Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 75 (1982)

Heft: 3

Vereinsnachrichten: Gruppe der Schweizerischen Hydrogeologen : Tätigkeitsbericht für das Jahr 1981/82

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: 17.07.2025

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

Eclogae geol. Helv.	Vol. 75/3	Seiten 589-606	5 Textfiguren	Basel, November 1982

Gruppe der Schweizerischen Hydrogeologen

TÄTIGKEITSBERICHT FÜR DAS JAHR 1981/82

Am 5. Juni 1981 finden in Neuenburg Frühjahrstagung und Generalversammlung statt. P. Nänny, EAWAG Zürich, seit der Gründung der Gruppe im Vorstand tätig, tritt zurück. Die Hydrogeologengruppe dankt ihm für seine jahrelange, fruchtbare Tätigkeit. An seiner Stelle wird gewählt: A. Parriaux, EPF Lausanne. Gestützt auf den Bericht von H. Kruysse, Kant. Wasserwirtschaftsamt Solothurn, über die Bemühungen der im Herbst 1980 eingesetzten provisorischen Arbeitsgruppe «Wärmepumpen» beschliesst die Versammlung diese zu beauftragen, ihre Arbeit weiterzuführen und Empfehlungen für die Wärmenutzung von Grundwasservorkommen, die nötigen begleitenden Untersuchungen und langfristige Beobachtungen zu erarbeiten. I. Müller und L. Kiraly, Centre d'Hydrogéologie de l'Université, Neuchâtel, U. Schotterer und U. Siegenthaler, Physikalisches Institut der Universität Bern, berichten im wissenschaftlichen Teil über die Resultate der Untersuchungen im Karst des Neuenburger Jura, durchgeführt im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes Wasserhaushalt. Anschliessend führt eine Exkursion zur Source de l'Areuse und ins Tal von La Brévine (vgl. Eclogae geol. Helv. *75/1*, 65-75).

Am 30. Oktober 1981 wird im Laufental die Herbsttagung durchgeführt. P. Bitterli, Basel, J. P. Tripet, Motor Columbus, Baden, I. Müller, Centre d'Hydrogéologie, Neuchâtel, und U. Schotterer, Physikalisches Institut der Universität Bern, berichten über die von G. della Valle geleitete Untersuchung der Lockergesteins- und Karstgrundwasservorkommen dieses Tales (vgl. S. 590-606 dieses Heftes), die im Rahmen der systematischen Erforschung der wasserwirtschaftlich wichtigen Grundwasservorkommen durch das Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern abgewickelt worden ist. Die Arbeit der Gruppe «Bohrprofile» konnte auch dieses Jahr nicht weitergeführt werden, da ihr Sekretär, R. V. Blau, Bern, die nötige Zeit nicht fand, die Grundlagen für die künftige Tätigkeit zusammenzustellen. Der Präsident der Arbeitsgruppe «Bestimmung von Aufenthaltszeiten in Grundwasserleitern», P. Kellerhals, Bern, legte sein Amt nieder. Er zweifelt, dass es im Rahmen einer Arbeitsgruppe möglich ist, die sich stellenden grundsätzlichen Probleme beim Bestimmen von Aufenthaltszeiten umfassend zu bearbeiten. Die Hydrogeologengruppe wird beschliessen müssen, ob der Fragenkreis weiter behandelt werden soll.

Am 12. Mai 1981 verschied unerwartet unser langjähriges Mitglied A. von Moos, Zürich. Wir verloren in ihm einen liebenswürdigen Kollegen, der mit seinem umfassenden Wissen und seiner Erfahrung viele unserer Anlässe bereicherte. Wir werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

Im Berichtsjahr sind folgende Mitglieder neu aufgenommen worden: F. Flury, Diplomgeologe, Prêles; M. Marrel, Diplomgeologe, Ennetbaden; C. Wacker, Di-

plomgeologe, St-Blaise; Dr. A. Wildberger, Zürich; Schweiz. Geologische Kommission, Basel.

Ostermundigen, 6. Mai 1982 Der Präsident: R. V. BLAU

EXKURSION INS LAUFENTAL

Einführung

G. DELLA VALLE[1])

Im Rahmen seiner systematischen Untersuchungen der wasserwirtschaftlich wichtigen Grundwasservorkommen hat der Kanton Bern 1978–1982 auch das Laufental untersucht. An der Herbsttagung der Gruppe der Schweizer Hydrogeologen (Nationales Komitee der Association Internationale des Hydrogéologues) am 30. Oktober 1981 sind die Resultate vorgestellt worden.

Die meisten Laufentaler Gemeinden beziehen ihr Trinkwasser von Quellen, wobei es sich meistens um Karstquellen handelt. Diese sind aber qualitativ und quantitativ recht unbeständig. Deshalb bestehen in den alluvialen Schottern des Birs- und des Lüsseltales eine ganze Reihe von Grundwasserbrunnen, die beachtliche Mengen Wasser liefern können. Leider sind diese alluvialen Grundwasserleiter schlecht geschützt: Ihre Überdeckung ist meistens nur wenig mächtig, und sie sind am besten entwickelt, wo sich auch Bahn, Strasse und Industrie befinden. Es war deshalb naheliegend, die Wasservorkommen in den tieferen Karstregionen zu erforschen, wie es erfolgreich schon in andern Juragegenden geschehen ist. Ziel der Laufentaler Untersuchungen war, die geologischen, hydrogeologischen und hydrologischen Daten bereitzustellen, die ein gezieltes Erschliessen des Karstgrundwassers erst ermöglichen. Daneben wurden aber auch die noch ungenutzten Reserven der alluvialen Talböden erfasst, und schliesslich wurde dem Schutz der genutzten und nutzbaren Trinkwasservorkommen ein besonderes Augenmerk geschenkt. Von den drei folgenden Berichten vermittelt derjenige von P. Bitterli eine geologische, der von J. P. Tripet, der die Untersuchungen im Auftrage des Kantons Bern leitete, eine hydrogeologische Übersicht. Die Ergebnisse der Isotopenuntersuchungen, durchgeführt im Physikalischen Institut der Universität Bern (Leitung Prof. H. Oeschger), zeigt der Beitrag von U. Schotterer und I. Müller.

Zur Geologie des Laufentales

P. BITTERLI-BRUNNER[2])

Im nachfolgenden wird eine kurze Übersicht über die Stratigraphie und die Tektonik des Birstales zwischen Laufen und Angenstein gegeben, mit ergänzenden

---

[1]) Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern, Rathausplatz 1, CH-3011 Bern.

[2]) Luftmattstrasse 31, CH-4052 Basel.

Hinweisen über den weiteren Abschnitt bis Basel. Die Flußstrecke verläuft von Laufen bis Grellingen in West-Ost-Richtung, biegt dann unterhalb Grellingen mit einem scharfen Knie nach Norden um und behält diese Richtung bis Birsfelden östlich von Basel bei, wo die Birs in den Rhein mündet. Auf dieser etwa 20 km langen Strecke weist die Birs ein Gefälle von 100 m auf, d.h. 5‰. Trotz diesem bescheidenen Reliefunterschied sind mehrere erodierte Steilstufen vorhanden. So hat sich die Birs bei Zwingen ins Rauracien eingeschnitten, bei Grellingen in den Hauptrogenstein und in die Blagdeni-Schichten, bei Dornachbrugg in die Elsässer Molasse und bei Neuewelt in den Keuper.

Die Strecke Laufen-Zwingen ist auf dem geologischen Atlasblatt Nr. 3, 1936 (Laufen-Mümliswil), wiedergegeben, während der Abschnitt Zwingen-St. Jakob bei Basel in den Bereich des geologischen Atlasblattes Nr. 1067, Arlesheim, fällt (zurzeit bei der Geologischen Kommission zur Druckvorbereitung).

Stratigraphie (vgl. Fig. 1)

Im Einzugsgebiet des unteren Birstales kommen die folgenden Formationen vor:

1. Kristallines Grundgebirge, Perm und Buntsandstein sind nicht aufgeschlossen. Der *Buntsandstein* könnte als Aquifer gewisse Möglichkeiten bieten.

2. Vom *Muschelkalk* finden wir nur Aufschlüsse über der etwa 50-100 m mächtigen, lokal Steinsalz führenden Anhydritgruppe, und zwar in der Rütihard nordöstlich von Münchenstein, wo 60-80 m des grauen, plattigen Hauptmuschelkalkes und des gelblichen, bröckeligen, porösen Trigonodusdolomits vorkommen. Bei klüftiger Ausbildung ist dieses Gesteinspaket des oberen Muschelkalks als guter Wasserträger bekannt.

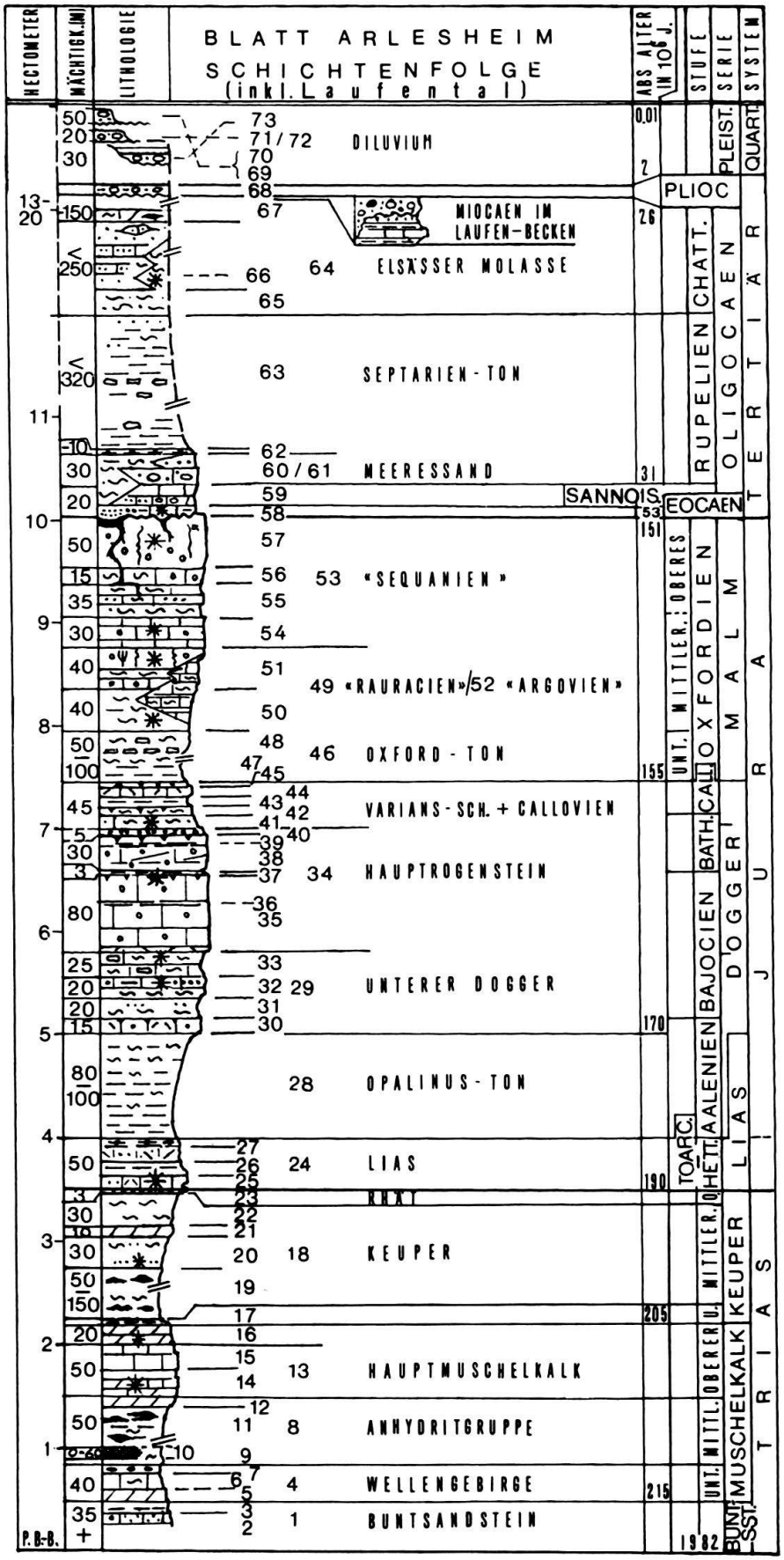
3. Der überliegende, etwa 100 m mächtige *Keuper* findet sich im gleichen Gebiet; ferner südwärts, längs der Rheintalflexur bis Hofmatt (nordwestlich Münchenstein). Der Keuper umfasst bunte Mergel und Tone mit Einlagerungen von Gips und Anhydrit (Gipskeuper), ferner von Sandsteinen (Schilfsandstein) und Dolomiten (Gansinger Dolomit = Hauptsteinmergel). Unterirdische Auflösung der Sulfate führt zur Kavernen- und Dolinenbildung, während die Tone und Tonmergel vorwiegend undurchlässig sind.

4. Vom gering mächtigen *Rhät* sind aus der gleichen Gegend sandige und glimmerreiche Mergel und Tone, ferner graue, gelbbraun verwitternde, mürbe Sandsteine bekannt geworden.

5. Der *Lias* (30-80 m) umfasst harte, blaugraue, fossilreiche Kalke (Arieten- bzw. Gryphitenkalk), dunkle Obtusus-Tone und bituminöse, blätterig verwitternde Posidonienschiefer, nebst sandigen und spätigen Einlagerungen.

6. Der rund 100 m mächtige, graue, undurchlässige *Opalinus-Ton* stellt einen guten Grundwasserstauer dar. Er ist zwischen Münchenstein und Neuewelt rechtsseitig der Birs vorhanden, aber kaum aufgeschlossen.

7. Der etwa 80 m mächtige, lithologisch sehr abwechslungsreiche *untere Dogger* tritt mit beschränkten Aufschlüssen an zwei Stellen längs der Birs zutage, nämlich im Norden linksseitig bei der Hofmatt (eisenoolithische Humphriesi-Schichten) und unterhalb Grellingen auf der rechten Seite der Birs (Blagdeni-Schichten).


HECTOMETER
MÄCHTIGK. (M)
LITHOLOGIE
BLATT ARLESHEIM
SCHICHTENFOLGE
(inkl. Laufental)
ABS. ALTER IN 10⁶ J.
STUFE
SERIE
SYSTEM
DILUVIUM
MIOCAEN IM LAUFEN-BECKEN
ELSÄSSER MOLASSE
SEPTARIEN-TON
MEERESSAND
SANNOIS
EOCAEN
«SEQUANIEN»
«RAURACIEN»/52 «ARGOVIEN»
OXFORD-TON
VARIANS-SCH. + CALLOVIEN
HAUPTROGENSTEIN
UNTERER DOGGER
OPALINUS-TON
LIAS
KEUPER
HAUPTMUSCHELKALK
ANHYDRITGRUPPE
WELLENGEBIRGE
BUNTSANDSTEIN
PLIOC
CHATT.
RUPELIEN
OLIGOCAEN
TERTIÄR
OBERES
MITTLER.
UNT.
OXFORDIEN
MALM
CALL.
BATH.
BAJOCIEN
DOGGER
AALENIEN
HETT.
TOARC.
LIAS
JURA
MITTLER.
KEUPER
OBERER U.
UNT. MITTL.
MUSCHELKALK
BUNTSST.
TRIAS
P.B.-B.
1982

8. Der etwa 80–100 m mächtige, meist gut geschichtete *Hauptrogenstein* wird durch weisse bis gelbbräunliche – frisch gebrochen auch graublaue – dichte und oolithische Kalke gebildet. Er weist ziemlich durchgehend drei dünne Mergelzwischenlagen auf (v.u.n.o.: Mäandrina-, Homomyen-, Movelier-Schichten) und schliesst über einem «hardground» mit dem 5–10 m grob-oolithischen, z.T. mergeligen Ferrugineus-Oolith ab. Aufschlüsse finden sich bei Grellingen beidseitig der Birs; weiter nördlich rechtsseitig an der Rheintalflexur, linksseitig auch bei der Hofmatt. Bei St. Jakob (östlich Basel) ist beim Autobahnbau (T 18) steil einfallender Hauptrogenstein angeschnitten worden (in einer Kaverne als geologisches Denkmal geschützt). Der oft zerklüftete Hauptrogenstein kann wasserführend sein.

Fig. 1. Schichtenfolge (Blatt Arlesheim).

37 Homomyenmergel (Obere Acuminata-Schichten)
36 Mäandrina-Schichten
35 Unterer Hauptrogenstein
34 Hauptrogenstein
33 Blagdeni-Schichten
32 Humphriesi-Sauzei-Schichten
31 Sowerbyi-Schichten
30 Murchisonae-Schichten
29 Unterer Dogger

28 Opalinus-Ton
27 Posidonienschiefer
26 Obtusus-Ton
25 Arieten(Gryphiten-)kalk
24 Lias

23 Rhät
22 Obere Bunte Mergel
21 Gansinger Dolomit (Hauptsteinmergel)
20 Untere Bunte Mergel + Schilfsandstein
19 Gipskeuper
18 Keuper
17 Lettenkohle/Grenzdolomit

16 Trigonodus-Dolomit
15 Nodosus-Kalk (Plattenkalk)
14 Trochitenkalk
13 Hauptmuschelkalk
12 Dolomit-Zone
11 Obere Sulfat-Zone
10 Salzlager
9 Untere Sulfat-Zone
8 Anhydritgruppe
7 Orbicularis-Mergel
6 Wellenkalk
5 Wellendolomit
4 Wellengebirge

3 Röt
2 Plattensandstein
1 Buntsandstein

73 Niederterrasse/Löss
72 Hochterrasse
71 Riss-Moräne
70 Jüngerer Deckenschotter
69 Älterer Deckenschotter

68 Wanderblock-Formation

67 Tüllinger Schichten
66 Cyathula-Horizont
65 Cyrenenmergel
64 Elsässer Molasse

63 Septarien-Ton
62 Fischschiefer
61 Foraminiferen-Mergel
60 Meeressand

59 Küstenkonglomerat/Kalktuffstein

58 Siderolithikum (Hupper, Bolus, Süsswasserkalk)

57 Verena-Oolith (Court-Formation)
56 Humeralis-Schichten } (Vellerat-Formation)
55 Natica-Schichten }
54 Vorbourg-Kalke
53 «Séquanien»
52 «Argovien»
51 Oberes «Rauracien» (St-Ursanne-Formation)
50 Unteres «Rauracien» (Liesberg-Schichten)
49 «Rauracien»
48 Terrain à Chailles
47 Renggeri-Ton
46 Oxford-Ton

45 Anceps-Athleta-Schichten
44 Dalle nacrée
43 Callovien-Ton
42 Macrocephalus-Schichten
41 Varians-Schichten
40 Ferrugineus-Oolith
39 Movelier-Schichten
38 Oberer Hauptrogenstein

9. *Varians-Schichten* und *Callovien* umfassen etwa 40 m lithologisch stark wechselnde, meist fossilreiche Ablagerungen, die z.B. in der Umgebung von Grellingen aufgeschlossen sind.

10. Die etwa 100 m mächtigen grauen, wasserstauenden *Oxford-Tone* werden in die unteren Renggeri-Tone und die überliegenden, mergeligen Terrain à Chailles unterteilt. Aufschlüsse finden sich oberhalb und unterhalb von Grellingen und bei Duggingen an den oberen Talhängen.

11. Der ungefähr 200 m mächtige, beschränkt klüftige *Malmkalk* wird im Untersuchungsgebiet für Kartierungsarbeiten in das vorwiegend Riffkalke umfassende «Rauracien» und das hangende «Séquanien» unterteilt. Mergellagen finden wir an der Basis (Liesberg-Schichten, 30 m) und im unteren Sequan (Natica-Schichten, 30–40 m).

Aufschlüsse sind zahlreich: Von Laufen bis zum Kessiloch fliesst die Birs auf dem «Rauracien» der Blauen-Südabdachung, dann durchbricht sie bei Angenstein die Rheintalflexur. Der Malmkalk bildet ebenfalls die markanten Felswände um Grellingen, wie die Eggfluh, Falkenfluh usw., ferner die weiter zurückliegenden, zur Rheintalflexur gehörenden Malmkalkrücken des Birsecks. Die während der Kreidezeit (etwa 80 Mio. Jahre) tiefgreifende Verwitterung und Verkarstung ist hydrogeologisch von Bedeutung.

12. Das *Tertiär* ist im Bereich des Falten- und Tafeljura beidseitig der Birs durch verschiedenartige Vorkommen dokumentiert (Eozän: Bolus und Hupper, Süsswasserkalk; Oligozän: Küstenfazies, marin-brackisch-limnisch; Miozän im Laufenbecken; Pliozän: Wanderblock-Formation, fluviatil). Bei Aesch tritt die Birs in die Tertiärschichten des Rheingrabens über und fliesst sukzessive über jünger werdendes Oligozän der Mulde von St. Jakob-Tüllingen (Septarien-Ton, Elsässer Molasse, Tüllinger Schichten; die letzteren sind bei Münchenstein im Birsbett aufgeschlossen).

13. Vom *Quartär* sind die Niederterrassenschotter der Würmeiszeit als Grundwasserträger für die Trinkwasserversorgung wichtig. Abgesehen von einem grösseren Feld bei Zwingen ist die zusammenhängende Schotterfläche der Birsebene unterhalb Aesch zu erwähnen (10 km lang, 1,5 km breit). Ausser diesen Schottern ist das Quartär im unteren Birstal durch eine Reihe von Ablagerungen sehr unterschiedlicher Ausbildung und von verschiedenem Alter vertreten.

Tektonik (vgl. Fig. 2)

Auf der Strecke Laufen-Basel durchläuft die Birs verschiedene geologische Strukturelemente. So tangiert sie bei Laufen-Zwingen den Nordrand des weiten Tertiärbeckens von Laufen; beim Kessiloch durchbricht sie den Malm-Südschenkel und bei Grellingen den Doggerkern der ostwärts abtauchenden Blauenkette; das Teilstück Grellingen-Angenstein kann als Naht zwischen Faltenjura im Westen und Tafeljura im Osten angesehen werden; bei Angenstein-Aesch schliesslich durchbricht die Birs die Rheintalflexur, um hier an der äussersten Südost-Ecke in den Rheingraben einzutreten. Im weiteren Verlauf nach Norden folgt der Fluss parallel dem Fuss der etwa Nord-Süd streichenden, kompliziert gebauten Rheintalflexur,

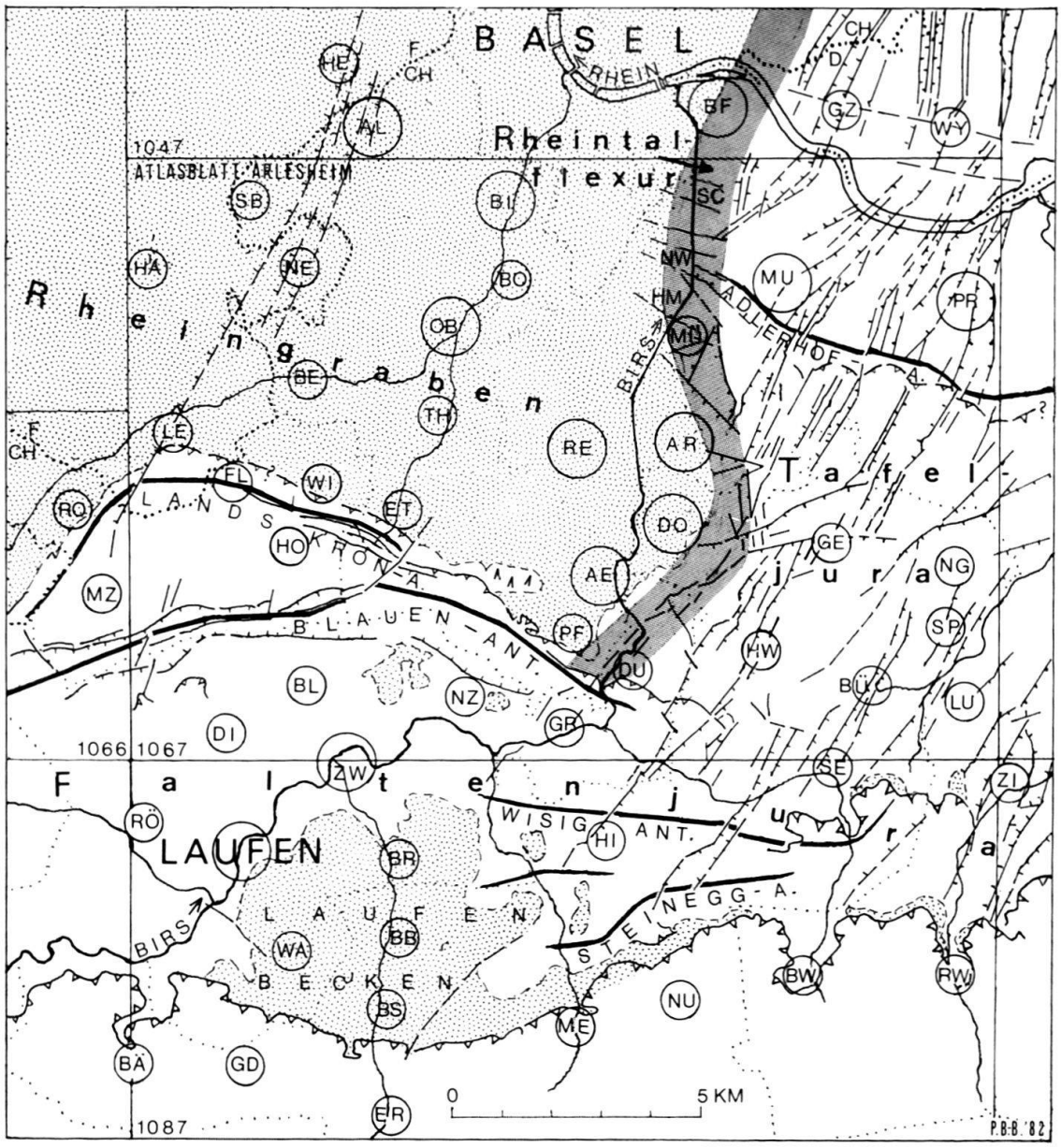


Fig. 2. Tektonische Skizze und Ortsverzeichnis.

AE	Aesch	DO	Dornach	LE	Leymen	RO	Rodersdorf
Al	Allschwil	DU	Duggingen	LU	Lupsingen	RÖ	Röschenz
AR	Arlesheim	ER	Erschwil	ME	Meltingen	RW	Reigoldswil
BA	Bärschwil	ET	Ettingen	MÜ	Münchenstein	SB	Schönenbuch
BB	Breitenbach	FL	Flüh	MU	Muttenz	SC	Schänzli/St. Jakob
BE	Benken	GD	Grindel	MZ	Metzerlen	SE	Seewen
BF	Birsfelden	GE	Gempen	NE	Neuwiller	SP	St. Pantaleon
BI	Binningen	GR	Grellingen	NG	Nuglar	TH	Therwil
BL	Blauen	GZ	Grenzach	NU	Nunningen	WA	Wahlen
BO	Bottmingen	HA	Hagenthal	NW	Neuewelt	WI	Witterswil
BR	Brislach	HE	Hésingue	NZ	Nenzlingen	WY	Wyhlen
BS	Büsserach	HI	Himmelried	OB	Oberwil	ZI	Ziefen
BÜ	Büren	HM	Hofmatt	PF	Pfeffingen	ZW	Zwingen
BW	Bretzwil	HO	Hofstetten	PR	Pratteln		
DI	Dittingen	HW	Hochwald	RE	Reinach		

die in diesem Abschnitt die Strukturfuge zwischen Tafeljura im Osten und Rheingraben im Westen bildet.

Innerhalb der drei grossen tektonischen Einheiten Faltenjura-Tafeljura-Rheingraben lassen sich zwei Hauptbruchsysteme beobachten: eines mit rheintalischem Streichen (NNE-Richtung) und eines in West-Ost-Richtung. Ein drittes System, mit Nordost-Azimut, ist möglicherweise als Interferenz der beiden ersten Systeme zu deuten.

Die Rheintalflexur besteht aus einem durch zahlreiche Quer- und Längsbrüche zerhackten Mosaik von paläogenen und mesozoischen Schichtpaketen (Gebiete um Münchenstein, Neuewelt und St. Jakob). Da der Rheingraben bereits nach dem Eozän abzusinken begann, existierte eine marine Verbindung zwischen Norden und dem Laufenbecken sicher im unteren Oligozän, wobei das Blauengebiet wahrscheinlich als Schwelle bestand, bezeugt z. B. durch das Meeressandvorkommen von Kleinblauen (zwischen Blauen und Nenzlingen). Früh-stampisch, mit rheinischer Richtung, ist auch die Horst-Grabenstruktur des Tafeljura, anschliessend eingeebnet und transgressiv bedeckt durch miozäne Ablagerungen. Erst im Spättertiär (Mitte Oberpliozän) erfolgt dann der Aufbau des Faltenjura, wobei das nördlich von Laufen-Grellingen vorhandene Teilstück des Rheingrabens durch die Heraushebung und Formung der Blauen- und Landskron-Antiklinalen (möglicherweise mit Nordverschiebung) völlig überprägt wurde. Es sei hier nur auf den interessanten Angelpunkt bei der Ruine Pfeffingen (südlich Aesch) hingewiesen, wo die NE-SW streichende Rheintalflexur (ursprünglich oligozäner Anlage) in den SE-NW streichenden Nordschenkel der Blauenkette (von pliozänem Alter) praktisch bruchlos überzugehen scheint.

Somit gestattet eine Fahrt im Birstal von Laufen bis Basel nicht nur einen Einblick in die drei wichtigen tektonischen Einheiten der Nordwestschweiz, sondern vermittelt uns auch in einem relativ schmalen Gebietsstreifen eine Übersicht über die Stratigraphie von der Trias bis ins Quartär.

Excursion dans le bassin de Laufon et environs

J.-P. TRIPET[3])

Itinéraire: Laufon-Liesberg-Röschenz-Laufon-Grellingen-Laufon

1. Introduction

Le but de cette excursion était avant tout de présenter le cadre géographique et géologique dans lequel se sont déroulées les études hydrogéologiques mentionnées dans les précédents exposés.

2. Unités lithologiques

Dans le bassin de Laufon, les grandes unités lithologiques jouant un rôle déterminant pour la circulation des eaux souterraines sont les suivantes:

---

[3]) Motor Columbus, Ingénieurs Conseil SA, CH-5400 Baden.

4. Formations calcaires du Malm (Formations de St-Ursanne, de Vellerat et de Court), unité aquifère, puissance env. 200 m.
3. Série argilo-marneuse du «Callovien» et de l'«Oxfordien» s.str., unité imperméable, puissance env. 160 m.
2. «Hauptrogenstein» (Oolithe subcompacte et Grande Oolithe), unité aquifère, puissance env. 140 m.
1. «Opalinus-Tone» (argiles à Lioceras opalinum) et «Dogger inférieur», unité imperméable à peu perméable, puissance env. 190 m.

Lors de l'excursion, les stations suivantes ont été visitées:
— Carrière de la fabrique de ciment de Liesberg, Formation de Court (principalement «Verena-Oolith»). A noter: fracturation des calcaires, remplissage argileux rougeâtres dans les joints ouverts et karstifiés.
— Exploitation d'argile de Liesberg, série argilo-marneuse complète entre le toit du «Hauptrogenstein» et le mur des formations calcaires du Malm.
— Chessiloch, à l'ouest de Grellingen: falaises dans la Formation de St-Ursanne, le long de la route principale.
— Carrière à l'est de Grellingen, «Hauptrogenstein» fracturé.

3. Structure géologique

Le bassin de Laufon correspond à un synclinal élargi, à fond peu incliné situé dans la partie nord-est du Jura plissé. Il est limité au nord par l'anticlinal des Blauen, au sud-est par celui du Bueberg, au sud par celui du Vorbourg; à l'est, une série d'anticlinaux d'extension plus limitée sépare le bassin de Laufon du Jura tabulaire. Ces différents éléments structuraux ont été visibles lors de l'excursion.

A l'est de Grellingen, sous la ruine du château de Pfeffingen, M.P. Bitterli commente un site particulièrement important au point de vue structural. A cet endroit passe la limite de trois unités tectoniques majeures: Jura plissé, Jura tabulaire et Fossé rhénan.

4. Hydrogéologie

Dans le bassin de Laufon, les formations aquifères sont constituées par les graviers des fonds de vallées et les formations calcaires d'âge jurassique. La population du district de Laufon couvre actuellement ses besoins en eau potable par le captage de sources de type surtout karstique et d'eau souterraine dans les graviers alluviaux. L'itinéraire de l'excursion a notamment traversé les plaines alluviales de Bebrunnenmatte (Liesberg), de Aegerten/Birsholle (à l'ouest de Laufon) et de In den Weiden (Zwingen), où les trois communes citées possèdent des stations de captage d'eau souterraine. La station de captage de commune de Röschenz sur la source de Kächbrunnen a également été visible le long du parcours.

A Grellingen, M.L. Hauber, géologue cantonal de Bâle-Ville, conduit les participants à travers la zone de sources du Seetal (ou Pelzmühletal), où les Services Industriels de la ville de Bâle captent près d'une quarantaine de sources pour l'alimentation en eau. Ces sources sont en grande partie de type karstique, certaines d'entre elles proviennent d'une zone d'éboulement.

BIBLIOGRAPHIE

BITTERLI, P. (1945): *Geologie der Blauen- und Landskronkette südlich von Basel.* - Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] *81.*

KELLER, W.T. (1922): *Geologische Beschreibung des Kettenjura zwischen Delsbergbecken und Oberrheinischer Tiefebene.* - Eclogae geol. Helv. *17.*

KELLER, W.T., & LINIGER, H. (1930): *Blätter 92-95, Movelier-Soyhières-Delémont-Courrendlin. Geol. Atlas Schweiz, 1:25000, 1* (mit Erläuterungen). - Schweiz. geol. Komm.

KOCH, R. (1923): *Geologische Beschreibung des Beckens von Laufen.* - Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] *48.*

KOCH, R., LEHNER, E., WAIBEL, A., & MÜHLBERG, M. (1936): *Blätter 96-99, Laufen-Bretzwil-Erschwil-Mümliswil. Geol. Atlas Schweiz, 1:25000, 3* (mit Erläuterungen). - Schweiz. geol. Komm.

Motor Columbus, Ingenieurunternehmung AG, Baden (1982): *Grundlagen für Schutz- und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern - Hydrogeologie Laufental* (Schlussbericht). - Bern (WEA).

Das hydrogeologische Untersuchungsprogramm «Laufental»

J.-P. TRIPET[4])

1. Einleitung

Der Zweck dieser Untersuchungen war die Beschaffung der notwendigen Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung im Amtsbezirk Laufen. Dabei sollten eine Erhebung des heutigen Standes der Wasserversorgungssysteme in diesem Bezirk durchgeführt sowie ein Inventar der noch verfügbaren Trinkwasserreserven erstellt werden. Der Schwerpunkt des Programms der Studie lag bei der Untersuchung und quantitativen Beurteilung der gesamten Tiefengrundwasservorräte in den Kalkformationen jurassischen Alters.

Das muldenförmige Becken von Laufen entspricht einer breiten, flachen Synklinale im nordöstlichen Teil des Kettenjura. Die aufgeschlossenen geologischen Formationen bilden eine abwechselnd kalkige und mergelige Serie jurassischen Alters. Im Zentralteil des Beckens sind die Juraformationen durch eine tonig-mergelige, tertiäre Muldenfüllung bedeckt. In den Talsohlen sind alluviale Schotter vorhanden. Die Grundwasserleiter im Becken von Laufen werden gebildet durch die Schotter in den Talsohlen und die Kalkformationen jurassischen Alters. Diese Kalkformationen gehören dem mittleren Dogger (Hauptrogenstein, Mächtigkeit rund 140 m) und dem Malm (Mächtigkeit rund 200 m) an und bilden klüftige, verkarstete Gesteinsabfolgen.

2. Durchgeführte Untersuchungen

Zur Abklärung der hydrogeologischen Verhältnisse der Festgestein-Grundwasserleiter im Becken von Laufen kamen verschiedene Untersuchungsmethoden zum Einsatz:

---

[4]) Motor Columbus, Ingénieurs Conseils SA, CH-5400 Baden.

- Umfangreiche *geophysikalische Messkampagnen* (Geoelektrik und Reflexions-Seismik mit Vibroseis-Verfahren) wurden durchgeführt. Der Einsatz einer sehr leistungsfähigen Methode wie das Vibroseis-Verfahren wurde durch die grosse notwendige Eindringtiefe erforderlich. Die beiden Untersuchungsmethoden zeigten im allgemeinen eine gute Übereinstimmung und gaben wertvolle Auskünfte über die Struktur des Beckens von Laufen.
- Fünf *Rotary-Bohrungen* mit einer Gesamttiefe von rund 920 m wurden durchgeführt. In diesen Bohrungen wurde ein umfangreiches Versuchsprogramm ausgeführt: geophysikalische Bohrlochmessungen, Pumpversuche, Spezialversuche zur Verbesserung der Durchlässigkeit («well development»). Die Bohrungen haben das Vorhandensein von offenen, wasserführenden Trennflächen in den Kalkformationen des Malms und des Doggers bis zu einer Tiefe von rund 200 m nachgewiesen.
  Wegen ihrer geringeren Tiefen sind die Kalkformationen des Malms leichter erreichbar als die Kalke des Doggers. Die Häufigkeit von Verstopfungen der Trennflächen durch Tone und Lehme oder das Risiko, keine offenen, durchlässigen Klüfte zu treffen, erschwert jedoch die Grundwassererkundung und -fassung im Malm. Dagegen bildet die Kalkformation des Doggers (Hauptrogenstein) wegen ihrer Wasserwegsamkeit (günstige Anordnung der Trennfläche, geringe Verstopfungsgefahr durch Feinmaterial) im Becken von Laufen und Umgebung einen interessanten Grundwasserleiter. Die Grundwasserneubildung in dieser Formation ist allerdings beschränkt.
- *Markierungsversuche* haben Auskunft über die Strömungsrichtung und -geschwindigkeit in den Kalkformationen gegeben.
- Durch *lithologische Untersuchungen* und *Versuche in den Festgestein-Bohrungen* konnte die Durchlässigkeit der geologischen Formationen ermittelt werden.
- Durch die *Analyse der Strukturelemente* konnte die Durchtrennungsart der geologischen Formationen beurteilt werden.
- *Systematische Messungen* wurden an allen 255 im hydrogeologischen Kataster des WEA aufgeführten *Quellen* durchgeführt, ausserdem *periodische Messungen* an 25 ausgewählten Quellen. Diese Messungen umfassten die Schüttung sowie chemisch-physikalische Parameter. Es handelt sich bei diesen Quellen grösstenteils um Karstquellen, deren Ergiebigkeit eher bescheiden ist und die erhebliche Schüttungsschwankungen aufweisen.
- *Chemische* und *bakteriologische Analysen* sowie *Isotopenuntersuchungen* wurden an tiefem Festgestein-Grundwasser durchgeführt und haben das Bild der hydrogeologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet ergänzt. Insbesondere wurden Alter von mehr als 30 Jahren für das Tiefengrundwasser aus dem Dogger ermittelt.
- Durch eine *Abflussbilanz* und *-simulation* wurde eine Analyse der Wasserführung der Birs (Hydrogrammanalyse) zur Bestimmung der Grundwasseranteile aus dem Festgestein-Grundwasserleiter durchgeführt. Durch diese Interpretationsmethode wurde der «Umsatz» von Festgestein-Grundwasser für das Bekken von Laufen auf durchschnittlich 1,5 m^3/s ermittelt (ohne rasch abfliessenden unterirdischen Abfluss).

Diese Untersuchungen erlaubten das Ausmass der Heterogenität der Durchlässigkeit in den Kalkformationen klarzustellen. Der Kontrast zwischen den Durchlässigkeitsbeiwerten aus den Pumpversuchen (Grössenordnung: $k = 10^{-7}$ m/s) und den Markierungsversuchen ($k = 0{,}01$ bis 1 m/s) widerspiegelt diese Heterogenität. Die scheinbare Durchlässigkeit im Bereich eines ganzen Einzugsgebietes dürfte zwischen diesen Extremwerten liegen und kann 5000- bis 10000mal grösser sein als die aus Pumpversuchen ermittelte Durchlässigkeit. Um eine brauchbare Ergiebigkeit zu erbringen, muss eine Bohrung ein Netz von gut kommunizierenden, offenen Trennflächen treffen. Um maximale Erfolgschancen einer Bohrung zu erreichen, ist es notwendig, aufwendige Prospektionsmethoden und Arbeitsverfahren einzusetzen.

Die natürliche Drainage des Tiefengrundwassers aus den Kalkformationen des Malms im Untersuchungsgebiet erfolgt nicht konzentriert, sondern hauptsächlich diffus in der Talsohle der Birs und deren Hauptzuflüssen, was für die Fassung von Grundwasser eher ungünstig ist. Die Drainage des Tiefengrundwassers aus dem Hauptrogenstein erfolgt zum Teil konzentriert westlich von Grellingen aus Aufschlüssen. Zum Teil dürfte die Drainage aber auch in Form von tektonisch bedingten Grundwasserübertritten in die Kalkformationen des Malms erfolgen.

Die Untersuchung der Grundwasserverhältnisse in den Lockergesteinen (Alluvialfüllung des Birs- bzw. Lüsseltales) konnte hauptsächlich anhand vorhandener Daten durchgeführt werden. Im ungestörten Zustand liegt der Birs-Wasserstand im Untersuchungsgebiet je nach Ort etwas höher bzw. tiefer als der Grundwasserspiegel in den Alluvionen, wobei der Höhenunterschied im allgemeinen 1 m nicht überschreitet. Die Gesamtlänge der Flußstrecken, wo der Fluss als Infiltrant wirkt, ist überwiegend.

3. Trinkwasserreserven, Nutzungsmöglichkeiten

Die Bevölkerung des Amtsbezirkes Laufen deckt gegenwärtig ihren Trinkwasserbedarf aus Quellen und aus Schottergrundwasser. Der Bedarf ist gegenwärtig gedeckt, die genutzten Trinkwasserreserven sind jedoch sehr empfindlich auf allfällige Verschmutzungen. Die Wasserqualität der Quellen ist variabel, oft schlecht bei Hochwasser. Andererseits ist das Schottergrundwasser mangels einer genügenden Schutzschicht gegen episodische Verunreinigungen schlecht geschützt, ausserdem sind zahlreiche Verschmutzungsherde in den entsprechenden Zonen vorhanden.

Im Rahmen der hydrogeologischen Studie «Laufental» wurden die noch verfügbaren Grundwasserreserven quantitativ und qualitativ ermittelt. Für die Nutzung dieser Reserven stehen nun die folgenden Möglichkeiten zur Verfügung:

Festgestein-Formationen: Die tiefen Grundwasserreserven im Festgestein sind relativ gross (rund 40 Mio. m^3 Speichervolumen), ihre Nutzung ist jedoch aus strukturgeologischen und hydraulischen Gründen nur zu einem kleinen Prozentsatz möglich. So wird die verfügbare Fördermenge für das ganze Laufenbecken auf höchstens 2000–2500 l/min (rund 3000 m^3/Tag) geschätzt, die mit eher dezentralisierten Bohrungen erschlossen werden müsste (Fördermenge pro Fassung voraussichtlich 100–500 l/min). Grössere Fördermengen wären aus der Hauptmuschelkalk-Formation zu erwarten (500–1000 l/min pro Bohrung), die im Untersuchungsgebiet allerdings tiefer liegt und nicht bis zur Terrainoberfläche reicht.

Wegen der relativ hohen Wassertemperaturen im Dogger (17–20 °C) bzw. im Hauptmuschelkalk (voraussichtlich >20 °C) kann das Tiefengrundwasser unter Umständen günstige Voraussetzungen für die Anwendung von Wärmepumpen bieten.

Das tiefe Festgestein-Grundwasser ist gegen allfällige Verschmutzungen gut geschützt. Wegen der natürlichen, chemischen Beschaffenheit des Wassers ist jedoch eine entsprechende Aufbereitung im allgemeinen notwendig.

Lockergestein-Formationen: Die jetzige effektive Entnahmemenge aus den Schottergrundwasserleitern könnte im Untersuchungsgebiet um das 5fache auf rund 100000 m^3/Tag erhöht werden. Das Grundwasser ist jedoch gegen allfällige Verschmutzungen schlecht geschützt: zahlreiche Verschmutzungsherde sind in der Nähe vorhanden, zudem ist die Ausscheidung von Grundwasser-Schutzzonen oft problematisch (Grundwasserzonen in besiedelten Gebieten). Das Schottergrundwasser benötigt ebenfalls eine Aufbereitung.

Künstliche Grundwasseranreicherung: Durch eine künstliche Grundwasseranreicherung in den Schottergrundwassergebieten könnte die gute Qualität dieser Schotter als Speicher ausgenützt und gleichzeitig eine bessere Kontrolle der potentiellen Verschmutzungen ermöglicht werden.

Diese verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten müssen nun von Fall zu Fall gegeneinander abgewogen werden, um Entscheide für eine zukünftige Entwicklung der Wasserversorgung fällen zu können.

Die während der durchgeführten Untersuchungen gesammelten Erfahrungen beim Einsatz spezieller Methoden zur Grundwassererkundung im Festgestein sind für allfällige zukünftige Detailuntersuchungen wegweisend. So wurden die Möglichkeit und die Bedeutung der künstlichen Erhöhung der Durchlässigkeit in Bohrlöchern im Kalk geprüft. In Grellingen z. B. erreichte man eine 10fache Verbesserung der Durchlässigkeit und eine beinahe 6fache Erhöhung der spezifischen Ergiebigkeit durch die Anwendung von verschiedenen Spezialmethoden (wie z. B. Besäuerung, Bohrlochwaschung, Schocken und Pumpen mit Lufthebeverfahren). In Wahlen konnte mit den gleichen Methoden die Ergiebigkeit einer Bohrung von 0 auf 15 l/min gesteigert werden.

Isotope und Chemie des tiefen Karstwassers im Laufental

U. SCHOTTERER[5]), I. MÜLLER[6])

Allgemeines

Im Rahmen der hydrogeologischen Untersuchungen im Laufental wurden seit 1979 auch Isotopenmessungen (^3H, ^{18}O) und chemische Analysen zur Interpretation

---

[5]) Physikalisches Institut der Universität Bern.

[6]) Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel et Institut de Géologie de l'Université de Fribourg.

herangezogen. Zunächst wurde Wasser der Bohrungen analysiert, die Messungen mussten dann aber auf Oberflächenwässer und eine Quelle (Bebrunnen in Liesberg) ausgedehnt werden, da repräsentative Niederschlagswerte für die Abschätzung des Input fehlen. Die Interpretationen stützen sich darüber hinaus auf Erfahrungen, die bei ähnlichen Untersuchungen in anderen Karstgebieten gemacht wurden. Die Messungen betreffen die mittlere Verweilzeit des Wassers im Aquifer, die mittlere Höhe seines Einzugsgebietes und die Summe der im Wasser gelösten Stoffe.

Die mittlere Verweilzeit der bisher untersuchten Karstquellen beträgt ein bis mehrere Jahre. Im Hochgebirgskarst des Rawil und des Raumes Grindelwald (WILDBERGER 1979; SCHOTTERER et al. 1979, 1982) liegen die mittleren Alter zwischen 2 und 5 Jahren, während an grossen Karstquellen des Jura eher kürzere Verweilzeiten von Monaten bis etwa 2 Jahren festgestellt wurden. Allerdings sind hier bei Wässern aus tieferen Karstwasserkörpern erheblich höhere Alter (10–20 Jahre) gemessen worden (OESCHGER et al. 1977; MÜLLER & ZÖTL 1980).

Die mittlere Höhe der Einzugsgebiete wurde in den erwähnten Beispielen aus dem $\delta^{18}O$ der Quellwässer bestimmt, wobei als Eichung das $\delta^{18}O$ der Niederschläge und der Quellen bekannter Einzugsgebiete verwendet wurde.

Die Menge gelöster Stoffe im Karstwasser ist im wesentlichen abhängig von Faktoren wie Einzugsgebiethöhe und Klima, Lithologie und Durchlässigkeit. Figur 3 gibt einen schematischen Überblick der Leitfähigkeit (stellvertretend für die gelösten Stoffe) von Wässern in verschiedenen Karstregionen. Aufgetragen sind die Häufigkeitsverteilungen der gemessenen Werte im Vergleich zum Niederschlag. Wird die geochemische Matrix von Karbonaten bestimmt, nimmt die Leitfähigkeit in tiefer gelegenen Einzugsgebieten zu (z.B. Einfluss von Bodenbildung, Bepflanzung und Fliessgeschwindigkeit). Die Breite der Verteilung ist abhängig von Reservoirgrössen und Frischwasserkomponenten.

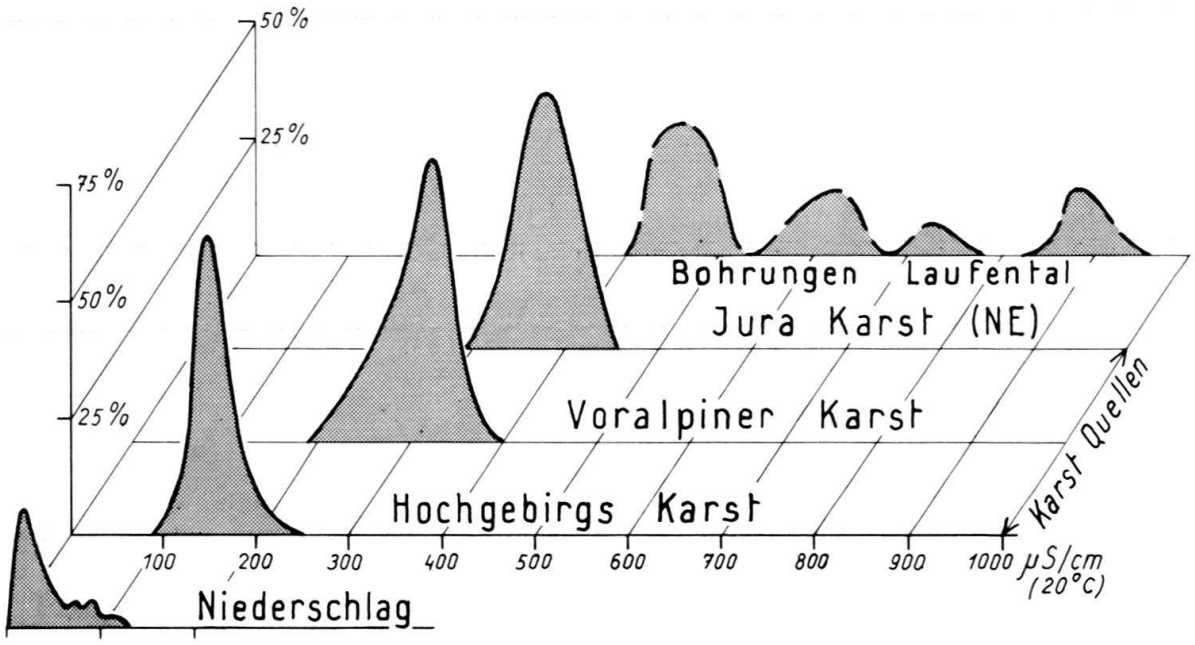


Fig. 3. Häufigkeitsverteilung der Leitfähigkeit in Karstquellen verschiedener Regionen.

Die Messungen im Laufental

Fünf Tiefbohrungen wurden im Becken von Laufen niedergebracht, drei in die Malmkalke (Brislach, Wahlen und Zwingen) und zwei in Formationen des Doggers (Aegerten und Grellingen). Die Durchlässigkeitsbeiwerte lagen zwischen 10^{-7} und 10^{-8} m/s (Motor Columbus, 1982). Um die Durchlässigkeit zu verbessern, wurden technische Bohrlochbehandlungen vorgenommen. Da zusätzlich während der Bohrarbeiten Spülwasserverluste auftraten, ist die Interpretation von Messungen an Proben aus den Bohrungen stark erschwert. Figur 4 gibt einen Überblick der im Laufental gemessenen Tritiumkonzentrationen im Vergleich mit denen der Niederschläge aus dem Raum Grindelwald. Die Oberflächenwässer, die Quelle in Liesberg und die Bohrungen in Zwingen und Brislach weisen durchwegs höhere Tritiumwerte als die Niederschläge auf, die Werte von Grellingen sind vergleichbar, während diejenigen von Aegerten und Wahlen (teilweise) wesentlich tiefer sind. Alle analysierten Wasserproben (wenn man von Grellingen absieht) stammen also zum grössten Teil nicht von Niederschlägen der Untersuchungsperiode. Um Altersangaben abzuschätzen, kann man das Exponentialmodell heranziehen (OESCHGER & SIEGENTHALER 1972). Für die Quelle in Liesberg können etwa 6 Jahre, für die Birs etwa 3-4 Jahre angegeben werden. Lüssel und Lützel liegen möglicherweise in einem vergleichbaren Altersbereich, doch liegen hier zu wenig Proben vor. In diesem Zusammenhang muss erwähnt werden, dass bei einer ähnlichen Untersuchung (OESCHGER et al. 1977) für die Birsquelle ein Wasseralter von etwa 1 Jahr angegeben wurde, sie nimmt also bis Grellingen bedeutende Mengen älteren Grundwassers auf (SCHOTTERER 1982). Im wesentlichen als unkontaminiert können

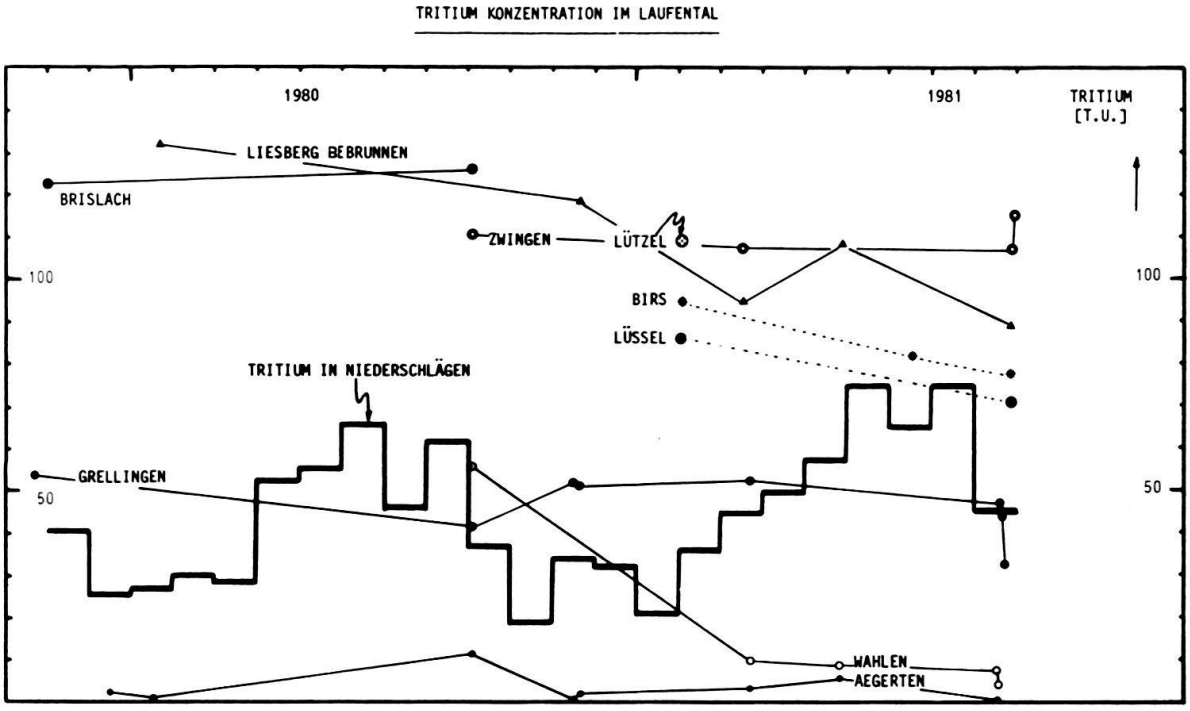


Fig. 4. Tritiumkonzentrationen in Proben aus dem Laufental im Vergleich mit denen von Niederschlägen aus dem Raum Grindelwald.

die Proben aus den Bohrungen Aegerten und teilweise Wahlen (1981) bezeichnet werden, da sie äusserst geringe Tritiumkonzentrationen aufweisen. Über 90% des Wassers muss vor 1953 als Niederschlag versickert sein. Ein Kurzpumpversuch in der Bohrung Grellingen (24.9.81) brachte eine deutliche Abnahme der Tritiumkonzentrationen, was die Vermutung nahelegt, dass ein Grossteil des Wassers noch immer durch die Bohrlochbehandlung kontaminiert ist und das ursprüngliche Wasser ähnliche Konzentrationen wie Wahlen oder Aegerten aufweist, also mindestens etwa 30 Jahre alt ist. Die Tritiumkonzentrationen in den Bohrungen von Brislach und Zwingen lassen sich nur mit einem dominierenden Anteil stagnierenden Wassers aus dem Bohrvorgang erklären.

Die Abschätzungen über der mittleren Höhe der Einzugsgebiete aus dem $\delta^{18}O$ gestalten sich nicht nur wegen der fehlenden Inputwerte aus dem Einzugsgebiet schwierig, sondern auch wegen der Tatsache, dass die einzelnen Proben mehrere Wasserkomponenten unterschiedlicher Herkunft, Alter und Zusammensetzung enthalten. Einigermassen sichere Aussagen lassen sich nur dort machen, wo genügend Einzelmessungen zur Mittelwertbildung zur Verfügung stehen (eventuell Quelle Liesberg) oder junge Beimischungen weitgehend ausgeschlossen werden können (z. B. diejenigen Proben, deren Tritiumwerte nahe bei 0 liegen). Der $\delta^{18}O$/Höhenbeziehung werden die Messungen aus dem Berner Jura zugrunde gelegt (OESCHGER et al. 1977), die an Quellen mit bekanntem Einzugsgebiet geeicht wurden, und der Wert für die Areuse-Quelle, deren Einzugsgebiet ebenfalls bekannt ist (Fig. 5). Um abzuschätzen, ob der Wert von 0,15% pro 100 Höhenmeter für das gesamte Einzugsgebiet der Birs einigermassen sinnvoll angewendet werden kann, wurde am 16. September 1981 ein $\delta^{18}O$-Profil in der Birs von Grellingen bis Tavannes gemessen. Die Abnahme um etwa 0,8% entspricht einer Zunahme des mittleren Einzugsgebietes von etwa 500 m, was als obere Grenze durchaus sinnvoll erscheint (persönliche Mitteilung, G. della Valle). In diesem Sinn sind auch die folgenden Angaben zu verstehen:

	$\delta^{18}O$	Mittlere Höhe des Einzugsgebietes
SM2 Wahlen	– 9,40%	~400 m
Wasser aus der Bohrung Zwingen (Lüssel?)	– 9,75%	~650 m
SD2 Aegerten	– 10,00%	~820 m
Quelle Liesberg (Mittel)	– 9,86%	~750 m

Die Auswertung der chemischen Daten ist besonders schwierig, da Chemikalien bei der Bohrlochbehandlung verwendet wurden (unterbrochene Linie in Fig. 3). Doch wo Kontaminationen ausgeschlossen werden können, bestätigt sich der Trend zu hoher Mineralisierung: kleine Durchlässigkeiten verbunden mit langen Verweilzeiten sind unter anderem die Ursache dafür. Die Wässer sind ausserdem sauerstoffarm, eisenhaltig und enthalten zum Teil Spuren aus Triasformationen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die gemeinsame Messung und Interpretation von chemischen Parametern und den Isotopen des Wassermoleküls wichtige indirekte Arbeitsmethoden der Hydrogeologie darstellen. Bei der Prospektion von Grundwässern, besonders in wenig durchlässigen Formationen, sollte auf Kontami-

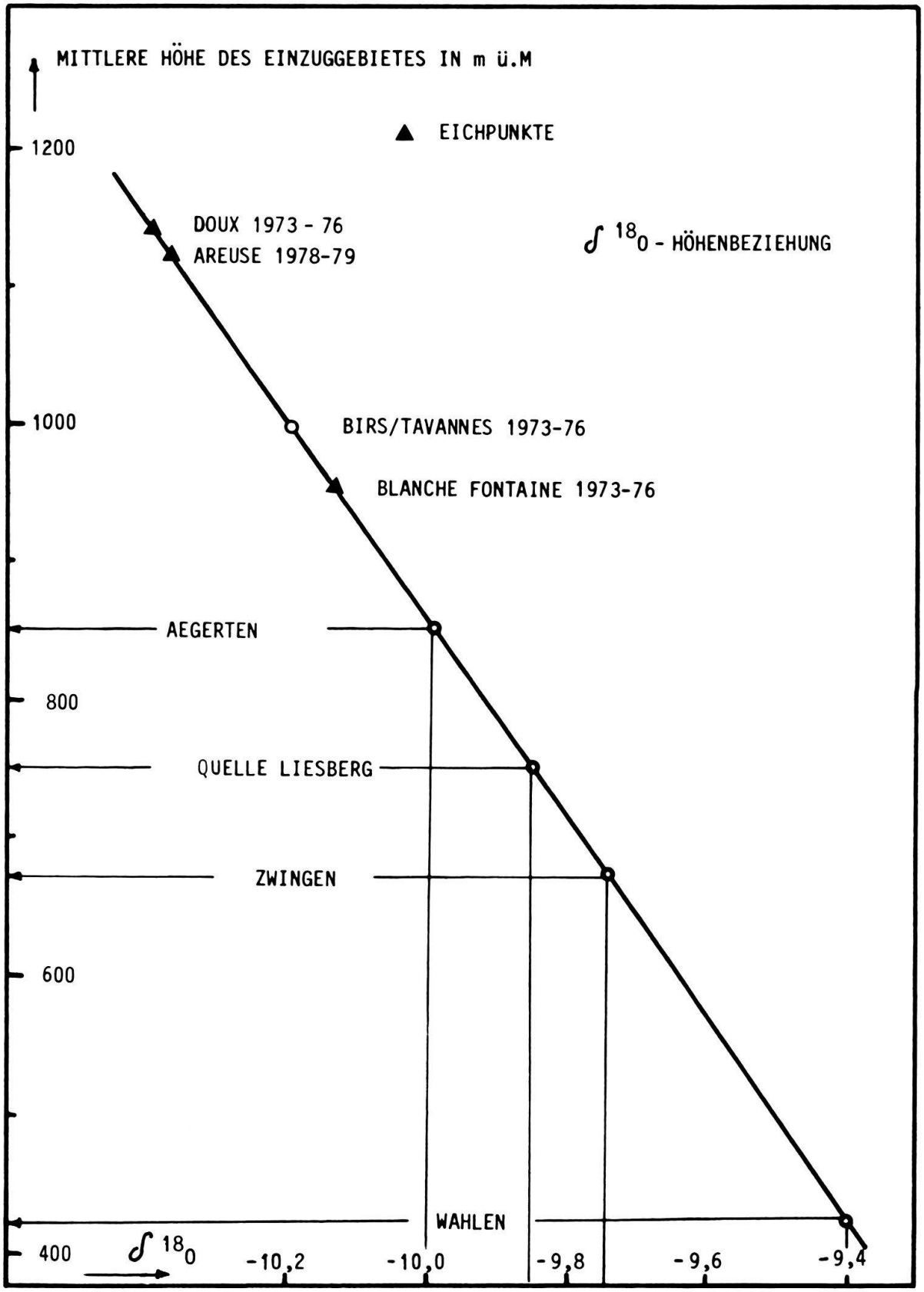


Fig. 5. Mittlere Höhe des Einzuggebietes von Karstwässern aus der $\delta^{18}O$-Höhenbeziehung.

nation während der technischen Arbeiten besonderes Augenmerk gelegt werden, da sonst der Einsatz von spezialisierten Untersuchungsmethoden in Frage gestellt wird.

LITERATURVERZEICHNIS

Motor Colombus, Ingenieur Unternehmung AG (1982): *Schlussbericht über die hydrogeologischen Untersuchungen im Laufental.* - Bern (WEA).

MÜLLER, I., & ZÖTL, J.G. (1980): *Karsthydrologische Untersuchungen mit natürlichen und künstlichen Tracern im Neuenburger Jura (Schweiz).* - Steir. Beitr. Hydrogeol. *32*, 5-100.

OESCHGER, H., & SIEGENTHALER, U. (1972): *Umgebungsisotope im Dienste der Hydrologie und Ausblick auf neue Methoden.* - GWF Wass. Abwass. *113*/11, 501-508.

OESCHGER, H., SCHOTTERER, U., & SIEGENTHALER, U. (1977): *Mesures de tritium et d'oxygène-18 des sources jurassiennes 1973-1976.* - Ber. an das Kantonale Wasserwirtschaftsamt Bern.

SCHOTTERER, U. (1982): *Tritium und ^{18}O-Messungen an tiefen Karstwässern im Laufental.* - Ber. an das Kantonale Wasserwirtschaftsamt Bern.

SCHOTTERER, U., WILDBERGER, A., SIEGENTHALER, U., NABHOLZ, W., & OESCHGER, H. (1979): *Isotope study in the Alpine karst region of Rawil, Switzerland.* - Isotope Hydrol. *1978*/1, 351-366. Int. At. Energy Agency Vienna.

SCHOTTERER, U., & FELBER, H.U. (1982): *Tritium and Oxygen-18 as natural tracers in the complex hydrology of the alpine basin of Grindelwald.* - Beitr. Geol. Schweiz, Hydrol. *28*, II, 435-446.

WILDBERGER, A. (1981): *Zur Hydrogeologie des Karstes im Rawil-Gebiet.* - Beitr. Geol. Schweiz, Hydrol. *27*, 1-175.