

Einleitung

- Im Fokus der **erneuerbaren Energien** aus Wind- und Solaranlagen steht derzeit die ungelöste Problematik der **Energiespeicherung**.
- Durch die Abhängigkeit der Wind- und Solaranlagen von den **unbeständigen Wetterverhältnissen**, sollte die Speicherung dieser Energie und ihre Wiederverwertung nicht zu große Verluste aufweisen.

- Praktikable Systeme aus **organischen Substanzen** konnten bereits von den Arbeitsgruppen um AZIZ et al. [1] und NARAYANAN et al. [2,3] entwickelt werden.
- Sogenannte Redox-Flow-Batterien, in denen **Chinone und Hydrochinone** an Graphitelektroden **elektrochemisch** umgesetzt werden können, liefern im Vergleich zu traditionellen Batterien einen größeren Stoffumsatz [1-3].

Vorkommen und Verwendung von Huminsäuren und Rinden



Abb. 1: Humocarb formuliert Pulver

Huminsäuren kommen in verschiedenen Bodenbestandteilen wie z.B. **Humus, Torf, Moor oder Kohle** vor. Entdeckt wurden sie im 18. Jahrhundert, doch erst seit den 1960'er Jahren interessiert sich die wissenschaftliche Forschung dafür. Sie werden unter anderem zur **Rekultivierung von Böden** in der Landwirtschaft sowie in der **Veterinärmedizin** verwendet [4].

Zu den ältesten medizinischen Therapien gehört die **Pflanzenheilkunde**, in der ganze Pflanzen oder Pflanzenbestandteile therapeutisch angewendet werden. Ein Tee aus **Eichenrinde** hilft beispielsweise bei Durfallerkrankungen und Entzündungen im Rachenbereich [5]. Die **Eschenrinde** hingegen gilt als entzündungshemmend, schmerzstillend und antiödematös.



Abb. 2: Eschenrinde

Redox-Verhalten von Huminsäuren und Rinden

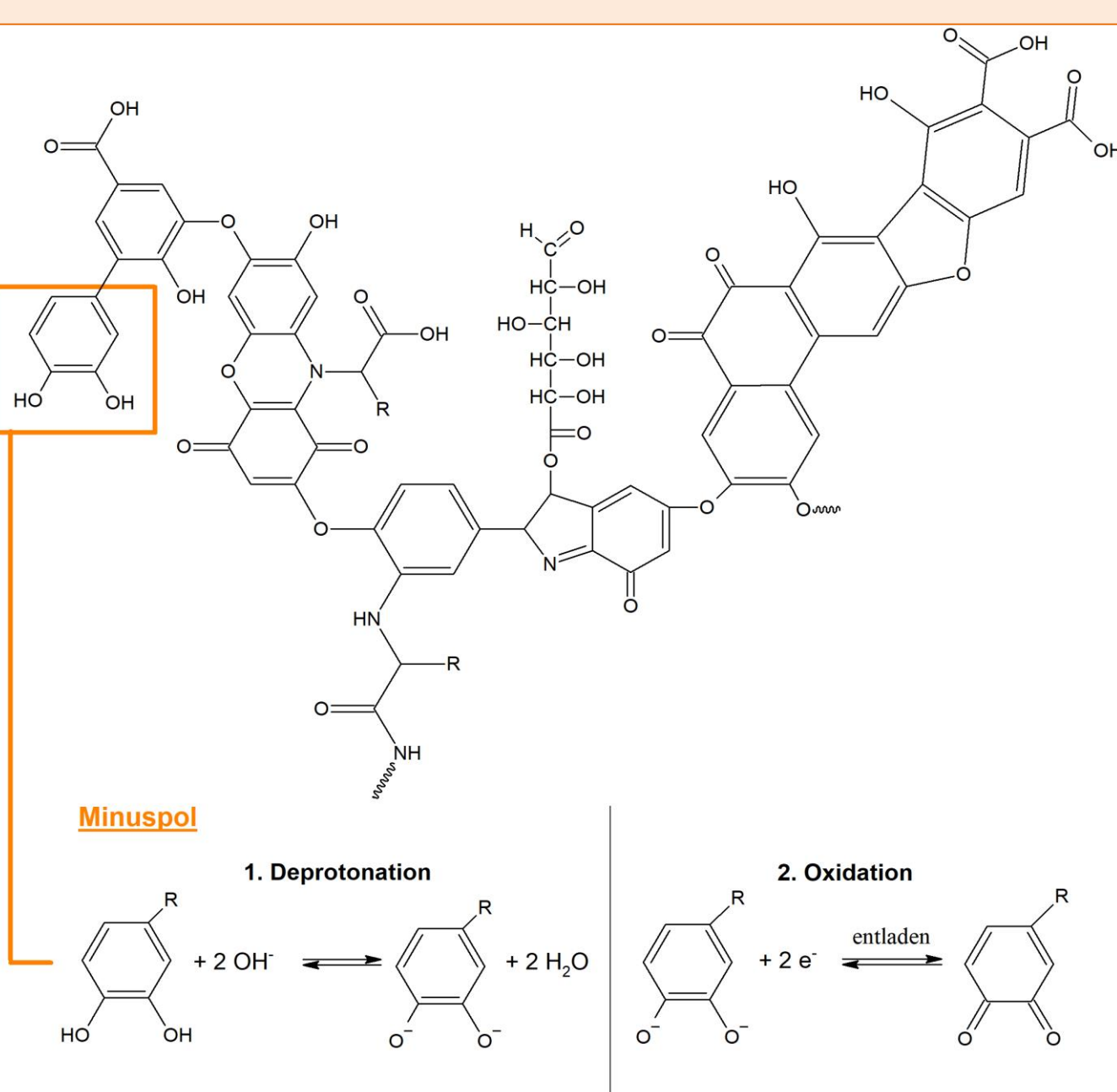


Abb. 3: Deprotonierung und Oxidation der Huminsäure

Huminsäuren haben eine komplexe Struktur, in der an phenolischen Kernen Polysaccharide und Aminosäuren gebunden sein können. Auch chinoiden Strukturelemente kommen vor [5]. Gelöst in Natronlauge werden die phenolischen Gruppen deprotoniert. Beim Entladevorgang kommt es dann zur Oxidation der phenolischen Gruppen der Huminsäuren (Abb.3).

Eschen- sowie Eichenrinde enthalten ähnlich wie Matchatee [6] einen hohen Anteil an Gerbstoffen bzw. Tanninen. Die OH-Gruppen werden durch das Lösen in Natronlauge zunächst ebenfalls deprotoniert. Beim Entladevorgang (Abb. 4) werden die phenolischen Gruppen oxidiert.

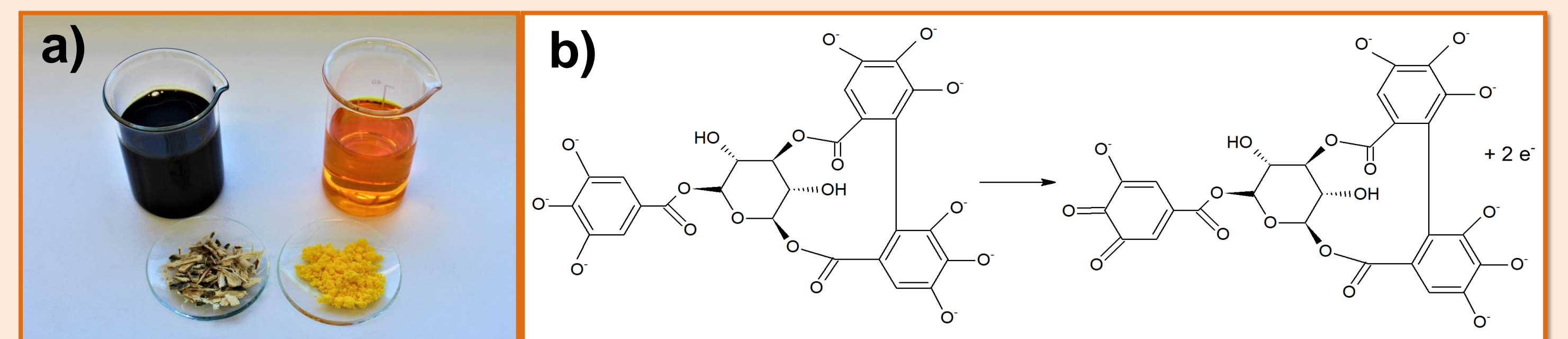


Abb. 4: a) Eschenrinde mit Lösung (links) und Cer(IV)sulfat mit Lösung (rechts) b) Oxidation des deprotonierten Tannins beim Entladevorgang

Experimente mit Huminsäuren und Eschenrinde in Redox-Flow-Batterien

Einfacher Versuchsaufbau im Becherglas:

- Verwendung eines **Tontopfes** als semi-permeable Membran zwischen den Halbzellen.
- Nutzung von **Grafitfolien** als Elektrodenmaterial.
- Verwendung **einer Cer(IV)sulfat-Lösung (25 g Cer(IV)sulfat in 500 ml 1 molarer Schwefelsäure)** auf der Kathodenseite (Abb. 6).
- Darstellung des **Flow-Prinzips** mittels eines **Magnetrührers mit Rührkernen**.

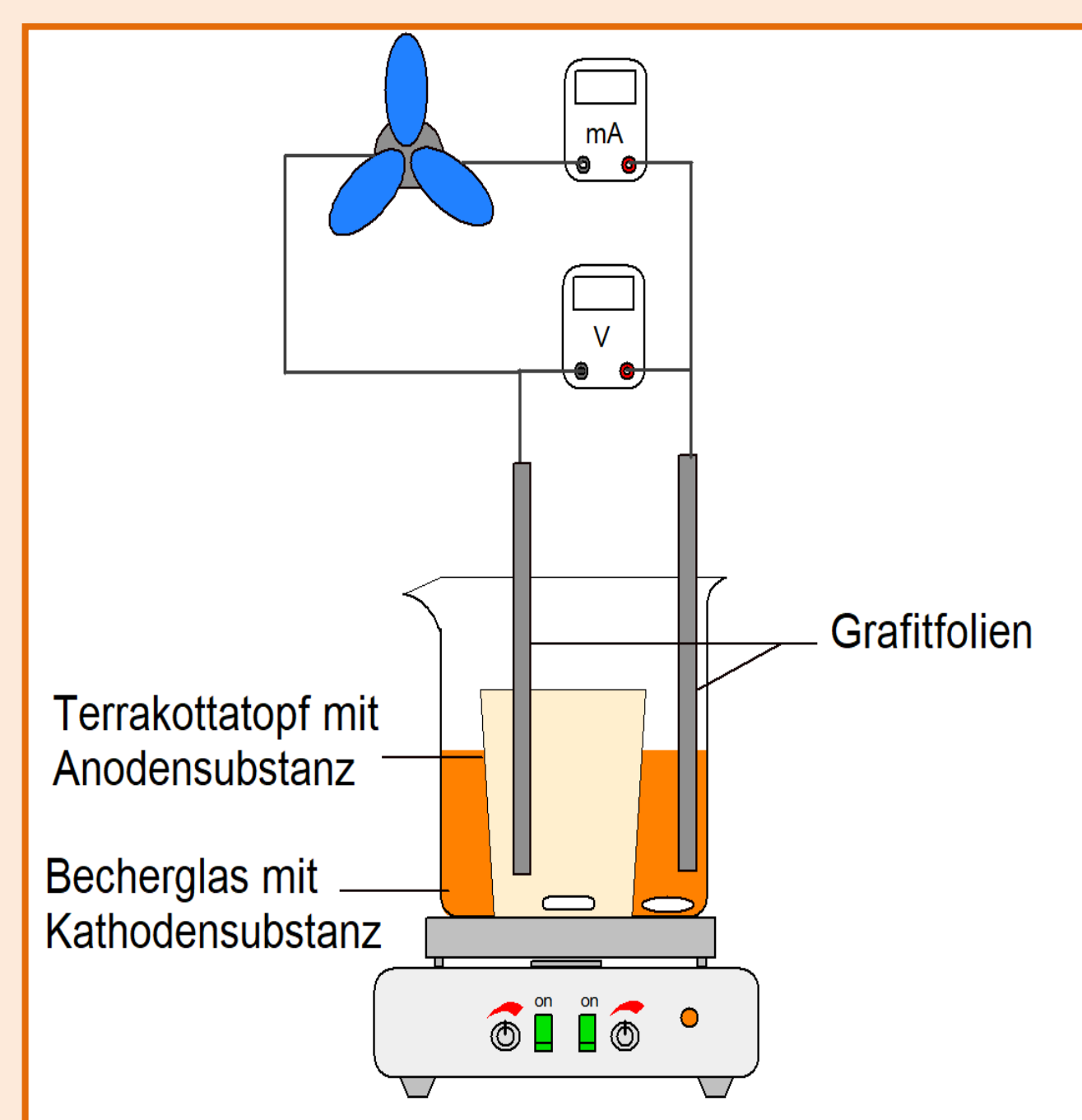


Abb. 6: Versuchsaufbau

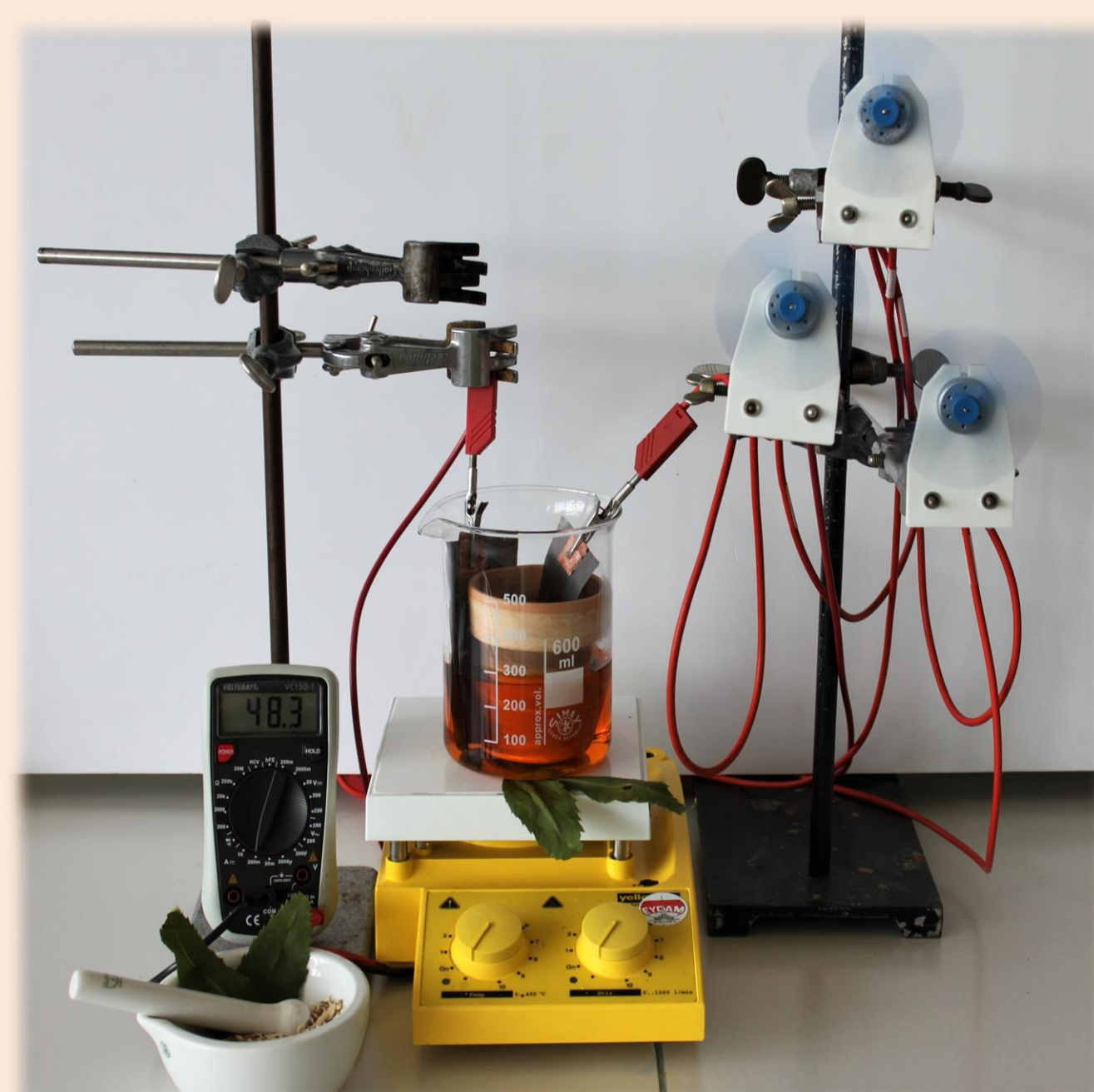


Abb. 7: Versuchsaufbau der Eschenrinde/Cer(IV)-Batterie mit drei Motoren

- Auf der Anodenseite Einsatz einer **alkalischen Lösung** von 31 g Eschenrinde in 1 molarer NaOH bzw. von 20 g Huminsäure („Humocarb formuliert“) in 1 molarer NaOH.
- Zusätzlich zur Ruheklemmspannung auch Potentialmessungen mit einer **Ag/AgCl-Elektrode** möglich.
- Für den Entladevorgang der Batterie Einsatz von leistungsstarken **Elektromotoren** von Heliocentris

Tabelle 1: Ergebnisse des Modellversuche

Charakteristika der Batterie	Humocarb/Cer(IV)sulfat	Eschenrinde/Cer(IV)sulfat
Ruheklemmspannung	1,98 V	1,56 V
Ruhepotential der Anode gegen NHE	-0,516 V	-0,106 V
Spannung 3 Minuten nach Anschluss eines Motors	1,85 V	1,25 V
Stromstärke 3 Minuten nach Anschluss des Motors	14,6 mA	16,9 mA

- Während einer **Betriebszeit** mit einem leistungsstarken Motor von 30 Minuten halten sich die Spannung und die Potentiale beider Elektroden der Humocarb/Cer(IV)sulfat-Batterie relativ konstant (Abb. 8).
- Bei der Eschenrinde/Cer(IV)sulfat-Batterie wurden in Abständen von ca. 10 Minuten jeweils ein zweiter und dritter leistungsstarker Motor angeschlossen. Trotz erhöhter Belastung durch **mehrerer Motoren** waren Spannung, Stromstärke sowie Potentiale der Elektroden ebenfalls relativ konstant (Abb. 8).

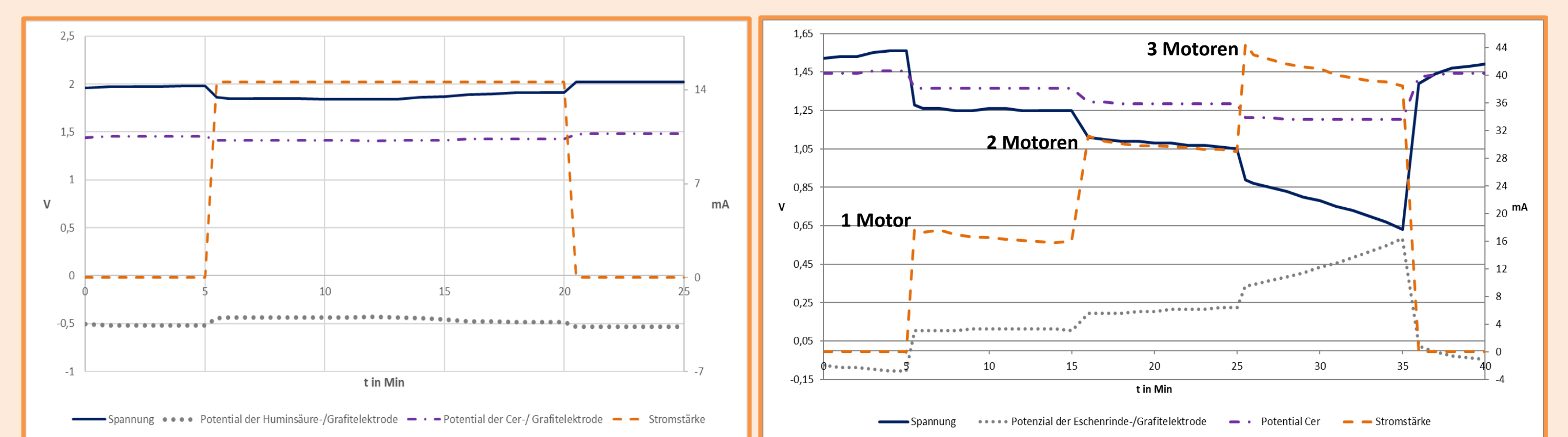


Abb. 8: Zeitlicher Verlauf von Spannung, Stromstärke und Potentialen der Humocarb/Cer(IV)sulfat-Batterie (links) und der Eschenrinde/Cer(IV)sulfat-Batterie (rechts)

Quellen:

[1] B. Huskinson et al. (2013), Novel Quinone-Based Couples for Flow-Batteries. ECS Transactions 57 (7), 101-105 [2] B. Huskinson et al. (2014), A metal-free organic – inorganic aqueous flow-battery. Nature, 505, 195-198 (2014) [3] B. Yang et al. (2014), An Inexpensive Aqueous Flow Battery for Large-Scale Electrical Energy Storage Based on Water-Soluble Organic Redox Couples. ESC 161(p), A1371-A1380 [4] F. H. Frimmel (2003), Huminstoffe. Thieme ROEMPP Online-Lexikon, URL: <https://roempp.thieme.de/roempp4.0/do/data/RD-08-02011> [5] Fugmann, B.; Lang-Fugmann, S.; Steglich, W. (Hrsg.) (1997), RÖMPP Lexikon –Naturstoffe. Stuttgart. S. 297f., S. 631f. [6] D. Rosenberg et al. (2016). Organische Batterien mit Gallussäure, Pyrogallol und Grünen Tee. PdN CHEMIE in der Schule 65 (6), 22-27.

Gefördert durch:

