



Stiftung
Klimaneutralität



Souveränität Deutschlands sichern

Resiliente Lieferketten für die
Transformation zur Klimaneutralität 2045

#ForumKlima

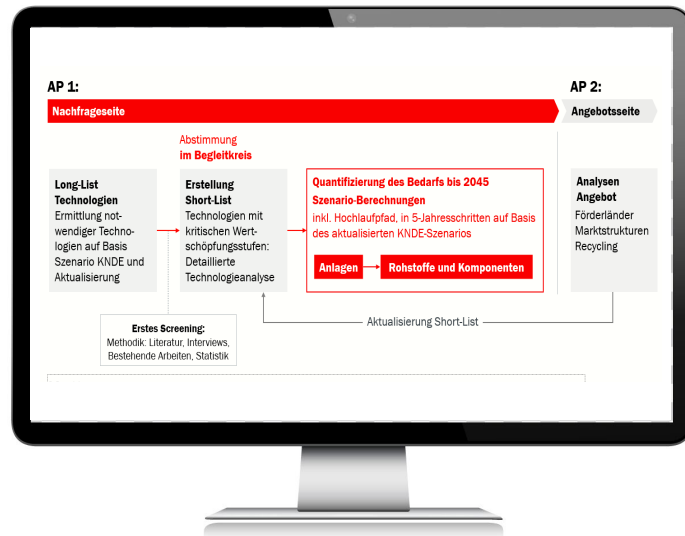
Souveränität Deutschlands sichern

Resiliente Lieferketten für die Transformation zur Klimaneutralität 2045



Nutzung wissenschaftlicher Methoden und Input aus der Praxis

Wissenschaftliche Methoden



Desk Research **Datenanalyse**
Modellierung Datenvalidierung

Diskussion der Ergebnisse

Begleitkreis

- Auswärtiges Amt
- Agora Energiewende, Agora Industrie
- Agora Verkehrswende
- BDEW
- BMWK
- Bundeskanzleramt
- Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI)
- Bundesverband Erneuerbare Energie (BEE)
- Deutsche Rohstoffagentur (DERA)
- Deutsche Umwelthilfe (DUH)
- European Climate Foundation (ECF)
- Stiftung KlimaWirtschaft
- Umweltbundesamt
- Verband der Chemischen Industrie (VCI)
- WWF Deutschland.

Fachworkshops

mit Industrie, Politik und NGOs



Erneuerbare Energien



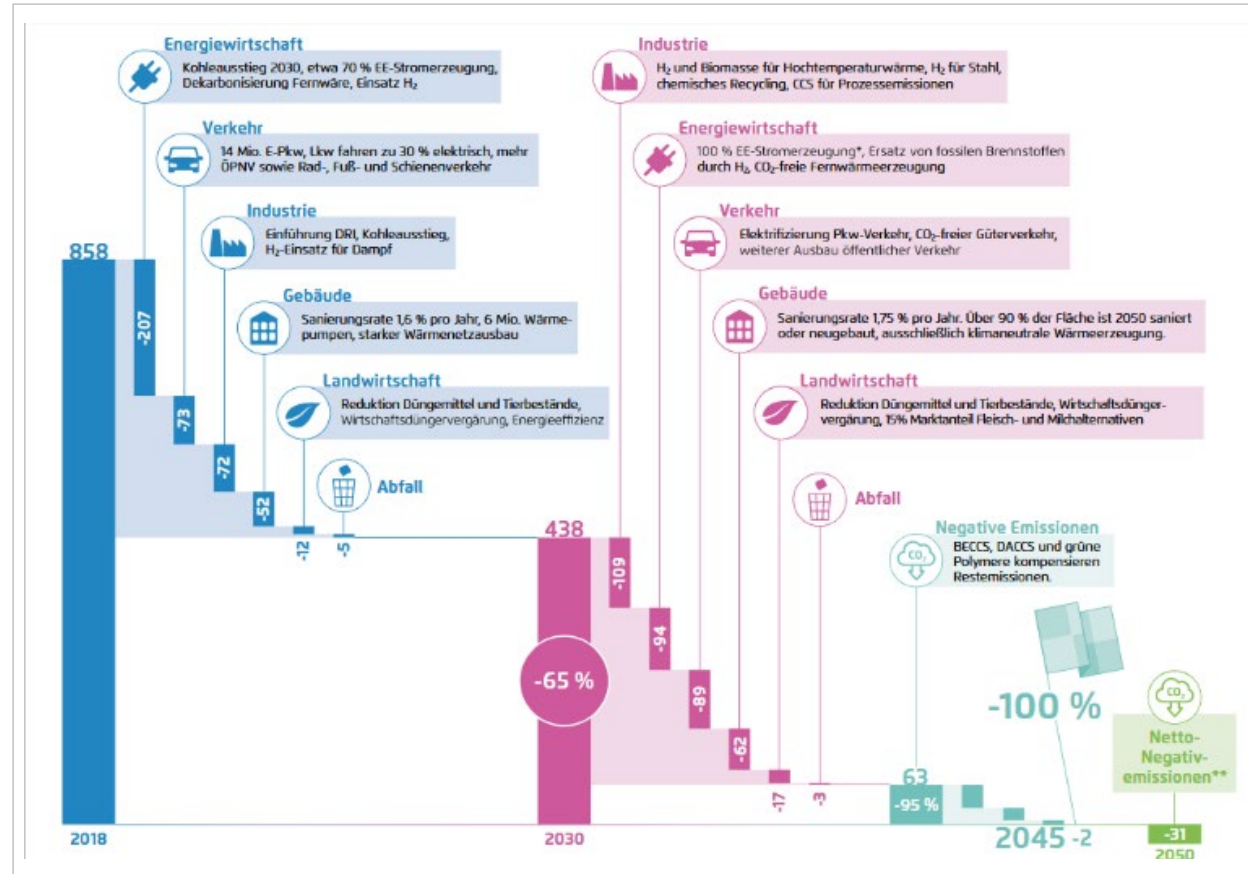
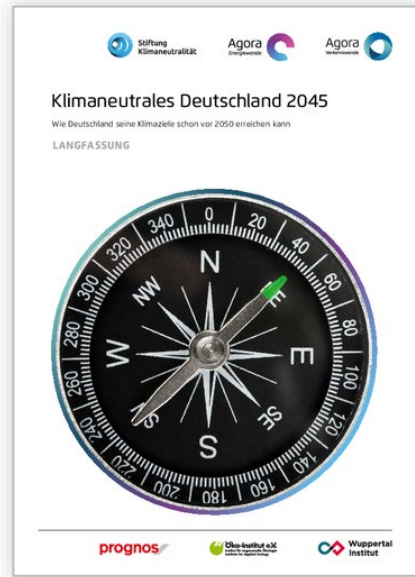
Automotive



Stahl

Grundlagenstudie „Klimaneutrales Deutschland 2045“

Grundlage für diese Studie: Klimaneutrales Deutschland 2045 (2021)



Fokussierte Updates

- Schnellerer Ausbau Solar und Wind
- 15 Mio. E-Pkw in 2030
- 6 Mio. Wärmepumpen

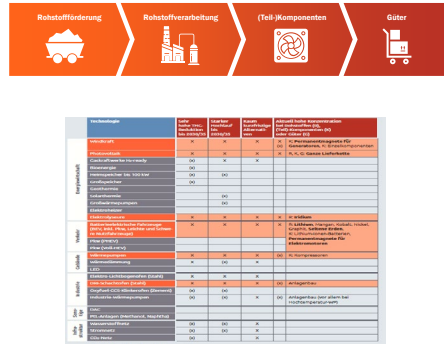
Wie sind wir vorgegangen?

1 Schlüssel-technologien



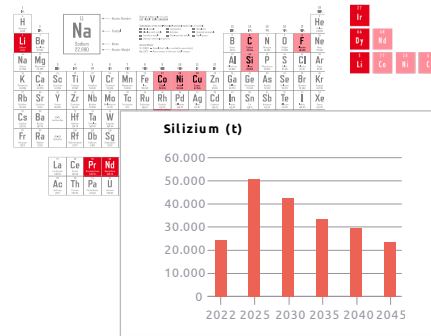
Identifikation von Schlüssel-Technologien für Transformation

2 Kritische Lieferketten



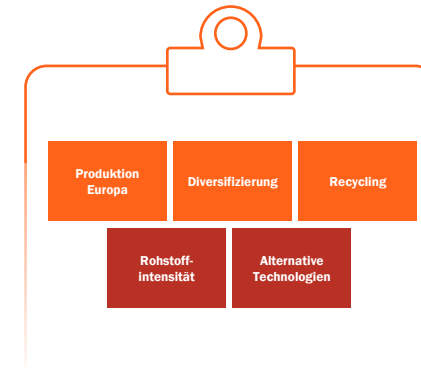
Analyse der kritischen Elemente entlang der gesamten Lieferketten der Schlüssel-technologien

3 Quantifizierung Rohstoffe



Quantifizierung der kritischsten Rohstoffe

4 Maßnahmen



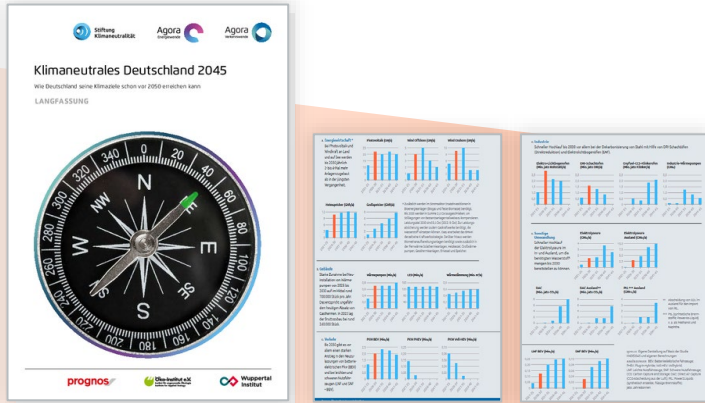
Strategien und konkrete Maßnahmen

5 Politische Empfehlungen



Politische Empfehlungen

Identifikation der kritischen Transformationstechnologien



Technologie	Sehr hohe THG-Reduktion bis 2030/35	Starker Hochlauf bis 2030/35	Kaum kurzfristige Alternativen	Aktuell hohe Konzentration bei Industriellen (K) (Teilkomponenten (K)) oder Gütern (G)
Windkraft	X	X	X	X
Photovoltaik	X	X	X	X
Stromerzeugung				
Kraftwerke H ₂ -ready	00	X	X	X
Biomasse	00			
Heizspeicher bis 100 kW	00	00		
Großspeicher	00			
Caothemie				
Solarthermie		00		
Großwärmepumpen		00		
Elektroheizung				
Elektrolyseure	X	X	X	X
Elektromotoren				
Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV, PHEV, LKW und Schwere Nutzfahrzeuge)	X	X	X	X
PKW (PHEV)				
Wärmepumpen	X	X	X	X
Wärmegenerierung	X	00	X	00
LED				
Elektrolichtbogenöfen (Stahl)	X	X	X	
CO₂-Schmelzen (Stahl)	X	X	X	00
CO₂-Schmelzen (Zement)				
Industrie-Wärmepumpen	00	00	X	00
DAC				
PEL-Anlagen (Methanol, Naphtha)				
Wasserstoffnetz	00	00	X	
Stromnetz	00	00	X	
CO₂-Netz	00		X	

- **Photovoltaik**
- **Windkraft**
- **Lithium-Ionen-Batterien**
- **Permanentmagnete**
- **Elektrolyseure**
- **Wärmepumpen**
- **Grüner Stahl (DRI-Anlagen)**

Technologiebedarf bis 2045

30 Technologien

Kriterien für Priorisierung

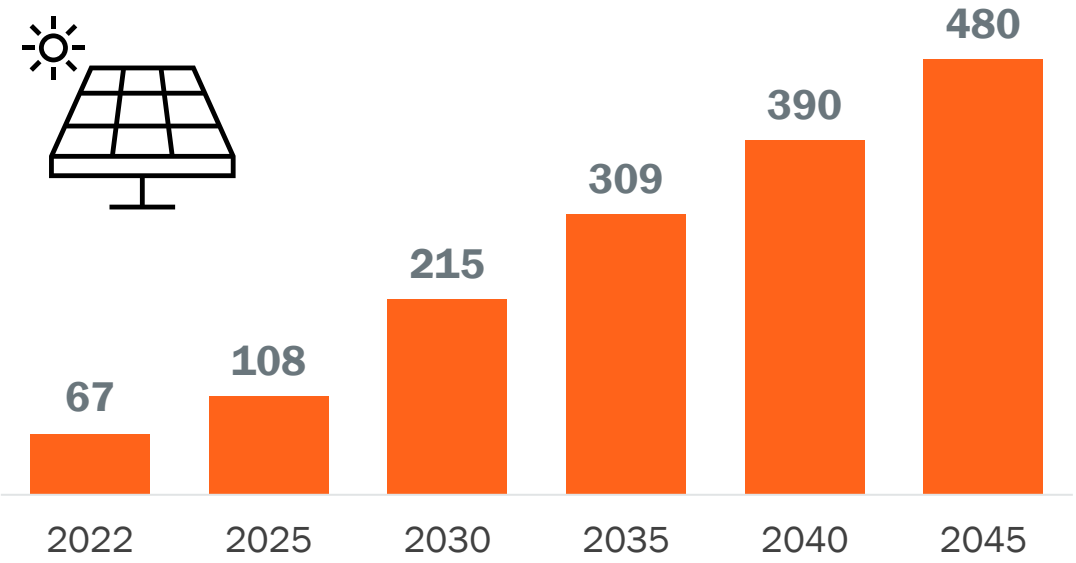
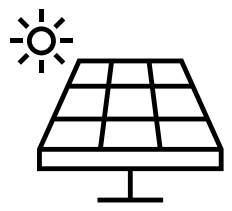
- Hohe Einsparung von Treibhausgasen
- Kaum kurzfristige Alternativen
- Starker Hochlauf bis 2030
- Hohe Angebotskonzentration

7 Schlüsseltechnologien

Voraussetzung für die **Transformation und Modernisierung** der deutschen Wirtschaft

Schneller Ausbau von Photovoltaik

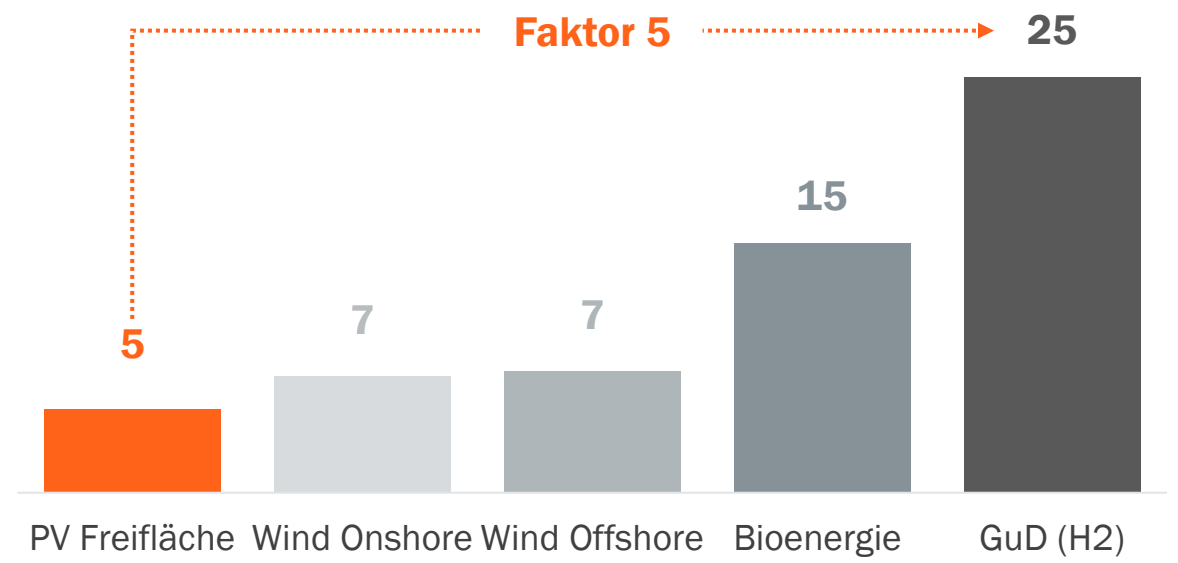
Installierte Leistung in GW in Deutschland



- Starker Hochlauf bereits ab Mitte der 2020er Jahre
- Sehr hoher Investitionsbedarf

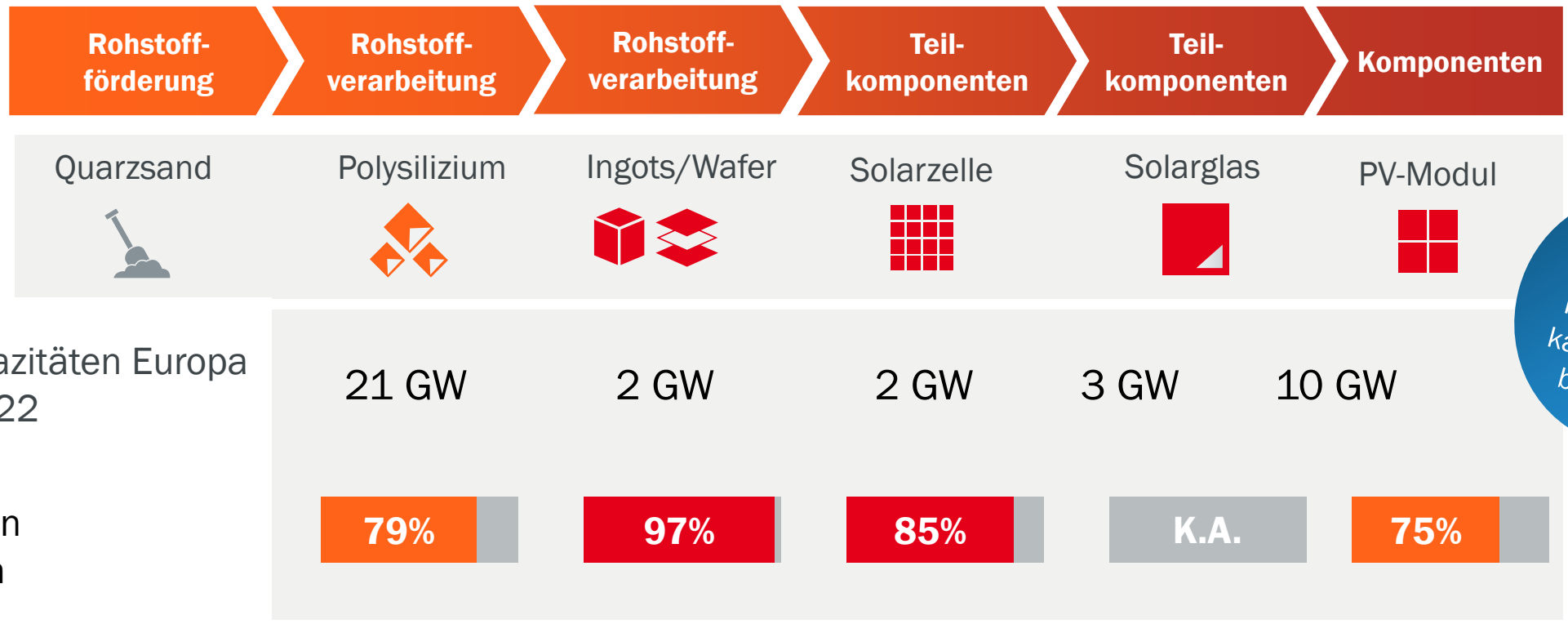
PV ist die günstigste CO₂-freie Stromerzeugung

Kosten in Cent₂₀₂₂/kWh



~30% PV-Stromerzeugung in Deutschland in 2030

Kaum Fertigungskapazitäten in Europa



EU-Ziel: 30 GW Fertigungskapazitäten bis 2025

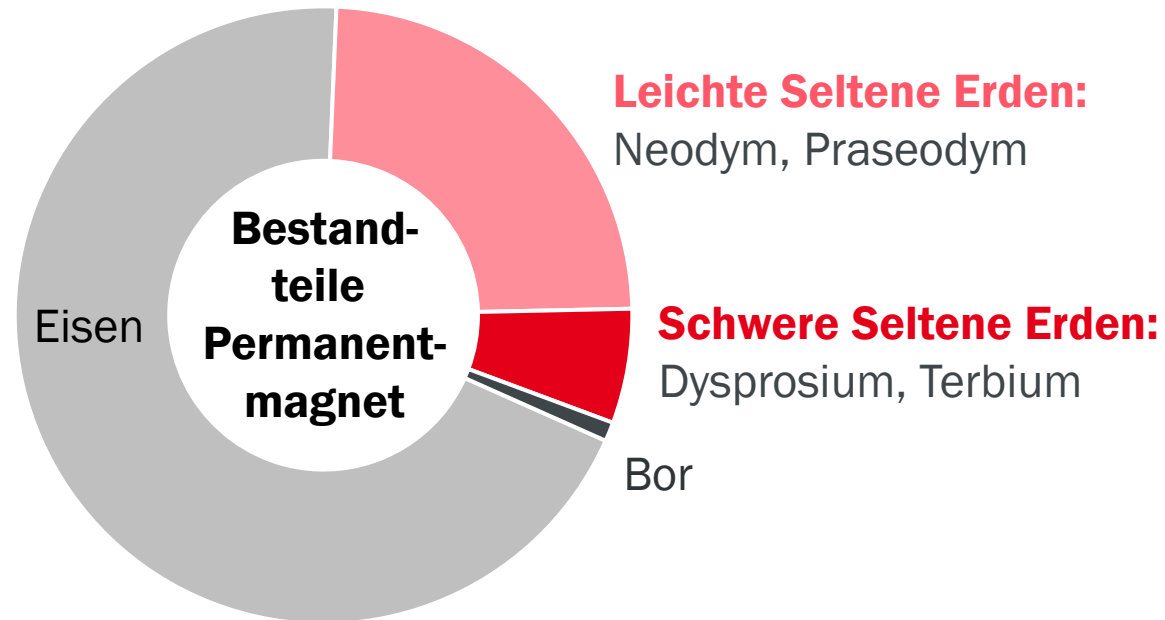
75 bis 97 % der Rohstoffe und Komponenten entfallen auf China.

Permanentmagnete für Elektromobilität und Windkraft

Permanentmagnete:

Hochleistungsmagnete, die in Generatoren und Elektromotoren eingebaut werden.

Vorteile: kompakt, hohe Leistungsdichte, höhere Effizienz



Verwendung in neuen Anlagen/Produkten:

 **95 %** Elektro Pkw

 **100 %** Elektro Lkw

 **95 %** Offshore Wind

 **25 %** Onshore Wind

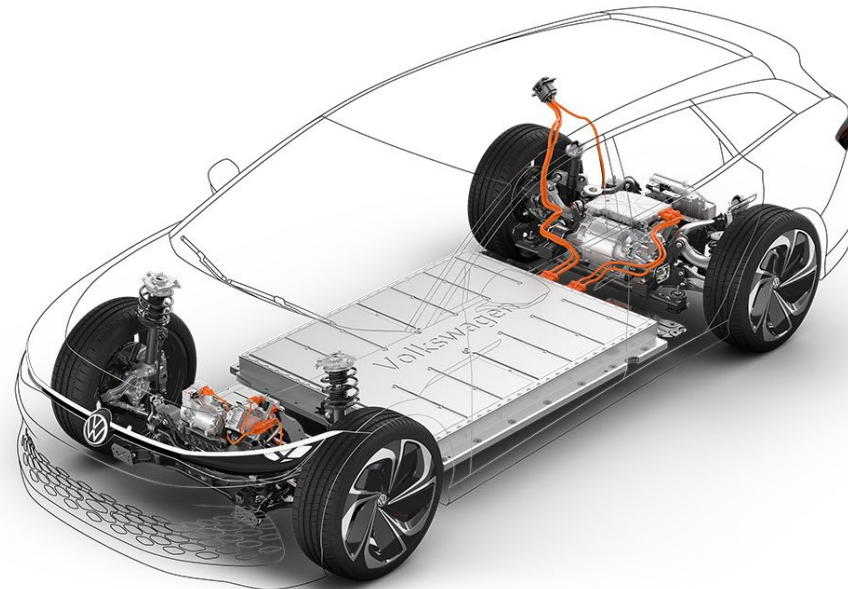
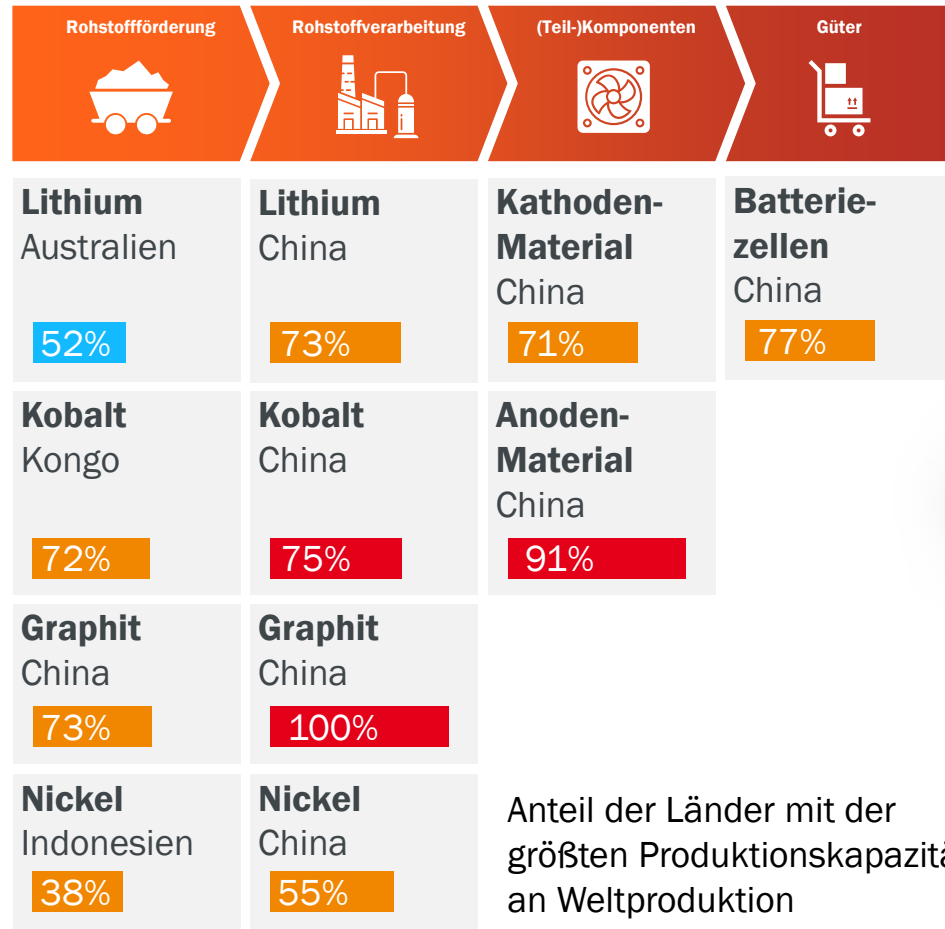
Hohe Produktionskonzentration in China auf allen Stufen der Lieferkette



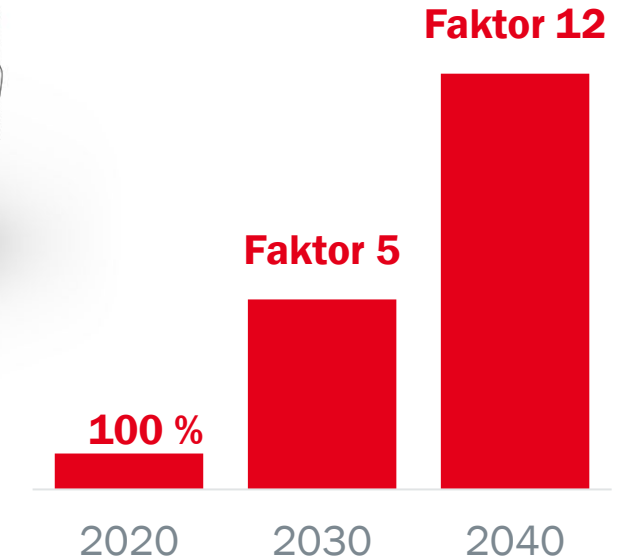
Top-3-Länder nach Produktionskapazität	Förderung Seltener Erden		Leichte Seltene Erden		Schwere Seltene Erden		Seltene Erdmetalle		Permanentmagnete		
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	
China	58%			China	87%		China	91%		China	94%
USA	14%			Malaysia	11%		Japan	7%		Japan	5%
Myanmar	12%			Indien	1%		ROW	1%		Deutschland	1%
Deutschland											1%
Restliches Europa					1%			1%			

Lithium-Ionen-Batterien für Elektromobilität

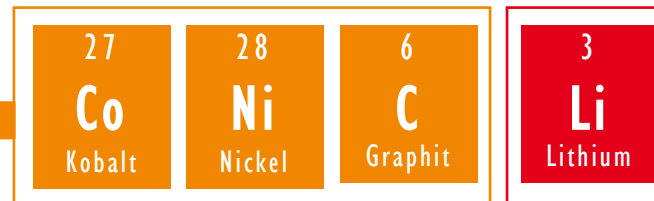
Hohe Marktmacht Chinas



Engpass Lithium: Verfünfachung der Weltnachfrage bis 2030



Anteil der Länder mit der größten Produktionskapazität an Weltproduktion



Anstieg der Nachfrage nach Lithium durch Elektromobilität im Vergleich zu 2020

Foto: Volkswagen

Iridium

77
Ir
Iridium

Sehr seltenes Metall

Vorkommen in Erdkruste:
1 : 2,5 Milliarden

8 Tonnen weltweite Förderung

Drittteuerstes Metall der Welt

Unempfindlich gegenüber Säuren



85 %

Förderung in Südafrika

Iridium ist ein Begleitmetall bei der Platinförderung

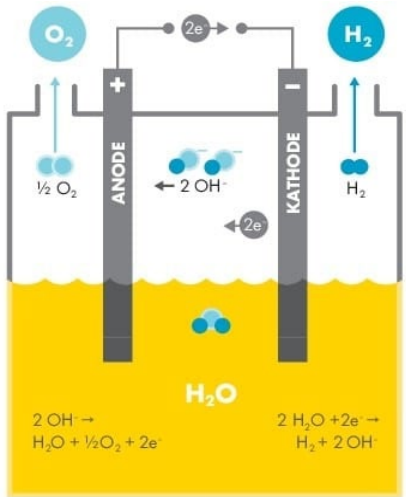
40 % des Platins werden für Auto-Kats verwendet, großes Recyclingpotenzial.

Platin- und damit Iridiumförderung wird voraussichtlich nicht gesteigert.

Elektrolyseure für grünen Wasserstoff

Technologien

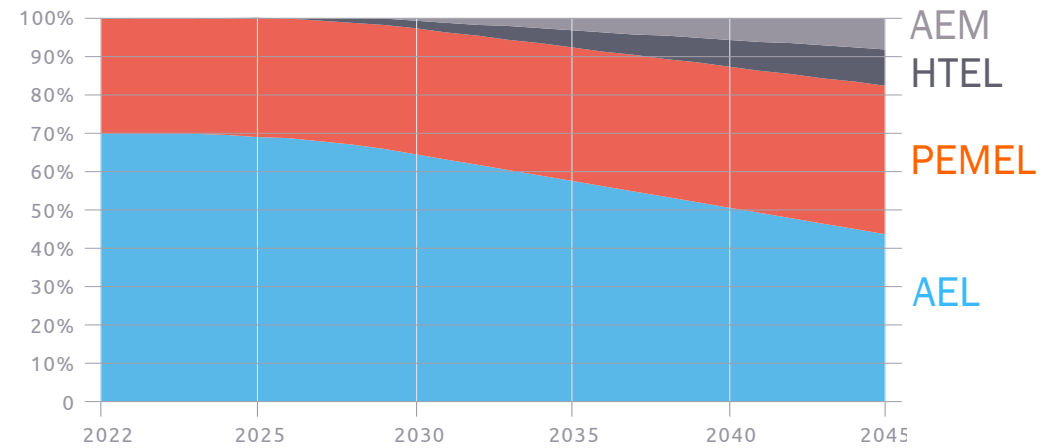
Alkalischer Elektrolyseur (AEL)	ausgereift
Protonenaustauschmembran-Elektrolyseur (PEM-Elektrolyseur)	ausgereift
Hochtemperatur-Elektrolyseur (HTEL)	Entwicklung
Anionenaustauschmembran-Elektrolyseur (AEM)	Pilotstadium



PEM-Elektrolyseure: Besonders geeignet für Stromsysteme mit hohem Anteil erneuerbarer Energien

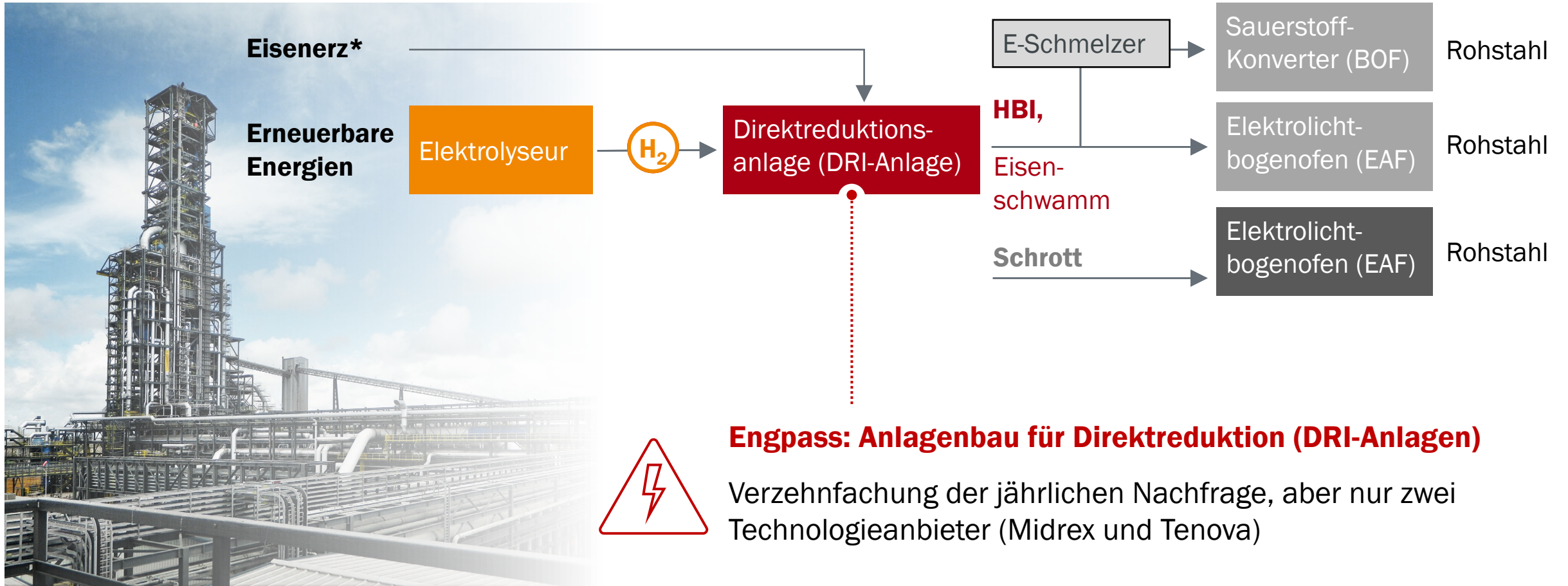
- + Hohe Flexibilität:
 - + Große Leistungsdichte
 - + Hohe Effizienz
 - + Hohe Gasreinheit
- Iridium

Marktanteil wird ansteigen



Herstellung von grünem Stahl

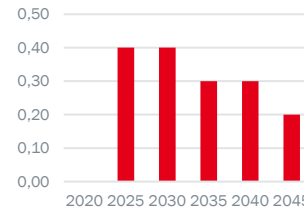
Klimaneutraler Stahl



Quantifizierung der 7 kritischsten Rohstoffe

Jährlicher Bedarf von 2020 bis 2045 für die 7 Schlüsseltechnologien

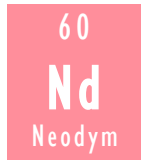
Elektrolyseure (PEM)



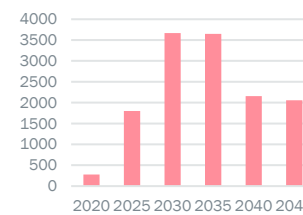
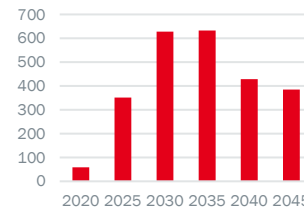
Permanentmagnete



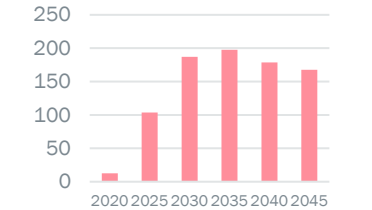
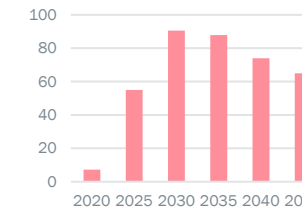
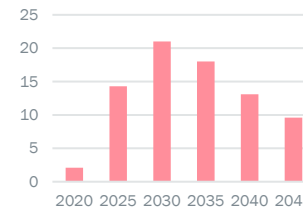
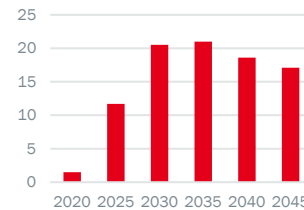
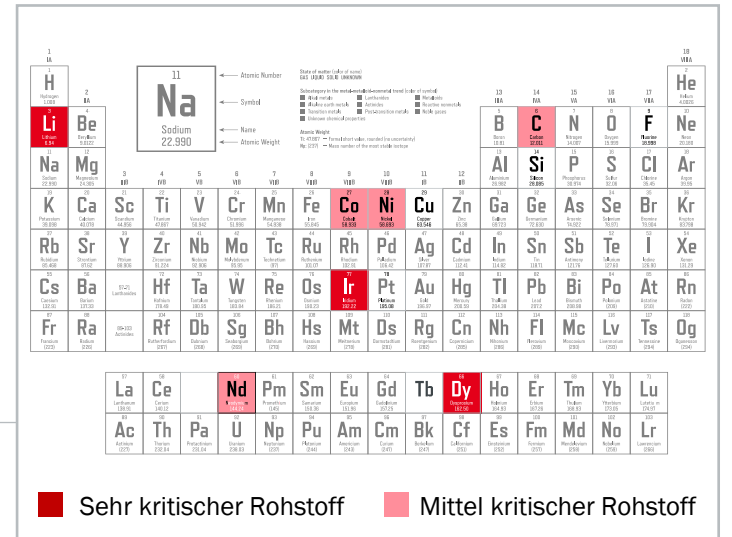
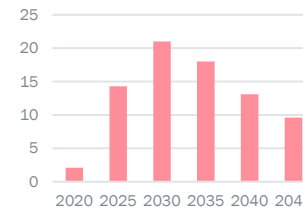
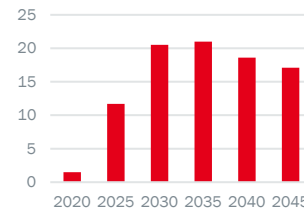
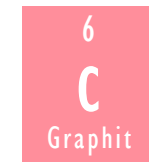
Schwere Seltene Erden*



Leichte Seltene Erden**



Lithium-Ionen-Batterien



* inkl. Terbium (Tb), ** inkl. Praseodym (Pr)

Maßnahmen und Strategien

Angebotsseite

Produktion Europa

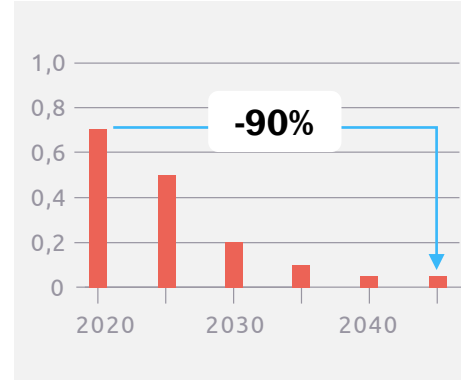
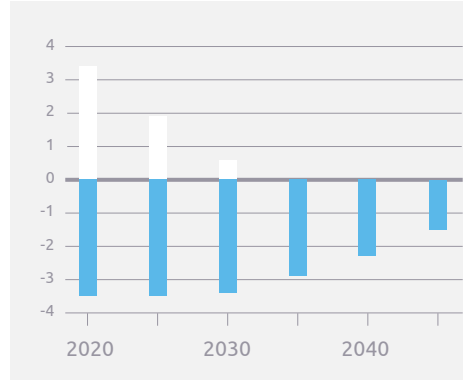
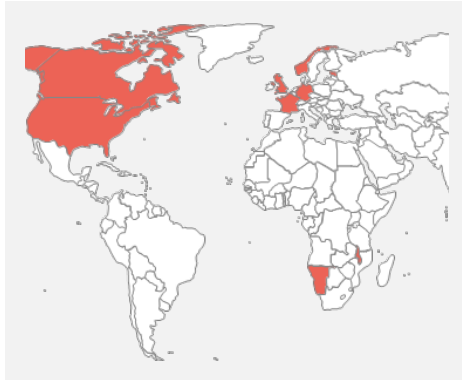
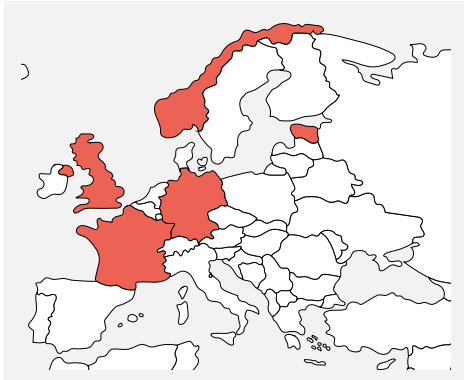
Diversifizierung

Recycling

Nachfrageseite

Rohstoffintensität

Alternative
Technologien



AEL PEMEL, HTEL, AEM
DD-PMSG, GB-PMSG,
GB-DFIG, DD-EESG
NMC111, NMC811, LFP,
NMC 622

Produktion in Europa



Technologienaufbau

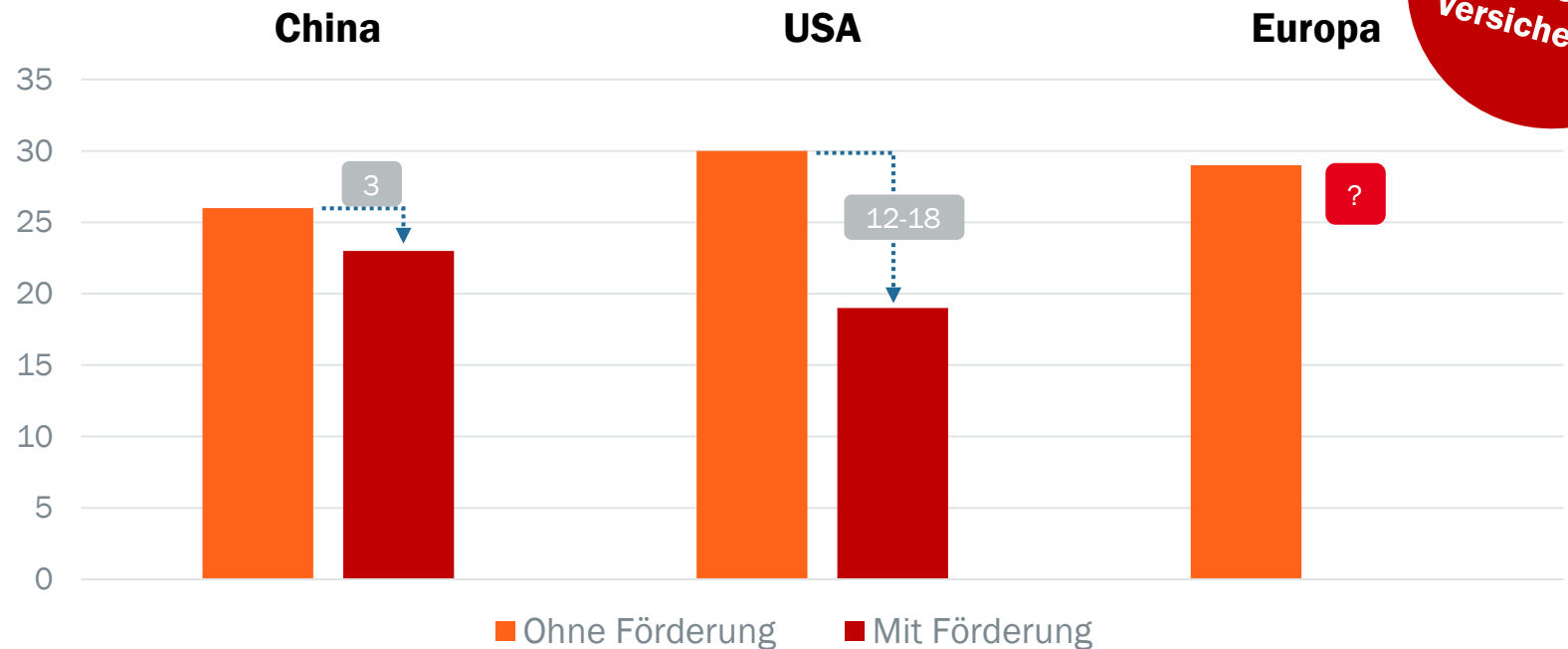
- Photovoltaik
- Permanentmagnete
- Lithium-Ionen-Batterien
- Elektrolyseure

Bestehende Kapazitäten sichern und transformieren

- Windkraft
- Wärmepumpen
- Grüner Stahl (DRI-Anlagen)

Herausforderung Subventionen am Beispiel PV

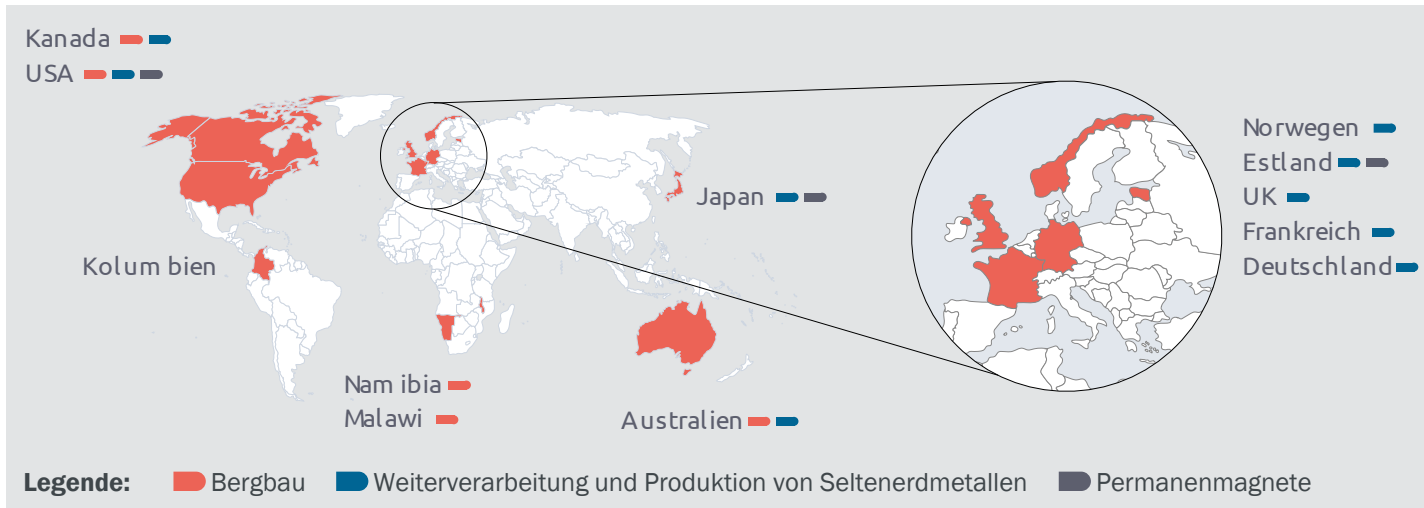
Kosten PV-Produktion in Cent/Watt_p



Produktionsaufbau ist eine Versicherung

* Ohne TCTF, Quelle: McKinsey

Maßnahmen bei Permanentmagneten



Produktionsaufbau in Europa

(kurz-/mittelfristig)

- Weiterverarbeitung Seltenerdoxide: Norwegen, Estland
- Herstellung Seltenerdmetalle: Estland, Großbritannien
- Produktion Magnete: Deutschland, Estland

Länderdiversifizierung

(kurzfristig)

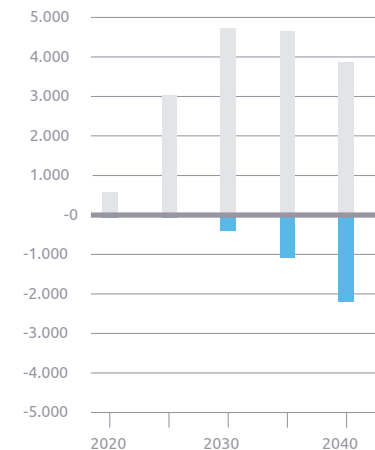
- Rohstoffpartnerschaften und Kooperationen mit Namibia, Malawi, Kolumbien, Kanada, Australien und USA

Rohstoff-Recycling

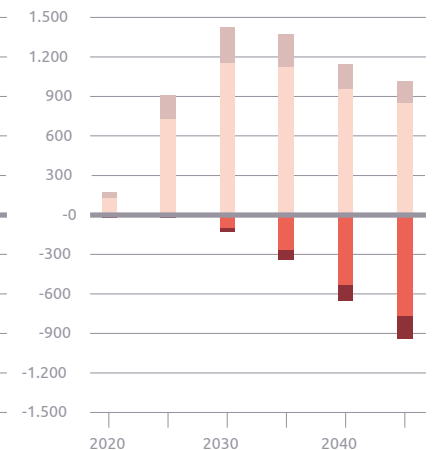
(mittelfristig ab 2030)

- nur marginal in China, erste kleine Anlagen in Deutschland und Großbritannien geplant
- 2030 moderates Potenzial aus Rücklauf von E-Motoren

Permanentmagnete (t)



Seltene Erden (t)





- Einführung eines umfassendes Resilienzmonitorings
 - Stabile Absatzmärkte (Deutschland und EU) für Schlüsseltechnologien schaffen
 - Technologie- und Rohstoffpartnerschaften aufbauen und stärken
 - Unterstützung beim Aufbau von Produktionskapazitäten für Schlüsselindustrien
 - Recyclingpotenziale erschließen
- **Resilienz kann erhöht werden, kostet aber „Versicherungsprämie“**

Zusammenfassung

7 Schlüsseltechnologien

PV Permanentmagnete Stahl

Lithium-Ionen-Batterien Windkraft

Wärmepumpen Elektrolyseure

7 Kritische Rohstoffe

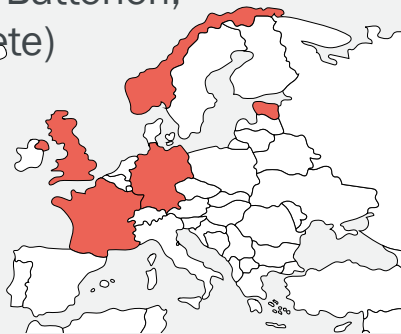


Für Kritikalitätsbewertung muss die **gesamte Lieferkette** untersucht werden

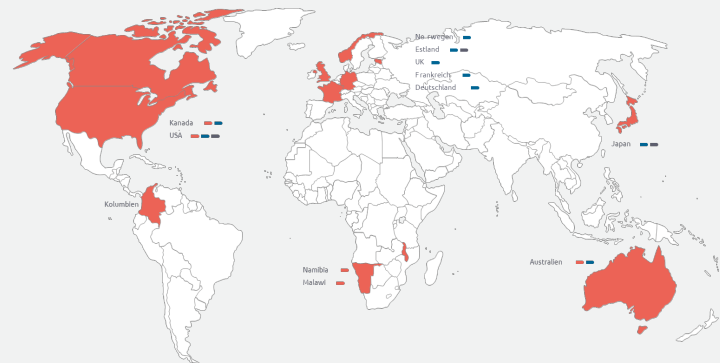


Investitionen zum Produktionsaufbau in Europa sichern kurzfristig die Transformation ab (PV, Batterien, Permanentmagnete)

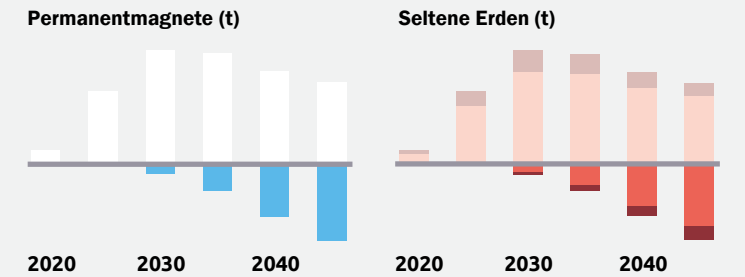
- Norwegen
- Estland
- UK
- Frankreich
- Deutschland



Diversifizierung. Transformationspartnerschaften auf Augenhöhe



Recycling frühzeitig anstoßen, auch wenn Potenziale bei einigen Technologien erst ab 2030 zu erwarten sind



Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit





Stiftung
Klimaneutralität



Souveränität Deutschlands sichern

Resiliente Lieferketten für die
Transformation zur Klimaneutralität 2045

#ForumKlima