

Sedimentdeformationen in der Höhle Sous-les-Sangles

Immer auf der Suche nach Höhlen mit ‚bewegter Vergangenheit‘, bin ich auf einen Artikel in der Zeitschrift »Karstologia« gestossen, in dem aus einer Höhle im südlichen Jura Erdbeben-Deformationen in späteiszeitlichen Sedimenten beschrieben wurden. Hier ist ein Kurzbericht über meinen Besuch dieser Höhle. Wer es genauer wissen möchte, lese den Artikel in »Karstologia«: sehr empfehlenswert!

✍ Arnfried Becker

Ein Artikel in der Zeitschrift Karstologia von Lingier & Desmet (2002) machte mich auf die Höhle Sous-les-Sangles aufmerksam und war Anlass für einen Besuch am 11.12.2004 mit einem der Autoren – Vincent Lingier – und Corinne Lacave aus Genf. In dieser Höhle sind spätpleistozäne¹⁾ Sedimente aufgeschlossen, in denen Deformationsstrukturen zu erkennen sind, die auch aus Seeablagerungen schweizerischer Seen bekannt sind und teilweise durch Erdbeben erzeugt wurden. Solche Erdbebendeformationen in Sedimenten werden Seismite genannt.

Die Höhle Sous-les-Sangles liegt in der Cluse des Hôpitaux im südlichen Jura (Abb. 1), (Gemeinde La Burbanche, Bas Bugey, Frankreich, Koordinaten: 849.09/99.5; Höhe : 473 m ü.M.).

Bisher sind ca. 1000 m Höhlengänge erforscht bei nur 36 m Höhendifferenz. Es wird ein aktiver von einem fossilen Höhlenteil unterschieden. Der Zugang zu diesen beiden Höhlenteilen wirkt gelegentlich als Hochwasserüberlauf.

Im fossilen Höhlenteil im Bereich „Le Boulevard“ sind über glazialen Moränenablagerungen lakustrische²⁾ Tone, Schluffe und Feinsande³⁾ abgelagert worden. Diese Sedimente sind in einem Profil von mehr als 50 m Länge aufgeschlossen.

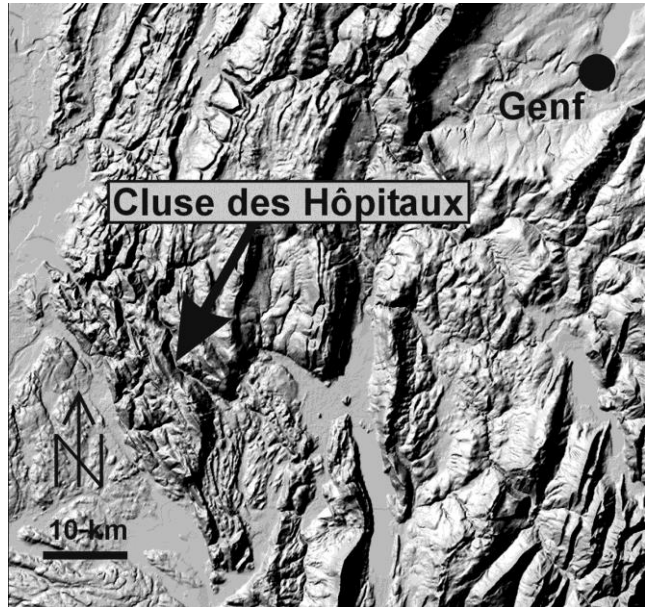


Abb. 1 Lage der Höhle Sous-les-Sangles.

Sie zeigen mehrere schichtparallele Deformationshorizonte, die fast im gesamten Aufschluss beobachtet werden können, aber auch Deformationen, die die Schichtung durchschlagen. Besonders markant sind schichtparallele Überschiebungen und Kleinfalten, die als subaquatische⁴⁾ Rutschungen in den teilweise leicht geneigten Schichten gedeutet werden (Abb. 2).



Abb. 2 Kleine Überschiebungen infolge schichtparallelen Abgleitens.

1) Die jüngste Formation der Erdgeschichte ist das **Quartär**. Es wird unterteilt in das Eiszeitalter oder **Pleistozän** und die Nacheiszeit oder das **Holozän**.

2) **Lakustrische** Sedimente sind Ablagerungen in einem See oder – allgemeiner – in einem Stillwasserbereich.

3) Körnige Lockersedimente werden nach ihren Korngrößen unterteilt:

| | |
|----------------|------------------|
| Steine | > 63 mm |
| Kies | 2 – 63 mm |
| Sand | 0.063 – 2 mm |
| Schluff / Silt | 0.002 – 0.063 mm |
| Ton | < 0.002 mm |

Besonders interessant sind auch Liquefaktionserscheinungen, bei denen schluffig-sandige Schichten durch Erschütterungen verflüssigt wurden und überlagernde, leicht verfestigte, karbonatreiche Schichten eingesunken und teilweise zerbrochen sind (Abb. 3).

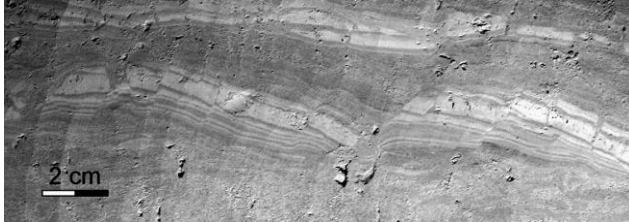


Abb. 3 Leicht verfestigte, zerbrochene Schicht, die in liquefizierten schluffigen Sand eingesunken ist.

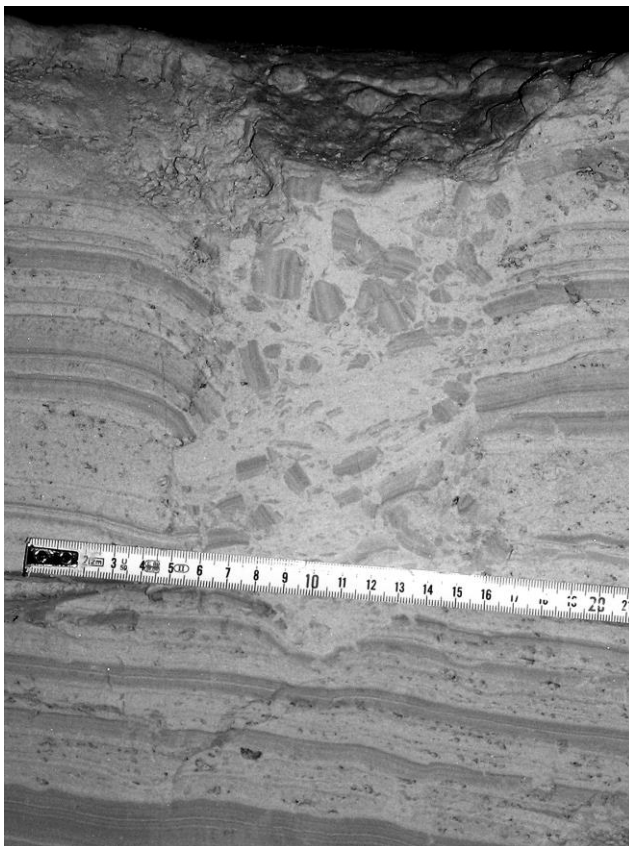


Abb. 4 Förderkanal mit liquefiziertem Schluff und Fragmenten karbonatischer und toniger Schichten.

Liquefaktion⁵⁾ kann auch dazu führen, dass die Deckschichten von relativ schmalen Röhren durchschlagen werden, in denen verflüssigtes Sediment mit eingelagerten Schichtfragmenten an die Sedimentoberfläche transportiert wird (Abb. 4). Dort kann sich das Sediment teilweise wieder ablagern, meistens in Form kleiner Sedimentkegel, ähnlich einem Vulkankegel. Man spricht daher auch von „Sandvulkanen“.

Das Alter dieser Sedimente konnte mit U/Th-Datierungen eingegrenzt werden: Für Sinterbildungen, die in die Sedimente eingebettet wurden und somit die Sedimentation vordatieren, wurde ein Alter von 162'700 [+67'000/-42'000] Jahren gefunden, während Stalagmiten, die auf der Sedimentoberfläche gewachsen sind, 14'500 [±2'500] Jahre alt waren. Genauere Auskunft über das Alter liefern geologische Hinweise. Offensichtlich ist Wasser während der Ablagerungen der feingeschichteten Sedimente („Rhythmite“) von aussen in die Höhle eingedrungen und scheinbar bergauf geflossen, um schliesslich im Höhlenbereich „Boulevard“ bei nur geringer Strömung einen Teil seiner Sedimentfracht zu verlieren. Wasser fliesst aber nicht bergauf! Eigenartig ist auch, dass der Höhleneingang ca. 120 m über dem Talgrund liegt. Füllte einmal ein tiefer Stausee das Tal auf?

Eine Antwort geben die Sedimente, welche die Rhythmite teilweise unterlagern: es sind Moränen, d.h. Ablagerungen eines Gletschers. Gletschermaterial kann aber nur in die Höhle gelangen, wenn das Tal zumindest bis auf das Höhleneingangsniveau von einem Gletscher erfüllt war. Nach der Altersdatierung des Stalagmiten, der auf der Sedimentoberfläche gewachsen ist, kann das frühestens gegen Ende der letzten Eiszeit (Würm-Eiszeit) gewesen sein.

Sehr ähnliche Sedimente wie die Rhythmite aus der Grotte Sous-les-Sangles konnten im nahe gelegenen Cerin-See gefunden und mit der Radio-kohlenstoff-Methode (oder ¹⁴C-Methode) datiert werden. Dort endete die Rhythmit-Sedimentation 15'000 Jahre vor heute. Beide Altersdatierungen stimmen somit gut überein. Die Situation zurzeit der Entstehung der Rhythmite im Vergleich zur heutigen Situation verdeutlicht die Abb. 5.

4) Unter **subaquatisch** werden alle Prozesse verstanden, die unter Wasserbedeckung ablaufen. Eine subaquatische Rutschung ist somit eine Rutschung in einem Sediment mit Wasserüberdeckung, also z.B. am Grunde eines Sees.

5) **Liquefaktion** oder Bodenverflüssigung ist ein Zustand, bei dem sich Sedimente wie eine Flüssigkeit verhalten. Ein Mensch, der auf einem solchen Boden steht, versinkt (z.B. „Treibsand“). Besonders anfällig für Liquefaktion sind Grobschluffe und Feinsande.

Wie kommen die Störungen der Schichten in der Rhythmit-Abfolge zustande?

In einigen Fällen konnte nachgewiesen werden, dass es sich um Rutschungen handelt (Abb. 2). Bei den Liquefaktionserscheinungen ist die Interpretation schwieriger. Es könnte beispielsweise sein, dass sich im Schluff und Sand durch einen plötzlichen hydrostatischen Druckabfall bei gleichzeitig geringer Wasserdurchlässigkeit der tonigen, karbonatischen Deckschichten ein Porenwasserüberdruck aufgebaut hat, der zur Bodenverflüssigung führte. Wahrscheinlicher ist aber der Einfluss von Erdbebenschütterungen. Es ist bekannt, dass am Ende der Eiszeiten durch das rasche Abschmelzen der Gletscher und der damit verknüpften Entlastung der Erdoberfläche verstärkt Erdbeben auftreten (Muir-Wood, 2000). Das trifft sicherlich auch auf den südlichen Jura und das Alpenvorland zu (Beck et al. 1996).

Ein grosser Teil der beobachteten Deformationsstrukturen in der Höhle Sous-les-Sangles wäre somit als Seismite zu bezeichnen.

Könnten Seismite in diesen Sedimenten heute noch entstehen?

Nein und ja! In der heutigen Situation der Rhythmite in der Höhle Sous-les-Sangles sind Deformationserscheinungen, die auf Liquefaktion zurückzuführen sind, auszuschliessen. Dafür ist Porenwasser erforderlich, das in einem subaquatischen Milieu reichlich vorhanden ist, heute aber weitgehend fehlt: die Sedimente sind trocken. Es könnten aber andere Seismite entstehen. Beispielsweise wäre es denkbar, dass durch Erdbebenschütterungen die Sedimente zerbrochen werden und Risse und Brüche entstehen. Auch könnten bei einem Erdbeben Steine von der Höhlendecke fallen und Stalaktiten abbrechen, besonders die feinen Makkaronis. Würden diese Fragmente auf der zerbrochenen Sedimentoberfläche abgelagert werden und anschliessend durch neue Sedimente oder Sinter überlagert, dann wäre auch das ein Seimit, mit dem Paläoseismologen [Erforscher prähistorischer Erdbeben] zukünftig ein Erdbeben nachweisen könnten. Auch in der Paläoseismologie gilt also: „Es führen viele Wege nach Rom“.

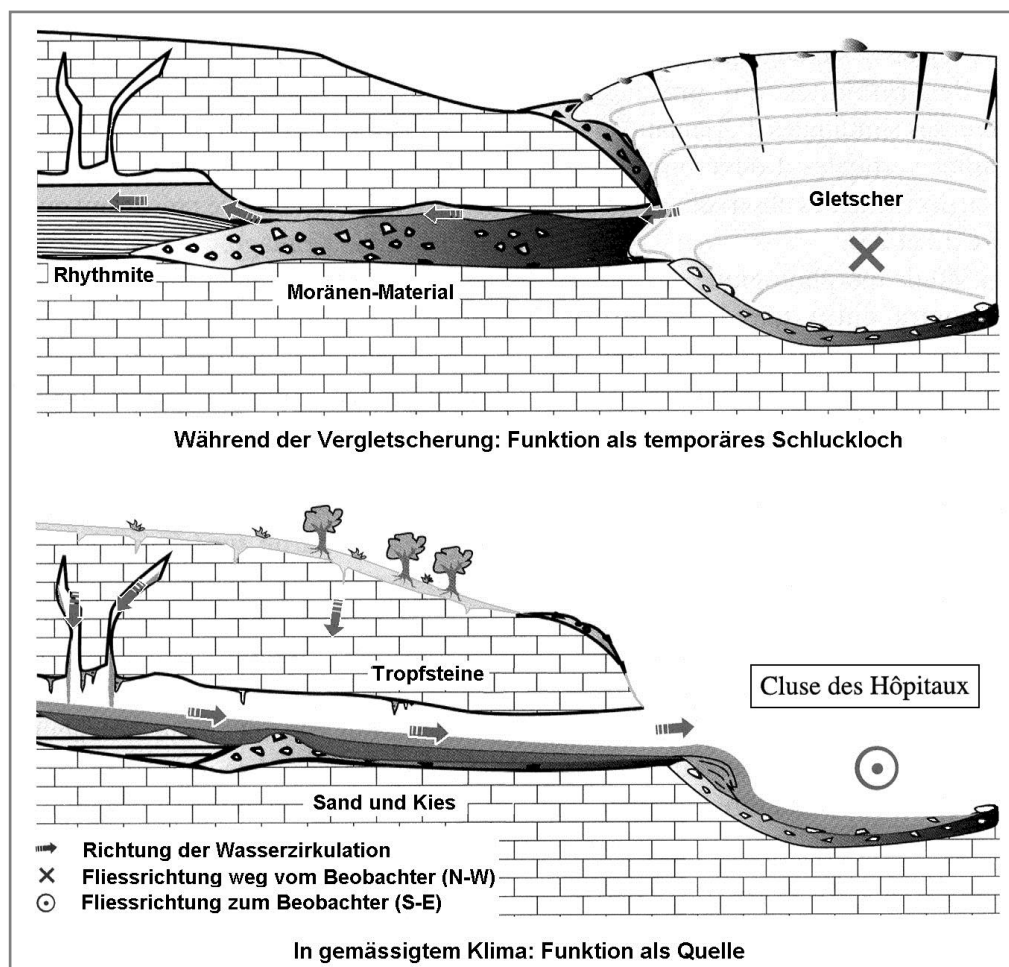


Abb. 5 Hydrologische und sedimentologische Verhältnisse in der Höhle Sous-les-Sangles während der späten Würm-Eiszeit (oben) und heute (unten) [aus Lignier & Desmet 2002, Übersetzung HSt].

Literaturverzeichnis

- Beck, C., Manalt, F., Chapron, E., Van Rensbergen, P., De Batist, M. (1996) : Enhanced seismicity in the early post-glacial period : evidence from the post-Würm sediments of Lake Annecy, Northwestern Alps.- J. Geodynamics, 22 (1-2): 155-171.
- Lingier, V. & Desmet, M. (2002): Les archives sédimentaires quaternaires de la grotte sous les Sangles.- Karstologia, 39 (1): 27-46.
- Muir-Wood, R. (2000): Deglaciation seismotectonics: a principal influence on intraplate seismogenesis at high latitudes.- Quaternary Sci. Rev., 19: 1399-1411.