

# Auf der Suche nach der Super-Batterie – Lithium-Sauerstoff-Akku als zukunftsweisende Alternativen?

Dr. Dominique Rosenberg



Europa-Universität  
Flensburg

Tag der Forschungsförderung, Europa Universität Flensburg

2. November 2022

Dr. Dominique Rosenberg

# Ausgangspunkt – Lithium-Ionen-Batterie



Tablet & Smartphone



Elektromobilität

Scrosati et al. 2011, Bieker & Winter 2016a, Bieker & Winter 2016b

# Lithium-Ionen-Technologie als Energiespeicher?



Bürgerwindpark Braderup

Großspeicher aus Li-Ionen-Technologie



Bührke & Wengenmeyer 2012, Sterner & Stadler 2014

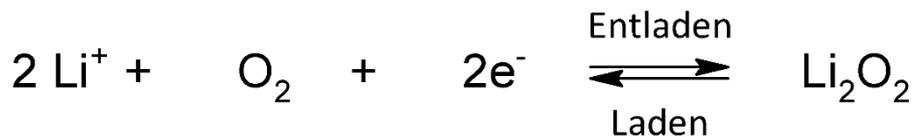
# Lithium-Ionen-Technologie als Energiespeicher und was danach kommen könnte?

- Lithium-Ionen-Technologie weist Grenzen hinsichtlich der vorhandenen Energiedichten sowie den Kathodenmaterialien auf
- Alternative: ‚Dual-Ionen-Batterie‘ ermöglicht durch den Einsatz von Graphitelektroden metallfreie Kathode
  - Problem: Begrenzte Intercalation der Anionen sowie Zersetzung der organischen Lösungsmittel durch hohe Ladespannungen
- Geeignete Alternative: Lithiummetall-Akkumulatoren mit deutlich höheren Energiedichten

Scrosati et al. 2011, Bieker & Winter 2016a, Bieker & Winter 2016b

# Moderne Batterieforschung

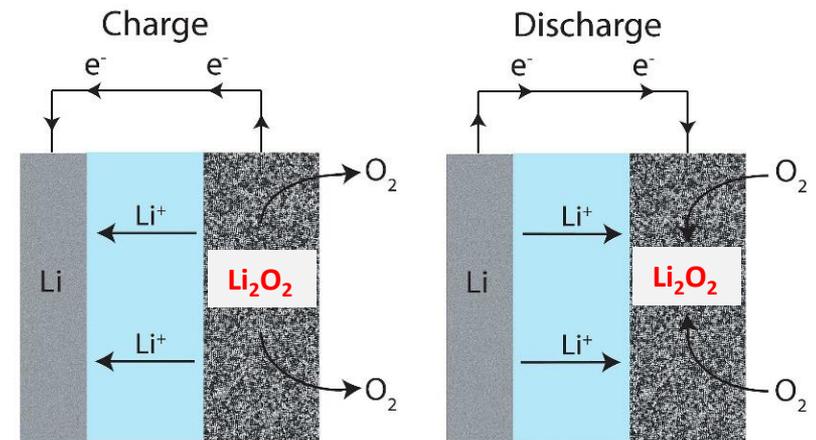
- Elektrodenreaktionen:



- Nebenreaktionen:



## Lithium-Sauerstoff-Akku



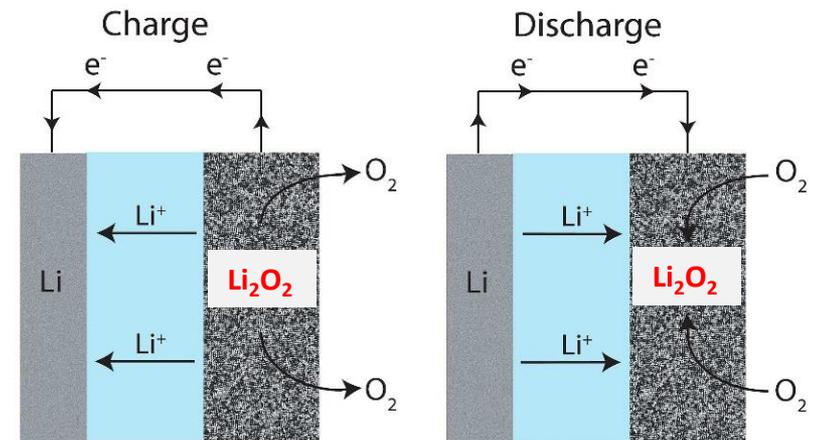
Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Lithium-Luft-Akkumulator#/media/Datei:Li-air-charge-discharge.jpg>  
(06.03.2022)

Jung et al. 2012 & Girishkumar 2010

# Moderne Batterieforschung

- Praktische Energiedichte: 1500 Wh/kg (vergleichbar mit Benzin)
- 10 mal höhere Leistung als Lithium-Ionen-Akkus
- Probleme:
  - Evtl. Bildung von Lithiumhydroxid und Lithiumcarbonat
  - Bildung von Sauerstoffradikal-Anion  $O_2^-$ , welches organische Carbonate zersetzt und sogar Elektrolytsalze angreift

## Lithium-Sauerstoff-Akkumulator



Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Lithium-Luft-Akkumulator#/media/Datei:Li-air-charge-discharge.jpg>  
(06.03.2022)

Korthauer 2013, ung et al. 2012 & Girishkumar 2010

# Didaktische Bedeutung

- Behandlung von Gebieten und Themenfelder, die derzeit oder in Zukunft die größte Bedeutung haben
- Einführung in aktuelle Forschungen und auch deren Problemen, wie z. B. Elektromobilität oder die Marktreife einer Technologie und die damit verbundenen Schwierigkeiten
- Erschließung von Experimenten und Konzeptionen für den Chemieunterricht dieser aktuellen Forschungsfelder

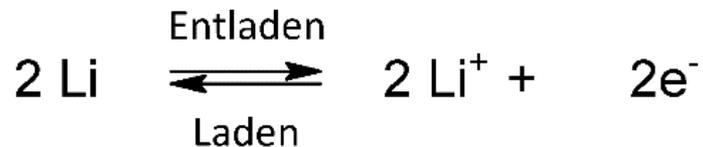
Parchmann et al. 2017



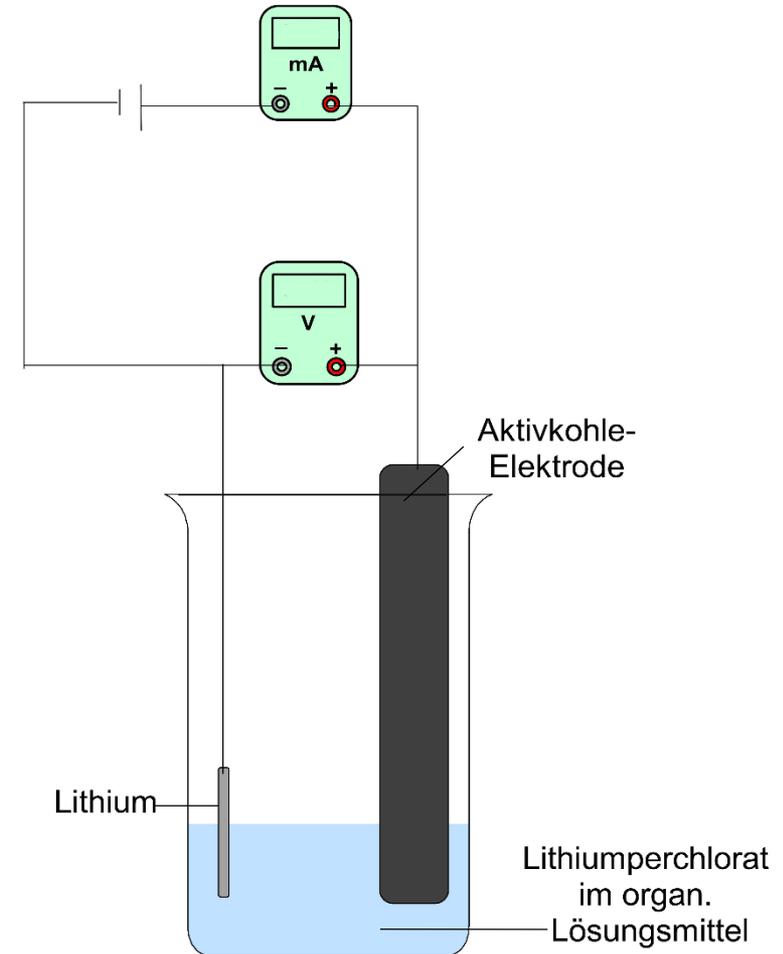
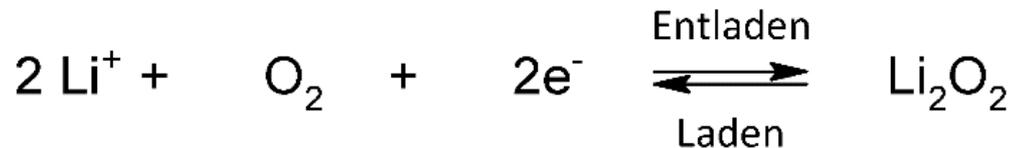
# Von Innovative Forschung zu innovativen Lernanlässen

## Lithium-Sauerstoff-Akkumulator

Minuspol:



Pluspol:



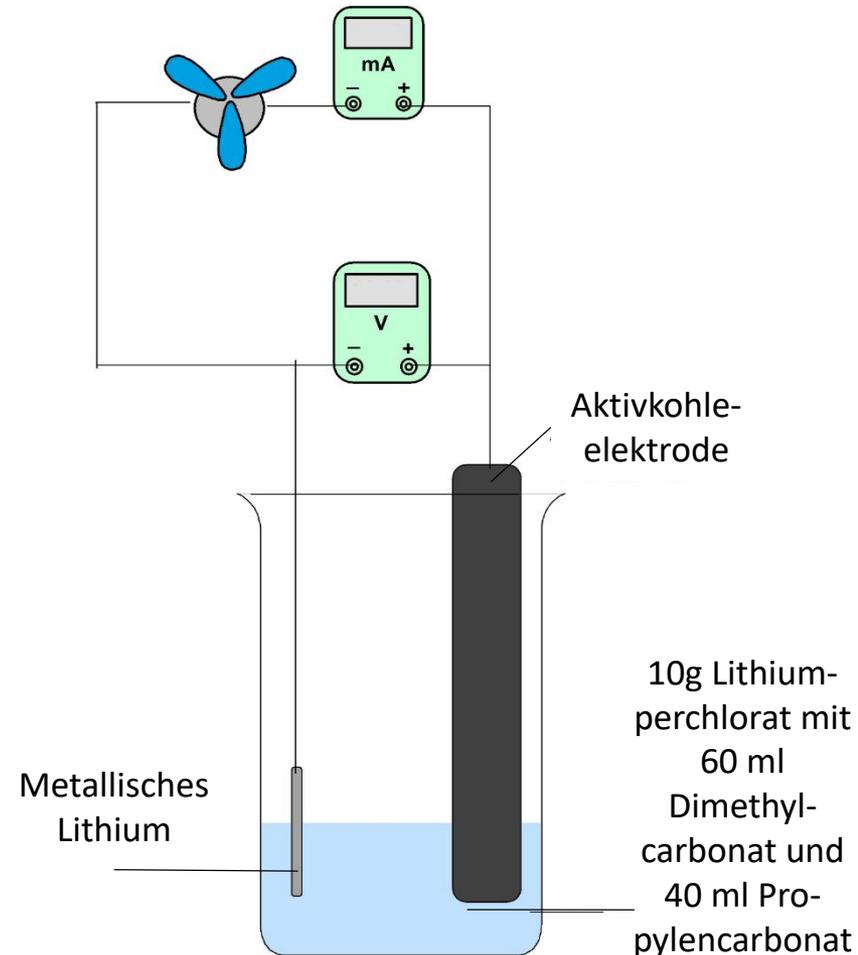
Rosenberg et al. 2020

# Lithium-Sauerstoff-Akkumulator (Lithium-Luft-Batterie)

- Bau einer diffusen Grafitelektrode zur Sauerstoffumsetzung

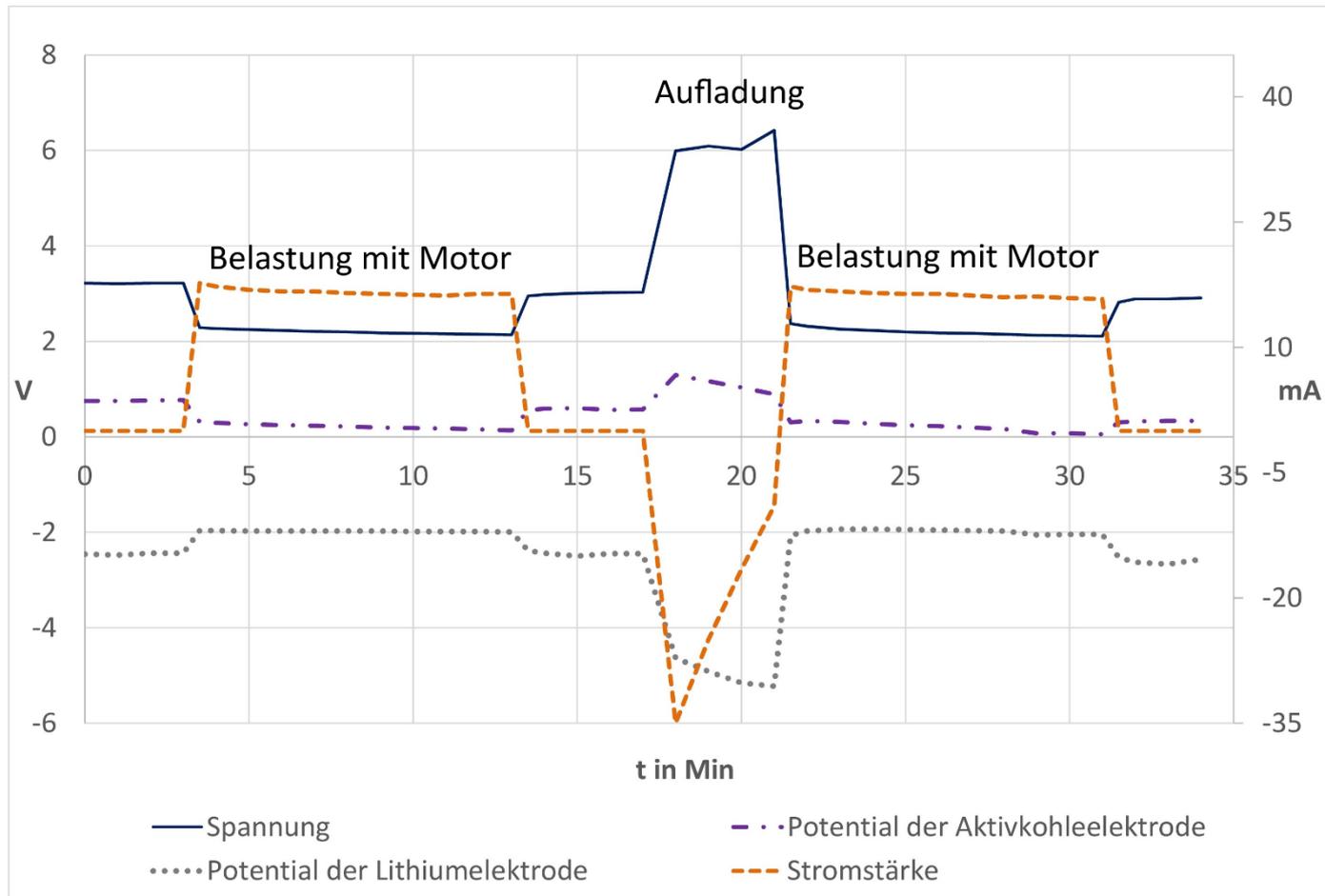


# Lithium-Sauerstoff-Akkumulator (Lithium-Luft-Batterie)



Rosenberg et al. 2020

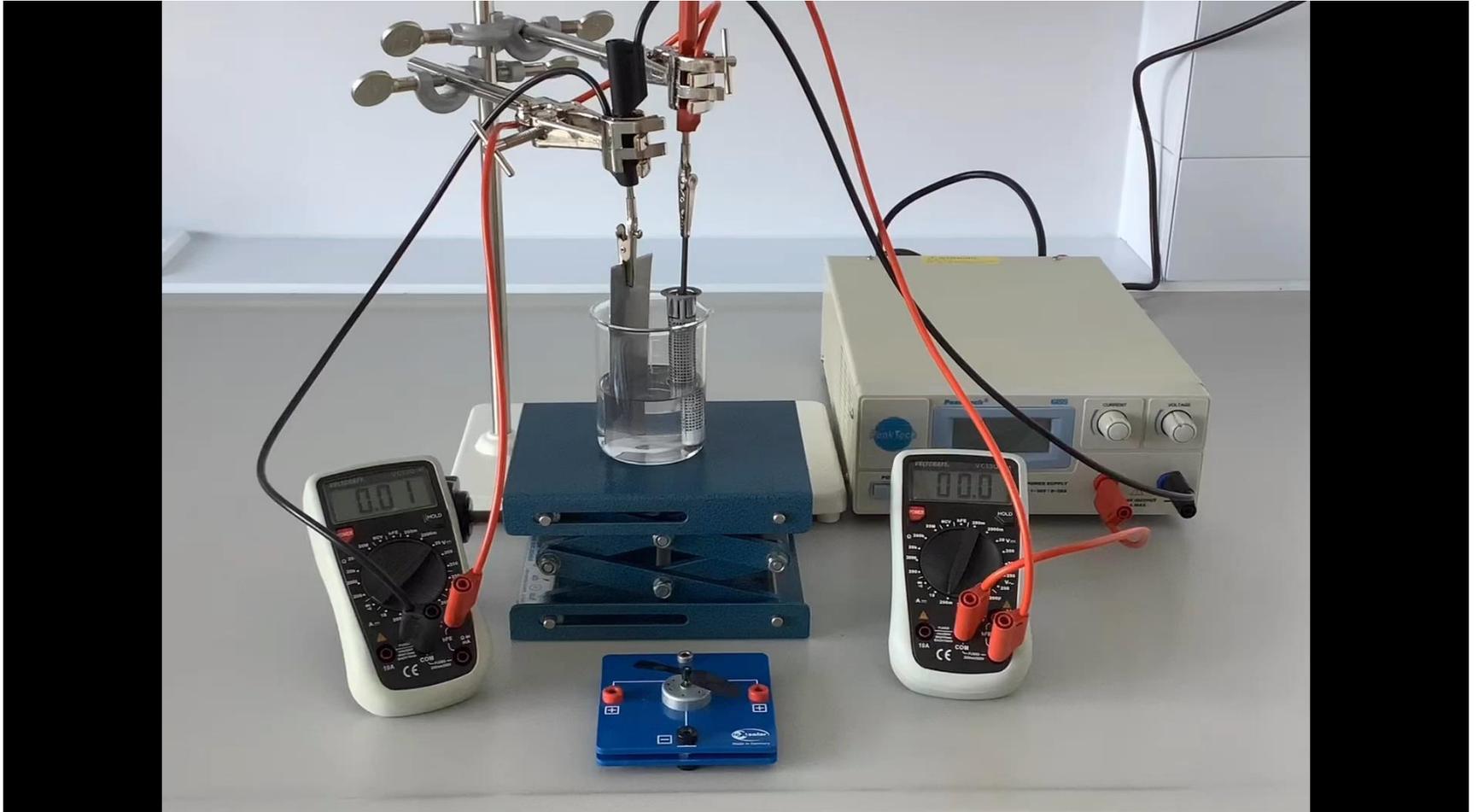
# Lithium-Sauerstoff-Akkumulator



# Metallisches Lithium – eine Gefahr für den Unterricht?

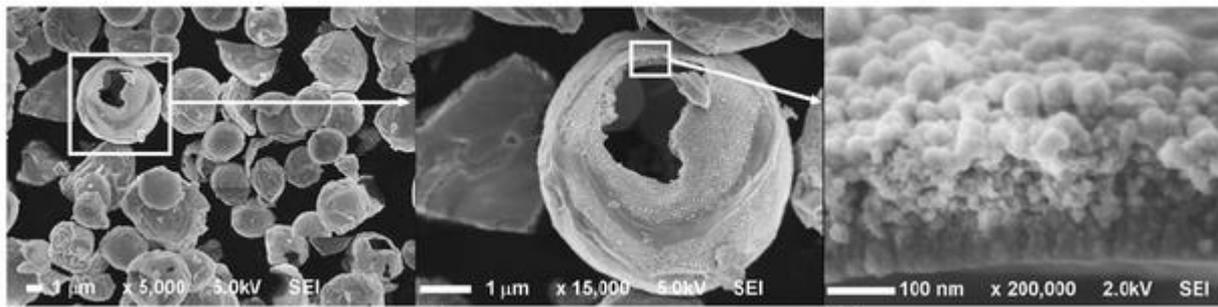


# Lithium-Sauerstoff-Akkumulator - Lithiumabscheidung



# Performance Verbesserung durch Kunststoffe?

- Erforschung neuer, geeigneten Schutzmaterialien auf Kunststoffbasis für Elektroden
- Idee: leicht verarbeitbarer thermoplastischer Kunststoff mit der Eigenschaft der metallischen Leitfähigkeit
- Überzogene Pyrrol bzw. Polypyrrol Elektrodenmaterialien

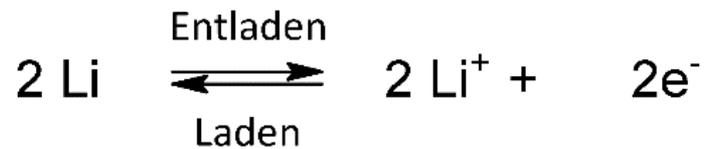


Quelle: Entnommen aus Idris et al: 2017, S. 862

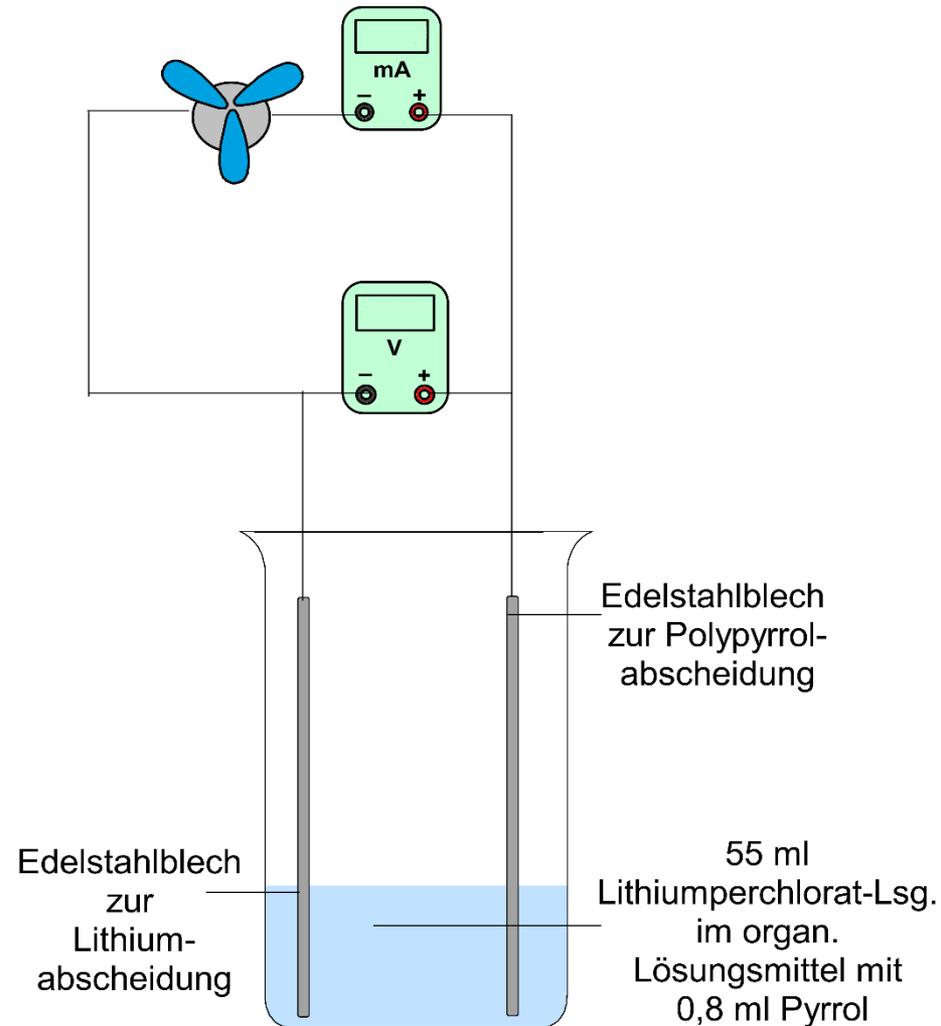
Idris et al. 2017

# Lithium-Polypyrrol-Batterie

Minuspol:

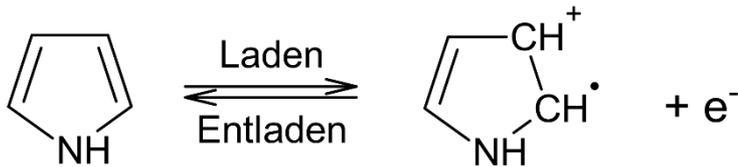


Pluspol:



# Lithium-Polypyrrol-Batterie – Reaktion am Pluspol während der Aufladung

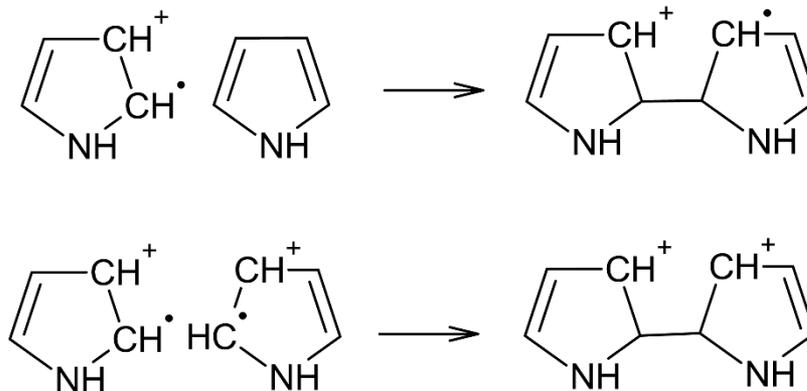
## 1. Oxidation von Pyrrol-Radikal



Pyrrol

Pyrrol-Radikal

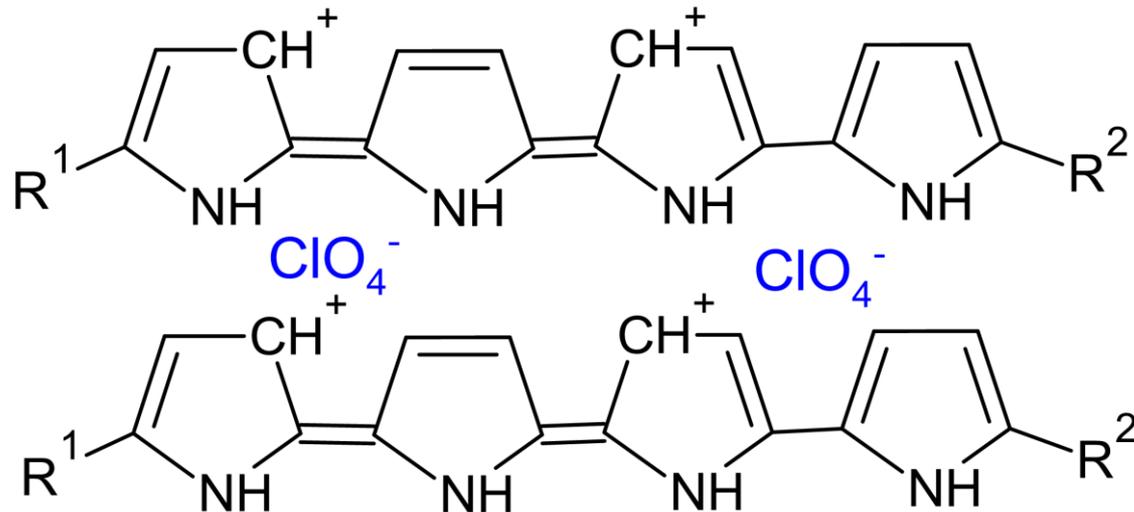
## 2. Dimerisierung durch C-C-Verknüpfung



Flintjer & Jansen 1989

# Lithium-Polypyrrol-Batterie – Reaktion am Pluspol

## 3. Schichtung von Polypyrrol und Intercalation von Perchlorat-Ionen

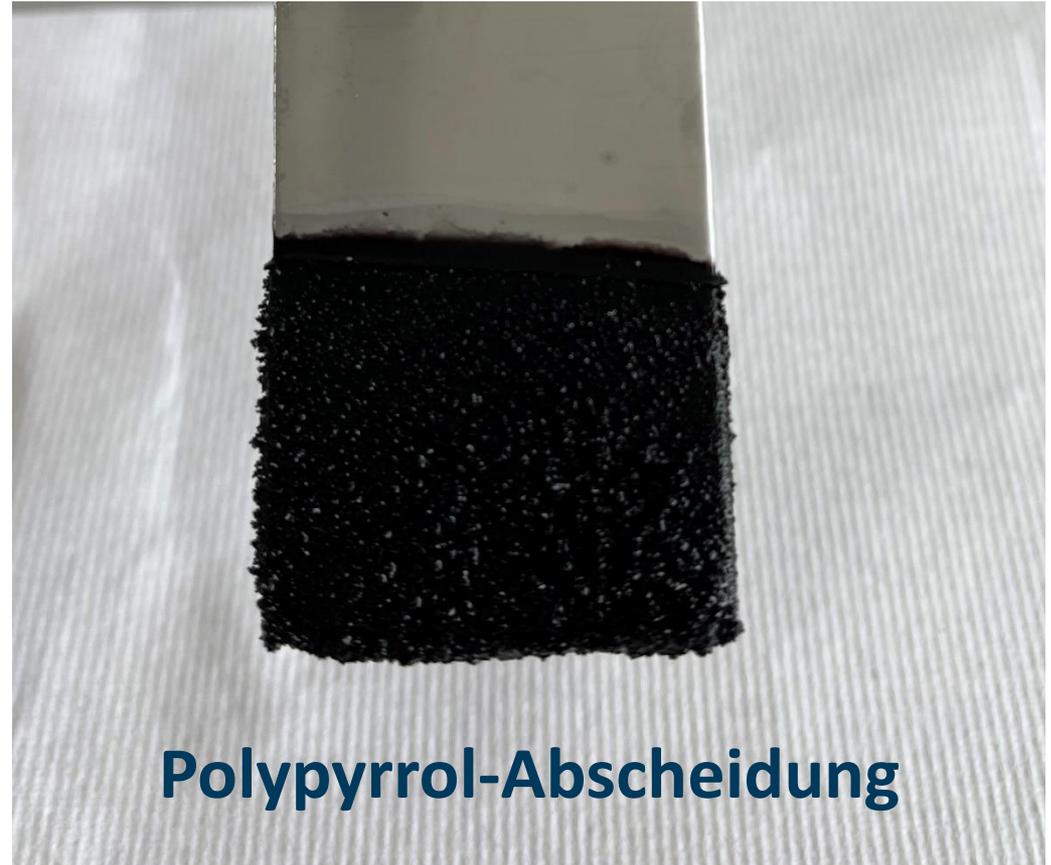


Flintjer & Jansen 1989

# Lithium-Polypyrrol-Batterie - Aufladung



# Abscheidung von Lithium & Polypyrrol



# Zusammenfassung

- Innovatives, experimentelles Forschen der Schülerinnen und Schüler an neuen Systemen wie dem Lithium-Sauerstoff-Akkumulator und der Lithium-Polypyrrol-Batterie möglich

- Bedeutsam für die Energiespeichertechnologie der Zukunft
- Lösung der Probleme für einen breiten, technischen Einsatz

**→ Entwicklung sehr einfacher Versuche mit leichter Handhabung in der Durchführung für den Chemieunterricht**

**→ Lithiumabscheidung auch zur Umsetzung von Metallbatterien im Unterricht bedeutsam**



# Literatur

- [1] P. Bieker und M. Winter (2016a): Was braucht man für eine Super-Batterie?, Chem. Unserer Zeit 50, 26-33
- [2] P. Bieker und M. Winter (2016b): Lithium-Ionen-Technologie und was danach kommen könnte, Chem. Unserer Zeit 50, 172-186
- [3] B. Scrosati, J. Hassoun, Y.K. Sun (2011): Lithium-ion batteries. A look into the future. Energy Environ. Sci. 4, 3287-3295
- [4] I. Parchmann, S. Schwarzer, T. Wilke, M. Tausch, T. Waitz (2017): Von Innovationen der Chemie zu innovativen Lernanlässen für den Chemieunterricht und darüber hinaus, ChemKon 24/4, 161-164
- [5] R. Korthauer (2013): Handbuch Lithium-Ionen-Batterien, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg
- [6] H.G. Jung, J. Hassoun, J.-B. Park, Y.-K. Sun, B. Scrosati (2012): An improved high-performance lithium-air battery, nature chemistry 4, 579-585
- [7] G. Girishkumar, B. McCloskey, A. C. Luntz, S. Swanson, W. Wilcke (2010): Lithium-Air Battery: Promise and Challenges. Journal Phys. Chem. Lett. 1, 2193-2203
- [8] M. Hasselmann, C. Wagner, M. Oetken (2014): Lithiummetall-Akkumulatoren als elektrochemische Energiespeicher und die faszinierende Chemie eines ausgewählten Alkalimetalls, CHEMKON, 21 (4), 163-174
- [9] M. Hasselmann & M. Oetken (2011): Elektrische Energie aus dem Kohlenstoffsandwich, CHEMKON, 18 (4), 160-172



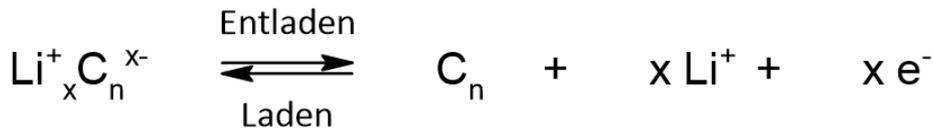
„Ich wurde mit unglaublichem Eifer und dem Wunsch befeuert, die gleiche Erfahrung zu machen und alles ans Licht zu bringen, was in dem Phänomen verborgen sein könnte.“

(Galvani)

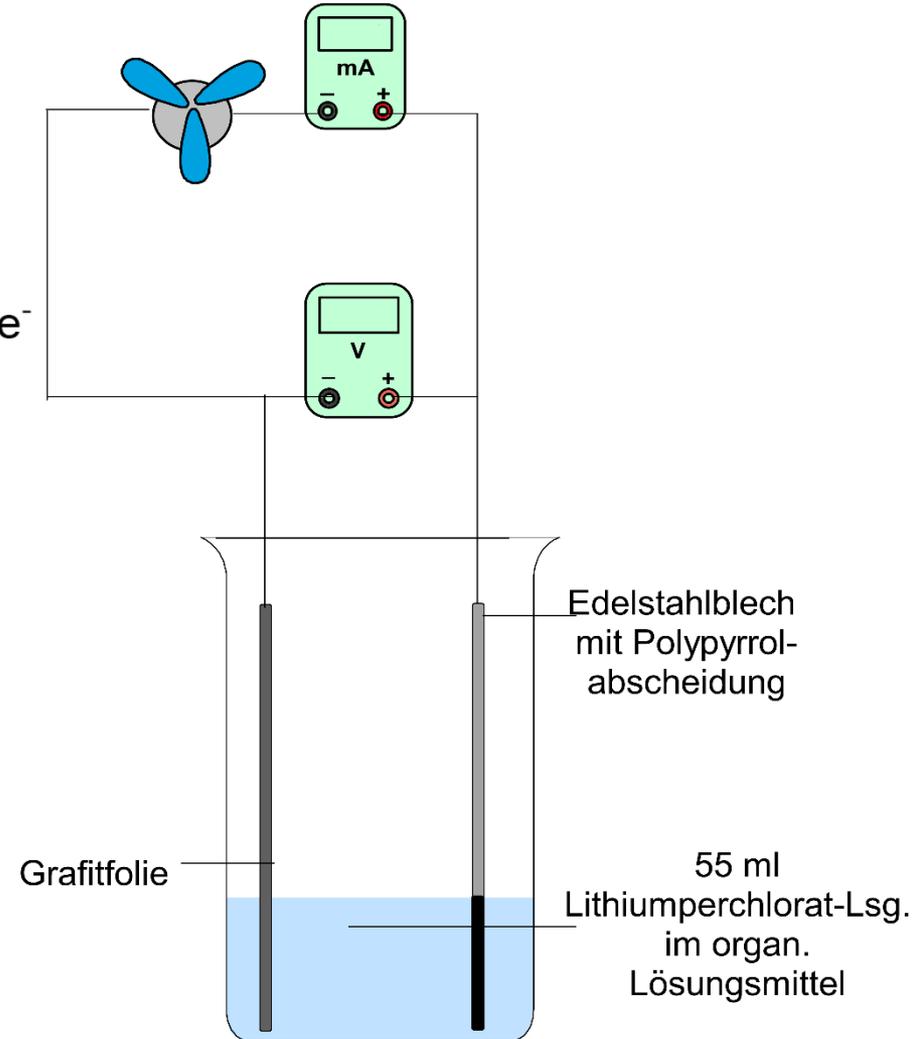
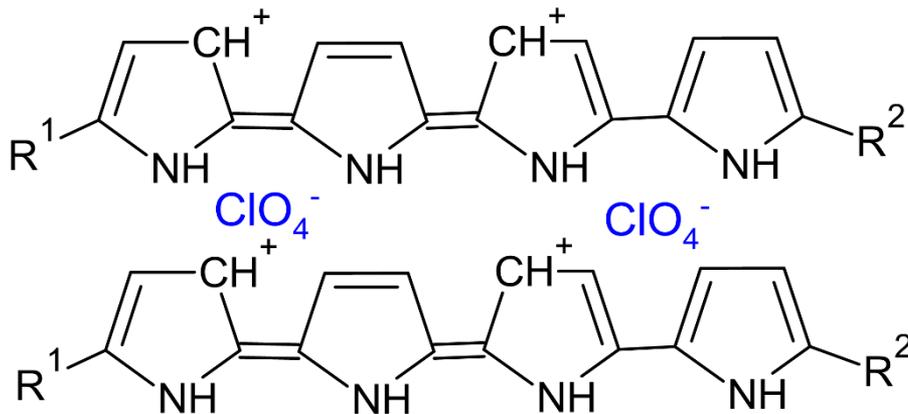
# Weitere Folien zur Forschung für die Diskussion

# Lithium-Ionen-Polypyrrol-Batterie

## Minuspol:



## Pluspol:



# Verbesserung der Lithium-Ionen-Batterie durch Eisensulfid?



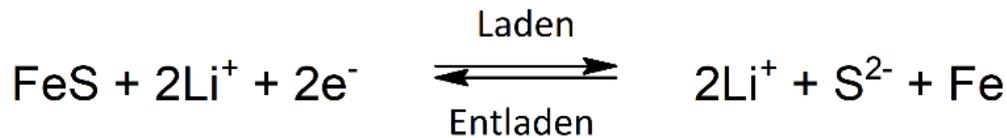
Li-Ionen-Akku



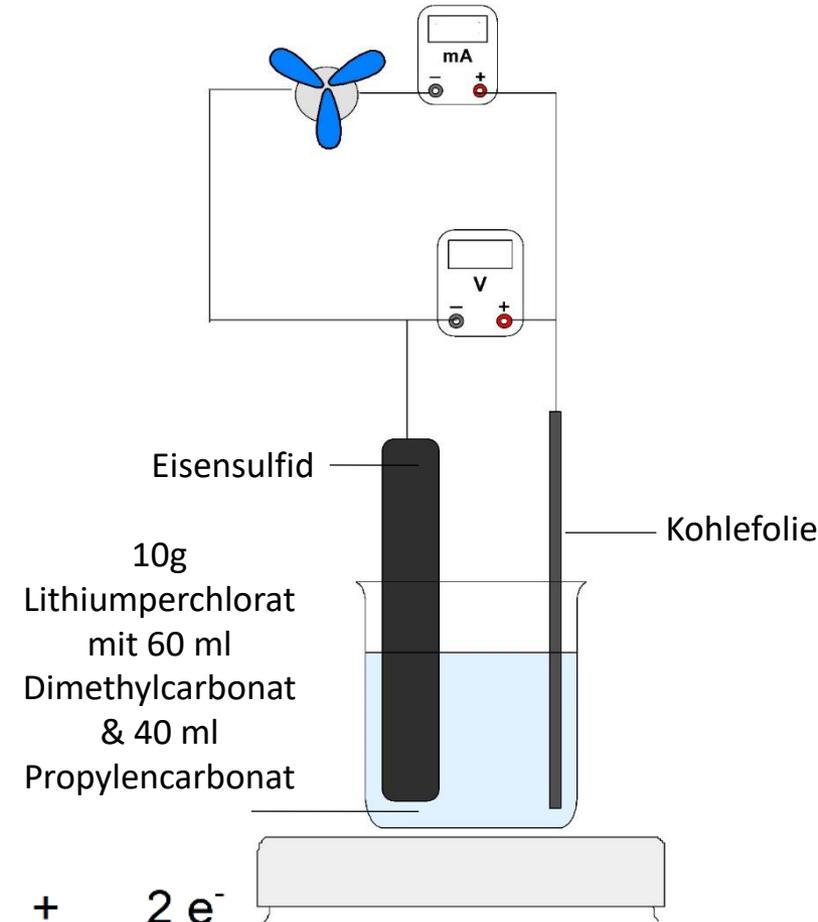
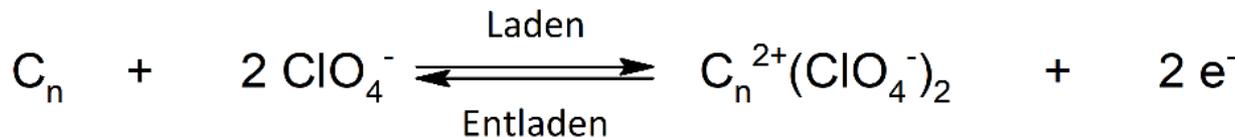
Eisensulfid Elektrode

# Lithium-Ionen-Akku mit Eisensulfid

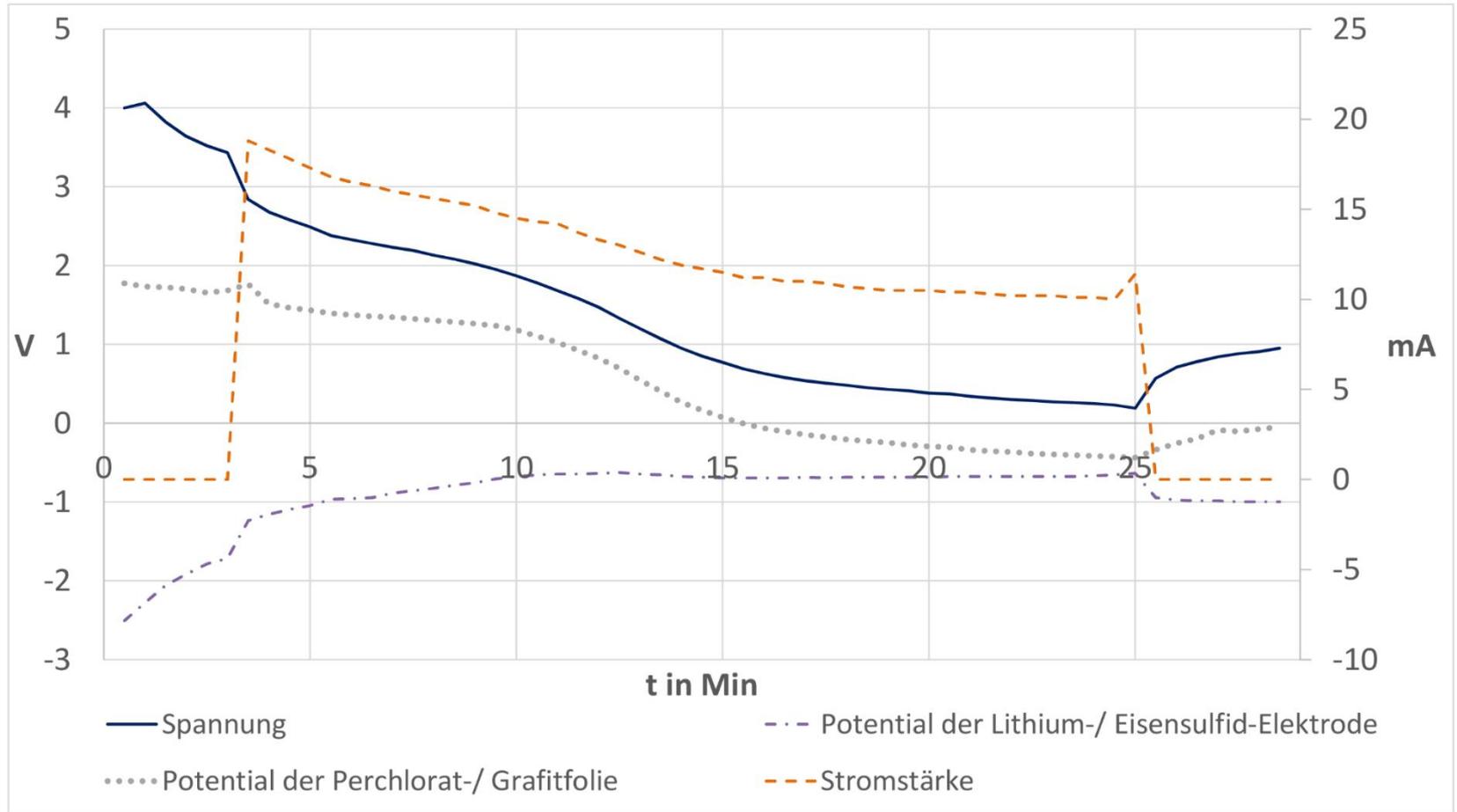
**Minuspol:**



**Pluspol:**



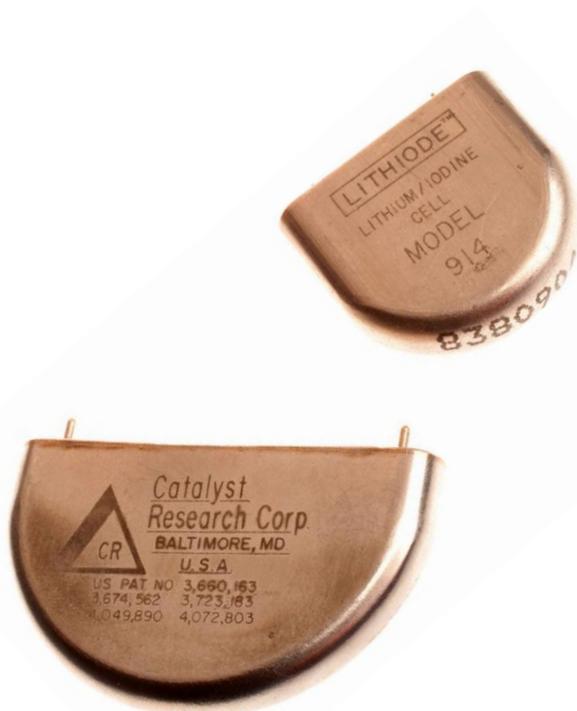
# Lithium-Ionen-Akku mit Eisensulfid



# Lithium-Abscheidung bei hoher Aufladespannung



# Implantate mit Lithium-Iod-Batterien

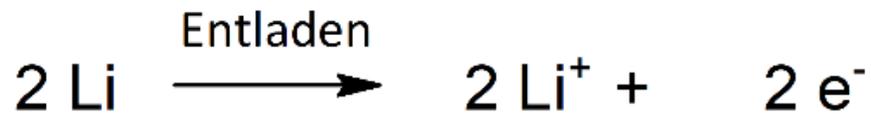


Quelle: <https://www.netdoktor.de/therapien/herzschriftmacher/> (22.7.2018)

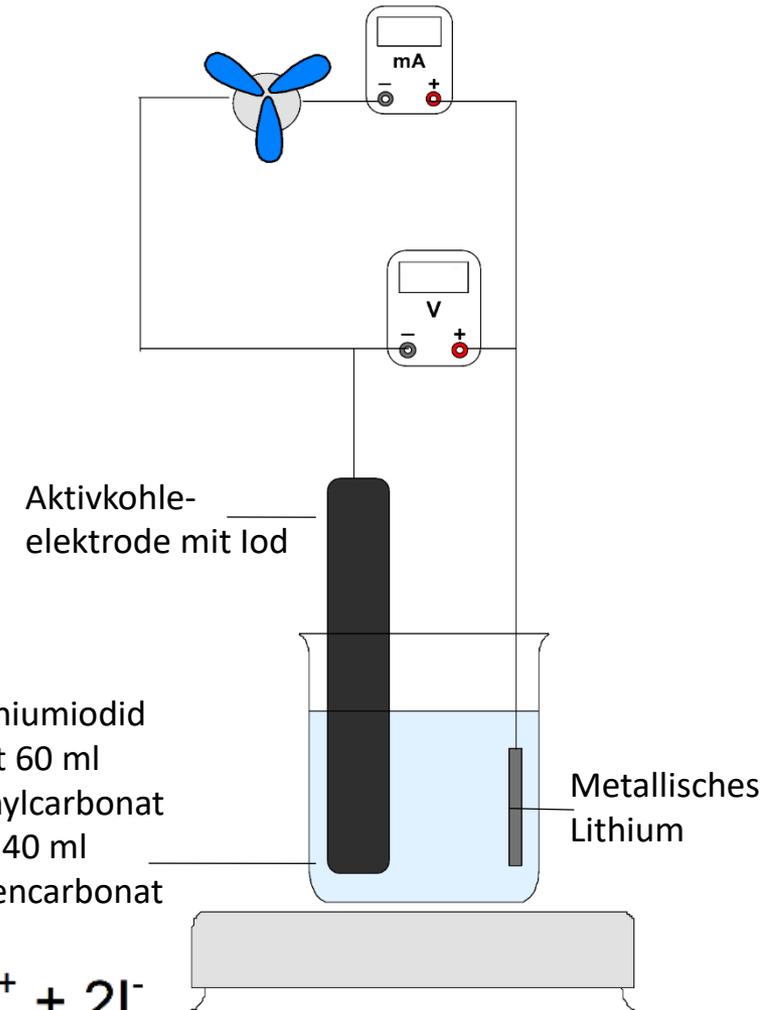
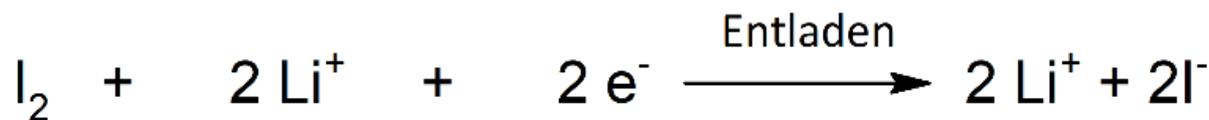
Holmes 2007

# Lithium-Iod-Batterie

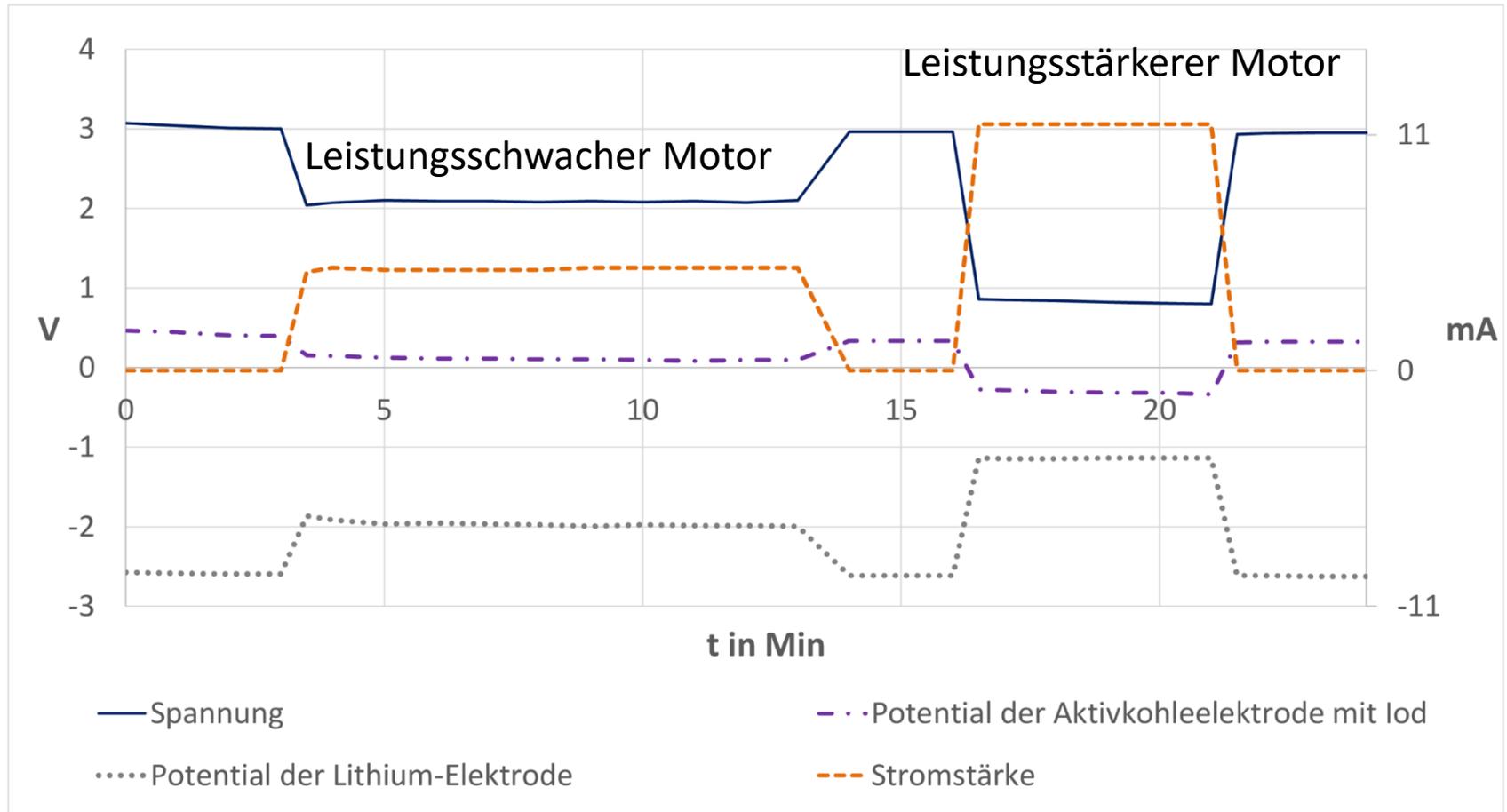
Minuspol:



Pluspol:



# Lithium-Iod-Batterie



# Katzengold als Elektrodenmaterial?



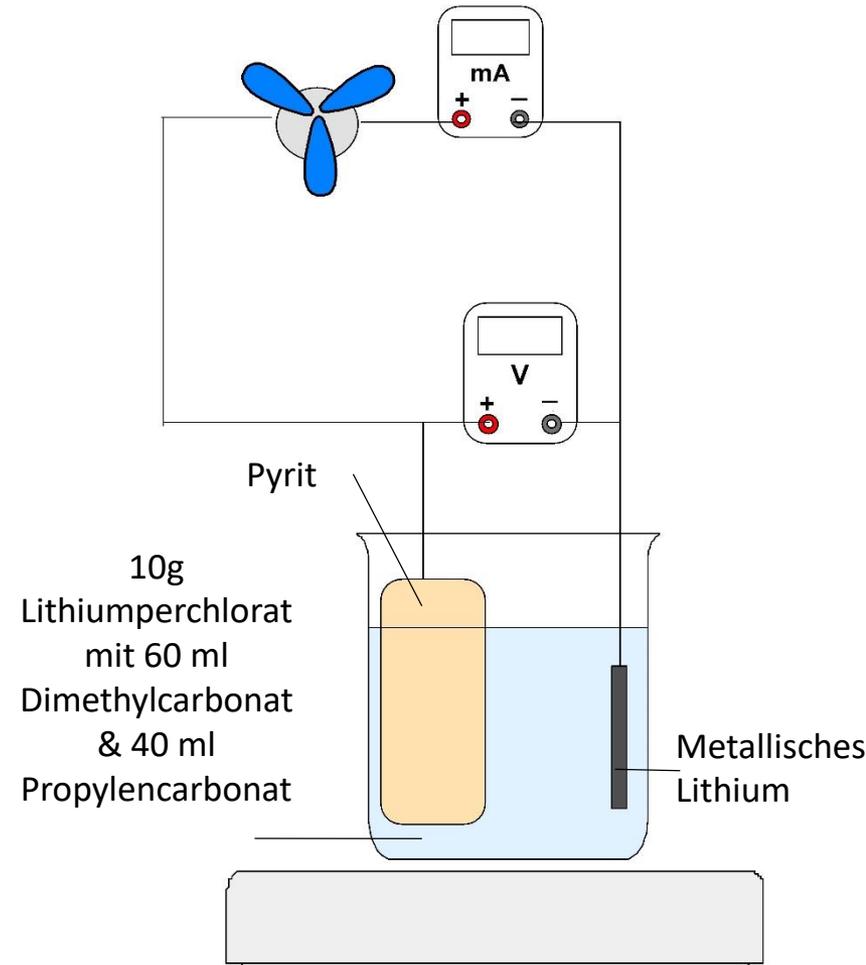
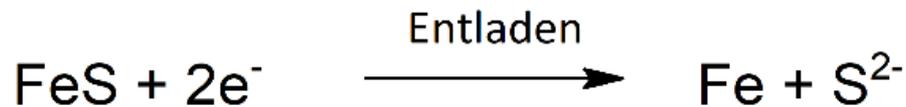
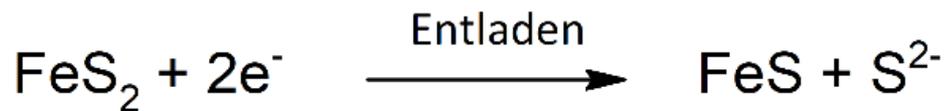
Quelle: <https://www.hexenladen-hamburg.de/steine-in-der-magie/pyrit-auch-katzengold-oder-narregold/> (22.7.2019)

# Lithium-Pyrit-Batterie

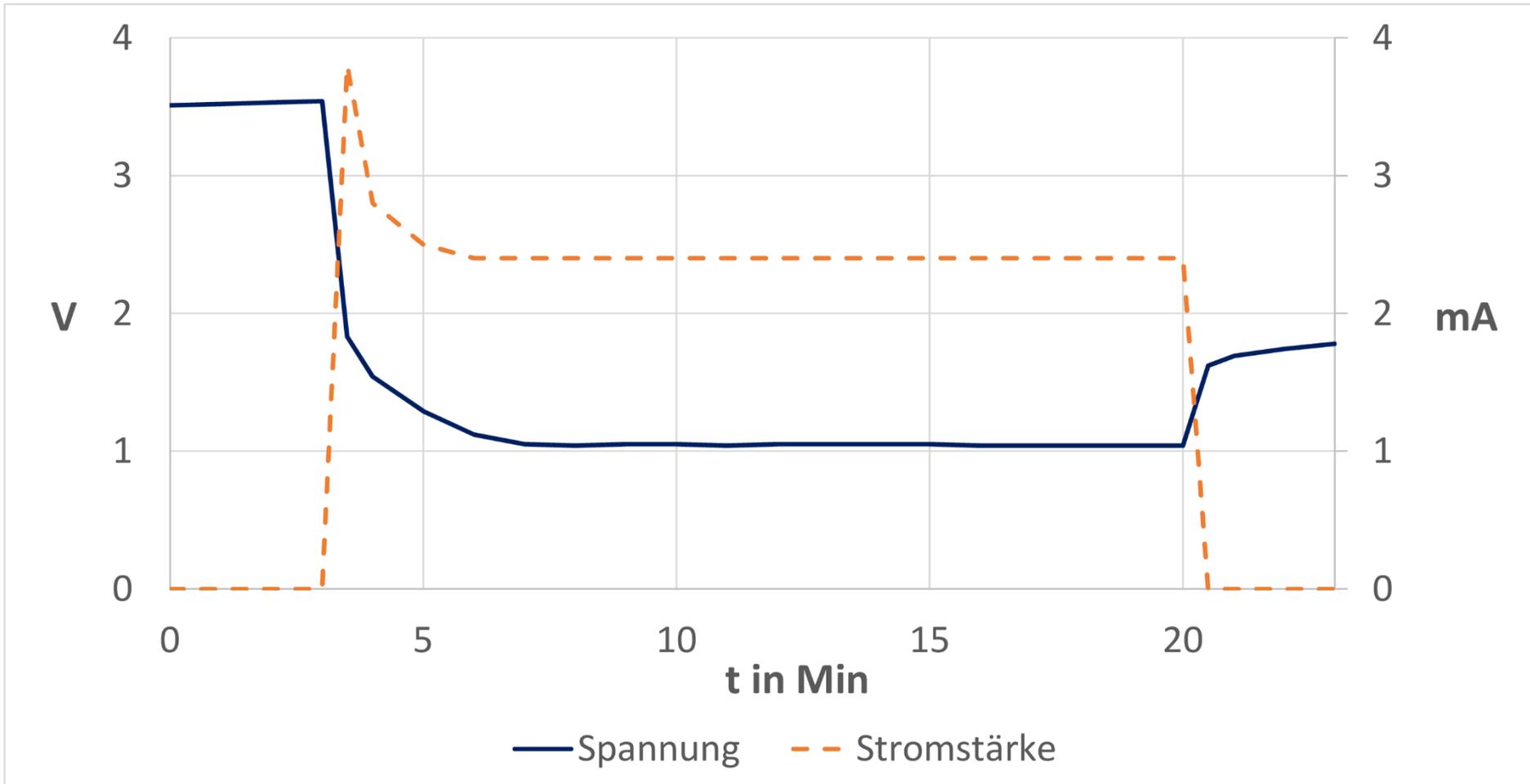
**Minuspol:**



**Pluspol:**



# Lithium-Pyrit-Batterie

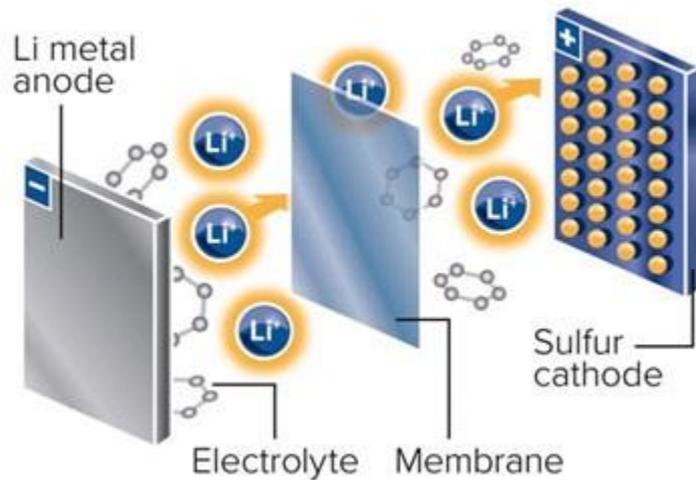


# Lithium-Pyrit-Batterie



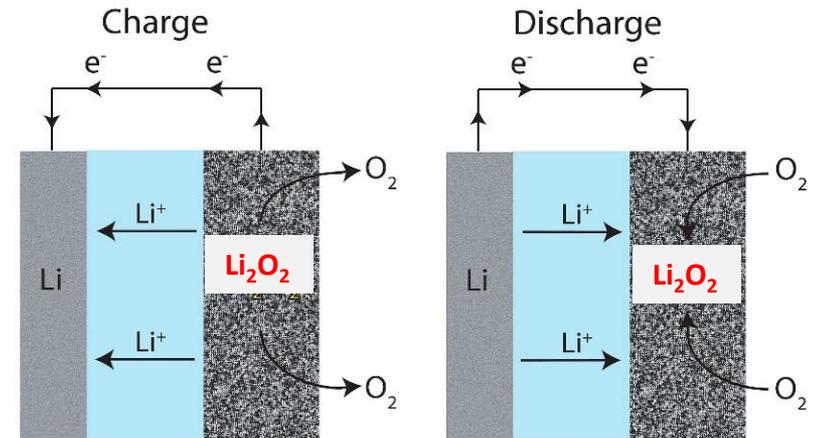
# Moderne Batterieforschung

## Lithium-Schwefel-Batterie



Quelle: <https://www.elektroniknet.de/elektronik/power/was-man-ueber-lithium-schwefel-akkus-wissen-muss-105459.html> (22.7.2019)

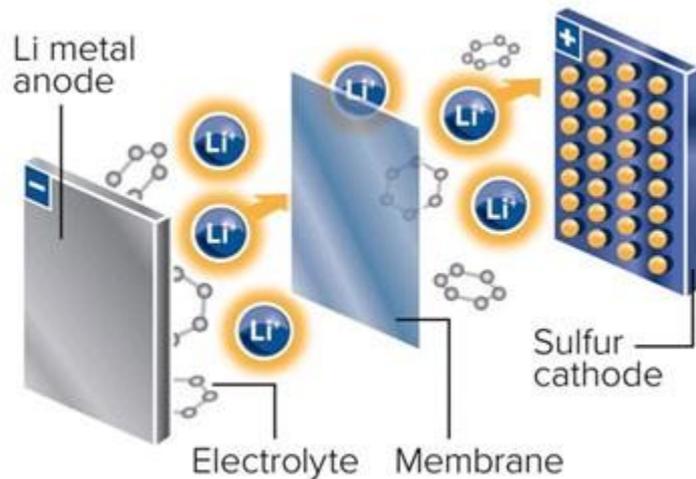
## Lithium-Sauerstoff-Batterie



Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Lithium-Luft-Akkumulator#/media/Datei:Li-air-charge-discharge.jpg> (22.7.2019)

# Moderne Batterieforschung

## Lithium-Schwefel-Batterie

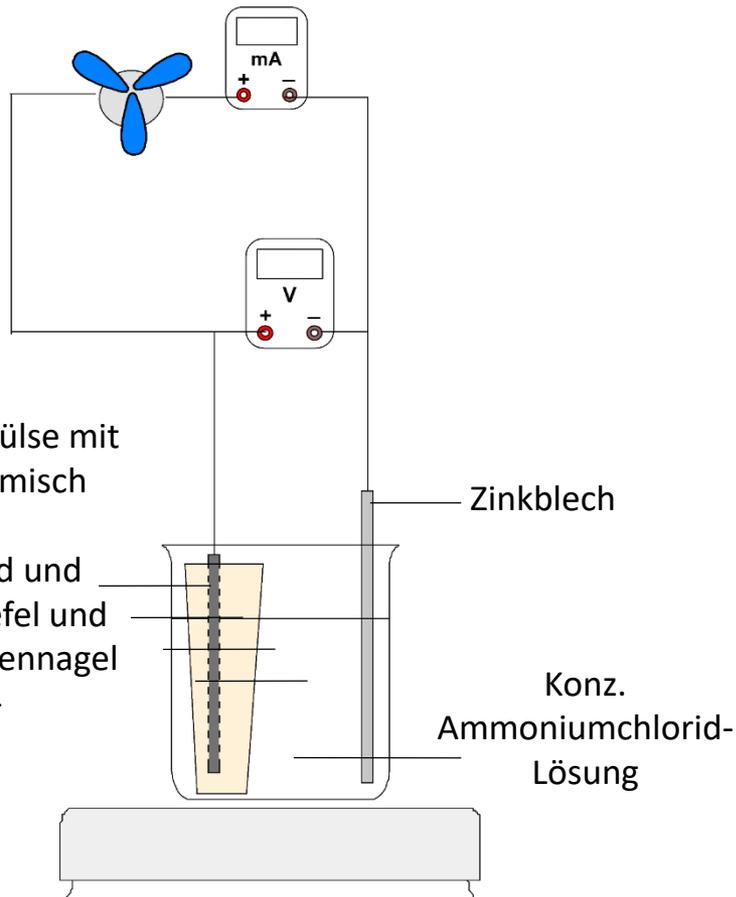


Quelle: <https://www.elektroniknet.de/elektronik/power/was-man-ueber-lithium-schwefel-akkus-wissen-muss-105459.html> (22.7.2019)

- Energiedichte bei Prototypen: 350 Wh/kg
- Erwartete Energiedichten: 400 bis 600 Wh/kg (Vergleich: Li-Ionen-Akku: 250 Wh/kg)
- Problem: Zyklenbeständigkeit
- Hoher Entwicklungsbedarf

Korthauer 2013

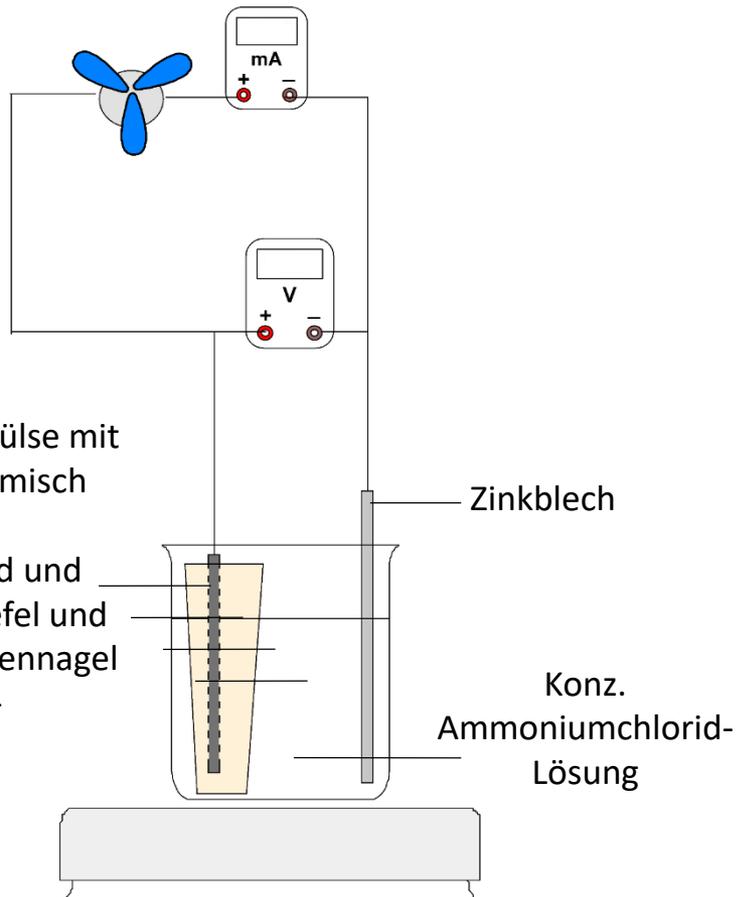
# Zink-Schwefel-Batterie



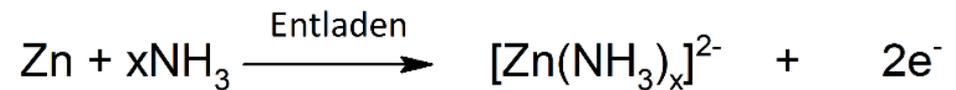
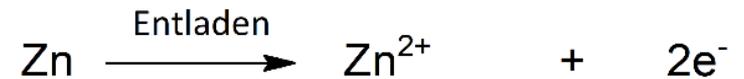
- 1999 beschäftigten sich Jansen et al. mit der Untersuchung Niedertemperatur-Zink-Schwefel-Batterie
- Didaktischer Modellversuch mit Gemisch aus Schwefel- und Eisensulfid

Jansen et al. 2000

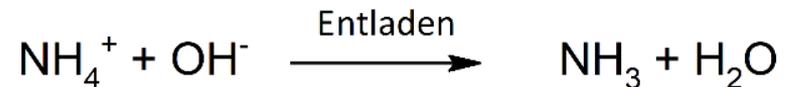
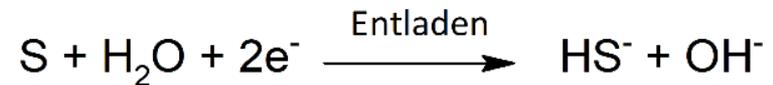
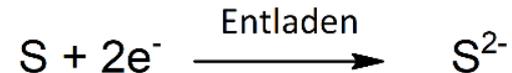
# Zink-Schwefel-Batterie



## Minuspol:

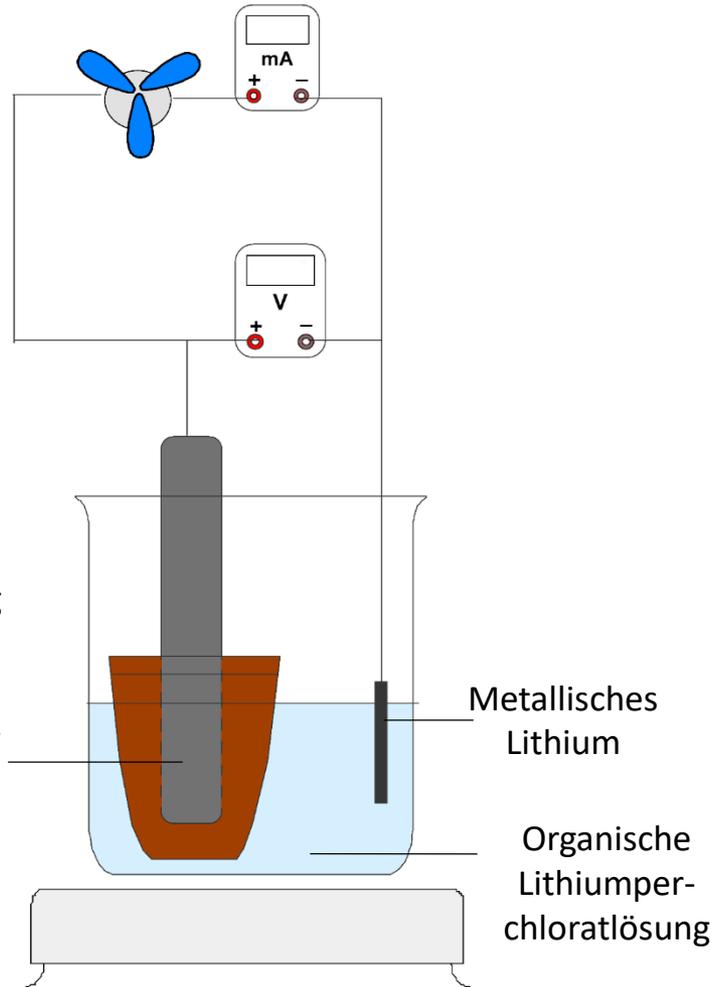


## Pluspol:



Jansen et al. 2000

# Lithium-Schwefel-Batterie

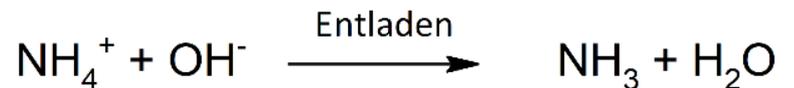
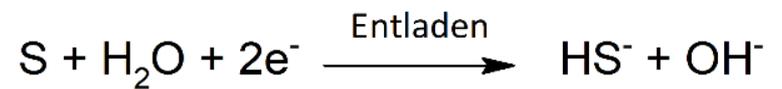


Tontopf mit einem breiigen Gemisch aus 31 g Eisensulfid und 10 g Schwefel und einem Eisensulfidstab als Ableitelektrode

**Minuspol:**



**Pluspol:**



# Lithium-Schwefel-Batterie

