

# Lithium

## Fluch oder Segen?

Rolf Widmer, Empa - Technology & Society Lab

- was ist und woher kommt Li ? (Fotoserie, 7s)
- weshalb Li als Energiespeicher ? (Kurzporträt Urelement & Energiewende, 6s)
- wieviel Li gibt es und wie weit reicht es ? (Langzeitmodell, 3s)
- Technologie für LIB Herstellung und Entsorgung (2s)
  - Problem: Brandgefahr
- Ökobilanz von LIB ? (Bsp Mobilität, 1s)
  - Probleme: Vergleich von "Äpfel mit Birnen" und "ökologischem Rucksack"
- Aussichten: (Zusammenfassung, 1s)
  - welche Rolle wird / kann Li haben ?

# Salar Uyuni: mehr als Lithium!



# Die Wertschöpfung hat begonnen ...



... von klein



... bis



... gross









# Talison Lithium Mine, West Australia (ca. 1/4 der Weltproduktion)



<https://www.gettyimages.ch>, AUS: Operations at the Talison Lithium Mine

# Lithium: ein ausserordentliches Urelement



1	1	IA	
1	<b>H</b> hydrogen 1.0079	2	
2	3	4	IIA
2	<b>Li</b> lithium 6.941	4	<b>Be</b> beryllium 9.0122
3	11	12	
3	<b>Na</b> sodium 22.990	12	<b>Mg</b> magnesium 24.305
		20	

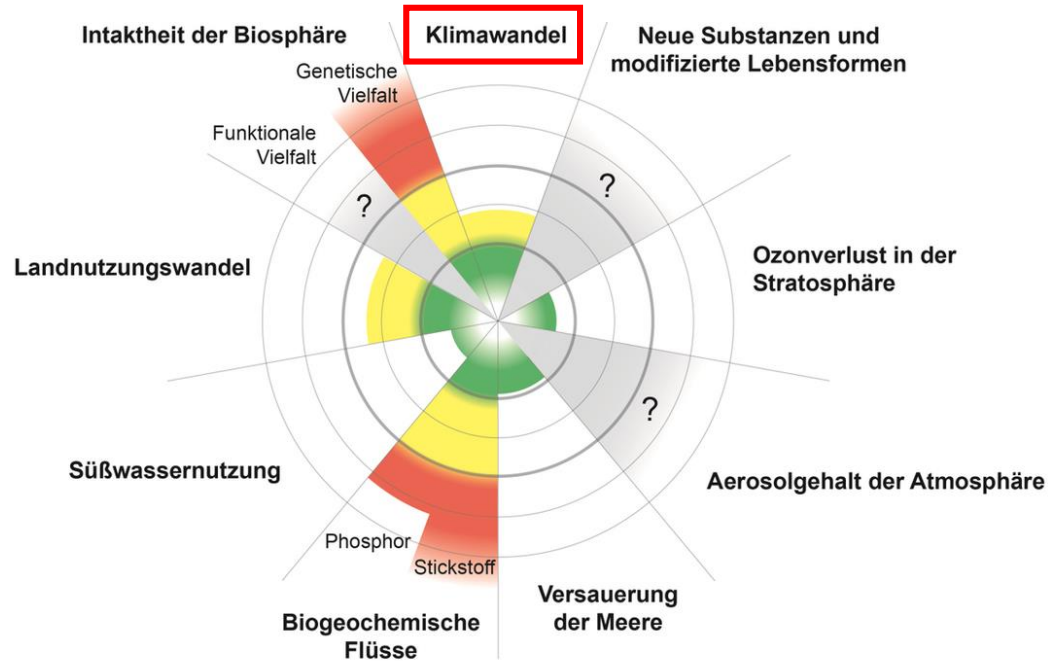
- Li ist das leichteste Metall (Dichte = 0.543 kg/l)
- höchstes Standardpotenzial ( $E^0 = -3,04$  V)
- reagiert in metallischer Form heftig mit  $O_2$  (brennt!)
- relativ häufig (in der Erdkruste häufiger als Cu)
- ungiftig (wird als Medikament verwendet)

# Weshalb ist Li ein wichtiges Thema?

The elephant(s) in the room



# "9 Planetare Leitplanken" (Planetary Boundaries)



<span style="color: red;">■</span> sicherer Handlungsraum verlassen; hohes Risiko gravierender Folgen	<span style="color: green;">■</span> Menschheit agiert im sicheren Handlungsraum
<span style="color: yellow;">■</span> sicherer Handlungsraum verlassen; erhöhtes Risiko gravierender Folgen	<span style="color: grey;">■</span> Belastbarkeitsgrenze nicht definiert

Rockström *et al.* 2009 and updated by Steffen *et al.* 2015  
<https://www.bmu.de>



Roger Braithwaite via NASA

# The Terawatt challenge

# 20 TW

= 20 Billionen Watt el. Energie

- = 2000 W/cap x 10'000'000'000 cap
- = 1'000 MW/unit x 20'000 unit
- = 1'000 MW/unit x 55 a x 365 units/a

Richard E. Smalley , Future Global Energy Prosperity: The Terawatt Challenge, 2004  
MATERIAL MATTERS, (Nobel price 1996, 'Fullerene')

Lithium Segen oder Fluch? Widmer, Batterie-Forum'18 @ Olten 04.12.2018



1 GW Ultra Mega Solar Park in Kurnool (India) | Telugu News | TV5 News

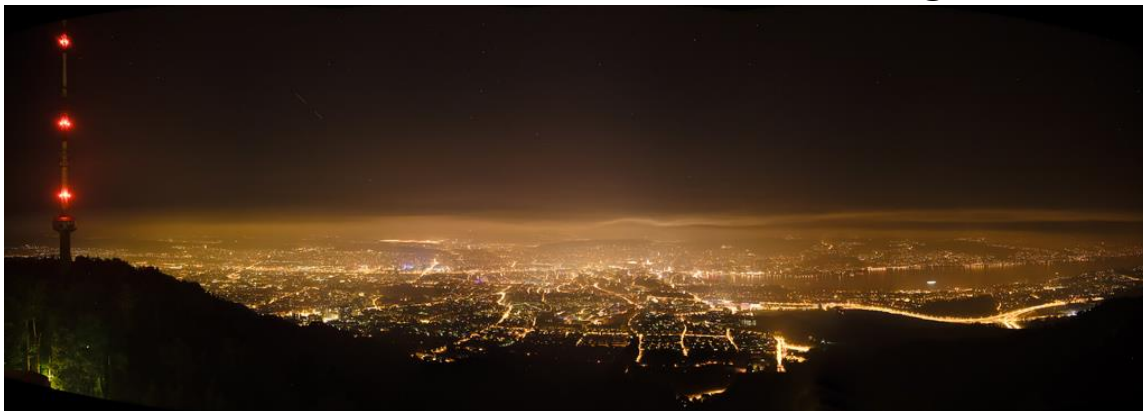
"pro Kopf" (CH 2017 ca. 5000 W)  
"GigaWatt Kraftwerke"  
"deren Installationsrate"

# Endenergieverbrauch der Schweiz in 2017

# 850'000 TJ

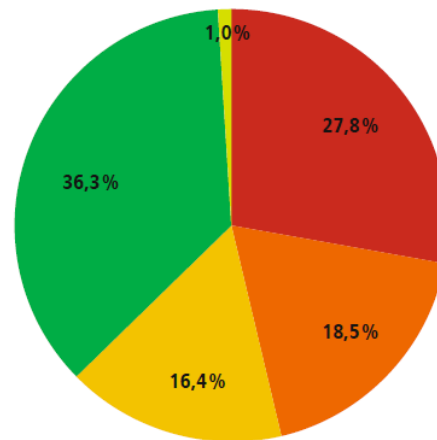
= 236 TWh/a = 236'000 GWh/a

- zum Vergleich: techn. PV-Potenzial der CH-Dachfläche = 100'000 GWh (davon 1800 GWh in 2017 genutzt)



Lithium Segen oder Fluch? Widmer, Batterie-Forum'18 @ Olten 04.12.2018

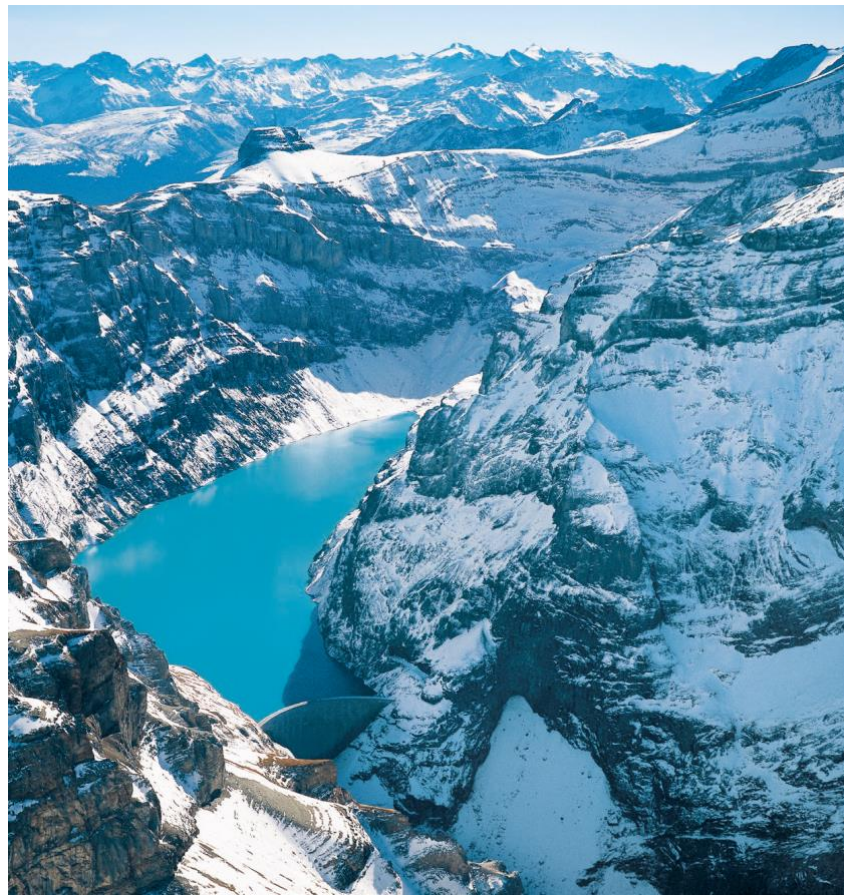
Anteil 2017 der vier Sektoren in %  
Parts en 2017 des quatre secteurs en %



SD Statistische Differenz inklusive Landwirtschaft  
DS Différence statistique y compris l'agriculture

## CH Endenergieverbrauch = **5'000 Füllungen**

- Wasservolumen= 25 Mm<sup>3</sup>
  - Fallhöhe= 650 m
  - Speicherkapazität= 44 GWh
  - leistet max. 1,5 GW (versorgt u.a. SG)
  - bei Volllleistung in 30 Stunden leer
  - Kosten ca. 50 €/kWh
- 
- Grand Dixence speichert 50x soviel Energie
  - CH Pumpspeicher Produktion 1'500 GWh
  - dies ist ca. 4% Wasserkrafternte der CH





# Muttsee mit Lithium-Ionen Batterie ersetzen?

- gleiche Speicherkapazität mit LIB ?  
**1kWh LIB:** LYP300AH LiFePO<sub>4</sub> , 306x362x56 mm<sup>3</sup>, 10kg, ca. 200 g Li
- 10'000 solcher LIB in einem 40' Container

## 4'400 Container

= 1 Muttsee (energiemässig)

= 1/100 Muttsee (volumenmässig)

- 100 BEVs = 1 Container
- 440'000 BEV = 1 Muttsee
- dies entspricht etwa 10% der heutigen CH PW-Flotte



# Genügen natürliche Li Ressourcen ?

## ■ 3 Quellen:

- **Solen in Salzseen** (Anden, China – Tibet)
- **Erze** in Gesteinen and Tone (Australien, USA, China, Kongo, Kanada etc.)
- **Meerwasser** (direkte Extraktion oder zusammen mit Entsalzung)



	identifizierte Li Ressourcen / Mt	Massenanteil / ppm
Salzseen (brines)	19.3 - 52.3	20 - 1'500
Minen (ores)	10.5 - 11.7	5'100 - 14'000
Meere	224'000	0.17

Sources: Yaksic et Tilton 2009, Garret 2004, Evans 2008.

# Simulation von Lithium Lagern & Flüssen

(von 2000 bis 2200)



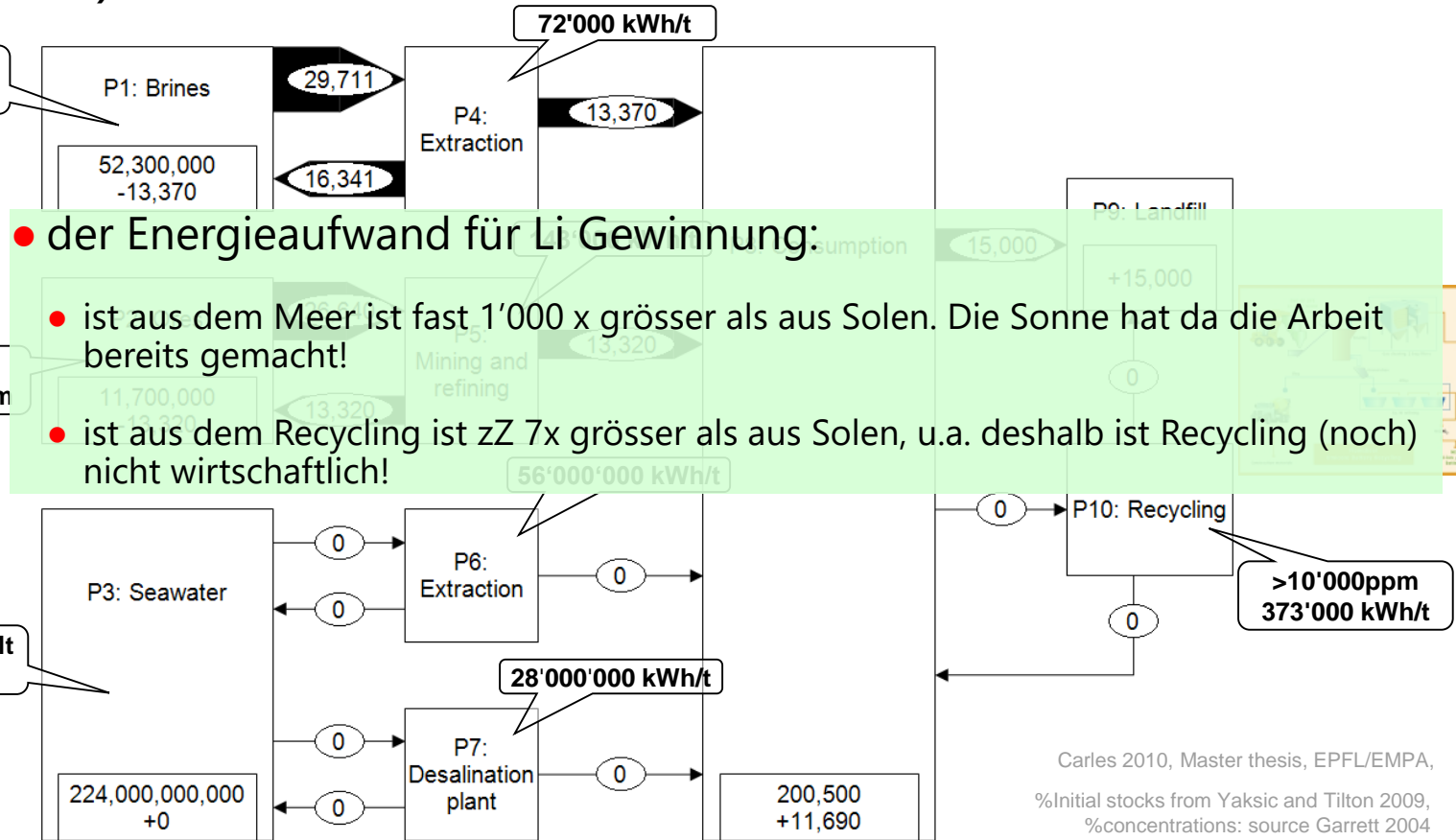
52.3 Mt  
1'500ppm



11.7 Mt  
14'000ppm



224'000 Mt  
0.17ppm



• der Energieaufwand für Li Gewinnung:

- ist aus dem Meer ist fast 1'000 x grösser als aus Solen. Die Sonne hat da die Arbeit bereits gemacht!
- ist aus dem Recycling ist zZ 7x grösser als aus Solen, u.a. deshalb ist Recycling (noch) nicht wirtschaftlich!

Carles 2010, Master thesis, EPFL/EMPA,  
%Initial stocks from Yaksic and Tilton 2009,  
%concentrations: source Garrett 2004

# Zeitverlauf der Li-Lagerverschiebung

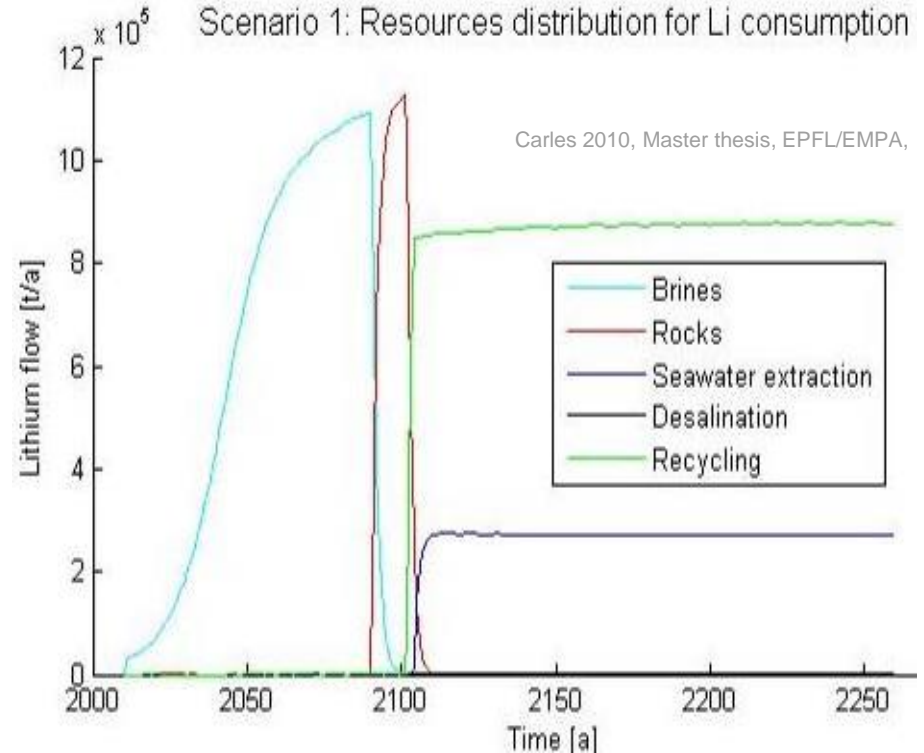
- **Salzseen** erschöpfen vor 2'100 bei ca. 1,1 mio t/a
- **Minen** erschöpfen ca. 20 Jahre danach ebenfalls bei ca. 1,1 mio t/a
- **Li Recycling** beginnt nachdem Laken und Minen erschöpft sind mit ca. 0,9 mio t/a
- **Li aus Meerwasser** kompensiert Li Verluste mit ca. 0,3 mio t/a

"base scenario 1": der Li-Fluss wird nur durch min. Energie bestimmt

"OLiEC scenario 2": ein Li Kartell der Tiefpreisproduzenten

"S-Korean scenario 3": Protektion der heimischen Industrie

"Swiss scenario 4": Pionier für zukünftige high-tech Recycling-Märkte

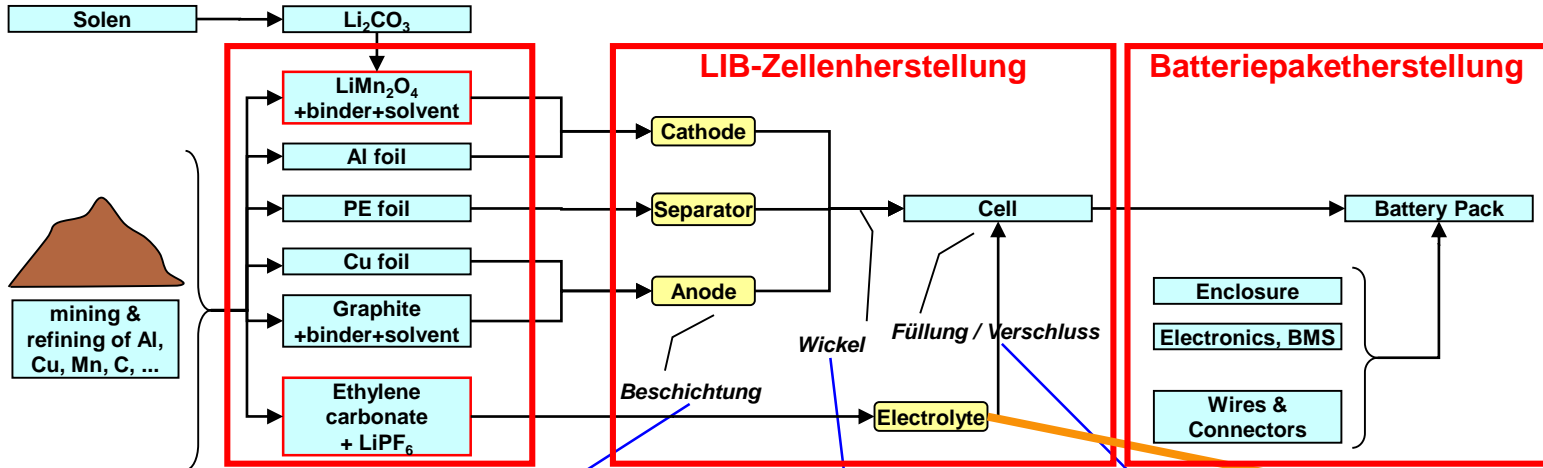


BEV 2050: >50% der Fhz-Flotte; 2100: >85%

LIB 2100: > 95% des gesamten Li Bedarfs

Li Flüsse erreichen 1.2mio t/a im 2100

# Herstellung einer Li-Ionen Batterie



WO lauert Gefahr ?

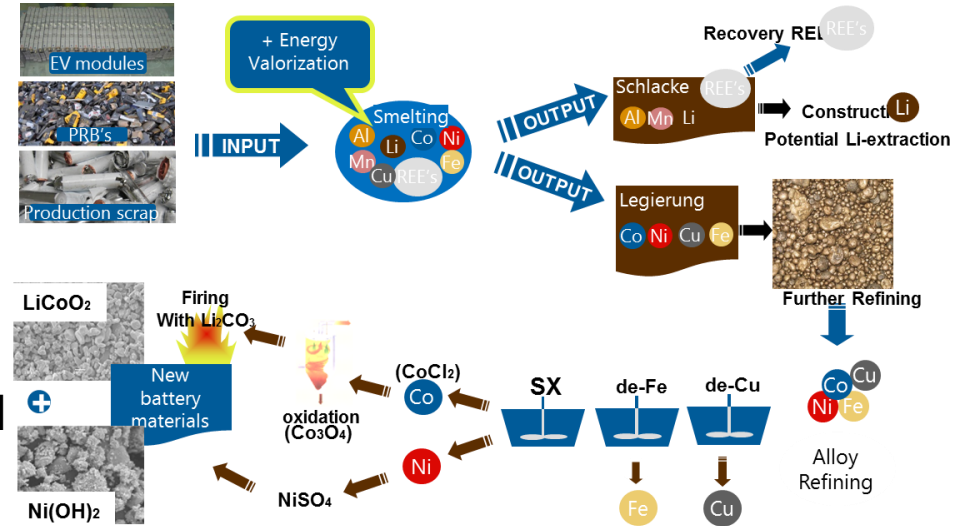


foto: cuberg.net, <https://www.electrive.com/2018/01/30/boeing-invests-aerospace-battery-startup-cuberg/>

(c) Empa

# Li-Ionen-Batterie (LIB) Recycling

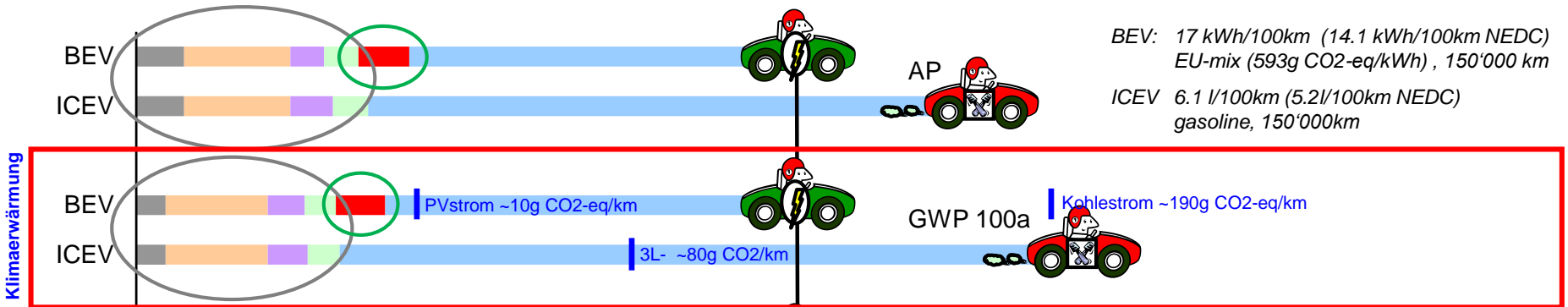
- Derzeit etabliert sind pyro- und hydro-metallurgische Verfahren.
- andere Verfahren gibt's im Labormassstab
- Zwar könnte Li zurückgewonnen werden, aber das heutige Hauptziel sind Co und Cu.
- Anreize/Auflagen könnten erforderlich sein, um eine frühzeitige und großflächige Li-Rückgewinnung zu gewährleisten.



pyro -metallurgischer LIB Recyclingprozess von umicore @ Hoboken.

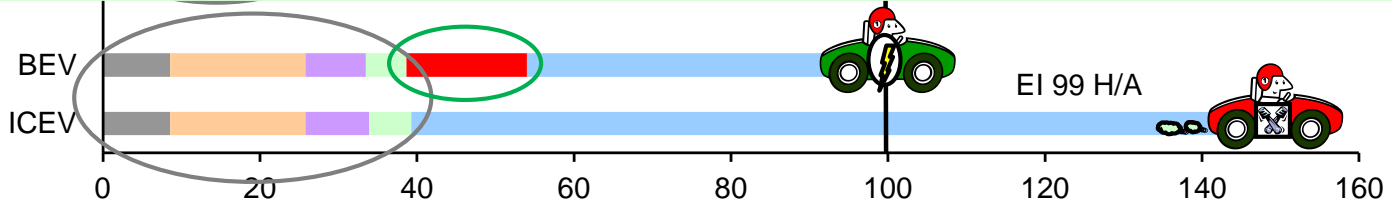
Prospective Environmental Assessment of Lithium Recovery in Battery Recycling, Carl Vadenbo, master thesis , ETHZ/Empa 2009

# Ökobilanz über den Lebenszyklus von Autos



Klimaerwärmung

- Sobald mit Ökostrom gefahren wird, zählt fast nur noch die Umweltbelastung durch die Herstellung und Entsorgung der Fahrzeuge.
- Die Umweltbelastung der LIB-Herstellung und Entsorgung ist nicht unerheblich.

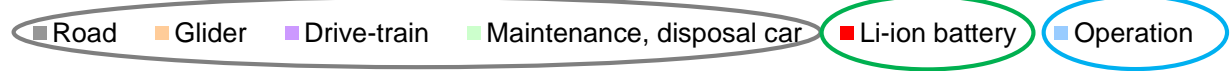


20 – 40%

Environmental burdens (%)

5 – 15%

45 – 80%



**Contribution of Li-Ion Batteries to the Environmental Impact of Electric Vehicles.**  
 Dominic A. Notter\*, Marcel Gauch, Rolf Widmer, Patrick Wäger, Anna Stamp, Rainer Zah and Hans-Jörg Althaus  
 Environ. Science & Technology, No.44/2010 p.6550-6556; DOI: 10.1021/es903729a

# Zusammenfassung / Aussichten

- LIB sind wohl die z.Z. besten mobilen, wiederaufladbaren Stromspeicher. (ökologischsten, langlebigsten, kapazitäts- und leistungsstärksten, ...)
- Für stationäre Grossspeichersysteme gibt es günstigere Alternativen (ausser man nutzt verteilte und multifunktionale LIB; zB V2G).
- selbst langfristig (>2100) könnte Li für mobile Anwendungen der Energieträger der Wahl sein, falls:
  - frühzeitig globale Recycling Systeme installiert werden, die auch Li zurückgewinnen
  - die Lebensdauer der LIB maximiert wird (jeder Umlauf verliert Li)
  - die Gewinnungskosten für Li aus Meerwasser stark reduziert werden können
- zukünftige Batterien (Li oder andere z.B. Na) werden brandsichere Elektrolyte verwenden (heutige LIB können bei Misshandlung Brände, gezündet durch Restladungen, auslösen).



---

merci!

[rolf.widmer@empa.ch](mailto:rolf.widmer@empa.ch)  
[www.empa.ch/tsl](http://www.empa.ch/tsl)

