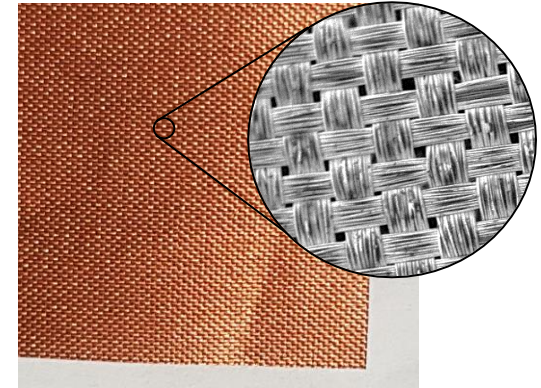


Textil-basierte Batterie mit einem biologisch abbaubaren Gel- Elektrolyten



Smart-Textiles-Workshop

Sandra Gellner, Fachbereich Elektrotechnik und Informatik, Hochschule Niederrhein,
47805 Krefeld

Hochschule Niederrhein



- >14.200 Studierende, > 240 Professuren
- 2019 Research&Transfer: 10.6 m €

Forschungsgruppe von Prof. Dr. Nannen:
textile, organische und nanostrukturierte
Elektronik

Smart Textiles an der HSNR



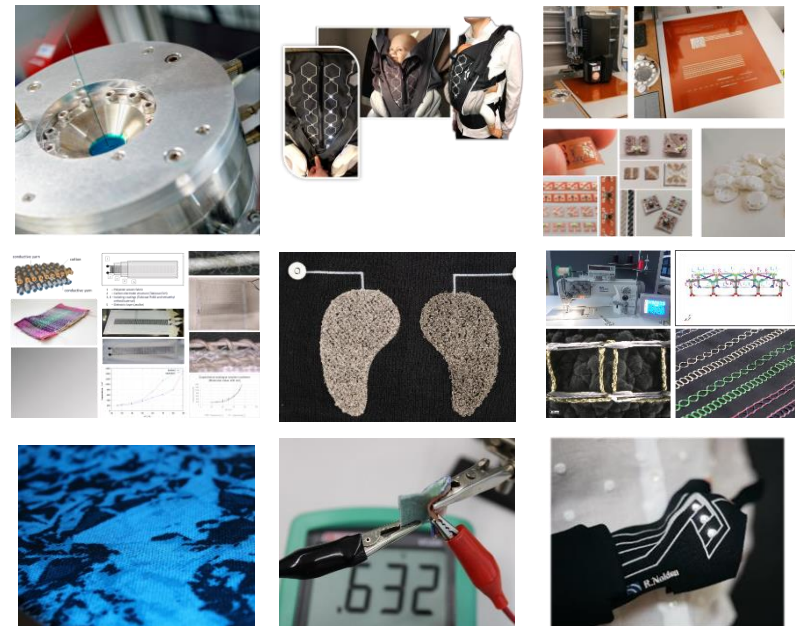
Prof. Dr. Ekaterina Nannen
Fachbereich Elektrotechnik und Informatik

Prof. Dr. Anne Schwarz-Pfeiffer
Fachbereich Textil- und Bekleidungstechnik

Lehre



Forschung und Entwicklung

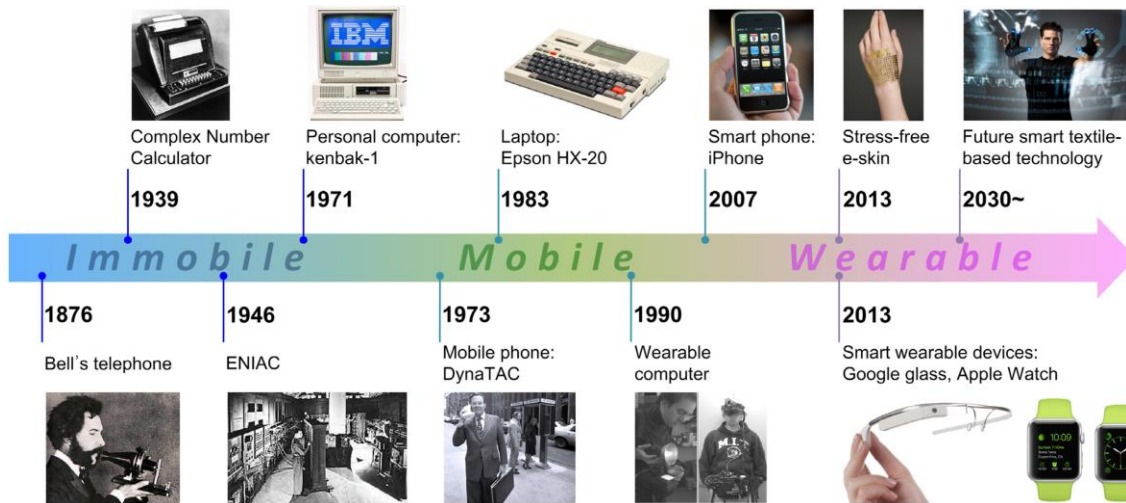


Weitere Informationen finden Sie hier:
<https://www.hs-niederrhein.de/textil-bekleidungstechnik/forschung/smart-textiles/>

Entwicklung von textiler Elektronik

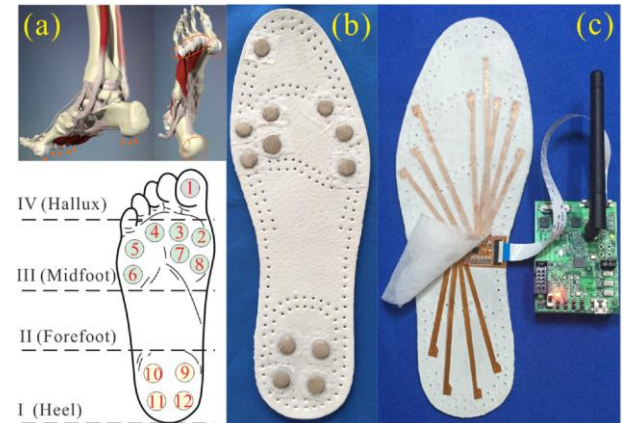


➡ Hohes Interesse an textiler Elektronik in verschiedenen Industriebereichen



V. Kaushik et al., Nanomaterials 5, 1493 (2015)

Medizin, Sport



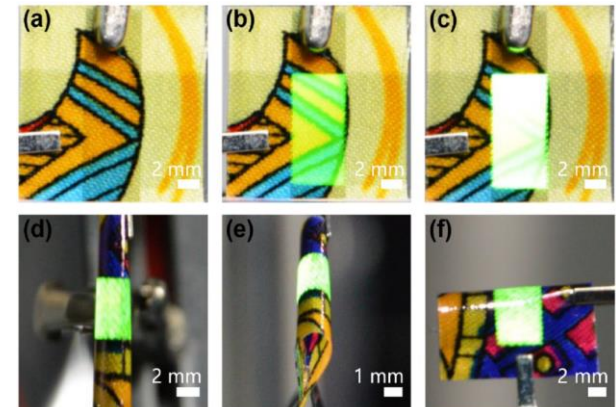
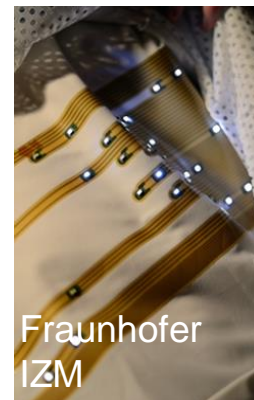
X. Guo et al., Meas. Sci. Technol. 27, 045105 (2016)

➡ Stark gefragt: lokale textile-basierte Energieversorgung

- Flexibel
- Geringes Gewicht
- Kompakt
- Nicht-toxisch
- Umweltfreundlich

Nähe zum Körper

Fashion, Sicherheit



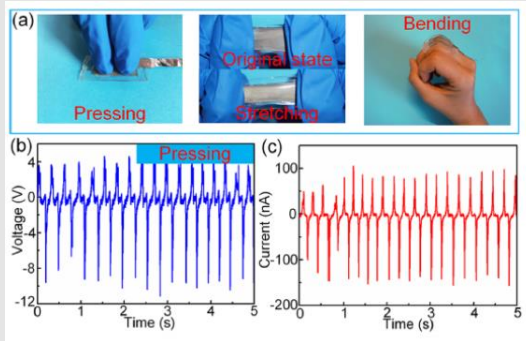
D. Yin et al., Org. Electron. 76, 105494 (2020)

Methoden zur Energieversorgung



ENERGIEERNTE

Biomechanisch

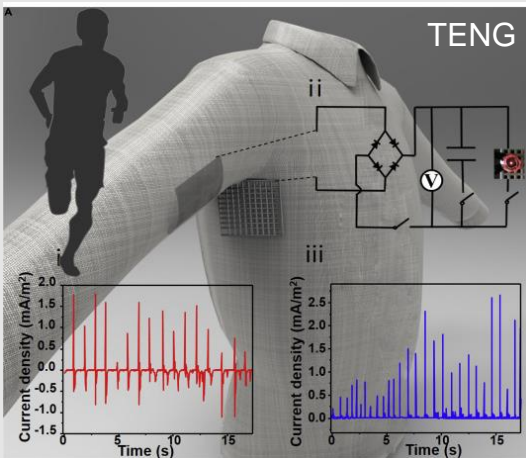


X. Chen et al., Appl. Phys. Lett. 112, 203902 (2018)

Körperwärme

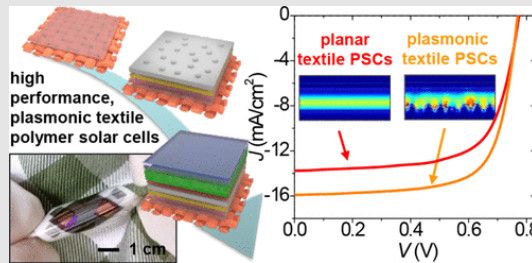


M.-K. Kim et al., Smart Mater. Struct. 23, 105002 (2014)



M. Zhang et al., Matter 1, 168 (2019)

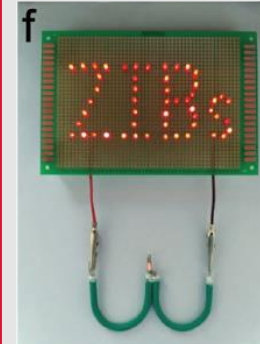
Solar



S.H. Cho et al., ACS Appl. Mater. Interfaces 11, 20864 (2019)

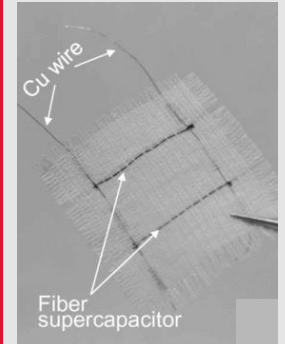
ENERGIESPEICHERUNG

Batterie



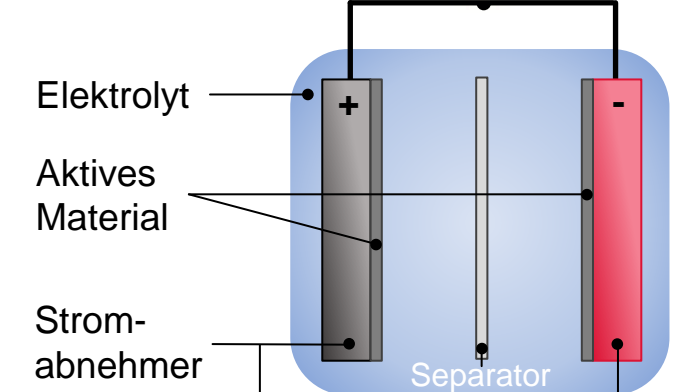
F. Wan et al., Adv. Funct. Mater. 28, 1804975 (2018)

Kondensator

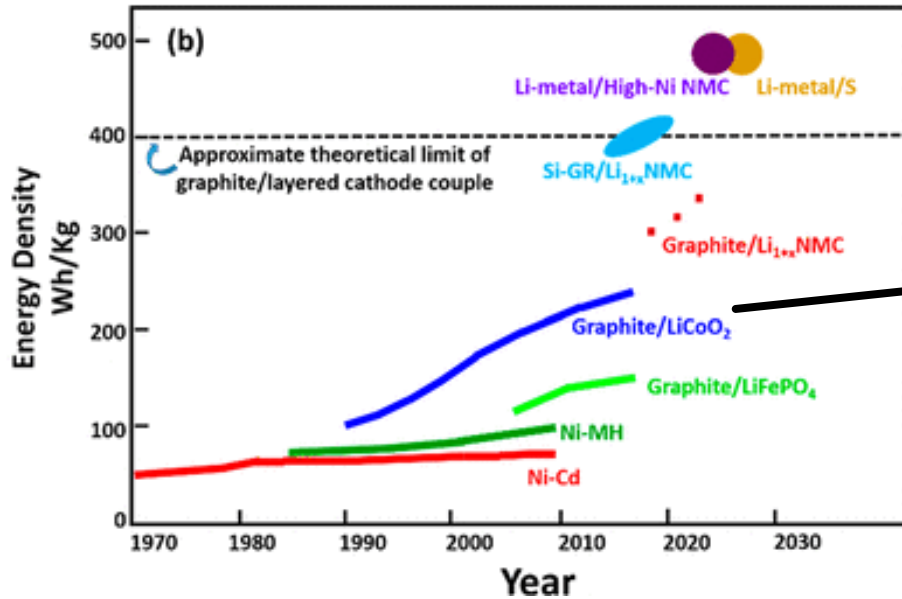


Y. Meng et al., Adv. Mater. 25, 2326 (2013)

Schematischer Aufbau:

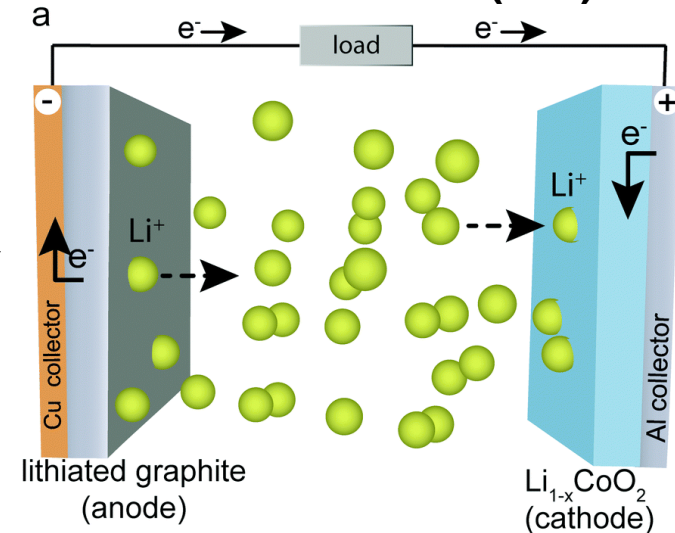


State-of-the-Art Batterien



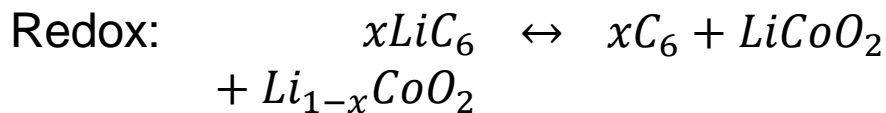
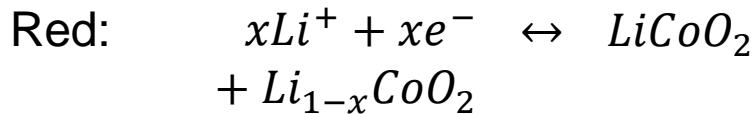
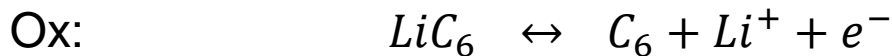
M. Winter, B. Barnett, and K. Xu, Chem. Rev. 118, 11433 (2018)

Lithium-Ion Batterie (LIB)



M. Walter, M.V. Kovalenko, and K.V. Kravchyk, New J. Chem. 44, 1677 (2020).

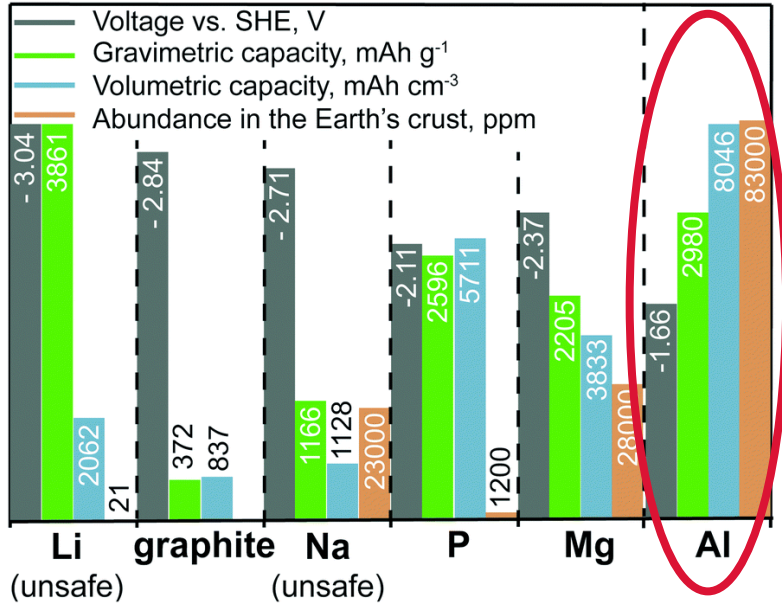
Chemische Reaktion:



- + Hohe Spannung (vs. SHE)
 - + Hohe gravimetrische Kapazität
- ### Nachteile von LIBs

- Geringes Vorkommen → teuer
- Elektrolyt: toxisch & entzündlich
- Verkapselung

Post-Lithium Batterien

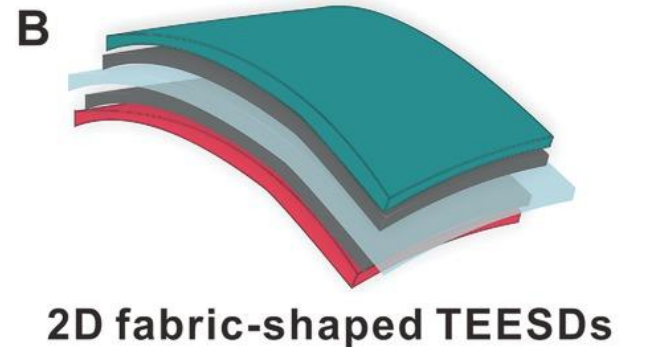
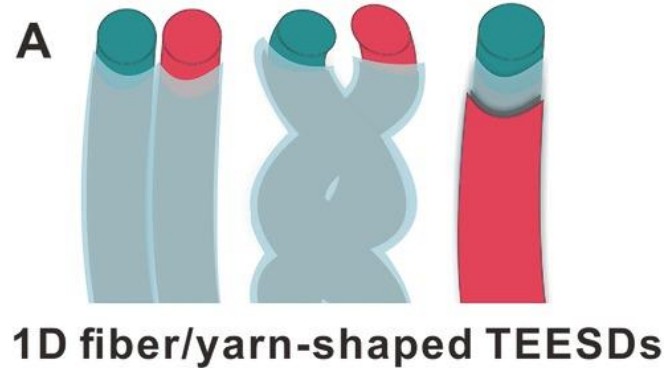


M. Walter, M.V. Kovalenko, and K.V. Kravchyk, New J. Chem. 44, 1677 (2020).

Beispiele:

- Na-Ionen Batterie
- Mg-Ionen Batterie
- Mg-Na Dual-Ionen Batterie
- Al-Ionen Batterie
- Al-Graphite Dual-Ionen Batterie

Design von textilen Batterien:

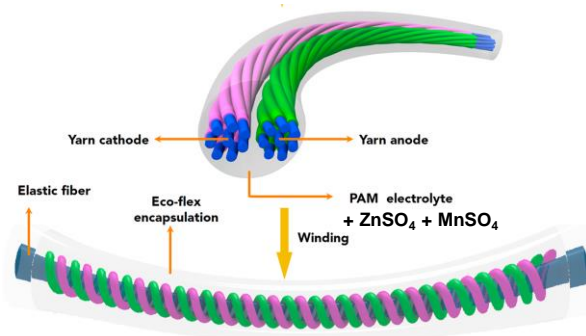


Q. Huang, D. Wang, and Z. Zheng, Adv. Energy Mater. 6, 1600783 (2016)

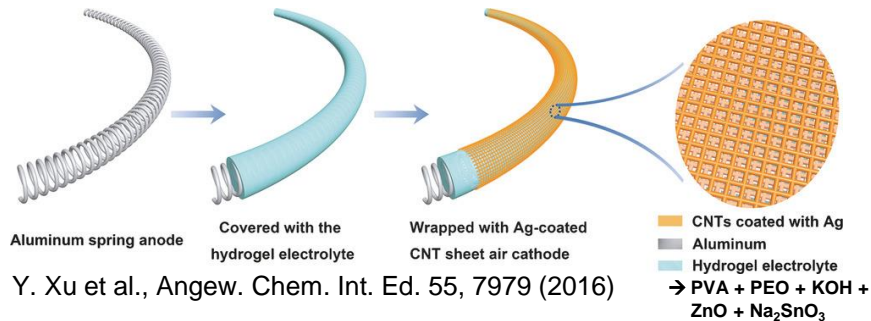
Textil-basierte Li-freie Batterien



Garn-basierte Batterien



H. Li et al., ACS Nano 12, 3140 (2018)

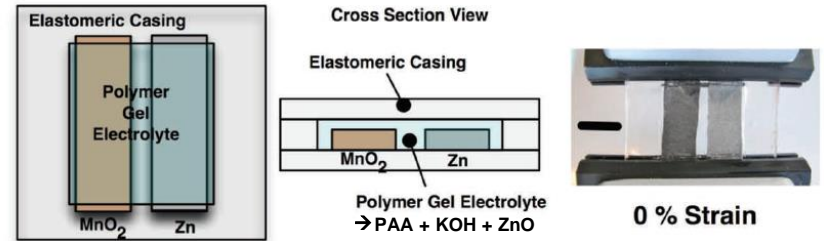


Y. Xu et al., Angew. Chem. Int. Ed. 55, 7979 (2016)

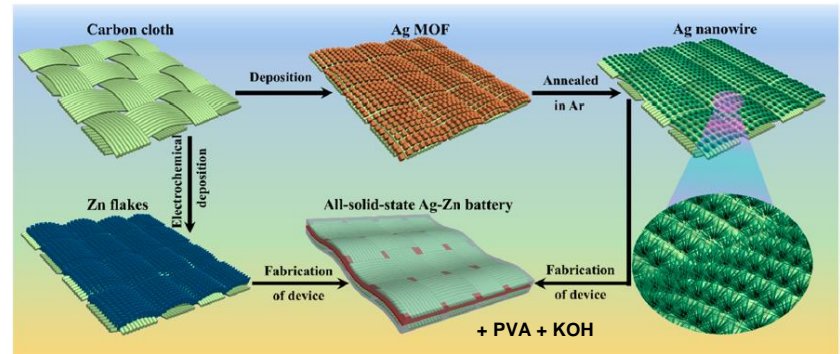
Beispiele:

- SB: Sodium-based Battery
- AZB: Aqueous Zn Battery
- ZAB: Zn-Air Battery

Gewebe-basierte Batterien



A.M. Gaikwad et al., Adv. Mater. 24, 5071 (2012).



C. Li et al., ACS Energy Lett. 3, 2761 (2018).

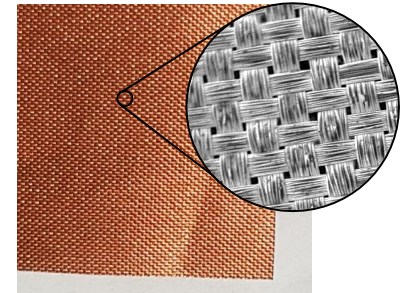
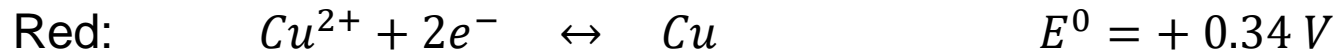
- AAB: Aluminum-Air Battery
- Ni-Fe: Nickel-Iron Batteries
- MOF: Metal-Organic Framework

Design der textil-basierten Batterie

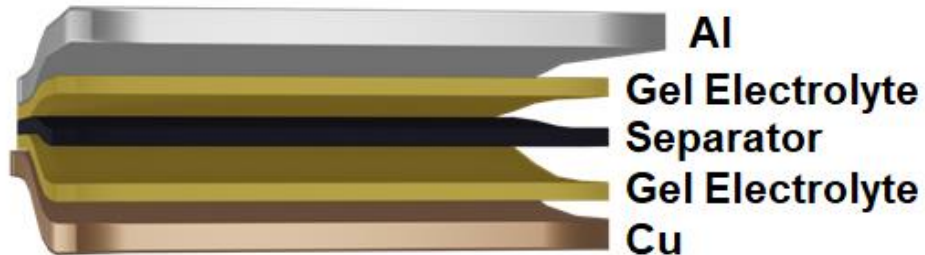


Idee: Gebrauch von nicht toxischen Materialien in Sandwich-Struktur

Chemische Reaktion:



Design:



Anode: Aluminium auf Gewebe

Theoretische Kapazität: $2980 \frac{\text{mAh}}{\text{g}}$

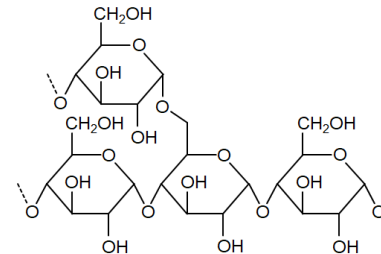
Kathode: Kupfergewebe

Theoretische Kapazität: $843,53 \frac{\text{mAh}}{\text{g}}$

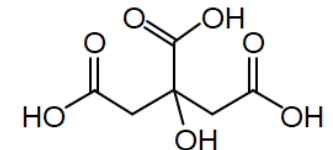
Gel Elektrolyt:

- Biodegradierbar
- Wasser-basiert
- Natürlich
- Kostengünstig

Stärke:



Zitronensäure:

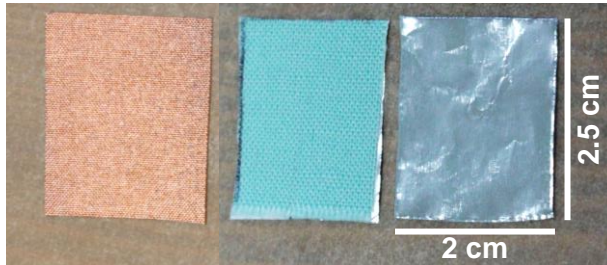


Herstellung der textil-basierten Batterie

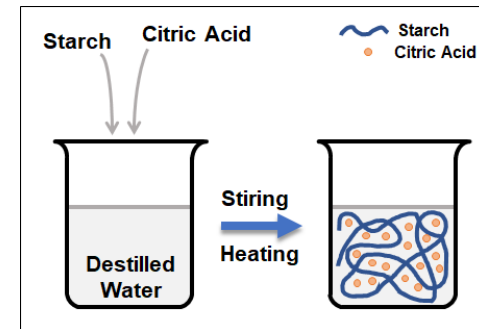


Herstellungsschritte

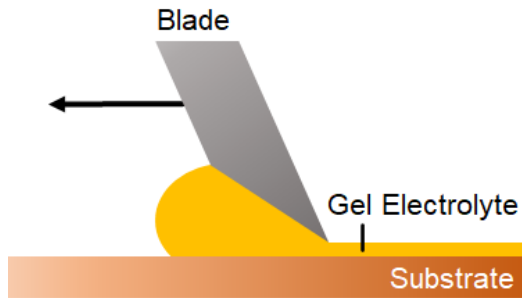
1) Vorbereitung der Elektroden



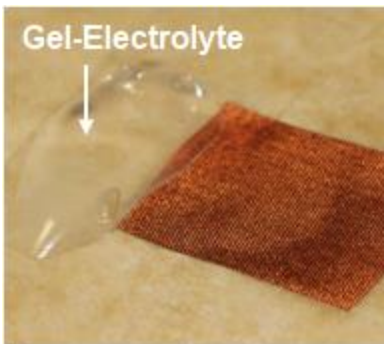
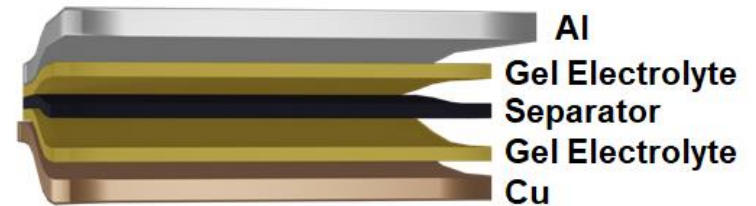
2) Herstellung des Gel-Elektrolyten



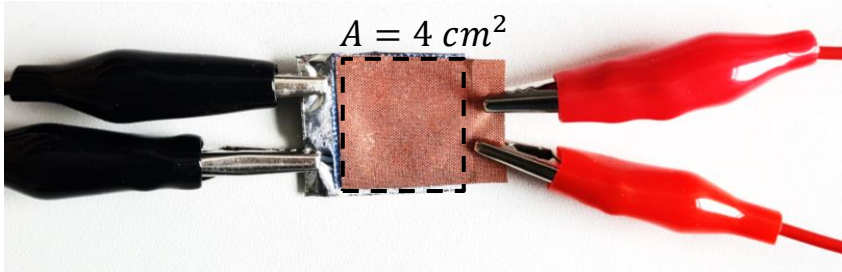
3) Beschichtung



4) Zusammenbau



Messaufbau



Aktive Anode:

Dichte: $\rho_{Al} = 2.7 \text{ g/m}^3$

Dicke: $d_{Al} = 13 \mu\text{m}$

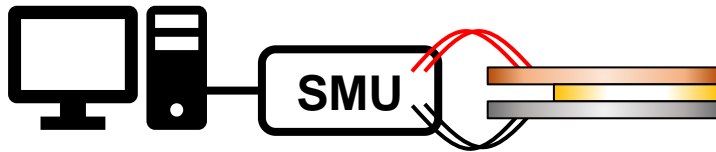
→ Masse: $m_{Al} = 0.014 \text{ g}$

$$U_B = U_{AI1} - U_{AI2}$$

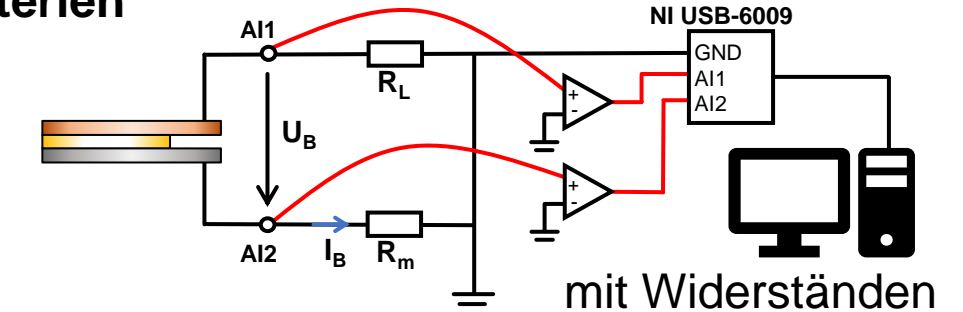
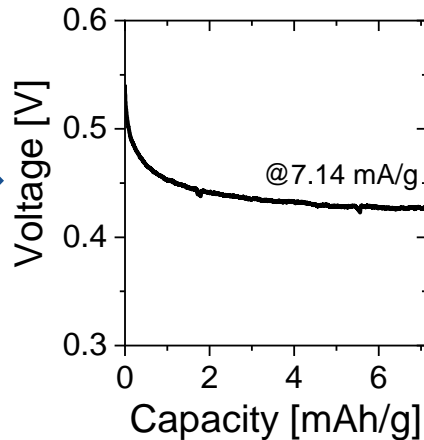
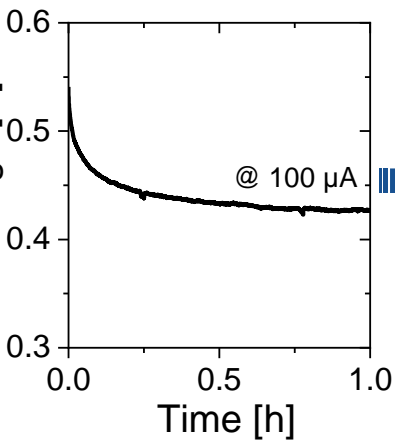
$$I_B = \frac{U_{AI2}}{R_m}$$

$$R_{total} = R_L + R_m$$

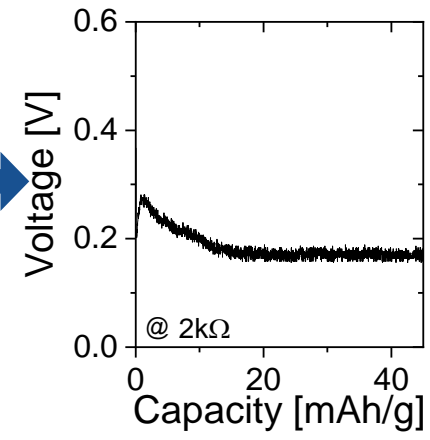
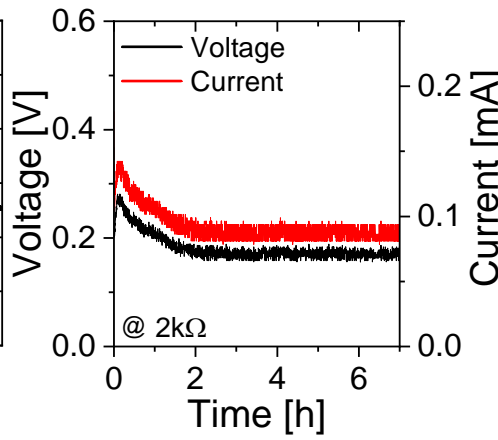
Messaufbauten zum Entladen der Batterien



mit Strom



mit Widerständen



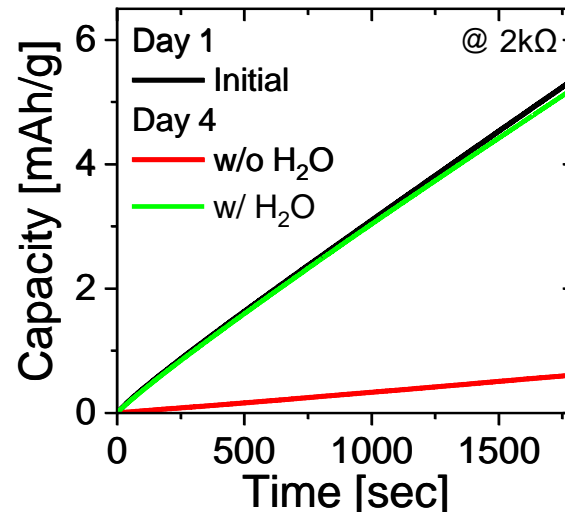
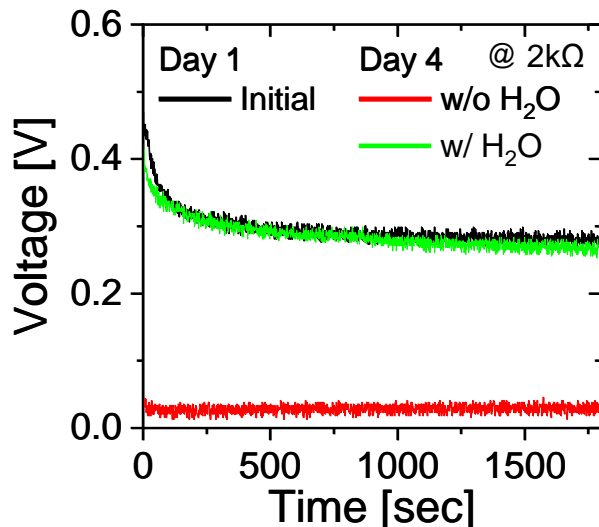
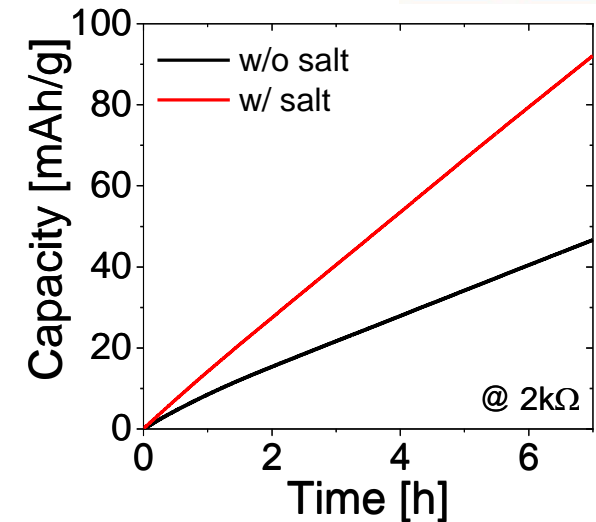
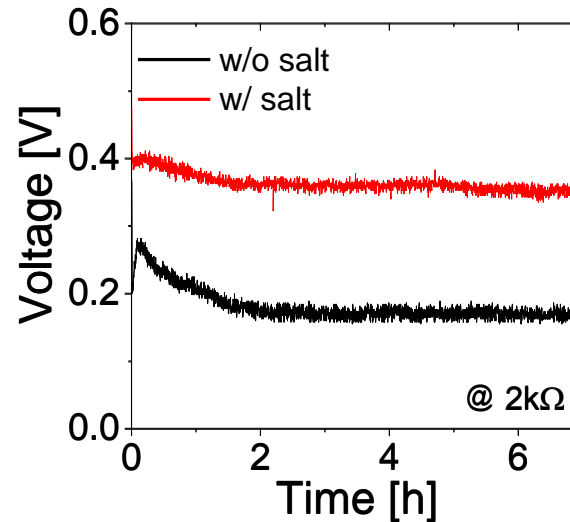
Leistung der textil-basierten Batterie



| Material | Spannung |
|---------------------------|----------|
| Zitronensäure + Stärke | 0.526 V |
| + Salz | 0.529 V |

Problem: Austrocknung

| | |
|-----------------|---------|
| Initialspannung | 0.536 V |
| + 4 Tage | 0.665 V |



Einbringen von Salz:

- Verbesserung der Stabilität

Mit Wasser benetzen:

- Batterie "reaktiviert"
- Anwendung in nasser Umgebung

Leistung der textil-basierten Batterie



Verbiegen:

- Ohne Last (1): Open Circuit Voltage

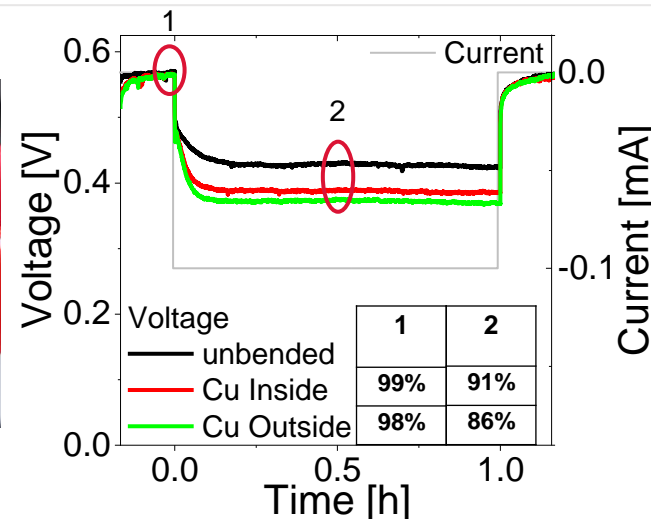
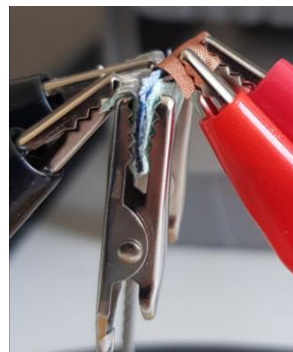


keinen Einfluss

- Mit Last (2): @ 7 mAh/g

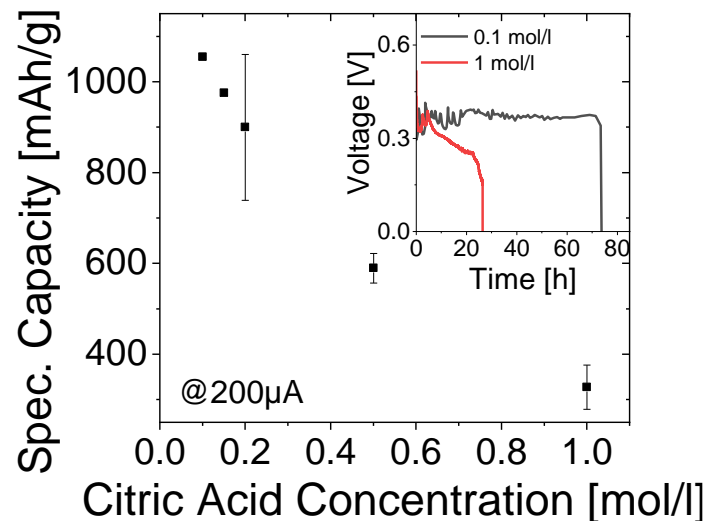


geringer Einfluss

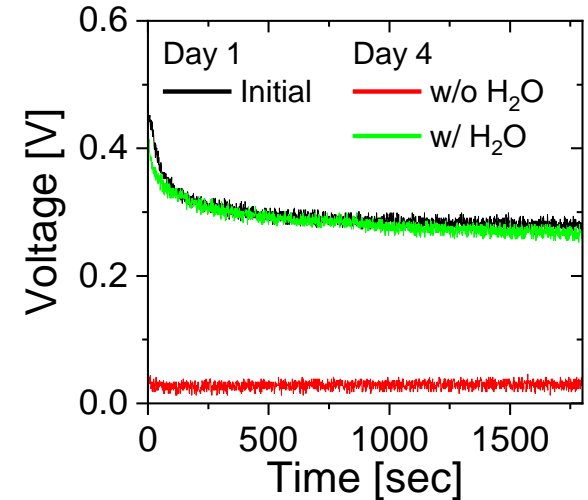
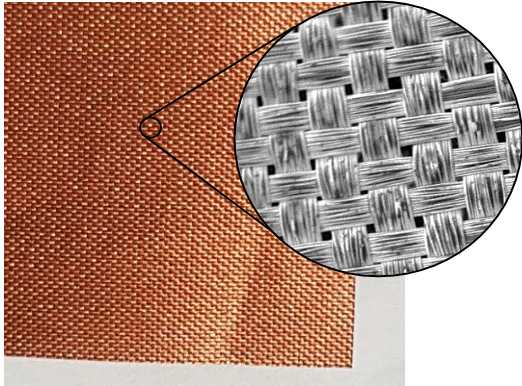


Konzentration der Zitronensäure:

- Steigende Konzentration:
Lebensdauer und Kapazität ↓
- Spezifische Kapazität:
> 1000 mAh/g @ 14 mA/g
- Lebensdauer bis zu 70 Stunden



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!



- Textil-basierte Elektroden
- Elektrolyt:
 - Biologisch abbaubar
 - Wasser-basiert
- Flexibel

➡ Vielversprechendes Konzept für leichte tragbare Energieversorgung

Hochschule Niederrhein
University of Applied Sciences



Elektrotechnik
und Informatik
Faculty of Electrical Engineering
and Computer Science

Sandra Gellner, M.Sc.
Textile, organische und nanostrukturierte Elektronik

Reinarzstraße 49
47805 Krefeld, Germany

Tel.: +49 2151 822 4726
sandra.gellner@hs-niederrhein.de
www.hs-niederrhein.de

Hochschule Niederrhein
University of Applied Sciences



**Elektrotechnik
und Informatik**
Faculty of Electrical Engineering
and Computer Science