

## Entstehung von Karsthöhlen

Im Folgenden soll kurz auf die lange Entwicklungsgeschichte von wasserwegsamem Fugen, die Bruchteile eines Millimeters breit sind bis zu luffertfüllten für Menschen befahrbaren Höhlen eingegangen werden.

### Welche Kräfte sind vorwiegend an der Bildung von Karsthöhlen beteiligt?

- **Korrosion:** chemische Lösung des Verkarstungsfähigen Gesteines.
- **Mechanische Erosion:** Erweiterung durch fließendes Wasser und seiner Sedimentfracht.

### Weitere wichtige Prozesse

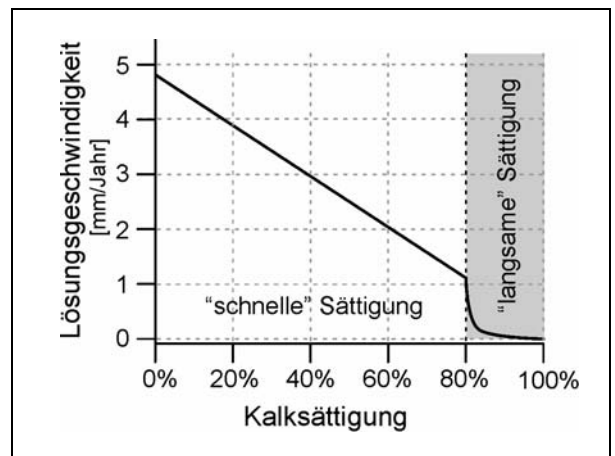
- **Versturzvorgänge** (Inkasion) tragen nicht nur zu einer Überprägung des Gangprofils bei, sondern beschleunigen auch die Lösung, da sie die Gesteinsoberfläche vergrößern.
- **Sedimentation:** Durch Ablagerung von Sediment (vor allem Lehm) kann es zur vollständigen Verfüllung von Gangprofilen kommen, wodurch das Wasser Umgehungsstrecken (Bypässe) erweitert. Ist nur der Boden mit Sediment bedeckt wird der Gangquerschnitt nach oben erweitert.

### Entstehung von Höhlengängen

Neben dem Vorhandensein von Wasser mit Lösungspotential und der Löslichkeit des Gesteins ist die Existenz von wasserwegsamem Trennflächen eine Voraussetzung für die Entstehung von Karsthöhlen. Nur wenn es sog. Initialfugen gibt (man nimmt an, dass Öffnungsweiten von ca. 0,1 mm ausreichend sind), kann das Wasser in den Gebirgskörper eindringen und unterirdisch zu den Quellen fließen. Gibt es keine Fugen bleibt der Verkarstungsprozess auf die Oberfläche beschränkt. Entlang dieser Fugen bzw. bevorzugt an der Kreuzung zweier Flächen bildet sich durch Korrosion ein Netz von vielen kleinen Röhren (sog. Anastomosen). Durch Selbstverstärkungsprozesse (eine Röhre ist geringfügig größer → es fließt mehr Wasser → sie wird schneller erweitert als die anderen usw.) werden aber nur einige wenige auf Kosten der anderen zu größeren Gängen erweitert.

Aggressives ( $\text{CaCO}_3$  untersättigtes) Wasser ist allerdings nach relativ kurzem Kontakt mit dem Gestein fast vollständig (zu 80 bis 90%) gesättigt und braucht dann lange um vollständige Sättigung zu erreichen. Deshalb geht die Höhlenbildung in der Anfangsphase extrem langsam voran. Erst wenn in einer Röhre auf die gesamte Strecke zwischen Versickerung und Quelle eine gewisse Fließgeschwindigkeit erreicht wird, kann weniger gesättigtes – also aggressiveres – Wasser auf der gesamten Länge den Gang „schnell“ erweitern.

Messungen und Modellierungen haben gezeigt, dass tieferliegende Höhlenteile fast ausschließlich bei Hochwassersituationen korrosiv erweitert werden. Nur dann kann das untersättigte Wasser aufgrund der erhöhten Fließgeschwindigkeit sehr schnell tief in die Höhlen eindringen. Mathematischen Modellierungen zufolge sind für die Aufweitung eines Ganges auf befahrbare Ausmaße mehrere 10.000 Jahre nötig.



Lösungsgeschwindigkeit von Kalken (nach Dreybrodt, 1997 verändert).

### Tieferlegung der Karstwasseroberfläche

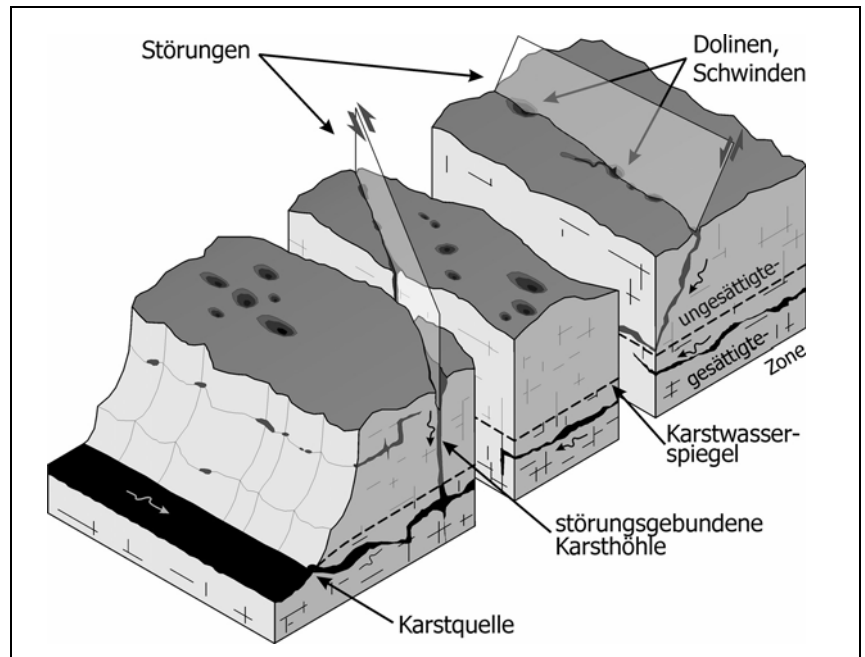
Während im Anfangsstadium der Verkarstung die Grenze der mit Wasser gesättigten Zone noch nahe der Oberfläche liegt, gleicht sich der Karstwasserspiegel durch die Entwicklung des unterirdischen Entwässerungsnetzes immer mehr dem Niveau der umgebenden Flüsse (Vorfluter) an. Auch bei gut verkarsteten Gebieten darf man sich den Karstwasserspiegel jedoch nicht als horizontale Fläche vorstellen, sondern vielmehr als eine aufgewölbte Oberfläche (piezometrisches Niveau), die auch starken Schwankungen (Hochwasser, Schneeschmelze...) unterworfen ist.

Vor allem die Erforschung von Schächthöhlen mit tiefgelegenen Siphonen hat zum Wissen über die Wasserverhältnisse in Karstplateaus entscheidend beigetragen.

### Vadose und phreatische Zone

Der unterhalb der Karstwasser-oberfläche liegende, mit Wasser gesättigte Bereich wird phreatische Zone genannt. In der darüber befindlichen ungesättigten, sog. vadosen Zone gibt es auch Gerinne, die der Schwerkraft entsprechend nach unten in die phreatische Zone fließen. Im Schwankungsbereich des Karstwasserspiegels besteht eine Übergangszone (epiphreatische Zone). Auch in der vadosen Zone können, z.B. aufgrund von wasserstauenden Schichten oder vordefinierten Abflusswegen lokale Siphone auftreten.

Abgesehen von der Befahrungstechnik – in die phreatische Zone können nur Höhlentaucher in eher geringe Tiefen vordringen – hat diese Zweiteilung auch auf die Entwicklung der Höhle großen Einfluss, die sich auch oft sehr deutlich in der Ausprägung der Höhlenteile widerspiegelt.



Schematisches Blockdiagramm eines Karstmassivs.

### Literatur:

Klimchouk, A., Ford, D., Palmer, A. & Dreybrodt, W. (2000): **Speleogenesis, Evolution of Karst Aquifers**. Huntsville – National Speleological Society. Sehr umfangreiches tw. anspruchsvolles Werk. Gute Englischkenntnisse und geologische Grundkenntnisse sinnvoll (ISBN- 1-879961-09-1, [www.caves.org](http://www.caves.org)).

Kempe, S. (1997): **HB-Bildatlas – Sonderausgabe 17 (1997)**. HB-Bildatlas – Sonderausgabe 17. Leicht verständlicher Artikel über Höhlenbildung von W. Dreybrodt, einem der Begründer der neuesten Modelle zur Höhlenentstehung.

[www.speleogenesis.info](http://www.speleogenesis.info) Online-Journal mit Beiträgen zur Höhlenentstehung (englisch).