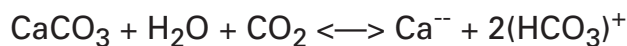


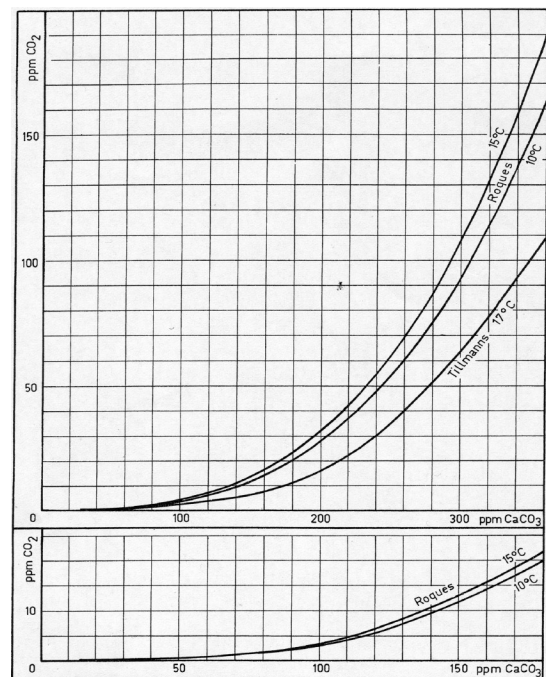
## Die Mischungskorrosion nach A. Bögli - Ursachen und Auswirkungen -

### Allgemeine Grundlagen

Grundlage für die Korrosion in Karbonatgesteinen ist die chemische Reaktion nach folgender Reaktionsgleichung:



Entspricht die  $\text{CO}_2$ -Konzentration im Wasser der  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Luft, wird weder Kalk gelöst noch ausgeschieden. Ist die  $\text{CO}_2$ -Konzentration im Wasser jedoch geringer als in der Luft, wird  $\text{CO}_2$  aufgenommen und Kalk bis zum Erreichen des  $\text{CaCO}_3/\text{CO}_2$ -Gleichgewichts gelöst. Das nicht-lineare Verhältnis zwischen  $\text{CaCO}_3$  und  $\text{CO}_2$  wird durch die Gleichgewichtskurven in **Abb. 1** dargestellt. Befindet sich eine Lösung im Bereich unterhalb der Gleichgewichtskurve, so ist sie kalkübersättigt, befindet sie sich oberhalb, so ist sie kalkaggressiv.



**Abb. 1:**  $\text{CaCO}_3/\text{CO}_2$ -Gleichgewichtskurven nach Tillmans und Roques aus: BÖGLI, 1978, S. 32.

### Mischungskorrosion

Die Mischungskorrosion ist ein wichtiger Teil der Lösungsvorgänge in Karstgebieten. Fast die gesamten Kalklösungsvorgänge in der phreatischen Zone (der Bereich unterhalb des Karstwasserspiegels, der sogenannten piezometrischen Oberfläche) und ein großer Teil der Kalklösungsvorgänge in der vadosen Zone (der Bereich oberhalb des Karstwasserspiegels) sind auf die Mischungskorrosion zurückzuführen. Verglichen mit der Normalkorrosion ist die Mischungskorrosion weniger wirksam, tritt jedoch auch noch unter Bedingungen auf, unter denen andere Korrosionsformen keine Wirkungsmöglichkeit mehr haben.

Werden zwei Wässer  $W_1$  und  $W_2$  gemischt, deren  $\text{CaCO}_3/\text{CO}_2$ -Verhältnis im Gleichgewicht ist, liegen die Mischungen auf einer Mischungsgeraden, die den

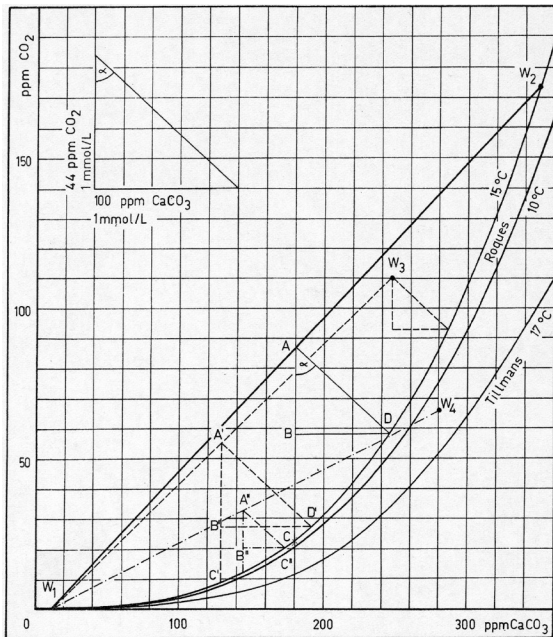


Abb. 2: Bestimmung des Ausmaßes der Mischungskorrosion.  
aus: BÖGLI, 1978, S. 37.

kalkaggressiven Raum durchschneidet (Abb. 2). Da die in der neuen Mischung enthaltene Menge  $\text{CaCO}_3$  aufgrund der Nichtlinearität der Gleichgewichtskurve nicht das gesamte in der Mischung vorhandene  $\text{CO}_2$  zum Gleichgewicht benötigt, wird  $\text{CO}_2$  freigesetzt, das zusätzlich Kalk lösen kann und somit das Gleichgewicht von  $\text{CO}_2$  und  $\text{CaCO}_3$  wieder herstellt. Die Menge des freiwerdenden  $\text{CO}_2$  läßt sich aus Abb. 2 entnehmen, sie entspricht der Strecke AC. Ein Teil des freiwerdenden  $\text{CO}_2$  wird zur Lösung des zusätzlichen  $\text{CaCO}_3$  benötigt (Strecke AB), der restliche Teil für die zur Wiederherstellung des  $\text{CaCO}_3/\text{CO}_2$ -Gleichgewichts benötigte Zunahme der  $\text{CO}_2$ -Konzentration.

Die Menge des zusätzlich löslichen  $\text{CaCO}_3$  unterschiedlichen Mischungsverhältnissen ist beispielhaft für einen Bereich zwischen 11,5 und 358 ppm  $\text{CO}_2$  aus der Tabelle in Abb. 3 zu entnehmen, wobei der niedrigste Wert in etwa der Kalklösung bei Abwesenheit von  $\text{CO}_2$  entspricht und der höchste Wert einem sehr  $\text{CO}_2$ -reichem Wasser aus kalkhaltiger, humusreicher Moräne entspricht. Aus dieser Tabelle wird zum einen deutlich, daß selbst stark kalkhaltige Wasser durch Mischung aggressiv werden können. Zum anderen wird aus dieser Tabelle auch das "Paradoxon der Mischungskorrosion" deutlich, nämlich die Tatsache, daß umsomehr Kalk gelöst werden kann, je höher die Konzentration der kalkreicheren Komponente wird.

Werden zwei stark übersättigte Wässer gemischt, kann unter Umständen kein weiterer Kalk gelöst werden. Die entstandene Mischung ist dann aber entsprechend weniger stark übersättigt.

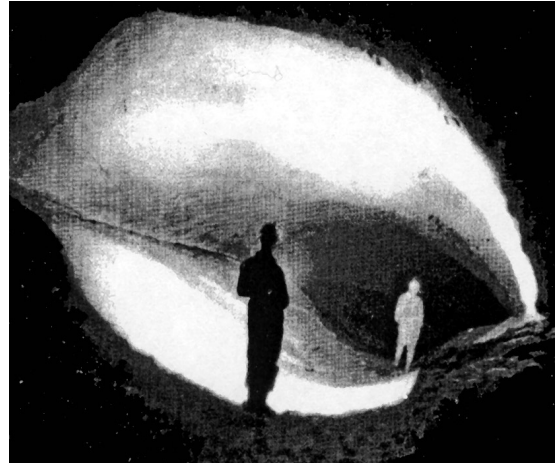
Da an der Stelle des Aufeinandertreffens zweier Wässer die Korrosionsfähigkeit der Mischung am größten ist, können hier große Hohlräume entstehen. Die Aggressivität der Mischung nimmt in Fließrichtung des Wassers ab, da das freiwerdende  $\text{CO}_2$  nur allmählich mit dem Kalk in Berührung kommt. Aus diesem Grund nimmt der

Ausgangskonzentrationen		Mischungsverhältnisse mit den zusätzlich löslichen Kalkmengen in ppm		
W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	Mischungsverhältnisse in ppm		
ppm CaCO <sub>3</sub>	ppm CaCO <sub>3</sub>	3:1	1:1	1:3
11,5	125,0	4,5	5,0	4,0
11,5	221,6	15,5	24,5	19,5
11,5	329,6	35	58	55
73,9	125,0	1,3	2,5	2,0
73,9	221,6	9,6	14	11
73,9	329,6	25	41	37
125,0	170,5	0,9	1,1	0,8
125,0	272,7	9,5	14	10,8
125,0	358,0	21	34	32

Abb. 3: Zusätzlich lösliche Kalkmengen bei 15° C nach den Gleichgewichtswerten von Roques.  
aus: BÖGLI, 1978, S. 38.

Hohlraumquerschnitt in Fließrichtung wieder ab und geht in die normale Ganggröße über.

Durch die Mischungskorrosion kann auch die Tatsache erklärt werden, daß im grünen Karst, in dem das Wasser stark kalkübersättigt ist, trotzdem große Höhlen auftreten. Optimale Bedingungen für die Mischungskorrosion finden sich dort, wo bewachsener Karst und nackter Karst aufeinandertreffen, da dort Wässer von stark unterschiedlicher Kalkkonzentration aufeinander treffen können.



**Abb. 4:** Durch Mischungskorrosion entstandener Schichtfugengang  
aus: BÖGLI, 1978, S. 280.

### Literatur

- Ahnert, Frank (1996): Einführung in die Geomorphologie. – Ulmer, Stuttgart.
- Bögli, Alfred (1978): Karsthydrographie und physische Speläologie. – Springer, Berlin.
- Bögli, Alfred (1964): Mischungskorrosion - Ein Beitrag zum Verkarstungsproblem. – Erdkunde **18**: 83-92.
- Leser, Hartmut (Hrsg.)(1997): Diercke Wörterbuch Allgemeine Geographie. – dtv, München.