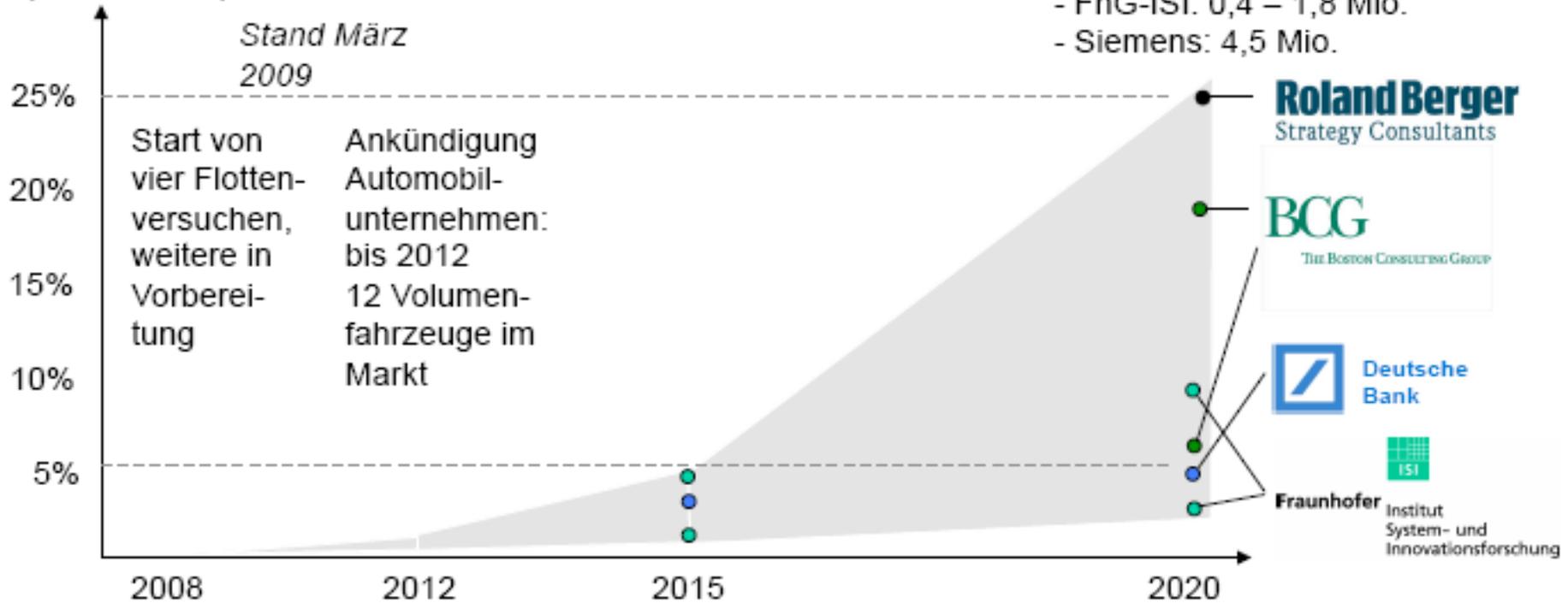


Germanium (\$ per kg)

Quelle:
www.minormetals.com

Marktprognosen Elektrofahrzeuge

Marktanteil an Neufahrzeugen (Deutschland)



Bestandprognosen

Elektrofahrzeuge 2020
(Deutschland)

- Bundesregierung: 1 Mio.
- A.T.KERNEY: 0 – 5 Mio.
- FhG-ISI: 0,4 – 1,8 Mio.
- Siemens: 4,5 Mio.

5. Vorgehen

Massenstrom und Abfallaufkommen PV

