

# Die Batterie der Zukunft: Materialien, Technologien und Perspektiven.

Leon Katzenmeier

[leon.katzenmeier@tum.de](mailto:leon.katzenmeier@tum.de)

Physik der Energiewandlung und -speicherung  
(Prof. Bandarenka)

Physikdepartment,  
Technische Universität München



TUM Uhrenturm

***Diese Präsentation ist nicht an die***

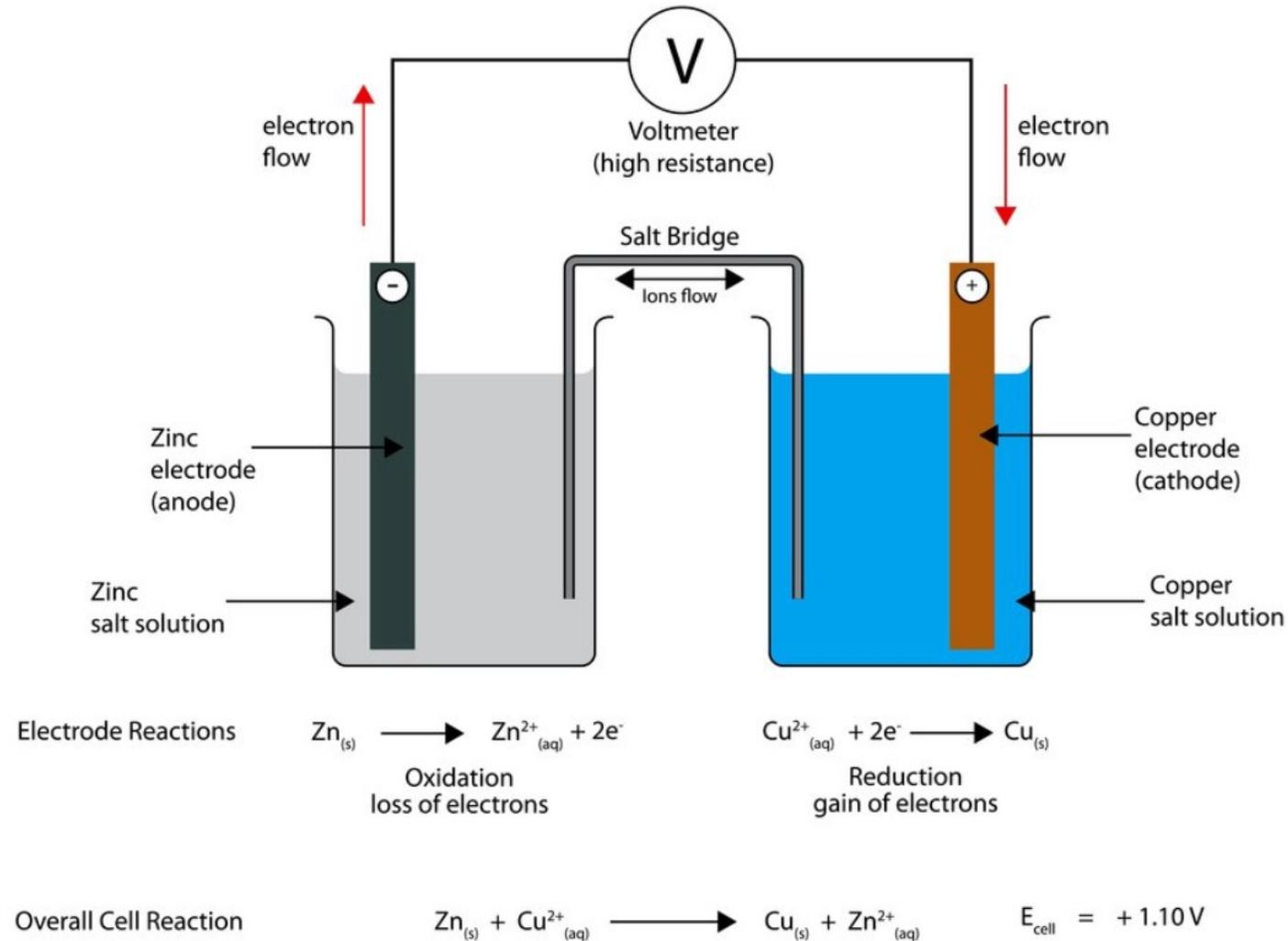
***Lehr- und Forschungsmeinung der TU München gebunden und lediglich meine Perspektive.***

# Die Batterie der Zukunft:

## Materialien, Technologien und Perspektiven

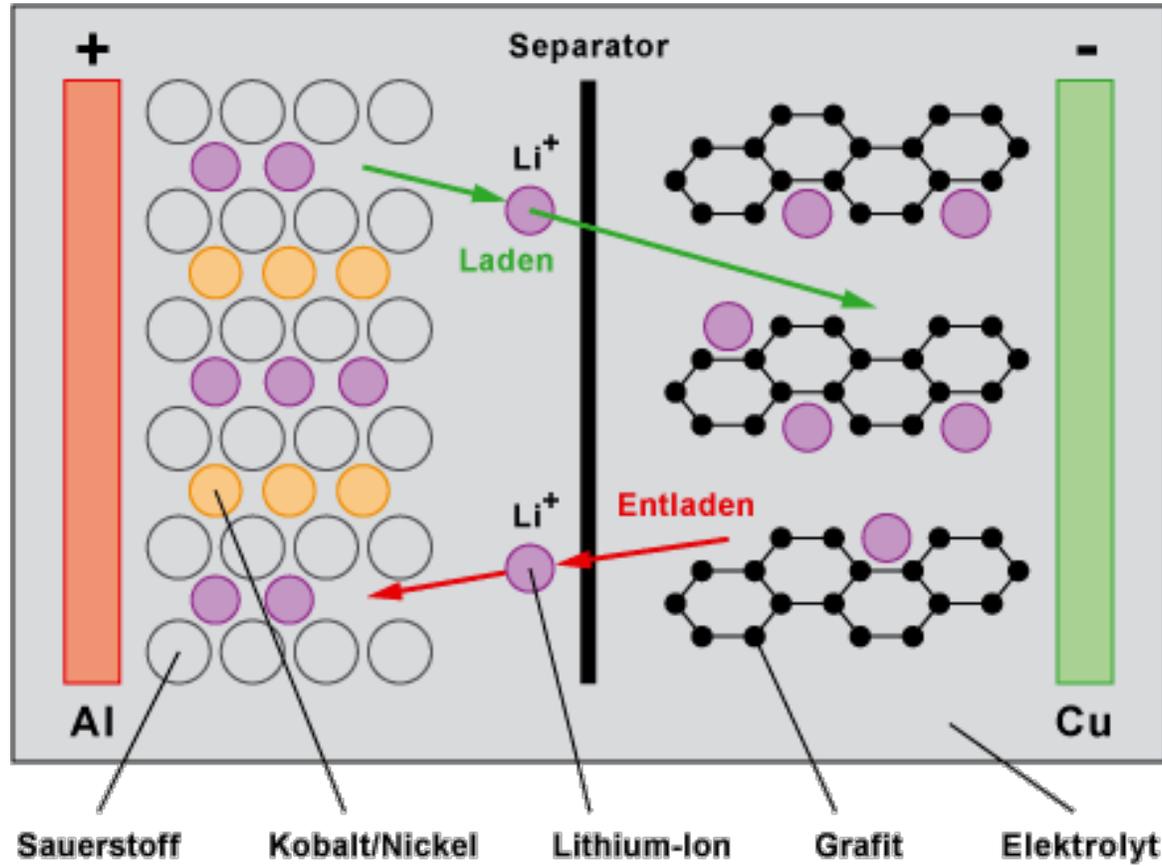
1. Historie der Batterie – über den Nobelpreis bis zum neuesten Stand der Technik.
2. Wo steht die Forschung derzeit?
3. Neue Technologien: Polymer, Festkörper und Hybridbatterien.
4. Das **TUM.Battery** Forschungsnetzwerk.
5. Und wohin gehts?

# Batterien: Trennen von Ionen und Elektronen als Energiespeicher

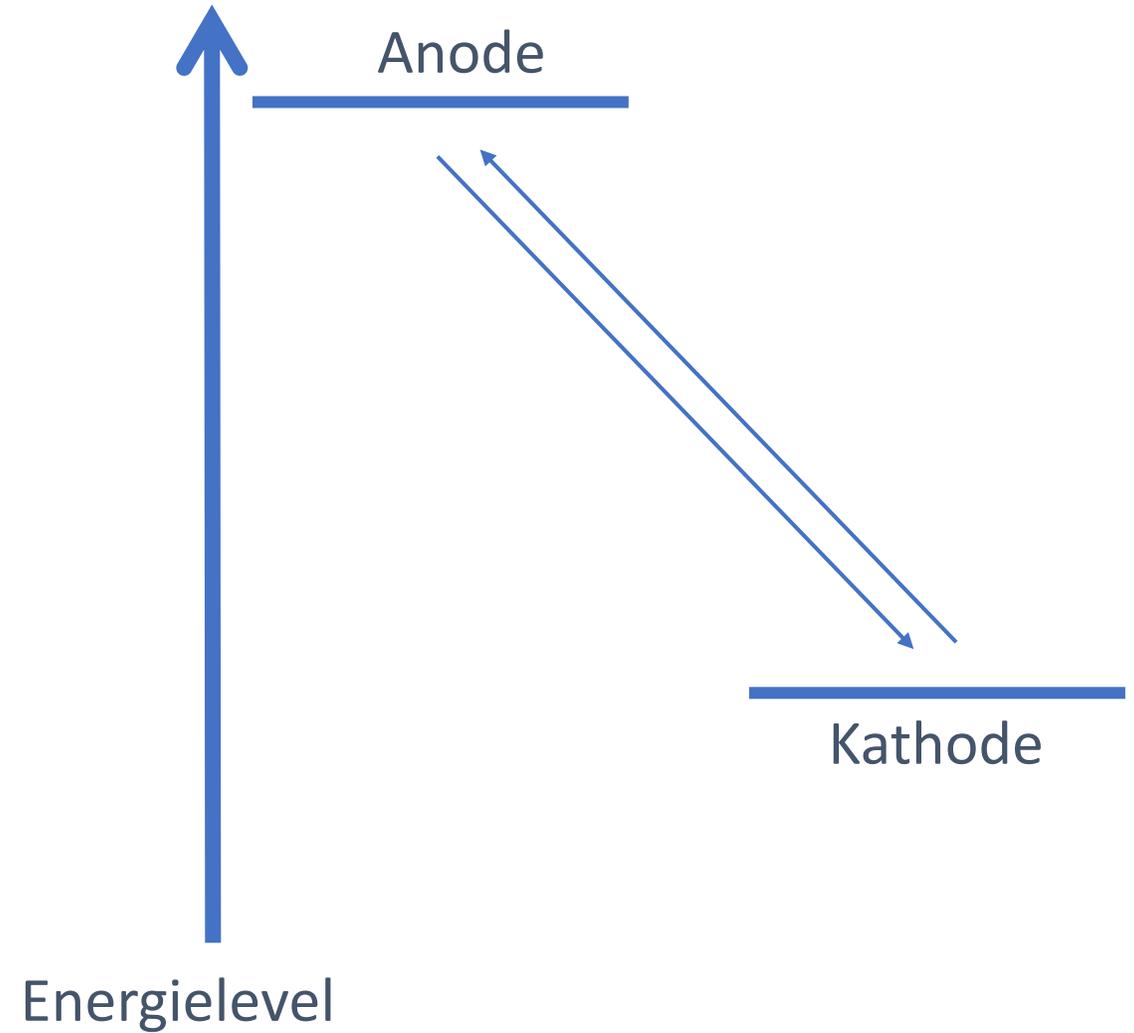


<https://www.giga.de/ratgeber/tipps/wie-funktioniert-eine-batterie-das-prinzip-der-galvanischen-zellen/>

# Wie kommt die Energie in die Batterie?



<https://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/0810281.htm>

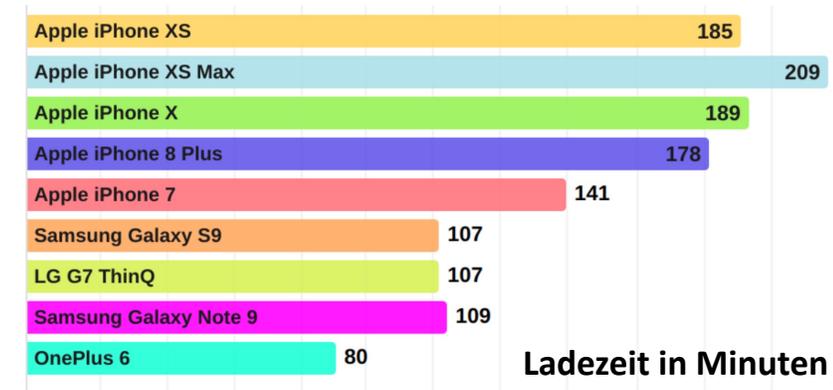


# Die Batterien-Wunschliste:

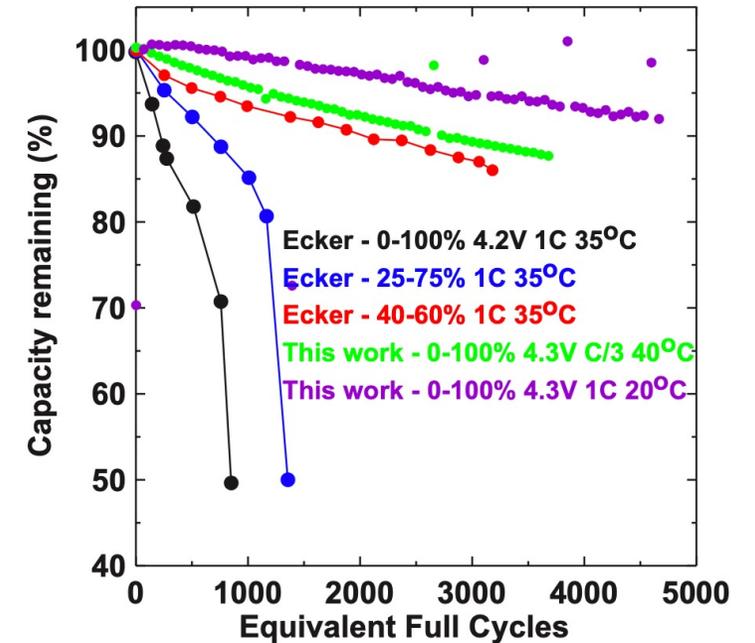
## Reichweite



## "Tanken" in wenigen Minuten

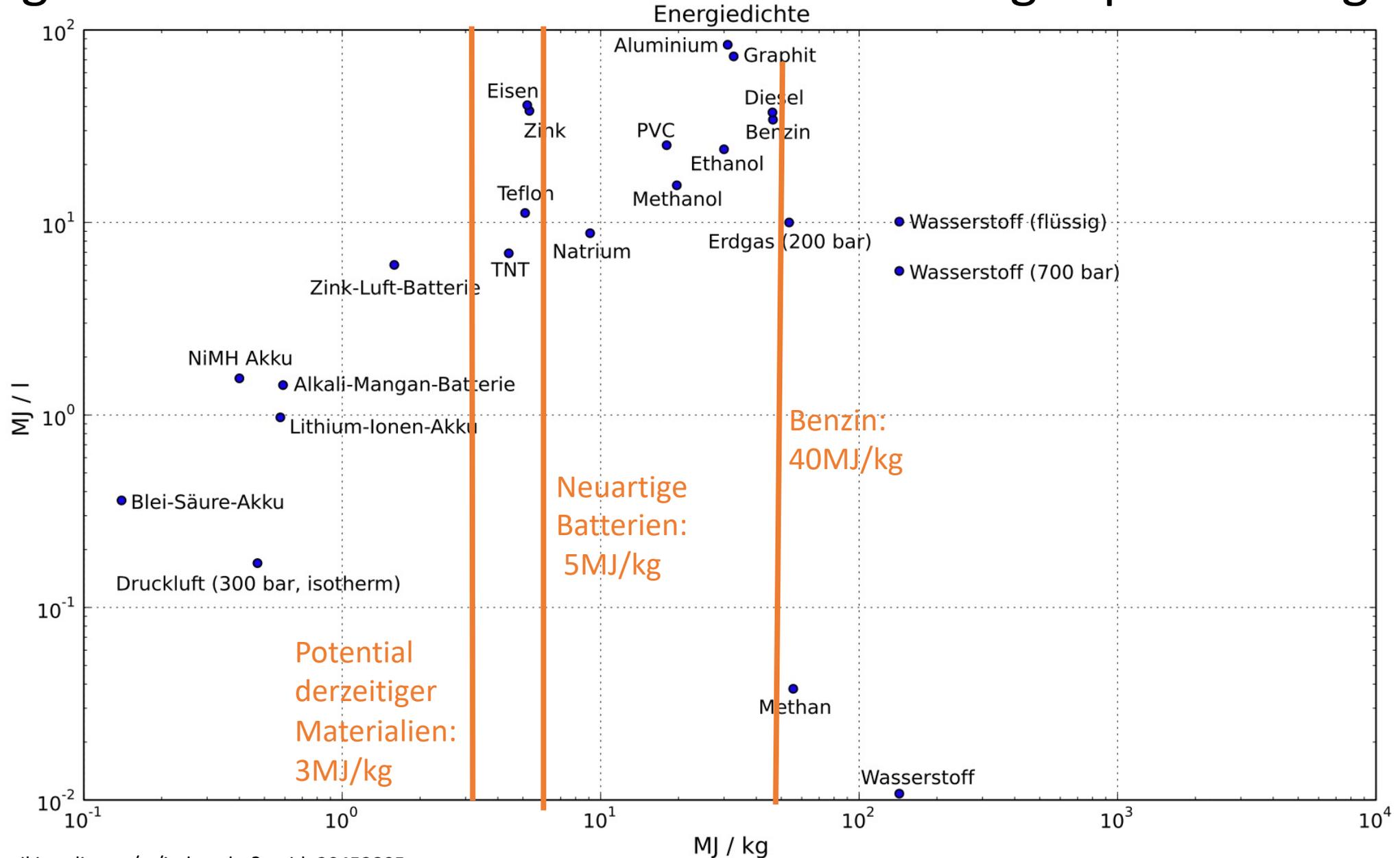


## Lebenszeit



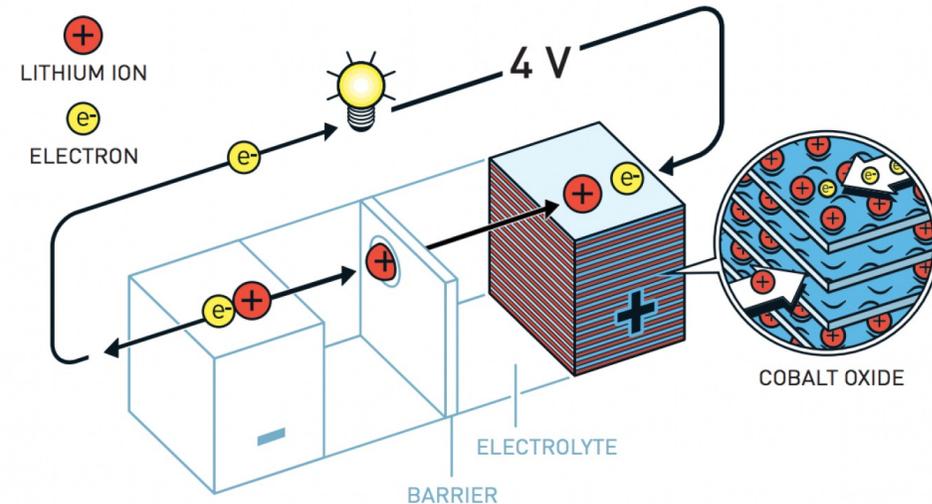
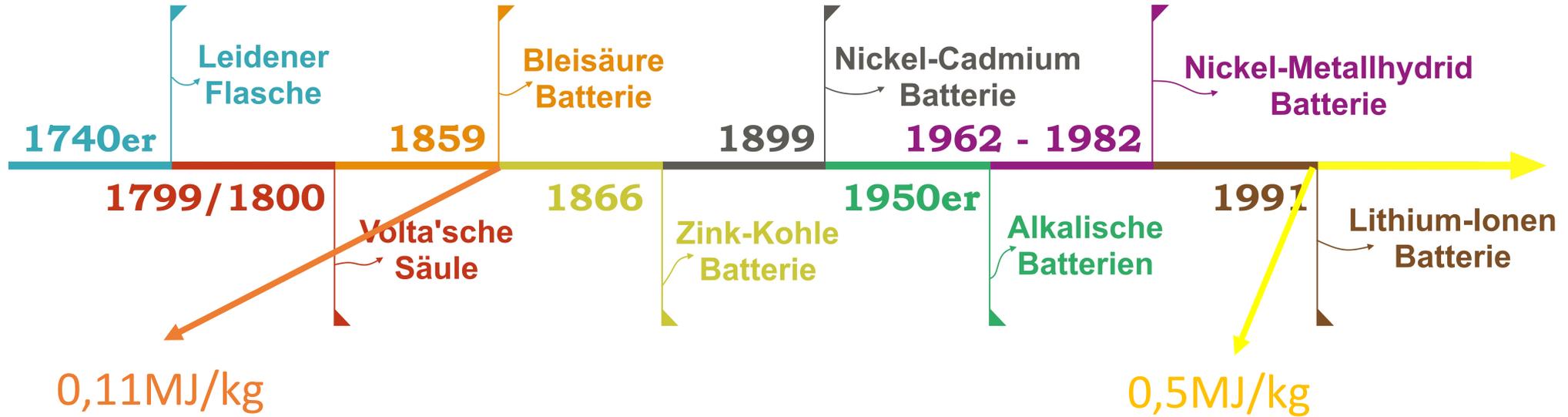
→ schnell ladende, lang durchhaltende Batterie.

# Energiedichte – die zentrale Kennzahl der Energiespeicherung.

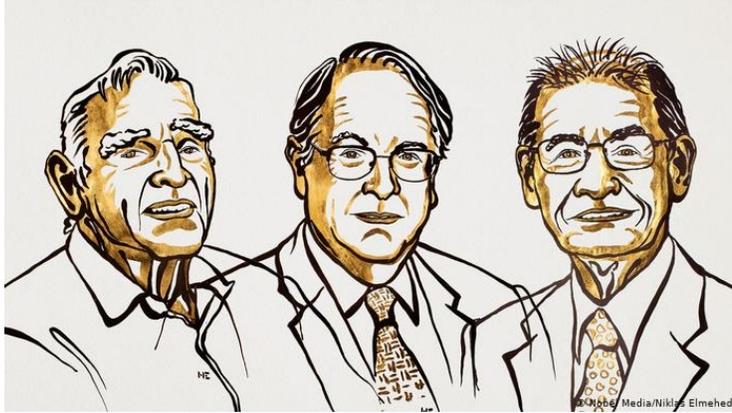


# Historie von Akkumulatoren.

<https://www.shine.eco/2017/03/29/die-entwicklung-der-batterie/>



# Lithium-Ionen Batterien: Entdeckung und Funktionsweise.



<https://www.dw.com/de/chemie-nobelpreis-für-die-entwicklung-von-lithium-ionen-batterien/a-50748964>

Stanley Whittingham:

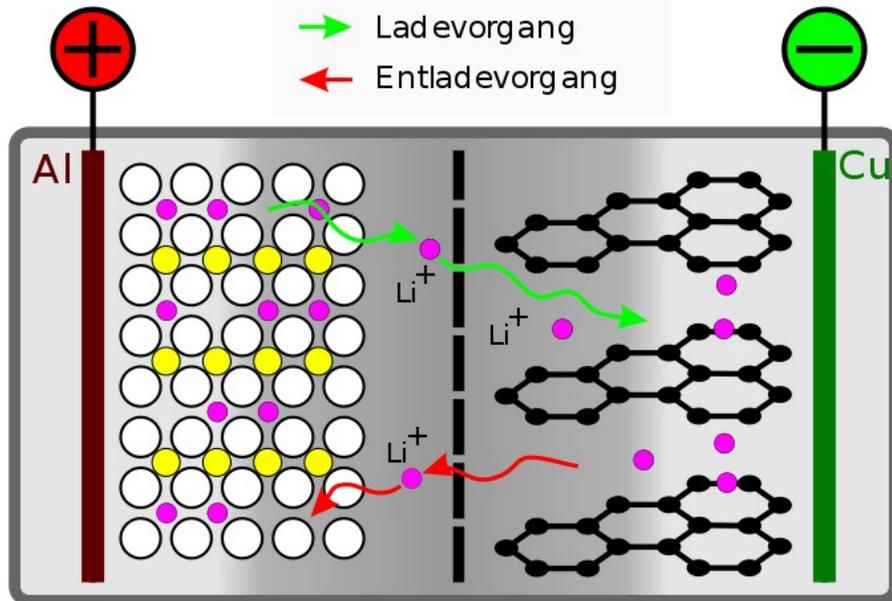
Kathodenmaterial in atomarer Schichtbauweise.

John Goodenough:

Entdeckung von Li-Kobaltoxid als Kathode

Akira Yoshino:

Graphit statt Li-Metall als Anodenmaterial (sicher!),  
erste kommerzielle Li-Batterie



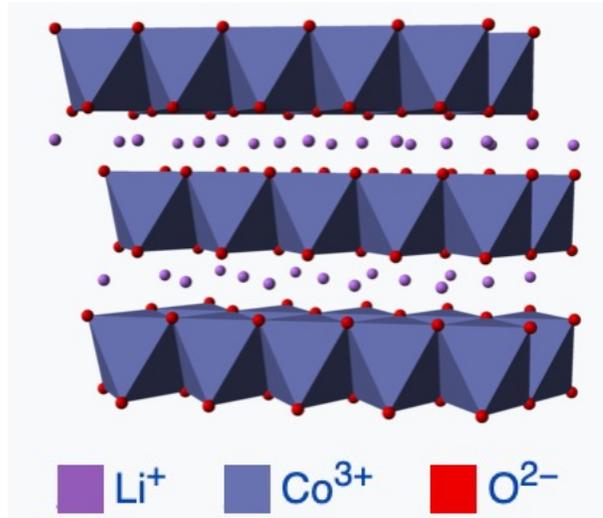
<https://de.wikipedia.org/wiki/Lithium-Ionen-Akkumulator>

**Hauptproblem:  
Das Zähmen von reaktiven Lithium.**

**(eigentlich) schon 1980 gelöst....**

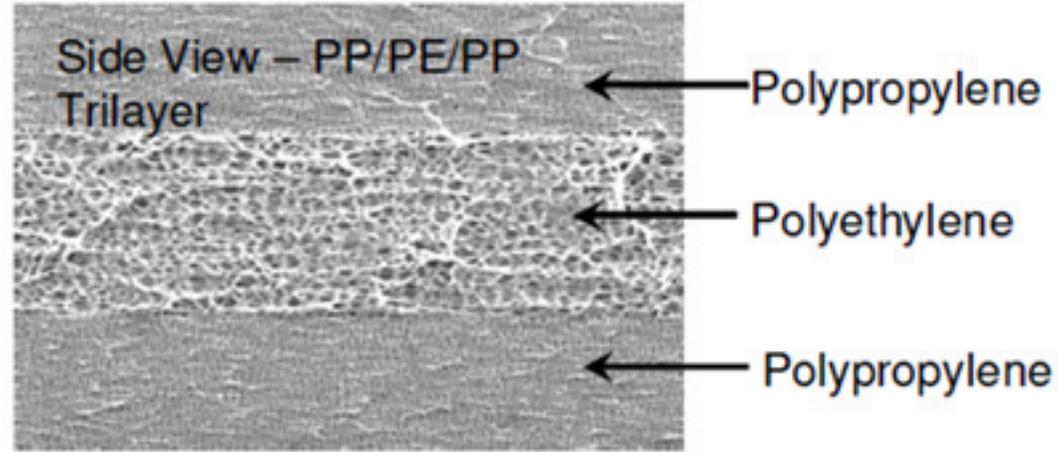
# Lithium-Ionen Batterien: Derzeitige Materialien.

Kathodenmaterial:



2,11MJ/kg

Separator:

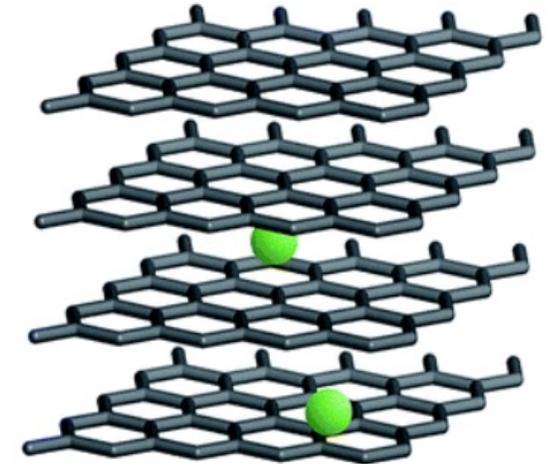


Elektrolyt:

Salz + Lösungsmittel + Zusätze

0MJ/kg

Anodenmaterial:



1,5MJ/kg

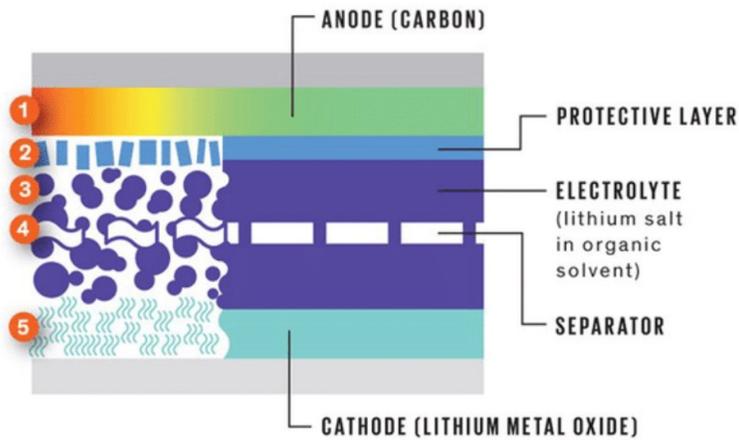
Theoretisch: 60 mass% Anode +  
40 mass% cathode -> 1,8MJ/kg

Aber: Tesla Model 3 (2018): 0,9MJ/kg

# Lithium-Ionen Batterien: Sicherheitsprobleme.

<https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/68877.pdf>

## Thermisches "Durchgehen"

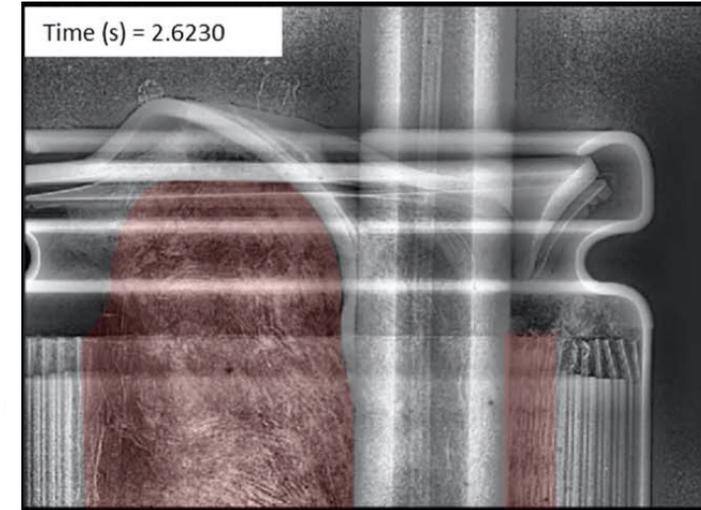


<https://elmelin.com/what-is-thermal-runaway-and-how-can-it-be-addressed/>

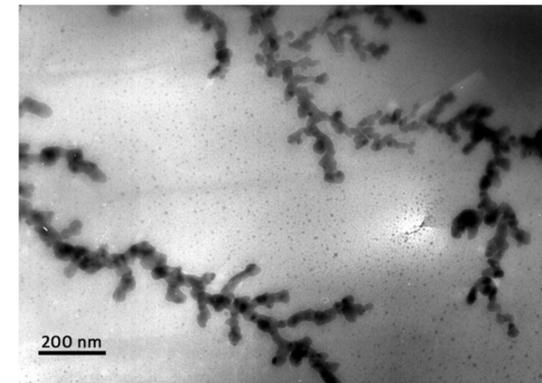
Mechanische Schäden

Thermische Einwirkung

Dendritenwachstum



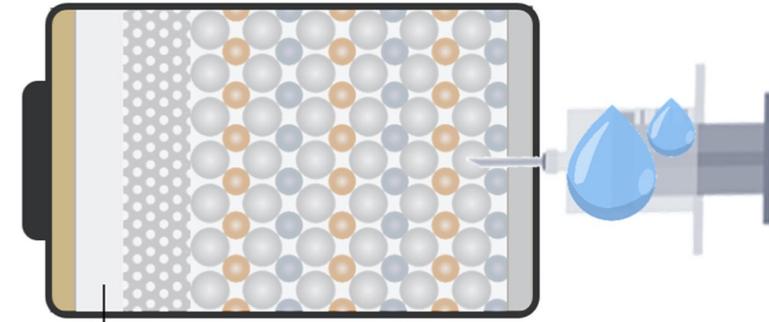
max 60°C zum Laden/Entladen



# Lithium-Ionen Batterien: aktuelle Forschung.

Ähnliches Kathodenmaterial

+ Metallische Lithiumanode: 2,4MJ/kg



Thin Li anode

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589004220300274>

Cathode Chemistry	Capacity (mAh/g)	Average Voltage (V vs. Li/Li <sup>+</sup> )
LiCoO <sub>2</sub>	140	3.8
LiNi <sub>1/3</sub> Mn <sub>1/3</sub> Co <sub>1/3</sub> O <sub>2</sub>	160	3.7
LiNi <sub>0.6</sub> Mn <sub>0.2</sub> Co <sub>0.2</sub> O <sub>2</sub>	180	3.7
LiNi <sub>0.8</sub> Mn <sub>0.1</sub> Co <sub>0.1</sub> O <sub>2</sub>	200	3.7

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11837-017-2404-9>

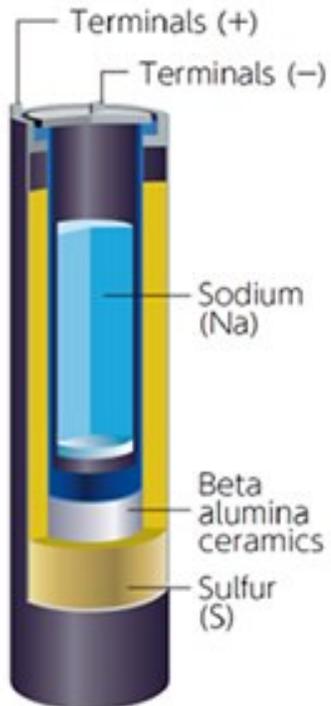
Ähnliches Anodenmaterial

+ verschiedene Kathoden:  
max. 2,6MJ/kg

**Kombination der „besten“ Materialien: ca. 3MJ/kg**

# Neuartige Batterien: Muss es nun wirklich Lithium sein?

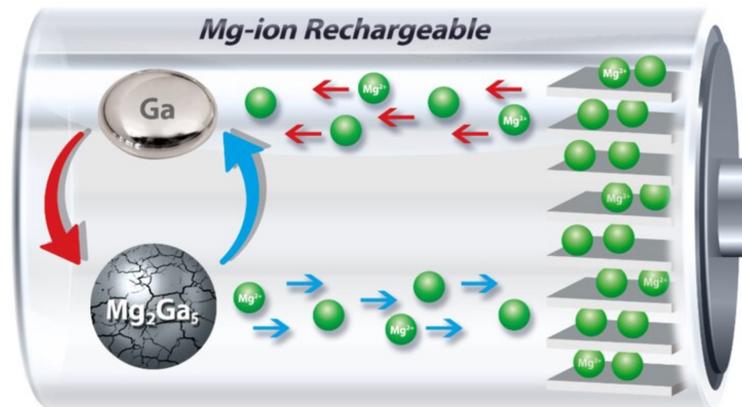
## Natrium-Schwefel



flüssiges Na + S  
fester Elektrolyt  
Stationäre Speicher  
0,864 MJ/kg

[https://batteryuniversity.com/learn/article/bu\\_210a\\_why\\_does\\_sodium\\_sulfur\\_need\\_to\\_be\\_heated](https://batteryuniversity.com/learn/article/bu_210a_why_does_sodium_sulfur_need_to_be_heated)

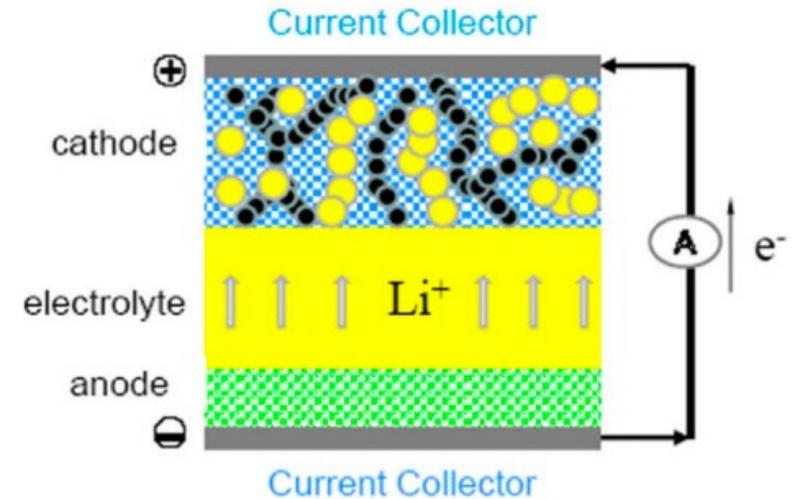
## Magnesium-Ionen



Doppelte Ladung ( $Mg^{2+}$ )  
1,44 MJ/kg

<https://phys.org/news/2019-12-self-healing-liquid-life-battery-alternative.html>

## Festkörperbatterie



Takada, K. *et al.* Interfacial phenomena in solid-state lithium battery with sulfide solid electrolyte. *Solid State Ionics* **225**, 594–597 (2012).

1,54MJ/kg (auf Zellebene)

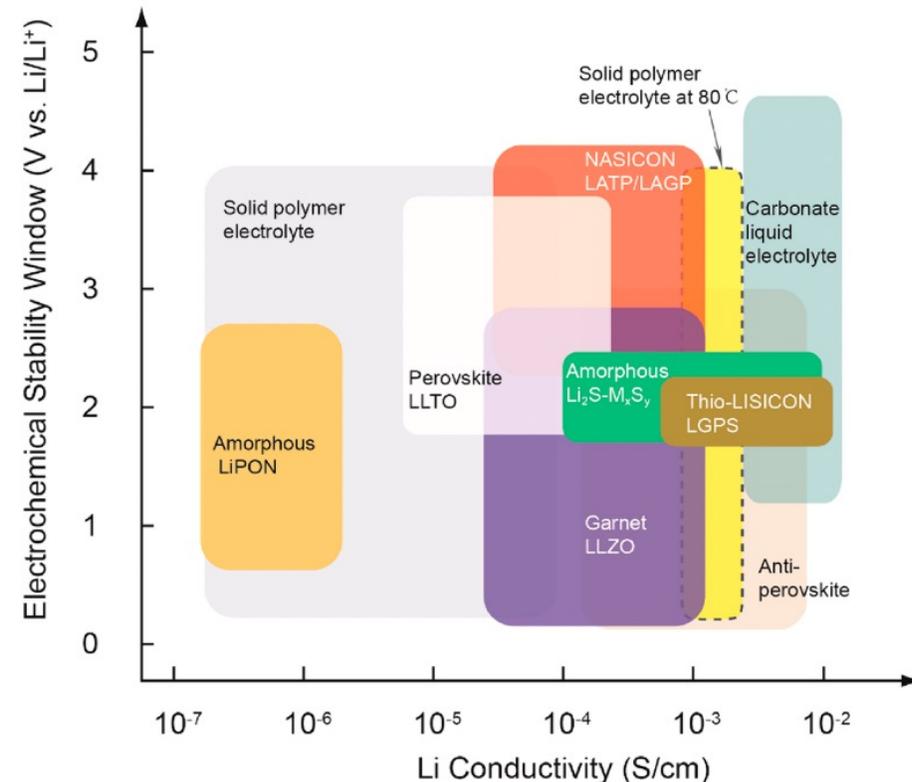
# Festkörperbatterien. Die Zukunft?

Review

## Between Liquid and All Solid: A Prospect on Electrolyte Future in Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles

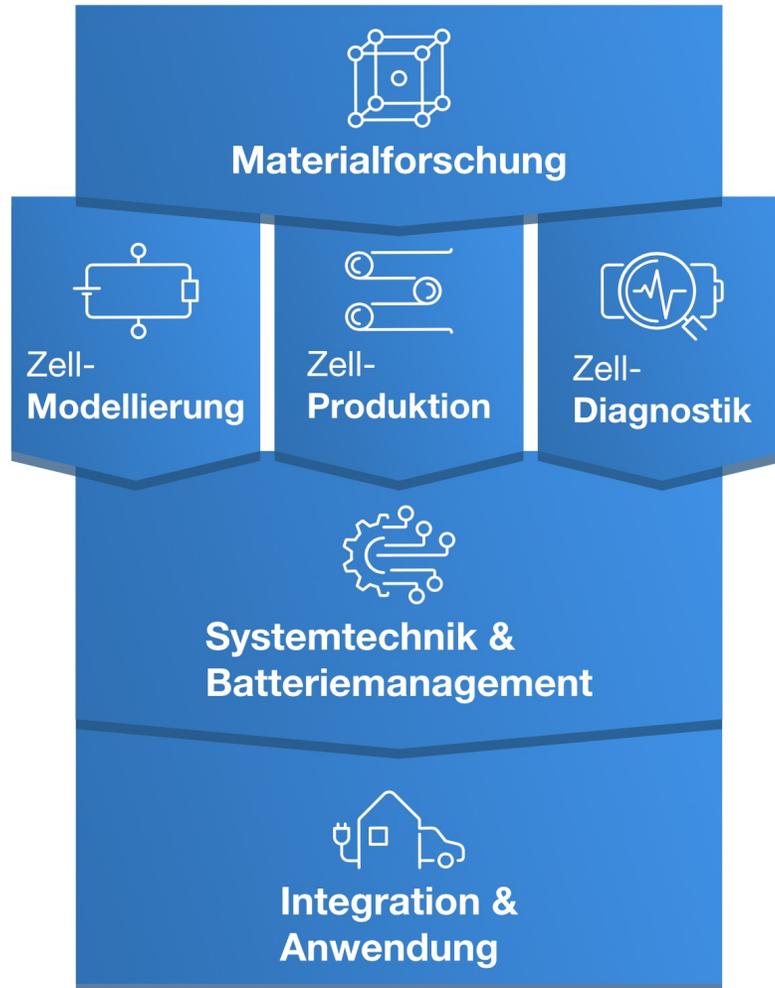
Yonatan Horowitz , Christina Schmidt, Dong-hwan Yoon, Luise Mathilda Riegger, Leon Katzenmeier, Georg Maximillian Bosch, Malachi Noked, Yair Ein-Eli, Jürgen Janek, ... [See all authors](#) 

First published: 22 September 2020 | <https://doi.org/10.1002/ente.202000580> |



1. Chen, R., Li, Q., Yu, X., Chen, L. & Li, H. Approaching Practically Accessible Solid-State Batteries: Stability Issues Related to Solid Electrolytes and Interfaces. *Chem. Rev.* **120**, 6820–6877 (2020).

# Forschung an der TU München: Das TUM.Battery Netzwerk



mehr als 100 Mitarbeiter an...

5 Fakultäten

8 Lehrstühlen

2 Instituten

12 Professuren

**Fokus auf interdisziplinärem Austausch**

<https://www.mse.tum.de/battery/>

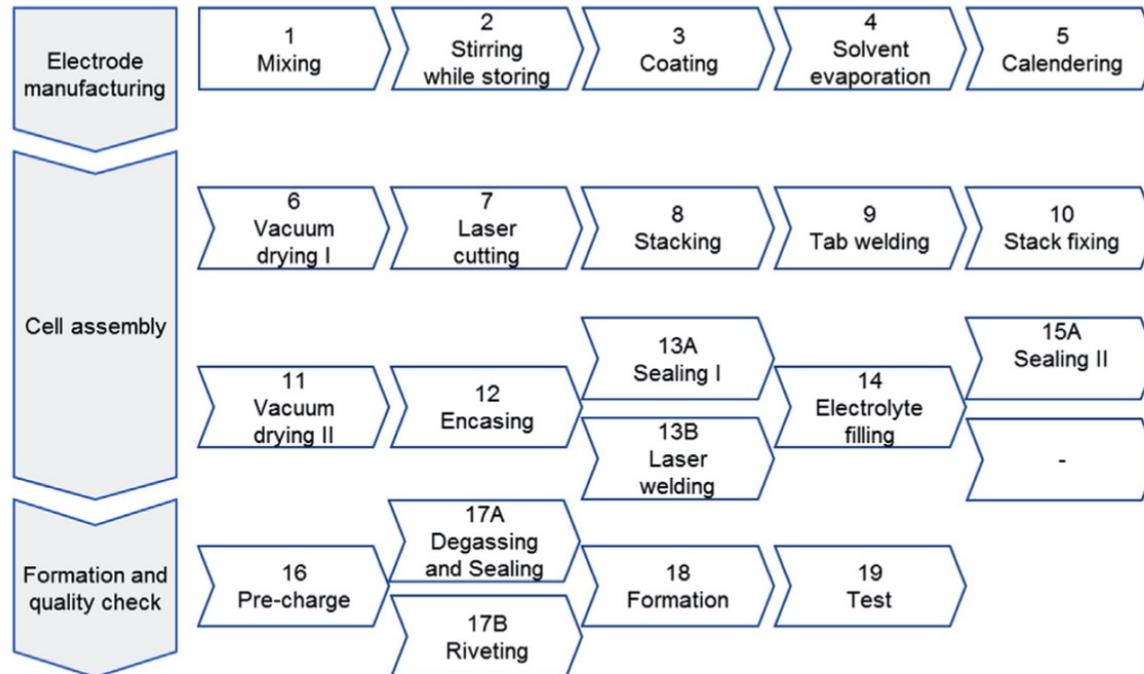
# Wie baue ich eigentlich eine Batterie?

## Beispiele zur Forschung an der TUM

### Data mining in lithium-ion battery cell production

Joscha Schnell\*, Corbinian Nentwich, Florian Endres, Anna Kollenda, Fabian Distel, Thomas Knoche, Gunther Reinhart

*Technical University of Munich, Institute for Machine Tools and Industrial Management, Boltzmannstr. 15, D-85748, Garching, Germany*



64 Stellschrauben:

Vorhersage von Einfluss auf Energiedichte: +52% möglich ohne neue Materialien!

# Beispiele zur Forschung an der TUM:

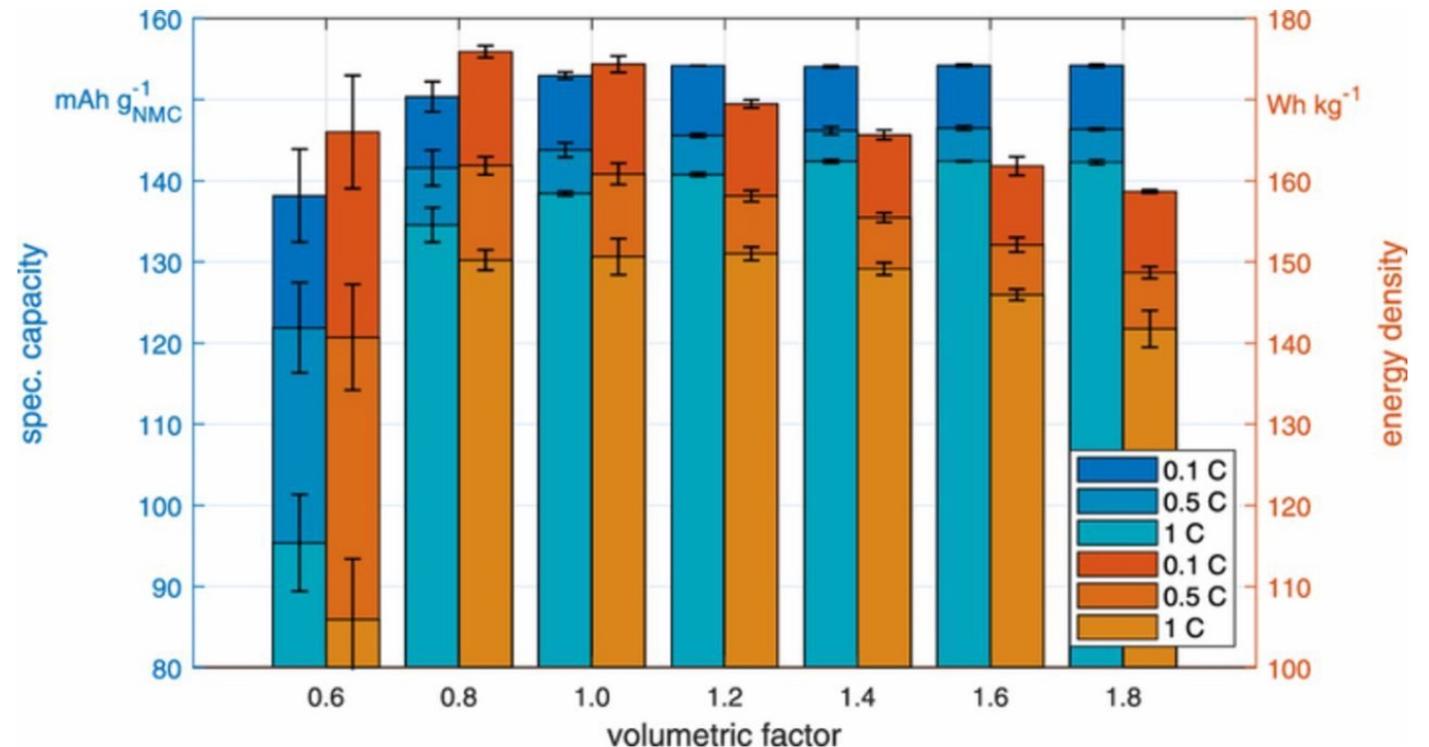
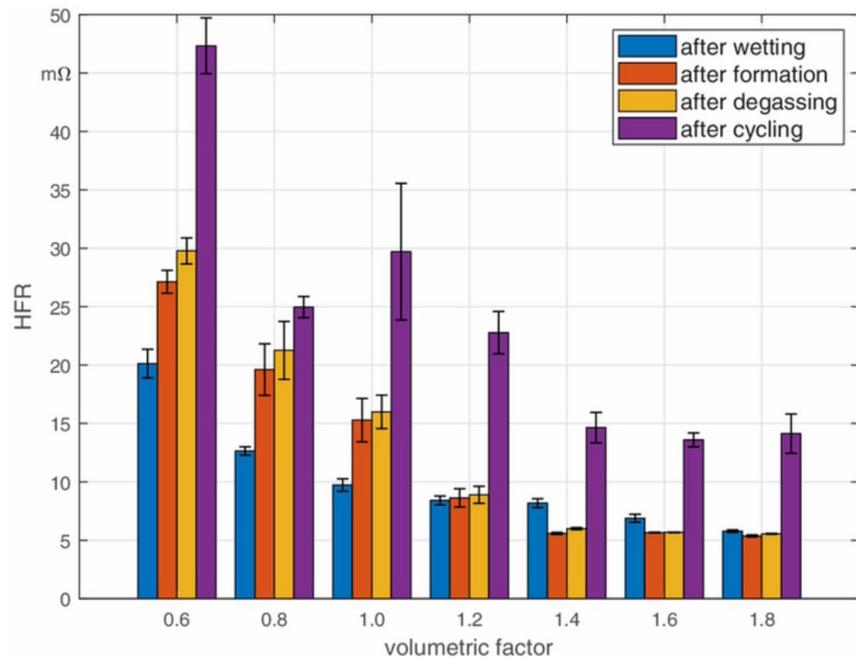
OPEN ACCESS

## Influence of the Electrolyte Quantity on Lithium-Ion Cells

Florian J. Günter<sup>1</sup> , Clemens Burgstaller, Fabian Konwitschny and Gunther Reinhart

Published 29 May 2019 • © The Author(s) 2019. Published by ECS.

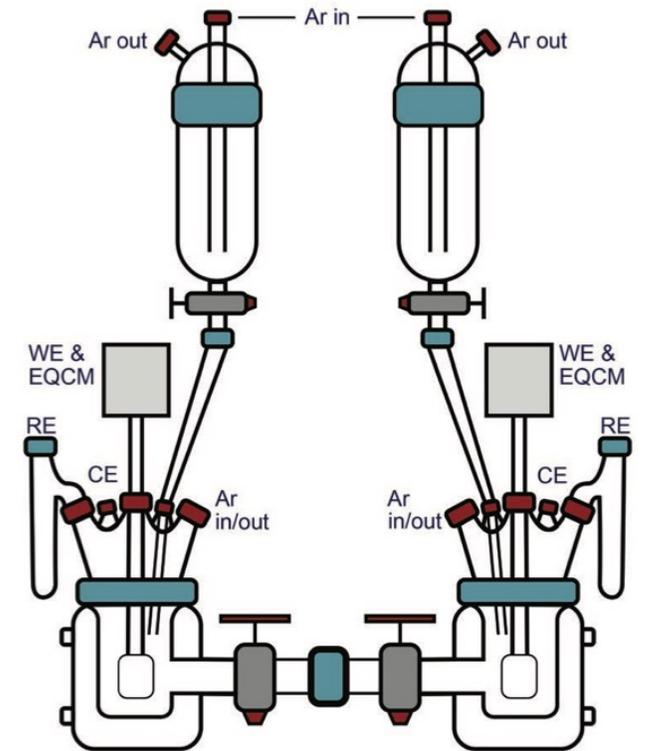
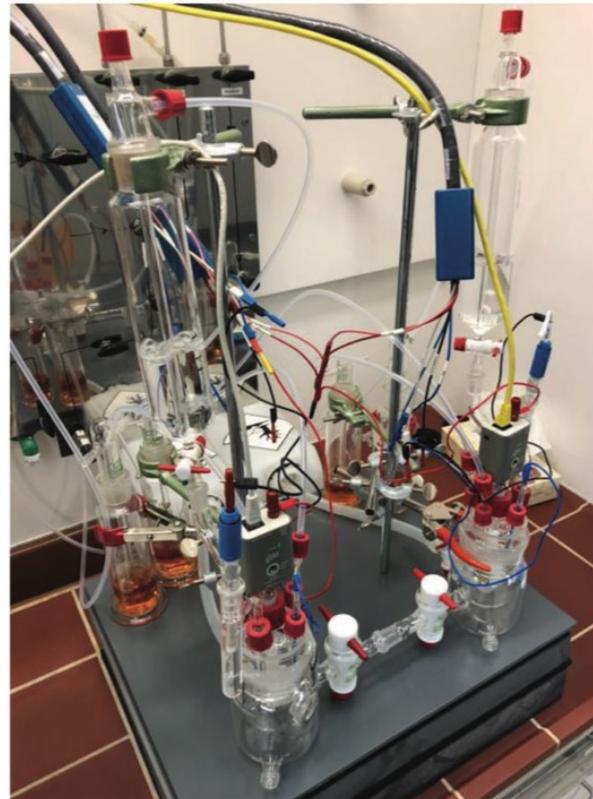
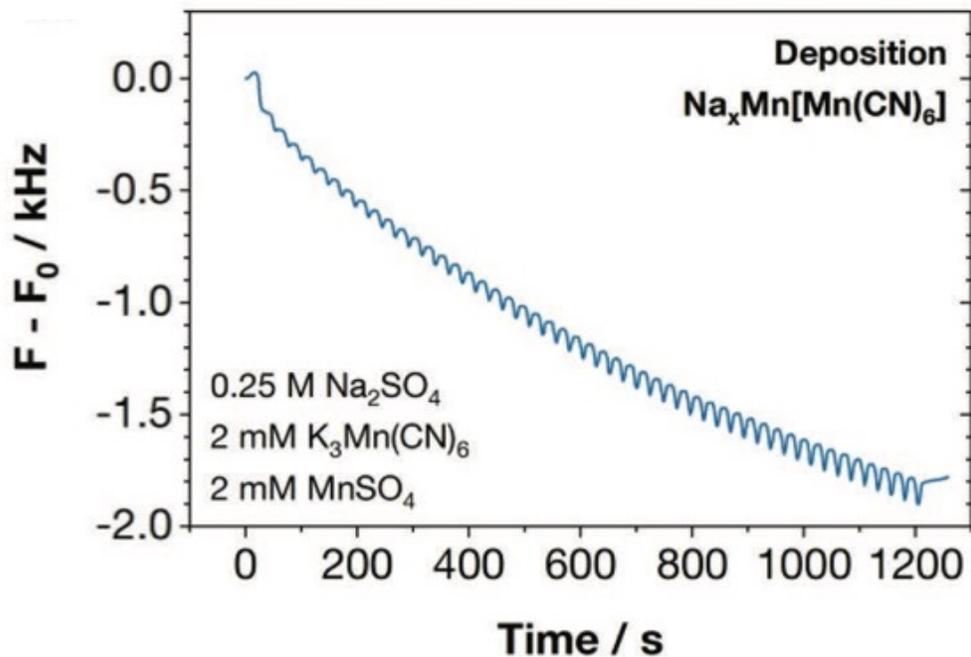
[Journal of The Electrochemical Society](#), [Volume 166](#), [Number 10](#)



# Beispiele zur Forschung an der TUM

## A Cell for Controllable Formation and In Operando Electrochemical Characterization of Intercalation Materials for Aqueous Metal-Ion Batteries

Philipp Marzak,\* Philipp Moser, Siegfried Schreier, Daniel Scieszka, Jeongsik Yun, Oliver Schneider, and Aliaksandr S. Bandarenka\*



Danke für Ihre Aufmerksamkeit...

Kontakt:

LinkedIn (Leon Katzenmeier)

leon.katzenmeier@tum.de