

Protokoll 10

*Versuch zur Bestimmung der Stromausbeute und Stoffausbeute in
Abhängigkeit von der Stromdichte bei einer Laufzeit von 90 min.*

Paula Kaltwasser, Albert-V. Meyer, Joshua Schraud

Samstag, den 24.05.2025

12. Klasse – Spezialschulteil am ASG Erfurt

Hypothese

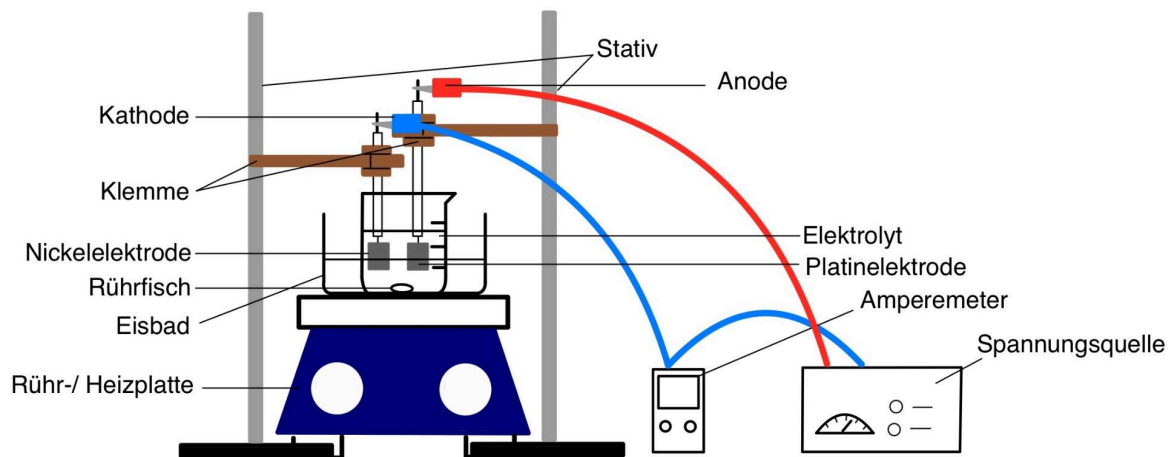
Es ist zu vermuten, dass sich die Stoffausbeute bei einer höheren Stromdichte erhöhen wird. Die Stromausbeute hingegen wird vermutlich mit steigender Stromdichte sinken.

Geräte und Chemikalien

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

Chemikalien: 21,63 g Caprylsäure, 12 g Natriumhydroxid, 150 ml destilliertes Wasser

Versuchsaufbau



Durchführung

- Zunächst werden 4,325 g Capronsäure und 2,4 g Natriumhydroxid mit der Feinwaage abgewogen und in das Becherglas gegeben.
- 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 90 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 Spannungen von 0,968 Ampere (Stromdichte von 100 mA/cm^2), 1,45 Ampere (Stromdichte von 150 mA/cm^2) und 1,936 Ampere (Stromdichte von 200 mA/cm^2).

Messdaten

Masse der entstandenen Produkte:

- Masse des entstandenen Tetradecan: $\approx 1,62 \text{ g}$
- Masse des entstandenen Tetradecan: $\approx 2,51 \text{ g}$
- Masse des entstandenen Tetradecan: $\approx 2,38 \text{ g}$
- Masse des entstandenen Tetradecan: $\approx 2,32 \text{ g}$

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 mögliche Masse des entstandenen Tetradecans beträgt:

$$\text{a) } m(\text{Tetradecan}) = n(\text{Tetradecan}) \cdot M(\text{Tetradecan}) = 0,015 \text{ mol} \cdot 198,39 \text{ g/mol} \approx 2,975 \text{ g}$$

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 Temperaturen folgende Stoff- und Stromausbeute:

$$\text{a) } \text{Stromstärke: } 0,484 \text{ A, Stromdichte: } 50 \text{ mA/cm}^2$$

$$\omega = 54,45 \%$$

$$\eta = 60,29 \%$$

$$\text{b) } \text{Stromstärke: } 0,968 \text{ A, Stromdichte: } 100 \text{ mA/cm}^2$$

$$\omega = 84,20 \%$$

$$\eta = 46,32 \%$$

c) Stromstärke: 1,45 A, Stromdichte: 150 mA/cm²

$$\omega = 79,83 \%$$

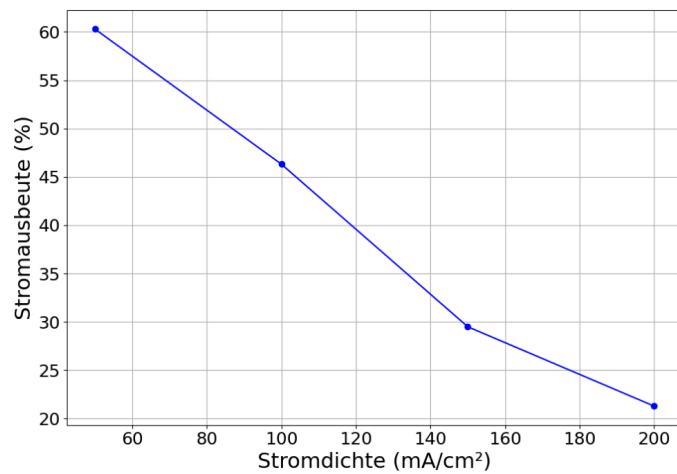
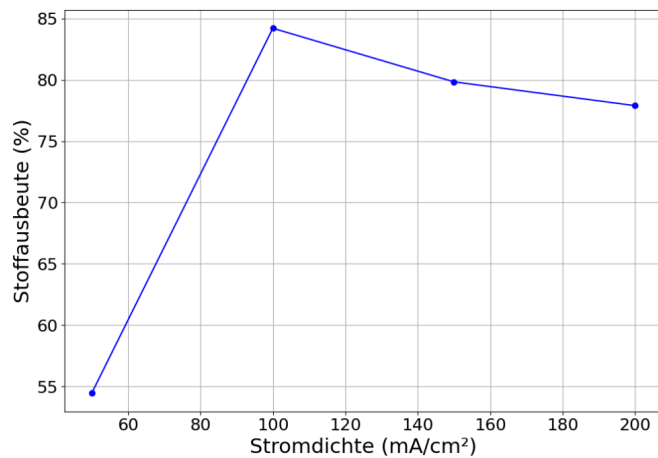
$$\eta = 29,50 \%$$

d) Stromstärke: 1,936 A, Stromdichte: 200 mA/cm²

$$\omega = 77,89 \%$$

$$\eta = 21,29 \%$$

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

Die Stoffausbeute stieg tatsächlich zwischen einer Stromdichte von 50 mA/cm^2 und 100 mA/cm^2 bis auf etwa 84,20 % an. Dieser Wert stellt damit den Maximalwert der Strom- und Stoffausbeuten aller durchgeführten Elektrolysen (vgl. Protokoll 8 und 9) dar; ob die Ausbeute von 84,20 % der größtmögliche Wert ist, ist in entsprechenden Experimenten zu überprüfen.

Der Rückgang der Ausbeute - welcher nicht unserer Hypothese entspricht - ist auf die sinkende Leitfähigkeit der Elektrolytlösung mit wachsender Stromdichte zurückzuführen, da die Gesamtspannung mit der verwendeten Spannungsquelle nicht weiter erhöht werden konnte. Aufgrund dessen war ein Überschuss an Natriumhydroxid notwendig. Die erwartete sinkende Stromausbeute ist ebenfalls auf die sinkende Leitfähigkeit der Lösung zurückzuführen.