Zeitschrift: NAGON / Naturforschende Gesellschaft Ob- und Nidwalden
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Ob- und Nidwalden
Band: 1 (1997)

Artikel: Karst im Brüniggebiet
Autor: Wildberger, Andres
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1006691

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Karst im Brüniggebiet

Abb. 1
Senke von Ober Brünig mit temporärem Seelein während der Schneeschmelze 1997.

Andres Wildberger

Im Brüniggebiet entwässern etwa 15 km² unterirdisch zu diversen Karstquellen im Aaretal (BE) und bei Lungern (OW). Im grössten Austritt, der Funtenen-Quelle, tritt Wasser mit einem mittleren Alter von 10 bis 15 Jahren zutage. Trotz einer Reihe von Markierversuchen ist es nicht gelungen, dieser aussergewöhnlichen Quelle ein klar umrissenes Einzugsgebiet zuzuordnen; auf Grund von Isotopenmessungen und überschlägigen Wasserbilanzen wird postuliert, dass das Wasser der Funtenen-Quelle einem Kluftwasserträger entstammt, welcher mit den Karstsystemen im Gebiet Graustock–Melchsee–Brünig verbunden ist.

Wenn man zu Fuss oder mit der Bahn im Gebiet des Brünigpasses unterwegs ist, fällt ein spezielles Landschaftselement auf: Als Weide oder Mähwiesen genutzte, allseitig geschlossene Senken, in denen zufliessende Bäche im Untergrund verschwinden. Diese Mulden und die unterirdische Entwässerung sind klassische Phänomene einer Karstlandschaft. Im Gegensatz zu höhergelegenen Kalkgebieten springen Kleinformen der Verkarstung, insbesondere von Karren durchfurchte Felsen, weniger ins Auge, da die Vegetationsdecke stark entwickelt ist und es sich somit um einen sogenannten Grünkarst handelt (Blessing 1976).
Nicht in jedem Karstgebiet gibt es Bäche. Bedingt durch den vielfältigen geologischen Untergrund kann sich im Brüniggebiet lokal das Niederschlagswasser zu Bächen sammeln, die erst beim Erreichen von verkarstetem Areal versinken. Das teils intakte, teils desintegrierte oder fehlende Netz von Oberflächengewässern weist das Brüniggebiet dem Typ des sogenannten Halbkarstes zu.
Dolinen – trichterförmige, meist weniger als zehn Meter Durchmesser und zwei Meter Tiefe aufweisende Einsenkungen – haben sich hauptsächlich in Lockergesteinen (v.a. Moräne) über kalkigem Fels (in erster Linie Quintner Kalk) entwickelt. Einige Vertreter dieses Karstphänomens sind mit permanenten oder periodisch aktiven Schlucklöchern kombiniert.
Der Wald stockt in Steilhängen und in jenen Geländeteilen, in denen der Kalkfels zutage tritt oder nur wenig unter der Oberfläche liegt. Das landwirtschaftlich genutzte Land beschränkt sich in der Regel auf Gebiete mit Lockergesteinsunterlage (insbesondere Moräne) oder auf jene, wo leichter verwitterbare Gesteine wie Mergel den Untergrund aufbauen.
Geländemulden sind generell an lithologischen Grenzen (beispielsweise zwischen Quintner Kalk einerseits und Zementstein-Schichten/Palfris-Mergel andererseits wie beim Sewli westlich des Höch Schild) angelegt oder an Störungen respektive an die Kreuzung von Störungen verschiedener Richtung gebunden (z.B. Senke von P. 1030 Ober Brünig). Die Übertiefung der Mulden verdanken wir einer Kombination von Erosion durch den Brüniglappen des eiszeitlichen Aaregletschers und Gesteinslösung durch die aggressiven Niederschlags-, Schneeschmelz- und Sickerwässer.
Einige der Senken sind durch Moränen und nach-

Abb. 1

eiszeitliche Ablagerungen (feinkörniges Material von Bachschwemmkegeln, Sumpfablagerungen u.s.w.; **Hantke** 1987 postuliert gar nacheiszeitlich verlandete Seen mit entsprechenden Sedimenten) mehr oder weniger abgedichtet, so dass bei grossem Wasserandrang – besonders während der Schneeschmelze – die Kapazität einiger Schluckstellen überschritten wird und sich temporäre Seen bilden können. Solche Seen entstehen regelmässig in den Mulden von Sewli (NE Brünigpass), Brünig (S und SW Matti sowie E Oberhus), Gspan und Ober Brünig (bei P. 1030), in der Mulde von Sewli (W Höch Schild) existiert gar ein permanenter Teich. Bei Hochwasser können einzelne dieser bis mehrere Meter tiefen Seen in benachbarte Mulden überlaufen. Die Gesamtfläche der verschiedenen, temporären Seen beträgt nahezu 15 ha.

Der eiszeitliche Gletscher hat aber nicht nur in den Mulden eine Moränendecke hinterlassen, sondern auch in den übrigen Gebieten findet sich verbreitet ein Moränenschleier. Dies hat zur Folge, dass trotz der ausgeprägten Verkarstung nur sehr wenige Höhlen bekannt geworden sind, da allfällige Eingänge oft durch eisverfrachtete Blöcke verstopft sind. Die mit 3 km vermessener Länge weitaus grösste Höhle im Brüniggebiet – die Klufthöhle Hasliberg (BE) – ist denn auch zu einem wesentlichen Teil nacheiszeitlich durch Sackungsbewegungen der Felsmassen über dem Aaretal entstanden und kann deshalb nicht den eigentlichen Karsthöh-

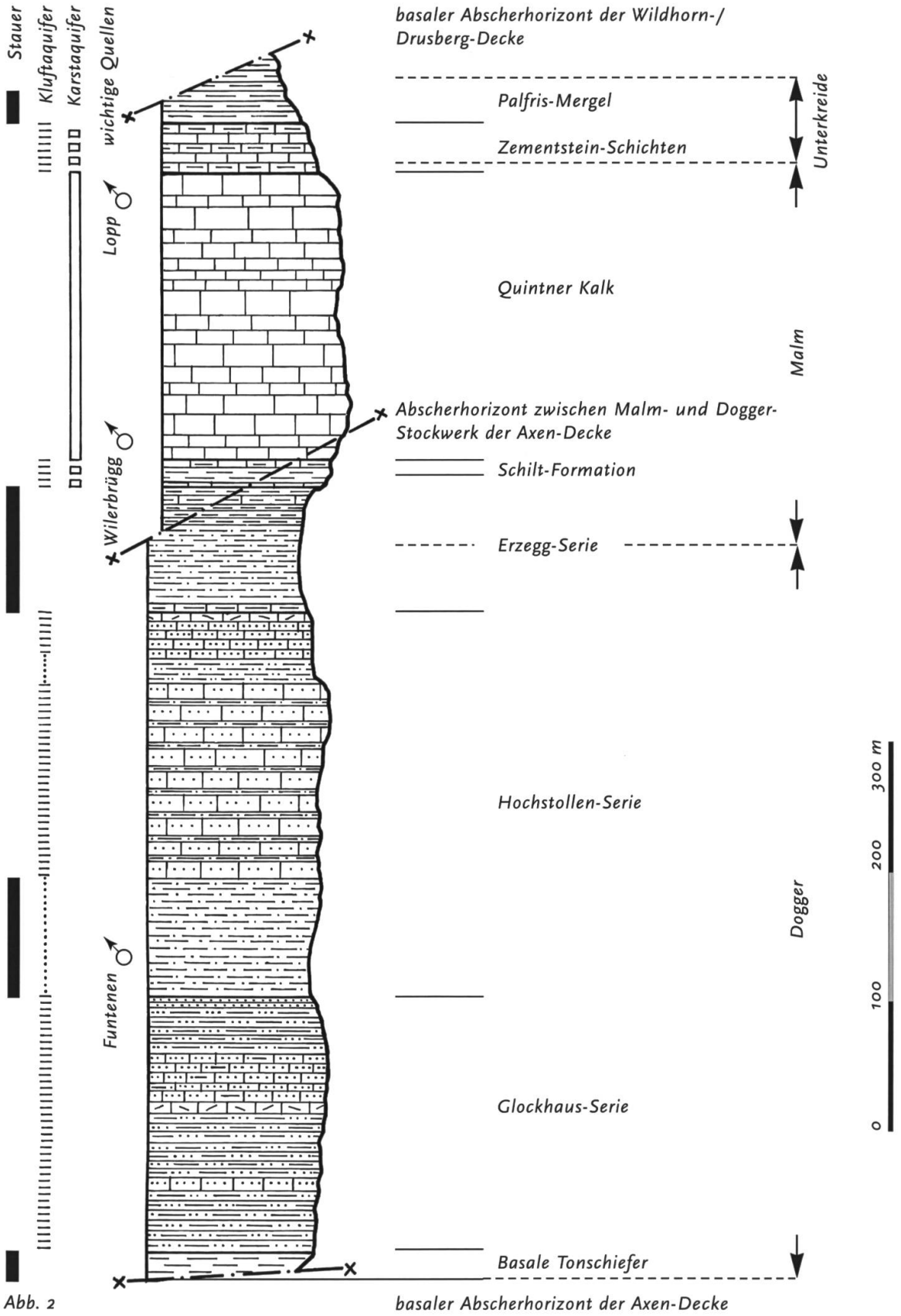
Stauer
Kluftaquifer
Karstaquifer
wichtige Quellen
Lopp
Wilerbrügg
Funtenen
basaler Abscherhorizont der Wildhorn-/ Drusberg-Decke
Palfris-Mergel
Zementstein-Schichten
Unterkreide
Quintner Kalk
Malm
Abscherhorizont zwischen Malm- und Dogger-Stockwerk der Axen-Decke
Schilt-Formation
Erzegg-Serie
Hochstollen-Serie
Dogger
Glockhaus-Serie
Basale Tonschiefer
basaler Abscherhorizont der Axen-Decke
0
100
200
300 m

Abb. 2

Abb. 2
Schematisches, stratigraphisches Sammelprofil der Axen-Decke im Brüniggebiet (geologische Angaben zusammengestellt nach **Hänni** *et al. 1997,* **Kugler** *1987,* **Rod** *1937,* **Staeger** *1944,* **Tröhler** *1966).*

len zugerechnet werden (**Wildberger** & **Preiswerk** 1997).

Geologische Verhältnisse

Zwischen Aaretal im Süden und Lungern im Norden steht eine Gesteinsabfolge aus der Dogger- und der Malmzeit an (Abb. 2), welche strukturell dem Raum der Axen-Decke zugewiesen wird (die Trennlinie zur Wildhorn-/Drusberg-Decke wird hier neuerdings innerhalb der unterkretazischen Palfris-Mergel gezogen, welche das Malm- und Dogger-Stockwerk (= Axen-Decke) vom Kreide-Stockwerk (= Wildhorn-/Drusberg-Decke) trennen, vgl. z.B. **Hänni** et al. 1997). Die so definierte Grenze zwischen Axen-Decke und Wildhorn-/Drusberg-Decke zieht vom Dorf Melchtal ins hintere Kleine Melchtal, weiter über Hüttstett nach Lungern, unter dem Wilerhorn durch nach Brienz, wo die Grenze schief den Brienzer See quert und in Bönigen wieder das Ufer erreicht.

Das Dogger-Stockwerk der Axen-Decke (Basale Tonschiefer bis Erzegg-Serie/Schilt-Formation) liegt im Brüniggebiet als ein komplex gebauter Stapel von liegenden Faltenhaufen vor (**Tröhler** 1966). Das Malm-Stockwerk (Schilt-Formation bis Palfris-Mergel) hat sich weitgehend vom stratigraphisch darunterliegenden Dogger gelöst und weist viele Falten und Schuppen mit einem komplizierten Innenbau auf (**Staeger** 1944).

Das Tal zwischen Giswil und dem Brünigpass, besonders deutlich im Bereich des westlichen Übergangs vom Talboden zur Bergflanke, wird von einem System von Horizontalverschiebungen begleitet. Weitere Brüche zerlegen das bereits recht komplizierte Grundmuster zusätzlich (**Schindler** 1980; **Schindler** & **Kellerhals** in **Colombi** et al. 1985). Die generell leicht nach NNW eintauchenden Falten und verbogenen Schuppen weisen sowohl von WSW wie von ENE her mit wenigen Grad in Richtung Brünig einfallende Achsen auf. Die Axialdepression streicht vom Brünig weiter zum Gebiet der Klippen von Giswil.

Für die unterirdischen Wasserbahnen von überragender Bedeutung ist der Quintner Kalk, eine gut verkarstungsfähige Serie von über 200 m Mächtigkeit (vgl. Abb. 2). Die Sand- und Kieselkalke der Hochstollen-Serie stellen ebenfalls einen Leiter von Gebirgsgrundwasser dar; im Gegensatz zum von Klüften und höhlenartigen Lösungshohlräumen durchzogenen Quintner Kalk beruht die Durchlässigkeit der Hochstollen-Serie aber praktisch ausschliesslich auf der Permeabilität der Klüfte.

Die weiteren Gesteinsformationen sind nur untergeordnet Wasserleiter oder spielen gar die Rolle von Stauhorizonten. Allerdings wirkt sich der komplizierte Gebirgsbau dahingehend aus, dass die stauende Wirkung von mergeligen Einheiten oft nur von lokaler Natur ist und die Wässer durch Bruchsysteme von einer Schuppe zur nächsten oder gar von einem Stockwerk zum andern gelangen können.

Der Brünig ist während den Eiszeiten mehrfach von einem Lappen des Aaregletschers überfahren und -schliffen worden (**Hantke** 1987). In der coupierten Landschaft zwischen dem Aaretal und dem Lungerer See finden sich nirgends grössere An-

Abb. 3
Der über die Ufer getretene Lopp fliesst durch das Fabrikareal der neuen Holzbau AG in Lungern-Obsee (Hochwasser vom 13. – 15. Februar 1990); Foto R. Gasser.

häufungen von Lockergesteinen. Verbreitet ist ein durch kristalline Blöcke charakterisierter Schleier von Moränenmaterial des letzteiszeitlichen Aareeises. In einigen Senken wird durch diese Moräne der verkarstete Untergrund soweit abgedichtet, dass bei grossem Wasserandrang - wie bereits erwähnt - vorübergehend Seen entstehen können.
Gut durchlässige Schutthalden begleiten die meisten der verschiedenen Felsbänder aus Quintner Kalk. Hydrogeologisch von grösserer Bedeutung sind aber die Talfüllungen im Becken von Lungern und zwischen Meiringen und dem Brienzer See. Nach seismischen Untersuchungen reicht die Felsgrenze bei Lungern bis unter 600 m ü.M. hinunter, gegenüber der Felsschwelle von Kaiserstuhl ergibt sich also eine Übertiefung von ca. 100 m (**Bodmer** et al. 1996). Im Becken von Lungern sind bis einige Dutzend Meter Seebodenlehme abgelagert worden. Bei Obsee schieben sich über diese feinkörnigen Sedimente gut wasserdurchlässige, kiesige Bachablagerungen des Lauibachs gegen den See hin vor. Dieser genutzte Lockergesteinsaquifer steht in Verbindung mit dem Karstsystem des Lopp, welcher am Rand des Felsrückens aus Quintner Kalk, auf dem die Kirche Lungern steht, entspringt. Im Aaretal liegt die Felssohle am oberen Ende des Brienzer Sees um 100 m ü.M. (**Matter** et al. 1973), westlich Hüsen bei Meiringen um 200 m ü.M. (**Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern** 1994), die Lockergesteinsmächtigkeit erreicht an diesen Stellen also um 400 m. Die gut permeablen Areschotter als eines der jüngsten Glieder der Lockergesteinsfüllung stehen verschiedenenorts mit den Wassersystemen in den Felsformationen der Talflanken in Kontakt (Funtenen, Wilerbrügg, vgl. **Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern** 1994).

Die verschiedenen unterirdischen Abflusssysteme

Die Vorkommen von Quintner Kalk zwischen Engelberg und dem Aaretal bei Brienz sind intensiv verkarstet. Hydrogeologisch wirken der Schuppenbau und die Taleinschnitte als Grenzen einzelner Abflusssysteme. Im Brüniggebiet werden ca. 15 km^2 – gelegen zwischen 2000 (Wilerhorn, Gibel) und 600 m ü.M. (Aaretal) – unterirdisch entwässert. Ein grosser Teil dieser subterran abfliessenden Wässer sammelt sich vorerst in oberirdischen Bächen (sowohl im Areal der Wildhorn-/Drusberg- wie der Axen-Decke) und versinkt erst beim Erreichen des Kalkes (in erster Linie Quintner Kalk der Axen-Decke) im Untergrund. Dieses Nebeneinander von punktueller Infiltration am Rande von Kalkarealen (allogene Speisung) und diffuser Infiltration innerhalb derselben (autigene Speisung) ist typisch für die Karstsysteme des Brüniggebiets. Aus einem voralpinen Einzugsgebiet (mittlere Höhe um 1200 m ü.M. und entsprechender Jahresmitteltemperatur von etwa 5,5°C, **Kirchhofer** 1982) mit einem jährlichen Niederschlag von rund 1,9 m (**Kirchhofer** & **Sevruk** 1992) und einer approximativen Verdunstungsrate von 0,4 m (**Gombert** 1995) ist ein spezifischer Abfluss von knapp 50 $l/s \cdot km^2$ zu erwarten. Extrapoliert auf das Einzugsgebiet der Karstsysteme des Brünig von ungefähr 15 km^2

Abb. 3

sind es also grössenordnungsmässig 0,7 m^3/s.
Diese grosse Wassermenge muss irgendwo wieder zutage treten. Tatsächlich sind am Rande des Karstgebietes eine Reihe von bedeutenden Quellen bekannt, welche sich mit einer Ausnahme durch ihre grossen und abrupten Schüttungsschwankungen als Karstquellen zu erkennen geben. Die Ausnahme bildet die bezüglich mittlerem Abfluss grösste Quelle des Brüniggebietes, die Funtenen-Quelle (Mittel 0,4 m^3/s). Diese am Rande der Aareebene zwischen Hüsen und der Wilerbrügg liegende Quelle (vgl. Abb. 4) weist ausserordentliche Eigenschaften auf, welche im folgenden Kapitel kurz vorgestellt werden.
Auf der Berner Seite weist nur noch die aus einer spaltenförmigen Höhlung austretende Quelle bei der Wilerbrügg zeitweise bedeutende Schüttungsmengen auf (geschätzte Hochwasserspitzen um 0,1 m^3/s). Andere grosse Quellen befinden sich auf der Obwaldner Seite südlich von Lungern (Lopp inklusive die Nebenquelle des Höllbachs) und südwestlich dieses Dorfes (am Lauibach im Sewliwald). Sowohl die Quelle des Lopp wie auch jene bei der Wilerbrügg versiegen bei Trockenheit; die für die Trinkwasserversorgung von Obsee gefassten Quellen am Lauibach hingegen schütten permanent (minimal wenige Liter pro Minute, maximal $\geq$0,2 m^3/s). Beim Lopp (inklusive Höllbachquelle) sind während einer mehrmonatigen Messperiode anfangs der 80er Jahre Spitzen um

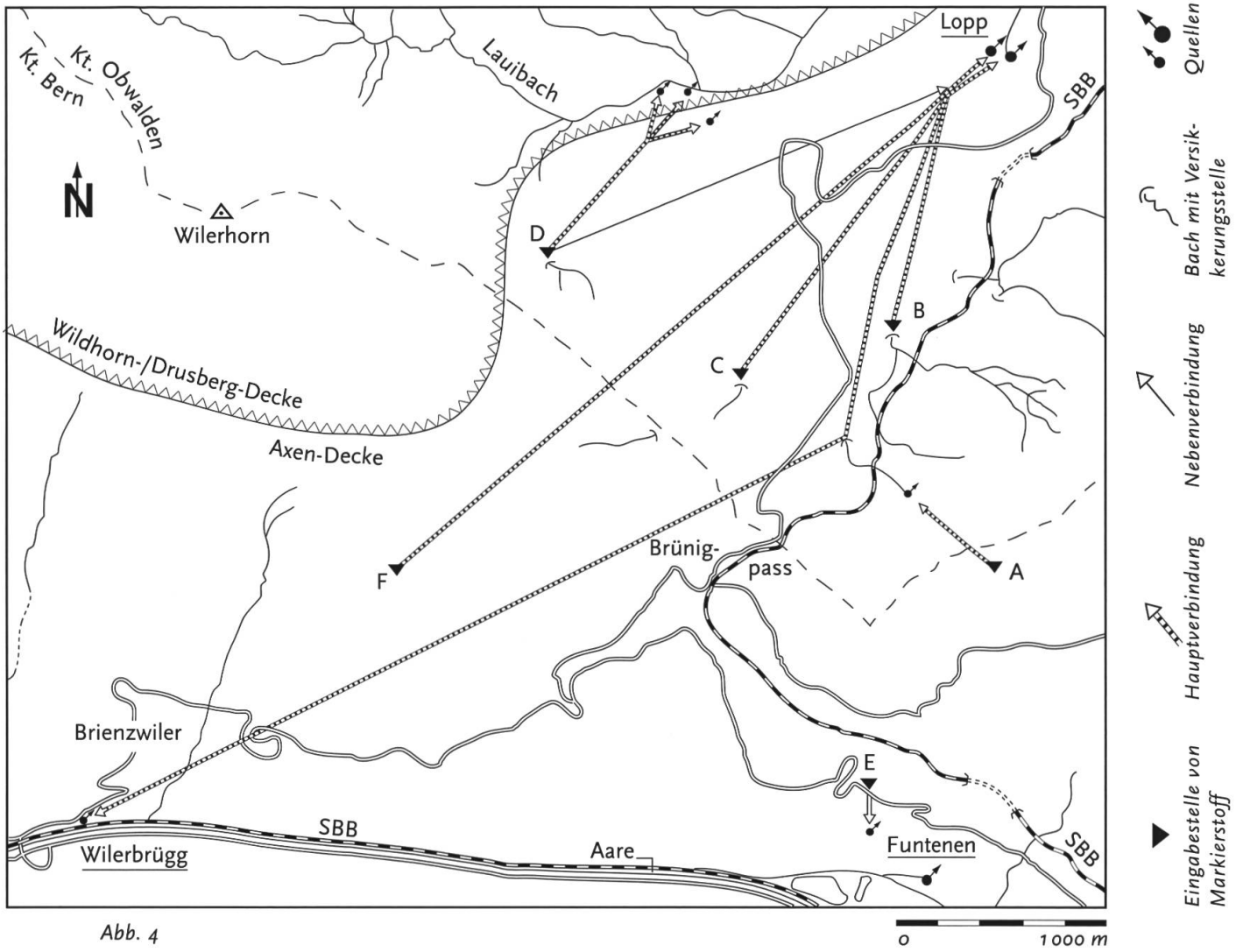

Abb. 4

1,5 m^3/s gemessen worden, beim Schadenhochwasser vom 13. – 15. Februar 1990 (innert drei Tagen 324 mm Niederschlag in Lungern, was nach **Zeller** et al. 1978 einem Ereignis mit einer Wiederkehrperiode von etwa 100 Jahren entspricht) wurde dieser Wert aber sicher übertroffen. Die Lage der grossen Quellen im Schichtstapel ist in Abb. 2 eingetragen; die Wasseraustritte am Lauibach liegen im Hangschutt, der genaue Ort des Übertritts vom Fels ins Lockergestein ist nicht klar (verdeckte Karstquelle aus Quintner Kalk).

Bei der Funtenen-Quelle ist es durch piezometrische Messungen erwiesen (**Kellerhals + Häfeli & von Moos** AG 1982), bei den Quellen bei der Wilerbrügg und des Lopp sowie bei weiteren in äquivalenter Lage am Rande alluvialer Talebenen ist es zu vermuten, dass ein Teil des Karstwassers direkt vom Fels ins Lockergesteinsgrundwasser übertritt. Es sei daran erinnert, dass sowohl im Aaretal wie beim Lopp ein tiefer, mit jungen Ablagerungen gefüllter Trog vorliegt (**Matter** et al. 1973, **Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern** 1994, **Bodmer** et al. 1996). Die permanenten Bäche des Brüniggebiets versickern auch zu Zeiten, in welchen die zugehörigen Wiederaustrittsstellen trockengefallen sind. Schüttungsmessungen an den Quellbächen erfassen in diesen Fällen somit nicht das gesamte aus dem verkarsteten Gebirge austretende Wasser.

Weitere kleine und mittelgrosse Quellen treten

Abb. 4
Situation des Brüniggebiets mit nachgewiesenen unterirdischen Wasserverbindungen (nach **Wildberger** *et al. 1983).*

auch mitten im Karstgebiet des Brünig auf. Solche Wasseraustritte sind häufig an Gesteinsgrenzen (z.B. Kalk–Mergel) gebunden und die Quellbäche versinken allesamt früher oder später wieder im verkarsteten Untergrund.

Wie für voralpinen Grünkarst üblich, weisen die Quellen meist mittelhartes, vereinzelt auch weiches Wasser auf (Gesamthärte 11 bis 20 französische Grad, 1°frz Härte entspricht 10 mg $CaCO_3$/l). Recht unterschiedlich ist der Sulfatgehalt der Quellwässer, er schwankte bei einer Probenahmekampagne im Jahre 1981 zwischen 2 und 25 mg/l (**Kellerhals + Häfeli & von Moos AG** 1983; weitere Messungen siehe **Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern** 1994). Da Gips im Einzugsgebiet fehlt und ein wesentlicher Sulfatbeitrag aus landwirtschaftlicher Düngung angesichts der geringen Bewirtschaftungsintensität wenig wahrscheinlich ist, deuten die relativ hohen Werte auf Oxydation des Eisensulfidminerals Pyrit hin, welches in mergeligen Serien häufig vorkommt und auch in Kalken anzutreffen ist.

Die Struktur der unterirdischen Abflussbahnen im Brüniggebiet ist durch eine Reihe von Wassermarkierungen in den Jahren 1981 und 1982 ermittelt worden (**Wildberger** et al. 1983). Die Verbindungsnachweise von Wasserversickerungsstellen und Karstquellen sind in der Abb. 4 eingezeichnet. Das auf dem Bergrücken des Tschorren (A in Abb. 4) versickerte Wasser trat in diversen Quellen im Unghüriwald aus, floss oberirdisch weiter bis in die Senke des Sewli (NE Brünigpass), wo es ein zweites Mal versickerte und dann die Talquellen des Lopp (OW) und bei der Wilerbrücke (BE) erreichte. Versickerndes Wasser wurde auch in den Senken von Brünig (B in Abb. 4), Ober Brünig (C) und Sewli (beim Höch Schild, D) markiert, die nachgewiesenen Wiederaustritte erfolgten bei diesen Versuchen allesamt auf der Obwaldner Seite. Eine Färbung einer Versickerungsstelle im Nahbereich der Funtenen-Quelle (Eichezüün, E) ergab den Nachweis eines kleinen Lokalsystems. Die Markierung auf der Alp Totzweg (F), knapp vor dem Steilabfall ins Aaretal, bewies eine Verbindung zum Hauptwasseraustritt auf der Nordseite, den Lopp-Quellen bei Lungern; fragliche Verbindungsnachweise erfolgten bei diesem Versuch auf der Berner Seite mit einer Quelle bei Brünigen respektive mit Wasseraustritten am Hangfuss im Bereich der Bahnhaltestelle Unterbach.

Aus den Ergebnissen bei diesen Versuchen konnten maximale Abstandsgeschwindigkeiten von 200 bis 250 m/h berechnet werden (Verbindungen Sewli – Lopp resp. Brünig – Lopp), was auf vollausgereifte Karstsysteme hindeutet. Kleinere Werte der maximalen Abstandsgeschwindigkeiten – zwischen 25 und 80 m/h – sind, unter vergleichbaren Bedingungen (Ende der Schneeschmelze), bei den meisten anderen Verbindungen aufgetreten; Ausnahmen bilden die Strecke Sewli – Wilerbrügg (110 m/h) respektive der bei Trockenheit durchgeführte Versuch Totzweg – Lopp (14 m/h). Die unter oder um 100 m/h liegenden Fliessgeschwindigkeiten sind weniger eindeutig zu interpretieren. Vermutlich sind Teile dieser Verbindungen kaum oder nur wenig verkarstet,

sei es, weil der komplizierte Gebirgsbau keine durchgehenden Kalkaquifere aufweist, sei es, weil die entsprechenden Verbindungen nur Nebenabzugsbahnen darstellen; möglich ist aber auch die Passage einer ausgedehnten, wassergesättigten Zone (sogenannter tiefer Karst).

Die Funtenen-Quelle

Als einzige grosse Quelle des Brüniggebietes hat die Funtenen-Quelle auf keine der obenerwähnten Markierversuche angesprochen. Auch die Charakteristiken dieser Quelle (**Tröhler** 1971; **Siegenthaler** 1972; **Siegenthaler** & **Schotterer** 1977; **Wildberger** et al. 1983), welche im folgenden kurz vorgestellt werden, sind teilweise ungewöhnlich.

Die Quellaustritte der Funtenen liegen am Rand der postglazialen Talfüllung und sind linienförmig auf einer Länge von über fünfzig Metern verteilt. Die Talflanke wird im Quellbezirk von einer dünnen Gehängeschuttdecke über versackten, schiefrigen Kieselkalken der Hochstollen-Serie gebildet. Das Wasser der Funtenen-Quelle tritt somit aus einem im Normalfall stauenden und praktisch nicht verkarstungsfähigen Gestein aus, dessen Klüftung sich aber durch die Sackungsbewegungen öffnete und dadurch lokal zum Kluftaquifer wurde.

Die Schüttung der Funtenen ist sowohl bezüglich Quantität wie Qualität sehr ausgeglichen. Die Schüttung beträgt im mehrjährigen Mittel 400 l/s bei Fluktuationen zwischen 140 und 700 l/s. Die mittlere Schüttung der Funtenen-Quelle lässt auf ein verkarstetes Einzugsgebiet von rund 8 km^2 schliessen; würde das Einzugsgebiet nicht im Karst liegen und das Wasser teilweise oberirdisch abfliessen, müsste das Sammelgebiet gar noch grösser sein. Das Quellwasser weist eine grosse Reinheit auf und sein Gehalt an gelösten Substanzen schwankt nur in geringem Masse (z.B. Gesamthärte im Jahre 1981: 19,8°frz. ±4,8 %; **Wildberger** et al. 1983).

Bei normalen, alpinen Karstquellen schwanken diese Parameter wesentlich stärker. Der Grund für diese Konstanz bei der Funtenen-Quelle wird bei der Auswertung von Isotopenmessungen klar (**Siegenthaler** 1972; **Siegenthaler** & **Schotterer** 1977; **Schotterer** et al. 1995). Eine langjährige Messreihe des Tritiumgehaltes (Tritium = radioaktiver, überschwerer Wasserstoff ^3H, Halbwertszeit 12,3 Jahre) zeigte auf, dass das Quellwasser vor seinem Austritt an die Oberfläche im Mittel 10 bis 15 Jahre im Untergrund verbleibt. Diese aussergewöhnlich lange Verweildauer ermöglicht das Erreichen des hydrochemischen Gleichgewichtszustandes, führt zu einer guten Durchmischung und damit zu den geringen Variationen der Parameter.

Die mittlere Quellschüttung kombiniert mit dem Wasseralter deutet auf ein Reservoirvolumen in der Grössenordnung von 150 Mio. m^3 hin. Dieses Volumen verteilt sich auf unzählige Klüfte und Lösungshohlräume, welche – abgeleitet von vergleichbaren Beispielen (**Ford** & **Williams** 1989) – schätzungsweise 2 % des Gebirgsgrundwasserträgers einnehmen. Der benetzte Teil des Aquifers der Funtenen-Quelle dürfte dementsprechend eine Kubatur von grössenordnungsmässig 7 km^3 aufweisen! Der Gehalt an schwerem Sauerstoff ^{18}O im Wasser

ist in erster Linie abhängig von den Temperaturen beim Übergang vom Meerwasser zu Wasserdampf (Verdunstung) beziehungsweise beim Übergang vom Wasserdampf zum Niederschlag (Kondensation). Da die Temperaturen höhenabhängig sind, erlauben Messreihen des ^{18}O-Gehaltes des Quellwassers (**Siegenthaler** & **Schotterer** 1977; **Schotterer** et al. 1995) deshalb indirekt Aussagen über die Höhenlage des Einzugsgebietes. Bei der Funtenen zeigt sich eine Abweichung vom Standart ($d^{18}O$ = 12,4 ‰), welche auf eine mittlere Höhenlage des Sammelgebietes von 1500 m ü.M. ±200 m deutet.

Wo liegt nun aber effektiv das Einzugsgebiet der in der Funtenen-Quelle austretenden Wässer? Die weitere Umgebung ist reich an Karstgebieten: Das bereits erwähnte Brüniggebiet und im weiteren Karstareale zwischen Kleinem Melchtal, Hasliberg und der Graustock-Huetstock-Gruppe ob Engelberg (vgl. **Gubler** 1997). In den letztgenannten Gebieten sind im Zusammenhang mit der Projektierung der hydroelektrischen Nutzung des Melchsees 1908/09, 1918, 1933 und 1936 (**Arbenz** 1937; **Meyer** 1952) sowie zur Schutzzonenausscheidung einer genutzten Quelle im Grossen Melchtal (**von Moos** AG 1989) eine Reihe von Wassermarkierungen durchgeführt worden. Diese Versuche zeigen, dass der natürliche Abfluss des Melchsees, das für das Karstgebiet der Schratten repräsentative Stäubiloch (vgl. **Gubler** 1990, 1997), sowie die verkarstete Westflanke des Huetstocks ins Grosse Melchtal entwässern und dass keine Quellen ausserhalb dieses Tals positiv auf die Markierungen reagiert haben (es muss allerdings die Bemerkung angebracht werden, dass die Tracertests der ersten Jahrhunderthälfte verglichen mit den heutigen Möglichkeiten betreffend Probenahme und Markierstoffnachweis teilweise recht primitiv, der Beobachtungszeitraum teilweise zu kurz und die Probenahmerayons beschränkt waren).

Die Karstgebiete am Graustock und Rotsandnollen dürften Quellen ob Engelberg (z.B. Goldloch) und im Gental (inkl. Tannen) speisen (vgl. **Arbenz** 1911), zudem kommen diese hochgelegenen Gebiete (>2000 m ü.M.) aus isotopenhydrologischen Gründen nicht als hauptsächliches Sammelareal der Funtenen-Quelle in Frage (siehe oben). Die Karstareale um Hasliberg (Burg, Ursiflue) sind zu klein und zu tiefgelegen, um allein die Schüttung der Funtenen-Quelle zu erklären. Und schliesslich das eigentliche Brüniggebiet: Auch dieses Karstgebiet liegt im Mittel eher zu tief und weist zudem eine Reihe nachgewiesener Austrittsstellen des Gebirgswassers auf.

Da eigentliche Wasserbilanzen fehlen – angesichts der komplizierten geologischen Verhältnisse und der Grösse des Gebiets wären solche auch nur mit sehr grossem Aufwand zu erarbeiten – und weil der Nachweis des Sammelareals des bei der Funtenen-Quelle austretenden Wassers bis anhin nicht gelungen ist, kann über das Einzugsgebiet und den Aquifer dieses geheimnisvollen Austrittes nur spekuliert werden. Den bekannten Tatsachen am besten genügt folgendes Modell: Das Funtenen-Wasser entspricht jenem Teil der im verkarsteten Quintner Kalk im Graustock–Melchsee–Brünig-Gebiet

versinkenden Wässer, welcher zwar wie der übrige Teil im Karstsystem dieser Kalkformation transportiert und gespeichert wird, dann aber in den Kluftaquifer der Hochstollen-Serie übertritt und zeitlich stark verzögert in der Funtenen-Quelle wieder an die Oberfläche gelangt.

Zusammenfassend lässt sich also beim Karstwasser des Brüniggebietes eine schnelle Komponente erkennen (Abstandsgeschwindigkeiten >10 m/h), welche hauptsächlich in den «normalen» Karstquellen des Lopp, am Lauibach und bei der Wilerbrügg ausfliesst, sowie eine langsame Komponente des Basisabflusses (mittlere Aufenthaltsdauer 10 bis 15 Jahre), welche – ebenso wie höhergelegene Karstgebiete um Melchsee oder Graustock – in Verbindung steht mit dem Kluftaquifer der Hochstollen-Serie und in der aussergewöhnliche Charakteristika aufweisenden Funtenen-Quelle wieder zutage tritt.

Literatur

Arbenz, P. (1911): Geologische Karte des Gebirges zwischen Engelberg und Meiringen 1:50 000. – Spez.-Karte 55, Schweiz. Geol. Komm.

Arbenz, P. (1937): Studien Melchtal – Färbung und Salzung Melchsee-Abfluss 1936. – unpubl. Ber.

Blessing, H.M. (1976): Karstmorphologische Studien in den Berner Alpen. – Tübinger geogr. Stud. 65.

Bodmer, Ph., **Gunzenhauser**, B. & **Manser**, M. (1996): Quartärmächtigkeiten in den Haupttälern der Zentralschweiz. – Bull. angew. Geol. 1/1: 37–53.

Colombi, C., **Gees**, R.A., **Haefeli**,Ch., **Kellerhals**, P., **Schindler**, C. & **Zingg**, M.A. (1985): Exkursion der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft vom 7./8. Oktober 1984 in den Kantonen Obwalden und Bern. – Eclogae geol. Helv. 78/1: 205–214.

Ford, D.C. & **Williams**, P.W. (1989): Karst Geomorphology and Hydrology. – London (Unwin Hyman), 601 p.

Gombert, Ph. (1995): Approche théorique simplifiée de la dissolution karstique. – Karstologia 24: 41–51.

Gubler, Th. (1990): Zur Geologie und Hydrogeologie des hinteren Melchtals. – Stalactite 40/2: 70–75.

Gubler, Th. (1997): Karst- und Höhlengebiete in Ob- und Nidwalden. – Mitt. natf. Ges. Ob- u. Nidwalden Grafenort, Band 1, 172 S.

Hänni, R., **Möri**, A. & **Pfiffner**, A. (1997): Die helvetischen Decken zwischen Melchtal und Brünig. – Mitt. natf. Ges. Luzern, 35: 197–207.

Hantke, R. (1987): Zur Entstehung der Landschaft von Obwalden. – Mitt. natf. Ges. Luzern, 29: 237–250.

Kellerhals + **Häfeli** & Dr. **von Moos** AG (1983): Hydrogeologische Untersuchungen im Gebiet Brünigpass – Markierversuche 1982. – Unpubl. Bericht im Auftrag des Autobahnamtes des Kantons Bern und des Baudepartements des Kantons Obwalden.

Kirchhofer, W. (1982): Mittlere Jahrestemperaturen. – Bundesamt für Landestopographie, Klimaatlas der Schweiz, erste Lieferung, Blatt 6.1.

Kirchhofer, W. & **Sevruk**, B. (1992): Mittlere jährliche korrigierte Niederschlagshöhen 1951–1980. – Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 2.2, Landeshydrologie u. -geologie.

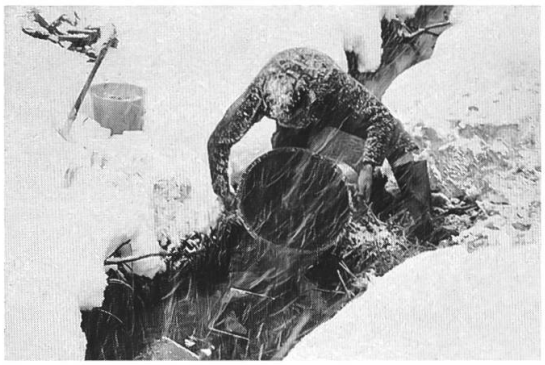

Abb. 5

Abb. 5
Farbstoffeingabe (Sulforhodamin) Sewli westlich Höch Schild, 1981.

Kugler, C. (1987): Die Wildegg-Formation im Ostjura und die Schilt-Formation im östlichen Helvetikum, ein Vergleich. – Mitt. geol. Inst. ETH u. Univ. Zürich, N.F. 259.

Matter, A., **Dessolin**, D., **Sturm**, M. & **Süsstrunk**, A. (1973): Reflexionsseismische Untersuchung des Brienzersees. – Eclogae geol. Helv. 66/1: 71–82.

Meyer, H. (1952): Geologische Betrachtungen zum Bericht des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft über die Speichermöglichkeiten des Melchsee's (Kt. Obwalden). – Unpubl. Ber.

von Moos AG (1989): Ausscheidung von Schutzzonen für die Fomatt-Quellen und die Grundwasserfassung. – Unpubl. Ber.

Rod, E. (1937): Stratigraphie des Malm der Graustock-Hutstock-Gruppe (Melchtal, Kanton Obwalden). – Stämpfli & Cie., Bern, 55 S.

Schindler, C. (1980): Geologisch-geotechnische Voruntersuchung der N8 zwischen Sarnen und dem Brünig. – Separatdruck aus Strasse und Verkehr 5/1980, 6 S.

Schotterer, U., **Stocker**, Th., **Hunziker**, J., **Buttet**, P. & **Tripet**, J.-P. (1995): Isotope im Wasserkreislauf - Ein neues eidgenössisches Messnetz. – Separatdruck aus Gas-Wasser-Abwasser 75/9, 8 S.

Siegenthaler, U. (1972): Bestimmung der Verweildauer von Grundwasser im Boden mit Umweltisotopen (^{14}C, Tritium). – Gas-Wasser-Abwasser 52: 283–290.

Siegenthaler, U. & **Schotterer**, U. (1977): Hydrologische Anwendungen von Isotopenmessungen in der Schweiz. – Gas-Wasser-Abwasser 57: 501–506.

Staeger, D. (1944): Geologie der Wilerhorngruppe zwischen Brienz und Lungern (Kantone Bern und Unterwalden). – Eclogae geol. Helv. 37/1: 99–188.

Tröhler, B. (1966): Die Eisen- und Manganerze der Schweiz. Geologie der Glockhaus-Gruppe mit besonderer Berücksichtigung des Eisenoolithes der Erzegg-Planplatte. – Beitr. Geol. Schweiz – Geotechn. Serie XIII/10.

Tröhler, B. (1971): Zur Hydrogeologie der Funtenenquelle. – Unpubl. Ber. Büro Kellerhals, Bern.

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (1994): Hydrogeologie Haslital zwischen Innertkirchen und Brienzer See. – Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern, 152 S.

Wildberger, A., **Gruner**, U. & **Siegenthaler**, U. (1983): Markierversuche und weitere hydrologische Untersuchungen im Karst des Brienzergrates und des Brünigpasses. – Akten 7. natl. Kongress für Höhlenforschung, Supplement Stalactite 11: 249–267.

Wildberger, A. & **Preiswerk**, Ch. (1997): Karst und Höhlen der Schweiz. – Speleo Projects, Basel, 208 S.

Zeller, J., **Geiger**, H. & **Röthlisberger**, G. (1978): Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes. – Bd. 3, Eidg. Anstalt forstl. Versuchswesen, Birmensdorf.

Adresse des Autors

Andres Wildberger, Geotechnisches Büro
Dr. von Moos AG, Bachofnerstrasse 5,
CH-8037 Zürich