



# 2°CAMPUS

---

Wie kann die Reichweite eines Elektroautos mit einem ökologischeren und sicheren Akkumulator optimiert werden?

---

Ergebnisse des Forscherteams „Mobilität“ des 2°Campus  
2014

Ein gemeinsames Projekt von WWF und  
**Robert Bosch Stiftung**



# Gliederung

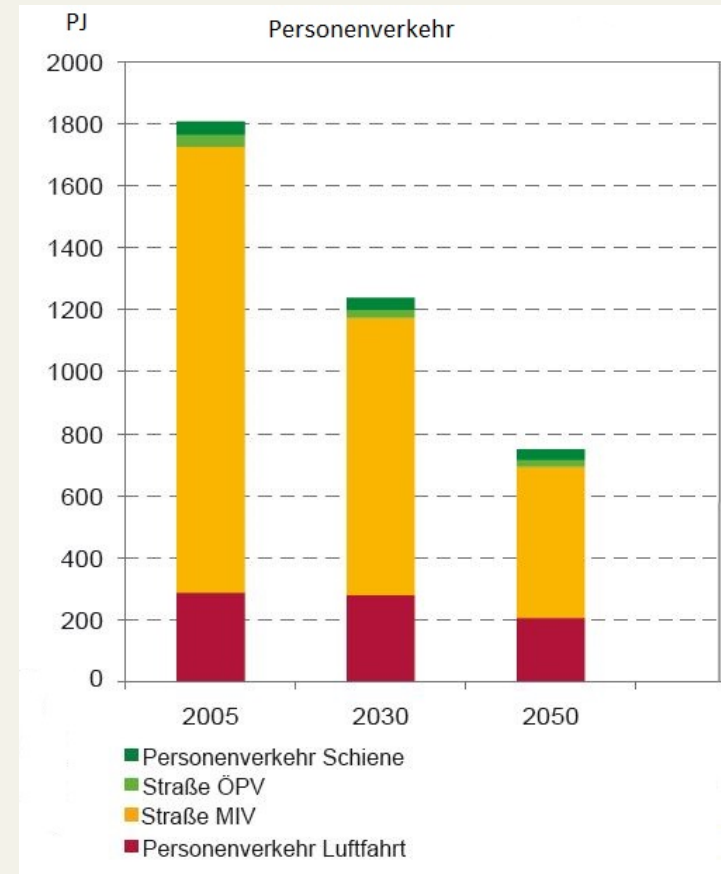
---

1. Einleitung
2. Forschungsfrage und Autor/innen
3. Hintergrundwissen
4. Methode
5. Auswertung
6. Fehlerbetrachtung
7. Fazit

# 1. Einleitung

## 2°C-Limit: Maximale Erderwärmung um 2°C

- Sektor Verkehr: 83% weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050, um das 2°C-Limit zu halten, d.h. Reduzierung von 180 Mio. t (2005) auf 30 Mio. t (2050)
- MIV (motorisierter Individualverkehr) hat größten Anteil (ca. 80%)



© WWF Deutschland, Studie „Modell Deutschland“, Stand: 2009



# 1. Einleitung

---

- Ab 2045 sollten Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren keine Rolle mehr spielen.
- Mögliche Alternativen für 2050 sind: Umstieg auf Elektromobilität (Hybrid-PKWs (36%), Plug-in-Hybride (28%) und Elektrofahrzeuge (18%).<sup>[1]</sup>
- Probleme:
  - Geringe Reichweite
  - Gefährliche Materialien
  - Lange Ladezeiten
  - Hohe Anschaffungskosten

---

[1] WWF Deutschland, Studie „Modell Deutschland“, Stand: Juni 2009.

## 2. Forschungsfrage & Autor/innen

---

Wie kann die Reichweite eines Elektroautos mit einem ökologischeren und sicheren Akkumulator optimiert werden?



Muhammed-Ali Sentürk

Amandus Octavian Krause

Lara Sophie Grabitz

Phuong Thuy Anh Nguyen

Benedikt Alt-Epping

Mentorin: Jessica Hüsker, Juniormentor: Patrick Oberländer,  
Teamerin: Antonia Koch

---

## 3. Hintergrundwissen

---

### Untersuchtes Fahrzeug: BMW i8<sup>[1]</sup>

- Plug-in-Hybrid-System
- Ladezeit: 2,5 h
- Leistung: 362 PS
- Höchstgeschwindigkeit: 250 km/h
- Elektrische Reichweite der Lithium-Ionen-Batterie: 37 km
- Kraftstoffverbrauch in l/100km (kombiniert): 2,1 l
- Das Modell haben wir gewählt, weil:
  - 2050 bedeutender Anteil an Hybridfahrzeugen
  - Aktuelles Modell (Serienproduktion seit 2013)
  - Ansprechendes Design

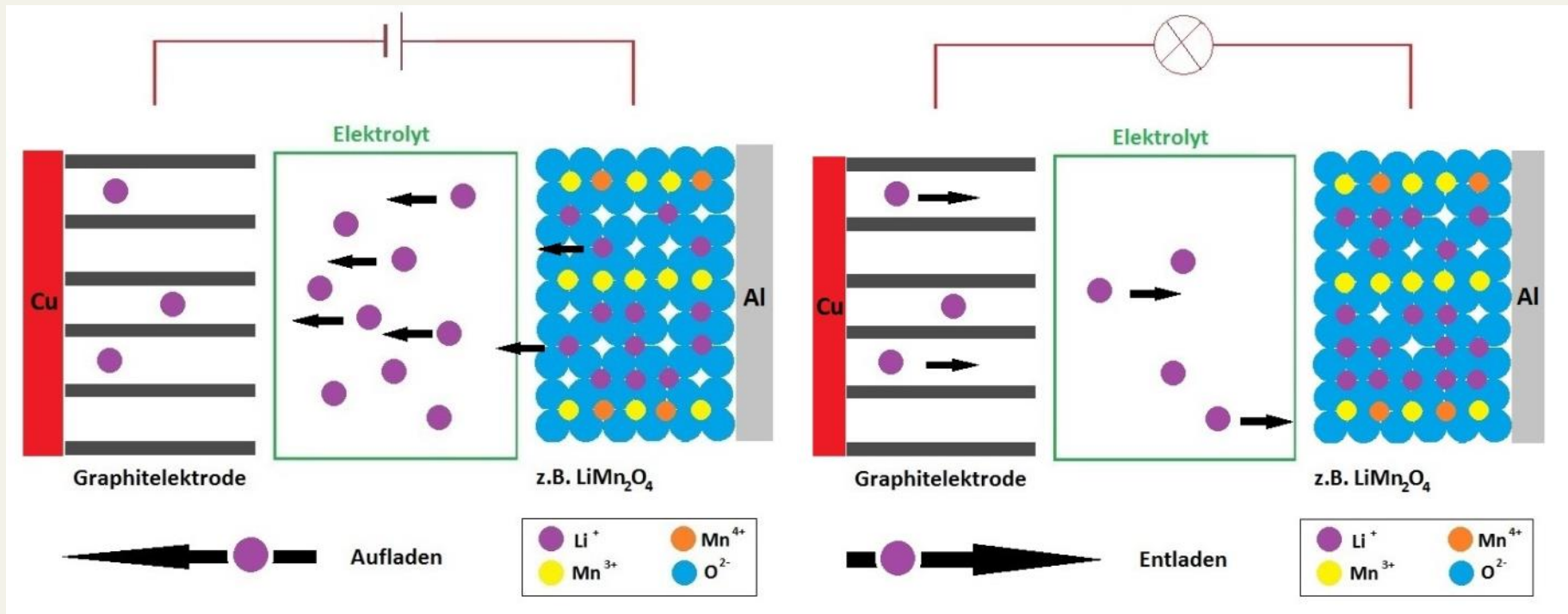


© eigenes Bild

[1] <http://www.bmw.de/de/neufahrzeuge/bmw-i8/2013/fakten.html>, 05.08.2014

# 3. Hintergrundwissen

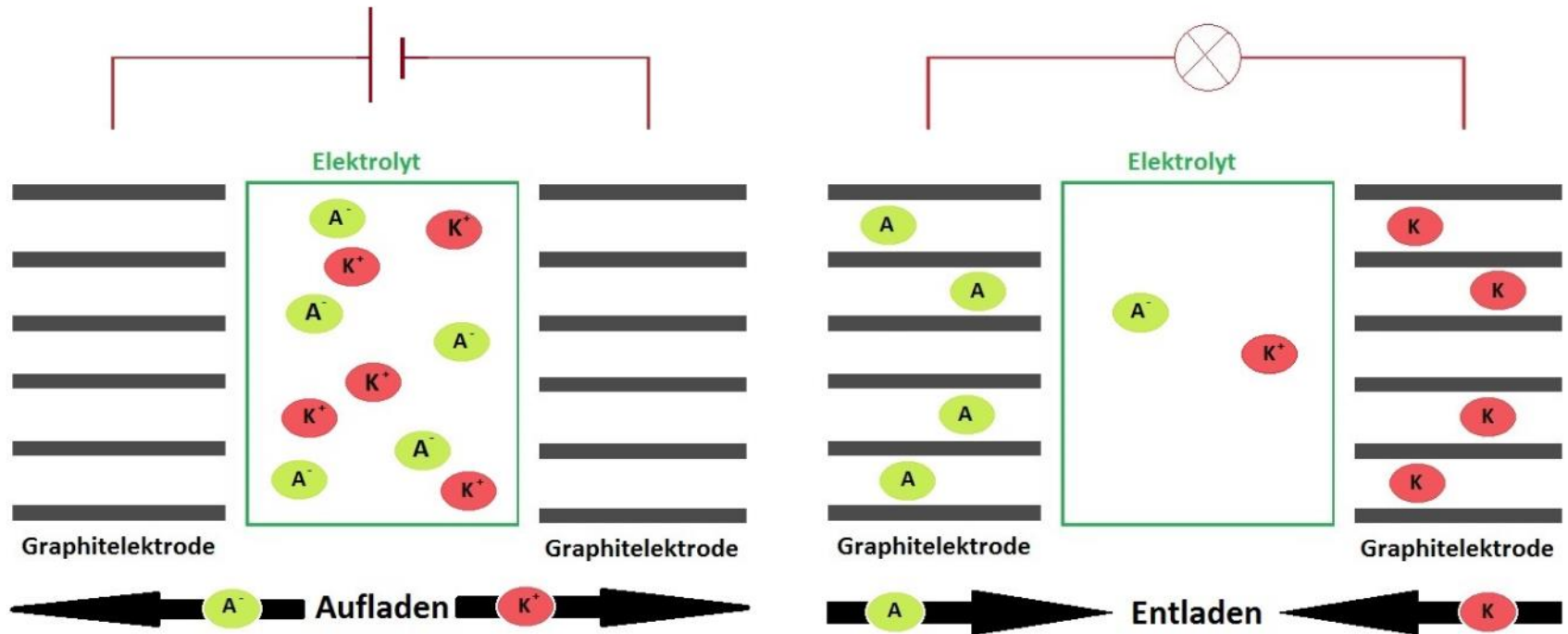
## Aufbau und Funktionsweise einer Lithium-Ionen-Batterie:



# 3. Hintergrundwissen

## Aufbau und Funktionsweise einer Dual-Graphit-Batterie:

- Kation ( $\text{Li}^+$ )
- Anion ( $\text{ClO}_4^-$ )

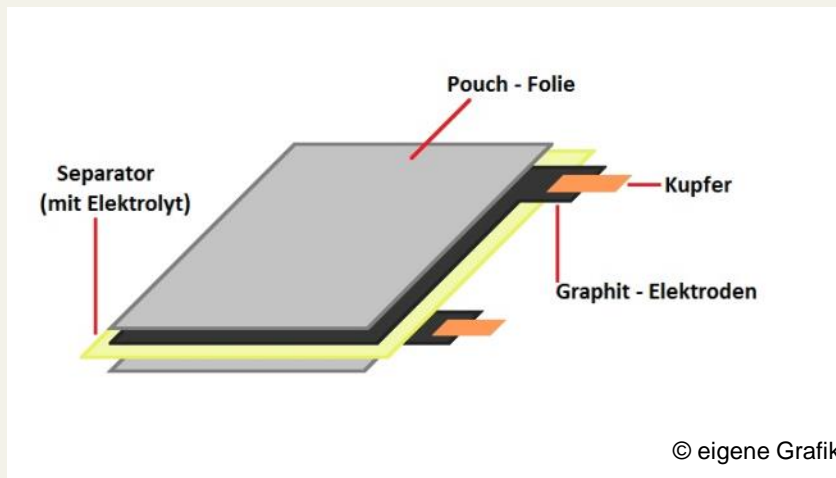


© eigene Grafik



## 4. Methoden

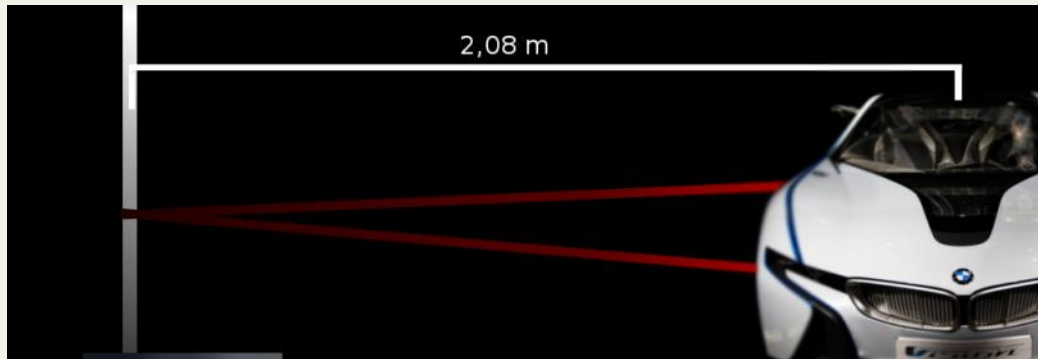
### Bau einer Dual-Graphit Batterie



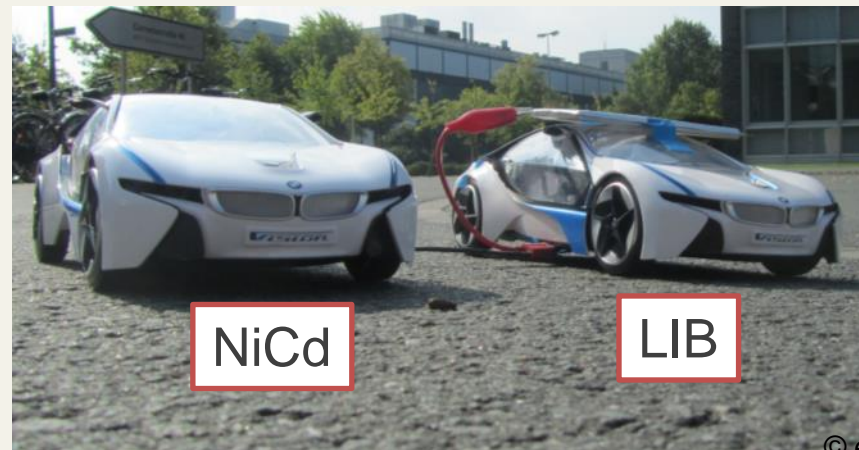
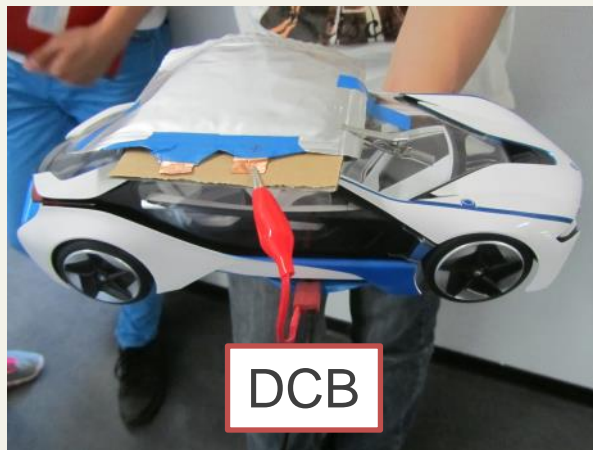
- Elektrodenmaterial: Keratherm® Grafit S 900; jeweils ca. 70 cm<sup>2</sup>; 1,7g
- Elektrolyt: PC:DMC 4:6 + 1 M LiClO<sub>4</sub>; ca. 10 ml
- Separator: Whatman® grade GF/D (Glasfaserseparator); ca. 88 cm<sup>2</sup>

## 4. Methoden

### Test verschiedener Batteriesysteme am BMW i8 Modell



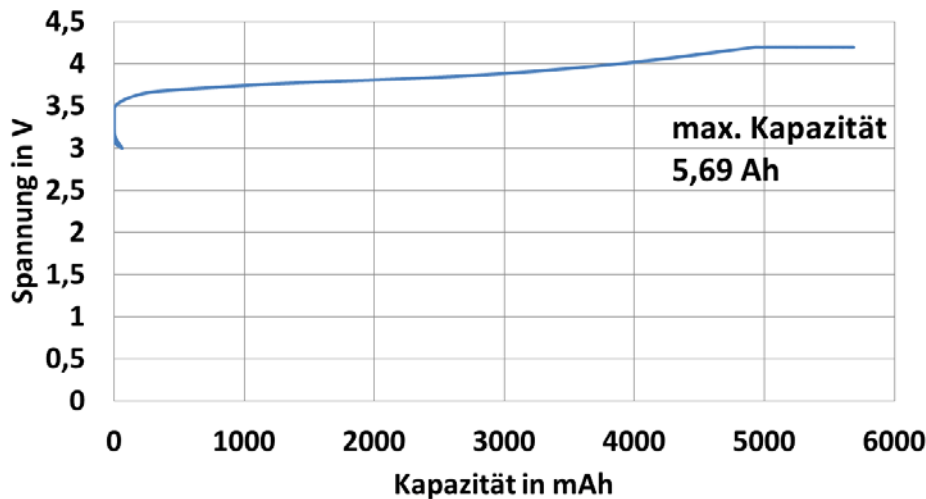
DCB = Dual-Graphit-Batterie  
NiCd = Nickel-Cadmium-Batterie  
LIB = Lithium-Ionen-Batterie



© eigene Bilder

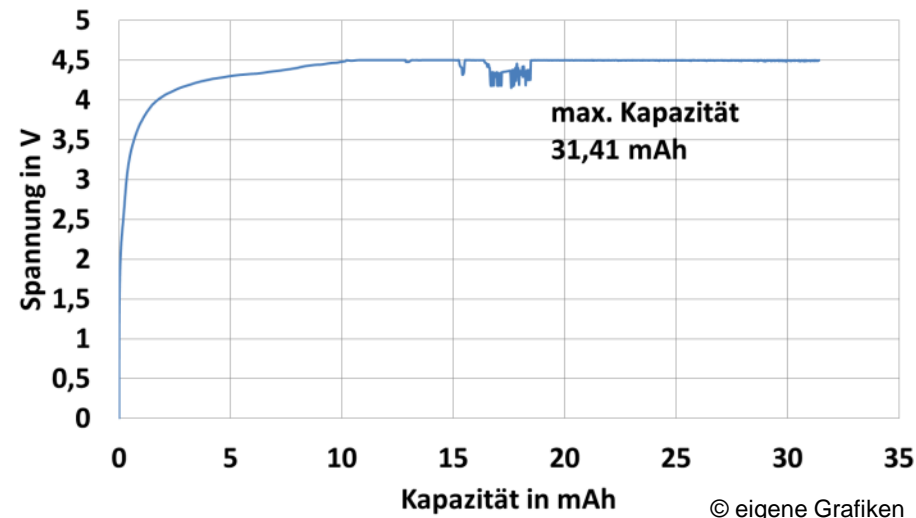
## 5. Auswertung / Ladekurven<sup>[1]</sup>

### Ladekurve der Lithium-Ionen-Batterie



Ladezeit bei 4,2 V:  $2 \frac{1}{3}$  h

### Ladekurve der Dual-Graphit-Batterie

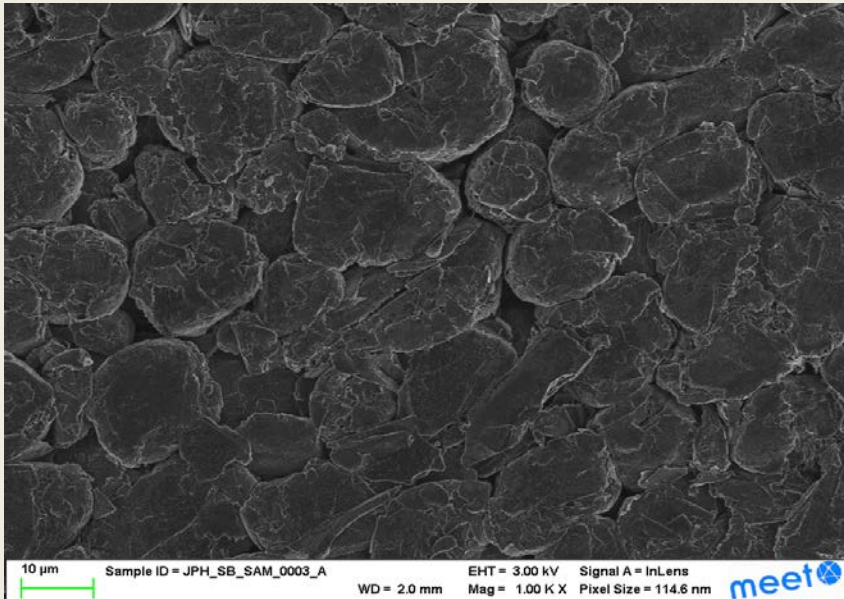


Ladezeit bei 4,5 V: 24 h

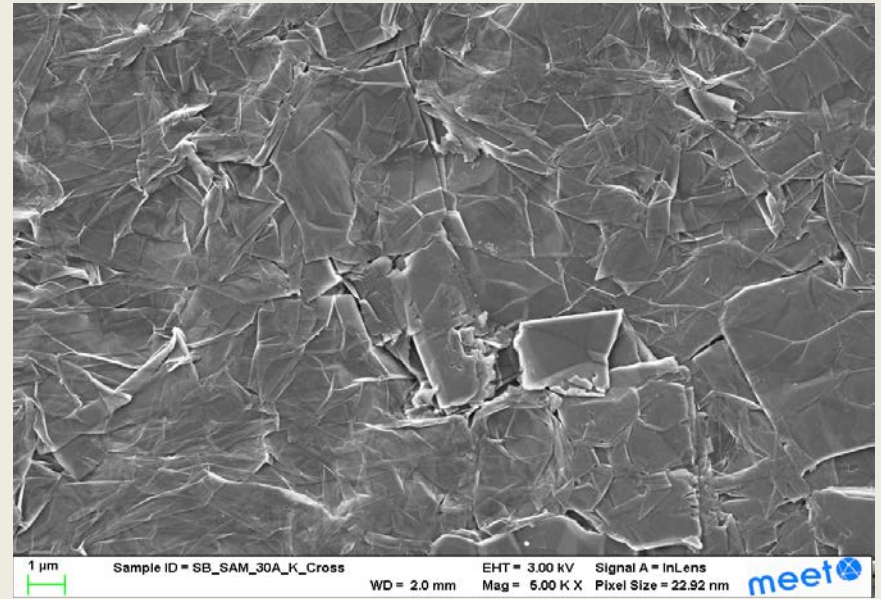
Die Ladezeiten der Dual-Graphit-Batterie sind für die praktische Nutzung noch zu lang und der Ladevorgang muss noch auf unsere Zelle angepasst werden, z.B: durch ein kleineres oberes Ladepotential und drei Formierungszyklen, um der Elektrolytzerersetzung entgegen zu wirken.

[1] Daten vom Zyklisierer

## 5. Auswertung /Mikroskopie



Graphitelektrode aus einer kommerziellen Lithium-Ionen-Batterie



Graphitelektrode aus unserer Dual-Graphit-Batterie

© Eigene Bilder vom Rasterelektronenmikroskop

Da die Elektrode der Dual-Graphit-Batterie brüchiger ist (Ursache: enthält kein Bindemittel) und weniger porös (Ursache: wurde stark gepresst) und die Graphitpartikel außerdem unregelmäßiger verteilt sind, nimmt sie den Elektrolyten schlechter auf und die Kapazität ist dadurch geringer.



## 5. Auswertung / Fahrtstest

	LIB*	NiCd**	DCB***
Ausgangsspannung in V	4,16	5,62	3,49
Gewicht in g	139,84	70,26	21,67
Kapazität in Ah	<b>5,69</b>	<b>0,50</b>	<b>0,0314</b>
Zurückgelegte Strecke in m (nach 30 min)	3071,16	3593,91	nicht möglich
Geschwindigkeit in km/h	6,14	7,19	nicht vorhanden
Spannung in V nach den Tests	3,99	5,22	2,13
Spezifische Kapazität in Ah/kg	<b>40,69</b>	<b>7,12</b>	<b>1,45</b>

\* Lithium-Ionen-Batterie

\*\* Nickel-Cadmium-Batterie

\*\*\* Dual-Graphit-Batterie



## 5. Auswertung / Fahrttest

---

LIB	DCB	NiCd
lässt das Auto problemlos fahren	Leistung ungenügend für Anfahrt	hohe Spannung (V) → höchste Geschwindigkeit
hohe Kapazität → sehr hohe Reichweite	Kapazität und Spannung reichen gerade mal für eine LED aus	geringe Kapazität (Ah) und damit geringere Ausdauer / Fahrzeit



## 6. Fehlerbetrachtung

---

- brüchige Graphitelektroden
  - Anderes Ableitermaterial
- mehr Elektrodenmaterial notwendig
- Verflüchtigung des Elektrolyten beim Schweißen unter Vakuum
- Zersetzung des Elektrolyten durch hohe Ladespannung
  - Anderer Elektrolyt (Ionische Flüssigkeit)

## 7. Fazit

---

- Zum jetzigen Zeitpunkt ist keine ökologische Batterie für die Elektromobilität realistisch.
  - Energiedichte nur für kleinere Anwendungen ausreichend.
- Umweltschädlichkeit und Unsicherheit des Elektrolyten bleiben die Hauptprobleme.
- Lösung: Guter Kompromiss zwischen Umweltverträglichkeit und Reichweite.





# Kontakt

---

MEET Batterieforschungszentrum  
Jessica Hüsker  
Corrensstraße 46  
48149 Münster  
Tel: 0251/83-36085  
E-Mail: [j.huesker@uni-muenster.de](mailto:j.huesker@uni-muenster.de)

MExLab:  
Inga Zeisberg  
Daniel Bocola  
Corrensstraße 2b 48149  
Münster Tel.: 0251- 83 36199  
Fax: 0251 - 83 39118  
[mexlab@uni-muenster.de](mailto:mexlab@uni-muenster.de)





Vielen Dank!

---

[www.wwf.de](http://www.wwf.de)