

ROHSTOFFE FÜR ZUKUNFTSTECHNOLOGIEN

Dr. Frank Marscheider-Weidemann, Fraunhofer ISI

Vortrag zum DERA Rohstoffdialog

Das Rohstoffmonitoring der DERA

11. Dezember 2014, Berlin-Spandau



© iStockphoto.com/Snehitdesign
© iStockphoto.com/ArnoMasse
© iStockphoto.com/Mlenny
© iStockphoto.com/shaunl shaunl

Hintergrund

- Aktualisierung der Studie „Rohstoffe für Zukunftstechnologien“ aus dem Jahre 2009
- Bezugsjahre 2012 und 2035 (2006 und 2030)
- Aktualisierung der vorliegenden 32 Technologiesynopsen
 - „Technologiebeschreibung“, „Rohstoffinhalt“, „Foresight Industrielle Nutzung“ und „Rohstoffbedarf“.
- Erstellung einer aktuellen Liste von Zukunftstechnologien auf Basis der Liste aus dem Vorprojekt
- Erarbeitung von zehn neuen Technologiesynopsen
- Auswahl und Bearbeitung von ca. 20 Rohstoffsynopsen
- Synthese der Synopsen und Vergleich mit den Ergebnissen der Studie aus dem Jahre 2009

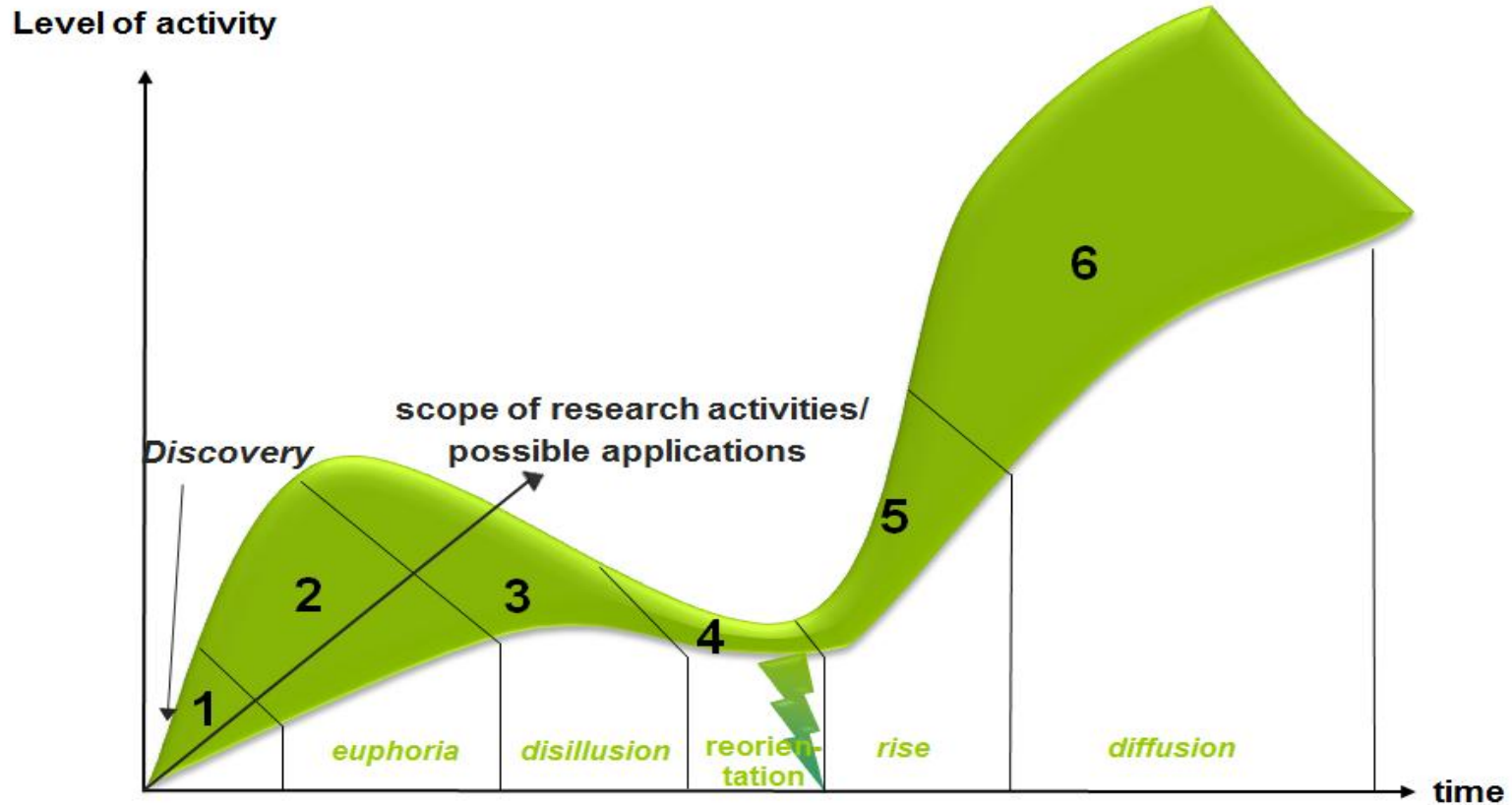
Was sind Zukunftstechnologien

Auswahlkriterien

- Technologien, die 2035 voraussichtlich industriell genutzt werden
- Zukunftstechnologien lösen revolutionäre Innovationsschübe weit über die Grenzen einzelner Wirtschaftssektoren aus
- Die Auswahl bevorzugt Innovationen, von denen merkliche Impulse auf die Rohstoffnachfrage vermutet werden
- Die Auswahl bevorzugt öffentlich relevante Innovationen
- Verfügbarkeit von Informationen über die benötigten Rohstoffe
- Technologien, die keine anorganischen mineralischen Rohstoffe benötigen, bleiben unberücksichtigt, z. B. DNA-Synthese, Künstliche Intelligenz, Browsertechnologien

Angerer et al.: Rohstoffe für Zukunftstechnologien, Fraunhofer IRB Verlag (2009)

Innovationszyklus-Modell (schematische Darstellung)



(Meyer-Krahmer and Dreher, 2004)

Hauptcharakteristik der Innovationsphasen

- **Phase 1 – Entdeckung und Exploration:** Basisentdeckung und Exploration der neuen Möglichkeiten der Technik
- **Phase 2 – Euphorie:** Transdisziplinäre Arbeiten zu den neuen Möglichkeiten der Entdeckung für alte Probleme und damit Stimulation ambitionierter Produktideen für ein breiter werdendes Anwendungsfeld
- **Phase 3 – Ernüchterung:** Zunahme der Problemdichte und Fokussierung auf besonders vielversprechende Nutzungsmöglichkeiten
- **Phase 4 – Neuorientierung:** Stabilisierung auf selektive Felder oder Abbruch durch technische Substitutionsmöglichkeiten (Innovation ein ständig laufender Prozess, oder nach Joseph Schumpeter: Das Bessere ist stets des Guten Feind).
- **Phase 5 – Aufstieg:** Erste Nachahmung durch Mitbewerber und Ausbildung eines dominanten Designs
- **Phase 6 – Diffusion:** Entwicklung weiterer Anwendungsmöglichkeiten aufgrund von Skaleneffekten

Aktualisierung des Technologieportfolios der Studie Rohstoffe für Zukunftstechnologien

Spitzentechnologie-Sektoren

Fahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt, Verkehrstechnik

1. Stahlleichtbau mit Tailored Blanks
2. Elektrische Traktionsmotoren für Kraftfahrzeuge
3. Brennstoffzellen Elektrofahrzeuge
4. Superkondensatoren für Kraftfahrzeuge
5. Scandium-Legierungen für den Airframe Leichtbau

Informations- und Kommunikationstechnik, optische Technologien, Mikrotechniken

6. Bleifreie Lote
7. RFID
8. ITO in der Displaytechnik
9. Infrarot-Detektoren in Nachtsichtgeräten
10. Weiße LED
11. Glasfaserkabel
12. Mikroelektronische Kondensatoren
13. Hochleistungs-Mikrochips

Medizintechnik

28. Orthopädische Implantate
29. Medizinische Tomographie

Hochtechnologie-Sektoren

Energie-, Elektro- und Antriebstechnik

14. Ultraeffiziente industrielle Elektromotoren
15. Thermoelektrische Generatoren
16. Farbstoffsolarzellen
17. Dünnschicht-Photovoltaik
18. Solarthermische Kraftwerke
19. Stationäre Brennstoffzellen - SOFC
20. CCS - Carbon Capture and Storage
21. Lithium-Ionen-Hochleistungsspeicher
22. Redox-Flow Elektrizitätsspeicher
23. Vakuumisolation

Chemie-, Prozess-, Fertigungs- und Umwelttechnik, Maschinenbau

24. Synthetische Kraftstoffe
25. Meerwasserentsalzung
26. Festkörperlaser für die industrielle Fertigung
27. Nanosilber

Werkstofftechnik

30. Superlegierungen
31. Hochtemperaturleiter in der Elektrizitätswirtschaft
32. Hochleistungs-Permanentmagnete

Angerer et al.: Rohstoffe für Zukunftstechnologien, Fraunhofer IRB Verlag (2009)

Methodik: Schätzung des zukünftigen Rohstoffbedarfs

Nach RWI/ISI/BGR (2007): $B = b \cdot A$

- B Rohstoffbedarf einer bestimmten Anwendung in t/a
- b spezifischer Rohstoffbedarf der Anwendung in t/Einheit
- A Aktivitätsrate (Produktionsmenge) der Anwendung in Einheiten/a

Vergleiche haben die Form:

$$\frac{B_{2035}}{B_{2012}} = \frac{b_{2035}}{b_{2012}} \cdot (1 + r)^{23}$$

Rohstoffbedarf

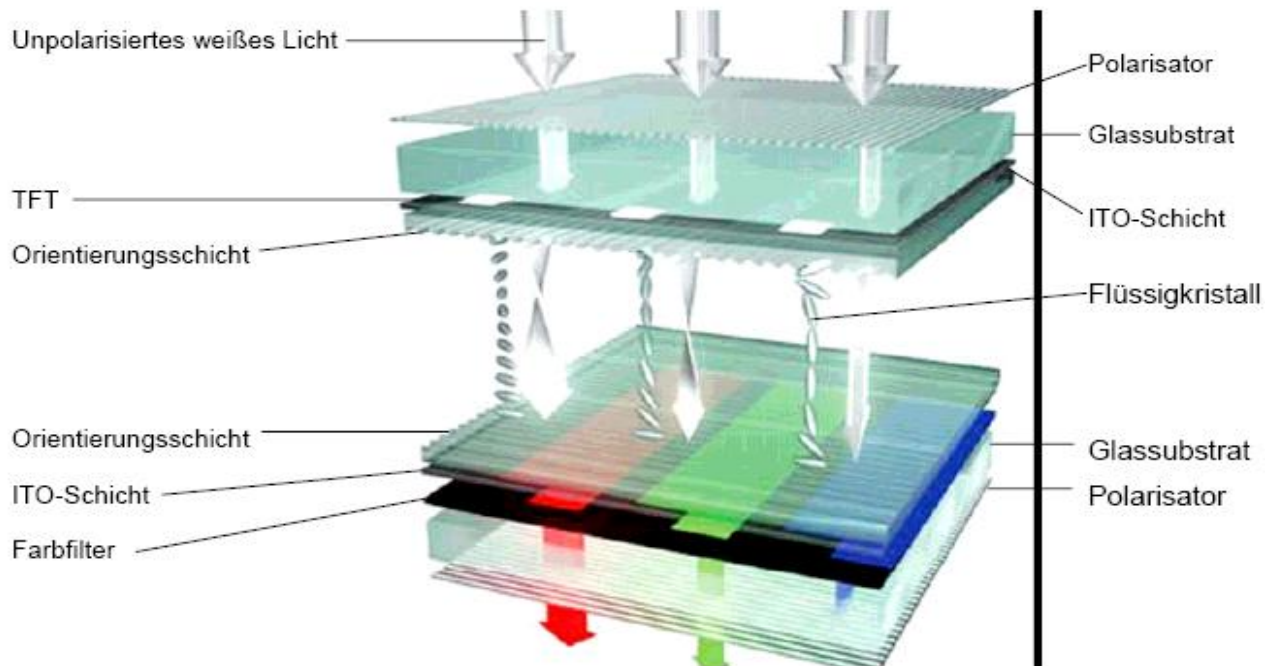
Zukunftstechn.
spezifischer
Rohstoffbedarf

Wirtschafts-
entwicklung

RWI, Fraunhofer ISI, BGR: Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen.

ITO auf Displays

Schematischer Aufbau eines Liquid Crystal Display

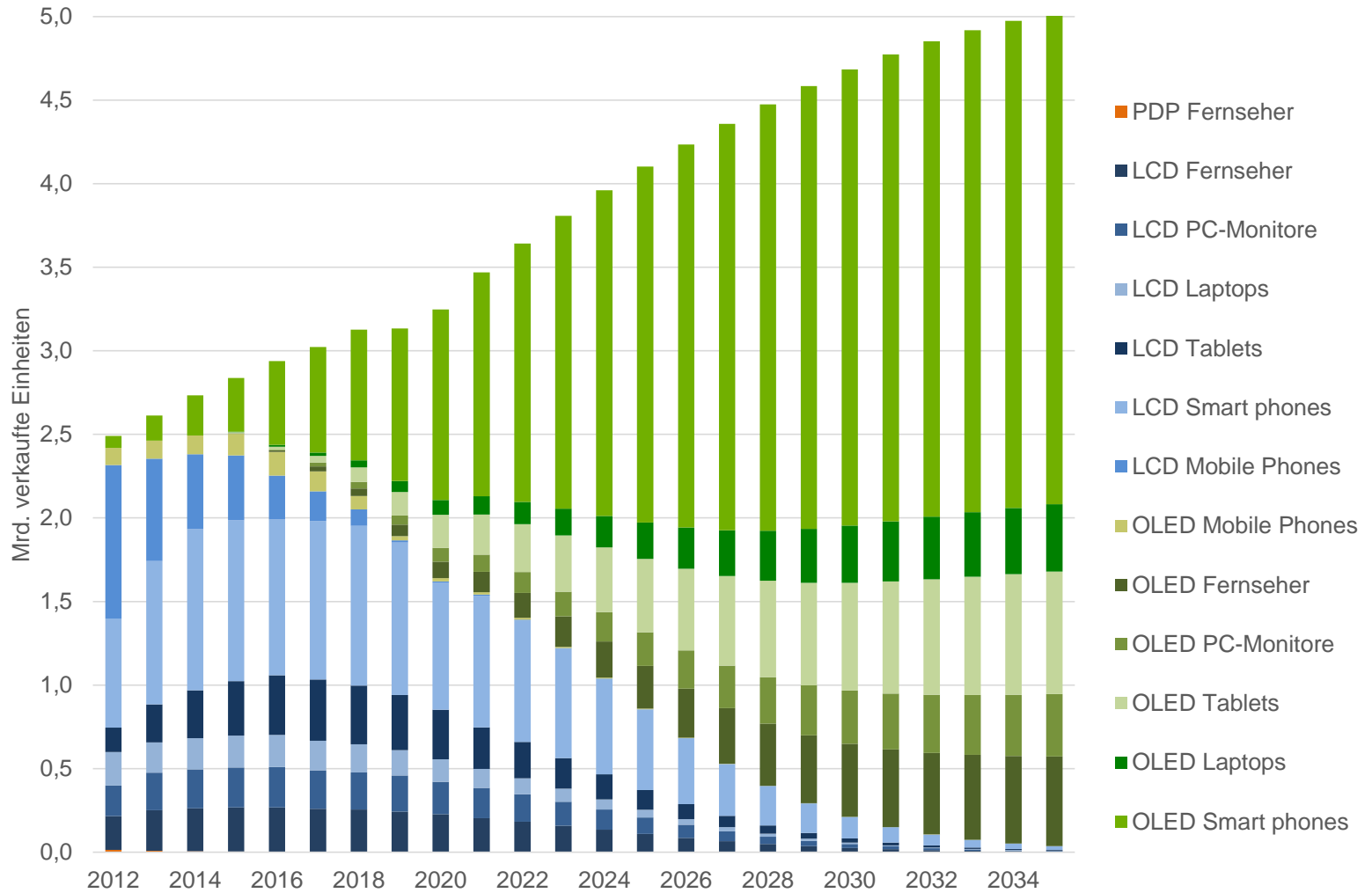


Anwendungen

ITO zur Herstellung der Elektroden-schichten in LCDs, OLEDs, PDPs und FEDs

Quelle: Merck 2008

Marktentwicklung von Displaygeräten (vorläufig)



Quelle: Eigene Darstellung nach Mc Kinsey u.a.

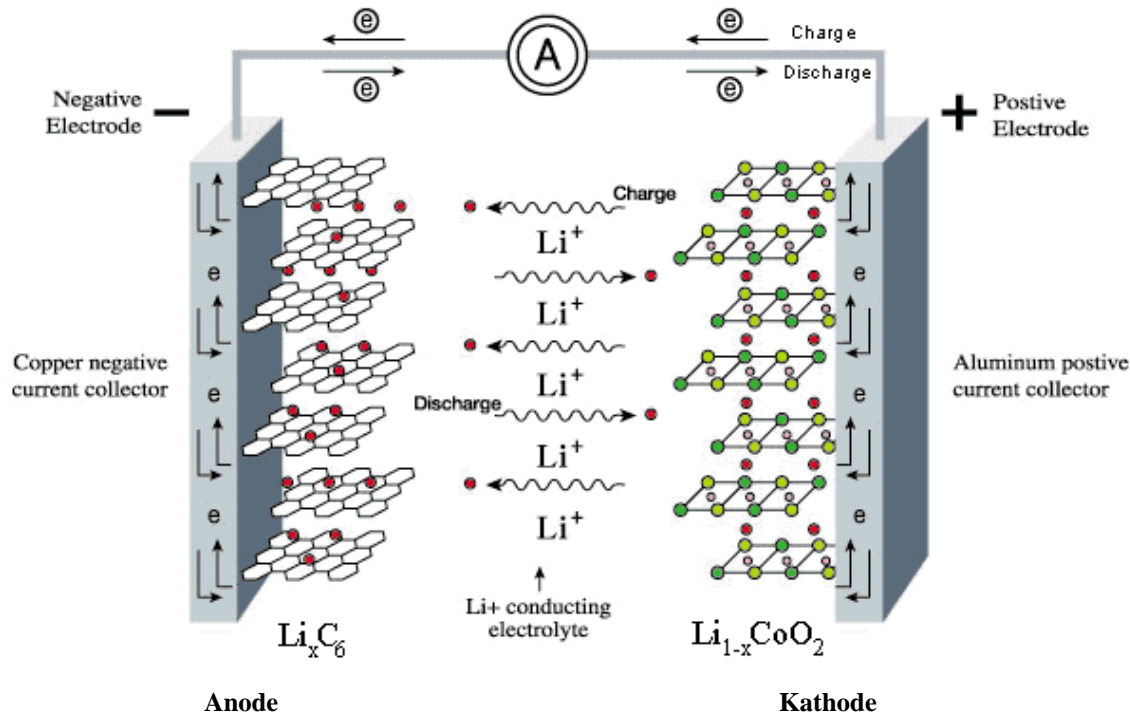
ITO auf Displays

Rohstoff	Weltproduktion 2012	Verbrauch 2012	Bedarfsvorschau 2035
Indium	670 t	80 t	196 t

- Die ersten **groben Abschätzungen** des ITO-Bedarfs für Displays beruhen auf einer Reihe von Annahmen, die eher konservativ sind.
- Eine große Unsicherheit sind die zukünftigen **relativen Marktanteile** der Displaytechnologien. Es ist unklar, ob OLED das LCD-Segment auf breiter Front vereinnahmen wird.
- Das **Recycling** von Displays mit anschließender Wiedergewinnung des Indiums ist in der Tabelle nicht berücksichtigt. Der wachsende Materialwert, die zu erwartende kürzere Produktlebenszeit, und die wachsende Verbreitung von LCD-TVs wird zu Millionen von ausrangierten LCD-Fernsehern in den nächsten Jahrzehnten führen.

Lithium-Ionen-Akkus

Aufbau und Funktionsprinzip



Verwendungen

- Hybrid- und Elektrofahrzeuge
- Mobile elektronische Geräte (Laptops)
- Akkuwerkzeuge (Power Tools)
- ...

Quelle: Fraunhofer ICT

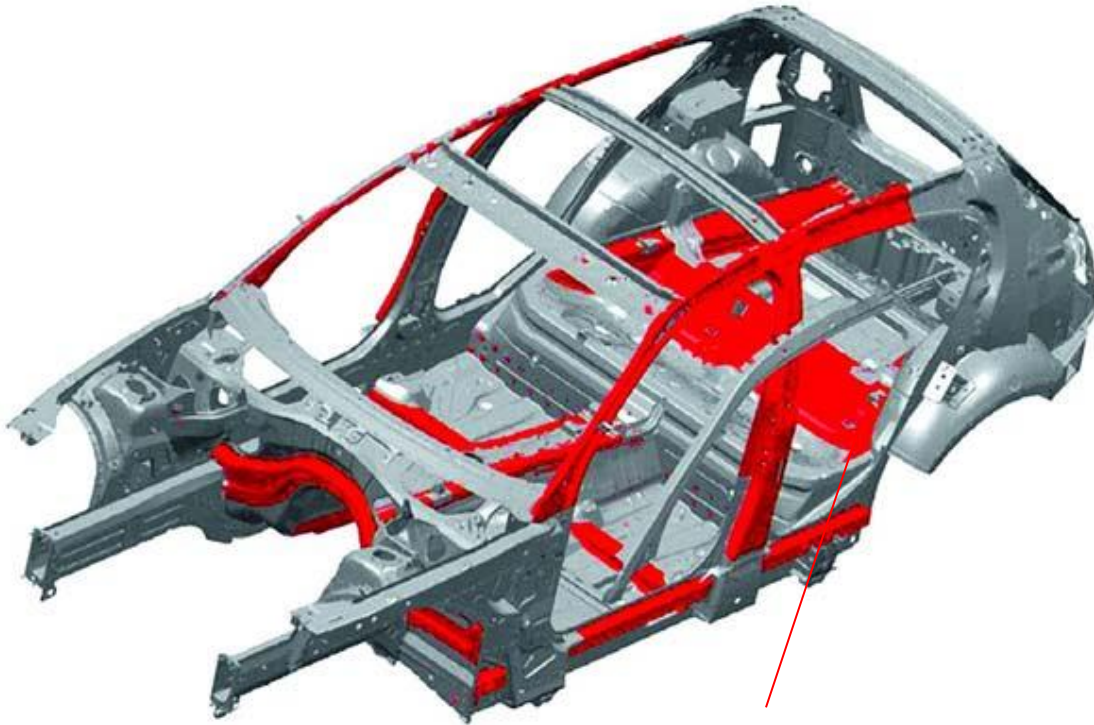
Lithium-Ionen-Akku

Rohstoff	Weltproduktion 2012	Verbrauch 2012	Bedarfsvorschau 2030
Kobalt	110.000 t	33.000 t	bis 160.000 t

- Die Bedarfsschätzung berücksichtigt vom Weltwirtschaftswachstum ausgelöste Nachfrageeffekte in **anderen Rohstoffanwendungen nicht**.
- Die installierte Leistung der Lithium-Ionen Akkus ist von der weltweiten Entwicklung der Elektromobilität abhängig.
- Der Kobaltbedarf hängt davon ab, welche **Kathodensysteme** sich durchsetzen. Die Technologieentwicklung ist weltweit stark im Fluss.
- Es gibt **Alternativen** zur Kobalkathode (LCO), bspw. NMC (Lithium Nickel-Mangan-Cobalt), NCA (Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminium) oder Eisenphosphat (LiFePO_4). Akkus mit Kobalkathode erreichen jedoch derzeit noch **höhere Speicherdichten**.
- Unterschiedliche regionale Forschungs- und Förderschwerpunkte: China LFP, Japan NCA, Korea NMC
- Die Bedarfsvorschau zeigt, dass **Kobalt** der **kritische Rohstoff** für die Lithium-Ionen-Technologie **werden kann**.

Stahlleichtbau mit Tailored Blanks

Pkw Rohbau Stahlkarosse aus Tailored Blanks



Anwendungen

- Bodenblech
- A- und B-Säulen
- Längsträger
- Dach
- Federbeintöpfe
- Radkästen
- Seitenteile
- Stoßfänger
- Türen
- Heckklappen
- ...

Hochfester Spezialstahl zur
Aufnahme lokaler Belastungsspitzen

Quelle Salzgitter AG

Stahlleichtbau mit Tailored Blanks

		2006	2030	Änderung '06-'30
Fahrzeugproduktion	Mio. St.	63	100	+ 58 %
Stahl für Karosseriebleche	t/a	21.400.000	27.000.000	+ 26 %
Potential hybrider Blanks	t/a	21.400.000	22.000.000*	≈ 0

* spekulativ

- Die Leichtbau-Technologie ermöglicht eine deutliche **Entkopplung** von Produktion und Stahlbedarf.
- Die noch nicht serienreife Verbindung von Stahl- und Aluminiumblechen zu **hybriden Tailored Blanks könnte** sogar eine totale Entkopplung von Fahrzeug-Produktion und Karosseriestahl-Bedarf herbeiführen.
- Mit hybriden Blanks wachsen der Aluminium- und der Stahlleichtbau zusammen. Die Übernahme in die Serienfertigung erschließt Aluminium ein mengenmäßig bedeutsames neues Verwendungssegment, zu Lasten von Stahl.
- Die Beherrschung des Leichtbaus ist ein essentieller **Erfolgsfaktor** für die Markteinführung von elektromobilen Fahrzeugkonzepten (Reichweite).
- Die Technologie wurde von der damaligen Thyssen Stahl AG entwickelt (Pionier).

Liste von Zukunftstechnologien

Nr.	Branche	Technologie	Def. Zukunftstechnologie	Markt 2035	Öffentliche Relevanz	Erheblicher Rohstoffbedarf	Erläuterung
1	Fahrzeugbau, Lu	Assistenzsysteme für Kraftfahrzeuge	+	+	+	+	Elektronische Notbrems-, Ko
2	Fahrzeugbau, Lu	Elektrische Traktionsmotoren für Hybrid-, Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge	+	+	+	+	Innovative Elektromotoren fü
3	Fahrzeugbau, Lu	Energiequelle für Satelliten	+	+			Radionuklidbatterie bspw. fü
4	Fahrzeugbau, Lu	HCCI Verbrennungsmotoren	+	+			Effiziente, emissionsarme Ve
5	Fahrzeugbau, Lu	Hocheffiziente Abgasreinigungssysteme für Dieselfahrzeuge	+	+			Oxidations-, Speicher- und SC
6	Fahrzeugbau, Lu	Hocheffiziente Flugzeugtriebwerke	+	+		+	Hochwarmfeste Werkstoffe f
7	Fahrzeugbau, Lu	Hybridelektrische Kraftfahrzeuge		+		+	Autarke Vollhybrid- und Plug
8	Fahrzeugbau, Lu	Intelligente Lenkung des Straßenverkehrs	+	+	+		Satellitengestützter (GPS, Ga
9	Fahrzeugbau, Lu	Katalytischer Kraftstoffzusatz	+	+			Kraftstoffadditiv zur integrier

Insgesamt ca. 200 Zukunftstechnologien gelistet, aus verschiedene Quellen wie McKinsey, Technology Review, Firmenzeitschriften (Siemens, Fraunhofer, Helmholtz...), Literatur zu Emerging Technologies, Untersuchungen von Rohstoffen für spezifische Technologien
Vorschläge von Firmen über die DERA

Neue Technologiesynopsen für Rohstoffe für Zukunftstechnologien

- **3-D Drucker**
(Additives Fertigungsverfahren für kleine Bauteile aus Metall, Keramik, Kunststoff und lebenden Zellstrukturen)
- **Industrie 4.0 - Vernetzte Produktionstechnik**
(autarke selbstlernende Fertigungslinien)
- **CNT (Carbon Nanotubes)**
CNT als Beispiel für ein Nano "Massen" material mit Substitutionspotential für Hochfeste Drähte, Wasserstoffspeicher, Stromleiter u.a.)
- **CFK-Leichtbau**
(carbonfaserverstärkter Kunststoff an der Schwelle zu industriellen Serienfertigung)

Neue Technologiesynopsen für Rohstoffe für Zukunftstechnologien

- **Assistenzsysteme für Kraftfahrzeuge**
(inkl. Laserscanner, Radar-, Lidarsensoren)
- **Unbemannte Luftfahrzeuge**
(Drohnen; als Ersatz für menschliches Service-Personal oder zum Gütertransport, Sensorik auch für Individuelle Fluggeräte nutzbar)
- **Offshore Windkraftanlagen**
(Rückgrat der Energiewende)
- **Induktives Laden / Drahtlose Energieübertragung**
(Ladeinfrastruktur E-Mobilität)
- **Micro-Energy Harvesting aus der Umgebungsenergie**
(relevant für autarke Sensornetzwerke)

Ausblick

Forschungsvorhaben läuft bis Herbst 2015



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit