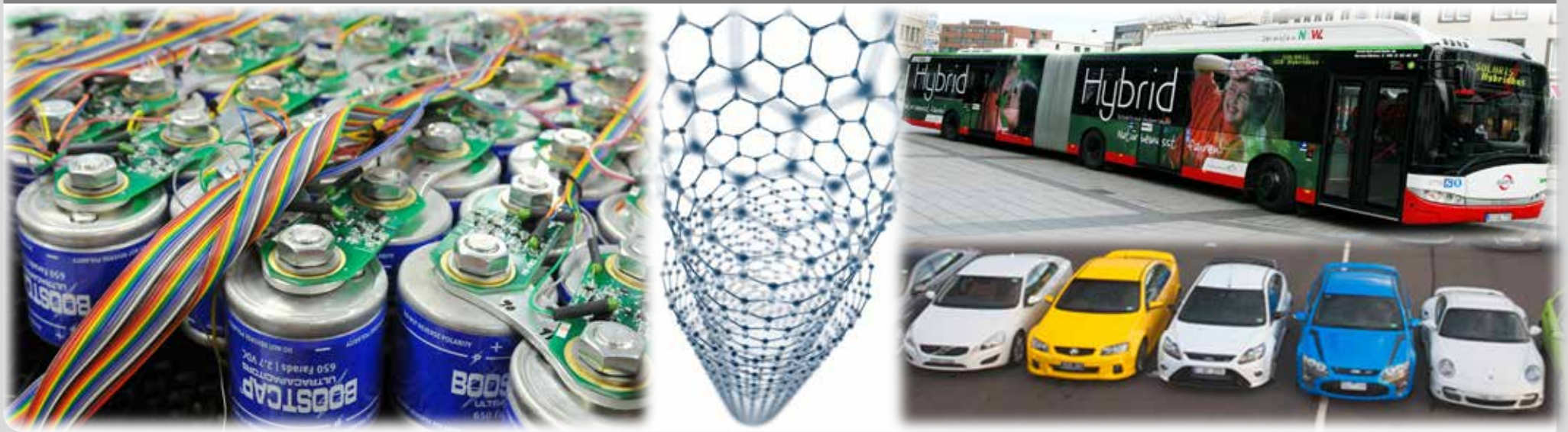
Karlsruhe Institute of Technology

Helmholtz Institute Ulm
Electrochemical Energy Storage

Nachhaltigkeitsaspekte zu Nanomaterialien und Nanostrukturen in emergenten Batteriespeichern

Marcel Weil, Manuel Baumann, Jens Peters

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
Helmoltz-Institut Ulm für elektrochemische Speicher (HIU)

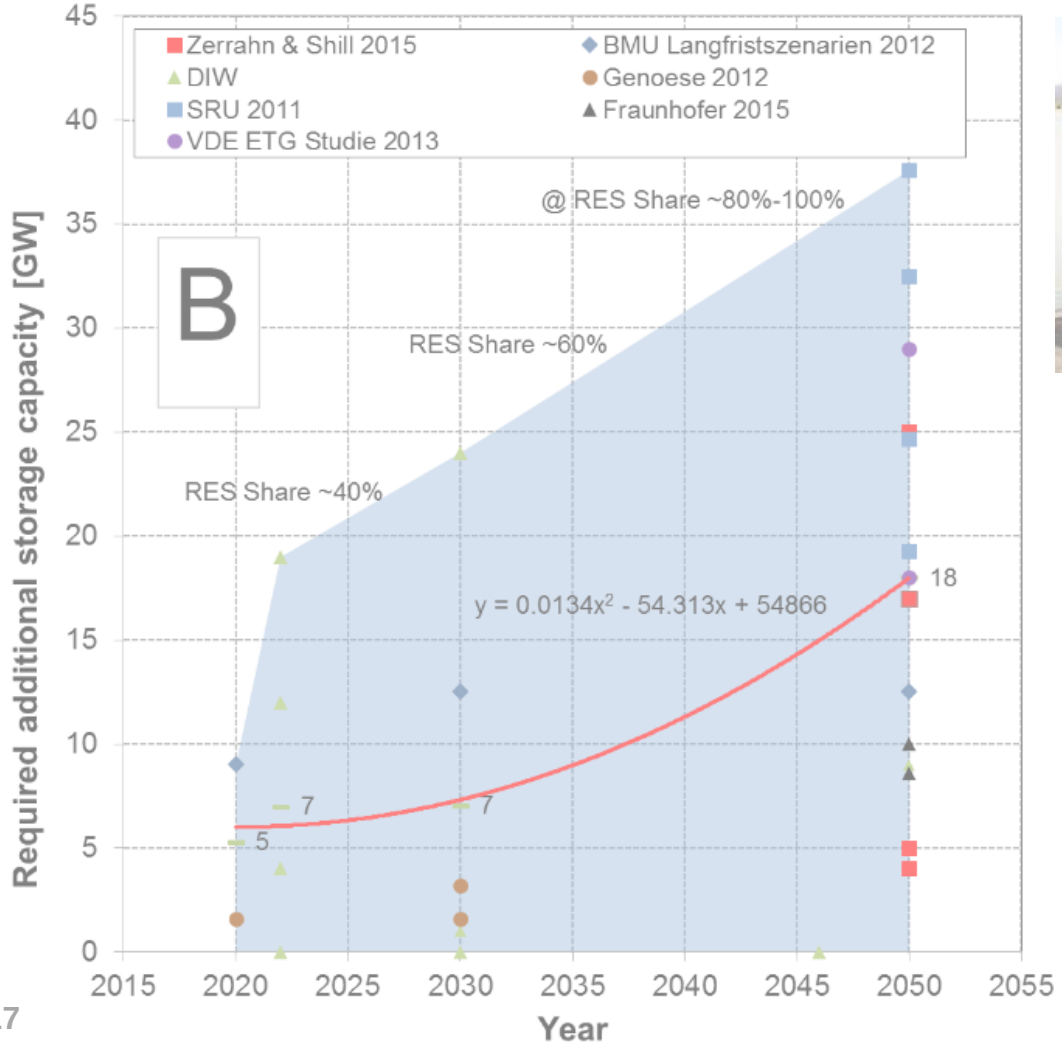


Vorgestellte Nachhaltigkeitsaspekte

- Umwelt-Aspekte
- Kosten-Aspekte
- Ressourcen-Aspekte
- Soziale-Aspekte

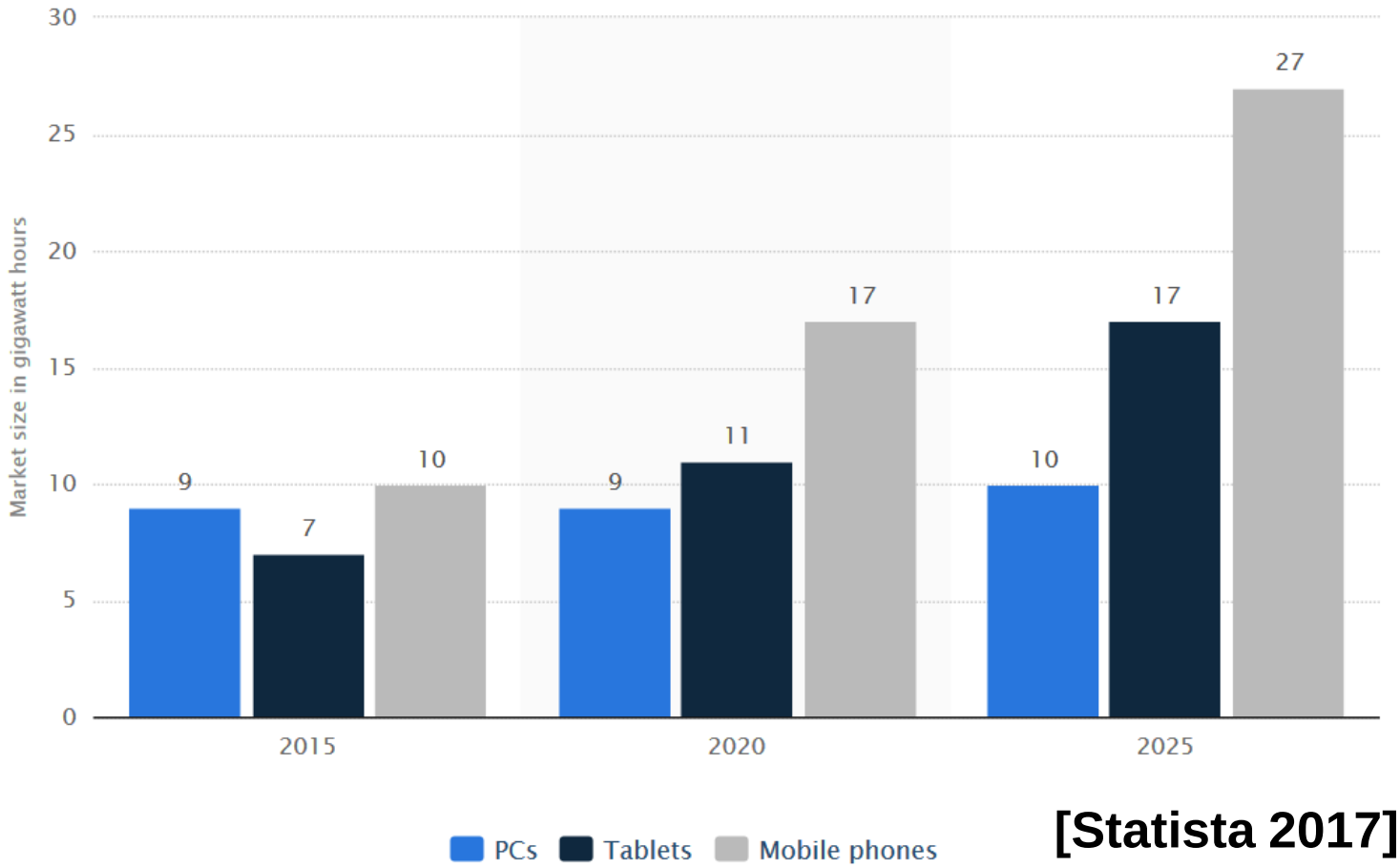
http://www.itas.kit.edu/pub/l/m/weil.htm

Potentieller Speicherkapazitätsbedarf (GW, 8h>t<10h pro Tag) für Energiewende



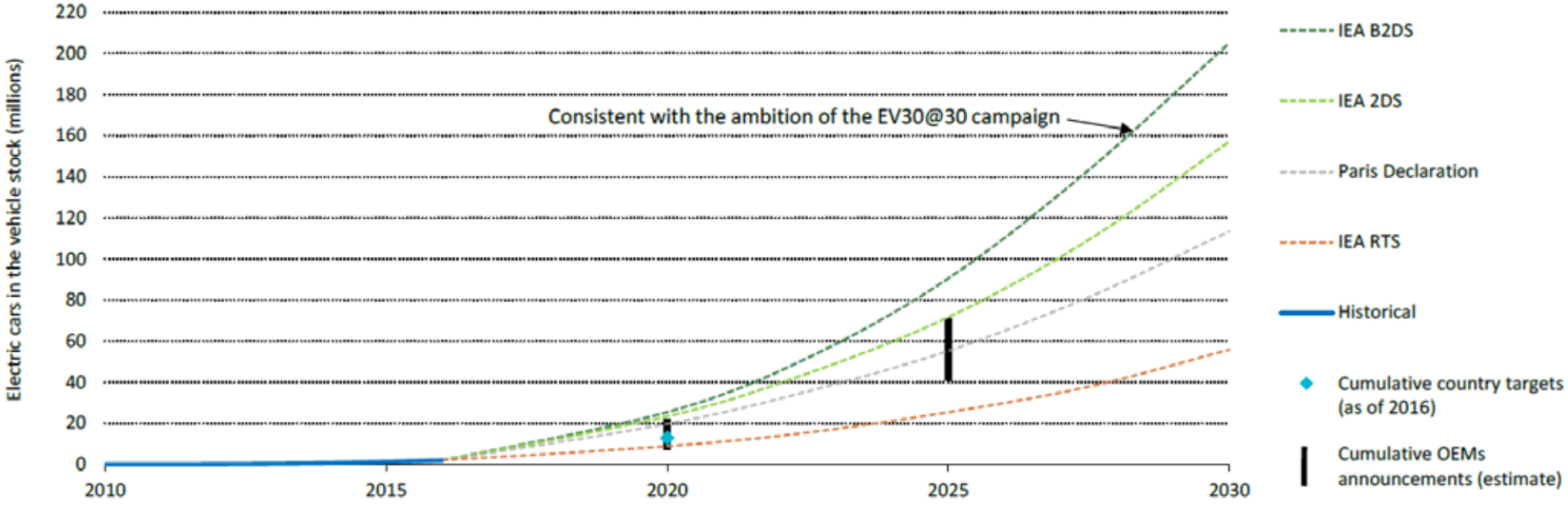
Quelle: Baumann et al. 2017

Marktentwicklung des Batteriebedarfs für elektronische Geräte (GWh)



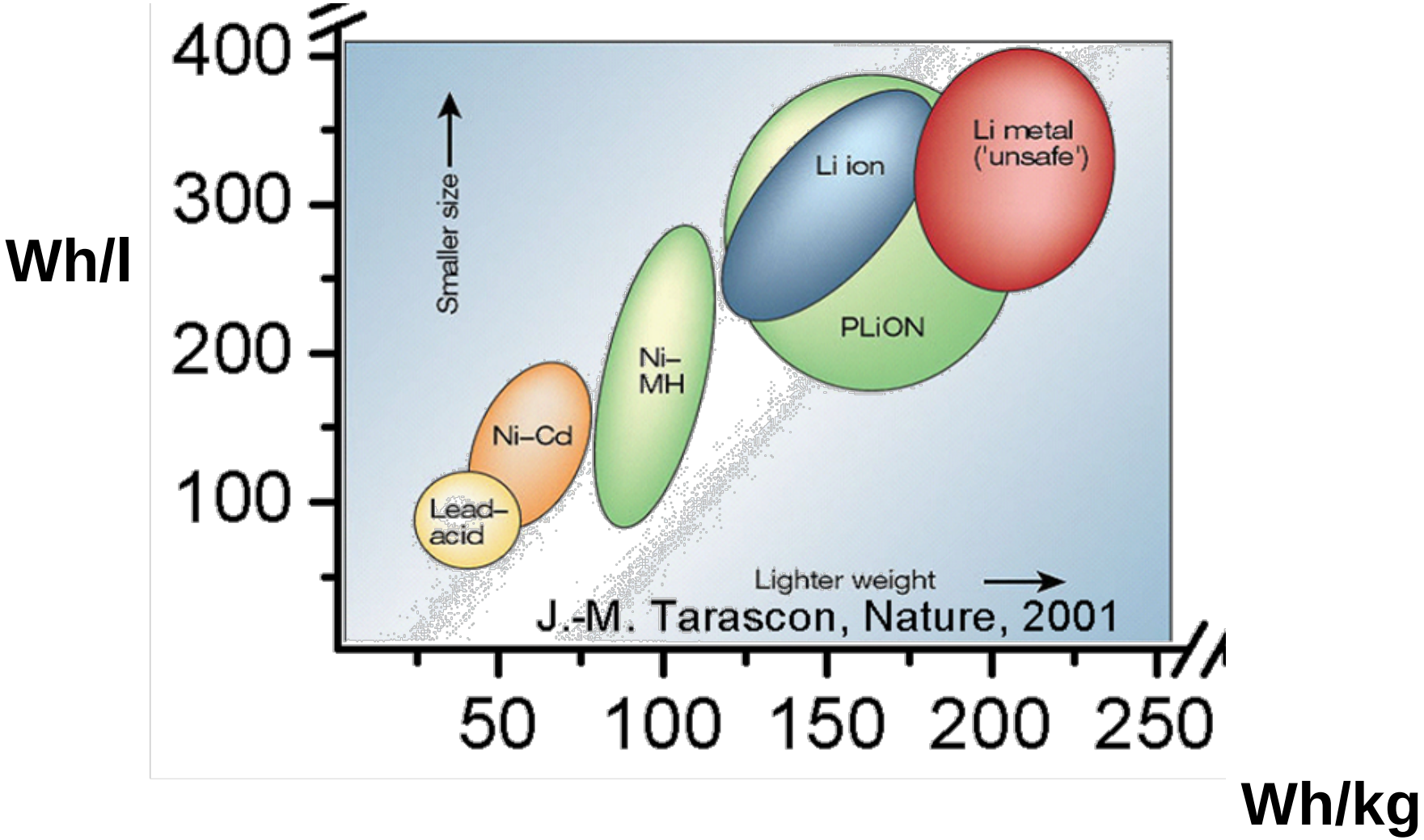
[Statista 2017]

Entwicklung des Elektrofahrzeugbestandes bis 2030

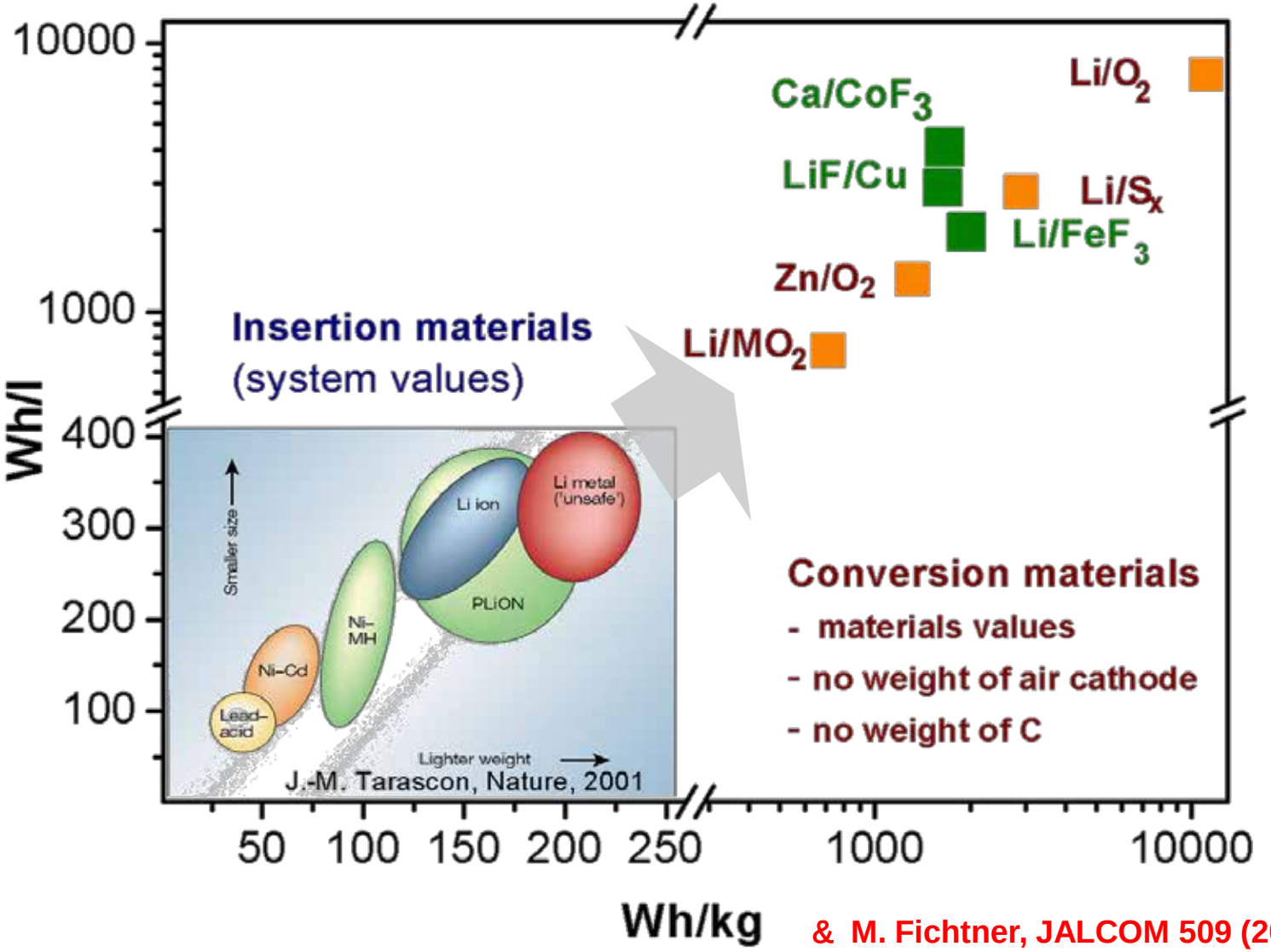


[IEA 2017]

Gegenwärtige Batteriesysteme



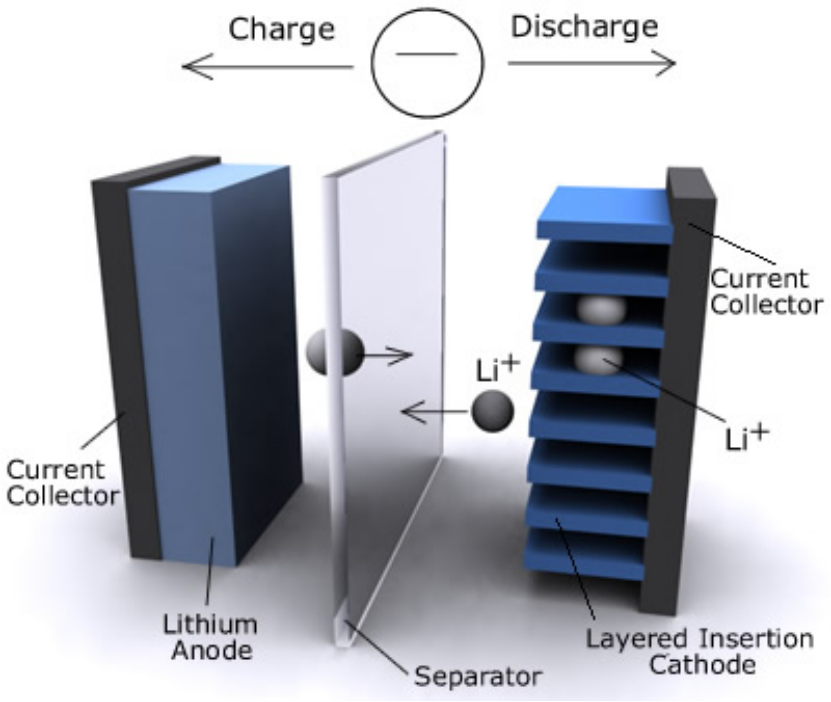
Promising Materials in Battery Systems



& M. Fichtner, JALCOM 509 (2011) S529

Problemfelder elektrochemischer Energiespeicherung

- Kosten
- Lebensdauer
  - Kalender
  - Zyklisch
- Energiedichte
- Leistungsdichte
  - Schnellladung
- Effizienz
- Sicherheit



Neue Materialien - Nano Materialien
Nano Strukturen

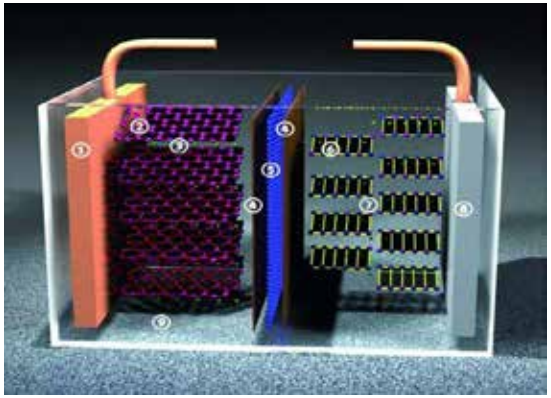
Die Lösung ?

Wo ist potentiell überall Nano?

BMS

Kathode

Membran

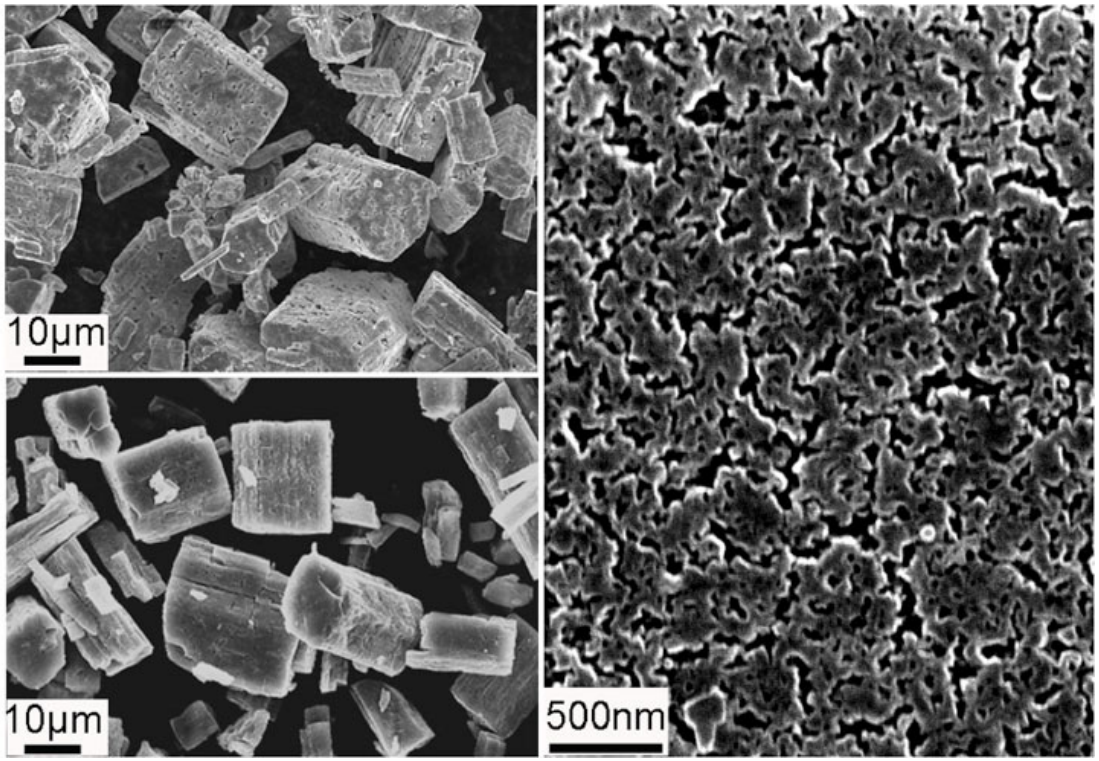


Anode

Elektrolyt

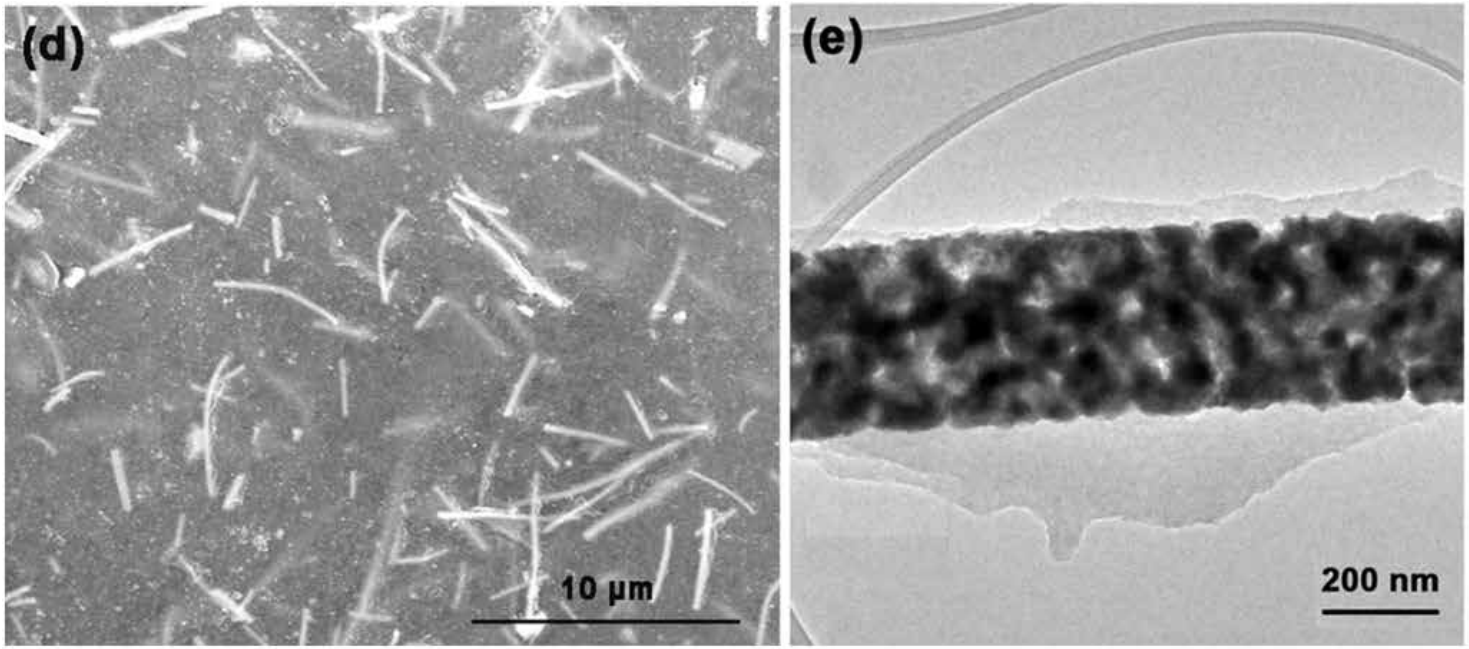
Ableiter

Beispiel: “Nanostrukturen” von Lithium-haltigen Anoden-Material



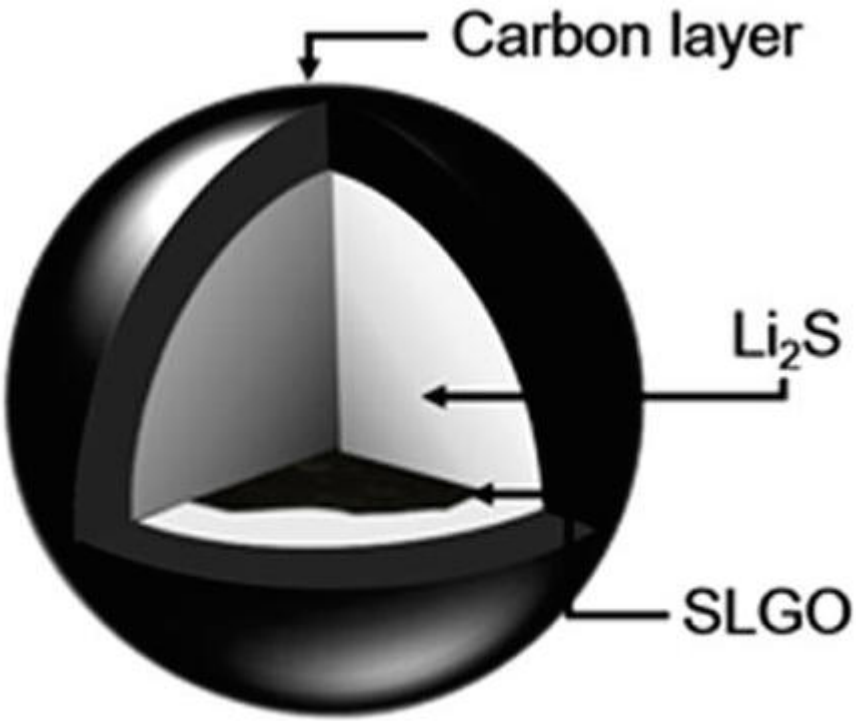
[Oak Ridge National Laboratory]

Beispiel: Polymer-Elektrolyt
Erhöhung der Ionen-Leitfähigkeit durch den Einsatz von keramischen Nano-Röhren



[Liu, Wei et al. 2015]

Beispiel: Kathodenmaterial für Li-S Batterien



Li_2S/GO@C nano-sphere

Researchers with appointments at both UC Berkeley and Lawrence Berkeley National Laboratory have developed a high-rate and long-life Li-sulfur battery cell. The cathode material is a core–shell nanostructure comprising Li2S nanospheres with an embedded graphene oxide (GO) sheet as a core material and a conformal carbon layer as a shell.

[UC Berkeley]

Beispiel: Kathoden-Material

Wirtschafts Woche

UNTERNEHMEN FINANZEN POLITIK ERFOLG LIFESTYLE TECHNOLOGIE

Digitale Welt Auto Umwelt Forschung Gadgets WiWo Green Storytelling

DAX ®	E-STOXX 50®	MDAX ®	Dow Jones	Gold (USD)	EUR/USD
12.553,84 −0,06%	3.525,59 −0,16%	25.409,58 −0,01%	22.370,80 +0,18%	1.311,62 +0,05%	1,1994 −0,01%

Börsenkurse
cfd Indikationen

Die WirtschaftsWoche > Technologie > WiWo Green > Tech > Die Apfel-Batterie: Karlsruher Forscher basteln Akku mit Obst-Kohlenstoff

Die Apfel-Batterie

22. Januar 2016

Karlsruher Forscher basteln Akku mit Obst-Kohlenstoff

Artikel teilen

von Wolfgang Kempkens

Forscher suchen nach günstigeren und umweltfreundlicheren Materialien für Akkus und sind dabei auf Äpfe gestoßen.

Lithium könnte knapp werden. Allein die gigantische

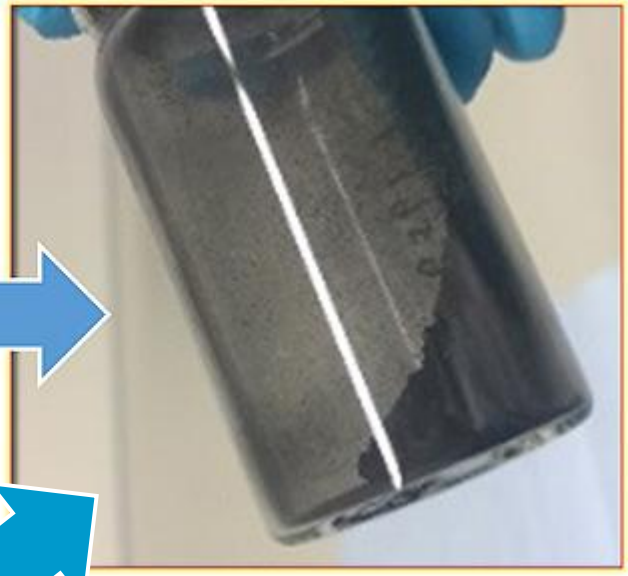
ANZEIGE

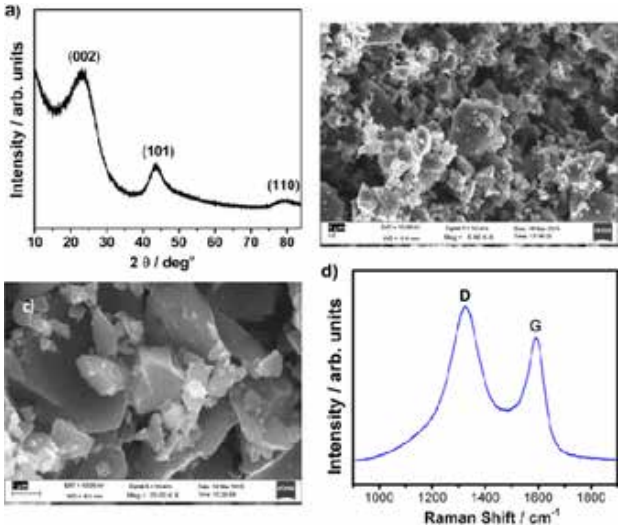
INTERVIEW ZUR AKTUELLEN RECHTSLAGE

„Ein Umweg führt oft schneller zum Ziel“

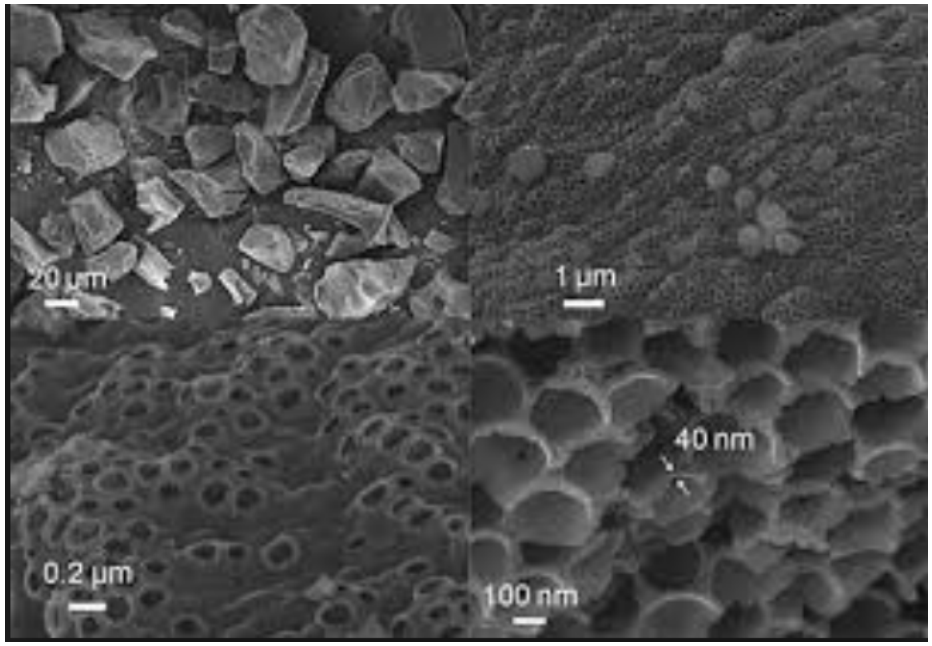
Victor Pfaff ist Rechtsanwalt.
Sein Spezialgebiet: das Migrationsrecht.
Der Jurist über Unterschiede bei der Auslegung

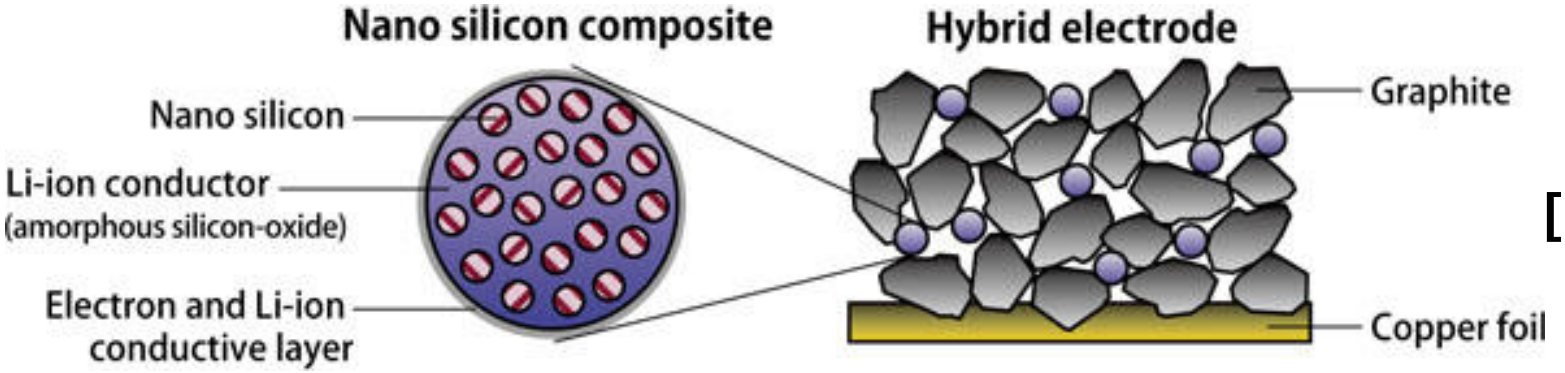
Beispiel: Hardcarbon aus Bio-Abfall





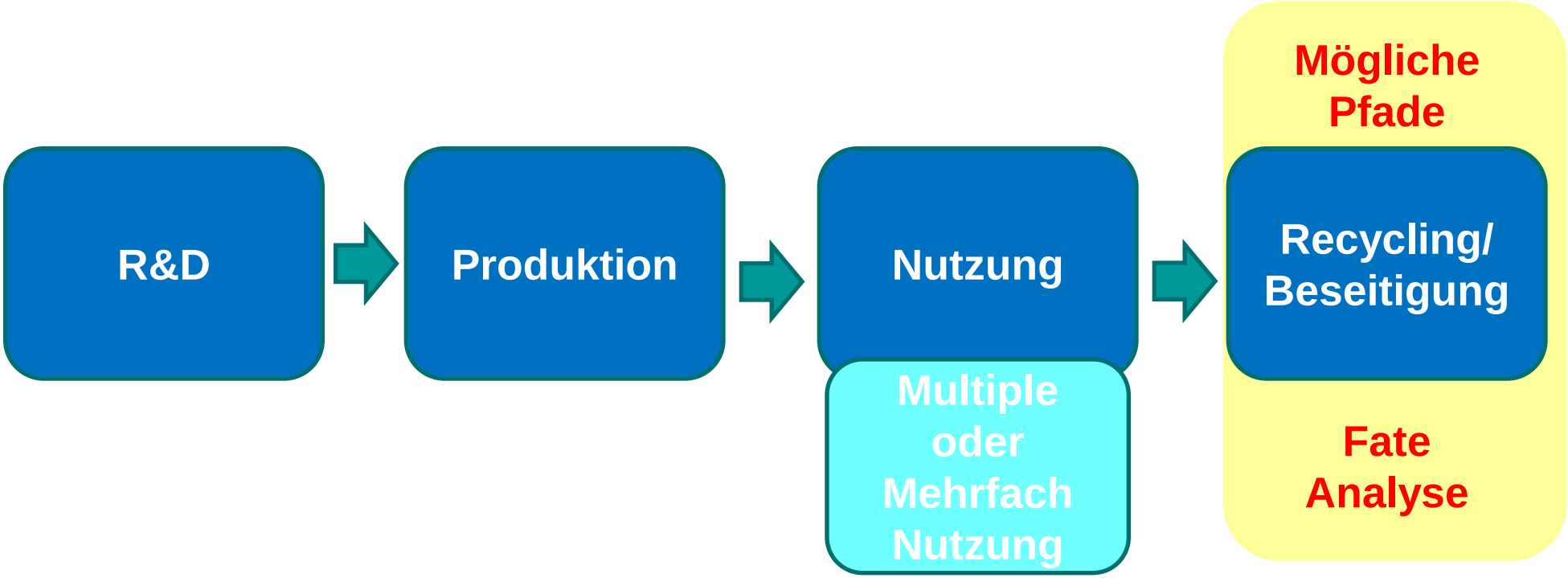
Beispiel: Nano-Silicon (Kathode)



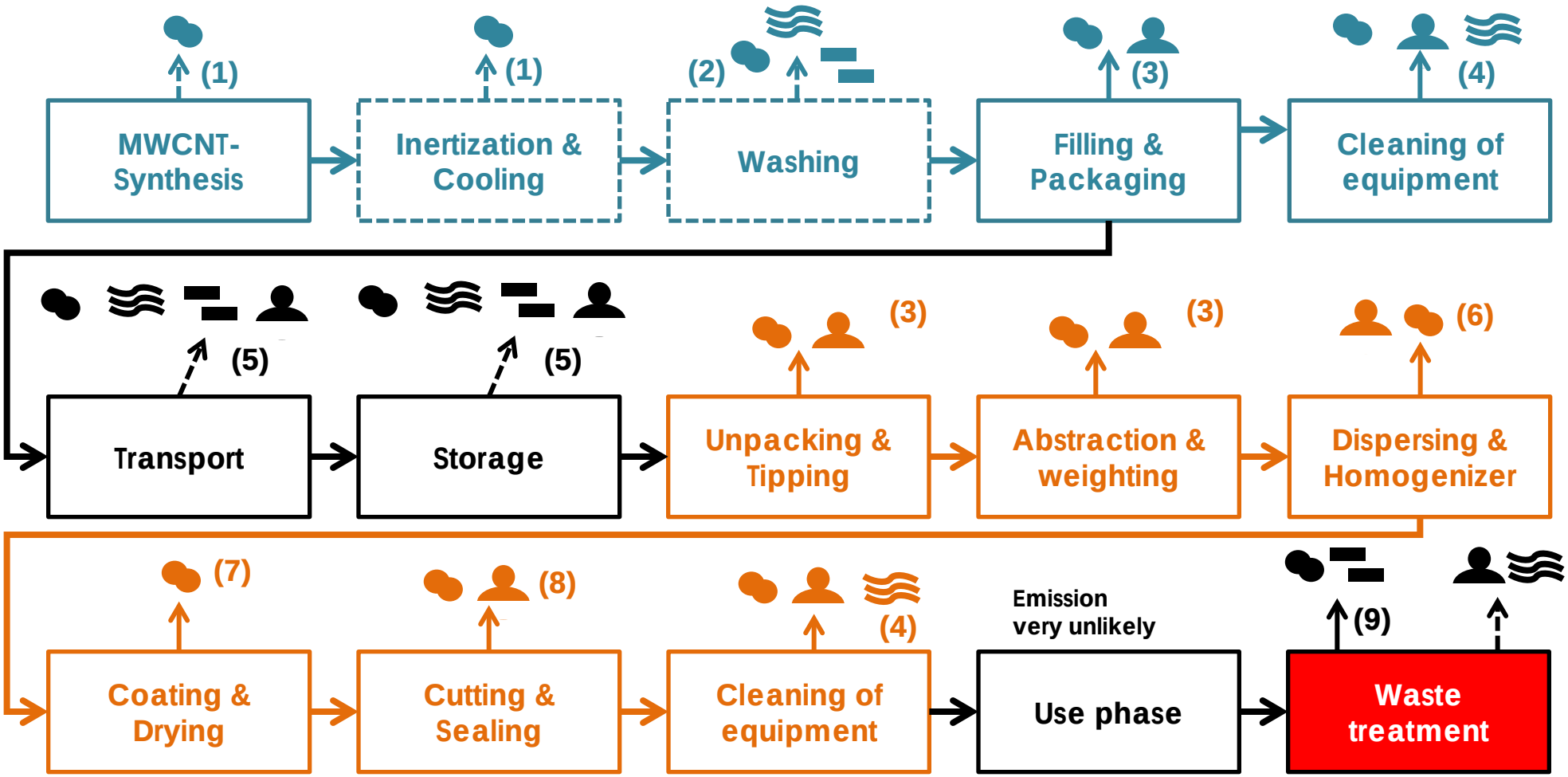


[Maxell]

Batterien mit Nano-Materialien
Lebenszyklus



Life Cycle Stages of CNTs in EV-Batteries



emissions to
air water soil direct human exposure

Colors: represent different locations.
Black: variable location

Red Filled: exposure hot spot

Wo findet das Recycling statt?

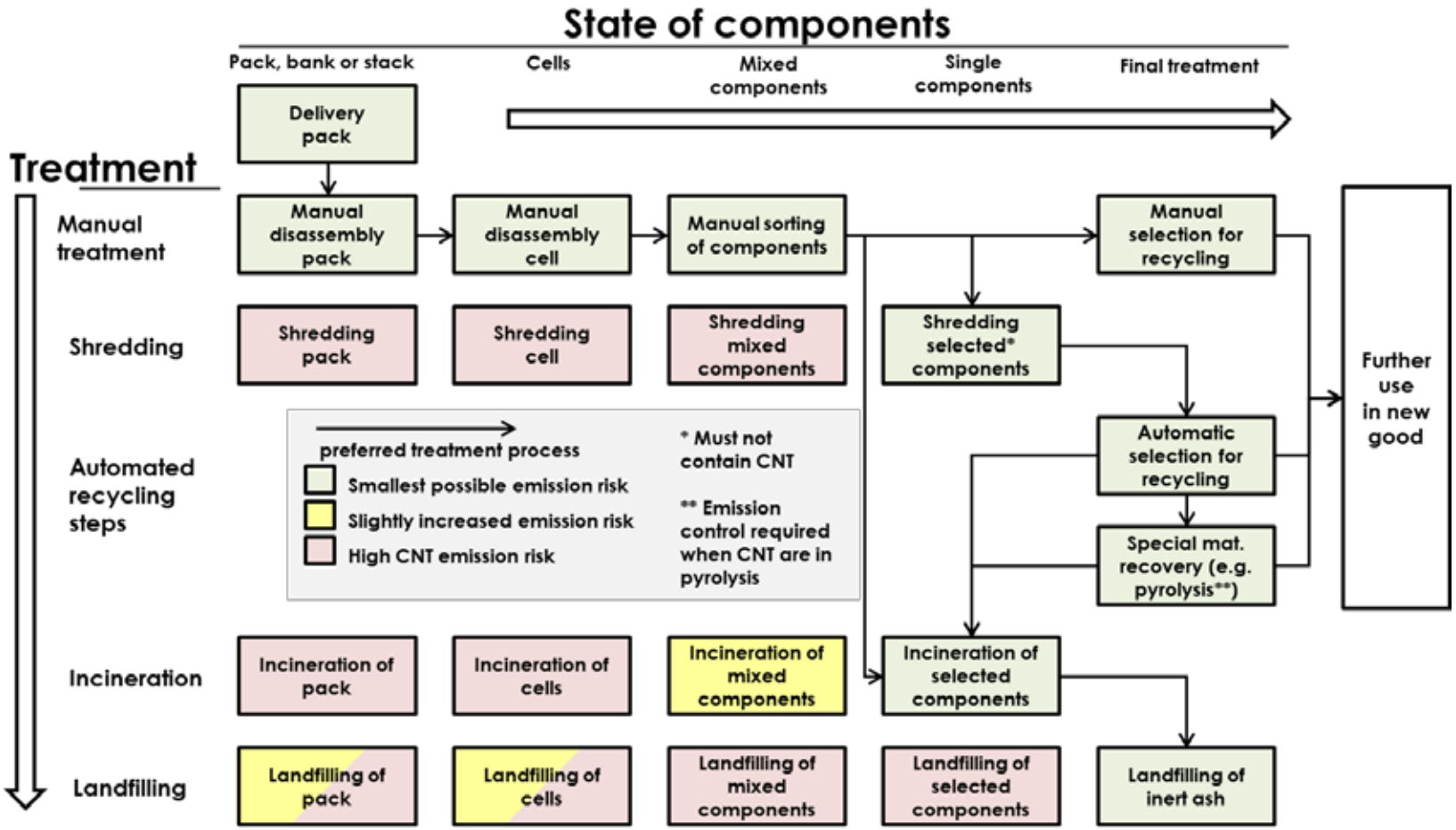
Geregeltes Recycling

RMTH Aachen, IME

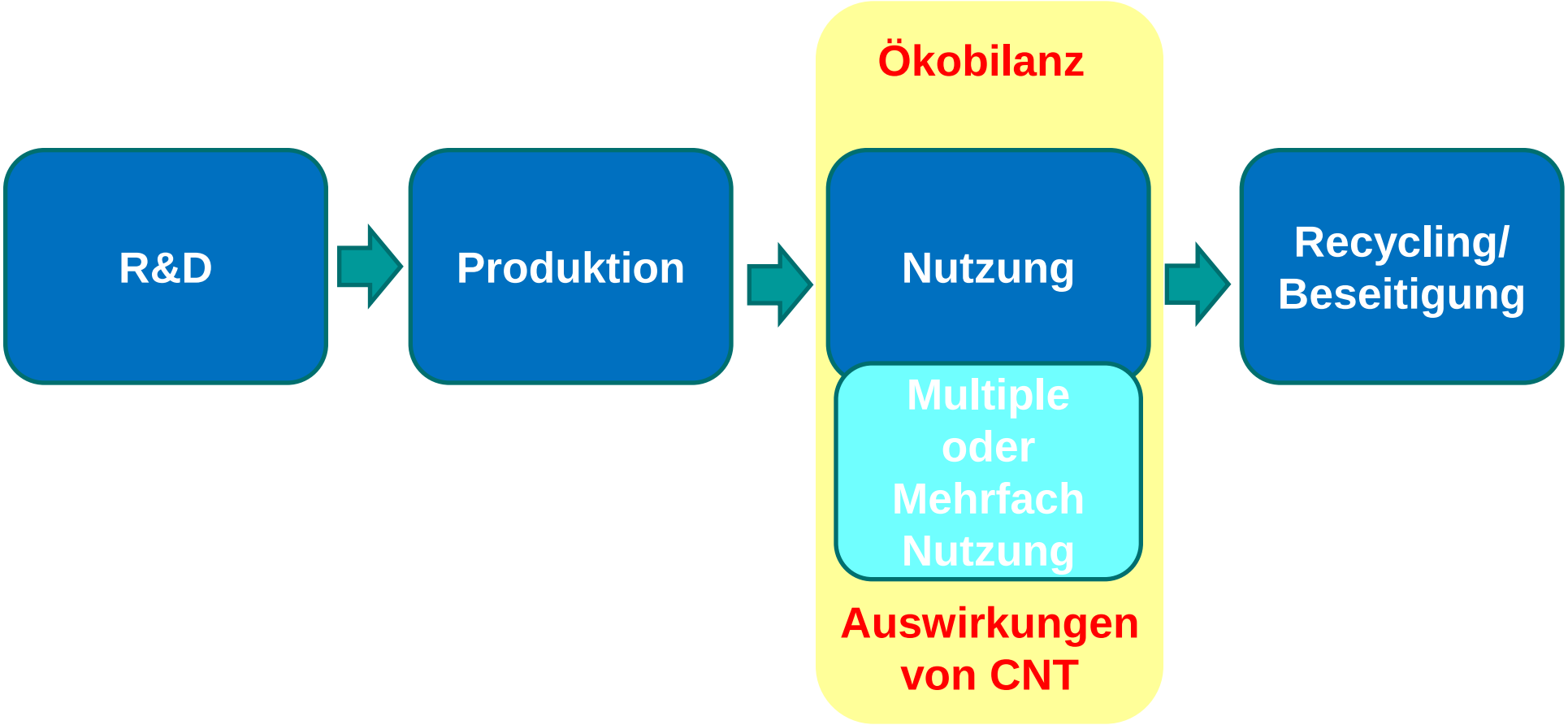
Ungeregeltes Recycling

Afrika

In depth analysis of recycling options of traction batteries

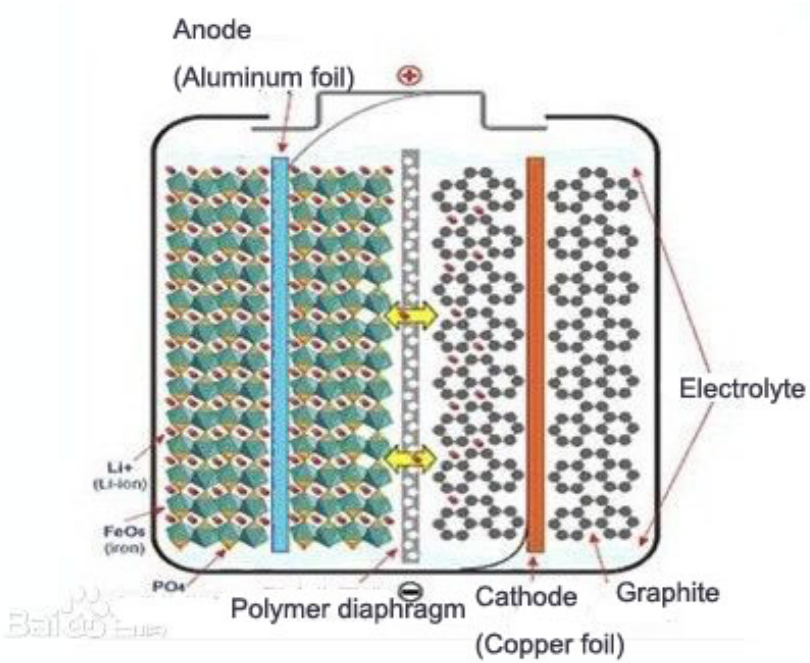


Batterien mit Nano-Materialien
Lebenszyklus



Beispiel:$LiFePO_4$

Prospective Ökobilanz (LCA)
Einer CNT-Optimierten
$LiFePO_4$ -Batterie
für automobile
Anwendungen.



[Nissan LEAF]

$LiFePO_4$ Batterie

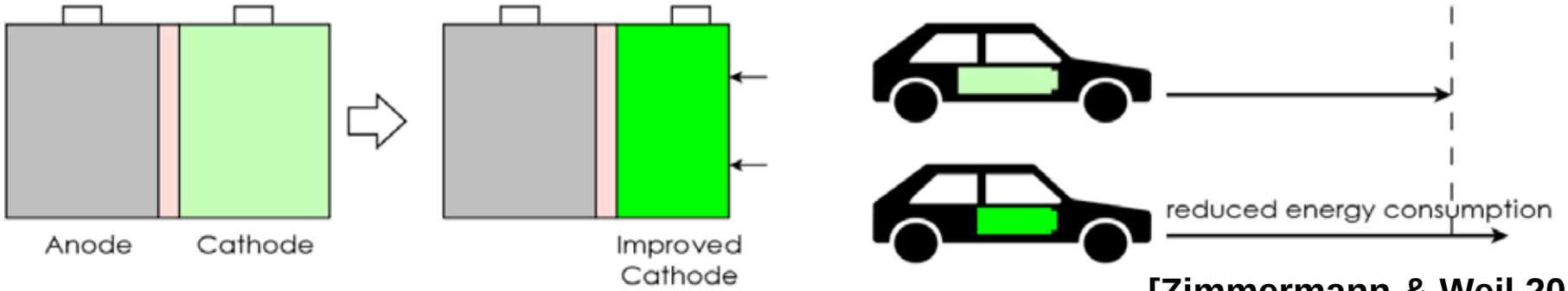
- Relativ sehr sicher, niedrige Rohstoffkosten
- Hauptproblem: Niedrige Leitfähigkeit von $LiFePO_4$
- Lösung: Nutzung von CNT als leitfähiges Additiv

Gewünschte Effekte des CNT Einsatzes (Basierend auf Literatur):

- Ø Erhöhung der Elektronen- und Ionen-Leitfähigkeit
- Ø Erhöhung der Energiedichte
- Ø Erhöhung der Lebensdauer

Vereinfachte Ökobilanz (LCA)

- Vergleiche eines Fahrzyklus eines Fahrzeugs mit $LiFePO_4$ Batterie gegenüber Fahrzeug mit CNT verbesserter Batterie
- Funktionale Einheit: 100 km (Lebensdauer Batterie: 150.000 km)
- 4wt% MWCNT in Kathoden-Slurry → MWCNT ca. **0.93%** des Batterie Gewichtes
- Konstante Batteriekapazität (23.76 kWh)
- Energieverbrauch des Fahrzeuges ist beeinflusst durch das Fahrzeuggewicht
- Keine Gutschriften aus dem Batterie-Recycling



[Zimmermann & Weil 2013]

Szenarios: CNT Effekte

- Szenario 1

  Ø+15% Energiedichte *(gravimetric)*

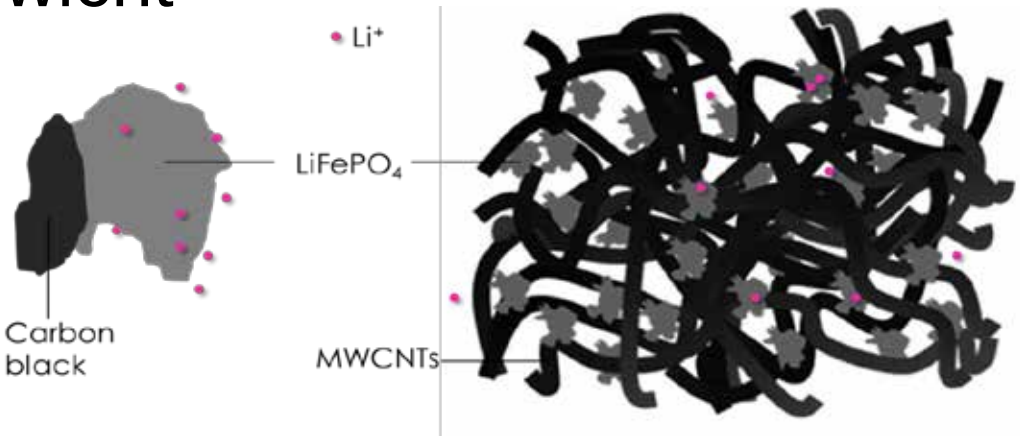
  -> -15% Kathoden-Gewicht

- Szenario 2

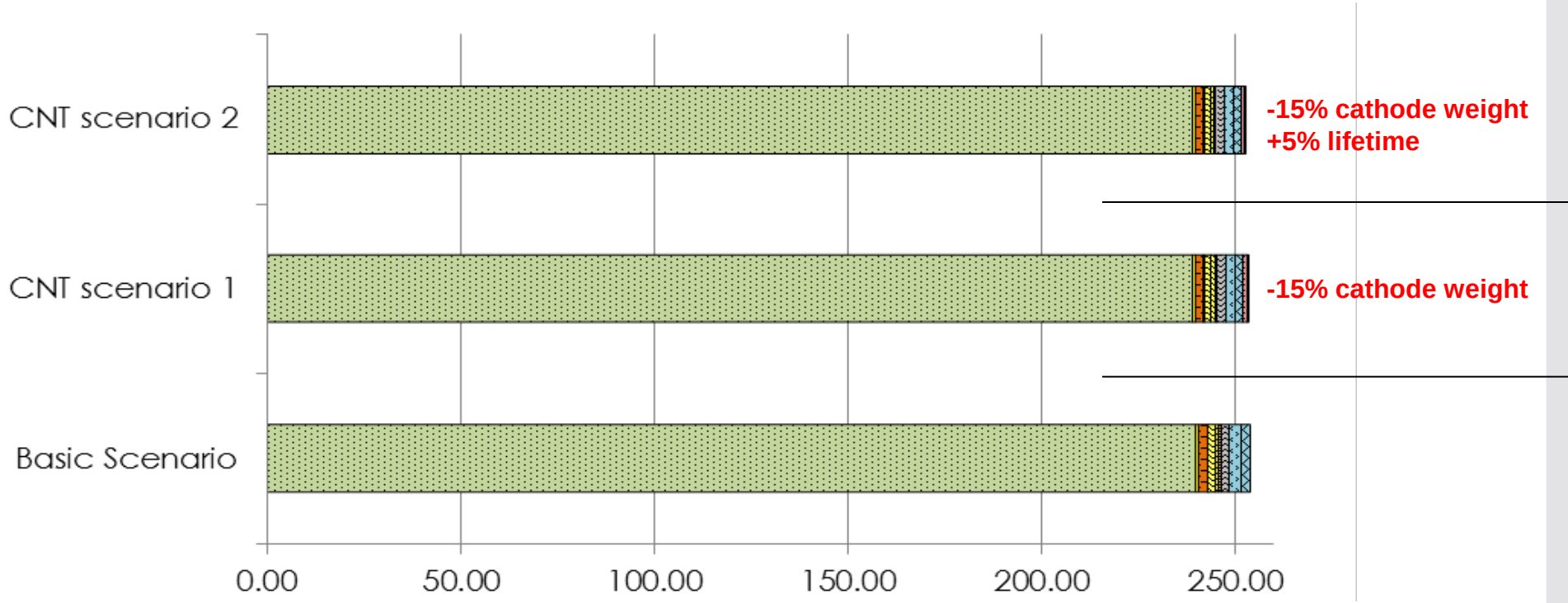
  Ø+15% Energiedichte *(gravimetric)*

  -> -15% Kathoden-Gewicht

  Ø+5% Lebensdauer



Kumulierter Energieaufwand (KEA)

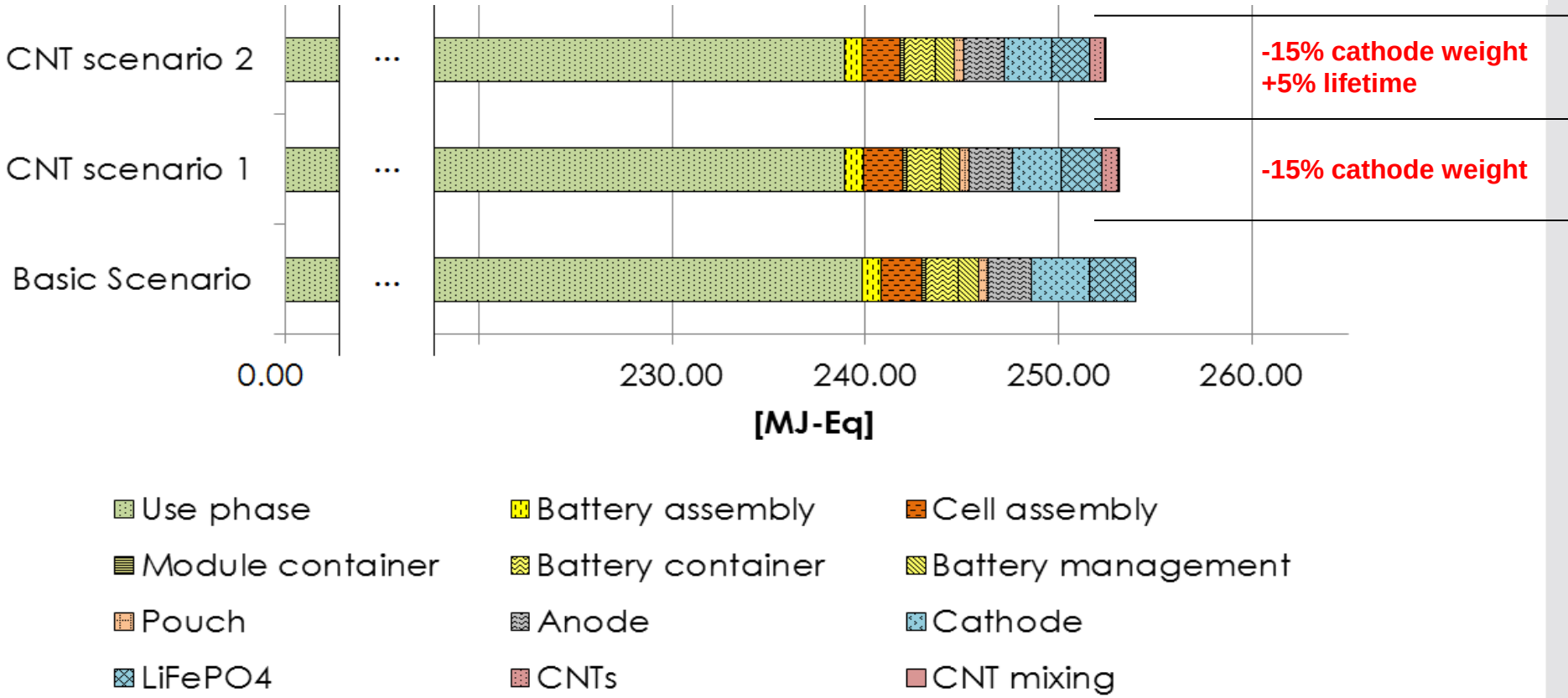


Basic scenario ←→

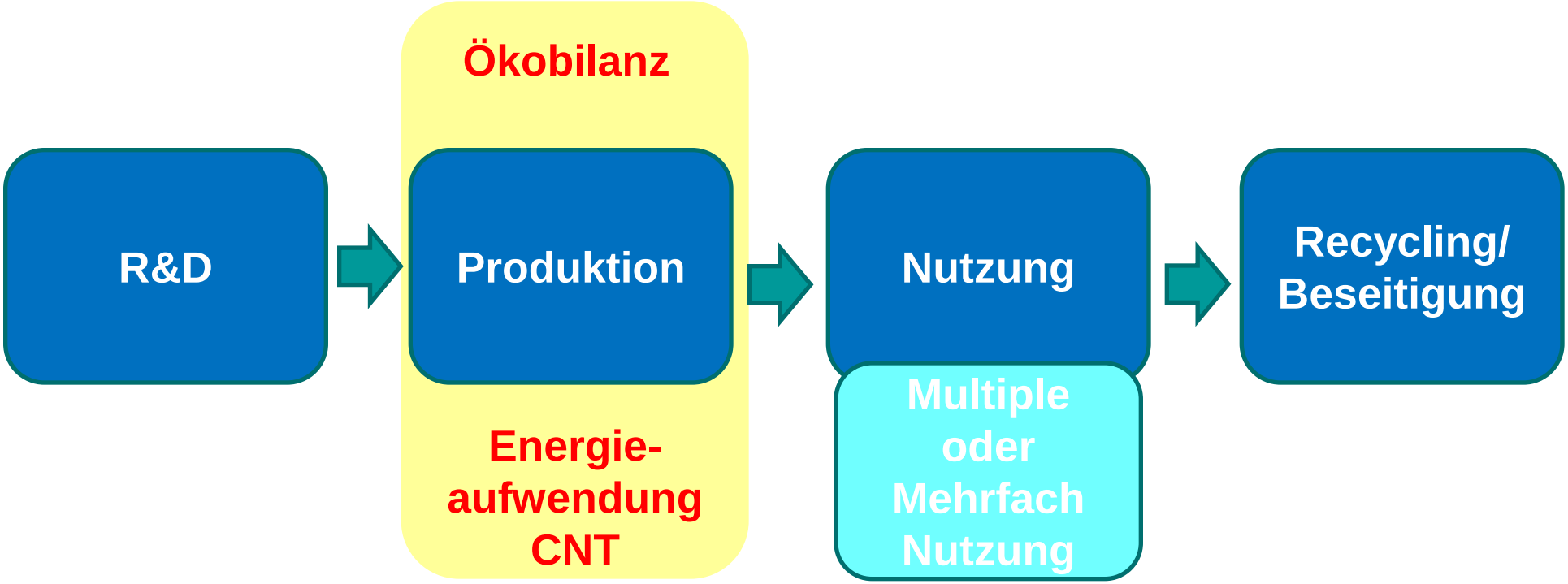
Energy demand of use phase: 94%

Energy demand of battery production: 6%

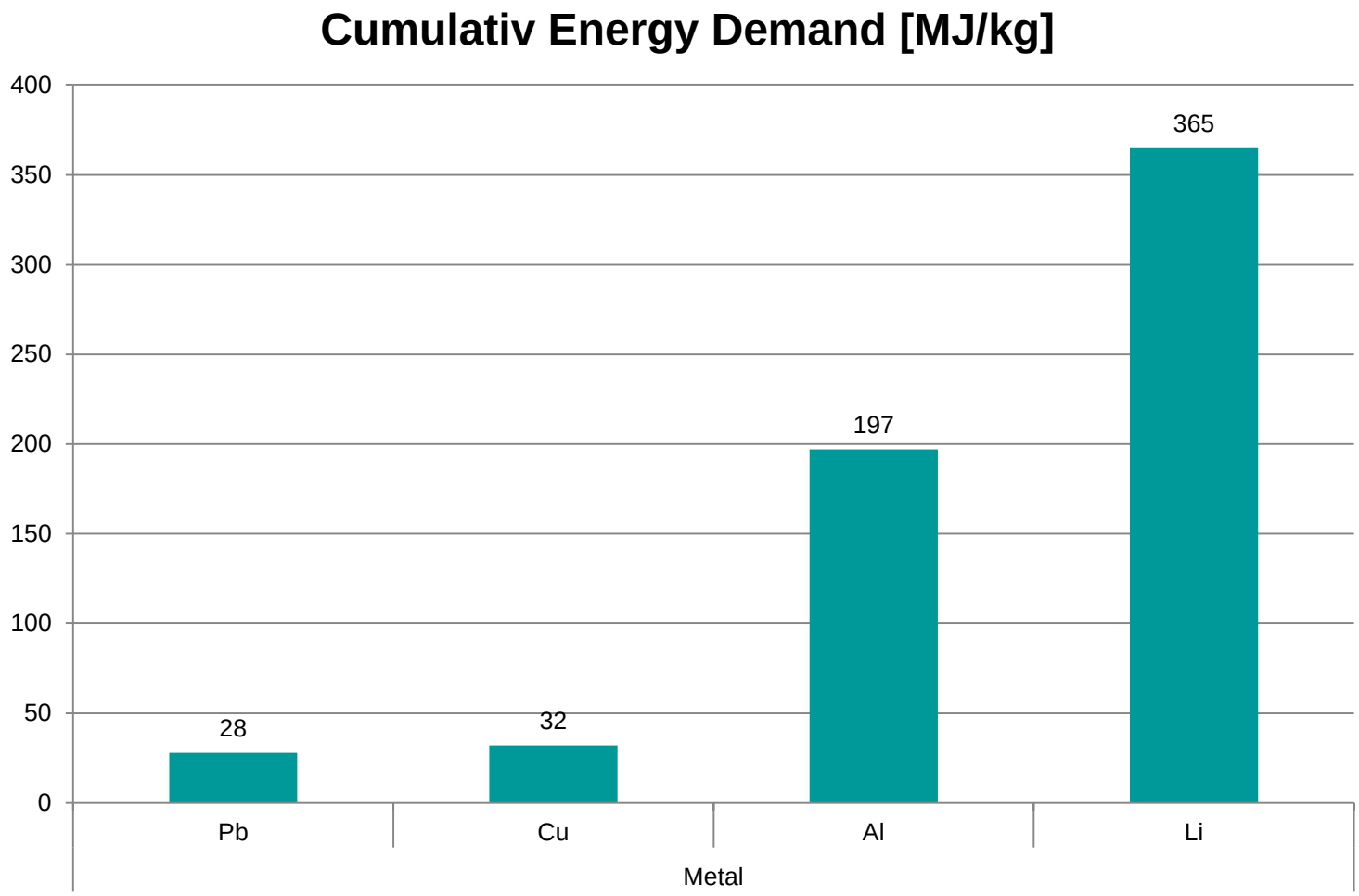
Kumulierter Energieaufwand (KEA)



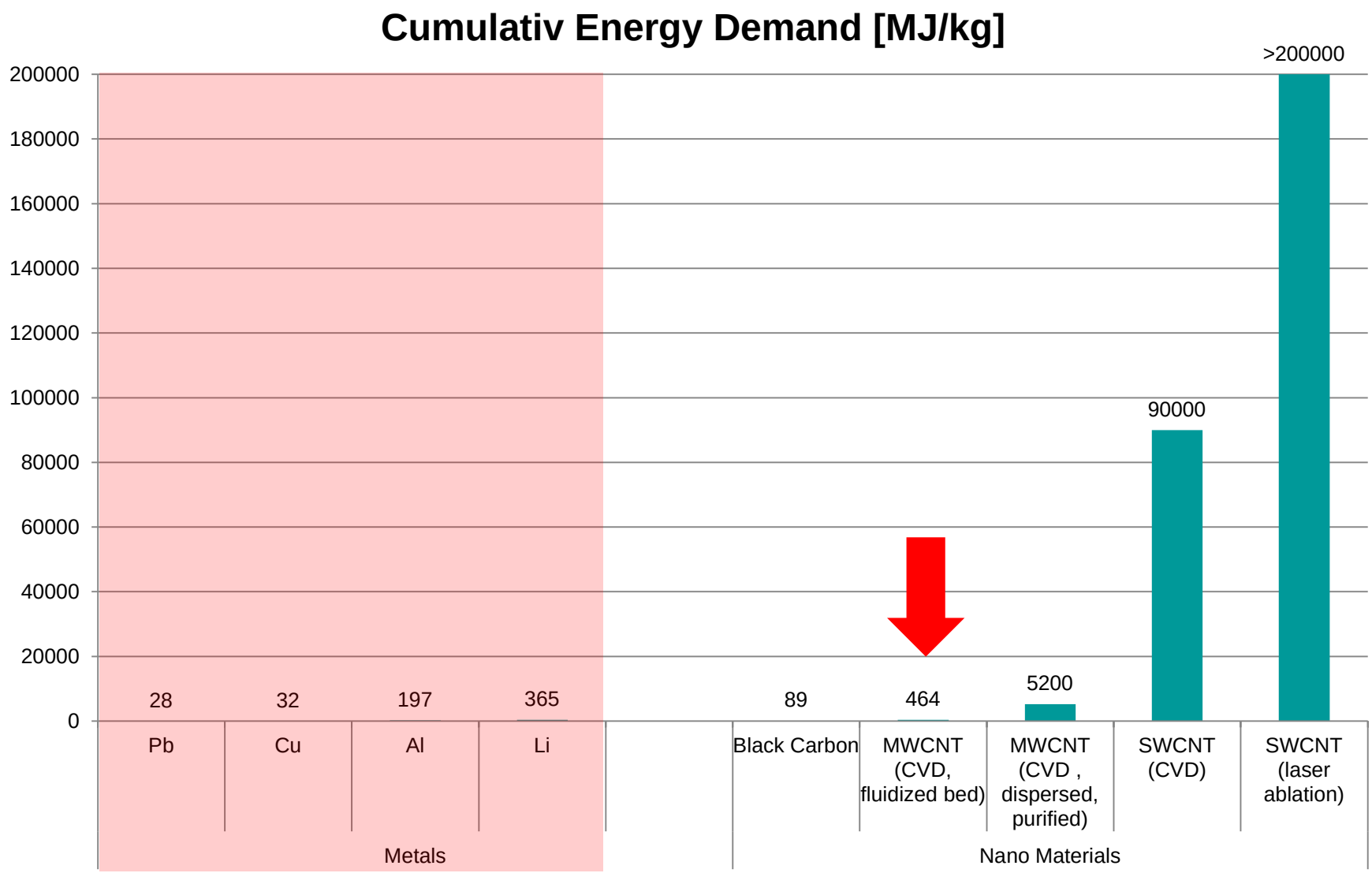
Batterien mit Nano-Materialien
Lebenszyklus



Kumulierter Energieaufwand der Herstellung einiger Metalle



KEA für Herstellung von CNT



CNT Toxizität
Charakterisierungsfaktoren für LCA

Nanotoxicity and Life Cycle Assessment: First attempt towards the determination of characterization factors for carbon nanotubes

Gonzalo Rodriguez-Garcia[1], Benedikt Zimmermann[2], Marcel Weil[1, 2]

[1]Helmholtz-Institute Ulm for Electrochemical Energy Storage (HIU), Albert-Einstein Alle 11, 89081 Ulm, Germany

[2]Institute for Technology Assessment and Systems Analysis (ITAS) at Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Hermann-von-Helmholtz Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Germany

gonzalo.garcia@kit.edu

Abstract. Carbon materials, whether at macro, micro or at nanoscale, play an important role in the battery industry, as they can be used as electrodes, electrode enhancers, bipolar separators, or current collectors. When conducting a Life Cycle Assessment (LCA) of novel batteries manufacturing processes, we also need to consider the fate of potentially emitted carbon based nanomaterials. However, the knowledge generated in the last decade regarding the behavior of

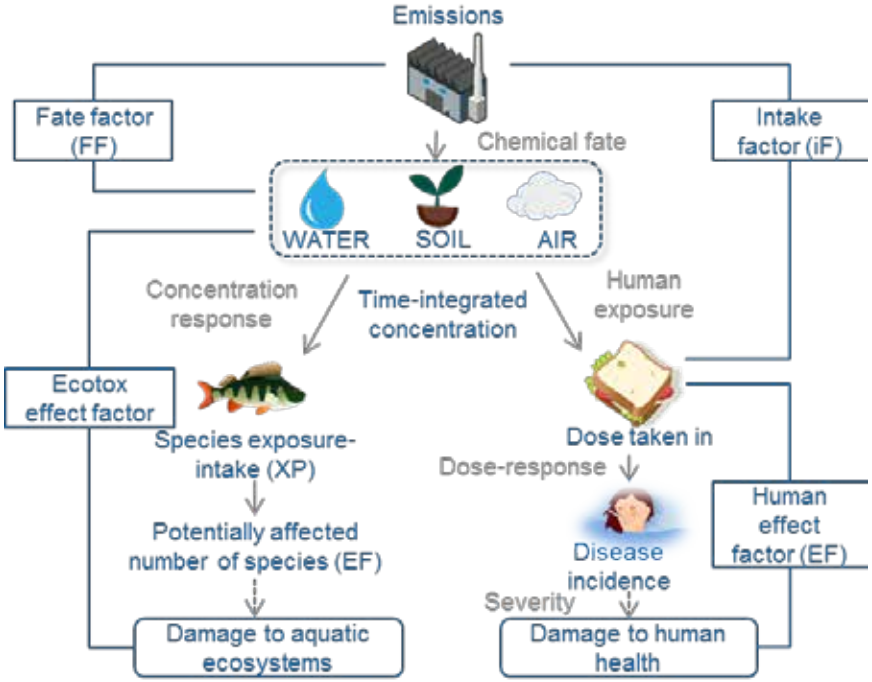


Table 3. Selected factors affecting Human Toxicity (non-cancer) CF

	EF (cases/kg_{intake})		iF ($kg_{intake}/kg_{emitted}$)					
	inh	ing	Uair-air	Uair-other[1]	Fwater-fish	Swater-fish	Nat. soil-fish	Ag. soil-prod[2]
SWCNT	5.3E-02	1.1E-03	2.6E-05	6.5E-02	5.8E-01	5.7E-01	2.5E-04	3.0E-11
MWCNT	1.4E-02	1.3E+01	2.6E-05	2.0E-04	2.3E-05	7.2E-07	7.0E-06	4.7E-05
Cu(II)	9.1E-03	9.1E-03	2.6E-05	1.4E-03	6.7E-05	2.4E-05	3.6E-05	3.9E-03

[1] drinkig water+expected products+ unexpected products+meat+dairy+fish
[2] exposed produce+unexposed produce

USETOX

USEtox®

Search...

HOME | EVENTS | MODEL | SUPPORT | USER FORUM | TEAM | SUPPORTERS | FAQ

Official USEtox 2.0 model and factors

USEtox is a **scientific consensus** model endorsed by the UNEP/SETAC Life Cycle Initiative for characterizing human and ecotoxicological **impacts of chemicals**. Main output is a database of recommended and interim **characterization factors** including fate, exposure, and effect parameters.

This website is the only official source of USEtox model and factors.

Download Official USEtox

USEtox User Forum

Latest news and events

- USEtox 2nd Summer School
- USEtox 1st Summer School
- USEtox 2.0 Official Launch

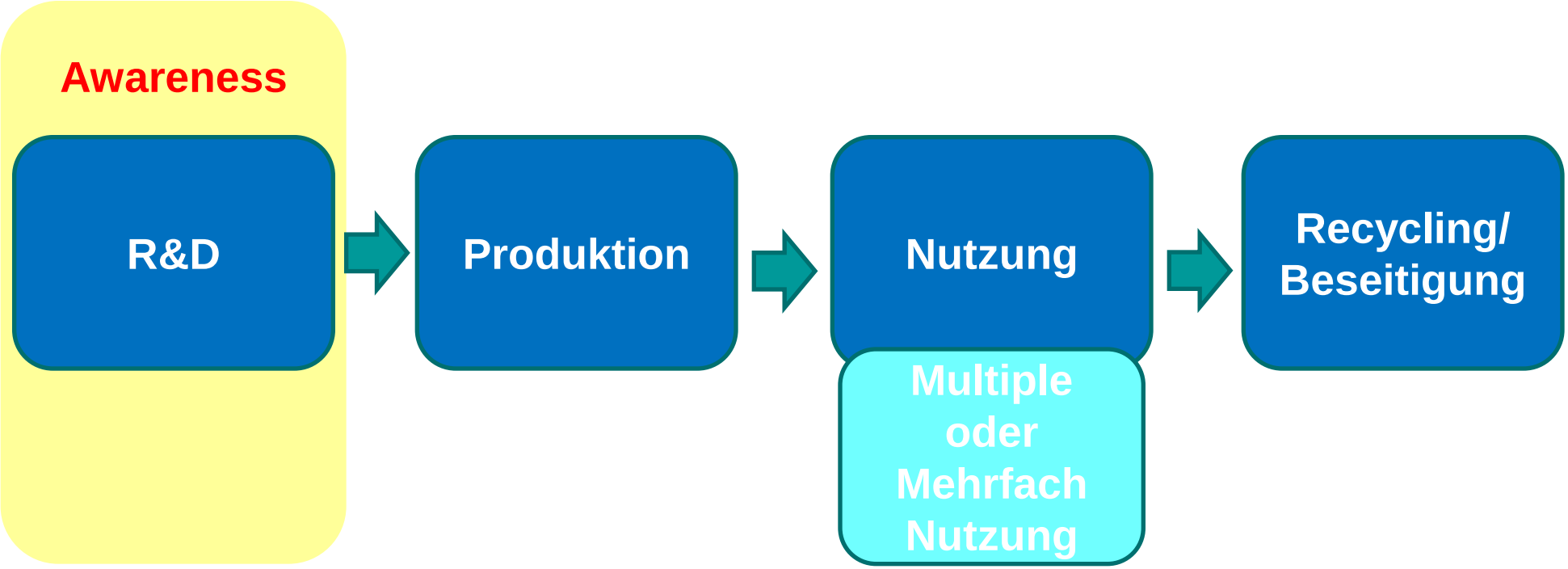
Active forum topics

- Acute to chronic extrapolations
- usetox 2.0 for 64bit?
- Ecotoxicity Factor (for avlogEC50)

USEtox Model

- Current version
- Submit Update Proposal
- Latest events

Batterien mit Nano-Materialien
Lebenszyklus



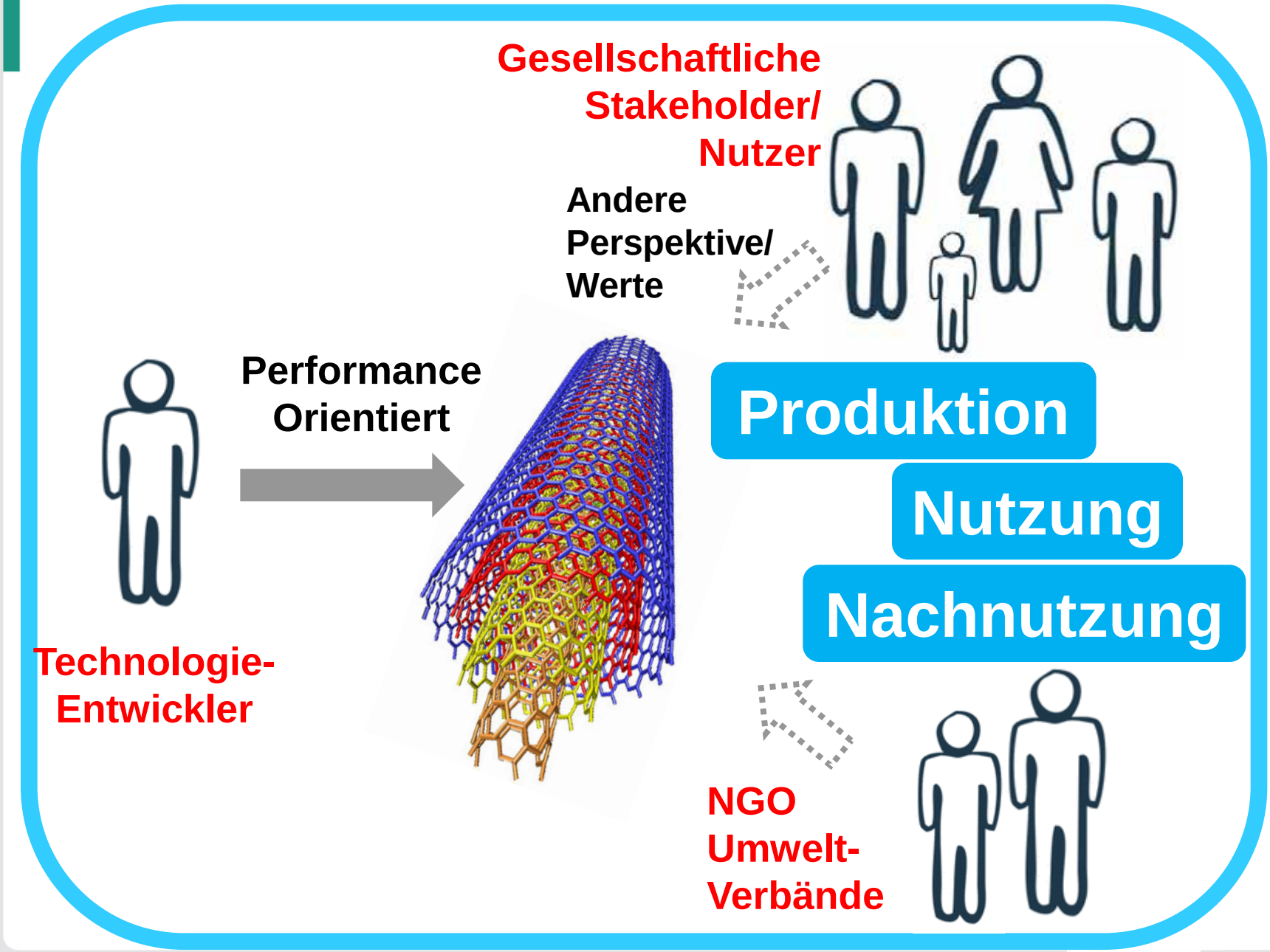
Bewusstseinsbildung

Constructive Technology Assessment (CTA)

- Entwickelt um 1990 in den Niederlanden (Arie Rip)
- Erweiterung der Designphase für neue Technologien
- Berücksichtigung von weiteren Aspekten und Akteuren
- Iterative Rückkopplung von TA und SA in die Designphase neuer Technologien

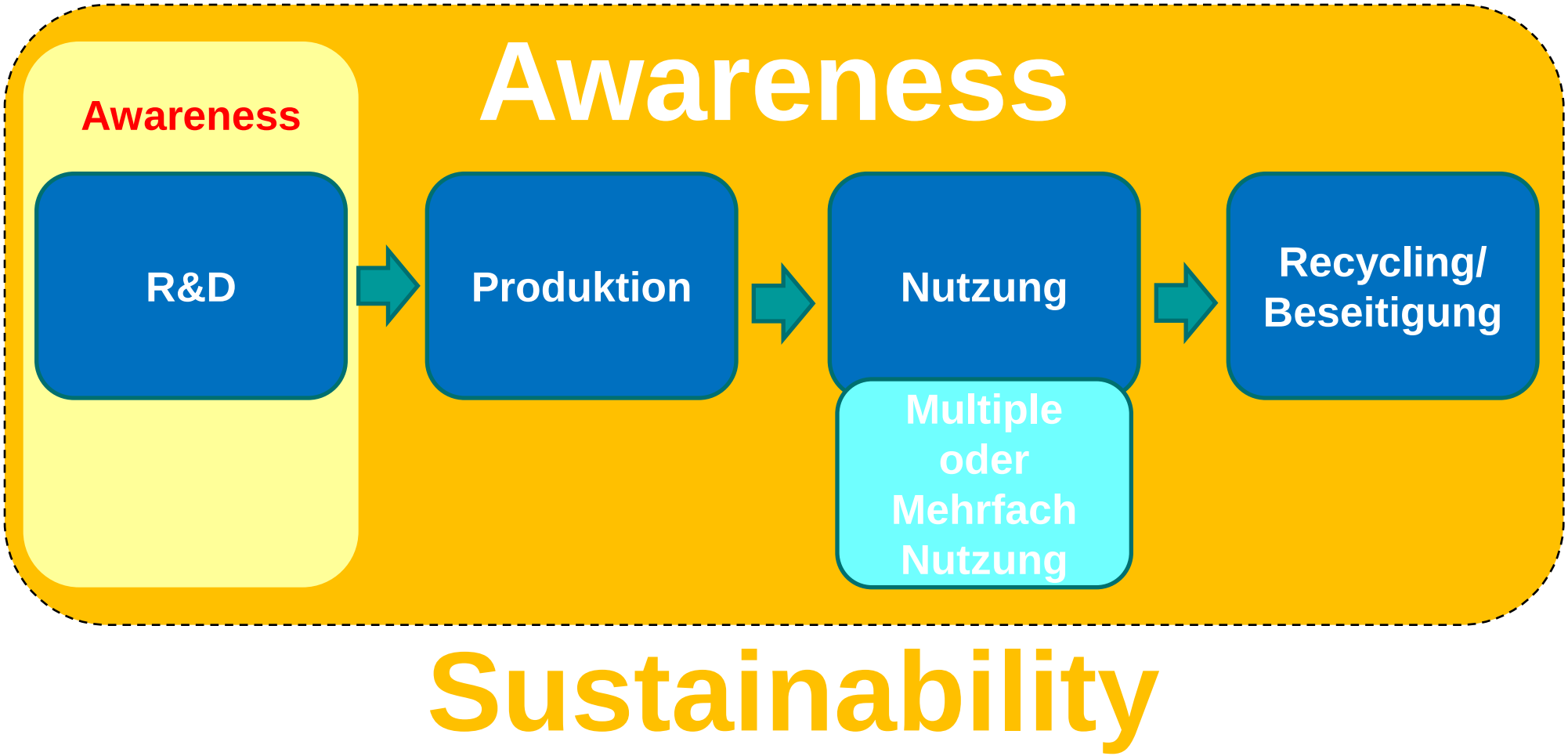
Ziel:

Prävention von technologischen Fehlanpassungen einer emergenten Technologie durch die Berücksichtigung ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten

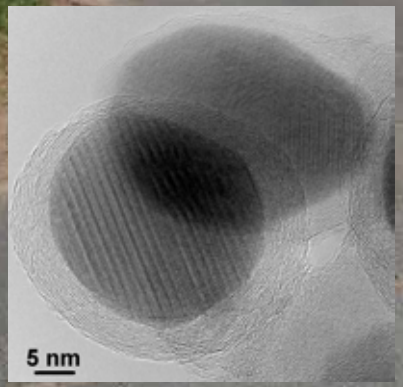
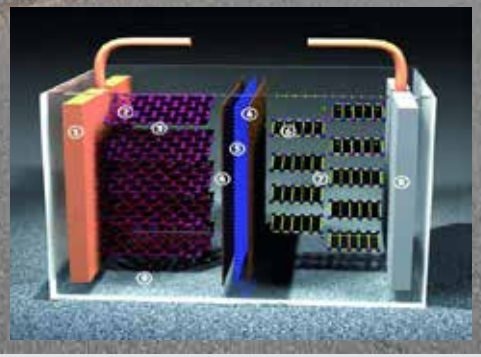
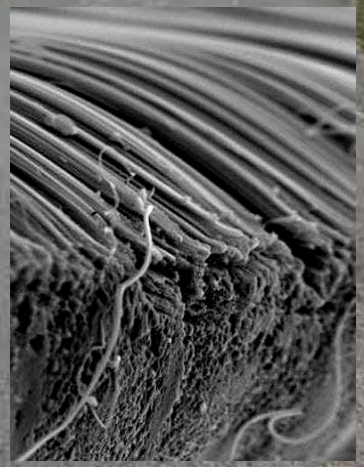

Gesellschaftliche Stakeholder/ Nutzer
Andere Perspektive/ Werte
Performance Orientiert
Technologie-Entwickler
Produktion
Nutzung
Nachnutzung
NGO Umwelt-Verbände

C T A

Batterien mit Nano-Materialien
Lebenszyklus



CTA in early design phases of nano enabled electro chemical storage systems



Thank You