

Abschnitt 4.1.1

Calciumcarbonat in der Natur, Bilder 4.1.1. A bis X

Vorbemerkung: Zum Thema "Calciumcarbonat in der Natur" gehören auch Bilder vom Mono Lake, und zwar die Bilder 3.3.4 E und F im Abschnitt "3.3.4 Verwitterung von Eisensulfiden und Silicaten".

Die Bildung von Calciumcarbonat kann auch vom Menschen provoziert werden. Da solche Abscheidungen durch Calcitübersättigung zustande kommen, wurden die entsprechenden Bilder dem Abschnitt über Calcitsättigung zugeordnet. Diese Bilder befinden sich in Abschnitt "7.9.7 Calciumcarbonat in technischen Anlagen".

Calciumcarbonat kann in drei verschiedenen Kristallsystemen kristallisieren: trigonal im Calcit, rhombisch im Aragonit und hexagonal im Vaterit. Das mit Abstand wichtigste Mineral ist der Calcit. Bei niedrigen Temperaturen ist Calcit die stabile Modifikation. Aragonit ist bei Temperaturen oberhalb 29 °C stabil; es wird von zahlreichen Meerestieren (z. B. Muscheln) in deren Schalen eingebaut. Auch Vaterit spielt im Rahmen der Biomineralisation eine Rolle.



Bild 4.1.1 A: Aragonit, Laurion, Griechenland, Mai 1978, Breite: 65 mm

Diese Mineralbildung ist in einem alten Bergwerksstollen bei Laurion durch Zersetzung calciumhaltiger Gesteine entstanden. Aragonit in dieser Erscheinungsform wird auch "Eisenblüte" genannt.



Bild 4.1.1 B und C: Calcit in Naturstein-Mauer auf Korfu, Juni 2010 (C: Detail)



Bild 4.1.1 D: Sinterterrassen von Pamukkale, Türkei, Oktober 1978



Bild 4.1.1 E: wie D. Die Touristin rechts oben im Bild vermittelt eine Größenvorstellung

Das Quellwasser tritt mit einer Temperatur von ca. 38 °C an die Oberfläche und kühlt sich auf seinem Weg abwärts langsam ab. Dabei wird Kalk abgeschieden. Vielfach wird dieser Vorgang so formuliert, als wäre die Temperaturabnahme die Ursache dafür, dass sich Kalk abscheidet. Das ist falsch.

Das Wasser soll nach verschiedenen Literaturangaben 2,2 g/l Kalk enthalten. Es ist fraglich, ob man bei der rechnerischen Bearbeitung eines solches Wassers mit den gängigen Methoden noch sinnvolle Ergebnisse erwarten kann. Wer dennoch und mit Vorbehalt eine solche Rechnung durchführt, kommt zu Ergebnissen, die nachstehend im Vergleich mit den höchsten von TILLMANS und HEUBLEIN gemessenen Werten (Buch: Tabelle 12.5) aufgeführt sind:

	Wasser von Pamukkale ¹⁾	höchster Wert nach Tabelle 12.5	
Calcium, mg/l:	880	110,7	*
Säurekapazität bis pH 4,3, mmol/l:	43,2	5,5	*
Zugehöriges CO ₂ , mg/l:	16.500	199,5	
pH-Wert (Gleichgewicht):	5,27	6,82	
Karbonathärte, °dH:	122	15,5	

¹⁾ Berechnung nach DIN 38404-10, Verfahren 3 (unter Vorbehalt), * berechnet

Der Vergleich zwischen diesen beiden Datensätzen verdeutlicht die Ausnahmesituation von Pamukkale. Erwartungsgemäß wird im Wasser von Pamukkale der Kalk von einer extrem hohen Konzentration von zugehörigem CO₂ in Lösung gehalten. Solche CO₂-Mengen können nur durch vulkanische Aktivitäten in das Wasser gelangt sein. Das CO₂ "normaler" Grundwässer stammt dagegen hauptsächlich aus der Veratmung organischer Substanz im Humus des Bodens.

Die Abscheidung von Kalk aus dem Wasser von Pamukkale ist ausschließlich darauf zurückzuführen, dass das zugehörige CO₂ langsam ausgast und dass dadurch das Wasser kalkabscheidend wird. Grundsätzlich wächst jeder Gasaustausch zwischen Wasser und Atmosphäre mit zunehmender Oberfläche und mit steigender Turbulenz des Wassers. Diese Gesetzmäßigkeit hat überraschende Konsequenzen für das "Pamukkale-Wasser": Wenn das Wasser als gleichmäßig dicker Film über eine glatte Fläche abläuft, verliert es CO₂ und beginnt irgendwo Kalk abzulagern. Dadurch entsteht dort eine Unebenheit, an der sowohl die Oberfläche, als auch die Turbulenz des Wassers wächst. Dadurch wird exakt an dieser Stelle die Kalkabscheidetendenz verstärkt. Dies hat zur Folge, dass die Unebenheit im Sinne einer positiven Rückkoppelung umso schneller wächst, je größer sie bereits geworden ist. Man kann sich leicht vorstellen, dass im Zuge dieses Vorganges Terrassen entstehen müssen. An der Außenkante und an der vorderen Front der Terrasse ist die Turbulenz des Wassers am höchsten, und der hier abgelagerte Kalk vergrößert und stabilisiert die Terrasse.

"Pamukkale-Wasser", das über eine glatte Fläche abläuft und dabei erste Unebenheiten erzeugt hat, zeigt Bild 4.1.1 F.



Bild 4.1.1 F: wie D

Auch Gegenstände, die in den Strömungsweg des Wassers fallen, beeinflussen die Strömung so, dass die Kalkabscheidung verstärkt wird. Wie die nächsten Bilder zeigen, ist die Kalkschicht porös.



Bilder 4.1.1 G: wie D, verkalkter Eukalyptuszweig



Bilder 4.1.1 H: wie G, Detail

Kalk als Produkt der Biomineralisation

Im Zusammenhang mit der Rolle der Weltmeere als wichtiger Speicher für anthropogenes CO_2 untersucht das "Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung" mit Hauptsitz in Bremerhaven die marinen Kalkproduzenten. In einer Verlautbarung des Alfred-Wegener-Instituts wird festgestellt:

"Es gibt Gesteinsablagerungen, die zu fast hundert Prozent aus Kalkalgen (Coccolithophoriden) bestehen, zum Beispiel die Kreidefelsen von Rügen. Coccolithophoriden zählen aufgrund ihres zahlreichen Auftretens zu den bedeutendsten Primärproduzenten in den Weltmeeren und stehen an der Basis der Nahrungsketten. Durch ihr massenhaftes Auftreten in den Meeren beeinflussen Coccolithophoriden den globalen Kohlenstoffkreislauf und das globale Wetter- und Klimasystem."

Auch Muscheln und Schnecken verwenden zum Aufbau ihrer Schalen Kalk. Die Schalen abgestorbener Organismen bilden mächtige Gesteinsschichten aus Kalk. Der Begriff "Muschelkalk" bezeichnet sowohl die Gesteinsart, als auch die geologische Formation innerhalb der Trias, in der besonders viel Muschelkalk abgelagert wurde.



Bild 4.1.1 I: verwitternder Baustein aus Muschelkalk am Zeustempel in Olympia, Griechenland, Juni 1984

Verwitterung, Kalksinter, Sinterröhrchen und Tropfsteine

Wie das Beispiel Pamukkale zeigt, kann Calciumcarbonat während geologischer Zeiträume umgeschichtet werden, indem es durch CO_2 in Lösung gebracht und durch den Verlust von CO_2 wieder ausgefällt wird.



Bild 4.1.1 J: verwitternder Kalkstein, Halbinsel Formentor, Mallorca, März 2009

In Bild J erkennt man typische Verwitterungsspuren von Kalkstein, wie man sie überall beobachten kann, wo Kalkstein offen zutage tritt. Im hier gezeigten Fall handelt es sich um eine schwach geneigte, stark zerklüftete Fläche. Man fragt sich, warum auftreffendes Regenwasser nicht zu einem gleichmäßigen Flächenabtrag führt. Ähnlich wie bei der Bildung von Kalksinter-Terrassen muss ein Rückkoppelungseffekt existieren, der vorhandene Strukturen – im vorliegenden Falle Mulden – stabilisiert und verstärkt.

Wahrscheinlich besteht der Rückkoppelungseffekt darin, dass am Ende eines Regenereignisses Wasser in den Mulden stehen bleibt und Kalk auflösen kann. Im weiteren Verlauf trocknen die Mulden aus, und der aufgelöste Kalk scheidet sich wieder ab. Es ist anzunehmen, dass dieser Kalk nicht besonders fest haftet und vom nächsten Regen aus der Mulde herausgespült werden kann. Die Kalkmengen, die pro Regenereignis umgesetzt werden, können nur sehr klein, die zur Verfügung stehenden Zeiträume dagegen sehr groß sein.



Bild 4.1.1 K: Tropfsteinhöhle "Spilio Agiou Ioannou" auf der Insel Antiparos, Griechenland, Juni 1997

Wie man an den Inschriften erkennt, spielt die Höhle schon lange die Rolle einer Sehenswürdigkeit. Sie wurde unter anderem auch von König Otto von Bayern besucht.



Bild 4.1.1 L: Sinterkalk und Sinterröhrchen, Sizilien, Golf v. Castellamare, Juni 1981

Ein Stalaktit ist Sinterkalk, der sich an der Decke einer Tropfsteinhöhle durch herabrieselndes Wasser bildet, ein Stalagmit entsteht am Boden durch auftropfendes Wasser. Sinterröhrchen sind zylindrisch und haben den Durchmesser eines Wassertropfens. Sie bilden sich durch Wasser, das im Innern des Röhrchens nach unten läuft.



Bild 4.1.1 M: Steinbruch mit Sinterkalk bei Malia, Kreta, Juni 1977

Es verbietet sich von selbst, Proben von Sinterkalk aus einer Tropfsteinhöhle zu entnehmen. Unter diesem Aspekt war das Vorkommen von Sinterkalk bei Malia, Kreta, ein besonderer Glücksfall, weil es von den Inselbewohnern als Steinbruch genutzt wurde. Die Entnahme einiger Proben war daher zu verantworten.



Bild 4.1.1 N: wie M, Detail



Bild 4.1.1 O: Sinterkalk von Malia, Querschnitt durch einen Stalaktiten



Bild 4.1.1 P: Sinterkalk von Malia, vom Autor geschliffen und poliert



Bild 4.1.1 Q: wie P, Detail (mit hoher Auflösung gescannt)



Bilder 4.1.1 R und S: Sinterröhrchen (Durchmesser: 5 bis 8 mm), die sich im Verlauf von ca. 18 Jahren an einer Betondecke gebildet haben sowie Detail (Ansicht von unten), Juli 1993

Zusatzinformationen

Marmor ist metamorphes Calciumcarbonat, das sich in größeren Tiefen unter dem Einfluss höherer Temperaturen und Drücke gebildet hat. Der wohl berühmteste Marmorsteinbruch ist der von Carrara, Toskana, Italien. Die Marmorblöcke werden mit "Seilsägen" aus dem Gestein herausgeschnitten.



Bild 4.1.1 T: Marmorsteinbruch bei Carrara, Toskana, August 1983; im tieferen Bereich hat sich Wasser angesammelt



Bild 4.1.1 U: Landschaft bei Carrara



Bild 4.1.1 V: Naturstein aus Kalk (Fensterbank) mit Versteinerung, Pyriteinschluss und (etwas oberhalb der Bildmitte) beginnender Marmorbildung

Reinstes, kristallines Calciumcarbonat ("Kalkspat") ist farblos und glasklar durchsichtig. Kalkspat zeigt das Phänomen der Doppelbrechung des Lichts.



Bilder 4.1.1 W und X: Kalkspat, Doppelbrechung