

## 1 Ziel des Versuches

In einer Hydrogencarbonat/Carbonat-Pufferlösung soll die Absorptionsrate für die  $\text{CO}_2$  - Absorption gemessen werden. Durch Arsenoxid wird die Reaktion katalysiert. Die Phasengrenzfläche A und die Geschwindigkeitskonstante  $k_{\text{kat}}$  der Reaktion werden ermittelt.

## 2 Versuchsdurchführung

Zuerst wurde eine Stammlösung von 150 mg  $\text{As}_4\text{O}_6$  in 300 mL 0.5 M  $\text{K}_2\text{CO}_3$  -Lösung hergestellt. Daraus wurden drei weitere Lösungen á 400 mL angesetzt. Die Zusammensetzungen der Lösungen befinden sich in Tabelle 1. Die Pufferlösung wurde in eine Rührzelle überführt und für ca. 8 Minuten evakuiert. Anschließend wurde unter Rühren Kohlenstoffdioxid über einen Gasballon zugeführt. Über einen Seifenblasenströmungsmesser wurde die Zufuhrgeschwindigkeit für 20 Minuten gemessen.

## 3 Messwerte

$c_{\text{kat}}$ [ $\text{mol} \cdot \text{cm}^{-3}$ ]	$V_{\text{Stamm}}$ [mL]	$V_{\text{K}_2\text{O}_3}$ [mL]	$V_{\text{NaHCO}_3}$ [mL]
0.00	0	200	200
$3.00 \times 10^{-6}$	100	100	200
$6.00 \times 10^{-6}$	200	0	200

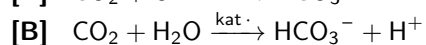
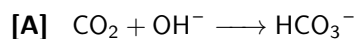
Table 1: Herstellungen der Messlösungen

Die Pufferlösung wurde in eine Rührzelle überführt und für ca. 8 Minuten evakuiert. Anschließend wurde unter Rühren Kohlenstoffdioxid über einen Gasballon zugeführt. Über einen Seifenblasenströmungsmesser wurde die Zufuhrgeschwindigkeit für 20 Minuten gemessen.

## 4 Auswertung

### 4.1 Ermittlung der Absorptionsrate

Das  $\text{CO}_2$  in der Lösung geht in zwei Reaktionen ein.



$t_{\text{total}}$	$t_{5\text{mL}}$	$t_{10\text{mL}}$
40	18	38
130	19	41
230	23	48
300	23	49
380	25	50
450	25	51
540	25	51
600	25	51
680	24	49
760	26	52
840	27	51
910	26	53
1020	25	52
1080	26	50
1160	27	55

Table 2:  $c_{\text{kat}} = 6.00 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{cm}^{-3}$

$t_{\text{total}}$	$t_{5\text{mL}}$	$t_{10\text{mL}}$
10	19	41
70	24	49
150	27	52
240	26	52
310	27	55
390	28	56
480	26	55
550	28	57
660	28	55
810	29	58
900	29	59
990	30	59
1080	30	61
1170	30	60

Table 3:  $c_{\text{kat}} = 3.00 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{cm}^{-3}$

$t_{\text{total}}$	$t_{5\text{mL}}$	$t_{10\text{mL}}$
60	24	51
140	-	-
180	29	-
300	33	66
420	33	67
510	-	-
570	35	68
660	34	70
780	35	71
870	36	72
960	35	71
1050	36	73

Table 4:  $c_{\text{kat}} = 0.00 \text{ mol} \cdot \text{cm}^{-3}$

Ohne Präsenz eines Katalysators überwiegt die Reaktion **[A]**, wird sich allerdings unter Wirkung der Arsenite  $\text{AsO}_3^{3-}$ ,  $\text{HAsO}_3^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{AsO}_3^-$  die Reaktion **[B]** durchsetzen. Es gilt:

$$r_{\text{ges}} = \frac{\dot{n}_{\text{CO}_2}}{A} = k_0 + k_{\text{kat}} \cdot c_{\text{kat}} \quad (1)$$

Um  $k_{\text{kat}}$  zu berechnen muss zuerst die Absorptionsrate von  $\text{CO}_2$   $\dot{n}_{\text{CO}_2}$  berechnet werden.

#### 4.1.1 Ermittlung von $\dot{n}_{\text{CO}_2}$

Es gilt :

$$\dot{n}_{\text{CO}_2} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{t_0} \quad (2)$$

Die Stoffmenge  $n_{\text{CO}_2}$  lässt sich über das ideale Gesetz berechnen.

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{101\,325.00 \text{ Pa} \cdot 10^{-5} \text{ m}^3}{8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298.00 \text{ K}} = 4.09 \times 10^{-6} \text{ mol} \quad (3)$$

wobei das Volumen  $V_{\text{CO}_2} 10.00 \text{ mL} = 10.00 \text{ cm}^3 = 1.00 \times 10^{-5} \text{ m}^3$  ist.

$c_{\text{kat}} / \text{mol} \cdot \text{cm}^{-3}$	$t_0 / \text{s}$	$n / \text{mol}$	$\dot{n}_{\text{CO}_2} / \text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$
0.00	62.97	$4.09 \times 10^{-6}$	$64.95 \times 10^{-9}$
$3.00 \times 10^{-6}$	40.9	$4.09 \times 10^{-6}$	$100.00 \times 10^{-9}$
$6.00 \times 10^{-6}$	39.11	$4.09 \times 10^{-6}$	$104.50 \times 10^{-9}$

Table 5: Ermittlung von  $\dot{n}_{\text{CO}_2}$

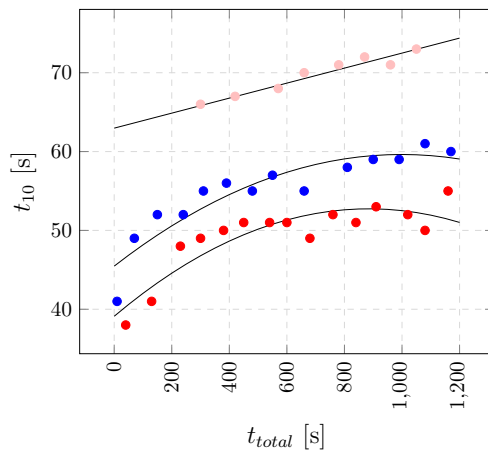


Abbildung 1.1: Bestimmung von  $t_0$

## 4.2 Ermittlung von $k_{\text{kat}}$

$$\dot{n}_{\text{CO}_2}^2 = k_0 A^2 D^L c_{\text{CO}_2}^2 + k_{\text{kat}} A^2 D^L c_{\text{CO}_2}^2 c_{\text{kat}} \quad (4)$$

Wird nun  $\dot{n}_{\text{CO}_2}^2$  gegen  $c_{\text{kat}}$  aufgetragen ergibt sich eine gerade mit Steigung  $\gamma$ .

$$\tan \gamma = k_{\text{kat}} A^2 D^L c_{\text{CO}_2}^2 \quad (5)$$

Umformuliert:

$$k_{\text{kat}} = \frac{\tan \gamma}{D^L \cdot A^2 \cdot c_{\text{CO}_2}^2} = \frac{1.11 \times 10^{-10}}{D^L \cdot A^2 \cdot c_{\text{CO}_2}^2} \quad (6)$$

$c_{\text{kat}}$ [mol · cm <sup>-3</sup> ]	$t_0$ [s]	$\dot{n}_{\text{CO}_2}$ [mol · s <sup>-1</sup> ]	$\dot{n}_{\text{CO}_2}^2$ [mol <sup>2</sup> · s <sup>-2</sup> ]
0	62.97	$6.50 \times 10^{-6}$	$42.19 \times 10^{-12}$
$3.03 \times 10^{-7}$	45.47	$8.99 \times 10^{-6}$	$80.89 \times 10^{-12}$
$6.06 \times 10^{-7}$	39.11	$10.46 \times 10^{-6}$	$109.40 \times 10^{-12}$

Table 6: Ermittlung von  $\dot{n}_{\text{CO}_2}$

Zur Ermittlung der  $k_{\text{cat}}$  muss die Phasengrenzfläche  $A$  noch bestimmt werden.

$$A = \sqrt{\frac{b}{k_0 \cdot D^L \cdot c_A^i}} \quad (7)$$

$$= \sqrt{\frac{4.39 \times 10^{-11} \text{ mol}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{0.86 \text{ s}^{-1} \cdot 1.60 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot 1.93 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{cm}^{-3}}} \quad (8)$$

$$(9)$$

Durch Einsetzen der Phasengrenzfläche  $A$ ,

$$D^L = 1.60 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

und  $c_A^i = 1.93 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{cm}^{-3}$  in die Gleichung (7) ergibt sich:

$$1.13 \times 10^5 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = \frac{1.11 \times 10^{-7}}{1.60 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot (128.56)^2 \cdot 3.71 \times 10^{-10} \text{ mol}^2 \cdot \text{cm}^{-6}} \quad (10)$$

$$A = 128.56 \text{ cm}^2 \quad (11)$$

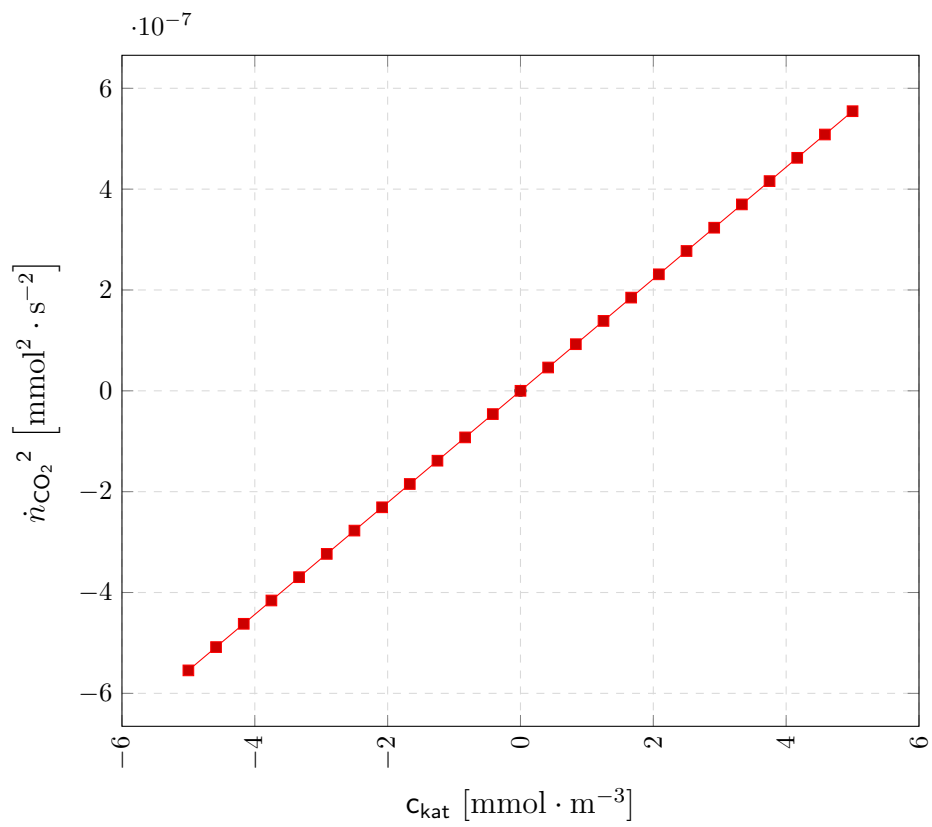


Abbildung 1.1: Bestimmung von  $t_0$

## References

- [1] D. R. Lide, *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 88. Aufl., CRC Press, New York **2007**, S. 888.
- [2] D. R. Lide, *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 88. Aufl., CRC Press, New York **2007**, S. 1069.
- [3] <http://webbook.nist.gov/chemistry/fluid/>
- [4] A. Brehm, *Praktikumskript Wärmeübertragung*, Oldenburg, **2014**, S. 14.