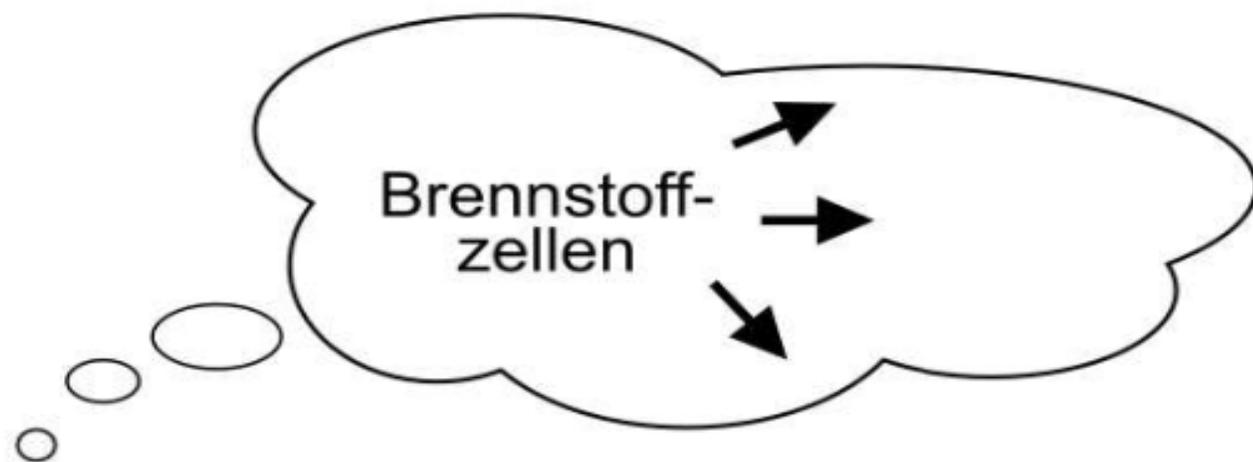




# Experimentalkurs zu Biologischen Brennstoffzellen

Begleitendes E-Book  
für die Sekundarstufe II



# **EXPERIMENTIEREN MIT INTERAKTIVEM E-BOOK ZU MIKROBIELLEN BRENNSTOFFZELLEN**

R. Grandrath, Wuppertal/DE, C. Bohrmann-Linde, Wuppertal/DE  
Didaktik der Chemie, Bergische Universität Wuppertal, Gaußstraße 20,  
42119 Wuppertal

# Struktur des Vortrags

---

1. Legitimation & Konzeption
  - Schulische Einbettung
  - Didaktische Konzeption
  
2. E-Book
  - Funktionalität
  - Aufbau
  
3. Eindrücke aus der Erprobung
  - Experimentiersequenzen mit E-Book
  - Feedback der Lernenden

# 1. Legitimation & Konzeption

## ➤ Schulische Einbettung



- „Brennstoffzellen“ sind landesweit in den Lehrplänen der Sek. I und Sek. II im Fach Chemie vertreten
- meist im Kontext Elektrochemie angesiedelt
- häufig ist ein Abgleich mit Batterien und Akkumulatoren vorgesehen
- NRW-weite Studie 2018: Kaum Vielfalt an Brennstoffzelltypen im Unterricht

Grandrath, Rebecca; Bohrmann-Linde, Claudia (2020): Fuel cells in the chemistry classroom – a brief survey among German chemistry teachers. In: ARiSE 1 (3), S. 13–16.

# 1. Legitimation & Konzeption

---

## ➤ Didaktische Konzeption

- **Ziel:** Lernende der Sek. II auf mikrobielle Brennstoffzellen und deren Anwendungsspektrum aufmerksam machen
- **Umfang:** 3 Einheiten zu je 45 Minuten\*
- **Organisation von Material und Medien:**
  - Digitales Endgerät pro Lernenden-Gruppe notwendig
  - Bereitstellung der Experimentiermaterialien an Stationen
- **Experimente** bilden den Fokus der Einheiten

Grandrath, Rebecca; Bohrmann-Linde, Claudia (2020): Experimentieren mit interaktiven E-Books zu mikrobiellen Brennstoffzellen. Lerneinheiten für die Sekundarstufen I und II. In: MNU-Journal. Zur Publikation angenommen.

28.10.2020

Rebecca Grandrath – E-Book zu mikrobiellen Brennstoffzellen

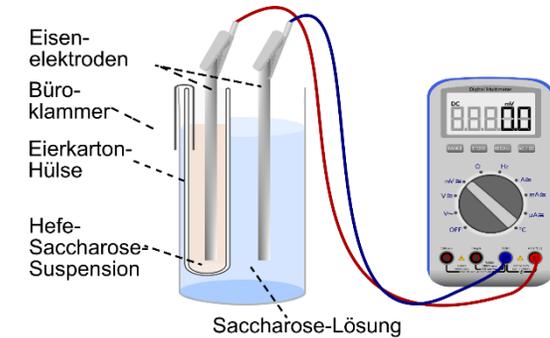
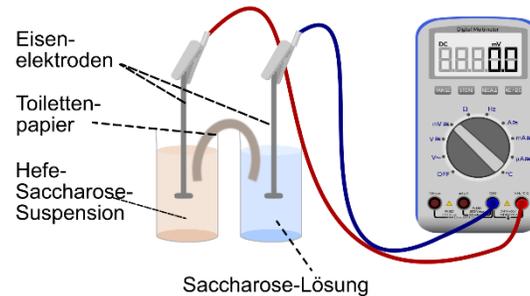
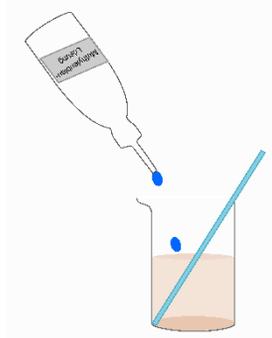
5



BERGISCHE  
UNIVERSITÄT  
WUPPERTAL

# 1. Legitimation & Konzeption

## ➤ Didaktische Konzeption



1.) Redox-Aktivität  
von Hefe

*Bäckerhefe ist redox-aktiv  
und somit generell als  
Biokatalysator geeignet.*

2.) Hefe-  
Brennstoffzelle im  
Zwei-Topf-Aufbau

*Bäckerhefe ist als  
Biokatalysator in  
Brennstoffzellen geeignet.*

3.) Hefe-  
Brennstoffzelle im  
Ein-Topf-Aufbau

*Die elektrische Leistung  
der Brennstoffzelle kann  
gesteigert werden.*

# 2. E-Book

## ➤ Funktionalität

### ➤ in PubCoder erstellte epub-Datei

- scrollbare Informationstexte
- Videos (Fullscreen möglich)
- Fotogalerien (Fullscreen möglich)
- Quizze mit unmittelbarer Rückmeldung
- externe Verlinkungen
- Drag-n-Drop-Aufgaben
- „Ausmalspiele“
- Bspw. mit Calibre zu öffnen
- als pdf exportierbar



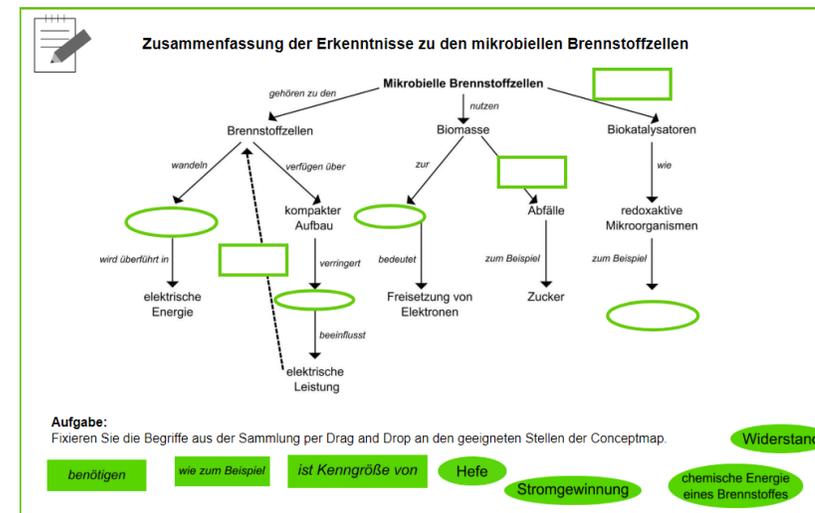
Erstellen Sie eine Suspension aus 1 g Bäckerhefe und 15 mL Wasser.

### Warm Up zu Brennstoffzellen

Wählen Sie bitte die zutreffenden Aussagen aus.

- Brennstoffzellen gehören zu den galvanischen Elementen.
- Die Reaktionen in Brennstoffzellen laufen freiwillig ab.
- Die Reaktionen in Brennstoffzellen laufen unter Zwang ab.
- In Brennstoffzellen wird aus chemischer Energie elektrische Energie freigesetzt.
- In Brennstoffzellen wird aus chemischer Energie thermische Energie freigesetzt.
- In Brennstoffzellen findet an der Anode die Oxidation, an der Kathode die Reduktion statt.
- In Brennstoffzellen findet an Anode und Kathode eine Oxidation statt.
- Oxidation bedeutet die Abgabe von Elektronen.
- Oxidation bedeutet die Aufnahme von Elektronen.
- Brennstoffzellen erzeugen Energie.
- Brennstoffzellen sind Energiewandler.

Check Reset



# 2. E-Book

## ➤ Aufbau

### ➤ Formal



### Redox-Aktivität von Bäckerhefe

**Materialien:**

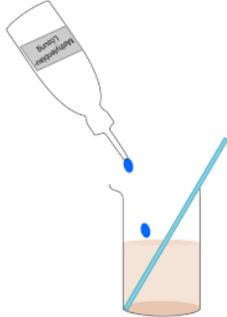
- 25mL Becherglas
- Glasstab
- Uhrglas
- Filterpapier
- Spatel
- Heizplatte
- Thermometer

**Chemikalien:**

- Trockenhefe
- dest. Wasser
- Saccharose (Haushaltszucker)
- Methylenblau-Lösung

**Durchführung:** *(scrollbar)*

- Erstellen Sie unter kontinuierlichem Rühren eine Mischung aus 15 mL dest. Wasser und 1 g Bäckerhefe.
- Geben Sie unter kontinuierlichem Rühren 2 g Saccharose zu der Mischung.
- Versetzen Sie die Mischung mit 2-3 Tropfen der Methylenblau-Lösung und fotografieren Sie die Farbgebung der Mischung.



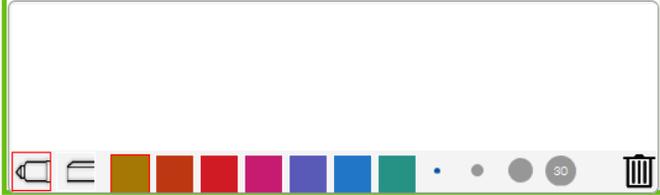
### Fotodokumentation zur Unterstützung

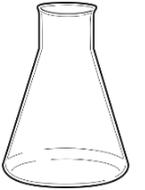


Erstellen Sie eine Suspension aus 1 g Bäckerhefe und 15 mL Wasser.

**Beobachtung:**

Notieren Sie die Temperatur. Tragen Sie ein, wie viele Minuten es zur Entfärbung gedauert hat.



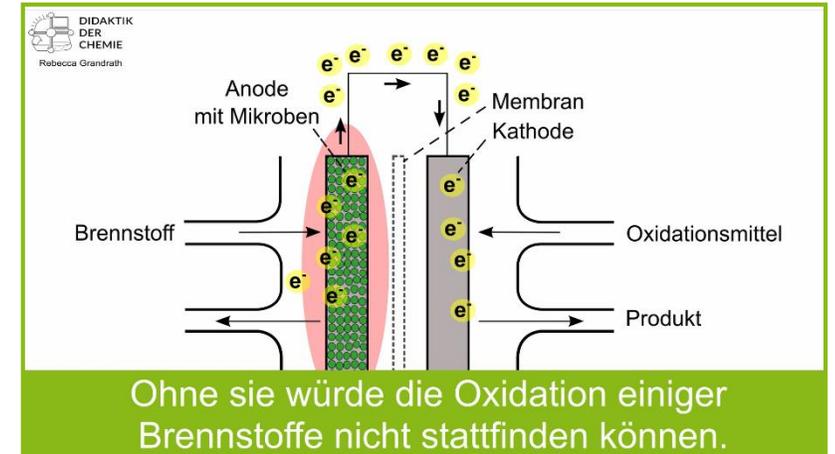


# 2. E-Book

## ➤ Aufbau

### ➤ Inhaltlich

- Wiederholung „Brennstoffzellen“ als Quiz
- Informationstext zu biologischen Brennstoffzellen
- Video zu mikrobiellen Brennstoffzellen
- **Experimentaltteil zu Hefe als Biokatalysator**
- Sicherung
- Mögliche Erweiterung durch zusätzliche Videos\*



<https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5219&L=0>

# 2. E-Book

## ➤ Aufbau

### ➤ Inhaltlich

### ➤ Experimentalteil zu Hefe als Biokatalysator

„Ausmalspiel“



Drag-n-Drop



### Redox-Aktivität von Bäckerhefe

**Aufgaben:**

1. Ordnen Sie die Satzteile durch Verbinden zu.

Durch die Bäckerhefe	wird der Abbau von Zucker katalysiert.
Beim Abbau von Zucker	in seine Leuko-Form überführt.
Die Hefe ist ein einzelliger Pilz	die Hefe nicht.
Der Zucker wird verbraucht,	werden daraus Elektronen freigesetzt.
Methylenblau wird durch Aufnahme der Elektronen	und wirkt als Biokatalysator.

2. Platzieren Sie die Zu- bzw. Abgabe der Elektronen am Reaktionspfeil.

CN(C)C1=CC=C2N(C)C=CC=C2S1

Methylenblau

$\xrightarrow{+2 H^+}$   
 $\xleftarrow{-2 H^+}$

CN(C)C1=CC=C2N(C)C=CC=C2S1

Leuko-Methylenblau

$- 2 e^- \rightleftharpoons + 2 e^-$

### Kleiner Selbsttest

Wählen Sie bitte die zutreffenden Aussagen aus.

- Die Stoffwechselaktivität der Hefe hängt von der Temperatur ab.
- Durch die Entfärbung des Methylenblaus wird bewiesen, dass Elektronen freigesetzt werden.
- Die Stoffwechselaktivität der Hefe ist unabhängig von der Temperatur.
- Die Elektronen stammen aus den Hefepilzen.
- Die Elektronen stammen aus den Zuckermolekülen.

[Video zur Redoxaktivität von Hefe](#)

*Hinweis: Neben dem im Versuch verwendeten Disaccharid Saccharose kann auch das Monosaccharid Glucose genutzt werden. Bäckerhefe kann beide Zuckerarten umsetzen.*

Quiz



optionale Hilfe

Grandrath, Rebecca; Bohrmann-Linde, Claudia (2020): Experimentieren mit interaktiven E-Books zu mikrobiellen Brennstoffzellen. Lerneinheiten für die Sekundarstufen I und II. In: MNU-Journal. Zur Publikation angenommen.

28.10.2020

Rebecca Grandrath – E-Book zu mikrobiellen Brennstoffzellen

10

# 3. Eindrücke aus der Erprobung

## ➤ Experimentiersequenzen mit E-Book

n = 17 ; Anfang des Jahres 2020, Chemie-Grundkurs



*während des Aufbaus*



*während der Durchführung*



*während der Auswertung*

Grandrath, Rebecca; Bohrmann-Linde, Claudia (2020): Experimentieren mit interaktiven E-Books zu mikrobiellen Brennstoffzellen. Lerneinheiten für die Sekundarstufen I und II. In: MNU-Journal. Zur Publikation angenommen.

28.10.2020

Rebecca Grandrath – E-Book zu mikrobiellen Brennstoffzellen

11

# 3. Eindrücke aus der Erprobung

## ➤ Feedback der Lernenden

Ich habe in dem Kurs viel dazugelernt.

	6	5	4	3	2	1
n	40 (6)	27 (4)	27 (4)		7 (1)	

Die Experimente haben mir Spaß gemacht.

	6	5	4	3	2	1
n	73 (11)	13 (2)	7 (1)	7 (1)		

Aus den Experimenten habe ich viel gelernt.

	6	5	4	3	2	1
n	27 (4)	40 (6)	13 (2)	13 (2)	7 (1)	

Nach dem Kurs werde ich nochmal in das E-Book schauen.

	6	5	4	3	2	1
n	27 (4)	27 (4)	20 (3)	7 (1)	7 (1)	7 (1)

10 Raum für Anmerkungen:

Gute, verständliche Struktur im E-Book / sehr übersichtlich



10 Raum für Anmerkungen:

Die Durchführung der Experimente hat mit dem E-Book wesentlich mehr Spaß gemacht



10 Raum für Anmerkungen:

Die 3 Unterrichtsstunden waren sehr erkenntnisreich und hat nochmal das allgemeine Thema zu der Brennstoffzelle gut wiederholt.



10 Raum für Anmerkungen:

Die Experimente waren gut durchführbar und das Quiz war auch sehr angenehm



10 Raum für Anmerkungen:

Die Fotodokumentation war sehr hilfreich



# Fazit & Ausblick

---

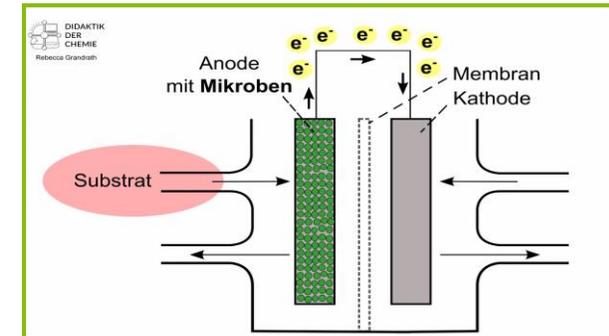
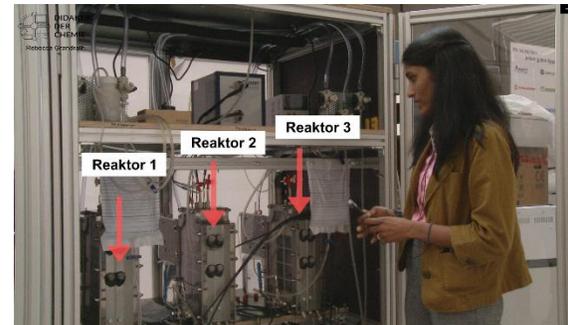
- ✓ praxisgeeignetes Konzept (auch Sek. I)
- ✓ E-Book wurde in verschiedenen Experimentierphasen gewinnbringend genutzt
- ✓ E-Book wurde von Lernenden sehr positiv aufgenommen
- ✓ E-Books für das Lernsetting für die Sek. I und II kostenlos in Lernenden- und Lehrkräfte-Version verfügbar

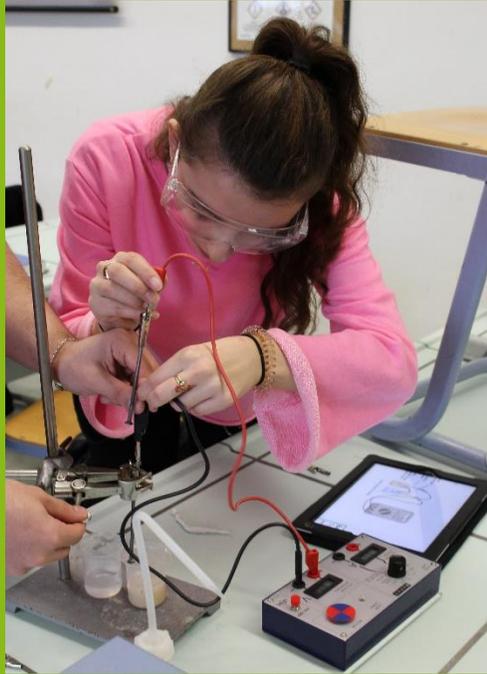
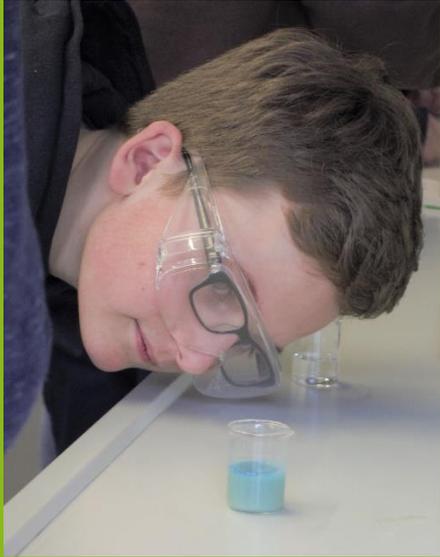
<https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=4859&L=0>

*(Download aus dem Sciebo-Ordner)*

# Fazit & Ausblick

- Lernarrangement erweiterbar durch Videos
  - Einführung in das Thema mikrobielle Brennstoffzelle (mit & ohne Ton)
- ❖ Aktuelle Forschung zu mikrobiellen Brennstoffzellen an der Uni Hohenheim
- ❖ Einblick in praktische Forschung zu mikrobiellen Brennstoffzellen an der Uni Hohenheim
- ❖ Werdegang der Elektroingenieurin Dr. Anastasia Oskina
- ❖ Werdegang der Biotechnologin Dr. Padma Priya Ravi
  - ❖ sind auch in englischer Sprache verfügbar





**VIELEN DANK FÜR  
IHRE  
AUFMERKSAMKEIT!**



*Schauen Sie sich gerne auf  
der Homepage um 😊*

Rebecca Grandrath  
[grandrath@uni-wuppertal.de](mailto:grandrath@uni-wuppertal.de)

# Verwendete Literatur

---

- Grandrath, Rebecca; Bohrmann-Linde, Claudia (2020): Fuel cells in the chemistry classroom – a brief survey among German chemistry teachers. In: ARiSE 1 (3), S. 13–16.
- z.B. Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2013): Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Chemie. Düsseldorf (Heft 4723). Online verfügbar unter [https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/151/KLP\\_GOSt\\_Chemie.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/151/KLP_GOSt_Chemie.pdf), zuletzt geprüft am 13.02.2020.
- Grandrath, Rebecca; Bohrmann-Linde, Claudia (2019): Die biologische Brennstoffzelle im Chemieunterricht - Einfache Experimente mit kostengünstigen Materialien. In: CHEMKON, S. 196–202.
- Grandrath, Rebecca; Bohrmann-Linde, Claudia (2020): Experimentieren mit interaktiven E-Books zu mikrobiellen Brennstoffzellen. Lerneinheiten für die Sekundarstufen I und II. In: MNU-Journal. Zur Publikation angenommen