

# Energieaufwand für die Abtrennung von CO<sub>2</sub> aus Luft

Die Bestandteile eines Gasmisches bleiben ohne Energiezufuhr homogen verteilt. Grund dafür ist die Entropiezunahme beim Mischvorgang. Die Summe der Entropien von reinen Gasen ist kleiner als die Entropie des Gasmisches. Die Entropiezunahme wird in diesem Dokument analysiert.

## Theoretischer Energieaufwand

Für die folgenden Berechnungen wird ein ideales homogenes Gasmisch bestehend aus Kohlenstoffdioxid  $n_1$  sowie Luft ohne Kohlenstoffdioxid  $n_2$  bei einer Temperatur von 20 °C und einem absoluten Druck von 1 bar angenommen. Durch Mischung der Gase 1 und 2 nimmt die Entropie zu. Gemäss [1] wird die Entropiezunahme folgendermassen berechnet:

$$\Delta S = R \cdot \left[ n_1 \cdot \ln \left( \frac{n}{n_1} \right) + n_2 \cdot \ln \left( \frac{n}{n_2} \right) \right] \quad (1)$$

mit  $R$ : Universelle Gaskonstante,  $n$ : Gesamte Molzahl,  $n_i$ : Molzahl Gas  $i$ .

Die Herleitung von Gleichung 1 ist in [2] erklärt. Die molaren Massen der Gase 1 und 2 sind

$$M_1 = 44.0 \text{ g/mol} \quad (2)$$

$$M_2 = 28.9 \text{ g/mol} \quad (3)$$

Bei einem Molanteil von 400 ppm in der Luft ergibt die spezifische Entropiedifferenz  $\Delta s$  bezogen auf die Masse CO<sub>2</sub>

$$\Delta s = 1667 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)} \quad (4)$$

Wenn angenommen wird, dass mit der Umgebung keine Wärme ausgetauscht wird,  $\Delta H = 0$ , kann die Arbeit auf einfache Weise berechnet werden. Die minimal benötigte spezifische Arbeit zur Abtrennung von CO<sub>2</sub> aus Luft ist (bezogen auf die Masse CO<sub>2</sub>)

$$W = \Delta s \cdot T = 0.136 \text{ kWh/kg} \quad (5)$$

Wird das abgetrennte CO<sub>2</sub> für die Methanherstellung verwendet, entspricht die minimal benötigte Arbeit zur Abtrennung 2.4 % des Brennwertes bzw. 2.7 % des Heizwertes von Methan.

Die spezifische Arbeit zur Abtrennung von CO<sub>2</sub> aus Luft für verschiedene CO<sub>2</sub>-Molanteile ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die benötigte Energiemenge kann gedanklich folgendermassen interpretiert werden:

In einem gegebenen Luftvolumen muss die enthaltene Menge CO<sub>2</sub> von einem geringen Partialdruck  $p_1$  auf Umgebungsdruck  $p$  komprimiert werden. Zusätzlich muss die restliche Luft ohne CO<sub>2</sub> ebenfalls auf Umgebungsdruck komprimiert werden. Zur Berechnung der notwendigen Arbeit bei isothermer Kompression kann Gleichung 6 verwendet werden. Das Ergebnis ist identisch mit Herleitung der Berechnung über die Entropie.

$$W = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \left( \frac{p}{p_1} \right) \quad (6)$$

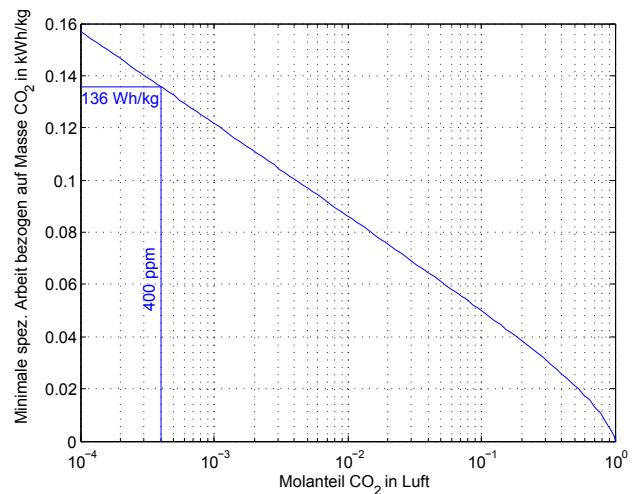


Abbildung 1: Theoretische Arbeit zur Abtrennung von CO<sub>2</sub> aus Luft.

## Energieaufwand in der Praxis

Die Firma *Climeworks* gibt auf ihrer Webseite den Energieaufwand für ihre Anlage zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Luft an [3]. Der thermische Energieaufwand bezogen auf die Masse CO<sub>2</sub> beträgt 1.8 bis 2.5 kWh/kg. Der elektrische Energieaufwand beträgt 0.35 bis 0.45 kWh/kg.

## Quellen

- [1] Wikipedia. Ideales Gas. [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ideales\\_Gas&oldid=134522868](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ideales_Gas&oldid=134522868), 2014. [abgerufen am 10.11.2014].
- [2] F. Schwabl. *Statistische Mechanik*. Springer-Lehrbuch. Springer London, Limited, 2006.
- [3] Climeworks. Facts & Figures. <http://http://www.climeworks.com/facts-figures.html>, 2015. [abgerufen am 18.11.2015].