
Das Karstsystem Siebenhengste-Hohgant-Schrattenfluh: Versuch einer Synthese

Le karst Siebenhengste-Hohgant-Schrattenfluh : essai d'une synthèse

Philipp Häuselmann

Traduction: Jean-Pierre Tripet

Einführung

Vor über 25 Jahren erschien im Stalactite bereits ein Artikel von Thomas Bitterli mit genau demselben Titel (Bitterli 1988). Thomas schrieb damals: „*Mit dem heutigen Kenntnisstand über dieses grosse Karstsystem ist eine Synthese eigentlich nicht durchführbar.*“ Trotz der eminenten Fortschritte in der speläologischen und wissenschaftlichen Erforschung des Systems (die Siebenhengste gehören heute zu den wissenschaftlich besterforschten Höhlensystemen der Welt) ist eine Synthese nach wie vor schwierig; der gleichbleibende Titel ist daher gerechtfertigt und auch als Hommage an Thomas gedacht. Dieser Artikel soll einen neuen Zwischenschritt auf dem Weg zum Verständnis des Siebenhengste-Systems bilden.

Lage und Geologie

Die Siebenhengste befinden sich nördlich des Thunersees, der auf 558 m ü.M. gleichzeitig den Vorfluter des gesamten Karstsystems darstellt. Das System selbst erstreckt sich über 1500 Höhenmeter und 20 km Luftlinie bis hin zur luzernischen Schrattenfluh, jenseits des tief eingeschnittenen Emmentales (Fig. 1). Vom Karstsystem ist allerdings trotz der beeindruckenden Ganglänge von insgesamt ca. 350 km (Siebenhengste plus Schrattenfluh) nur ein Teil bekannt. Unterhalb von 1600 m ü.M. herrscht Sandsteinbedeckung vor und damit verbunden eine recht geschlossene Pflanzendecke, Wald und Hochmoore. Erst oberhalb von 1600 m tritt Schrattenkalk an die Oberfläche und bildet teilweise ausgedehnte Karrenfelder. Der Niederschlag beträgt zwischen 1500 und 2000 mm/Jahr und trägt somit zur intensiven Verkarstung bei.

Geologisch gesehen befinden sich die Siebenhengste in den helvetischen Decken der Alpen. Die Gesteine bilden im Wesentlichen eine mit 15-30° gegen SE gekippte Platte

Introduction

Un article de Thomas Bitterli (Bitterli 1988) sous ce même titre a déjà été publié dans Stalactite il y a 25 ans. Dixit Thomas Bitterli : “ *En l'état de nos connaissances d'aujourd'hui une synthèse n'est pas possible* ”. En dépit de nos avancées dans l'exploration spéléologique et scientifique du réseau (les Siebenhengste sont l'un des réseaux les plus étudiés au monde), faire une synthèse reste difficile; prendre le même titre est donc justifié et doit être perçu comme un hommage à Thomas. Cet article est à considérer comme un nouveau pas sur le chemin de la compréhension du réseau des Siebenhengste.

Situation et géologie

Les Siebenhengste sont situés au nord du lac de Thoune. Ce lac est l'exutoire de tout le réseau karstique. Le réseau occupe une différence d'altitude de 1500 m et une distance à vol d'oiseau de 20 km jusqu'à la Schrattenfluh dans le canton de Lucerne, au delà de l'Emmental profondément creusé (Figure 1). En dépit de la longueur de galeries totale explorée atteignant environ 350 km (Siebenhengste plus Schrattenfluh), seule une partie du réseau karstique est connue. La couverture de grès occupe les régions en dessous de 1600 m d'altitude avec une alternance quasi continue de forêts et de tourbières. Le Schrattenkalk apparaît en surface au dessus de 1600 m et forme des lapiaz en partie étendus. Les précipitations atteignent entre 1500 et 2000 mm/an et contribuent de manière intensive à la karstification.

Les Siebenhengste se trouvent géologiquement dans les nappes helvétiques des Alpes. Les roches forment une plaque avec un pendage de 15-30° vers le SE (Fig. 2, insertion). Le flanc NO de cette plaque a été enlevé par l'érosion. Seul le Sigriswilergrat (Crête de Sigriswil)

(Fig. 2, Inset), deren NW-Rand erosiv gekappt wurde. Einzig der Sigriswilergrat als Relikt der anschliessenden Antiklinale ist der besprochenen Region noch vorgelagert.

Die Gesteine sind durch zahlreiche Normal- und Transversalbrüche gegliedert. Der grösste Bruch ist die Hohgant-Sundlauenen-Verwerfung HSV, die am Thunersee über einen Kilometer Versatz aufweist, sich aber bis in die Schratzenfluh verfolgen lässt. Von Interesse für die Verkarstung sind die folgenden Schichten (Jeannin 1989):

- Zuunterst befindet sich der Kieselkalk (Untere Kreide). Dieser wird oft entlang von Brüchen angetroffen; sehr oft sind die wenigen Gänge, die sich im Kieselkalk entwickeln, schnell zu eng oder verstürzt. Die Wässer dürften über kurz oder lang via weitere Brüche wieder in den Schratzenkalk übertreten.

- Es folgt der Drusbergmergel, der zumeist die Basis der Verkarstung bildet, wegen der mechanischen Instabilität befinden sich aber oft grossräumige Gänge just unter dem Grenzhorizont (F1, K2, Hohgantloch). Einzelne Gangteile können sich aber auch in den Mergeln oder in dazwischengeschalteten Kalkbänken entwickeln (St. Beatus-Höhlen, Blatersystem in den Siebenhengsten).

- Es folgt der 150 bis 330 m mächtige Schratzenkalk. Dies ist ein sehr reiner Kalk, in dem sich die meisten Höhlen befinden. Während die aktiven Höhlen oft vertikal bis zum Drusbergmergel oder zum Wasserspiegel angelegt waren bzw. sind, verlaufen die phreatischen Höhlen zur Hauptsache nahe des jeweiligen Wasserspiegels und sind deshalb mehr oder weniger horizontal angelegt.

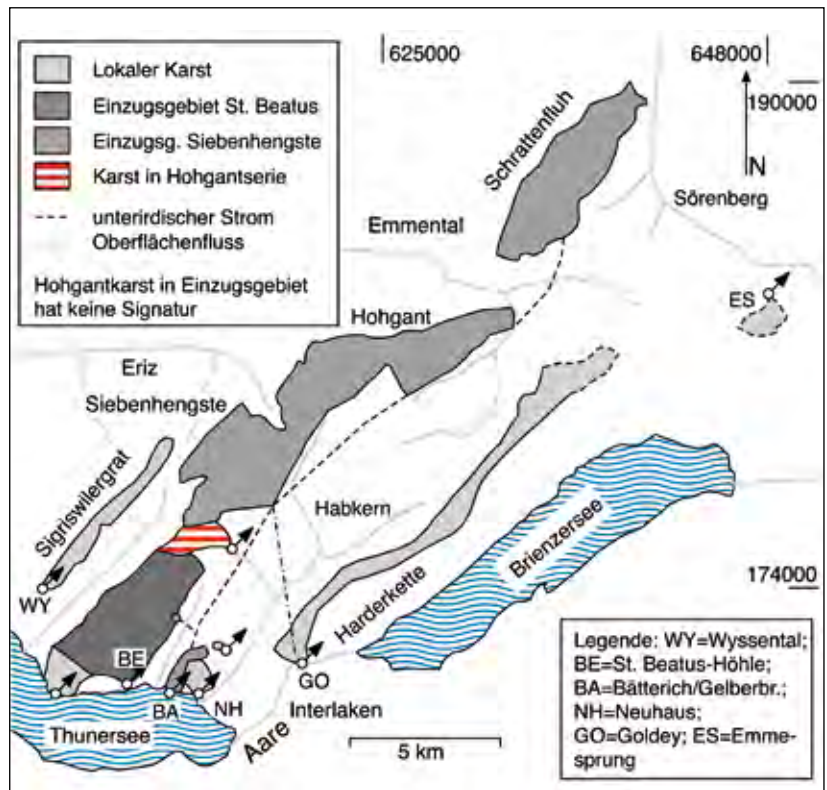
- Eine Schichtlücke trennt die eozäne Hohgantserie davon ab. Die Hohgantserie, meist als „Sandstein“ bezeichnet, ist in Tat und Wahrheit sehr heterogen zusammengesetzt; von reinem Quarzsandstein bis zu reinem Kalk finden sich alle Varianten. In der Hohgantserie befinden sich deshalb oft auch Höhlen, die über einen Kilometer lang werden können (Tropfloch, Kaltbachhöhle). Die Mächtigkeit kann über 200 m betragen.

- Die darauf folgenden Gobigerinenmergel und Flysch sind nur insofern von Interesse, als sie oft einen undurchlässigen Deckel bilden und so beispielsweise der Bärenschacht und die unteren Teile des Faustlochs fast keine Zubringer von der Oberfläche erhalten.

Hydrologie

Wasserfärbungen ergaben, dass es verschiedene Einzugsgebiete geben muss (Fig. 1). Die beiden grössten hiervon sind diejenigen der St. Beatus-Höhlen und der Siebenhengste (Häuselmann, Otz & Jeannin 2003). Das Gebiet der St. Beatus-Höhle erstreckt sich vom Thunersee bis zum Gemmenalphorn und ist im Westen vom Justistal, im Osten von der Hohgant-Sundlauenen-Verwerfung abgeschlossen. Nördlich davon erfolgt die Entwässerung im Sandsteinkarst, der wieder an die Oberfläche mündet. Das Wasser fliesst ab der Oberfläche durch teilweise mächtige Schächte (Häliloch) auf die Drusbergschichten ab und darauf entlang der Schichtneigung gegen Südosten. Eine kleine Synklinale in der Nähe der HSV lenkt sodann das Wasser gegen SW zu den St. Beatus-Höhlen.

Das Einzugsgebiet der Siebenhengste beginnt erst nördlich des Gemmenalphorns in der Loubenegg. Es umfasst eine Oberfläche von ca. 30 km² und reicht bis in die Schratzenfluh. Der Eingang des Bärenschachtes



en est une relique située en avant de cette région.

La roche est traversée par de nombreuses fractures longitudinales et transversales. La plus importante est la faille de Hohgant-Sundlauenen (HSV), qui a un rejet de plus d'un kilomètre au lac de Thoune, mais qui peut être suivie jusqu'à la Schratzenfluh.

Les couches suivantes sont d'importance pour la karstification (Jeannin 1989):

- Le calcaire siliceux (Crétacé inférieur) est la couche la plus profonde. Il se trouve souvent le long de fractures; le petit nombre de galeries qui s'y trouvent sont souvent vite étroites et obstruées. Les eaux souterraines s'écoulent par d'autres fractures vers le Schratzenkalk.

- Suit le Drusbergmergel, qui forme la base du karst, mais de par l'instabilité mécanique, des galeries de grandes dimensions se trouvent parfois en dessous de la limite entre les couches (F1, K2, Hohgantloch). Des parties de galeries peuvent aussi se former dans les couches de calcaire intercalées (Grottes de St-Béat, Blatersystem aux Siebenhengste).

- Le Schratzenkalk suit, d'une épaisseur de 150 à 330 m. Il s'agit d'un calcaire très pur, dans lequel se développent la plupart des grottes. Les grottes verticales actives y descendent jusqu'aux marnes du Drusberg ou jusqu'au niveau de base de l'eau, et les grottes phréatiques se trouvent pour la plupart à ce niveau et sont par conséquent plus ou moins horizontales.

- Une couche manquante sépare la série de couches du Hohgant. Cette suite, le plus souvent nommée "grès" du Hohgant, est en fait de nature très hétérogène. S'y trouvent toutes sortes de roches allant du grès de quartz au calcaire pur. On trouve donc dans cette partie des grottes dont la longueur atteint le kilomètre (Tropfloch, Kaltbachhöhle). L'épaisseur de la roche peut dépasser 200 m.

Fig. 1: Hydrologische Übersicht über das Gebiet der Siebenhengste und der Schratzenfluh. In unterschiedlichen Grautönen sind die verschiedenen Einzugsgebiete gehalten; dasjenige der Schratzenfluh erstreckt sich unter der (nicht infiltrierenden!) Emme hindurch.

Fig. 1: Carte hydrologique synoptique de la région des Siebenhengste et de la Schratzenfluh. Les différents bassins versants se distinguent par leurs intensités de gris (clair = karst local; moyen = Siebenhengste; foncé = St-Béat; strié = karst de la série de Hohgant); le bassin de la Schratzenfluh s'étend au-dessous de l'Emme. Ligne traitillée = rivière souterraine; ligne grise = rivière à la surface.

liegt eigentlich im Einzugsgebiet der St. Beatus-Höhlen, der oberhalb des Einganges versickernde Bach fließt denn auch gegen die St. Beatus-Höhlen zu. Der Bärenschacht-Zugang, der nach den ersten Schächten im tiefergelegten Teil der Hohgant-Sundlauenen-Verwerfung im Sandstein weiterführt, bevor er erst 500 m tiefer wieder auf Schrattealk trifft, kann also eigentlich als „Unfall“ in der Höhlenentstehung betitelt werden. Die Wässer, die in der Region des Karrenfeldes der Siebenhengste versickern, fließen auch hier auf direktem Weg gegen die Drusbergmergel, verkomplizieren dabei das Labyrinth der Siebenhengste noch einmal mehr und strömen anschließend der Schichtneigung folgend gegen SE. Dabei bilden sie die vier im Übersichtsplan gut sichtbaren langgestreckten Mäanderflüsse, zu denen ebenfalls der Mittelteil des A2, der Mäander des Faustlochs, aber auch die Rivière du Divisionnaire (F1) zu rechnen sind. Die Wässer der zwei nördlichen Mäander verlieren sich in der Salle du Crépuscule im Drusberg, die zwei südlichen Flüsse treffen auf die Topographenkluft und haben dort den bereits dadurch gestörten Fossilgang, der vom F1 her zieht, in ein grosses und komplexes Labyrinth verwandelt, die „Zone profonde“. Das Wasser verschwindet dort schliesslich in einem Siphon, dessen Erforschung noch nicht abgeschlossen ist.

Die Wässer von Hohgant und Gopital fließen in langgestreckten Mäandern gegen SSW, bevor sie in unerschließbaren Gängen oder Verstürzen (im K2 bereits im SE-Teil der HSV) verschwinden. Über die Fließwege der Wässer im Hohlaub ist noch nichts bekannt - noch konnte kein Durchbruch aus der eigentlichen Schachtzone erreicht werden. Wir hoffen weiter!

Seit Frühling 2015 ist bekannt, dass der nördliche Teil der Schrattefluh gegen die Hirseggli-Quellen zu und somit in die Waldemme entwässert. Die anderen Teile der Schrattefluh, die gegen den Thunersee entwässern, zeigen (soweit bekannt) dieselbe Charakteristik wie die Siebenhengste: eine vadose Entwässerung gegen SE, die irgendwann nach SW drehen muss. Leider wurden die verschiedenen Verwerfungen der Schrattefluh noch nicht überwunden und der lang gesuchte SW-Gang bleibt weiterhin ein Traum.

Eine Übersicht über das Höhlengebiet der Siebenhengste liefert Figur 2. Total wurden bislang über 320 km vermessen, das Réseau Siebenhengste-Hohgant liefert dabei den Löwenanteil mit 160 km bei -1340 m Tiefe (Stand 2015).

Charakterisierung der einzelnen Höhlen

Die St. Beatus-Höhlen

Die St. Beatus-Höhlen sind die Quelle eines mittelgrossen Einzugsgebietes. Das hauptsächlich mit Sandstein überdeckte Gebiet ist jedoch noch lange nicht systematisch prospektiert.

Die St. Beatus-Höhlen wurden in den 90er-Jahren komplett nachvermessen. In der Folge waren sie Hauptobjekt einer Dissertation, die sich mit Höhlenentstehung und Klimaentwicklung befasste. Aus diesem Grund wurden viele Daten über die Höhle erarbeitet, die sich am besten in der Monographie (Häuselmann, Bitterli

- Les marnes de Gobigérines et le Flysch ne sont intéressants que parce qu'ils forment un couvercle imperméable. C'est ainsi que par exemple certaines parties basses du Faustloch n'ont pas d'affluents venant de la surface.

Hydrologie

Au vu des résultats d'essais de coloration, il doit y avoir plusieurs bassins versants (Fig. 1). Les deux plus importants sont celui des grottes de St-Béat et celui des Siebenhengste (Häuselmann, Otz & Jeannin 2003). Le domaine des grottes de St-Béat va depuis le lac de Thoune jusqu'au Gemmenalphorn et est limité à l'ouest par le Justistal et à l'est par la faille de Hohgant-Sundlauenen. Au nord, les eaux s'infiltrent dans le karst du grès et sortent de nouveau en surface. L'eau s'écoule depuis la surface dans des puits en partie imposants (Häliloch) jusqu'aux couches du Drusberg et continue vers le sud-est le long du pendage. Un petit synclinal près de la faille HSV dérouté alors l'eau vers le sud-ouest en direction des grottes de St-Béat.

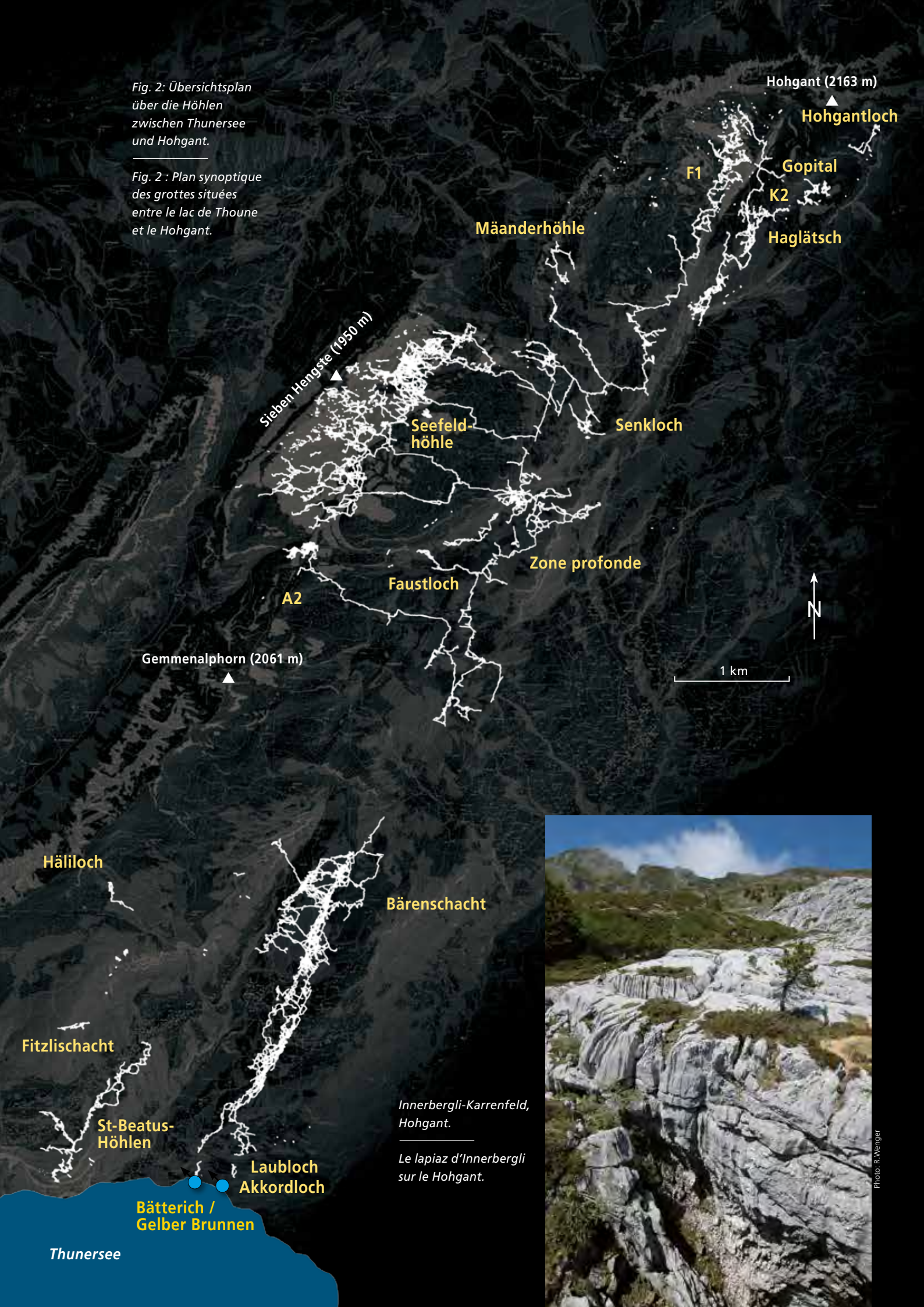
Le bassin versant des Siebenhengste débute au nord du Gemmenalphorn à la Loubenegg. Il couvre une surface d'environ 30 km² et s'étend jusqu'à la Schrattefluh. L'entrée du Bärenschacht se trouve en fait dans le bassin versant des grottes de St-Béat, le ruisseau qui se perd au-dessus de l'entrée s'écoule bien vers les grottes de St-Béat. L'accès au Bärenschacht, qui, après les premiers puits, rejoint la faille de Hohgant-Sundlauenen et le grès, et retrouve le Schrattealk 500 m plus bas, peut être considéré comme un "accident" dans la formation des grottes. Les eaux qui s'infiltrent dans la région du lapiaz des Siebenhengste s'écoulent directement vers les marnes du Drusberg. Elles s'écoulent ensuite vers le sud-est en suivant le pendage des couches. Elles forment ainsi les quatre longs méandres bien visibles sur le plan d'ensemble. Font partie de cette structure aussi la partie médiane du A2, le méandre du Faustloch, ainsi que la Rivière du Divisionnaire (F1). Les eaux des trois méandres au nord se perdent à la Salle du Crépuscule dans le Drusberg, les deux au sud dans la Topographenkluft (fissure du topographe). Ils y recourent la galerie fossile venant du F1 et l'ont transformée en un grand labyrinthe enchevêtré, la « Zone profonde ». L'eau disparaît à cet endroit dans un siphon dont l'exploration n'est pas terminée.

Les eaux du Hohgant et du Gopital s'écoulent par de longs méandres vers le sud-sud-ouest, avant de disparaître dans des galeries impénétrables ou des trémies (au K2 déjà dans une partie de la HSV). Les trajets de l'eau au Hohlaub ne sont pas connus – aucune percée au-delà de la zone des puits n'a été possible jusqu'à présent. Nous espérons toujours!

Nous savons depuis le printemps 2015 que les eaux de la partie nord de la Schrattefluh ressortent par les sources de Hirseggli et se déversent donc dans la Waldemme. Les autres parties de la Schrattefluh qui sont drainées vers le lac de Thoune présentent (pour autant qu'on le sache) la même caractéristique que les Siebenhengste: un drainage vadose vers le sud-est qui doit tourner à un moment donné vers le sud-ouest. Mais les différentes failles de la Schrattefluh n'ont pas encore pu être franchies et la galerie sud-ouest cherchée reste un fantasme.

Fig. 2: Übersichtsplan über die Höhlen zwischen Thunersee und Hohgant.

Fig. 2 : Plan synoptique des grottes situées entre le lac de Thoune et le Hohgant.



Innerbergli-Karrenfeld, Hohgant.

Le lapiaz d'Innerbergli sur le Hohgant.



Photo: R. Wenger



& Höchli 2004) nachlesen lassen. Die Höhle erstreckt sich an der Basis des Schrattekalkes und ist deshalb im Seitenriss sehr einfach aufgebaut: eine Deckenellipse wird von einem Mäander eingetieft. Erst eine detaillierte Studie zeigte, dass auch in den St. Beatus-Höhlen Beweise für eine phasenweise Absenkung des Karstwasserspiegels zu sehen sind. Die St. Beatus-Höhlen sind mit etwas über 12 km (+353 m) praktisch fertig erforscht.

Umliegende Höhlen

Direkt im Westen der St. Beatus-Höhlen befindet sich die Waldheimhöhle am Kontakt Sandstein-Kalk. Die Höhle besteht hauptsächlich aus parallelen Schächten, die entlang von Brüchen miteinander verbunden wurden. Gegen oben „enden“ die Schächte an der Basis des Sandsteines, gegen unten sind sie zumeist verstürzt. Der Fitzlischacht hat einen fossilen phreatischen Gang, der entlang eines Bruches nahe des Sandstein-Kalk-Kontaktes verläuft. Aus diesem Grund wird die Höhle von sehr vielen jungen Schächten durchschlagen, die jedoch alle über kurz oder lang verstürzt enden. Die Höhle ist momentan ca. 2,5 km lang und 200 m tief. Das Hälliloch, seit alters her bekannt, wurde anfangs der 90er-Jahre intensiv erweitert; die Gänge, die sich nahe der Drusbergmergel entwickeln, verfasern sich leider jedoch in unschließbare Spalten, wo nur noch der Luftzug weiterkommt.

Bärenschant

Der Bärenschant bildet den Abfluss des gesamten Gebietes Siebenhengste-Hohgant-Schrattenfluh (Funcken 1994). Während der Eingang lediglich einen Zubringer darstellt, bildete sich das Labyrinth durch die Wässer aus dem höher liegenden Einzugsgebiet. Das Labyrinth lässt sich in fünf Entstehungsphasen gliedern; zwei davon sind allerdings in der Höhle selbst kaum sichtbar. Bei gleichen geologischen Gegebenheiten ist die Grösse der Gänge hauptsächlich abhängig von der Wassermenge, die sie durchfliesst (Worthington 1991). Die unterschiedliche Ganggrösse (die unterste Phase zeigt deutlich grössere Gänge als die überliegenden Phasen) legen deshalb den Schluss nahe, dass die Schrattenfluh erst vor sehr kurzer Zeit an das System der Siebenhengste angeschlossen wurde. Die alten fossilen Quellen an der Schrattenfluh sind aber bislang, wenn überhaupt, nur zum Teil bekannt.

Die Einteilung in Phasen ist im Bärenschant nicht einfach, weil die älteren Gänge oft in jüngeren Phasen noch teilweise aktiv blieben. Dazu kommen zahlreiche Soutirages und weitere Verbindungsgänge, die das Bild verkomplizieren. Da die Region des Bärenschantes von Sandstein, Mergel und Flysch bedeckt ist, sind kaum Zubringer bekannt: der Bärenschant bietet deshalb „ungestörten“ Einblick in die Funktionsweise eines quellnahen grossen Höhlensystems. Vielleicht auch deshalb ist der Bärenschant sehr schön geschmückt mit Tropfsteinen und Gips.

Trotz der bislang bekannten Länge von 75 km (-946 m) ist der Bärenschant noch lange nicht fertig erforscht. Der doch beträchtliche Anmarschweg, der zumeist wöchentliche Touren verlangt, ist der Hauptgrund dafür, dass nur wenige Touren pro Jahr stattfinden. Von allen 75 km ist aber zuverlässiges Planmaterial in Grund- und Seitenriss vorhanden.

La figure 2 est une vue synoptique de la région spéléologique des Siebenhengste. La longueur totale topographique est 320 km. Le réseau Siebenhengste-Hohgant en est la part du lion avec 160 km et une profondeur de -1340 m (état 2015).

Description des principales grottes

Les grottes de St-Béat

Les grottes de St-Béat sont la source des eaux drainées par un bassin versant de taille moyenne. Cette région principalement couverte de grès n'est de loin pas encore prospectée systématiquement. Les grottes de St-Béat ont été entièrement retopographiées dans les années nonante. Par la suite un travail de thèse s'est concentré sur la spéléogénèse et l'évolution du climat. Beaucoup de données sur la grotte ont été collectées, données que l'on peut consulter dans la monographie (Häuselmann, Bitterli & Höchli 2004). La grotte est située à la base du Schrattekalk et présente donc un profil simple: une ellipse au plafond avec un méandre creusé dans le plancher. C'est après une étude détaillée que l'on peut identifier un abaissement par phases du niveau des eaux karstiques dans les grottes de St-Béat. L'exploration des grottes de St-Béat est pratiquement terminée. La longueur atteint un peu plus de 12 km (+353 m).

Grottes voisines

La grotte Waldheim est située au contact grès-calcaire directement à l'ouest des grottes de St-Béat. La grotte est constituée principalement de puits parallèles connectés par des fractures. Les puits sont "terminés" vers le haut par la base du grès. La plupart sont obstrués vers le bas par des éboulis. Le Fitzlischacht a une galerie phréatique fossile, qui parcourt une fracture située près du contact grès-calcaire. Pour cette raison, la grotte est traversée par beaucoup de puits jeunes, qui eux se terminent inmanquablement sur des éboulis. La grotte atteint aujourd'hui environ 2,5 km avec 200 m de profondeur. Le Hälliloch, connu depuis longtemps, a été désobstrué intensivement dans les années nonante; les galeries qui sont situées près des marnes du Drusberg se ramifient en fissures impénétrables où seul passent les courants d'air.

Bärenschant

Le Bärenschant est le drain de l'ensemble de la région Siebenhengste-Hohgant-Schrattenfluh (Funcken 1994). L'entrée n'est qu'un affluent mais le labyrinthe a été formé par les eaux venant du bassin versant situé en dessus. Le labyrinthe est structuré par cinq périodes de formation; deux de ces périodes sont à peine visibles dans la grotte même. Toutes conditions égales par ailleurs, les dimensions des galeries dépendent principalement de la quantité d'eau qui circule (Worthington 1991). Les différences de dimensions des galeries (les galeries plus profondes sont plus grandes que celles situées au-dessus) amènent à la conclusion que ce n'est que récemment que la Schrattenfluh a été rattachée au réseau des Siebenhengste. Les anciennes sources fossiles de la Schrattenfluh ne sont que partiellement connues aujourd'hui.



Photo: Ph. Häuselmann

St. Beatus-Höhlen. Wir sehen eine phreatische Ellipse, die durch den frei fliessenden Bach eingetieft wurde.

Grottes de St-Béat, galerie phréatique en ellipse, avec un creusement fait par le cours d'eau libre.

Der Sall der Vierzig-jährigen im ausserdem Süden des Bärenschantes, entdeckt 2015.

La Salle des Quadragénaires au sud extrême du Bärenschant, découverte en 2015.

Faustloch

Das nördlich an den Bärenschacht anschliessende Faustloch ist wegen der bei Regenfällen auftretenden Hochwässer gefährlich. Die Schachtzone ist denn auch das Haupthindernis für speditives Arbeiten in dieser Höhle, die durch einen Siphon mit dem Réseau verbunden ist. Auf die Schachtzone, deren oberer Teil im Sandstein liegt, folgt ein Mäander; das Wasser durchschneidet sodann den Drusbergmergel und verliert sich im Kieselkalk. Es schliesst auf -500 m eine horizontale, phreatische Röhre an, die einen alten Abfluss der Siebenhengste darstellt. Anfangs der 90er Jahre gelang den Belgiern im S der Durchstoss durch eine lange Grabstelle (Funcken 1997). Danach konnte grossen und reich geschmückten Gängen bis auf den Karstwasserspiegel gefolgt werden. Grab- und Mastarbeiten in Seitengängen erbrachten nochmals viel Neuland. Leider war die Grabstelle zwischen 1996 und 2009 durch ein Hochwasser wieder verschlossen. Die Forschungen werden deshalb erst jetzt wieder aufgenommen. Während die Höhle vermutlich ziemlich gut erforscht ist, wurden bislang noch kaum geologische resp. geomorphologische Forschungen im Faustloch gemacht. Da aber einerseits der Abstieg des Hauptganges von -500 auf -900 auf den Karstwasserspiegel nicht gut ins Bild der anderen Gänge der Siebenhengste passt, und da andererseits Gänge existieren (Jojogang), die nicht mit den anderen bekannten Gängen der Höhle zusammenzupassen scheinen, gibt es hier noch viel zu forschen. Es könnte sogar sein, dass der Jojogang einen reaktivierten Paleokarst darstellt...

Kaltbachhöhle

Die 1670 m lange Höhle liegt im kalkigen Sandstein. Sie weist eine komplexe Morphologie auf, es wird deshalb vermutet, dass sie ein „Phantom“ ist (Häuselmann & Tognini 2005). Phantome bilden sich in unreinen Kalken, wenn der Karstwasserspiegel hoch liegt und die Fliessgeschwindigkeit klein ist. Entlang von Klüften und poröseren Schichtfugen löst sich der Kalkzement und lässt die Verunreinigungen zurück. Wenn der Wasserspiegel fällt, werden diese ausgewaschen. Zurück bleibt ein Hohlraum, der einer normalen Höhle sehr ähnlich sieht, dessen Morphologie aber sprunghaft und unerklärlich ändert, so dass zum Beispiel eine phreatische Röhre talwärts zum Mäander wird, was normalerweise unmöglich ist.

A2

Die Höhle mit dem nüchternen Namen A2 bildet sozusagen die südlich gelegene Fortsetzung des Siebenhengste-Labyrinthes, indem Aufbau und Charakteristik nahezu identisch sind: ein Labyrinth unter dem Karrenfeld, in dem sich phreatische Gänge, Schächte und Mäander in wilder Folge abwechseln, gefolgt von langgezogenen Flüssen gegen SE (Gerber et al. 1994). Trotz der Nähe der Labyrinth im NW und der faktischen Überlagerung mit dem Faustloch im SE konnte die Verbindung zwischen den Höhlen noch nicht gefunden werden. Die Arbeiten im A2 sind allerdings noch nicht abgeschlossen, der aktuelle Stand ist 11 km / -686 m. Der tiefe Teil ist allerdings nur nach zähen Kämpfen mit dem allgegenwärtigen Lehm zu erreichen und deshalb momentan kaum mehr besucht.

Dans le Bärenschacht la subdivision en périodes n'est pas aisée, car les plus vieilles galeries restent partiellement actives dans les périodes plus récentes. À cela s'ajoutent de nombreux soutirages et des galeries de liaison qui rendent la structure complexe. Comme la région du Bärenschacht est recouverte par le grès, la marne et le Flysch, on ne connaît presque pas d'affluents: le Bärenschacht est donc une fenêtre "inaltérée" sur les phénomènes liés à un grand réseau spéléologique proche de la source. Peut-être que c'est pour cela que le Bärenschacht est si magnifiquement décoré de concrétions et de gypse.

En dépit d'une longueur actuelle connue de 75 km (-946 m) l'exploration du Bärenschacht est loin d'être terminée. La très longue marche d'approche qui demande des sorties d'au moins une semaine est la principale raison pour laquelle il ne se fait que peu d'expéditions chaque année. Mais des topographies en plan et coupe fiables existent pour la totalité des 75 km.

Faustloch

Le Faustloch, attenant au Bärenschacht au nord, est dangereux de par les crues se produisant lors de pluies. La zone des puits est ainsi le principal obstacle pour travailler rapidement dans cette grotte. Le Faustloch est relié au réseau par un siphon. Au début des années nonante, les Belges ont pu progresser vers le sud après une longue désobstruction (Funcken 1997). Ils ont atteint le niveau des eaux karstiques par de larges galeries richement décorées. Des désobstructions et des explorations au mât d'escalade ont donné de nombreuses nouvelles galeries. La partie désobstruée a malheureusement été fermée de 1996 à 2009 à la suite d'une crue. Les explorations ne repartent donc que maintenant. La grotte est probablement bien explorée mais il ne s'est fait que peu de travaux en géologie et en géomorphologie dans le Faustloch. La descente de la galerie principale de -500 à -900 m s'ajuste mal dans la structure des autres galeries des Siebenhengste. Il y a d'autres galeries (Jojogang = galerie du yoyo) qui ne sont pas conformes au déroulement des galeries du réseau. Cela implique qu'il y a encore beaucoup de recherches à faire. Il se pourrait que le Jojogang soit un paléokarst réactivé...

Kaltbachhöhle

La grotte, longue de 1670 m, est située dans le grès calcaire. Sa morphologie est complexe. On soupçonne donc qu'il s'agit d'un "fantôme" (Häuselmann & Tognini 2005). Les « fantômes » se forment dans des calcaires impurs, où le niveau des eaux karstiques est élevé et la



Photo: R. Siegenthaler

Der «Boyau sympa» am Zusammenschluss des F1 und des Réseaus.

A la jonction F1-Réseau, le «Boyau Sympa».



Photo: R. Wenger

Innerbergli, Hohgant.

Labyrinth der Siebenhengste

Selbstverständlich ist auch das hochkomplizierte Labyrinth noch nicht abgeschlossen. Einerseits werden bereits bekannte Gänge im Laufe der systematischen Arbeiten erforscht, was viel Zeit benötigt, andererseits kommen im Zuge der systematischen Prospektion des Karrenfeldes immer wieder neue Eingänge ins System hinzu, die oft ein weiteres Labyrinth mit sich ziehen. Dazu kommen oft leider nötige Nachvermessungen, da anfangs der 70er-Jahre die Begeisterung der Forscher oft grösser war als die Genauigkeit. Auch in der „Zone profunde“ wären noch Arbeiten zu machen, allein der sehr hochwassergefährdete, lange und mühselige Zustieg (6 h Weg und Freitauchen von zwei Siphons) liess die Aktivität erlahmen. Grabarbeiten in der Region Chromatte erlaubten dann 2008, einen Eingang in den Tiefen Teil zu finden. Von diesem Zustieg aus konnte dann der bequeme Eingang der „Frustration“ geortet und aufgegraben werden, der Weg ins Biwak ist nurmehr 2 Stunden! Dementsprechend gehen die Forschungen nun weiter.

Das Labyrinth eignet sich sehr gut dafür, den Einfluss der Geologie auf die Höhlenentstehung zu studieren. Es zeigte sich, dass der Hauptteil der Gänge auf Schichtfugen entstanden ist, und dass nur ein Bruchteil der vorhandenen Schichtfugen verkarstet wird. Diese Horizonte sind nun natürlich von Interesse für die Ingenieurgeologen, die z.B. bei einem Tunnelbau gerne diese Zonen vermeiden möchten. Die Dissertation von M. Filipponi (2009) befasste sich intensiv mit dieser Thematik. In der Folge wurde eine Methode ausgearbeitet, die den Ingenieurgeologen abgegeben werden kann (Filipponi et al. 2012).

vitesse de l'écoulement est faible. Le calcaire se dissout le long des failles et des joints de stratification et laisse derrière lui les impuretés. Lorsque le niveau des eaux karstiques descend, celles-ci sont lessivées. Il reste un espace vide très analogue à une grotte normale, mais qui a une morphologie tourmentée et inexplicable. Cela donne par exemple un tube phréatique qui devient un méandre vers l'aval, ce qui est normalement impossible.

A2

La grotte portant le nom peu poétique de A2 forme pour ainsi dire la continuation au sud du labyrinthe des Siebenhengste. Elle présente une structure pratiquement identique: un labyrinthe sous le lapiaz, avec une succession sauvage de galeries phréatiques, de puits et de méandres, et suivi de cours d'eau allongés vers le sud-est (Gerber et al. 1994). Malgré la proximité du réseau au nord-ouest et la superposition au-dessus du Faustloch au sud-est, la jonction entre les grottes n'a pas encore été faite. Les explorations dans le A2 ne sont pas encore terminées. L'état actuel est de 11 km / -686 m. La partie profonde ne peut être atteinte qu'après un combat tenace contre l'argile omniprésente et celle-ci est par conséquent rarement visitée.

Le labyrinthe des Siebenhengste

Il va de soi que l'exploration de ce labyrinthe très complexe n'est pas terminée. D'une part les galeries connues sont explorées systématiquement, cela nécessite beaucoup de temps, et d'autre part de nouvelles entrées découvertes pendant la prospection systématique du lapiaz donnent souvent accès à de nouveaux labyrinthes. Il faut en plus retopographier, car au début des années septante l'enthousiasme des spéléologues l'a emporté sur l'exactitude. Des travaux sont aussi nécessaires dans la « Zone profunde » mais le long trajet d'accès (6 h de progression et le franchissement de deux siphons en plongée libre) a eu pour effet de paralyser les activités. Des travaux de désobstruction dans la région de la Chromatte en 2008 ont permis de dégager un accès vers la partie profonde. L'accès confortable de la « Frustration » en a résulté après désobstruction, le trajet au bivouac demande maintenant deux heures! En conséquence les explorations continuent maintenant.

Le labyrinthe est un objet approprié pour étudier l'influence de la géologie sur la spéléogénèse. On constate que la plus grande partie des galeries se sont formées sur des joints de stratification, et que seule une fraction des joints de stratification est bien karstifiée. Ces limites entre couches sont naturellement intéressantes pour l'ingénieur géologue, qui cherche par exemple à éviter ces zones lors du percement de tunnels. Le travail de thèse de M. Filipponi (2009) a traité intensivement cette question. Il en est sorti une méthode qui peut être mise au service de l'ingénieur géologue (Filipponi et al. 2012).

Le labyrinthe s'est formé au cours d'au moins cinq périodes différentes; comme le lapiaz en surface conduit les eaux de pluie très rapidement en profondeur, les galeries sont souvent traversées par des puits et méandres plus récents, et cela aboutit à la complexité observée. Au contraire des galeries plus récentes, les galeries phréatiques s'écoulent vers le nord-est, en direction du vallon de Eriz.

Das Labyrinth ist in mindestens fünf Höhlenstehungsphasen entstanden; da das überliegende Karrenfeld das Regenwasser sehr schnell in den Untergrund leitet, werden die alten Gänge immer wieder von jüngeren Schächten und Mäandern durchschlagen und bilden so einen der Gründe für die Komplexität. Die phreatischen Gänge zeigen im Gegensatz zu den jüngeren Gängen eine Fliessrichtung gegen Nordosten, gegen das Eritzal, zu.

Senkloch

Das Senkloch unterhalb des Trogenmooses ist seit langem als Ponor bekannt. Öffnungsarbeiten in einem Seitenspalt erlaubten sodann den Zugang zu einem überwiegend in der Vertikalen angelegten, hochwassergefährdeten Höhlensystem. Die Forschungen sind im Gange; da dem Wasser gegen unten wegen eines Siphons nicht gefolgt werden kann, wird versucht, die Siphonzone durch einen der zahlreichen Schlotte zu umgehen. Grabarbeiten in einem phreatischen Gang führten nach weiteren Schächten schliesslich zur Verbindung mit der Höhle F1; das Senkloch ist also ein weiterer Eingang ins Réseau Siebenhengste-Hohgant.

Senkloch

Le Senkloch, situé au-dessous du marais de Trogen est connu comme ponor depuis longtemps. Une désobstruction dans une fissure latérale a donné accès à un réseau menacé lors des crues et qui se développe essentiellement verticalement. Les explorations sont en cours; comme il n'est pas possible de suivre le trajet de l'eau vers le bas à cause d'un siphon, on essaie de contourner celui-ci par une des nombreuses cheminées. Une désobstruction dans une galerie phréatique qui fait suite à deux puits a conduit à la jonction avec la grotte F1; le Senkloch est ainsi une nouvelle entrée du réseau Siebenhengste-Hohgant.

F1

L'entrée du F1 se trouve dans le petit lapiaz de l'Innerbergli (Rouiller 1983). Une suite de puits courts descend jusqu'à la base du calcaire, où les eaux se rassemblent et s'écoulent en suivant la stratification. Au contraire du labyrinthe, le F1 est un réseau avec une structure dendritique classique. Les grandes galeries formées par l'érosion de la marne sont caractéristiques de ce réseau. Les blocs qui se sont écroulés ensuite du plafond font que la progression se fait en les escaladant constamment. Dans la partie basse la galerie est phréatique et fossile. En dépit de cela, les galeries latérales sont difficiles à parcourir, et la liaison avec les Siebenhengste se fait en combattant dans un bain de boue. Le F1 présente encore partout de bifurcations qui attendent d'être explorées (ou réexplorées). Les explorations ont gagné en ardeur ces dernières années.

K2

Le K2 se développe parallèlement au F1. Il draine la partie est de l'Innerbergli (Rouiller 1983). Sa partie supérieure est comparable à celle du F1. La partie la plus basse est un labyrinthe complexe que l'on n'a pas encore déchiffré. L'eau traverse la faille de Hohgant-Sundlauenen; elle s'écoule malheureusement dans un gros éboulis dans le grès. La porte donnant sur les réseaux au sud-est de la faille reste donc encore fermée. Le K2 a encore des galeries latérales à explorer, les explorations sont actuellement au point mort (tout juste 14 km / -750 m).

Haglättsch

La Haglättschhöhle est située dans le calcaire directement au-dessus du K2 (SGH Bern 1980). Cette grotte a quelques galeries phréatiques fossiles, qui sont traversées par des écoulements plus récents. Elle est de grandes dimensions et richement décorée. Elle est souvent visitée par les touristes. Une retopographie s'est terminée en 2009. Cela a permis de faire plus d'un kilomètre de première. Haglättsch atteint aujourd'hui 7,7 km avec un dénivelé de 240 m.

Innerbergli-Gopital-Hohlaub

Les lapiaz de l'Innerbergli et du Gopital ont été prospectés systématiquement au cours des décennies passées. Le Innerbergli est terminé et les résultats ont été publiés en 2010 (Bitterli & Häuselmann 2010), au Gopital les travaux sur le terrain sont terminés, les plans et descriptions des grandes grottes (Réseau Stephane, Trou Marc, Trou du Claustrophobe) ainsi que les petites cavités restent à faire.

Bilder aus dem Réseau de la Croix du Sud des Bärenschachts.

Vues du réseau de la Croix du Sud, Bärenschacht.



Photos: C. Luethi

Photo: C. Luethi



F1

Das F1 öffnet sich im kleinen Karrenfeld des Innerbergglis (Rouiller 1983). Eine Abfolge von kurzen Schächten führt auf die Basis des Kalkes, wo sodann die Bäche gesammelt werden und entlang der Schichtung abfließen. Das F1 ist also im Gegensatz zum Labyrinth der Siebenhengste ein „klassisches“ dendritisches System. Charakteristisch für diese Gänge sind die Grösse, die von der Erosion des Mergels herrührt, und der nachfolgende Verbruch der Höhlendecke, die einen zwingt, ständig auf den Blöcken herumzuklettern. Im unteren Teil sodann wird der Gang phreatisch und fossil. Trotzdem sind einige Seitengänge ausgesprochen mühsam zu begehen, und die Verbindung zu den Siebenhengsten muss durch ein Schlammbad erkämpft werden. Auch das F1 weist praktisch überall noch Abgänge auf, die der Bearbeitung (und Nachbearbeitung) harren. Die Arbeiten kamen in den letzten paar Jahren aber wieder in Schwung.

K2

Parallel zum F1 verläuft das K2, das den östlichen Teil des Innerbergglis entwässert (Rouiller 1983). Im oberen Teil von ähnlicher Charakteristik wie das F1 bildet es im untersten Teil ein komplexes Labyrinth, das noch nicht verstanden wurde. Das Wasser traversiert die Hohgant-Sundlauenen-Verwerfung; leider verschwindet es in einem grossen Versturz im Sandstein. Das Tor zu den Systemen im SE der Verwerfung ist also leider vorderhand verschlossen. Das K2 weist auch noch zu überarbeitende Seitengänge auf, die Forschung ist jedoch zurzeit eingeschlafen (knapp 14 km / -750 m).

Haglättsch

Direkt über dem K2 befindet sich in der Mitte des Kalkes die Haglättschhöhle (SGH-Bern 1980). Sie zeigt einige

La falaise formée par la faille de Hohgant-Sundlauenen a été prospectée sans donner de résultats inattendus. Le lapiaz du Hohlaub attendant à l'est, qui a été prospecté dans les années huitante, est de nouveau l'objet de travaux entrepris par le GSP. L'espoir persiste de pouvoir accéder à des régions plus profondes.

Schrattenfluh

Jusqu'à présent aucun réseau étendu comme celui des Siebenhengste n'a été découvert à la Schrattenfluh – et pourtant la surface du lapiaz est plus grande et plus imposante (Blant et al. 1989). Cela est peut-être dû au fait que la surface à prospecter est si grande et le nombre de spéléologues est si petit. D'autre part on n'a pas identifié autant de phases fossiles dans les cavités déjà explorées – avec donc la possibilité que la situation de la Schrattenfluh soit différente. Les grottes connues sont en contact avec plusieurs cours d'eau, qui se perdent tous dans des siphons ou des éboulis situés dans les marnes du Drusberg, sans que l'on ait pu trouver un grand collecteur jusqu'à maintenant.

35 km de galeries sont connus à ce jour. Les trois plus grandes grottes sont (du sud au nord) la Neuenburgerhöhle avec plus de 12 km, le Réseau des Lagopèdes avec plus de 4 km et le Réseau des Verrues avec plus de 5 km de longueur. L'exploration spéléologique et scientifique est en cours (Hapka 2010).

Résultats scientifiques

Il y a plus de cinquante ans que Franz Knuchel a commencé ses travaux scientifiques de la région des Siebenhengste. Un hasard heureux a fait que la topographie a souvent été faite par des spéléologues intéressés par les aspects scientifiques. Pour cette raison, les premières

Choranche im Vercors? Nein! Spaghettiwälder im Bärenschacht.

Choranche dans le Vercors? Non! Forêts de fistuleuses dans le Bärenschacht.

fossile phreatische Gänge, die von jüngeren Gerinnen angeschnitten werden. Von grossen Dimensionen und reich geschmückt wird sie leider oft touristisch begangen. Die Haglättschhöhle wurde bis 2009 nachvermessen. Aus diesem Grunde wurde auch Neuland gefunden, das bereits über einen Kilometer ausmacht. Die Haglättsch ist zurzeit 7,7 km lang bei einer Höhendifferenz von 240 m.

Innerbergli-Gopital-Hohlaub

Die Karrenfelder des Innerbergli und Gopitals wurden in den letzten Jahren und Jahrzehnten systematisch prospektiert. Das Innerbergli ist komplett abgeschlossen und wurde 2010 publiziert (Bitterli & Häuselmann 2010), im Gopital wurden alle Feldarbeiten abgeschlossen, alle drei Grosshöhlen (Réseau Stephane, Trou Marc, Trou du Claustrophobe) und auch die Kleinlöcher müssen aber noch gezeichnet und beschrieben werden. Die von der Hohgant-Sundlauenen-Verwerfung gebildete Fluh wurde ohne überraschende Resultate prospektiert. Das östlich daran anschliessende Karrenfeld des Hohlaubs, das in den 80er-Jahren prospektiert wurde, wird in jüngster Zeit wieder vom GSP bearbeitet. Es besteht immer noch Hoffnung, dort in tiefere Systeme eindringen zu können.

Schrattenfluh

In der Schrattenfluh hat die Höhlenforschung bislang noch kein vernetztes System wie in den Siebenhengsten gefunden - obwohl die Karrenfläche noch viel weitläufiger und imposanter ist (Blant et al. 1989). Einerseits liegt das wohl daran, dass die zu prospektierende Fläche so gross und die Anzahl Höhlenforscher so klein ist, andererseits konnten bislang nicht so viele übereinanderliegende fossile Phasen in den bekannten Höhlen gefunden werden - mit hin könnte es sein, dass die Situation auf der Schrattenfluh doch eine andere ist. Die bekannten Höhlen schneiden mehrere Bäche an, die aber bislang immer in Drusbergmergeln, an unpassierbaren Siphons oder in Verstrüenzen, ohne dass ein wirklich grosser Kollektor bislang gefunden wurde.

Total sind momentan an die 35 km Höhlengänge bekannt. Die drei grössten Höhlen sind (von S nach N) die Neuenburgerhöhle mit über 12 km, das Alpenschneehuhn-Höhlsystem mit über 4 km und das Warzensystem mit über 5 km Länge. Die speläologische und die wissenschaftliche Forschung ist in vollem Gange (Hapka 2010).

théories sur la formation des cavités ont pris forme dès que le premier plan a pu être dessiné. Cet intérêt scientifique a persisté et le réseau des Siebenhengste est par conséquent l'un des systèmes les mieux explorés. Une liste détaillée des résultats dépasserait le cadre de cet article. Quelques moments forts sont présentés ci-dessous et d'autres travaux sont évoqués. Les références qui s'y rapportent sont aussi complètes que possible pour que le lecteur intéressé puisse les consulter.

Le rôle de la zone inondée

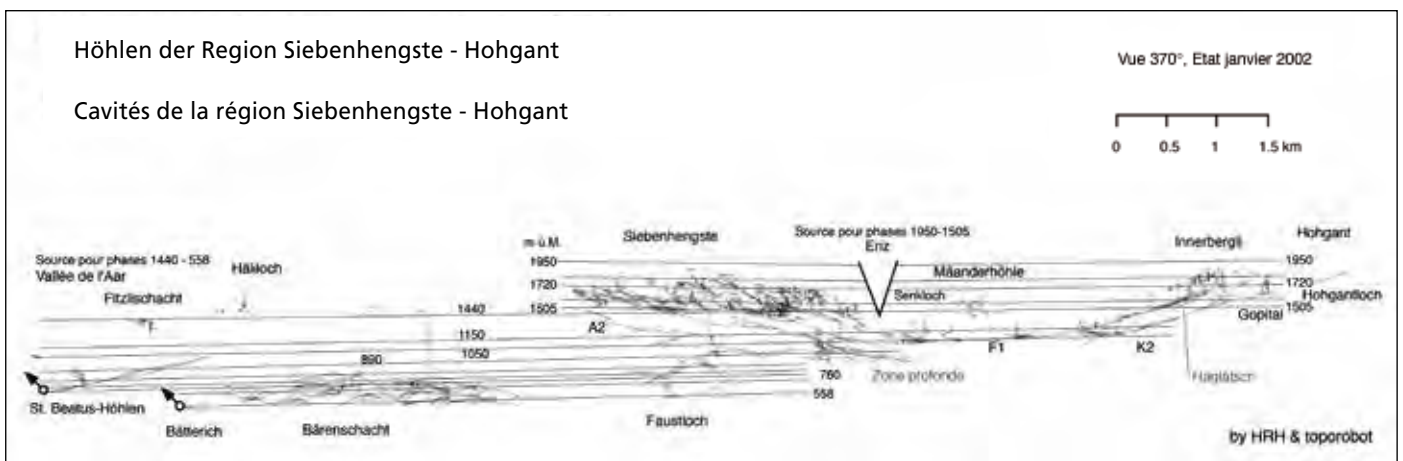
Des observations de la morphologie du Bärenschantz permettent d'élaborer un nouveau modèle de la spéléogenèse combinant les modèles incompatibles de Ford & Ewers (1978) et de Audra (1994). Il s'avère que la transition du méandre vadose au tube phréatique n'a pas lieu quand les eaux sont en bas niveau mais au sommet des hautes eaux. Pour cette raison les phases de la spéléogenèse sont inclinées vers la source. Des soutirages évacuent les galeries après les crues. Les soutirages relient les galeries devenues épiphréatiques avec les galeries situées en-dessous du niveau des basses eaux. Ils se trouvent toujours au point le plus bas des tubes ondulants, ils sont beaucoup plus petits que la galerie principale et présentent assurément des conditions épiphréatiques (Häuselmann, Jeannin & Monbaron 2003).

La formation des grottes des Siebenhengste

Les observations morphologiques ont permis il y a 25 ans déjà de postuler que les grottes se forment en trois phases (Hof, Rouiller & Jeannin 1984). Avec les observations qui ont suivi, le nombre de phases est monté à 14 (Bitterli & Jeannin 1997, Jeannin, Bitterli & Häuselmann 2000, Häuselmann et al. 2002)! Comme présenté plus haut, les niveaux des eaux karstiques qui conditionnent les phases sont inclinés de 1-2 degrés par rapport à la source. Le niveau des eaux karstiques dépendait de l'altitude de la source qui était fonction de l'altitude du fond de la vallée. Les grottes permettent ainsi de tirer des conclusions sur les conditions à la surface. Les cinq phases les plus anciennes et supérieures, situées aux altitudes actuelles de 1850, 1800, 1720, 1585 et 1505 m, présentent une direction des écoulements vers l'Eriz (Fig. 2 et 3). Pour cette raison il est probable que la vallée de l'Aar n'existait pas encore à cette époque. Mais quand cette dernière vallée s'est creusée et que le calcaire est apparu à la surface,

Fig. 3: Projektion der Höhlen zwischen Thunersee und Hohgant, mit den einzelnen gefundenen Höhlenentstehungsphasen. Diese sind gegen die Quelle zu geneigt; die ältesten fünf Phasen entwässern gegen das Eriz, die jüngeren gegen das Aaretal.

Fig. 3: Projection des grottes situées entre le lac de Thoune et le Hohgant, montrant les différentes phases de la formation des grottes. Celles-ci sont inclinées vers la source; les cinq phases les plus anciennes sont drainées vers Eriz, les plus récentes vers la vallée de l'Aar.



Wissenschaftliche Resultate

Bereits vor mehr als 50 Jahren begann Franz Knuchel mit wissenschaftlichen Arbeiten in der Region der Siebenhengste. Durch eine glückliche Fügung wurden die Vermessungen oft von wissenschaftlich interessierten Höhlenforschern durchgeführt, so dass bereits zu den Zeiten, als sich das System der Höhlen abzeichnen begann, die ersten Theorien zur Entstehung auftauchten. Dieses wissenschaftliche Interesse hielt in der Folge an, und so gehört die Region der Siebenhengste zu einem der besterforschten Höhlensysteme in dieser Hinsicht. Es würde zu weit führen, in diesem Artikel alle Ergebnisse detailliert aufzulisten. Einige Highlights werden vorgestellt und andere Arbeiten gestreift. Die verfügbare Literatur wird jedoch soweit als möglich angegeben, damit der interessierte Leser die Originalarbeiten auch finden kann.

Die Rolle der Überflutungszone

Beobachtungen der Morphologie im Bärenschacht erlauben, ein neues Modell der Höhlenentstehung zu formulieren, das die bisherigen unvereinbaren Modelle von Ford & Ewers (1978) und Audra (1994) miteinander kombinieren kann. Es wurde festgestellt, dass der Übergang von vadosem Mäander zu phreatischer Röhre nicht am Niedrigwasserspiegel, sondern am Top der Hochwasserzone erfolgt. Aus diesem Grund sind die Höhlenentstehungsphasen zur Quelle hin geneigt. Sogenannte Soutirages leeren die Gänge nach dem Hochwasser wieder. Die Soutirages verbinden somit die epiphreatisch gewordenen Gänge mit denjenigen unterhalb des Niedrigwasserspiegels. Sie befinden sich immer am tiefsten Punkt der undulierenden Röhre, sind viel kleiner als der Hauptgang und zeigen mit Sicherheit epiphreatische Bedingungen an (Häuselmann, Jeannin & Monbaron 2003).

Die Entstehung der Siebenhengste-Höhlen

Beobachtungen der Morphologie erlaubten bereits vor 25 Jahren (Hof, Rouiller & Jeannin 1984), eine Entstehung der Höhlen in drei Phasen zu postulieren. Weitergehende Beobachtungen liessen die Anzahl der höhlenbildenden Phasen auf momentan 14 Stück anwachsen (Bitterli & Jeannin 1997, Jeannin, Bitterli & Häuselmann 2000, Häuselmann et al. 2002)! Wie oben erläutert, sind die Karstwasserspiegel, die die Phasen bedingten, zur Quelle hin um 1-2 Grad geneigt. Die Karstwasserspiegel waren von der Höhe der Quelle abhängig und diese wiederum vom Talboden. Die Höhlen erlauben also direkt Rückschlüsse auf das Geschehen an der Oberfläche. Die ältesten und obersten fünf Phasen, auf der heutigen Höhenlage von über 1850, 1800, 1720, 1585 und 1505 m ü.M., zeigen eine Fliessrichtung gegen das Eriz hin (Fig. 2 und 3). Aus diesem Grund ist es wahrscheinlich, dass das Aaretal damals noch nicht existierte. Als dieses sich aber einzutiefen begann und der Kalk an die Oberfläche kam, drehte die unterirdische Entwässerung um, und die nächste Phase 1440 entstand. Es ist aufgrund der Neigung der Phase (die hier allerdings extrapoliert wurde und nicht belegt ist) wahrscheinlich, dass zumindest eine Zeitlang die Phasen 1440 und 1505 parallel aktiv waren, dass sich also eine Quelle im Eriz und eine im Aaretal befand. Die



Photo: D. Burkhalter

Stimmungsbild aus dem Bärenschacht.

Image d'ambiance du Bärenschacht.

le drainage des eaux souterraines a tourné et la phase 1440 suivante a débuté. Sur la base de l'inclinaison de cette phase (que l'on a extrapolé ici sans la démontrer) il est probable que les phases 1440 et 1505 ont existé en parallèle, c'est-à-dire qu'il y avait une source à Eriz et une source dans la vallée de l'Aar. Les huit phases suivantes (1140, 1050, 890, 805, 760, 700, 660, 558) se trouvaient ou se trouvent toutes dans la vallée de l'Aar.

La structuration en phases décrite ici est basée sur des observations dans les grottes des Siebenhengste et celles au sud de cette région. Mais des évaluations statistiques des données de petites grottes proches de la source permettent aussi des déductions sur le niveau des fonds de vallée. Il n'est donc pas absolument nécessaire de prendre en compte une grotte géante pour construire un tel modèle. Cela peut s'avérer utile pour une région pauvre en grottes.

Il est captivant de voir que les derniers travaux dans la région Gopital/Haglättsch indiquent que le drainage a d'abord eu lieu de l'est vers l'ouest avant de tourner dans la direction nord-sud (ou sud-ouest).

Un travail (Häuselmann 2008) s'est basé sur les limites de zones dessinées en 1976 sur le lapiaz de l'Innerbergli pour estimer l'intensité de la corrosion due à l'eau de pluie (Fig. 4). Les données fluctuent fortement, la valeur moyenne est de 0,014 mm/an.

Datations et glaciations

Quand Thomas Bitterli écrivit son premier essai de synthèse il n'avait pas encore de données de datation absolue du réseau... Le constat d'un grand âge des grottes ne se basait que sur des déductions de morphologie et de sédimentologie (découverte de dépôts erratiques à 1600 m d'altitude, Jeannin 1991). De tels travaux sont importants, car ils permettent de corréliser une donnée de l'âge absolu avec les événements dans et autour des grottes. Dans ce contexte les grottes de St-Béat sont les mieux étudiées (Häuselmann 2002): les profils des sédiments ont ici été corrélés avec le développement morphogénétique de la grotte. Cela permet de mettre en relation des profils sédimentaires indépendants les uns des autres et d'établir

Fig. 4: Korrosion neben der aufgemalten Farbe: Auch Zonen-grenzen können für die Wissenschaft nützlich sein.



Fig. 4: Corrosion à côté de la marque de peinture: les limites de zone sont aussi intéressantes scientifiquement.

nächsten acht Phasen (1140, 1050, 890, 805, 760, 700, 660, 558) befanden resp. befinden sich alle im Aaretal.

Die vorliegende Phasologie stützt sich auf Beobachtungen in den Höhlen der Siebenhengste und südlich hiervon. Es zeigte sich jedoch, dass auch statistische Auswertungen von Kleinhöhlen in der Quellregion Aufschlüsse auf Talbodenstände geben. Es ist deshalb für eine solche Rekonstruktion nicht unbedingt nötig, auf eine Riesenhöhle zurückgreifen zu müssen. Dies kann in höhlenärmeren Gegenden von grossem Nutzen sein.

Spannenderweise deuten die letzten Forschungen in der Region Gopital/Haglättsch darauf hin, dass die Entwässerung zuerst von Osten nach Westen, später dann von Norden nach Süden (oder Südwesten) verlief.

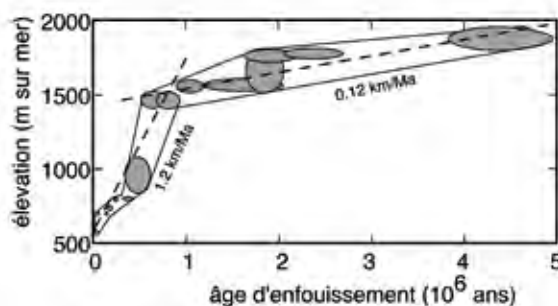
Eine kleine Arbeit (Häuselmann 2008) benutzte die anno 1976 an die Karren des Innerbergglis gemalten Zonengrenzen, um die aktuelle Korrosion des Regenwassers abzuschätzen (Fig. 4). Die Resultate schwanken stark, der ermittelte Mittelwert liegt aber bei 0,014 mm/Jahr.

Datierungen und Vergletscherungen

Zum Zeitpunkt, als Thomas Bitterli seinen ersten Versuch einer Synthese schrieb, gab es noch ... keine einzige absolute Datierung des Höhlensystems. Einzig aufgrund von morphologischen Überlegungen und sedimentologischen Befunden (Funde von kristallinen Erratikern auf 1600 m ü.M.) konnte auf ein hohes Alter der Höhlen geschlossen werden (Jeannin 1991). Solche Arbeiten wurden weitergeführt, denn sie sind sehr wichtig, um ein erhaltenes absolutes Alter mit den Ereignissen in und um die Höhlen korrelieren zu können. In dieser Beziehung ist die St. Beatus-Höhle wohl am besten untersucht (Häuselmann 2002): Hier wurden Sedimentprofile mit der morphogenetischen Entwicklung der Höhle korreliert. Auf diese Weise konnten mehrere a priori unabhängige Sedimentprofile miteinander verknüpft werden und eine relative Chronologie erstellt werden. Die Datierung dieser relativen Chronologie erlaubte sodann, einerseits die Zuverlässigkeit

Fig. 5: Taleintiefungs-raten der Region: Nicht nur können wir mithilfe von Höhlen die Taleintiefung abschätzen, sondern auch deren Geschwindigkeit!

Fig. 5: Vitesses de creusement des vallées pour la région: Grâce aux grottes nous pouvons non seulement estimer le creusement mais aussi en chiffrer la vitesse.



une chronologie relative. La datation de cette chronologie a alors permis de tester la fiabilité des âges et de la chronologie d'une part et de déterminer l'âge absolu d'autre part. Les résultats sont assez spectaculaires : ils ont mis en évidence six avances glaciaires et quatre abaissements de vallées pour les 400'000 années passées (Häuselmann et al. 2008). De telles informations pour un lieu donné ne sont pratiquement pas accessibles en dehors des grottes. Mais ce travail n'a pas été le seul effectué dans les grottes de St-Béat. Une monographie présentée au public en 2004 contient beaucoup de résultats scientifiques acquis dans la grotte ces 60 dernières années.

Dans le projet qui a succédé, on a procédé à la datation des sédiments des phases les plus anciennes au moyen de nucléides d'origine cosmique. Ces datations ont permis d'esquisser l'âge des abaissement des vallées et l'évolution géomorphologique de la surface (Häuselmann et al. 2007). Le plus vieux sédiment des Siebenhengste, trouvé dans la phase 1800, est vieux de 4,4 millions d'années. Par comparaison, le creusement de la vallée à Eriz a été lent (env. 0,15 mm/an). La formation de la vallée de l'Aar s'est ébauchée il y a environ 1,5 million d'années, le changement du drainage des eaux s'est produit il y a environ 800'000 ans. L'abaissement de la vallée s'est produit relativement rapidement depuis (1 mm/an, Fig. 5). Ces données de datation du réseau des Siebenhengste en font un des rares réseaux ayant de bonnes données de datation. Cette étude a en même temps fourni un début de détermination de la morphogenèse de la région du lac de Thoun – ce qui n'est pas possible sans les données provenant des grottes.

En se basant sur des investigations détaillées faites sur le terrain et sur la comparaison d'échantillons cristallins, le travail de thèse de Christian Gnägi (2008) a permis de déterminer que quelques galets trouvés aux Siebenhengste et au Stockhorn au sud-ouest proviennent du Haut-Valais et du Valais central. En contrepartie quelques galets du Stockhorn proviennent du Valais central et du Bas-Valais. Christian a pu ainsi montrer que les grosses coulées glaciaires allant du sud vers le nord ont franchi la ligne actuelle de partage des eaux avant le creusement de la vallée du Rhône (telle qu'elle existe aujourd'hui) – un résultat vraiment spectaculaire! La datation des galets cristallins les plus anciens trouvés dans les grottes donne un âge de juste 2 millions d'années – cela signifie que les glaciers ont probablement atteint les Siebenhengste au début des périodes glaciaires.

Le futur?

Les activités principales à venir seront la topographie et la documentation des réseaux souterrains. Il y a du travail qui attend les spéléologues pour des décennies. Ce n'est que avec un tel fondement, comparable à une carte géographique, qu'il est possible de faire une recherche scientifique sur la genèse et les sédiments. Même si l'on ne dispose que de données sur des parties de grottes, celles-ci sont les éléments d'un puzzle qui répond à la question : que s'est-il passé et quand ?

Il manque encore les réponses à d'autres questions. Il va de soi qu'il faut affiner les datations, et les mesures d'isotopes stables vont éclairer l'étude de l'évolution du climat.

Il reste encore assez de travail, et nous pouvons attendre avec intérêt le prochain "Essai d'une synthèse". ♦

der Alter sowie der Chronologie selbst zu testen und andererseits absolute Alter zu erhalten. Die Resultate sind recht spektakulär, indem sechs Gletschervorstöße und vier Taleintiefungen innerhalb der letzten 400'000 Jahre nachgewiesen werden konnten (Häuselmann et al. 2008). Solche Informationen aus einer einzigen Lokalität sind ausser in Höhlen kaum vorhanden.

Diese Arbeit war aber nicht die einzige, die in den St. Beatus-Höhlen durchgeführt wurde. In den letzten 60 Jahren wurden sehr viele wissenschaftliche Erkenntnisse in der Höhle gewonnen, die 2004 in einer Monographie dem Publikum vorgestellt werden konnte.

Als Nachfolgeprojekt erfolgten Datierungen mit kosmogenen Nukliden an Sanden aus den älteren Phasen. Diese erlaubten, das Alter der Taleintiefungen und der geomorphologischen Entwicklung der Oberfläche zu skizzieren (Häuselmann et al. 2007). Das älteste Sediment der Siebenhengste, gefunden in Phase 1800, ist 4,4 Millionen Jahre alt. Die Taleintiefung im Eriz geschah vergleichsweise langsam (mit ca. 0,15 mm/Jahr). Das Aaretal bildete sich vor vermutlich 1,5 Millionen Jahren in Ansätzen aus, vor ca. 800'000 Jahren erfolgte der Wechsel der Entwässerung, und seither geschah die Taleintiefung vergleichsweise schnell (1 mm/Jahr, Fig. 5). Mit diesen Daten stellen die Siebenhengste eines der ganz wenigen gut datierten Höhlensysteme dar. Gleichzeitig konnte durch diese Arbeit die Morphogenese des Raumes Thunersee zumindest ansatzweise bestimmt werden - eine Arbeit, die ohne Daten aus Höhlen nicht machbar ist.

Die Dissertation von Christian Gnägi (2008) konnte durch detaillierte Feldarbeit und Vergleiche von kristallinen Geröllen von den Siebenhengsten und dem Stockhorn SW des Thunersees feststellen, dass einige Gerölle der Siebenhengste aus dem Ober- bis Mittelwallis stammen. Dahingegen stammen einige Gerölle des Stockhorns aus dem Mittel- bis mittleren Unterwallis. Damit konnte Christian zeigen, dass zu Beginn der Eiszeiten die grossen Eisströme von Süd nach Nord über die heutige Wasserscheide und über das (in der heutigen Form noch nicht existierende) Rhonetal hinwegführten - mithin ein recht spektakuläres Resultat! Die Datierung des bislang ältesten aufgefundenen Kristallingerölles in Höhlen zeigt ein Alter von knapp 2 Millionen Jahren - demgemäss müssten die damaligen Gletscher wohl zu Beginn der Eiszeiten auf die Siebenhengste gelangt sein.

Die Zukunft?

Weitergehende Hauptarbeit wird auch in Zukunft Vermessung und speläologische Dokumentierung der Höhlensysteme sein. Hier wartet noch Arbeit für Jahrzehnte auf die Forscher. Erst diese Grundlage, vergleichbar mit dem Erstellen einer Landkarte, erlaubt eine wissenschaftliche Forschung über Entstehung und Sedimente. Auch wenn in Zukunft nur einzelne Höhlenteile dokumentiert werden, so sind dies auch Teile eines Puzzles, das Antwort geben wird auf die Frage: Was war wann?

Andere Fragen sind aber auch noch nicht beantwortet. Selbstverständlich kann auch die Datierung noch verfeinert werden, und allfällige Studien von stabilen Isotopen werden mehr Licht in die Klimaentwicklung bringen.

Es bleibt noch genug zu tun, und wir können mit Spannung den nächsten „Versuch einer Synthese“ erwarten. ♦

Bibliographie

- AUDRA, PH. (1994): Karsts alpins - Genèse de grands réseaux souterrains. - *Karstologia Mémoires*, 5, 280 p.
- BITTERLI, T. (1988): Das Karstgebiet Sieben Hengste - Hohgant: Versuch einer Synthese. - *Stalactite*, 38(1/2), 10-22.
- BITTERLI, T. & JEANNIN, P.-Y. (1997): Entwicklungsgeschichte der Höhlen im Gebiet Hohgant-Sieben Hengste-Thunersee (Berner Oberland, Schweiz). - *Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, La Chaux-de-Fonds (Switzerland)*, 1, 349-354.
- BITTERLI, T. & HÄUSELMANN, PH. (2010): Die Höhlen des Innerbergli. - *Höhlenforschung im Gebiet Sieben Hengste-Hohgant*, 8, 440 p.
- BLANT, D., DERIAZ, P., HAPKA, R. & JEANNIN, P.-Y. (1989): Schratzenfluh (Flühli, LU): une première vision d'ensemble du secteur Böli-Oberschlag. - *Stalactite*, 39(2), 78-91.
- FILIPPONI, M. (2009): Spatial analysis of karst conduit networks and determination of parameters controlling the speleogenesis along preferential lithostratigraphic horizons. PhD thesis, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.
- FILIPPONI, M., PARRIAUX, A., SCHMASSMANN, S. & JEANNIN, P.-Y. (2012): KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren im Untertagbau. - *Forschungsauftrag Fachgruppe Untertagbau 1395, Bundesamt für Strassen*, 200 p.
- FORD, D.C. & EWERS, R.O. (1978): The development of limestone cave systems in the dimensions of length and depth. - *Can. J. Earth Sci.* 15, 1783-1798.
- FUNCKEN, L. (1994): Bärenschacht - plus de 36 kilomètres post-siphon. Une exploration hors du commun. - *Stalactite*, 44(2), 55-81.
- FUNCKEN, L. (1997): Explorations récentes au Faustloch, réseau des Sieben Hengste, Suisse. - *Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, La Chaux-de-Fonds (Switzerland)*, 4, 7-8.
- GERBER, M., BITTERLI, T., JEANNIN, P.-Y. & MOREL, PH. (1994): A2 Loubenegg. - *Höhlenforschung im Gebiet Sieben Hengste-Hohgant*, 3, 62 p.
- GNÄGI, CH. (2008): Hochgelegene Lockergesteine am bernischen Alpenrand. - PhD thesis, University of Bern, 2008, 133 p.
- HÄUSELMANN, PH. (2002): Cave genesis and its relationship to surface processes: Investigations in the Siebenhengste region (BE, Switzerland). PhD thesis, Université de Fribourg.
- HÄUSELMANN, PH. (2008): Surface corrosion of an Alpine karren field: recent measures at Innerbergli (Siebenhengste, Switzerland). - *Int. Journal of Speleology*, 37(2), 107-111.
- HÄUSELMANN, PH., JEANNIN, P.-Y., MONBARON, M. & LAURITZEN, S.E. (2002): Reconstruction of Alpine Cenozoic paleorelief through the analysis of caves at Siebenhengste (BE, Switzerland). - *Geodinamica Acta*, 15, 261-276.
- HÄUSELMANN, PH., OTZ, M. & JEANNIN, P.-Y. (2003): A review of the dye tracing experiments done in the Siebenhengste karst region (Bern, Switzerland). - *Eclogae geol. Helv.*, 96, 23-36.
- HÄUSELMANN, PH., JEANNIN, P.-Y. & MONBARON, M. (2003): Role of epiphreatic flow and soutirages in conduit morphogenesis: the Bärenschacht example (BE, Switzerland). - *Z. Geom.*, 47(2), 171-190.
- HÄUSELMANN, PH., BITTERLI, T. & HÖCHLI, B. (2004): Die St. Beatus-Höhlen: Entstehung, Geschichte, Erforschung. *Allschwil: Speleo Projects*, Pages.
- HÄUSELMANN, PH. & TOGNINI, P. (2005): Kaltbach Cave (Siebenhengste, Switzerland): Phantom of the sandstone? - *Acta Carsologica*, 34(2), 383-396.
- HÄUSELMANN, PH., GRANGER, D.E., JEANNIN, P.-Y. & LAURITZEN, S.E. (2007): Abrupt glacial valley incision at 0.8 Ma dated from cave deposits in Switzerland. - *Geology*, 35(2), 143-146.
- HÄUSELMANN, PH., LAURITZEN, S.E., JEANNIN, P.-Y. & MONBARON, M. (2008): Glacier advances during the last 400 ka as evidenced in St. Beatus Caves (BE, Switzerland). - *Quaternary International*, 189(2008), 173-189.
- HAPKA, R. (2010): 1959-2009: 50 années d'explorations neuchâtoises à la Schratzenfluh. - *Stalactite* 60 (2), 3-12.
- HOF, A., ROUILLER, PH. & JEANNIN, P.-Y. (1984): Le Réseau. - *Höhlenforschung im Gebiet Sieben Hengste-Hohgant*, 0, 106 p.
- JEANNIN, P.-Y. (1989): Etude géologique de la région Burst-Sieben Hengste. Unpublished Diploma thesis, University of Neuchâtel.
- JEANNIN, P.-Y. (1991): Mise en évidence d'importantes glaciations anciennes par l'étude des remplissages karstiques du Réseau des Siebenhengste (chaîne bordière helvétique). - *Eclogae geol. Helv.*, 84(1), 207-221.
- JEANNIN, P.-Y., BITTERLI, T. & HÄUSELMANN, PH. (2000): Genesis of a large cave system: the case study of the North of Lake Thun system (Canton Bern, Switzerland). In: A. Klimchouk, D. C. Ford, A. N. Palmer, & W. Dreybrodt (Eds.), *Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers* (pp. 338-347). Huntsville: NSS.
- LOWE, D.J. (1992): The origin of limestone caverns: an inception horizon hypothesis. Unpublished PhD thesis, Manchester Polytechnic, England.
- ROUILLER, PH. (1983): F1-K2. - *Stalactite*, 33(1), 28-37.
- SGHBERN (1980): Eine neue Höhle im Hohgantgebiet (Berner Oberland): Haglättschhöhle. - *Stalactite*, 30(2), 51-53.
- WORTHINGTON, S.R.H. (1991): Karst hydrogeology of the Canadian Rocky Mountains. Unpublished PhD thesis, McMaster University, Hamilton, Ontario CA.