

Ermittlung der Reaktionsgeschwindigkeit

der Reaktion von Magnesium mit Salzsäure

Teil 1: Simulation

1.



2.

t in [s]	V(H ₂) [mL]	n(H ₂) [mol]	n(H ₃ O ⁺) [mol]	c(H ₃ O ⁺) [mol L ⁻¹]
0	0	0	0,0040	0,2000
7,1	5	0,0002	0,0036	0,1793
15,1	10	0,0004	0,0032	0,1587
24,2	15	0,0006	0,0028	0,1380
34,8	20	0,0008	0,0023	0,1174
47,4	25	0,0010	0,0019	0,0967
63,2	30	0,0012	0,0015	0,0760
84,0	35	0,0014	0,0011	0,0554
114,6	40	0,0017	0,0007	0,0347
174,1	45	0,0019	0,0003	0,0140
348,0	48,4			

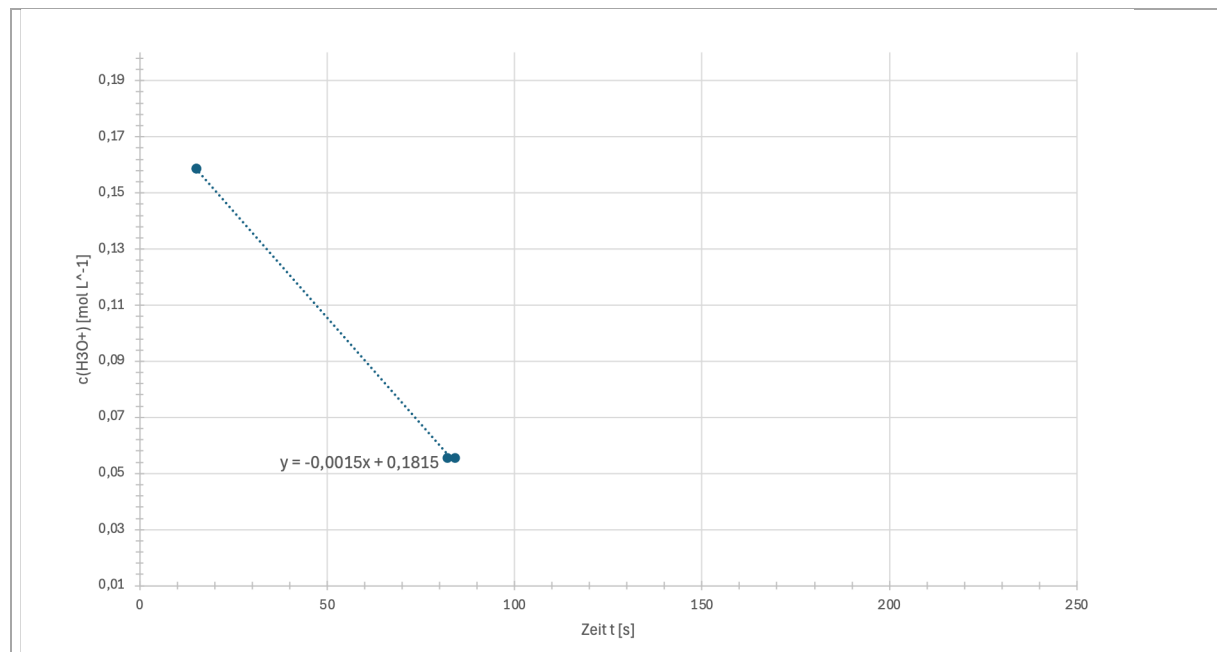
3.

$$n(\text{H}_2) = \frac{0,035 \text{ L}}{24,2 \text{ L mol}^{-1}} = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = 4,00 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 1,45 \cdot 10^{-3} = 1,11 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = \frac{1,11 \cdot 10^{-3}}{0,0200} = 5,54 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

4.



5.

$$y = -0,0015x + 0,1815$$

folgt

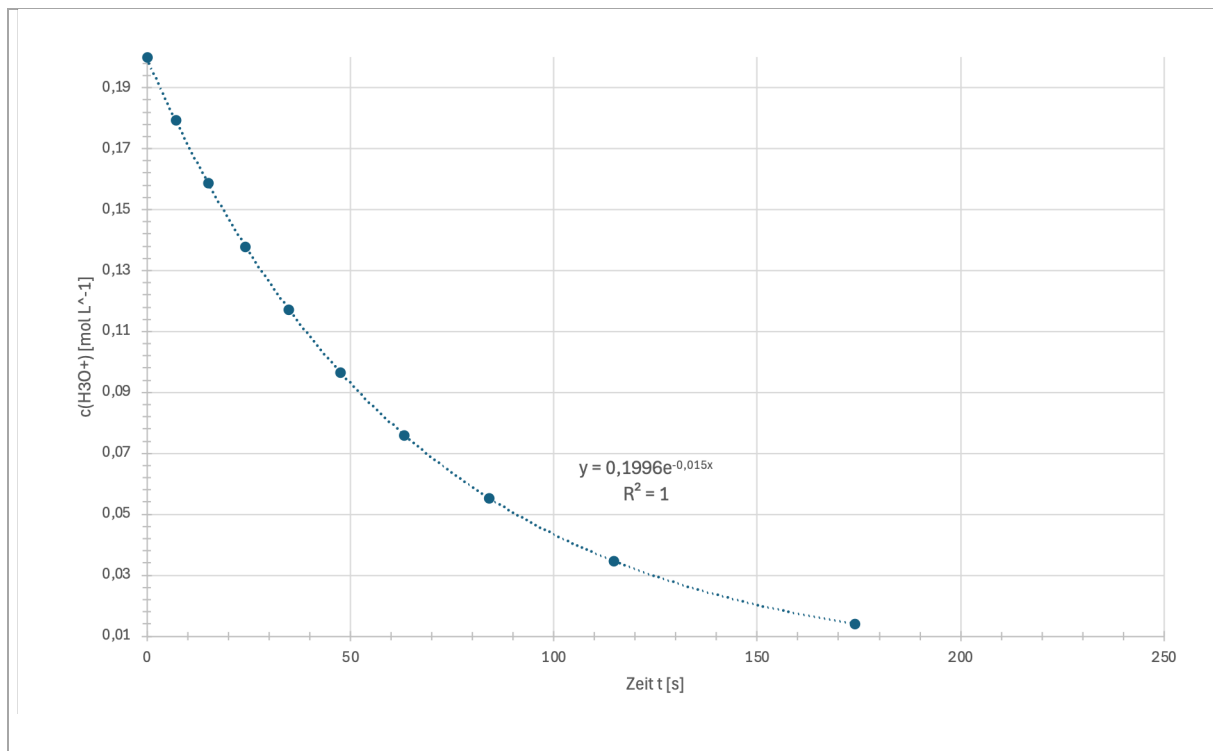
$$m = -0,0015 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Unter Berücksichtigung des stöchiometrischen Koeffizienten $\nu(\text{H}_3\text{O}^+) = 2$:

$$\bar{v} = -\frac{1}{2} \cdot m = -\frac{1}{2} \cdot (-0,0015)$$

$$\bar{v} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

6.



$$c(t) = 0,1996 \cdot e^{-0,015t}$$

Durch Ableiten ergibt sich:

$$c'(t) = 0,1996 \cdot (-0,015) \cdot e^{-0,015t}$$

$$c'(t) = -0,002994 \cdot e^{-0,015t}$$

Für 25 mL Wasserstoff gilt weiterhin: $t = 47,4 \text{ s}$

Damit:

$$c'(47,4) = -0,002994 \cdot e^{-0,015 \cdot 47,4}$$

$$c'(47,4) \approx -1,47 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Unter Berücksichtigung des stöchiometrischen Koeffizienten der Oxonium-Ionen:

$$\nu = -\frac{1}{2} c'(47,4)$$

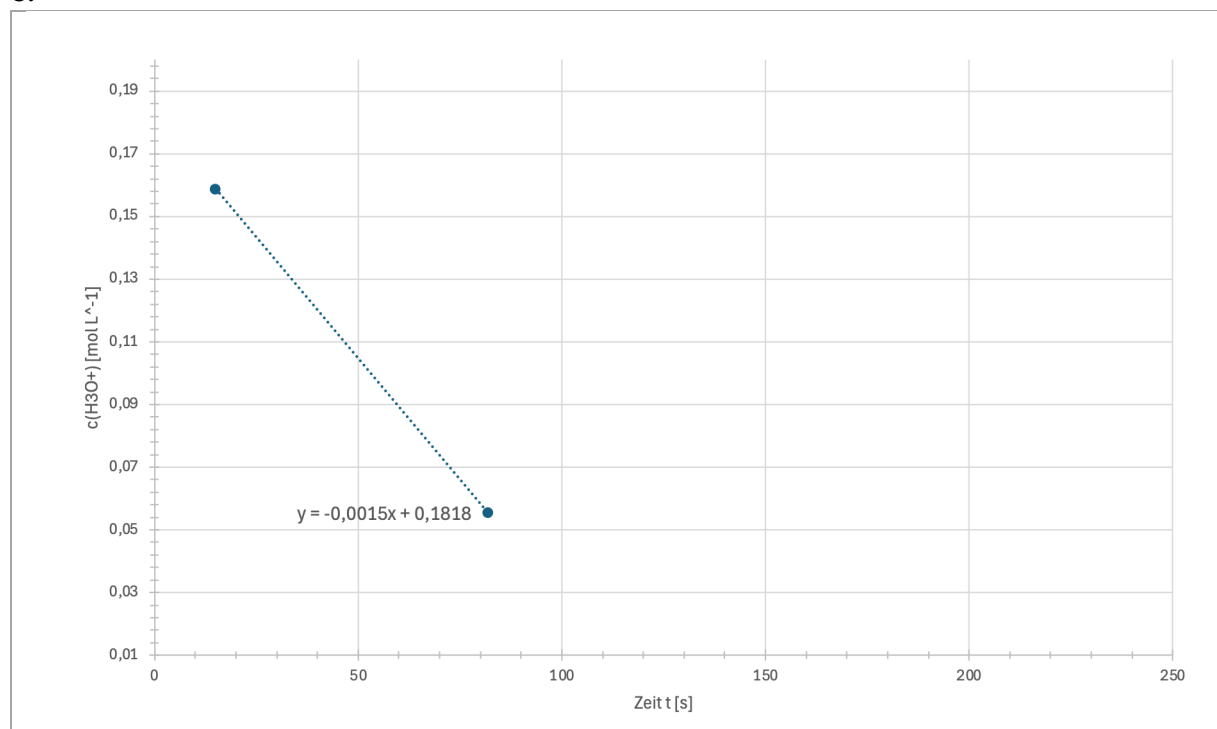
$$\nu \approx 7,35 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Teil 2: Experiment

- direkt bei Kontakt des Magnesiums mit der Salzsäure stiegen zahlreiche kleine Gasblasen auf
- der Kolben bewegt sich zunächst schnell, später langsamer und die Blasenbildung lässt nach

t in [s]	V(H ₂) [mL]	c(H ₃ O ⁺) [mol L ⁻¹]	t in [s]	V(H ₂) [mL]	c(H ₃ O ⁺) [mol L ⁻¹]
0	0	0,2000	60	30	0,0760
6	5	0,1793	82	35	0,0554
15	10	0,1587	117	40	0,0347
24	15	0,1380	230	45	0,0140
34	20	0,1174			
46	25	0,0967			

8.



$$y = -0,0015x + 0,1818$$

folgt

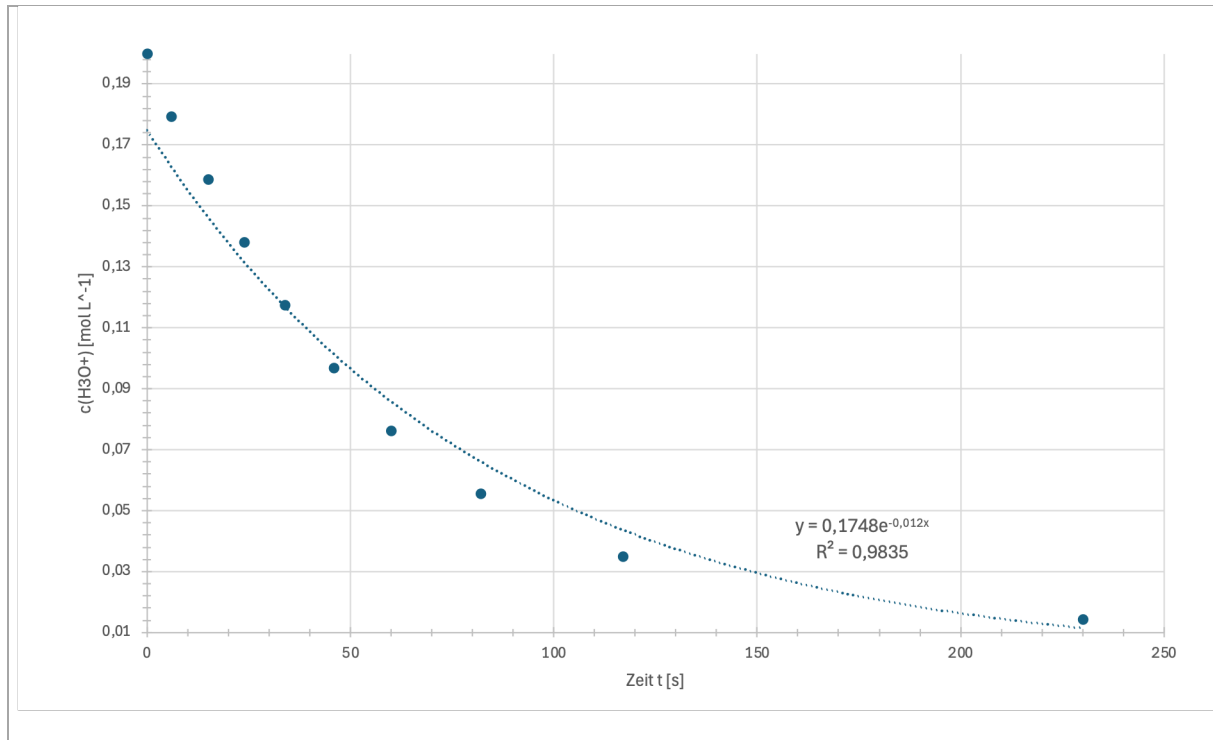
$$m = -0,0015 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}.$$

Unter Berücksichtigung des stöchiometrischen Koeffizienten $\nu(\text{H}_3\text{O}^+) = 2$:

$$\bar{v} = -\frac{1}{2} \cdot m = -\frac{1}{2} \cdot (-0,0015)$$

$$\bar{v} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

9.



Aus der Trendlinie

$$c(t) = 0,1748 \cdot e^{-0,012t}$$

folgt durch Ableiten:

$$c'(t) = -0,0020976 \cdot e^{-0,012t}$$

Für 25 mL Wasserstoff gilt aus der Messwerttabelle

$$t = 46 \text{ s.}$$

Damit:

$$c'(46) \approx -1,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}.$$

Unter Berücksichtigung des stöchiometrischen Koeffizienten der Oxonium-Ionen:

$$v = -\frac{1}{2} c'(46)$$

$$v \approx 6,04 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Teil 3: Auswertung und Vergleich

10.

Die Konzentrations-Zeit-Verläufe von Simulation und Experiment stimmen über weite Bereiche gut überein. Insbesondere zwischen 10 und 35 mL Wasserstoff ergeben sich nahezu identische durchschnittliche Reaktionsgeschwindigkeiten:

$$\bar{v}_{\text{Sim}} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1} \quad \bar{v}_{\text{Exp}} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}.$$

Bei der momentanen Reaktionsgeschwindigkeit bei 25 mL zeigt sich dagegen eine Abweichung:

$$v_{\text{Sim}} \approx 7,35 \cdot 10^{-4} \quad v_{\text{Exp}} \approx 6,04 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}.$$

Das Experiment liefert damit einen etwa 18 % kleineren Wert. Besonders gegen Ende der Reaktion weicht das Experiment zunehmend von der Simulation ab; beispielsweise werden 45 mL in der Simulation nach 174,1 s experimentell aber erst nach 230 s erreicht.

Mögliche Ursachen sind die idealisierenden Modellannahmen der Simulation. Im Realexperiment können zusätzlich Stofftransport, anhaftende Wasserstoffblasen, Unterschiede der Magnesiumoberfläche sowie Reibung des Kolbenprobers, geringe Undichtigkeiten und Unsicherheiten beim Start der Messung den Verlauf beeinflussen.

11.

Die Simulation bildet die durchschnittliche Reaktionsgeschwindigkeit im betrachteten Bereich sehr gut ab; Simulation und Experiment ergeben hier praktisch denselben Wert. Die momentane Reaktionsgeschwindigkeit bei 25 mL wird ebenfalls in der richtigen Größenordnung wiedergegeben. Der experimentelle Wert ist aber etwa 18 % kleiner als der Simulationswert.

Insgesamt beschreibt die Simulation den realen Reaktionsverlauf daher im frühen und mittleren Reaktionsbereich gut, bildet die zunehmende Verlangsamung gegen Ende der Reaktion jedoch nur eingeschränkt ab.