

Kohlendioxidfreisetzung aus Champagner

Peter Bützer

Inhalt

1	Einleitung/Theorie.....	1
2	Experiment	2
2.1	Aufgabenstellung	2
2.2	Durchführung	2
2.3	Beobachtungen/Messungen.....	2
2.4	Reaktionsgleichungen/Berechnungen	2
3	Simulation	3
3.1	Simulationsdiagramm.....	3
3.2	Zeitdiagramm	3
3.3	Dokumentation (Gleichungen, Parameter).....	3
4	Vergleich von Messung und Simulation	5
5	Interpretation	5

"...es gibt ein Phänomen, das wir lehren und verbreiten müssen, nämlich die Kunst zu SEHEN..."

César Manrique, 1972 (spanischer Architekt und Künstler)

1 Einleitung/Theorie

Kohlendioxid (CO₂) ist als Gas in Wasser gelöst, nur ein kleiner Teil bildet als chemisches Gleichgewicht Kohlensäure (H₂CO₃). Wichtig für die Löslichkeit sind die Wasserstoffbrücken-Bindungen. Das Henrysche Absorptionsgesetz beschreibt diese Bindung.

Dieses 1803 von William Henry (1775–1836, Fabrikbesitzer in Manchester) aufgestellte Gesetz – ein Gasgesetz im erweiterten Sinne – besagt, dass die Löslichkeit eines Gases *a* in einer Flüssigkeit *L* *proportional* zum **Partialdruck** *p_a* über der Lösung ist (**Proportionalitätskonstante** *1/ H_{a,L}*). Für kleine und mässige Drucke (*p* ≤ 5 bar) ist der **Stoffmengenanteil** *x_a* des gelösten Gases gegeben durch:

$$x_a = \frac{p_a}{H_{a,L}(T)}$$

Die **Henry-Konstante** *H_{a,L}* ist im allgemeinen stark von der Temperatur *T* abhängig. Während sie für die meisten Gase mit steigender Temperatur abnimmt, nimmt sie bei tiefsiedenden Gasen, wie He oder H₂, mit der Temperatur zu. D. h., will man eine Flüssigkeit von solchen gelösten Gasen befreien, muss man die Temperatur möglichst hoch und den Gasdruck möglichst niedrig wählen (z.B. Vakuum).



Abbildung 1: Wie rasch verliert der das "Prickeln"?

Für einige Gase gelten folgende Löslichkeiten in 1 l Wasser von 25 °C und 1013 hPa
Referenzdruck: Etwa 30 ml Methan (CH₄), 16,5 ml Wasserstoff (H₂), 21 ml
Kohlenstoffmonoxid (CO), 2257 ml Schwefelwasserstoff (H₂S), 32 760 ml Schwefeldioxid
(SO₂), 425 000 ml Chlorwasserstoff (HCl). 1702 Kohlenstoffdioxid (CO₂) bei 0°C, 946 ml.

2 Experiment

2.1 Aufgabenstellung

Wenn das Gesetz von Henry stimmt, dann müsste umso mehr Kohlendioxid aus Wasser freigesetzt werden, je höher der Gehalt an Kohlendioxid im Wasser ist. Man überprüfe, ob eine Proportionalität zwischen CO₂-Gehalt und Freisetzungsgeschwindigkeit besteht.

Variation: Bestimmung der Freisetzungsgeschwindigkeit bei verschiedenen Temperaturen.

2.2 Durchführung

Eine offene Flasche Champagner, oder billiger Mineralwasser, wird bei 5°C gehalten und die Masse in einigermaßen regelmässigen Zeitabständen bestimmt.

2.3 Beobachtungen/Messungen

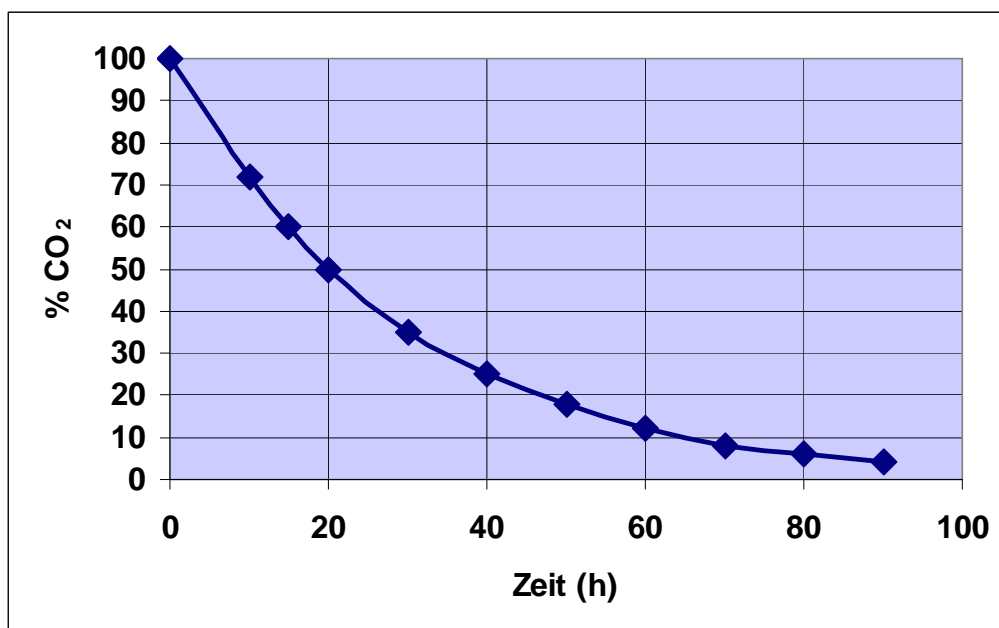
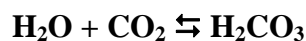


Abbildung 2: Messung der Kohlendioxidabnahme im Kühlschrank (5°C) ¹

2.4 Reaktionsgleichungen/Berechnungen



Wenn CO₂ freigesetzt wird, verschiebt sich das Gleichgewicht nach LeChâtelier nach links!

Folgerungen

Die Hypothese hat sich bestätigt, dass die Freisetzung umso rascher läuft, je mehr CO₂ vorhanden ist.

¹ Kirkbride Helen, Fowler Jo, University College London, Fizzy Fallacy?, New Scientist, 13 May 2000, 39

3 Simulation

3.1 Simulationsdiagramm (Typ 4)²

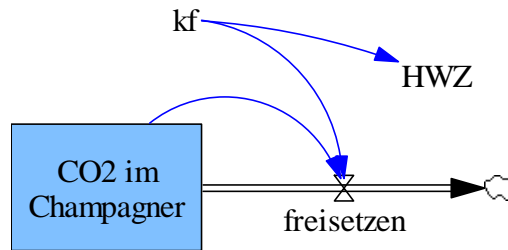


Abbildung 3: Simulationsdiagramm des Kohlendioxidverlusts

3.2 Zeitdiagramm

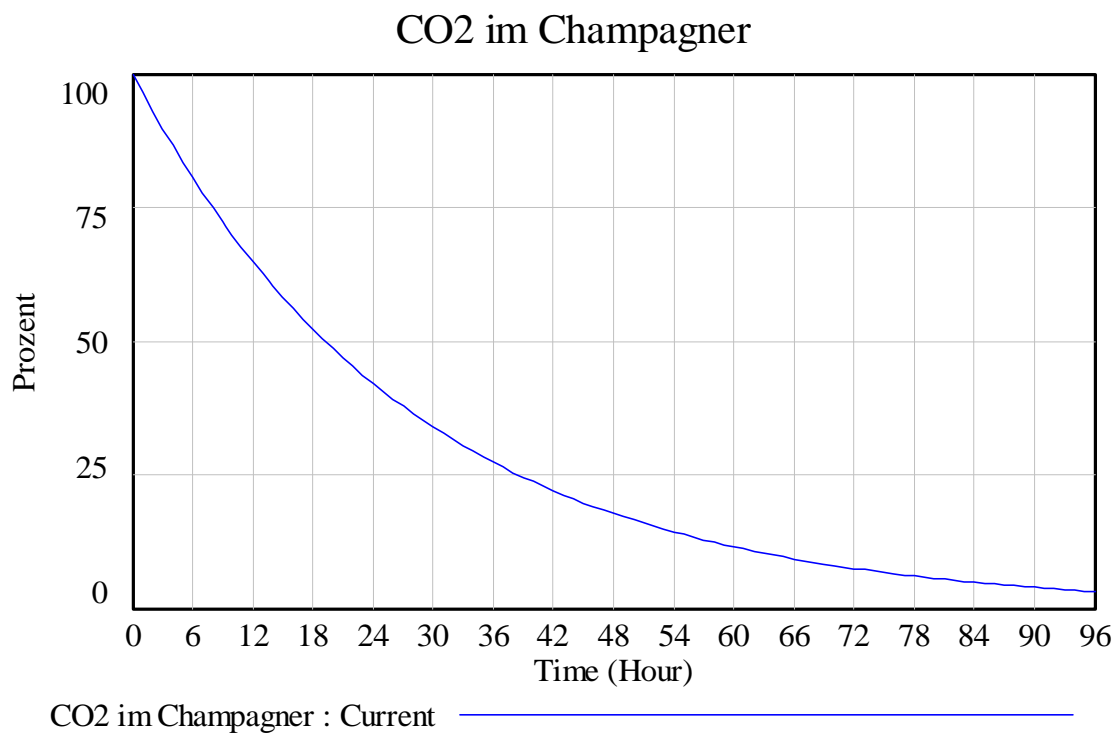


Abbildung 4: Zeitdiagramm der Kohlendioxidabnahme

Die berechnete Halbwertszeit für die Freisetzung von CO₂ aus Champagner der Freisetzung bei 5°C beträgt 19.58 Stunden.

3.3 Dokumentation (Gleichungen, Parameter)

- (1) CO2 im Champagner= INTEG (-freisetzen, 100)
Units: Prozent [0,100]
CO₂-Gehalt in %
- (2) FINAL TIME = 96
Units: Hour
The final time for the simulation.

² Bützer Peter, Roth Markus, Die Zeit im Griff, Systemdynamik in Chemie und Biochemie, verlag pestalozzianum, Zürich 2006, S. 57

- (3) freisetzen= $k_f \cdot \text{CO}_2$ im Champagner
Units: Prozent/Hour [0,?]
Freisetzungsgeschwindigkeit, Reaktionsgeschwindigkeit
- (4) HWZ= $\ln(2)/k_f$
Units: Hour [0,?]
Halbwertszeit der CO₂-Freisetzung. Nach dieser Zeit hat der Champagner die Hälfte des CO₂ verloren
- (5) INITIAL TIME = 0
Units: Hour
The initial time for the simulation.
- (6) k_f = 0.0354
Units: 1/Hour [0,0.1]
Reaktionsgeschwindigkeitskonstante, die aussagt, wie rasch sich das CO₂ von der Flüssigkeit löst
- (7) SAVEPER = TIME STEP
Units: Hour [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (8) TIME STEP = 1
Units: Hour [0,?]
The time step for the simulation.

4 Vergleich von Messung und Simulation

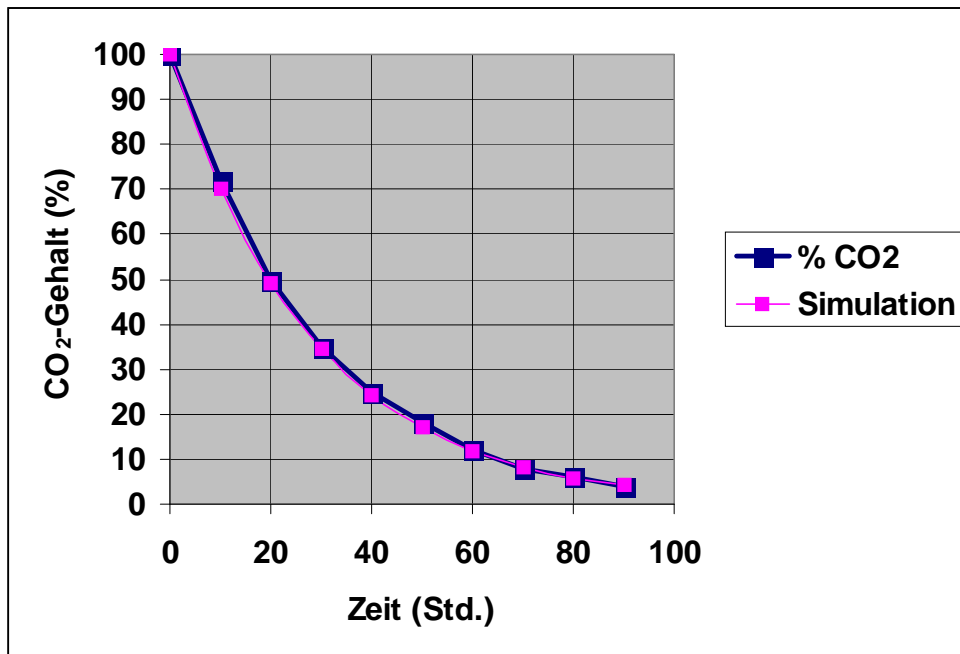


Abbildung 5: Vergleich der Simulation mit dem gemessenen zeitlichen Verlauf

5 Interpretation

Die Freisetzung erfolgt recht genau einem exponentiellen Verlauf. Das bestätigt die Theorie, die besagt, dass sich das Gleichgewicht durch die Freisetzung von Kohlendioxid sehr stark nach rechts verschiebt.

Die Halbwertszeit der CO₂-Freisetzung bei 5°C beträgt $HWZ = \ln(2)/Konst. = 0.693/0.0354 = 19.6$ Stunden (entspricht der Simulation).