

# **Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser der Kantone Bern und Freiburg**

## **Hydrogeologie Saanetal zwischen Laupen und Aare**

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern  
Amt für Umweltschutz des Kantons Freiburg

Bearbeitung: Dres. P. Kellerhals und Ch. Haefeli  
Geologen SIA/ASIC, Bern



**Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern  
Baudirektion des Kantons Freiburg**

# **Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser der Kantone Bern und Freiburg**

## **Hydrogeologie Saanetal zwischen Laupen und Aare**

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern  
Amt für Umweltschutz des Kantons Freiburg

Bearbeitung: Dres. P. Kellerhals und Ch. Haefeli  
Geologen SIA/ASIC, Bern



**Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern  
Baudirektion des Kantons Freiburg**

**Bericht:**  
Hydrogeologie Saanetal zwischen Laupen und Aare

**Ausgabe:** 1989

**Herausgeber:**  
Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern  
Baudirektion des Kantons Freiburg

**Leitung:**  
Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern  
Dr. Jean-Pierre Clément  
Amt für Umweltschutz des Kantons Freiburg  
Dr. Franz Becker

**Bearbeitung:**  
Drs. Peter Kellerhals und Charles Haefeli  
Mitarbeit: Dr. Jürg Wanner, Dr. Paul Bossart  
Geologen SIA/ASIC, Bern

**Druck, Einband:**  
Aerni-Leuch AG, Liebefeld/Bern

**Dieser Bericht stellt einen Beitrag zur Entscheidungsfindung dar und nimmt keine Beschlüsse der zuständigen politischen Organe vorweg.**

Die Reproduktion und Weiterverwendung von Textabschnitten, Graphiken, Kartenausschnitten usw. ist erlaubt, wenn **auf allen Wiedergaben** klar auf den **Bericht**, das **Erscheinungsjahr**, den **Herausgeber**, die **Leitung** und **Autoren** hingewiesen wird.

Ausgabe 1989

# I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
RESUME	7
1. EINLEITUNG	9
2. GEOLOGISCHER UEBERBLICK	11
3. GRUNDWASSERVORKOMMEN DER WESTLICHEN HUEGELZONE	11
4. HYDROLOGISCHE SITUATION	12
5. EIGENSCHAFTEN DES GRUNDWASSERLEITERS	14
5.1 Räumliche Begrenzung	14
5.2 Deckschichten	17
5.3 Aufbau und hydraulische Kennwerte	18
6. GRUNDWASSERDYNAMIK	22
6.1 Allgemeine Abflussverhältnisse	22
6.2 Grundwasserneubildung	23
7. WASSERQUALITAET	25
7.1 Uebersicht	25
7.2 Oberflächengewässer	25
7.3 Grundwasser	27
8. GRUNDWASSERNUTZUNGSMOEGlichkeiten	31

## VERZEICHNIS DER FIGUREN UND BEILAGEN

		Seite
Figur 1.1	Untersuchungsgebietsübersicht	10
5.1a	Geophysikalische Untersuchungen: Elektromagnetische Profile	15
5.1b	Mächtigkeit des Grundwasserleiters	15
5.2	Generelles geologisches Querprofil bei Marfeldingen (Autobahnbrücke N 1)	17
5.3	Sondierprofile in der Laupenau	19
5.4a	Bohrprofil RB 5	20
5.4b	Bohrprofil RB 6	21
6.1a	Ganglinien der Saane (Eidg. Station Laupen) und des Grundwassers (Limnigraph RB 5) bei Laupenau vom 22. und 23. November 1988	24
6.1b	Beziehungen zwischen Saane- und Grundwasserspiegel- schwankungen bei der Laupenau vom 21. Dezember 1988	24
7.1	Temperaturverlauf der Saane bei der Landeshydrologie- Messstelle Gümnenen für die Jahre 1981 - 1984	26
7.2a	Verteilung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser	29
7.2b	Anteil Saaneinfiltrat im Grundwasser	29
Anhang:	Bohrprofil RB 1	34
	Bohrprofil RB 3	35
	Bohrprofil RB 4	36
Beilage 1:	Isohypsen des Grundwasser-Spiegels, Niederwasserstand (29. Oktober 1988) Isohypsen der Molasse-Oberfläche 1:10'000	

## VERZEICHNIS DER ZITIERTEN LITERATUR

- BECKER F. (1972): Géologie de la région du lac de Morat entre la vallée de la Sarine et le lac de Neuchâtel. - Edition API, Fribourg
- BECKER F. und RAMSEYER R. (1972): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000 Atlasblatt 63, 1165 Murten, mit Erläuterungen. - Landesgeologie Bern
- KELLERHALS P. und HAEFELI Ch. (1987): Auswirkung der Stauhaltung im Niederriedsee (BKW) auf die Grundwasserverhältnisse der Oltigenmatte. - Bernische Kraftwerke AG
- KELLERHALS P. und HAEFELI Ch. (1987): Kurzbericht zu den hydrogeologischen Vorabklärungen für die Wasserversorgung Gammen (Gemeinde Ferenbalm) in der Laupenau. - WEA, Bern
- KELLERHALS P. und HAEFELI Ch. (1989): Grundwasserprospektion in der Gemeinde Gempenach. - Wasserversorgung Gempenach.
- WEA / GEOLOGIE (1984): Hydrogeologie Saanetal, Gebiet Wileroltigen (Bearbeiter: Kellerhals P. und Haefeli Ch.). - WEA, Bern

## RESUME

La région sise à l'ouest de la basse vallée de la Sarine, entre Laupen et l'Aar, connaît depuis longtemps déjà des problèmes d'approvisionnement en eau, principalement liés aux teneurs en nitrates généralement élevées, tant dans les captages de sources que dans les captages d'eaux souterraines.

Cette étude, réalisée sous la direction de l'Office de l'économie hydraulique et énergétique du canton de Berne et de l'Office de la protection de l'environnement du canton de Fribourg, avait comme but la prospection des eaux souterraines: leur évaluation quantitative et qualitative, ainsi que la recherche de nouveaux sites de captage potentiels. Ces recherches se sont principalement concentrées sur la plaine alluviale de la Sarine, étant donné qu'il était peu probable de trouver des ressources en eaux souterraines, répondant aux exigences qualitatives et quantitatives, dans la région du plateau, à l'ouest de la Sarine.

Les résultats de cette étude peuvent se résumer comme suit:

L'épaisseur des terrains meubles aquifères est généralement faible. Il s'agit principalement de sables graveleux recouverts de dépôts d'inondations sablo-limoneux récents de la Sarine. Le toit du substratum molassique (molasse d'eau douce inférieure, "Aquitarien"), jouant le rôle d'imperméable, est surtout marqué par l'absence de sillons d'érosion profonds.

Les perméabilités des terrains aquifères varient entre  $5 \times 10^{-4}$  m/s et  $8,5 \times 10^{-3}$  m/s; les transmissivités s'étendent de  $1 \times 10^{-3}$  à  $3 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s. Ces valeurs sont celles obtenues aux sites de captages potentiels. Les perméabilités moyennes de l'aquifère devraient se situer entre  $5 \times 10^{-4}$  m/s et  $2 \times 10^{-3}$  m/s.

Vu la faible épaisseur des couches aquifères, les échanges hydrauliques entre l'aquifère et la Sarine ne sont que très restreints. L'influence positive due à l'infiltration d'eau peu minéralisée de la Sarine ne se limite qu'à une bande étroite et discontinue aux abords immédiats de la rivière. Le rôle de la Sarine pour la réalimentation des eaux souterraines n'est donc que subordonné.

Pour les raisons évoquées plus haut, une exploitation économique des ressources en eau souterraine n'est possible que dans un cadre limité. Les sites de captages potentiels déterminés au cours de cette étude devraient néanmoins permettre d'extraire localement des débits de l'ordre de 300 à 1'500 l/min au moyen de captages adaptés.

## HYDROGEOLOGIE SAANETAL, ZWISCHEN LAUPEN UND AARE

### 1. EINLEITUNG

Die Region westlich des untersten Saanetals, zwischen Laupen und der Aare, besitzt seit langem ernsthafte Wasserversorgungsprobleme, die vor allem qualitativer Natur sind. Betroffen sind besonders die Gemeinden Gempnach, Waltenbuch, Ulmiz und Liebistorf im Kanton Freiburg sowie die Gemeinden Golaten, Wileroltigen, Gurbrü, Ferenbalm und Kriechenwil des Kantons Bern. Am meisten Schwierigkeiten bietet der zu hohe Nitratgehalt, sowohl bei den Quell- wie bei den Grundwasserfassungen.

Das Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA) und das Amt für Umweltschutz des Kantons Freiburg (AfU) beschlossen deshalb, alternative Wasserbezugsmöglichkeiten abklären zu lassen. Nachdem Voruntersuchungen in der Talebene der Saane bei Wileroltigen und Gammen ermutigende Ergebnisse lieferten (WEA 1984, KELLERHALS und HAEFELI, 1987), ging es darum, mittels einer zusammenhängenden Untersuchung die nutzbaren Wasserressourcen regional zu erfassen.

Die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes ist aus Figur 1.1 ersichtlich. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen waren die Aussichten gering, in der Hügellzone der betroffenen Gemeinden neue güte- und mengenmässig adäquate Wasservorkommen zu finden. Trotzdem wurde namentlich im Bereich von Waldgebieten die Situation nochmals kurz überprüft. Im Vordergrund stand aber eindeutig die grundwasserführende Talebene. Mit Ausnahme der Kapitel 2 und 3, die sich mit der Hügellzone befassen, wird im Bericht ausschliesslich die Talebene behandelt.

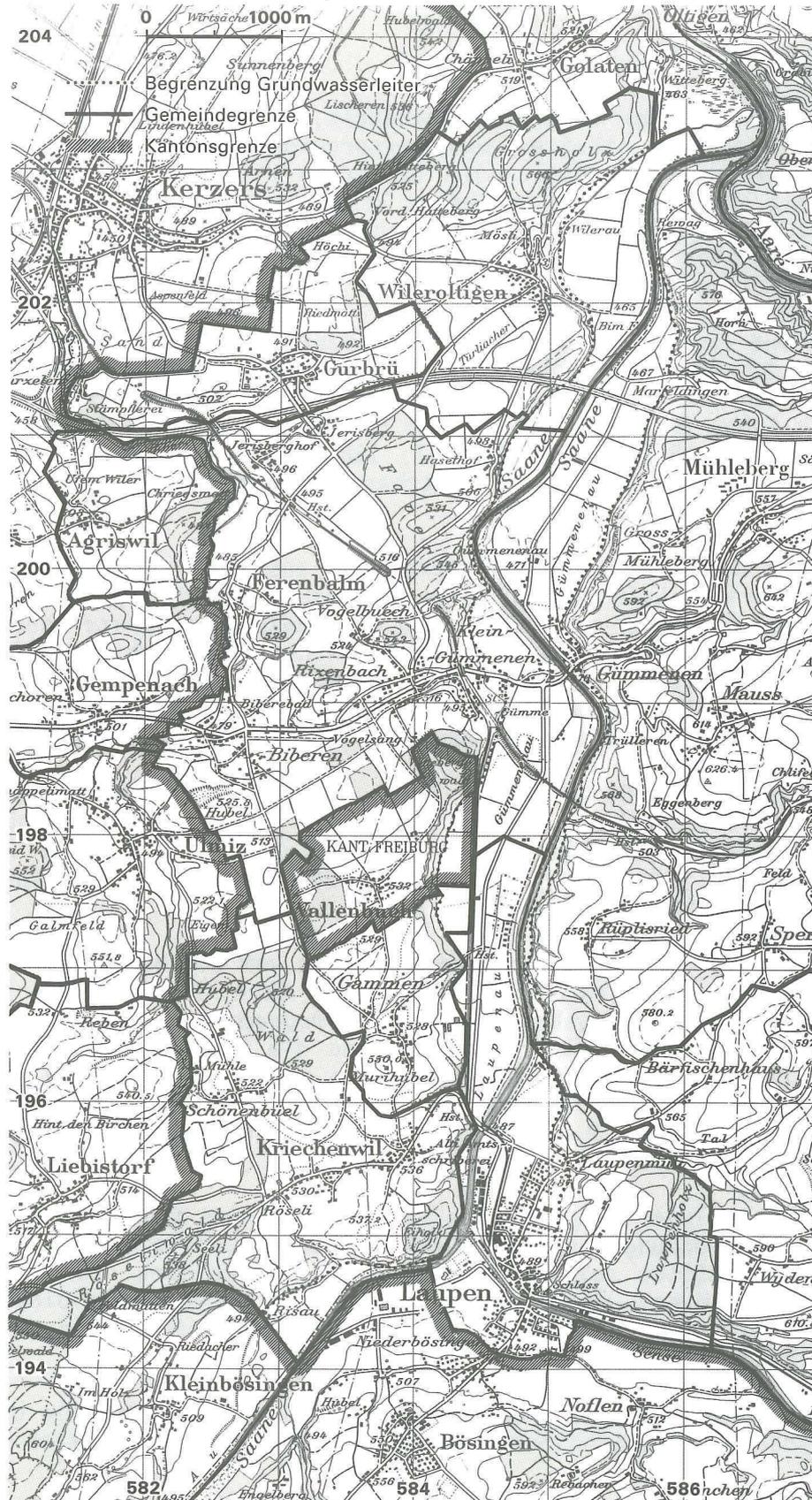
Das Mündungsgebiet der Saane in die Aare, d.h. die Oltigenmatt und die Rewag wurden von den Untersuchungen ausgenommen, da beide Gebiete, einerseits aus qualitativen Gründen (KELLERHALS und HAEFELI, 1987), andererseits wegen einer schon bestehenden, grösseren Fassung (KKW) von vornherein für eine Grundwassernutzung ausser Betracht fielen.

Mit der Ausführung der Studie wurde mit Vertrag vom 23. November 1987 das Geologiebüro Dres. P. Kellerhals und Ch. Haefeli, Bern, betraut. Der über 20 Monate dauernde Untersuchungsablauf wurde im Programm vom 18. Mai 1987 festgehalten. Nach einer Vorabklärungsphase wurden die Feldarbeiten im Verlauf des Jahres 1988 durchgeführt. Die Untersuchungen wurden durch Dr. J.-P. CLEMENT, Kreisgeologe WEA, betreut. Folgende Mitarbeiter waren wesentlich an den Untersuchungen beteiligt: Dr. P. Bossart, M. Maurer, V. Messerli, Dr. J. Wanner, Ph. Zahner.

Die chemischen Analysen besorgte das Laboratorium des Kantonschemikers, Bern. Die Isotopenuntersuchungen wurden durch Dr. U. Siegenthaler und K. Hänni vom Physikalischen Institut der Universität Bern durchgeführt. Für die geophysikalischen Untersuchungen wurde Dr. I. Müller, Centre d'hydrogéologie, Universität Neuenburg, beigezogen. Bohr- und Rammarbeiten erfolgten durch spezialisierte Unternehmungen.

Das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft subventionierte die Untersuchungen. Den zuständigen Mitarbeitern gebührt für Ihre Mithilfe bester Dank.

Fig. 1.1 Untersuchungsgebietsübersicht



## 2. GEOLOGISCHER UEBERBLICK

Der Untergrund des Untersuchungsgebietes wird durch die Ablagerungen der Molasse gebildet, fast ausnahmslos durch den oberen Teil der Unteren Süßwassermolasse, das "Aquitaniien". Dieser besteht vorwiegend aus einer Wechselagerung von Mergeln sowie feinkörnigen Sandsteinen, die gesamthaft als schwer durchlässig bezeichnet werden können. Nur in der südwestlichsten Perimeterecke bei Liebistorf blieben die darüberliegende Obere Meeresmolasse, die massigen Sandsteine und Muschelsandsteine des "Burdigalien" von der Erosion verschont. Dank ihrer meist hohen Porosität sind diese Gesteine potentiell wasserführend.

Die Erosionsoberfläche der Molasse ist praktisch durchgehend durch Quartärablagerungen bedeckt, in der Hügelzone vorwiegend durch Moränen der letzten Eiszeit (Würm), in der Talebene durch Flussschotter. Schmelzwässer (gemäss F. BECKER, 1972, Vorwürm-Saane) haben in der Hügelzone stellenweise Vorstosschotter abgelagert, die jedoch selten bis an die Oberfläche reichen. Sie werden an verschiedenen Stellen abgebaut, so in der Gemeinde Golaten bei Mannewil und Usserhubel. Die Ausdehnung dieser Schotter ist nicht bekannt, so sind bis heute auch keine alten Abflussrinnen nachgewiesen.

Die Schmelzwässer des Würm-Gletschers haben über den Moränen ausgedehnte, aber oft nur geringmächtige Rückzugsschotter sedimentiert. Die wichtigsten dieser Kies- und Sandablagerungen sind südlich Kriechenwil, östlich Gammen, in Wallenbuch, östlich Vogelbuech und bei Golaten zu finden.

Wie erwähnt, ist der gesamte Talboden der Saane mit alluvialen Flusssedimenten, vorwiegend Kiessanden, bedeckt. Darüber befinden sich als jüngste Ablagerungen sandig-siltige Ueberschwemmungssedimente der Saane von meist geringer Mächtigkeit. Geringfügige, ebenfalls alluviale Ablagerungen aus feinkörnigem Material begleiten häufig den Wasserlauf der Bibere und ihrer Zuflüsse.

## 3. GRUNDWASSERVORKOMMEN DER WESTLICHEN HUEGELZONE

Der Verlauf der Molasseoberfläche als unterster Grundwasserstauer beeinflusst massgebend die unterirdische Entwässerung. Die steilen Erosionsränder der Molasse entlang des Saane- und Aaretals sind meist bis auf die Plateauhöhe der Hügelzone erhalten geblieben und verhindern damit weitgehend einen weiträumigen Grundwasserabfluss in die Flusstäler. Entsprechend der generell nach Nordwesten geneigten Erosionsoberfläche findet deshalb eine unterirdische Entwässerung vor allem in dieser Richtung statt, was sich namentlich durch zahlreiche Quellen und Fassungen im Gebiet von Kerzers und Fräschels manifestiert. Da der Tallauf der Bibere häufig in der Molasse eingeschnitten ist, findet eine tiefgreifende Grundwasserdrainage auch durch die Bibere und ihre Seitenbäche statt. Ueber den Verlauf der meist durch Moränen und Schotter bedeckten Molasseoberfläche sind jedoch zuwenig Angaben vorhanden, als dass sie räumlich dargestellt werden könnte.

Die Vorstoss- und Rückzugsschotter sind die potentiellen Grundwasserleiter der Hügelzone, wobei die ersteren vorwiegend gegen das Grosse Moos entwässern. Während die Vorstossschotter teilweise für die erwähnten Quellaustritte am

W-Randfuss der Hügelzone verantwortlich sein dürften und u.a. auch die Grundwasserfassung der Gemeinde Fraschels anspeisen, sind die oberflächennahen Rückzugsschotter meist die Wasserleiter für die Quellen der Hügelzone.

Die Schotterablagerungen stellen kaum grössere zusammenhängende Komplexe dar, sondern mehr oder weniger isolierte Schotterzuge mit sehr unterschiedlicher Ausdehnung und Wasserführung. Infolge fehlender Aufschlüsse können über ihre hydraulischen Eigenschaften keine konkreten Angaben gemacht werden. Da das in der Hügelzone gefasste Wasser praktisch durchwegs zu stark mineralisiert ist (Nitrat!) und selten Trinkwasserqualität aufweist, bestand bisher wenig Anreiz, die Grundwasserverhältnisse näher zu erkunden. Praktisch alle bisherigen hydrogeologischen Erkundungen zum Auffinden von qualitativ einwandfreiem Grundwasser verliefen unbefriedigend. Ein jüngstes Beispiel dazu bildete eine Vorabklärung für die Gemeinde Gempenach (KELLERHALS und HAEFELI, 1989). Das Gebiet mit den besten Erfolgsaussichten stellt der Hangfuss gegen das Grosse Moos dar, wo allfällige Vorstossschotterzuge ausmünden (z.B. Fraschels). Infolge ihrer tiefen Lage sind sie gegen Oberflächenverunreinigungen gut geschützt, trotzdem führen sie aber Grundwasser mit einem Nitratgehalt von meist über 30 mg/l.

#### 4. HYDROLOGISCHE SITUATION

Obwohl in keiner Weise versucht wurde, eine hydrologische Bilanz zu erstellen - der zeitliche und der finanzielle Rahmen hätten dazu kaum ausgereicht - seien nachstehend der Uebersicht halber einige hydrologische Angaben zum Untersuchungsgebiet für das Jahr 1988 aufgeführt.

Die repräsentativsten Niederschlagsdaten für den vorliegenden Untersuchungsperimeter werden durch die beiden SMA-Stationen Laupen und Kerzers geliefert. Gegenüber der langjährigen Niederschlagsverteilung (nur Station Kerzers verfügbar) ergibt sich für 1988 das in der Tabelle 4.1 dargestellte Bild.

Das Jahr 1988 war somit sehr niederschlagsreich, was vor allem auf die nassen Wintermonate zurückzuführen ist. Dies hatte nicht nur bis Ende März eine unmittelbare Auswirkung auf die Grundwasseranspeisung durch die lokalen Niederschläge, auch die hochgehende Saane infiltrierte vermehrt über einen längeren Zeitraum (April, März) infolge der Schneeschmelze in den höheren Lagen.

Abgesehen von einigen Drainagebachen durchfliessen ausser der Saane keine nennenswerten Oberflächengewässer den Talboden. Das generelle Abflussregime der Saane ist aus der Tabelle 4.2 ersichtlich. Die überdurchschnittlichen Niederschläge im Jahre 1988 machen sich erwartungsgemäss auch beim Abfluss bemerkbar, allerdings in abgeschwächter Form. Bemerkenswert ist der grosse Unterschied zwischen der Abflussspitze und dem Tagesminimum. Ohne Kraftwerksbetrieb dürften vermutlich beide Werte höher und weniger weit auseinander liegen. Die Sense, die oberhalb der Abflussmessstation einmündet, hat auf das Abflussregime der Saane eine untergeordnete Bedeutung, beträgt doch ihre mittlere Jahresabflussmenge nur 8.9 m<sup>3</sup>/s (Station Thörishaus) bei einer allerdings ungebremsten Spitze von 360 m<sup>3</sup>/s und einem Tagesminimum von 0.79 m<sup>3</sup>/s.

Tabelle 4.1: Niederschläge der SMA-Stationen Laupen und Kerzers

	SMA-Laupen 1988 (mm)	SMA-Kerzers 1988 (mm)	SMA-Kerzers 1901-60 (mm)	SMA-Kerzers 1988/1901-60 (%)
J	84	119	56	212
F	80	92	57	162
M	136	153	63	242
A	46	58	66	88
M	137	118	84	140
J	75	107	102	105
J	131	93	97	96
A	107	118	105	112
S	81	81	92	88
O	150	150	74	202
N	25	32	74	43
D	70	83	70	118
Jahr	1122	1204	940	128

Tabelle 4.2: Abflussregime der Saane (Station Laupen)

	1988* (m3/s)	1949-84 (m3/s)	1988/1949-84 (%)
J	37.3	43.6	86
F	53.3	49.9	107
M	80.3	53.6	150
A	99.1	65.4	151
M	103.0	72.0	143
J	78.9	73.7	107
J	44.1	55.2	80
A	34.7	50.4	69
S	38.1	46.6	82
O	65.6	43.3	152
N	42.6	47.4	90
D	32.7	43.8	75
Jahresmittel	59.1	53.7	110
Spitze	410	970	
Tagesminimum	5.98	5.12	

\*) provisorische Werte

Der Wasserstand der Saane beeinflusst teilweise nachhaltig den Grundwasserspiegel. Durch den Kraftwerksbetrieb von Schiffenen wird der Saaneabfluss dauernd reguliert, was tägliche Niveauschwankungen bis zu 1.5 m ergibt, die sich gedämpft im Grundwasser fortpflanzen (Kap. 6.2). Vom Stausee Niederried macht sich zudem ein Rückstau bis in die Wilerau bemerkbar, was im Grundwasser zu stagnierenden Abflussverhältnissen und gütemässigen Beeinträchtigungen führt (Kap. 7.2).

Die Hochwasserdämme entlang der Saane beeinflussen den Oberflächenabfluss und indirekt auch das Grundwasser. Zwar versickern die auf den Talboden fallenden Niederschläge praktisch vollständig. Das Wasser der Talflanken muss jedoch, soweit es nicht den Grundwasserstrom alimentiert, durch Gräben abgeführt werden. Die Wasserläufe dieser Gräben stehen stellenweise in hydraulischer Wechselwirkung mit dem Grundwasser. Besonders deutlich kommt dies in der Gümmenenau und Wilerau zum Ausdruck (Beilage 1).

## 5. EIGENSCHAFTEN DES GRUNDWASSERLEITERS

### 5.1 Räumliche Begrenzung

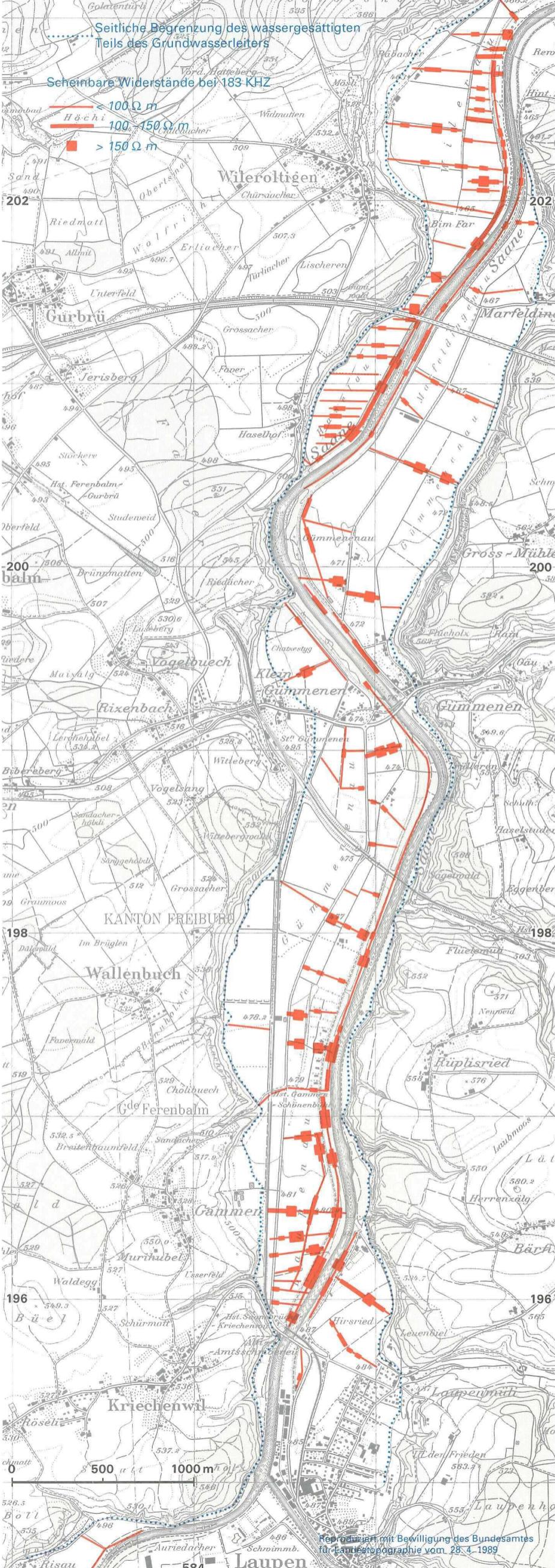
Wie schon eingangs erwähnt, ist nachfolgend nur vom Lockergestein im Talboden der Saane die Rede. Die Ausdehnung des gesättigten Grundwasserleiters ist aus Beilage 1 ersichtlich. Die horizontale Begrenzung ergibt sich beinahe zwangsläufig durch die steilen Molasse-Talflanken, die nur in Ausnahmefällen von grösseren Lockergesteinsmassen bedeckt sind. Dies ist vor allem bei Gammen, Klein-Gümmenen und Wileroltigen der Fall. Bei Wileroltigen handelt es sich um einen ausgedehnten verrutschten und versackten Hang.

Infolge der steilen Flanken ist es unerheblich, was für ein Grundwasserstand für die Schnittlinie zwischen Grundwasserspiegel und randlichem Stauer zur Definition der seitlichen Begrenzung genommen wird. Die wassergesättigte Zone wird durch die jeweilige Grundwasserspiegellage nach oben begrenzt, d.h. es bestehen keine ausgedehnten Deckschichten, die einen gespannten Wasserspiegel verursachen könnten.

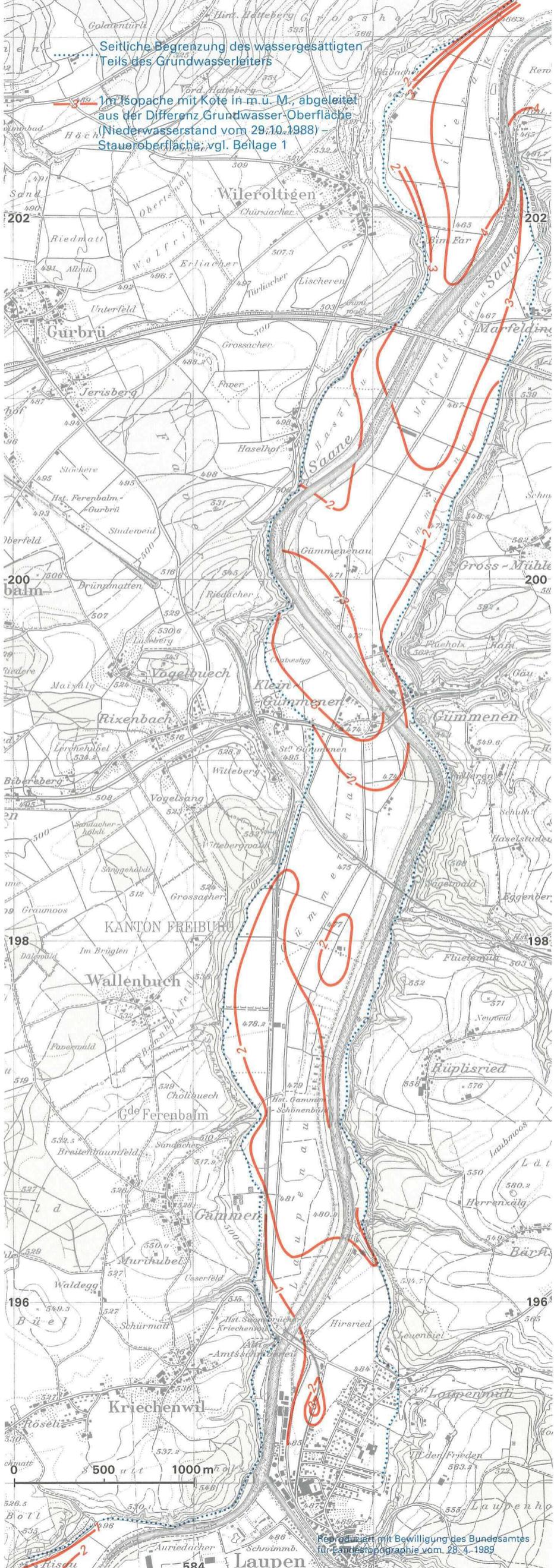
Die Sohle des Grundwasserleiters wird praktisch durchgehend aus der Erosionsoberfläche der Unteren Süsswassermolasse und ihrer geringmächtigen Verwitterungszone gebildet. Mittels Rammsondierungen konnte infolge der geringen Lockergesteinsmächtigkeit die Molasseoberfläche genau erfasst werden. Bei allen Piezometerstandorten wurde ein Rammprofil aufgenommen. Daneben fanden noch einige zusätzliche Rammungen statt, so dass mit über 50 Sondierpunkten (Sondierbohrungen inbegriffen) die Staueroberfläche relativ gut belegt ist.

Wie aus der Beilage 1 und der Figur 5.1b entnommen werden kann, konnten keine grösseren Erosionsrinnen in der Molasse festgestellt werden. Die Mächtigkeit des gesättigten Grundwasserleiters beträgt meist nur 1.5 bis 4 Meter und nimmt im allgemeinen stromabwärts zu. Ein repräsentatives Querprofil, das auf den Sondierbohrungen für die Autobahnbrücke N 1 basiert, vermittelt Figur 5.2.

**Fig. 5.1a Geophysikalische Untersuchungen:  
Elektromagnetische Profile**



**Fig. 5.1b Mächtigkeit des Grundwasserleiters**



## 5.2 Deckschichten

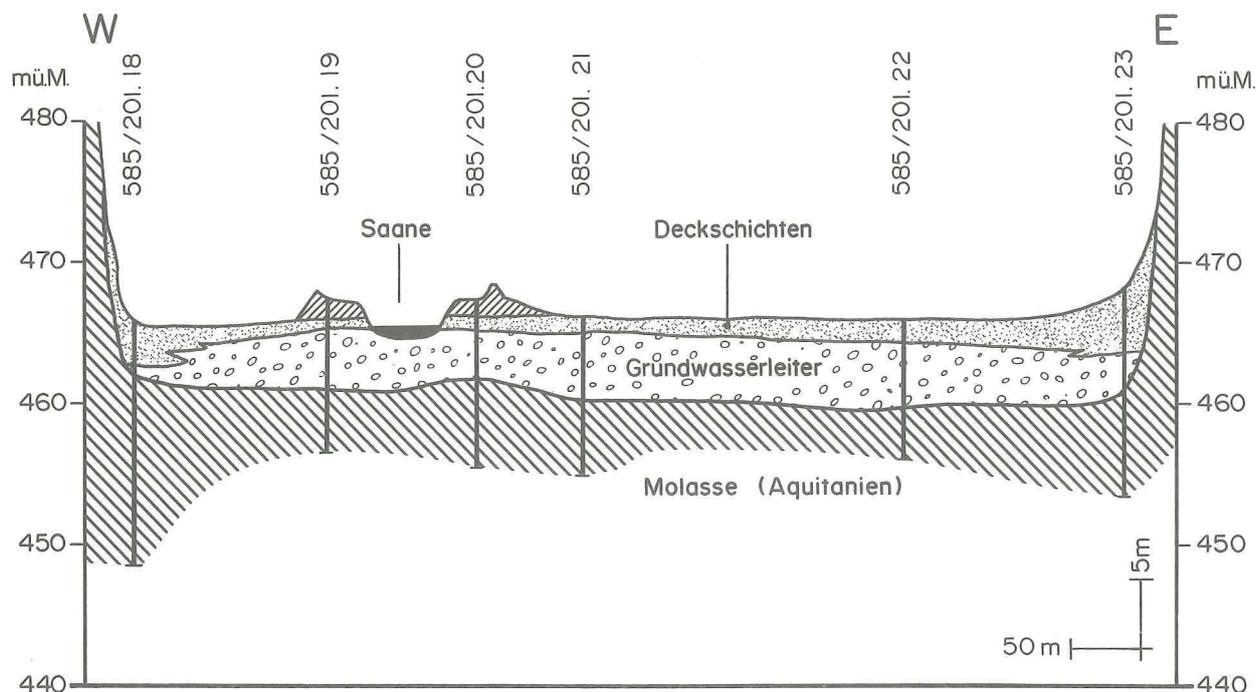
Als Deckschichten werden die im ungesättigten Bereich liegenden Ablagerungen bezeichnet. Sofern sie feinkörnig, d.h. siltig-tonig ausgebildet sind, bilden sie einen wirksamen Schutz gegen Verunreinigungen des Grundwassers.

Der gesamte Talboden ist von einer etwa 0.2 - 0.4 m mächtigen humosen Ablagerung bedeckt. Die darunter liegenden Sedimente sind sehr unterschiedlich aufgebaut. Meist folgt jedoch eine siltige, bis 0.5 m mächtige Schicht, die lokal eine Mächtigkeit bis 2 m annehmen kann. Ziemlich oft reichen aber auch sandig-kiesige Ablagerungen bis unter den Humus. Mit der Tiefe nimmt jedoch in der Regel der grobkörnige Anteil zu.

Diese räumlich stark wechselnden Ablagerungen sind auf den früher mäandrierenden Flusslauf zurückzuführen. Im Bereich des Flussbettes wurde ausschliesslich Kies und Sand abgelagert, während auf der übrigen Talebene vor allem feinkörnige Ueberschwemmungssedimente deponiert wurden. Zudem fand ein tonig-siltiger Eintrag von den Talflanken her statt (Verwitterungsprodukte der Molasse und Moränenablagerungen), so dass entlang der Talränder die feinkörnigen Deckschichten vermehrt dominieren und mächtiger ausgebildet sind.

Infolge der stark heterogenen Ausbildung der Deckschichten und der sehr ungleich verteilten Aufschlüsse wurde auf eine kartographische Darstellung der Lithologie verzichtet.

Fig. 5.2 Generelles geologisches Querprofil bei Marfeldingen (Autobahnbrücke N 1)



### 5.3. Aufbau und hydraulische Kennwerte

Ueber den Aufbau des Grundwasserleiters geben insgesamt 12 Sondierbohrungen (zwei davon wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen durchgeführt) und etwa 50 Rammsondierungen Auskunft. Zudem wurde eine grosse Anzahl von elektromagnetischen Messungen durchgeführt (insgesamt über 500 Messpunkte), die einen generellen Ueberblick über die Zusammensetzung des Untergrundes vermitteln (Fig. 5.1a).

Grundsätzlich sind im Bodenprofil die Saaneschotter überall anzutreffen. Sie treten jedoch selten als ein + homogener Kieskörper auf. Vielmehr handelt es sich meist um eine Abfolge von kiesigen und sandigen Schichten, die häufig siltige Einschaltungen aufweisen. Ausnahmsweise können siltig-tonige Sedimente auch dominieren, wobei im Extremfall nur noch eine kiesige Zwischenlage von einigen Dezimetern auftritt. Die Verwitterungszone der Molasse ist nicht dermassen aufgelockert, als dass sie zum Lockergestein gerechnet werden kann. Der Uebergang Lockergestein/Molasse ist meist ziemlich scharf.

Die Heterogenität des Grundwasserleiters kommt in den beiden Rammprofilreihen (Fig. 5.3) deutlich zum Ausdruck. Eine Korrelation der einzelnen Schichten gibt schon über wenige Dekameter Probleme auf. Damit wird klar, dass das Auffinden eines optimalen Fassungsstandortes nicht einfach ist, da nebst der örtlichen Durchlässigkeit auch der Nachfluss gewährleistet sein muss. Daneben spielt natürlich die Wasserqualität eine bedeutende Rolle (Kap. 7).

Als Mass für die Leichtigkeit, mit welcher das Wasser den Bodenkörper durchfliesst, wird der Durchlässigkeitsbeiwert,  $k$ , verwendet. Der sogenannte  $k$ -Wert wurde in den Bohrungen mittels Kleinpumpversuchen bestimmt.

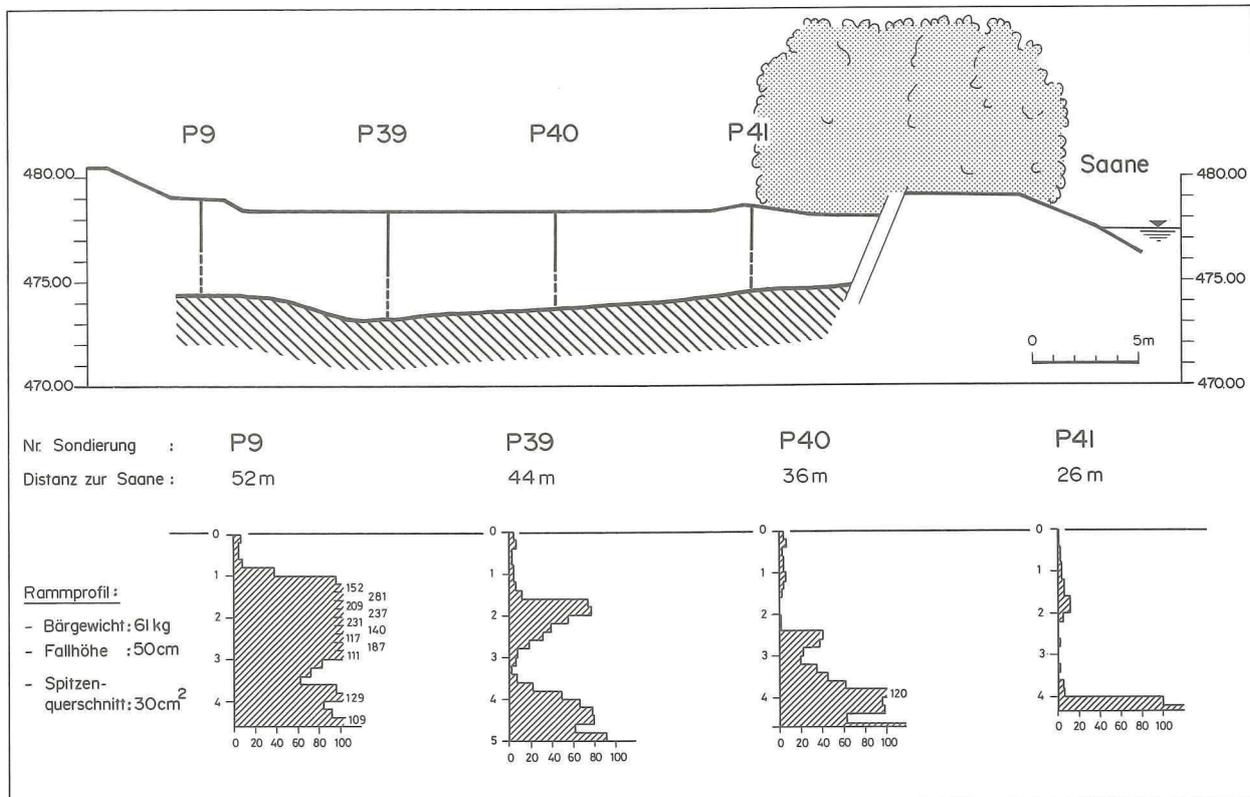
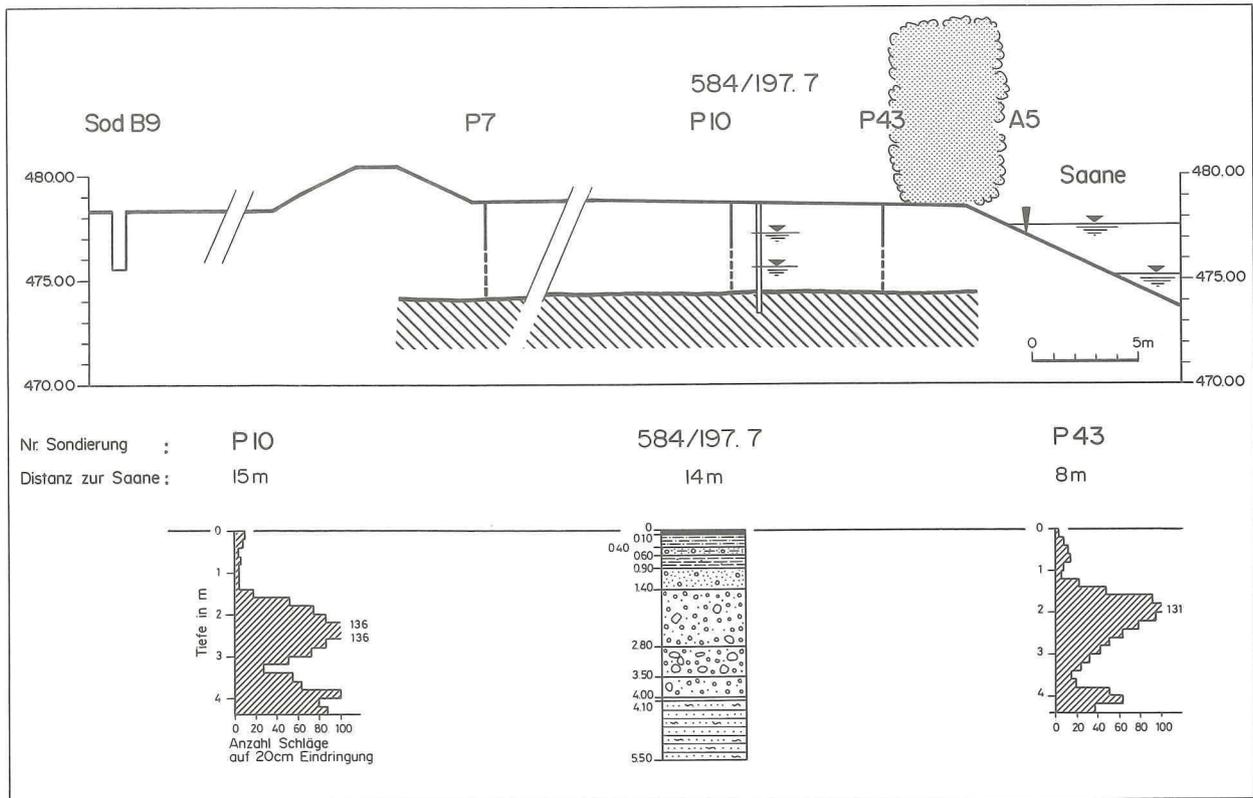
Folgende mittleren Profil- $k$ -Werte und Transmissibilitätsdaten ( $k$ -Wert x Mächtigkeit des gesättigten Grundwasserleiters) wurden ermittelt:

Feldbezeichnung	WEA-Nr.	$k$ (m/s)	$T$ (m <sup>2</sup> /s)
RB 1 (K 1*)	584/200.11	5 x 10 <sup>-3</sup>	8 x 10 <sup>-3</sup>
RB 3 (K 2*)	585/202.20	3 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>-2</sup>
RB 4 (K 3*)	585/202.19	2.5 x 10 <sup>-3</sup>	9 x 10 <sup>-3</sup>
RB 5	584/197.7	5 x 10 <sup>-4</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>
RB 6	585/201.33	8.5 x 10 <sup>-3</sup>	3 x 10 <sup>-2</sup>

\* Bezeichnung WEA-Bericht, Gebiet Wileroltigen, 1984.

Die obigen Durchlässigkeitsbeiwerte sind nicht repräsentativ für den Saane Grundwasserleiter. Vielmehr handelt es sich hier um  $k$ -Werte von potentiellen Fassungsstandorten. Die mittlere Durchlässigkeit des Aquifers dürfte eher etwas tiefer sein und in der Grössenordnung von  $5 \times 10^{-4}$  -  $2 \times 10^{-3}$  m/s liegen, d.h. geringer, als dies für Mittellandschotter meist charakteristisch ist.

Fig. 5.3 Sondierprofile in der Laupenau



Saanetal Fig. 5.3

Fig. 5.4a Bohrprofil RB 5 (WEA-Nr. 584/197.7)

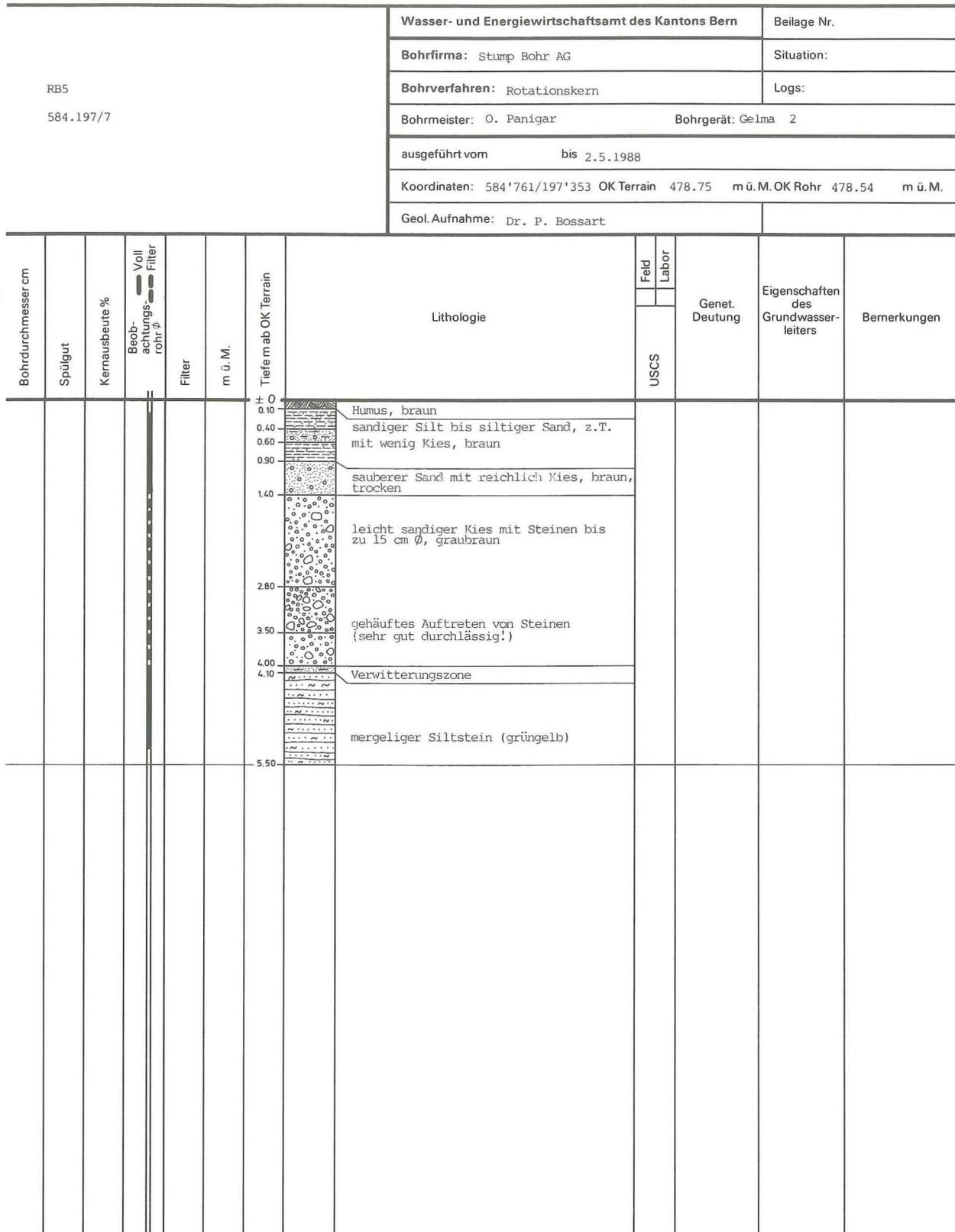
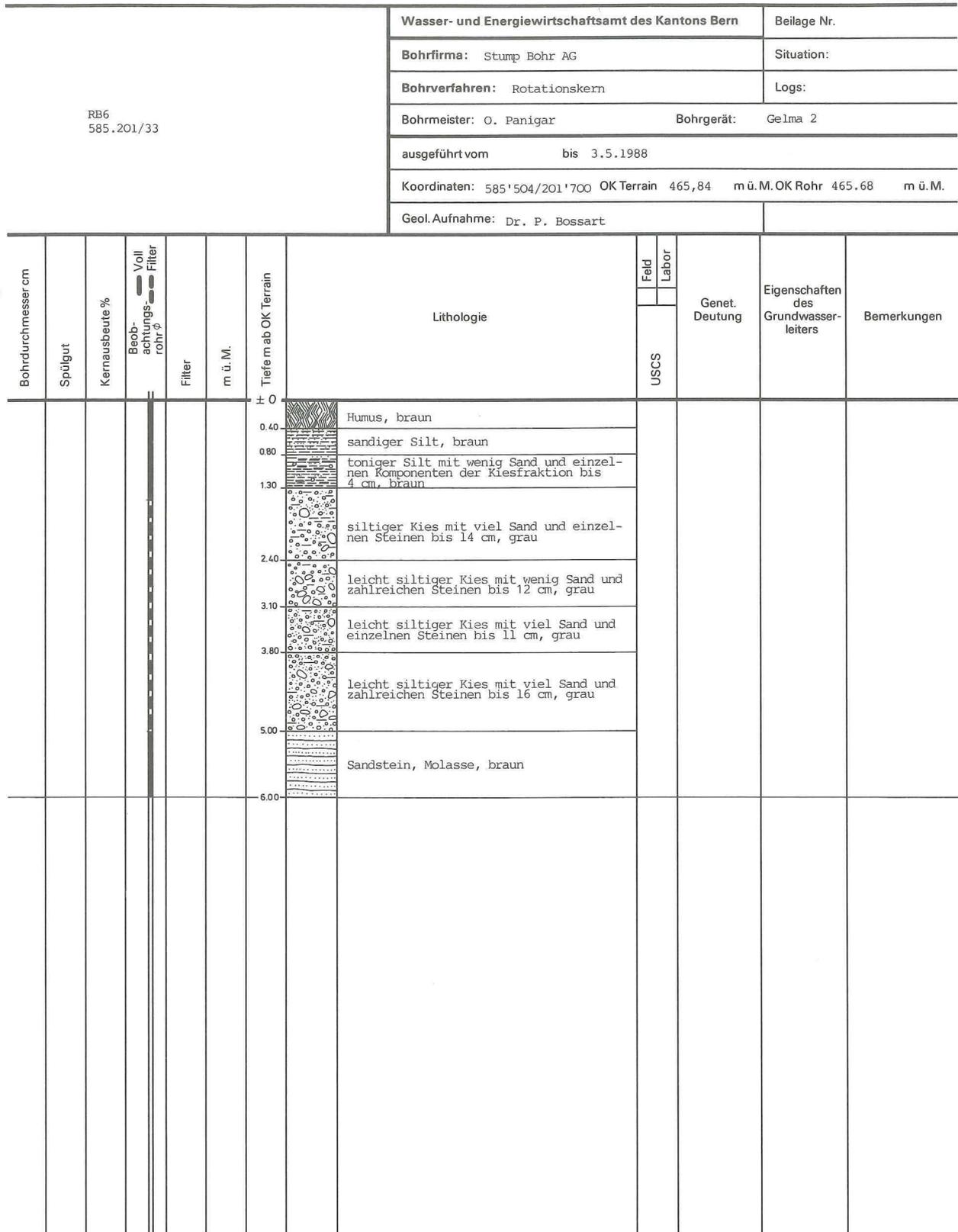


Fig. 5.4b Bohrprofil RB 6 (WEA-Nr. 585/201.33)



Aus älteren, teils rudimentären Pumpversuchen konnten folgende k- und T-Werte ermittelt werden:

Ort	WEA-Nr.	k(m/s)	T(m <sup>2</sup> /s)
Laupen	584/195.22	2 x 10 <sup>-3</sup>	3 x 10 <sup>-3</sup>
Gümmenenau	585/199.5	3 x 10 <sup>-3</sup>	7 x 10 <sup>-3</sup>
Klein Gümmenen	584/199.16	4 x 10 <sup>-4</sup>	9 x 10 <sup>-4</sup>

Aufgrund von Erfahrungen dürfte die effektive Porosität oder der Speicherkoeffizient, S, des Grundwasserleiters bei der vorherrschenden Korngrössenzusammensetzung und den ermittelten k-Werten durchschnittlich ca. 10 - 15 % betragen. Mit Hilfe dieser Grösse lassen sich die effektiven Grundwasserreserven und die wahre Fliessgeschwindigkeit berechnen.

## 6. GRUNDWASSERDYNAMIK

### 6.1 Allgemeine Abflussverhältnisse

Das Grundwasser fliesst entsprechend der Stauer Oberfläche mehr oder weniger parallel der Talachse. Von dieser Fliessrichtung wird es nur lokal durch einsickerndes Hangwasser, Drainagegräben und die Saane abgelenkt (Beilage 1).

Der mittlere hydraulische Gradient des Grundwasserstroms beträgt 2.5 ‰, die Extremwerte liegen zwischen 1.2 und 4.0 ‰. Damit ergeben sich durchschnittliche Fliessgeschwindigkeiten von nur 1 - 5 m/Tag. Die Aufenthaltsdauer des Grundwassers ist somit ziemlich gross. Es ist deshalb offensichtlich, dass bei der vorherrschenden, sehr geringen Aquifermächtigkeit und der relativ intensiven landwirtschaftlichen Bodennutzung, der Grundwasserstrom stark mit Mineral-salzen belastet sein muss (Kap. 7.2). Dies umso mehr, als die Saane meist nur einen peripheren Einfluss auf die Grundwasserneubildung besitzt (Kap. 6.2).

Aufgrund des hydraulischen Gefälles, des ungefähren k-Wertes und des approximativen Grundwasserleiterquerschnittes lassen sich folgende, grössenordnungsmässige Grundwasserabflussmengen berechnen:

Hirsried bei Saanebrücke	50 - 100 l/min.
Laupenau bei RB 5 (584/197.7)	100 - 200 "
Gümmenenau bei Station Gümmenen	150 - 250 "
Gümmenenau bei Riedacker	200 - 300 "
Wilerau bei Pumpwerk Wileroltigen	400 - 500 "

Die Feldergiebigkeit der einzelnen Talabschnitte ist somit sehr bescheiden. Sieht man von der Grundwasserqualität und der Möglichkeit einer induzierten Infiltration in Flussnähe ab (Kap. 8), so käme für eine kommunale Wasserfassung wahrscheinlich nur der Abschnitt Wilerau in Betracht.

## 6.2 Grundwasserneubildung

Der Saanetal-Grundwasserstrom wird durch Niederschläge, Hangwasser und die Saane angespiesen, wobei der Anteil der Niederschläge vermutlich der grösste ist.

Mit Hilfe von Sauerstoffisotopen-Konzentrationen im Grundwasser kann auf die Anspeisung durch Oberflächengewässer zurückgeschlossen werden, sofern das Einzugsgebiet derselben bedeutend höher als der Talboden liegt. Dies ist bei der Saane eindeutig der Fall; ihr mittleres Einzugsgebiet beträgt 1140 m ü.M. gegenüber dem Talboden mit 460 - 480 m ü.M.

Nachstehend sei kurz auf die Methode der Sauerstoff-Isotopenmessungen eingegangen. Die Grundzüge können u.a. der Publikation von U. SIEGENTHALER, U. SCHOTTERER und H. OESCHGER (1983) entnommen werden. In der Natur zeichnet sich ein Bruchteil der Wassermoleküle dadurch aus, dass sie statt einem Sauerstoff-16- ( $^{16}\text{O}$ ) ein schweres Sauerstoff-18-Atom ( $^{18}\text{O}$ ) eingebaut haben. Die Konzentration des Isotops  $^{18}\text{O}$  in den Niederschlägen nimmt mit zunehmender Höhe über Meer ab. Der mittlere Gradient beträgt etwa - 0.15 bis - 0.30 ‰ pro 100 m. Die  $^{18}\text{O}$ -Konzentration einer Wasserprobe wird als Delta-Promillewert angegeben ( $\delta^{18}\text{O}$ ).

Insgesamt wurde der  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert an über 40 Wasserproben bestimmt. Dabei zeigte die Saane meist Werte zwischen - 11.0 und - 12.0 ‰, während die durch lokale Niederschläge angespiesenen Quellen Werte zwischen - 9.0 und - 10.0 ‰ aufwiesen.

Mit Hilfe dieser Methode sowie der chemischen Zusammensetzung des Grundwassers wurde der Anteil des Saaneinfiltrats im Grundwasser bestimmt. Figur 7.2b zeigt die Synthese dieser Ermittlungen. Nur ein wiederholt unterbrochener schmaler Uferstreifen zeigt einen Infiltratanteil von > 75 %. Auch die Zone, die mehr als die Hälfte Flussinfiltrat aufweist, besitzt eine bescheidene Ausdehnung. Die Saane spielt demnach für die Grundwasserneubildung eine sehr untergeordnete Rolle. Dies ist vor allem für das Gebiet stromaufwärts Gümmenen der Fall, wo der Stauer bei mittlerem Wasserstand nur 1 - 2 m unter dem Grundwasserspiegel liegt.

Bei tieferem Saaneniveau ist deshalb eine hydraulische Wechselwirkung zwischen Fluss und Grundwasserstrom auf gewissen Abschnitten kaum mehr möglich. Da das Saanebett stellenweise bis knapp über die Molasseoberfläche reichen dürfte, existiert unter der Flusssohle kein nennenswerter Grundwasserleiter und der Wasseraustausch findet praktisch nur lateral statt. Die starken Niveauschwankungen der Saane machen sich deshalb im Grundwasserleiter sehr gedämpft bemerkbar. So beträgt die Amplitude im 12 - 15 m vom Ufer entfernten RB 5 (584.197/7) nur noch etwa die Hälfte derjenigen der Saane (Figur 6.1a und 6.1b). Dies ist nicht auf eine Kolmatierung des Saanebettes zurückzuführen - Grundwasser- und Saanespiegel sind durchschnittlich immer etwa gleich hoch - sondern auf die erwähnte limitierte hydraulische Kontaktfläche. Im Gegensatz dazu können z.B. im Aaretal zwischen Thun und Bern, wo ein Wasseraustausch über das gesamte Flussbett stattfindet, ähnlich grosse Amplituden im Fluss wie im benachbarten Grundwasserstrom beobachtet werden (KELLERHALS und HAEFELI, 1981).

Fig. 6.1a Ganglinien der Saane (Eidg. Station Laupen) und des Grundwassers (Limnigraph RB 5, 584/197.7) bei Laupenau vom 22. und 23. November 1988

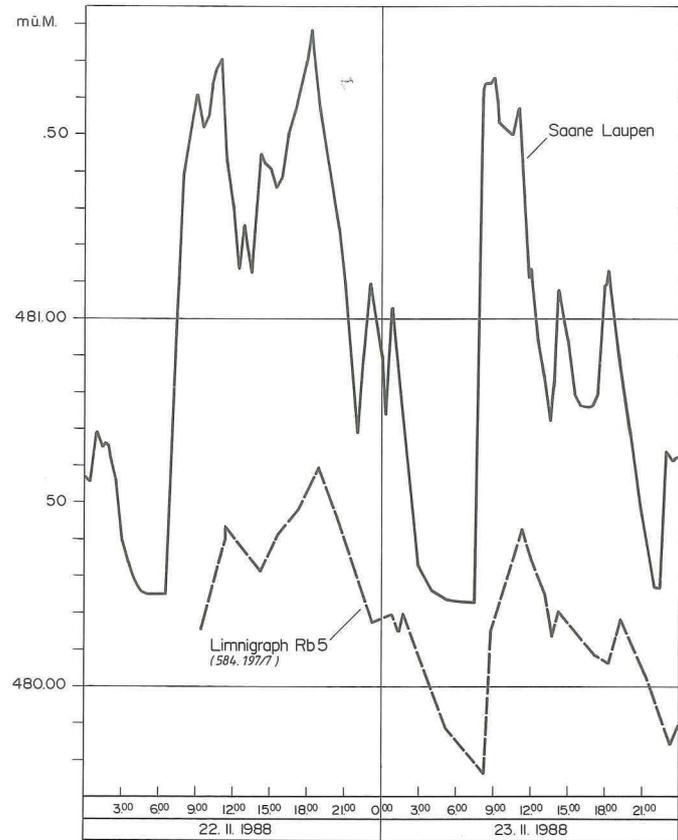
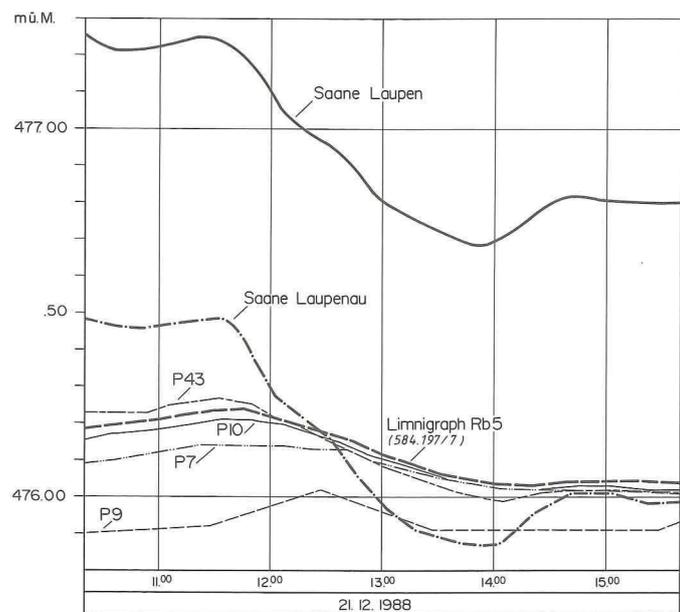


Fig. 6.1b Beziehungen zwischen Saane- und Grundwasserspiegelschwankungen bei der Laupenau vom 21. Dezember 1988



Aus Figur 6.1b ist auch ziemlich gut die Druckwellenfortpflanzung im Grundwasserleiter erkennbar. Sie beträgt etwa 50 - 100 m/h. Dies im Unterschied zur Fließgeschwindigkeit oder zum Stofftransport, die nur wenige Meter pro Tag erreichen (Kap. 6.1).

## 7. WASSERQUALITÄT

### 7.1 Uebersicht

Die Probeerhebungskampagnen im Jahr 1988 verteilten sich auf folgende Daten: 27. Januar, 11. März, 27. April, 21. Juni, 24. August und 12. Oktober. Damit konnten wasserstands- und jahreszeitabhängige Ergebnisse erhalten werden. Insgesamt wurden 52 Punkte beprobt, je nach Stellenwert ein- bis sechsmal im Jahr. Davon entfielen drei Punkte auf die Saane und fünf auf Entwässerungsgräben.

In der Regel wurden die Nitrat-, Chlorid- und Sulfatkonzentration sowie die Karbonathärte analysiert. Bei Proben aus den Sondierbohrungen erfolgte eine vollständige chemische Trinkwasseranalyse. Resultate aus früheren Studien (WEA 1984, KELLERHALS und HAEFELI, 1987) wurden integriert. Ein besonderes Augenmerk wurde der Nitratkonzentration geschenkt, bildete sie doch den Anstoss für die vorliegende Untersuchung.

### 7.2 Oberflächengewässer

Der Einfluss der Oberflächengewässer auf das Grundwasser (Kap. 6.3) ist auch aus dem Wasserchemismus ersichtlich. Um die chemische Zusammensetzung und Herkunft des Grundwassers interpretieren zu können, ist es deshalb wichtig, die Mineralisation der Oberflächengewässer, vor allem der Saane, zu kennen.

Eine eher untergeordnete Rolle spielt die Wassertemperatur, die jedoch für Grundwasserfassungen in Flussnähe doch einige Bedeutung besitzt. Im allgemeinen sollte die Grundwassertemperatur den Richtwert von 15° C nicht übersteigen. Ideal wird eine Temperatur von 8 - 12° C erachtet.

Fig. 7.1 stellt den Temperaturverlauf der Saane bei Gümnenen dar. Verglichen mit andern Flüssen des Mittellandes weist die Saane im Sommer eher niedrige Monatsmittel auf, z.B. etwa 1.5° C tiefer als die Aare in Bern, was im Hinblick auf eine flussnahe Grundwasserfassung günstig ist. Allerdings liegen im Winter die Temperaturen entsprechend tiefer, ein Umstand, der weniger stark ins Gewicht fällt.

Die Konzentration der wichtigsten Anionen in den Oberflächengewässern kann aus der Tabelle 7.1 entnommen werden. Die Mineralisation ist natürlich von der Wasserführung und untergeordnet auch von der Jahreszeit abhängig. Da die Saane in ihrem Oberlauf verschiedene Speicherbecken durchfließt, findet diesbezüglich aber eine starke Dämpfung statt. So schwankte der Nitratgehalt nur zwischen 5 und 7 mg/l (die 2 mg/l vom 4.11.1983 dürften auf einen Fehler zurück-

Fig. 7.1 Temperaturverlauf der Saane bei der Landeshydrologie-Messstelle Gümmenen für die Jahre 1981 - 1984

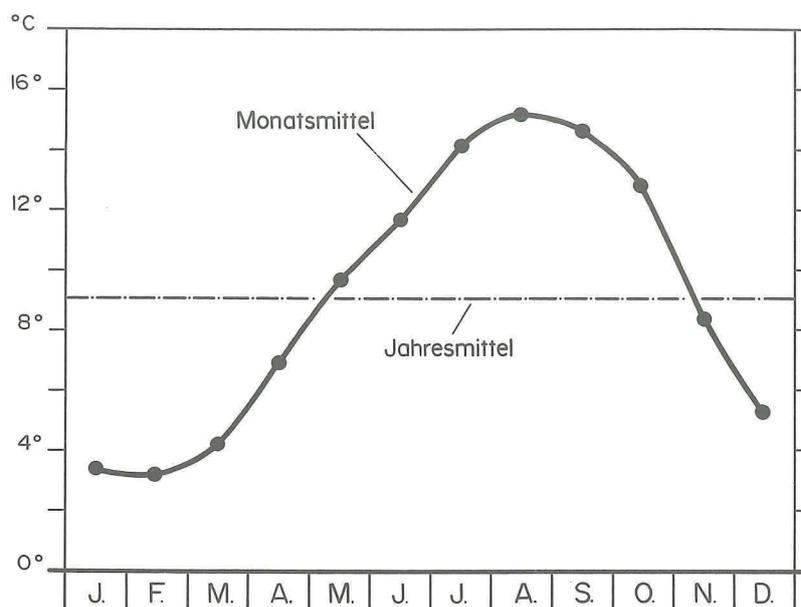


Tabelle 7.1 Chemismus der Oberflächengewässer

Gewässer	Ort	Koordinaten	Datum	Karbonathärte frz	Chlorid mg/l	Nitrat mg/l	Sulfat mg/l
Saane	H 4	585.730/202.040	04.11.83	20*)	5	2 (?)	40
			13.03.84	19*)	9	6	38
	H 5	585.700/202.720	05.05.86	16.6	5	6	28
	A 7	585.110/199.205	27.10.86	14.6	6	6	37
			27.01.88	18.4	8	7	41
			28.04.88	16.9	5	5	37
A 11	585.746/202.140	23.08.88	14.7	5	5	37	
		13.10.88	-	5	6	26	
Graben W, Wilerau	P 8	584.510/202.610	05.05.86	29.6	22	41	37
			27.10.86	28.6	12	18	36
			13.10.88	-	19	30	23
Graben E, Wilerau	A 15	585.478/202.397	13.10.88	-	14	24	29
Graben, Laupenau	A 17	584.395/196.388	12.10.88	-	17	33	16
Graben, Gümnenenau	A 20	584.477/198.302	12.10.88	-	14	23	17
Graben, Gümnenenau	A 21	584.855/199.403	12.10.88	-	15	24	18

\*) Gesamthärte frz°

zuföhren sein) und der Sulfatgehalt lag innerhalb 26 und 41 mg/l. Für die relativ hohe Sulfatkonzentration sind vor allem gipshaltige Gesteine im höheren Einzugsgebiet verantwortlich, während der Chlorid- und Nitratgehalt praktisch ausschliesslich zivilisatorisch (Dünger, Salz, Abwasser) bedingt ist.

Gegenüber der Saane weisen die verschiedenen Entwässerungsgräben eine bedeutend höhere Mineralisation auf, was weiter nicht verwunderlich ist, sind sie doch meist Vorfluter für das ziemlich stark belastete Hang- und Grundwasser (Beilage 1). Qualitativ üben deshalb die Entwässerungsgräben nur einen indirekten Einfluss auf das Grundwasser aus, indem sie für einen beschleunigten Abfluss sorgen und damit eine noch stärkere Mineralisierung verhindern.

### 7.3 Grundwasser

Der Infiltrationsbereich der Saane ist weitgehend aus dem Grundwasserchemismus ersichtlich, insbesondere aus dem Nitratgehalt (Fig. 7.2a), aber auch aus der Sulfat- und Chloridkonzentration. Durchschnittlich enthält das Saanewasser etwa je 6 mg/l Nitrat und Chlorid sowie 36 mg/l Sulfat; die Karbonathärte liegt bei 17 frz°.

Demgegenüber ist das lokal durch Niederschläge und Hangwasser gebildete Grundwasser ungleich stärker mineralisiert. Dafür ist namentlich die Bodenpassage im ungesättigten Bereich verantwortlich, wo eine Auswaschung löslicher Salze, vorwiegend Düngemittel, stattfindet. Unbeeinflusst vom Saaneinfiltrat erreichen die erwähnten Parameter folgenden Schwankungsbereich im Grundwasser:

Nitrat	24 - 75 mg/l
Chlorid	12 - 46 mg/l
Sulfat	15 - 38 mg/l
Karbonathärte	28 - 45 frz°

Unter Reduktionsbedingungen, d.h. durch eine extreme Sauerstoffzehrung, kann das Nitrat vollständig bis zum gasförmigen Stickstoff abgebaut werden, der in die Atmosphäre entweicht. Dies ist der Fall in der unteren Wilerau, wo infolge Rückstau vom Niederriedstausee her die Grundwasserströmung beinahe stagniert. Die eingespülten organischen Substanzen werden im nur wenig erneuerten Grundwasser angereichert und bakteriologisch abgebaut (oxidiert), wobei für diesen Prozess zunächst der im Wasser gelöste Sauerstoff und sodann der stickstoffgebundene verbraucht wird (KELLERHALS und HAEFELI, 1987). Das davon betroffene Gebiet ist mit demjenigen auf Figur 7.2a mit  $\text{NO}_3 < 8 \text{ mg/l}$  identisch. (Die Nitratgehalte  $< 1 \text{ mg/l}$  bei P 17 oberhalb der Gümnenenbrücke deuten dagegen auf eine nahe Deponie hin).

Die höchsten Nitratwerte wurden bei folgenden Punkten festgestellt (Situation siehe Beilage 1):

Hirsried	B 7	45 mg/l
Laupenau	B 3	56 "
	P 3	42 "
	B 9	45 "
Gümmenenau	B 13	42 "
	B 23	52 "
Riedacher	B 26	75 "
Marfeldingenau	P 50	45 "
Wilerau	PW	73 "

Für eine Neufassung kommt in der Regel nur Grundwasser mit einem Nitratgehalt von < 25 mg/l in Frage (Grenzwert: 40 mg/l). Damit reduzieren sich die möglichen Fassungsstandorte auf die in Figur 7.2a dargestellten schmalen Uferstreifen mit einem Nitratgehalt von 8 - 24 mg/l.

Die übrigen, oben erwähnten Parameter weisen gesundheitlich unbedenkliche Konzentrationen auf. Chloridwerte > 20 mg/l sind allerdings in einem praktisch ausschliesslich landwirtschaftlich genutzten Gebiet verdächtig und deuten auf Verunreinigungsherde hin. Bezeichnenderweise wurde der höchste Wert mit 46 mg/l beim Punkt B 16 (Sod) neben der Kantonsstrasse zwischen Gümmenen und Klein-Gümmenen gefunden (Strassensalzung oder Deponie?). Ebenfalls sehr hohe Werte mussten in der Gümmenenau (P 21 mit 30 mg/l) und in der Wilerau (B 28 mit 33 mg/l) festgestellt werden.

Wie erwähnt, sind die hohen Sulfatwerte der Saane gesteinsbedingt (Kap. 7.2). Im Untersuchungsgebiet kommen jedoch ähnlich hohe Sulfatgehalte vor, die hauptsächlich auf Düngemittel zurückzuführen sind. Bezeichnenderweise sind die Punkte mit der höchsten Sulfatkonzentration (saaneunbeeinflusst) identisch mit denjenigen mit dem höchsten Nitratgehalt: PW Wileroltigen mit 38 mg/l und B 26 mit 33 mg/l.

Da namentlich aufgrund der Nitraterhebungen nur schmale Uferstreifen als Fassungsstandorte in Frage kommen (> 75 % Saaneinfiltrat, Figur 7.2b), wurde auf die Analyse von weiteren Parametern im übrigen Talboden verzichtet. Vollständige Trinkwasseranalysen gelangten nur bei potentiellen Fassungsstandorten, d.h. Sondierbohrungen sowie beim Piezometer P 20 zur Ausführung (Tabelle 7.2).

Die Wasserproben aus den Bohrungen RB 3 (585/202.20) und RB 5 (584/197.7) zeigen in jeder Beziehung chemisch einwandfreies Trinkwasser. Einzig die Sauerstoffsättigung liegt leicht unter dem Richtwert von 60 %, was jedoch hygienisch unbedenklich ist und auch technisch keine unliebsamen Auswirkungen haben dürfte. Eine etwas zu geringe Sauerstoffsättigung ist meistens bei Uferinfiltrat anzutreffen. Positiv ist vor allem der geringe Nitratgehalt zu verzeichnen. Bezeichnenderweise war die Wasseranalyse aus der frisch abgeteufte Bohrung RB 3 (K2) vom 19.12.1983 bedeutend schlechter (WEA, GEOLOGIE, 1984). Die damals festgestellten erhöhten Eisen- und Nitritgehalte waren eindeutig auf die Bohrarbeiten zurückzuführen.

**Fig. 7.2a Verteilung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser**

**Fig. 7.2b Anteil Saareinfiltrat im Grundwasser**

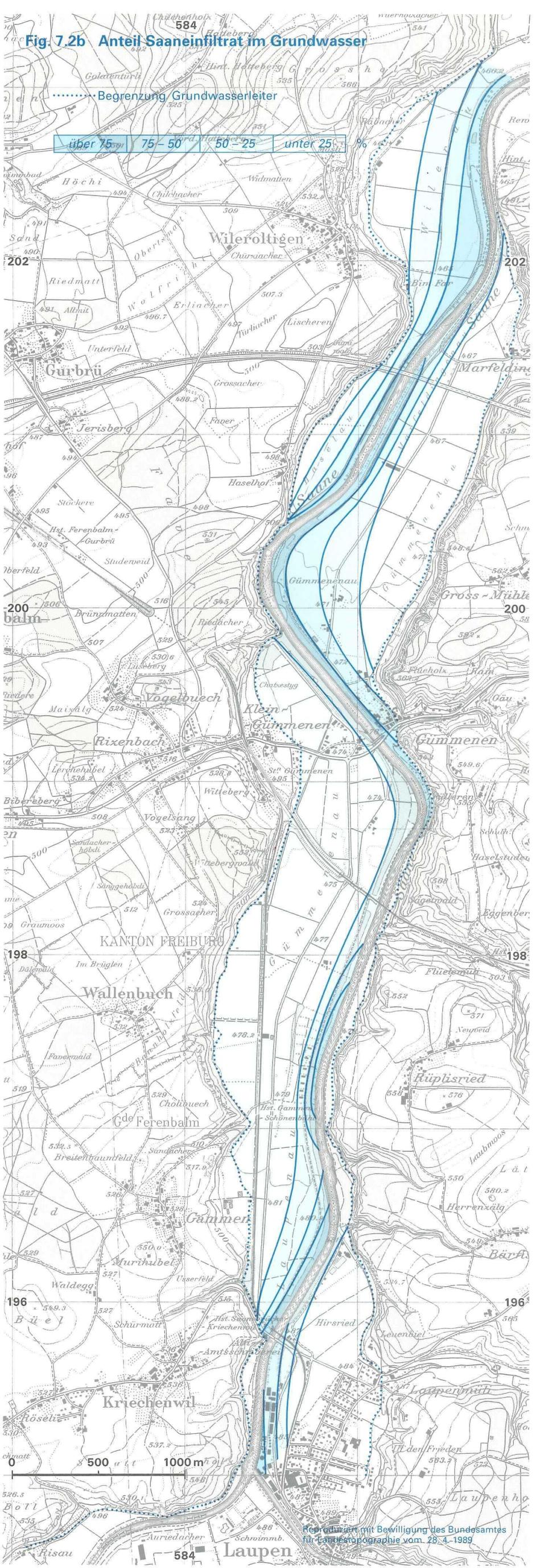
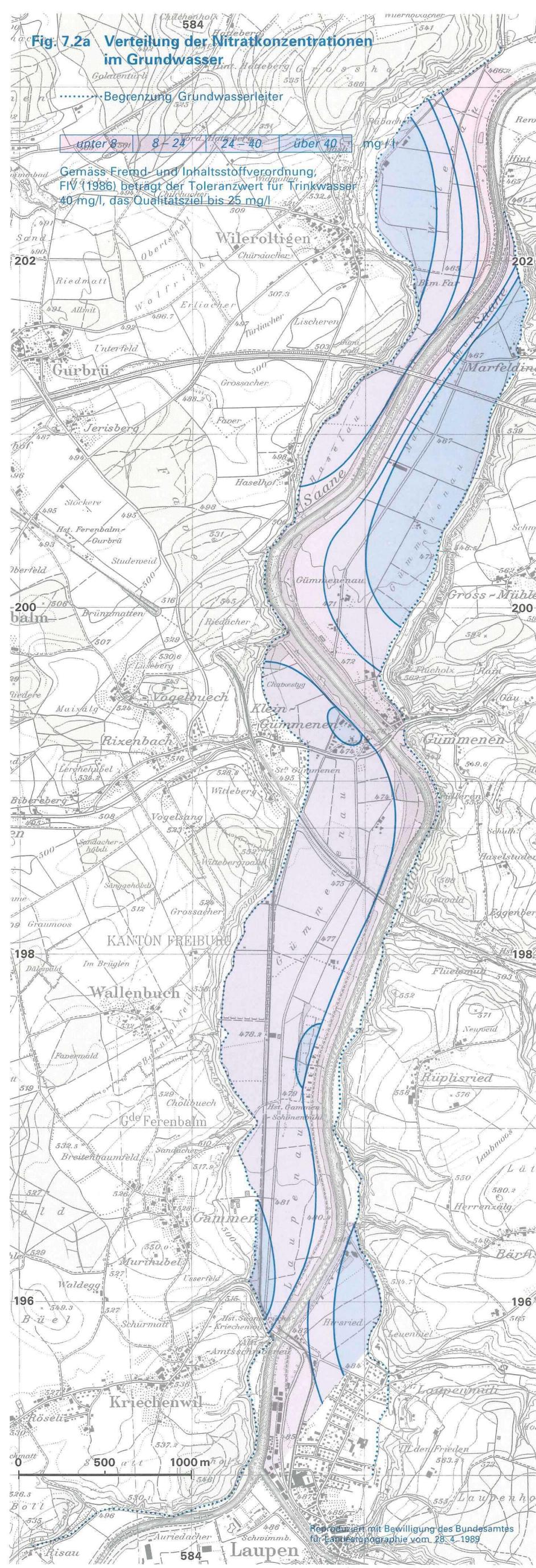


Tabelle 7.2 Chemische Analyse der Wasserproben vom 24.8.1988  
bei potentiellen Fassungsstandorten

Entnahmestelle Feld Nr. Ord. Nr. WEA	RB 3 (K2) 585/202.20	RB 5 584/197.7	RB 6 585/201.33	P 20*
Gesamthärte frz°	25.4	32.2	32.5	33.6
Calcium (Ca) mg/l	91.4	115.8	116.6	120.2
Magnesium (Mg) mg/l	6.3	8.1	8.2	8.8
Karbonathärte frz°	21.7	28.4	29.1	29.4
Chlorid (Cl) mg/l	7	9	8	10
Nitrat (NO <sub>3</sub> ) mg/l	9	15	10	10
Sulfat (SO <sub>4</sub> ) mg/l	34	30	34	30
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch mg/l	3.1	3.4	2.7	8.7
Nitrit (NO <sub>2</sub> ) mg/l	< 0.005	< 0.005	0.023	0.038
Ammonium (NH <sub>4</sub> ) mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Gesamt-Eisen (Fe) mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.44
Gesamt-Mangan (Mn) mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Sauerstoff (O <sub>2</sub> ) mg/l	5.1	5.3	1.8	7.7
Sauerstoffsättigung %	52	53	18	83
Leitfähigkeit (20° C) µS/cm	453	547	568	568
pH-Wert	7.4	7.5	7.2	7.25

\* 5/4"-Piezometerrohr aus Eisen (übrige 6" PVC)  
(Eisen und Sauerstoffwerte verfälscht)

Bei RB 6 (585/201.33) und P 20 ist die Wasserzusammensetzung ähnlich wie bei den beiden anderen Stellen. Infolge der sehr geringen Sauerstoffsättigung bei RB 6 kommt jedoch etwas Nitrit vor (Grenzwert 0.01 mg/l). Eine einfache Belüftung dürfte aber diesen Mangel beheben. Die Analyse der Wasserprobe aus P 20 ist eindeutig durch die Probeentnahmestelle selbst, ein gerammtes gelochtes Eisenrohr, Ø 5/4", beeinflusst. Der festgestellte Eisengehalt ist deshalb nicht verwunderlich. Auch dem erhöhten Nitritgehalt darf keine grosse Bedeutung beigemessen werden, dasselbe gilt für die hohe Sauerstoffsättigung.

Aufgrund der Wassergüte dürften alle vier Stellen als Fassungsstandorte in Frage kommen, allenfalls unter Zuschaltung einer einfachen Belüftung.

## 8. GRUNDWASSERNUTZUNGSMOEGlichkeiten

Infolge der sehr geringen Mächtigkeit des Grundwasserleiters, mehr aber noch wegen der beeinträchtigten Wasserqualität, ist die Grundwassernutzung für Trinkwasserzwecke sehr eingeschränkt. Wie schon erwähnt, kommen als Fassungsgebiete nur schmale Uferstreifen in Betracht, die durch Flussinfiltrat angespiesen werden. Eine Gegenüberstellung der Durchlässigkeit und Mächtigkeit des Grundwasserleiters sowie der Wasserqualität führten zu drei, möglicherweise vier über das Untersuchungsgebiet verstreute Fassungsstandorte.

### Abschnitt Risau und Hirsried (W und N Laupen)

Das Gebiet Risau fällt wegen der zu hohen Nitratbelastung und zu geringen Grundwasserleitermächtigkeit für eine kommunale Wasserversorgung gänzlich ausser Betracht.

Ausgenommen einer flussnahen Zone westlich der Bahnlinie zwischen Laupen und der Saanebrücke, dürfte der gesamte Talboden bis zur ARA Laupen (Hirsried) zu stark belastetes Grundwasser führen, als dass es langfristig für Trinkwasserzwecke genutzt werden könnte. Zudem liegt dieses Gebiet unmittelbar unterstrom von Laupen, was unter Berücksichtigung der schlecht ausgebildeten Deckschichten auch zu Schutzzonenproblemen führen würde. Letzteres gilt auch für die oben erwähnte Zone westlich der Bahnlinie, die saaneseitig eine Industriezone in ihrem unmittelbaren Anstrombereich besitzt.

Die Risau ist somit für die ins Auge gefasste Grundwassernutzung gänzlich ungeeignet und das Gebiet Laupen - Hirsried bestenfalls mit grossen Einschränkungen.

### Abschnitt Gammen - Klein-Gümmenen

Trotz den Voruntersuchungen (KELLERHALS und HAEFELI, 1987) war es ausserordentlich schwierig, einen Fassungsstandort in diesem Abschnitt zu finden. Die Stauer Oberfläche liegt hier teilweise derart hoch, dass die Saane nur bei hohem Wasserstand zu infiltrieren vermag. Die Folge davon sind z.B. Nitratwerte, die bis in den unmittelbaren Uferbereich Konzentrationen von zeitweise > 30 mg/l erreichen (z.B. P 4, P 7, P 8, P 9). Der wahrscheinlich beste Fassungsstandort, der die Gemeinden Kriechenwil, Gammen und Wallenbach versorgen könnte, liegt in der Laupenau bei der Bohrung RB 5 (584/197.7, bzw. leicht nördlich davon, wie zusätzliche Rammsondierungen zeigten).

Infolge der sehr geringen Mächtigkeit der wassergesättigten Zone (1.6 - 2.5 m, je nach Wasserstand) und der eher mittelmässigen Durchlässigkeit bedingt dies ein den Verhältnissen angepasstes Fassungsbauwerk: Ein flussparalleler, knapp über der Molasseoberfläche liegender, horizontaler Filterstrang, der das Wasser einem zentralen Pumpenschacht zuführt (Ausführung mittels gegenseitig abgestützten Spundwänden). Bei fachmännischer Ausführung des Fassungsbauwerks sollten 300 - 500 l/min. gefördert werden können, allenfalls unter Zuschaltung einer einfachen Belüftung. Da die Fassung aus Qualitätsgründen unbedingt flusseitig des Hochwasserdamms erstellt werden müsste, wären entsprechende Schutzmassnahmen vorzusehen.

### Abschnitt Gümmenen - Marfeldingen

Der günstigste Standort dieses Abschnittes liegt innerhalb einer etwa 400 m langen Uferstrecke unmittelbar NW Gümmenen. Eine ausgeprägte Infiltration und die stellenweise über 3 m mächtigen, wassergesättigten Schotter dürften hier eine güte- und mengenmässig zufriedenstellende Grundwasserentnahme garantieren. Die gesamte übrige Talebene fällt aus Qualitätsgründen ausser Betracht. Die Untersuchungsergebnisse beim Piezometer P 20 sind repräsentativ für die beste(n) Entnahmestelle(n) dieses Ufergürtels. Aus Qualitätsgründen sollte die

Fassung eher saaneseitig des Hochwasserdamms erstellt werden (Schutzmassnahmen erforderlich). Möglicherweise wäre jedoch eine Entnahme unmittelbar landseitig des Damms noch tolerierbar.

Je nach der gewünschten Entnahmemenge käme ein grossdurchmesseriger Vertikalfilterbrunnen oder eine ähnliche, wie für den vorangehenden Abschnitt beschriebene Horizontalfassung in Frage. Dabei könnte voraussichtlich mit Entnahmemengen von ca. 600 - 1'000 l/min. gerechnet werden. Diese Aussage müsste jedoch vorerst mit einer Sondierbohrung und einem Kleinpumpversuch bestätigt werden.

#### Abschnitt Haselhof - Wileroltigen

Dieses Gebiet wurde grösstenteils schon früher untersucht (WEA / GEOLOGIE, 1984). Da der damals ermittelte mögliche Fassungsstandort RB 3 (K 2, 585.202/20) aus schutzzonentechnischen Gründen nicht ungeteilte Zustimmung fand, wurde ein alternativer Standort gesucht. Mittels detaillierten elektromagnetischen Messungen und der Sondierbohrung RB 6 (585/201.33) konnte ein in jeder Beziehung günstiger Ort gefunden werden. So war es möglich, aus dem Bohrloch von 0.24 m  $\varnothing$  (Filterrohr 6") bei einer Absenkung von 1.30 m über 800 l/min. chemisch einwandfreies Wasser zu fördern (Tab. 7.2).

Wie die übrigen postulierten Entnahmestellen der vorangehenden Abschnitte, müsste auch dieses Fassungsbauwerk gegen Hochwasser geschützt werden. In Anbetracht der sehr guten Durchlässigkeit und einer mittleren Mächtigkeit des Grundwasserleiters von etwa 3 m scheinen dank induzierter Infiltration folgende Dauerentnahmen möglich zu sein:

- Vertikalfilterbrunnen  $\varnothing > 0.9$  m:            1'000 - 1'200 l/min.
- Horizontalfilterbrunnen:                    > 1'500 l/min.

Voraussichtlich wäre eine einfache Belüftung notwendig. Die obigen Förderraten sind sandfrei, jedoch nur mit fachmännisch einwandfreien Brunnen erreichbar, die optimal auf den umliegenden Grundwasserleiter abgestimmt sind.

Anhang

Bohrprofil RB 1 (WEA-Nr. 584/200.11)

RB1 584/200.11	Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern	Beilage Nr.
	Bohrfirma: Dicht AG	Situation:
	Bohrverfahren: Rotationskernbohrung	Logs:
	Bohrmeister: Brügger	Bohrgerät:
	ausgeführt vom 8.12 bis 9.12.83	
	Koordinaten: 584 700/200 740 OK Terrain 468.92 m ü.M. OK Rohr 470.03 m ü.M.	
Geol. Aufnahme: Dr. J. Wanner		

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernaussbeute %	Beobachtungsröhre φ 8 Filter	m ü. M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	USCS		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters	Bemerkungen
							Feld	Labor			
22					± 0	Humus, braun			Ueberflutungssedimente	GW-Spiegel am 19.12.83  566.51 m $\kappa = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$	
					0.30	leicht toniger Silt mit reichlich bis viel Sand, braun					
					1.00	stark siltiger Sand mit einzelnen bis zahlreichen Komp. der Kies- und Steinfraction bis 7 cm, braun-grau			Schotter		
					1.20						
					1.70	leicht siltiger Sand mit einzelnen Komp. der Kiesfraction bis 5 cm, grau					
							leicht siltiger Kies mit reichlich bis viel Sand und einzelnen Steinen bis 17 cm, Gerölle mittelmässig gerundet, grau				
					4.10	sauberer bis leicht siltiger Grobsand mit einzelnen Komp. der Kiesfraction bis 5 cm, grau			verwitterte Molasse		
				4.60							
					5.00	Grobsandstein, grau			Molasse		

Anhang

Bohrprofil RB 3 (WEA-Nr. 585/202.20)

Bohrdurchmesser cm		Spülgut	Kernaussbeute %	Beobachtungsrohr $\phi$ 80	Filter	m ü. M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	USCS		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters	Bemerkungen																																																																																				
									Feld	Labor																																																																																							
RB3 585.202/20		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10">Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern</td> <td colspan="2">Beilage Nr.</td> </tr> <tr> <td colspan="10">Bohrfirma: Dicht AG</td> <td colspan="2">Situation:</td> </tr> <tr> <td colspan="10">Bohrverfahren: Rotationskernbohrung</td> <td colspan="2">Logs:</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Bohrmeister: Brügger</td> <td colspan="5">Bohrgerät:</td> </tr> <tr> <td colspan="13">ausgeführt vom 31.12. bis 14.12.83</td> </tr> <tr> <td colspan="13">Koordinaten: 585 610/202 100 OK Terrain 464.69 m ü. M. OK Rohr 465.28 m ü. M.</td> </tr> <tr> <td colspan="13">Geol. Aufnahme: Dr. J. Wanner</td> </tr> </table>											Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern										Beilage Nr.		Bohrfirma: Dicht AG										Situation:		Bohrverfahren: Rotationskernbohrung										Logs:		Bohrmeister: Brügger					Bohrgerät:					ausgeführt vom 31.12. bis 14.12.83													Koordinaten: 585 610/202 100 OK Terrain 464.69 m ü. M. OK Rohr 465.28 m ü. M.													Geol. Aufnahme: Dr. J. Wanner												
Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern										Beilage Nr.																																																																																							
Bohrfirma: Dicht AG										Situation:																																																																																							
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung										Logs:																																																																																							
Bohrmeister: Brügger					Bohrgerät:																																																																																												
ausgeführt vom 31.12. bis 14.12.83																																																																																																	
Koordinaten: 585 610/202 100 OK Terrain 464.69 m ü. M. OK Rohr 465.28 m ü. M.																																																																																																	
Geol. Aufnahme: Dr. J. Wanner																																																																																																	
22							± 0	Humus, braun			Ueberflutungs-sedimente	GW-Spiegel am 19.12.83 462.62 m																																																																																					
						0.30	stark siltiger Sand, Schichtung stellenweise erkennbar, braun																																																																																										
						0.90	sauberer Mittelsand, grau																																																																																										
							1.60	sandiger Silt bis siltiger Sand, grau			Schotter	$k=3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$																																																																																					
						2.10	leicht siltiger Kies mit viel Sand und einzelnen Steinen bis 14 cm, Gerölle mittelmässig bis gut gerundet, grau																																																																																										
						3.10	siltiger Kies mit reichlich Sand und einzelnen Steinen bis 12 cm, Gerölle mittelmässig gerundet, grau																																																																																										
						3.80	siltiger bis stark siltiger Kies mit reichlich Sand und zahlreichen Steinen bis 17 cm, Gerölle schlecht bis mittelmässig gerundet, grau																																																																																										
						4.60	leicht siltiger bis siltiger Kies mit viel Sand und einzelnen Steinen bis 15 cm, Gerölle mittelmässig gerundet, grau																																																																																										
						5.60	siltiger Kies mit reichlich Sand und zahlreichen Steinen bis 13 cm, grau																																																																																										
						6.00	Mergel bunt			Molasse																																																																																							
					7.00																																																																																												

Anhang

Bohrprofil RB 4 (WEA-Nr. 585/202.19)

RB4 585.202/19	<b>Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern</b>	Beilage Nr.
	<b>Bohrfirma:</b> Dicht AG	Situation:
	<b>Bohrverfahren:</b> Rotationskernbohrung	Logs:
	<b>Bohrmeister:</b> Brügger	<b>Bohrgerät:</b>
	ausgeführt vom 15.12. bis 16.12.83	
	Koordinaten: 585 626/202 645 OK Terrain 463.29 m ü.M. OK Rohr 463.56 m ü.M.	
Geol. Aufnahme: Dr. J. Wanner		

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernausbeute %	Beobachtungsrohr $\phi$ 81	Filter	m ü. M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	USCS		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters	Bemerkungen
								Feld	Labor			
22						± 0	Humus, braun			Ueberflutungs-sedimente	GW-Spiegel am 19.12.83	
						0.40	stark sandiger Silt, braun					
						0.90	leicht siltiger Feinsand, grau					
						1.10	stark siltiger Sand mit einzelnen Komp. der Kiesfraktion bis 5 cm, grau					
						1.40	siltiger Kies mit viel Sand und einzelnen Steinen bis 11 cm, grau					
						2.00	leicht siltiger Kies mit wenig bis reichlich Sand und zahlreichen Steinen bis 16 cm, grau					
						2.60	siltiger bis stark siltiger Kies mit viel Sand und einzelnen Steinen bis 10 cm, grau					
						3.80	Holzbruchstücke, Faserstruktur noch gut erkennbar, braun					
						4.10	leicht siltiger Kies mit viel Sand und einzelnen Steinen bis 9 cm, grau					
						4.80	siltiger Kies mit viel Sand und einzelnen, stellenweise zahlreichen Steinen bis 17 cm, grau					
						5.60	stark siltiger Kies mit viel Sand und zahlreichen Steinen bis 18 cm, kompakt, grau					
						6.30	Mergel bunt					
					7.50							

# Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser der Kantone Bern und Freiburg

## Hydrogeologische Karte Saaneltal zwischen Laupen und Aare 1 : 10 000

Isohypsen des Grundwasserspiegels, Niederwasserstand  
Isohypsen der Molasseoberfläche

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern  
Amt für Umweltschutz des Kantons Freiburg  
Bearbeitung: Dres. P. Kellerhals und Ch. Haefeli  
Geologen SIA/ASIC, Bern

