

Resiliente Lieferketten für Windkraftanlagen Permanentmagnete

Ausgangslage

- Windkraftanlagen sind komplexe Anlagen aus tausenden Einzelkomponenten.
- Sehr kritisch: Hocheffiziente Permanentmagnete im Generator.**¹
- Fast **100 % der Windkraftanlagen auf See** haben heute im Generator hocheffiziente Permanentmagnete aus Seltenen Erden. Anteil bei **Wind Onshore bei 20 %**.
- Diese enthalten **Leichten und Schwere Seltene Erden**.²
- Bislang starke einheimische Fertigungsindustrie, jedoch sinkende Wettbewerbsfähigkeit.



© BWE

Herausforderungen: Marktkonzentrationen entlang der Lieferkette

Top3-Länder: Weltmarktanteil nach Produktion (2022)

	Rohstoffförderung	Rohstoffverarbeitung		Komponenten	Güter
	Mischungen aus Seltenen Erden ³	Leichte Seltene Erd-Oxide	Schwere Seltene Erd-Oxide	Seltene Erdmetalle	Permanentmagnete
1.	58% China	87% China	100% China	91% China	94% China
2.	14% USA	11% Malasia	–	7% Japan	5% Japan
3.	12% Myanmar	1% Indien	–	1% Rest der Welt	1% Deutschland

- Förderung Seltener Erden (insgesamt) in verschiedenen Ländern.
- Förderung Schwerer Seltener Erden derzeit ausschließlich im Süden Chinas.³
- Quasimonopol Chinas bei Aufbereitung und Magnetherstellung.

LEGENDE Kritikalität: ■ Sehr kritisch ■ Mittel kritisch ■ Mäßig kritisch

Marktkonzentrationen im Bau von Windkraftanlagen

Marktanteil nach Ländern (2022)



Beim Bau von Windkraftanlagen hat der Marktanteil Chinas deutlich zugenommen.

Lösungen siehe auch Factsheet zu branchenübergreifenden Strategien und Maßnahmen

Produktionsaufbau in Europa

- Heimische Absatzmärkte aufbauen. 20% europäische Produktion entlang der gesamten Lieferkette bis 2030 möglich:
 - Rohstoffförderung:** Schweden, Norwegen
 - Rohstoffverarbeitung:** Seltene Erdoxide: Norwegen, Estland, Frankreich
 - Komponenten:** Seltene Erdmetalle: Estland, Großbritannien
 - Güter:** Permanentmagnete: Deutschland, Estland
- Strikte Resilienz-Anforderungen bei Fördermaßnahmen.

- Unterstützung von F&E zu leistungsfähigen magnetlosen Elektromotoren.

Diversifizierung

- Aufbau und Stärkung **transformativer Industriepartnerschaften** mit Ländern wie *Australien, Kenia, Kolumbien, Malawi, Namibia und USA*.
- Stärkung der Wertschöpfung in den Partnerländern und Partizipation an den Lieferketten, insbesondere in Ländern des Globalen Südens. Intensivierte Zusam-

menarbeit bei Bildungs- und Forschungsvorhaben.

Recycling

- Robuste und zeitnahe nationale Umsetzung der reformierten EU-Altfahrzeug-Richtlinie (EU-ELV Directive) zum Ausbau und Zerlegung von E-Motoren.
- Robuste und zeitnahe nationale Umsetzung des Critical Raw Materials Acts der EU mit Blick auf materialspezifische End-of-Life-Recyclingquoten sowie durch Recycled-Content.

Produktionserhalt von Windkraftanlagen in Europa

- Erhalt der Produktion sicherstellen, Kapazitätserweiterungen absichern.
- Resilient-Content-Vorgaben.

Studie

Souveränität Deutschlands sichern: Resiliente Lieferketten für die Transformation zur Klimaneutralität 2045

Die Stiftung Klimaneutralität beauftragte Prognos, Öko-Institut und Wuppertal Institut mit der Erstellung einer Studie unter dem Titel «Souveränität Deutschlands sichern: Resiliente Lieferketten für die Transformation zur Klimaneutralität 2045».

Die Studie identifiziert für strategisch wichtige Transformationsindustrien entlang der gesamten Wertschöpfungs- und Lieferkette entscheidende Schwachpunkte. Sie liefert Antworten für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft, wie die Resilienz gegenüber exogenen Schocks erhöht werden kann.

Für die Transformation zur Klimaneutralität stehen sieben Schlüsseltechnologien im Fokus, die eine besonders hohe CO₂-Einsparung ermöglichen, einen starken Nachfragehochlauf bis 2030/2035 aufweisen und für die sich bereits heute Versorgungsengpässe andeuten: Photovoltaik, Windkraft (mit Permanentmagneten), Elektromobilität (mit Lithium-Ionen-Batterien und Permanentmagneten), Elektrolyseure für grünen Wasserstoff, Wärmepumpen und DRI-Anlagen zur Produktion von grünem Stahl.

Dieses Factsheet zeigt in Kurzform die zentralen Erkenntnisse zu kritischen Herausforderungen und wirksamen politischen Handlungsstrategien.

Mehr Informationen und detaillierte Daten sind online abrufbar:
www.stiftung-klima.de



Unter diesen QR-Codes steht die Publikation »Souveränität Deutschlands sichern – Resiliente Lieferketten für die Transformation zur Klimaneutralität 2045« als PDF zum Download zur Verfügung.

Kurzfassung



Langfassung



ANMERKUNGEN:

- 1 Permanentmagnete werden auch in 95 % der E-Pkw und 100 % der E-LKW verbaut (vgl. **Factsheet Elektromobilität**).
- 2 **Seltene Erden:** umfassen 17 Metalle, 4 davon relevant für Permanentmagnete: Neodym und Praseodym (Leichte Seltene Erden) sowie Dysprosium und Terbium (Schwere Seltene Erden).
- 3 **Seltene Erden:** treten in Mischungen auf. Zusammensetzung unterscheidet je nach Mine. Statistische Daten beziehen sich hier auf gesamte Gruppe von Seltene Erden. Für die relevanten vier Metalle liegen keine gesonderten Daten vor. Förderung von Schweren Seltene Erden derzeit jedoch nur in Südchina und Myanmar (sehr hohe Kritikalität). Schwere Seltene werden eingesetzt, damit die Magnete bei hohen Temperaturen nicht dauerhaft entmagnetisiert werden.
- 4 Vgl. *European Raw Materials Alliance (ERMA, 2021): Rare Earth Magnets and Motors: A European Call for Action*.
- 5 Vorteil von Recycling: Gewichtsanteil Seltene Erden in Magneten bei 30 %, in natürlichen Vorkommen nur 1 % (hier aufwändige Abtrennung unerwünschter Elemente notwendig).