

# Untersuchungen zur Herkunft des Kohlendioxids in der Gustav-Jakobs-Höhle

Matthias Martin, Robert van Geldern, Manfred Brenner

Seite 25 bis 28, 4 Abbildungen

## 1. Einleitung

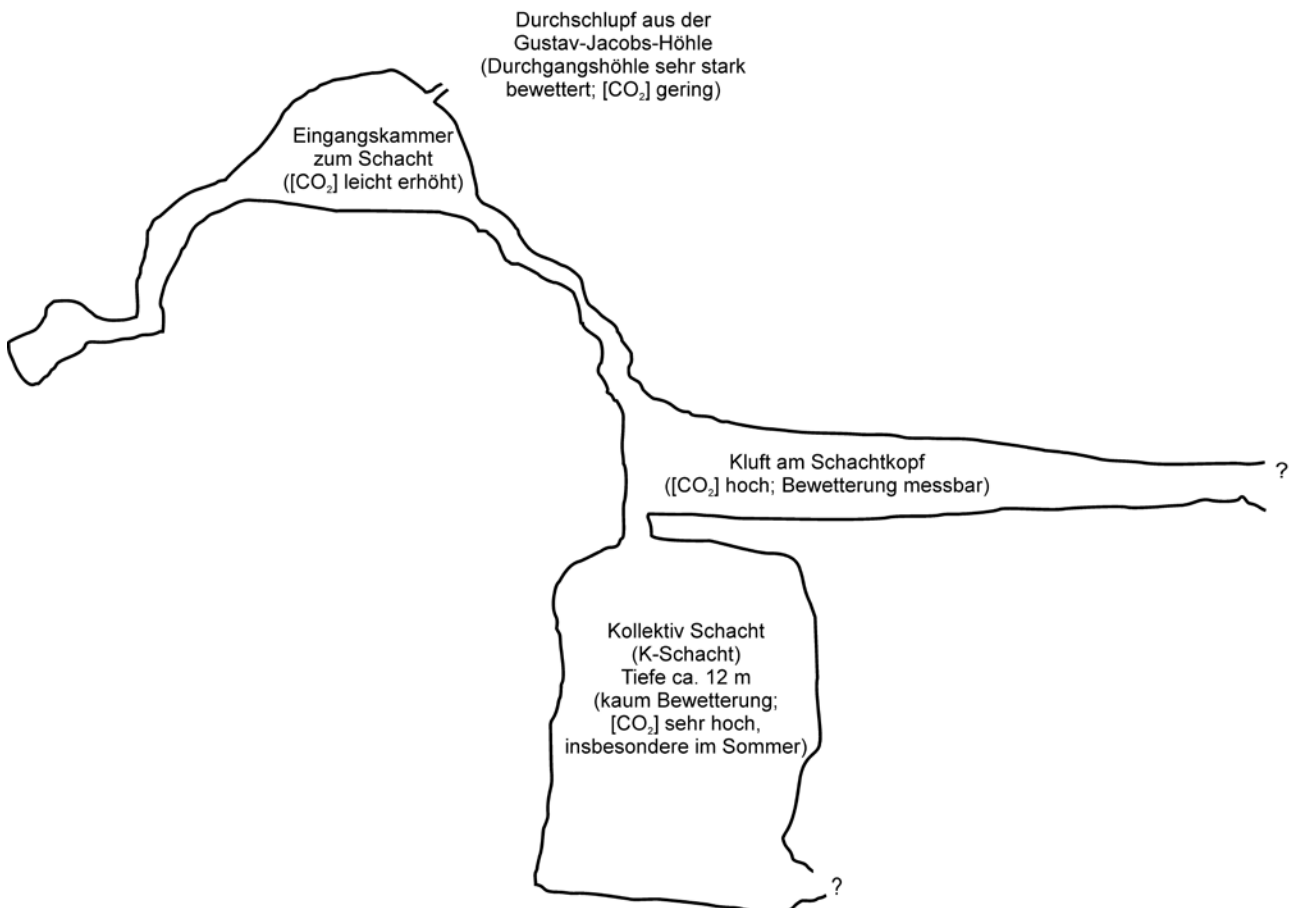
Die südöstlich von Grabenstetten (Landkreis Reutlingen, Baden-Württemberg) gelegene Gustav-Jakobs-Höhle (auch „Gustel“ genannt) ist eine circa 427 m lange Durchgangshöhle. Der Gang ist durchgängig eng, so dass ein ausgewachsener Mensch fast ausschließlich gehockt gehen muss. Etwa in der Mitte befindet sich ein Abzweig in eine etwas größere Kammer. Diese ist durch eine etwa 1,5 m hohe Wand vom Gang getrennt. Von dort führt ein schräger, enger Gang zu einer Kluft, von der aus man zum Kopf des

Kollektiv-Schachts (K-Schacht) gelangt. Der Schacht ist circa 12 m tief und besitzt einen sehr engen Einstieg mit einer Breite von etwa 30 bis 40 cm und einer Länge von etwa einem Meter. Der Schachtgrund ist der tiefste bekannte Punkt der Höhle (Abbildung 1).

## 2. Messungen der CO<sub>2</sub>-Konzentration

Seit 2008 wurde in unregelmäßigen Abständen der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft in der Gustel von Jürgen Fodor gemessen. Er stellte dabei teilweise sehr hohe Konzentrationen fest. Der bisher höchste gemessene Wert

Abbildung 1: Skizze (nicht maßstäblich) des Querschnitts der Gustav-Jakobs-Höhle mit Lage des Kollektiv-Schachts.



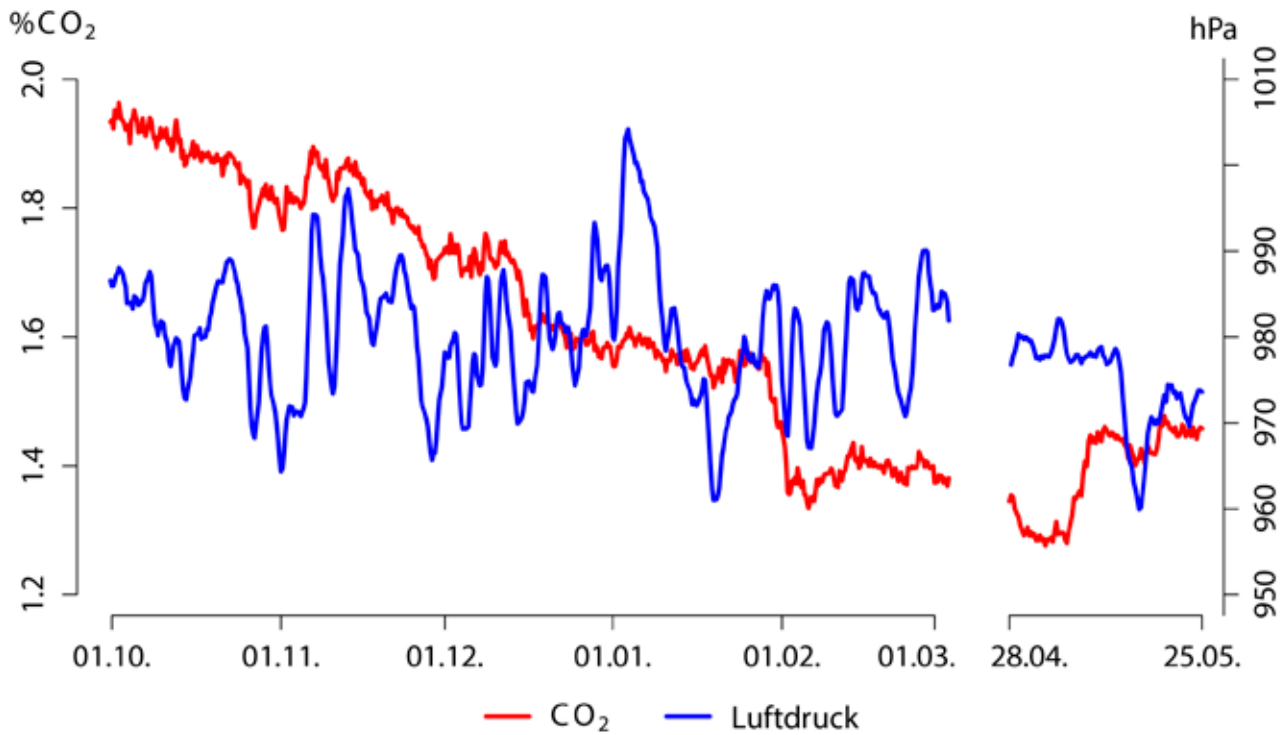
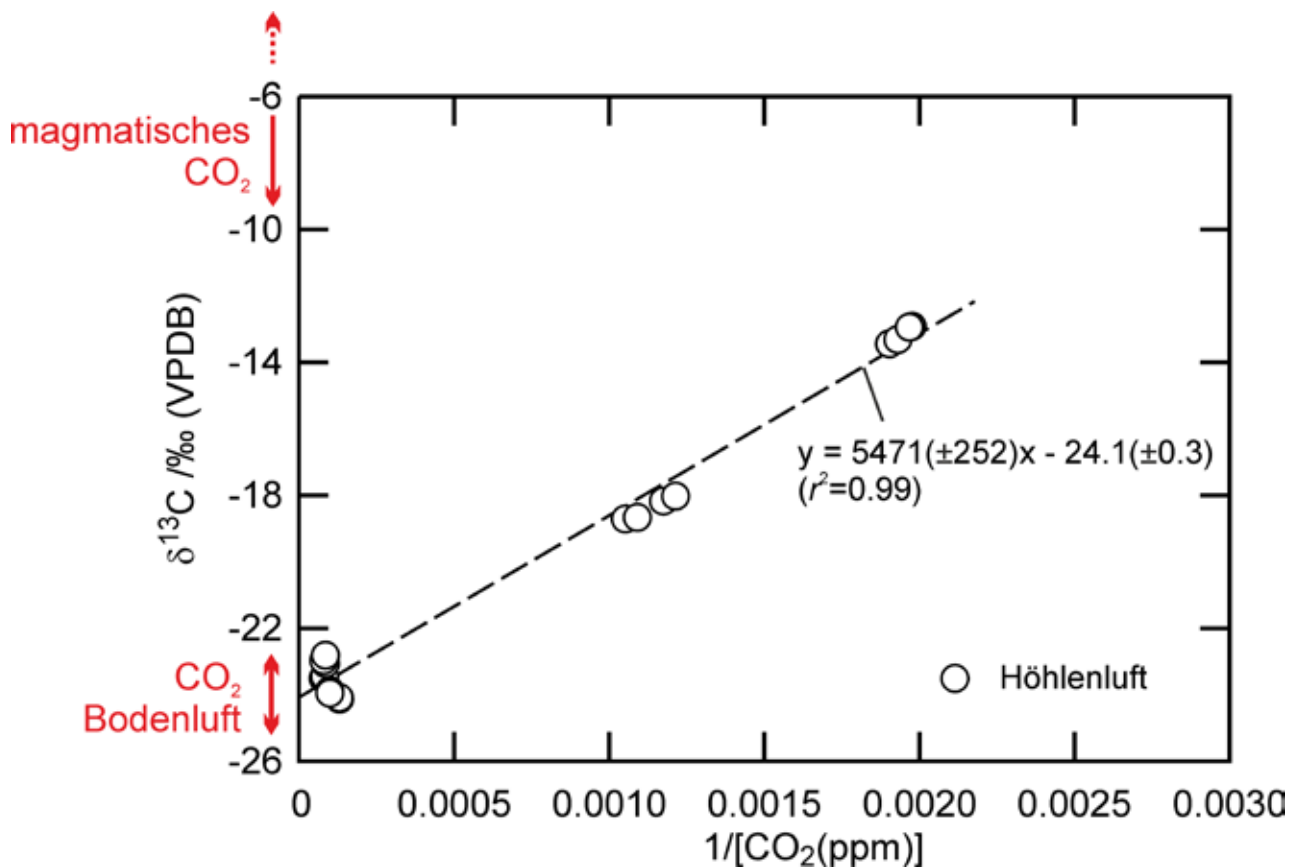


Abbildung 2: Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration und des Luftdrucks in der Gustav-Jacobs-Höhle zwischen 1. Oktober 2012 und 25. Mai 2013.

Abbildung 3: Keeling-Plot zur Ermittlung des Ursprungs-Isotopenwertes des in der Höhle entnommenen CO<sub>2</sub>. Der Schnittpunkt der Gerade mit der y-Achse entspricht 100 % CO<sub>2</sub> und ergibt damit die Ausgangszusammensetzung. Der Wert ist charakteristisch für Bodenluft unter einer für Mitteleuropa typischen Vegetation.



liegt bei 4,18 % am Grund des Kollektiv-Schachts im August 2009. Zum Vergleich: In der Atmosphäre liegt dieser Wert aktuell bei 0,04 %.

Am 30. September 2012 installierte die Höhlen-AG der Gewerblichen Schule Tübingen am Schachtgrund einen selbst entwickelten CO<sub>2</sub>-Logger, welcher zuvor in der Falkensteiner Höhle eingesetzt wurde (siehe „Atmung der Falkensteiner Höhle“, Gerling & Martin, 2012), um einen detaillierten Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration zu erhalten. Bis zum 25. Mai 2013 wurde, mit einer Unterbrechung vom 6. März 2013 bis zum 27. April 2013, viermal am Tag gemessen. Der gemessene CO<sub>2</sub>-Verlauf sowie der Luftdruck in der Höhle sind in Abbildung 2 zu sehen.

Während des ersten Abschnitts der CO<sub>2</sub>-Kurve bis zum 1. März 2013 kann ein deutlicher Abwärtstrend der CO<sub>2</sub>-Konzentration festgestellt werden. So sank die CO<sub>2</sub>-Konzentration in den sechs Wintermonaten von knapp 2 % auf etwa 1,4 %. In der zweiten Hälfte, vom 28. April 2013 bis zum 25. Mai 2013, scheint sich hingegen wieder ein Aufwärtstrend abzuzeichnen. Dies deckt sich mit den Beobachtungen von Jürgen Fodor, der im Winter ebenfalls tendenziell niedrigere Werte messen konnte. Auffällig sind die beiden starken Änderungen des CO<sub>2</sub>-Werts vor dem 1. Februar 2013 und dem 9. Mai 2013.

Neben den längerfristigen Trends zu sinkenden CO<sub>2</sub>-Werten im Winter beziehungsweise steigenden Werten im Frühjahr zeigt die CO<sub>2</sub>-Kurve noch Schwankungen mit geringeren Amplituden. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass diese kleineren Amplituden im CO<sub>2</sub>-Verlauf mit den Schwankungen des Luftdrucks korrelieren.

### 3. Isotopenanalytik

Im Jahre 2011 wurden in der Umgebung von Engstingen Untersuchungen zur Herkunft des dort austretenden CO<sub>2</sub> durchgeführt. Die Herkunft dieses CO<sub>2</sub> konnte mittels Isotopenanalyse als vulkanisch identifiziert werden (Prestel & Schloz 2011).

Da Grabenstetten auf einem alten Vulkanschlot liegt, lag daher die Vermutung nahe, dass das CO<sub>2</sub> der Gustel ebenfalls vulkanischen Ursprungs sein könnte. Um dies zu klären, wurden im Frühjahr 2013 von der Höhlen-AG Tübingen Luftproben in der Gustel entnommen und von Robert van Geldern (GeoZentrum Nordbayern, Universität Erlangen-Nürnberg) eine Isotopenbestimmung durchgeführt. Hierbei wurde

die Zusammensetzung der stabilen Isotope des Kohlenstoffs, genauer das Verhältnis von <sup>13</sup>C zu <sup>12</sup>C im Kohlendioxidmolekül mit einem hochempfindlichen Massenspektrometer bestimmt. Dieses Verhältnis kann Aufschluss über die Herkunft des Gases geben, da sich biogenes CO<sub>2</sub> häufig deutlich von vulkanischem CO<sub>2</sub> unterscheidet, welches direkt aus dem Erdmantel stammt. Der Ursprung des biogenen CO<sub>2</sub> sind hingegen die Wurzelatmung der Pflanzen, Atmung von Boden-Mikroorganismen, verrottende Biomasse im Boden und auch ausgeatmetes CO<sub>2</sub> der Höhlenbesucher.

Die Ergebnisse der Isotopenmessungen zeigen keinen Hinweis auf einen vulkanischen Ursprung. Die Daten sprechen eindeutig für einen biogenen Ursprung des CO<sub>2</sub> aus Bodenluft (Abbildung 3).

### 4. Diskussion

Das CO<sub>2</sub> der Bodenluft wird entweder im Regenwasser während dessen Versickerung gelöst und gast anschließend in der Höhle wieder aus oder es gelangt direkt aus der Bodenzone in die Höhle. Im Boden ist die Konzentration an CO<sub>2</sub> um ein Vielfaches höher als in der Atmosphäre und erreicht Werte von mehreren Prozent. Dadurch steigt die Konzentration des CO<sub>2</sub> auch in der Höhle an. Da der K-Schacht der tiefste Punkt ist und keine Bewetterung messbar ist, kann sich das CO<sub>2</sub> gut im Schacht sammeln. Eine mögliche Erklärung für das Absinken der CO<sub>2</sub>-Werte im Winter ist, dass die Aktivitäten der Pflanzen und Mikroorganismen im Boden zu dieser Jahreszeit geringer sind und somit auch der CO<sub>2</sub>-Eintrag in die Höhle sinkt. Des Weiteren ist die Außenluft kälter als die Höhlenluft, so dass im Winter kalte Luft in die Höhle fließt und dabei die CO<sub>2</sub>-reiche Luft verdrängen kann.

Die gut mit den Druckschwankungen korrelierenden kurzzeitigen Amplituden können dadurch erklärt werden, dass beim Druckausgleich die Luftbewegung zeitweise zum Erliegen kommt oder gar umgekehrt wird.

Ein erwähnenswerter Vorfall geschah um den 27. Mai 2013, auf Grund dessen die Messungen stoppten: Der Datenlogger muss zu dieser Zeit vollständig im Wasser gelegen haben oder zumindest stark umflossen gewesen sein. Als der Logger geborgen wurde, war dieser mit Wasser gefüllt, welches durch den Flansch des CO<sub>2</sub>-Sensors eingedrungen war. Dieser ist lediglich gegen leichtes Spritzwasser abgedichtet.

Der Logger war in einem kleinen Sims in etwa 1 m Höhe stationiert. Dies ist durchaus überraschend, da die Höhle sonst relativ trocken ist.

## Danksagung

Wir bedanken uns beim Max-Planck-Institut für Biogeochemie (Willi Brand) in Jena für die Durchführung der Isotopenmessung sowie bei Jürgen Fodor für seine Unterstützung und das Zur-Verfügung-Stellen seiner Messdaten.

## Literatur

Prestel, R. & Scholz, W. (2011) Aufstiege von tiefem Kohlendioxids ( $\text{CO}_2$ ) durch die Opalinuston-Formation in Baden-Württemberg. Jh. Ges. Naturkunde Württemberg, 167, 163–190.

Gerling, K. & Martin, M. (2012): Die Saison 2011/2012 in der Höhlen AG Tübingen. – Jahresheft 2011, Grabenstetter höhlenkundliche Hefte 22.

## Autor:

Matthias Martin  
Forststraße 58a  
76131 Karlsruhe  
matthias@martin-tue.de



Abbildung 4: Pauline Lambarth im Kollektivschacht  
(Foto: Manfred Brenner)