

Protokoll 8

*Versuch zur Bestimmung der Stromausbeute und Stoffausbeute in
Abhängigkeit von der Stromdichte bei einer Laufzeit von 34 min*

Paula Kaltwasser, Albert-V. Meyer, Joshua Schraud

Mittwoch, den 09.04.2025

12. Klasse – Spezialschulteil am ASG Erfurt

Hypothese

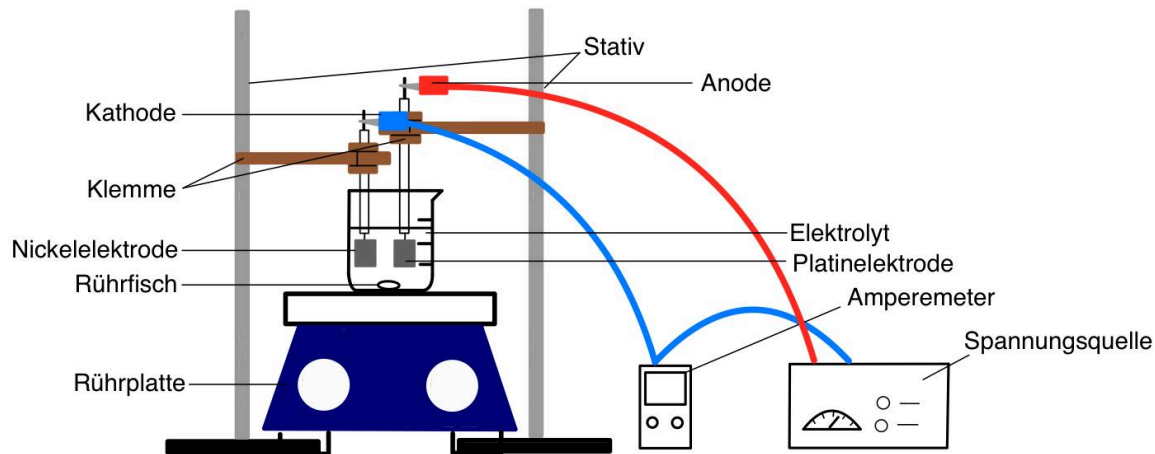
Vermutlich wird die Ausbeute mit steigender Stromdichte größer, da eine höhere Stromdichte die elektrochemische Reaktion beschleunigt. Gleichzeitig könnte eine höhere Stromdichte die Stromausbeute, den Wirkungsgrad der Elektrolyse, verringern, da eine größere Überspannung auftreten könnte.

Geräte und Chemikalien

Geräte: Becherglas, Feinwaage, Rührplatte mit Magnetrührer, 2 Stative, 2 Klemmen, 2 Muffen, Spannungsquelle, Amperemeter, 2 Krokodilklemmen, 3 Stromkabel, Platinelektrode, Nickelelektrode

Chemikalien: 21,05 g Caprylsäure, 6 g Natriumhydroxid, 150 ml destilliertes Wasser

Versuchsaufbau



Durchführung

- Zunächst werden 4,21 g Caprylsäure und 1,2 g Natriumhydroxid mit der Feinwaage abgewogen und in das Becherglas gegeben.
- Anschließend werden 30 ml destilliertes Wasser hinzugegeben und das Gemisch wird mit Hilfe eines Magnetrührers gerührt, bis eine homogene Lösung entstanden ist.
- Die Elektroden werden mittels Stativen, Klemmen und Muffen befestigt, sodass sich diese vollständig innerhalb der Lösung befinden.
- An die Elektroden wird nun eine Spannung angelegt, sodass die Stromstärke 0,484 Ampere beträgt, und die Elektrolyse wird für 34 Minuten durchgeführt. Mit einer Elektrodenoberfläche von $9,68 \text{ cm}^2$ ergibt sich so eine Stromdichte von 50 mA/cm^2 .
- Abschließend wird die entstandene organische Phase (aus Tetradecan) mittels eines Scheidetrichters abgetrennt und gewogen.
- Die ersten fünf Schritte werden anschließend für die Stromstärken 0,73 Ampere (Stromdichte: 75 mA/cm^2), 0,968 Ampere (100 mA/cm^2), 1,452 Ampere (150 mA/cm^2), 1,936 Ampere (250 mA/cm^2) wiederholt.

Messdaten:

- a) Stromstärke: $I = 0,48 \text{ A}$ – Masse der organischen Phase: 0,55 g
- b) Stromstärke: $I = 0,73 \text{ A}$ – Masse der organischen Phase: 0,82 g
- c) Stromstärke: $I = 0,97 \text{ A}$ – Masse der organischen Phase: 1,07 g
- d) Stromstärke: $I = 1,45 \text{ A}$ – Masse der organischen Phase: 1,57 g
- e) Stromstärke: $I = 1,94 \text{ A}$ – Masse der organischen Phase: 2,00 g

Auswertung

Die Ausbeute lässt sich durch das Verhältnis der Stoffmenge bzw. Masse des entstandenen Produkts zur theoretisch möglichen Stoffmenge bzw. Masse des Produkts berechnen:

$$\omega = \frac{n(\text{Produkt, real})}{n(\text{Produkt, theoretisch})} \cdot 100\%$$

Die theoretisch möglichen Massen betragen:

$$\text{a) } m(\text{Tetradecan}) = n(\text{Tetradecan}) \cdot M(\text{Tetradecan}) = 0,015 \text{ mol} \cdot 198,39 \text{ g/mol} \approx 2,98 \text{ g}$$

Die Formel zur Berechnung der Stromdichte lässt sich folgendermaßen herleiten:

$$\eta = \frac{Q_{\text{nutz}}}{Q_{\text{zu}}} \cdot 100\%$$

$$Q = I \cdot t = F \cdot n \cdot z$$

$$Q_{\text{nutz}} = \frac{\eta \cdot Q_{\text{zu}}}{100\%} = \frac{\eta \cdot I_{\text{zu}} \cdot t}{100\%} = F \cdot n \cdot z$$

$$\eta = \frac{F \cdot n \cdot z}{I_{\text{zu}} \cdot t} \cdot 100\%$$

Somit ergeben sich für die verschiedenen Konzentrationen folgende Stoff- und Stromausbeute:

$$\text{a) Stromstärke: } I = 0,48 \text{ A}$$

$$\omega = 18,38 \%$$

$$\eta = 53,18 \%$$

$$\text{b) Stromstärke: } I = 0,73 \text{ A}$$

$$\omega = 27,56 \%$$

$$\eta = 53,56 \%$$

c) Stromstärke: $I = 0,97 \text{ A}$

$$\omega = 35,96 \%$$

$$\eta = 52,70 \%$$

d) Stromstärke: $I = 1,45 \text{ A}$

$$\omega = 52,76 \%$$

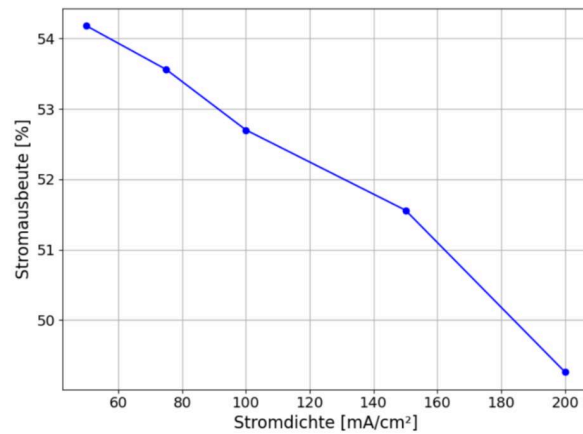
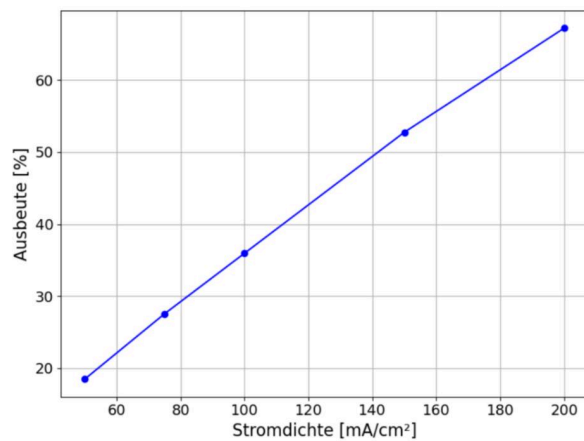
$$\eta = 51,56 \%$$

e) Stromstärke: $I = 1,94 \text{ A}$

$$\omega = 67,21 \%$$

$$\eta = 49,26 \%$$

Das lässt sich in folgenden Diagrammen veranschaulichen:



Die Stoff- und Stromausbeute sind hier in Abhängigkeit von der Stromdichte dargestellt.

Messfehler

Zufällige Fehler:

- Verunreinigung an den Geräten (z. B. Elektroden, Bechergläser)
- ungenaues Ablesen der Spannung an der Spannungsquelle

Systematische Fehler:

- Fertigungstoleranz der Feinwaage

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Wie vermutet, wurde die Stoffausbeute bei steigender Stromdichte immer größer. Die Stromausbeute nahm hingegen – wie ebenfalls vermutet – mit steigender Stromdichte ab. Diese Abnahme war allerdings sehr gering. So ist die Stromausbeute bei einer Stromdichte von 200 mA/cm^2 um weniger als 5 Prozentpunkte geringer als bei einer Stromdichte von 50 mA/cm^2 . Auf ein Maximum der Strom- und Stoffausbeute kann geschlossen werden, wenn Daten bei verschiedenen Laufzeiten der Elektrolyse aufgenommen wurden.