

Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

Hydrogeologie Tal der Grüene



WEA

Leitung:

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

Bearbeitung:

CSD Ingenieure und Geologen AG, Liebefeld/Bern

Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

Hydrogeologie Tal der Grüene



WEA

Leitung:

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

Bearbeitung:

CSD Ingenieure und Geologen AG, Liebefeld/Bern



Grundlagenbericht:
Hydrogeologie Tal der Grüene

Ausgabe: 2002

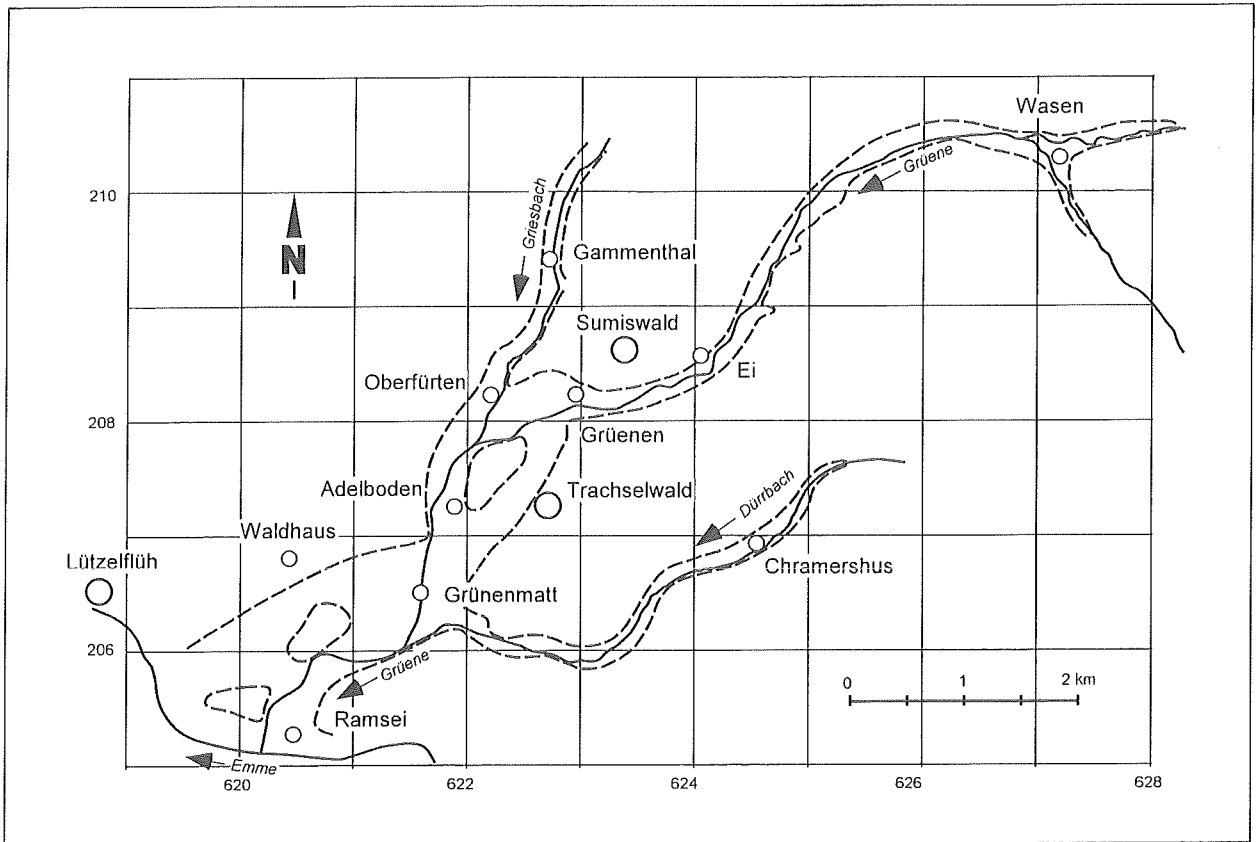
Herausgeber, Leitung:
© Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA),
Abteilung Geologie B. Schudel

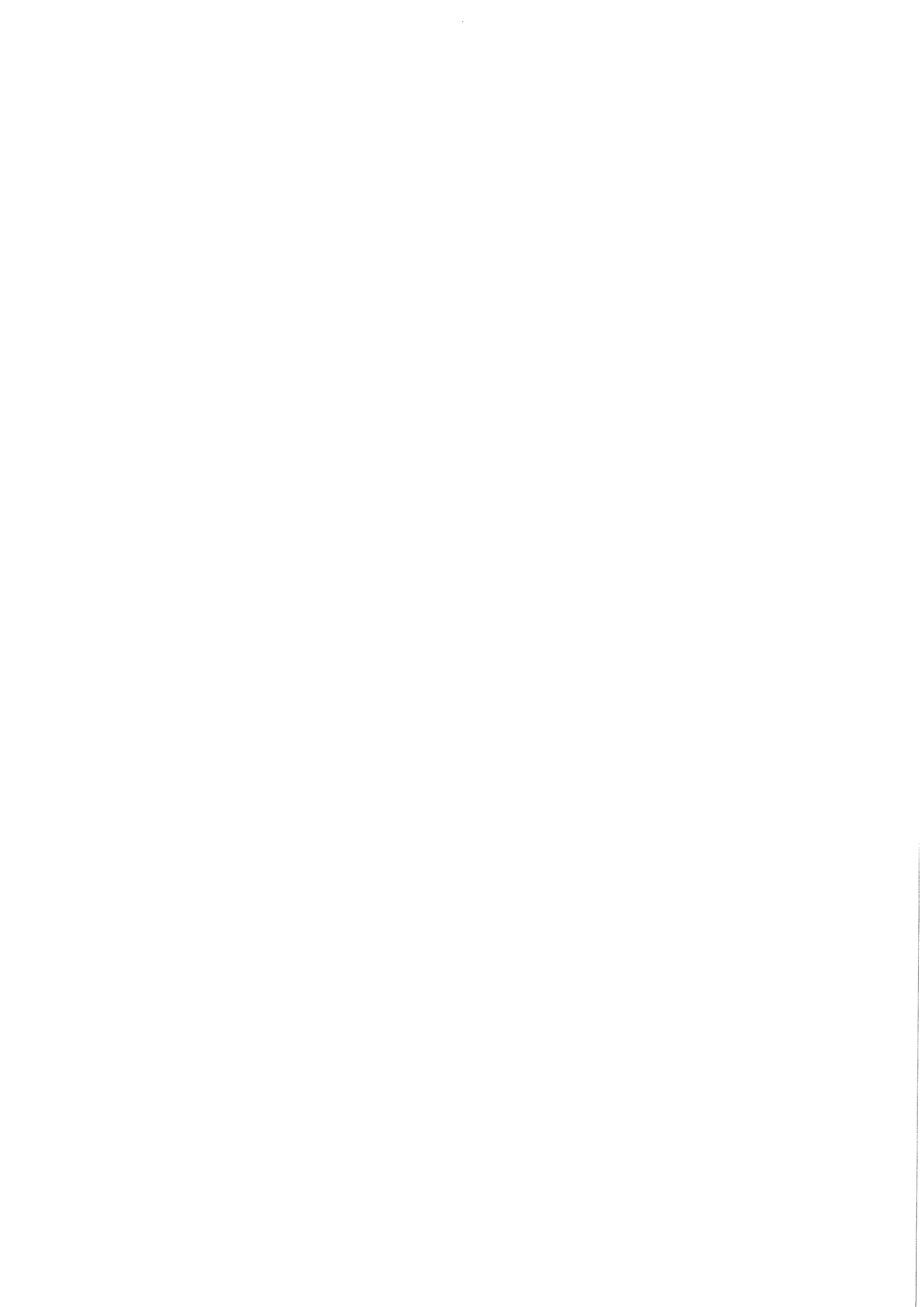
Bearbeitung:
CSD Ingenieure und Geologen AG, Liebefeld/Bern

**Der vorliegende Bericht ist ein Beitrag zur Entscheidungsfindung
und enthält keine politischen Beschlüsse.**

**Die Reproduktion und Weiterverwendung der Ergebnisse
ist unter Quellenangabe gestattet.**

Figur 1.1 Tal der Grüene, Gebietsübersicht





Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	9
RÉSUMÉ	10
1. Einleitung	11
1.1 Aufgabe und Zielsetzung	11
1.2 Gebietsabgrenzung	11
1.3 Kredite und Subventionen	11
1.4 Leitung, Bearbeitung	12
1.5 Unterlagen	12
2. Ausgeführte Arbeiten	13
2.1 Einleitung	13
2.2 Elektromagnetische Messungen	13
2.3 Sondierbohrungen, Pumpversuche	15
2.4 Markierversuch Grüene	15
2.5 Hydrometrie	15
2.6 Hydrochemie	16
3. Geologische Verhältnisse	16
3.1 Quartärgeologischer Überblick	16
3.2 Felsuntergrund und Felsoberfläche	17
3.3 Gliederung der Lockergesteine	18
4. Hydrologische Basisdaten	18
4.1 Allgemeines	18
4.2 Niederschlag	19
4.3 Grundwasserneubildung	20
5. Hydrogeologische Beschreibung der Grundwasservorkommen	21
5.1 Allgemeine Bemerkungen	21
5.2 Grundwassergebiet Tal der Grüene	22
5.2.1 Räumliche Ausdehnung und Lithologie des Grundwasserleiters	22
5.2.2 Hydraulische Eigenschaften des Grundwasserleiters	24
5.3 Grundwassergebiet Griesbachtal	29
5.3.1 Räumliche Ausdehnung und Lithologie des Grundwasserleiters	29
5.3.2 Hydraulische Eigenschaften des Grundwasserleiters	30
5.4 Grundwassergebiet Heimisbach	30
5.4.1 Räumliche Ausdehnung und Lithologie des Grundwasserleiters	30
5.4.2 Hydraulische Eigenschaften des Grundwasserleiters	31
6. Wasserqualität	32
7. Grundwasserbilanz	36
7.1 Grundwasserabfluss	36
7.2 Grundwasserdargebot	38

8.	Nutzung und Schutz des Grundwassers	40
8.1	Allgemeines	40
8.1.1	Vulnerabilität der Grundwasservorkommen	40
8.1.2	Gefährdungen des Grundwassers	41
8.2	Grundwassernutzung	44
8.2.1	Bestehende Konzessionen	44
8.2.2	Trinkwassernutzung	45
8.2.3	Generelle Grundwassernutzungsmöglichkeiten	46
8.2.4	Zusammenfassung und Handlungsbedarf	49
8.3	Grundwasserschutz	50
8.4	Grundwasserüberwachung	52
9.	Literaturverzeichnis	54

Verzeichnis der Figuren

Figur 1.1	Tal der Grüene, Gebietsübersicht	3
Figur 2.1	Lage der elektromagnetischen Profile	14
Figur 5.1	Mächtigkeit des Grundwasserleiters	23
Figur 5.2	Flurabstand	25
Figur 5.3	Markiersuch in der Grüene nördlich von Adelboden	27
Figur 6.1	Elektrische Leitfähigkeit im Grundwasser am 19. April 2001	33
Figur 6.2	Nitratkonzentrationen im Grundwasser am 19. April 2001	34
Figur 7.1	Grundwasserabfluss	37

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1.1	Am Projekt „Hydrogeologie Tal der Grüene“ beteiligte Firmen und Personen	12
Tabelle 2.1	WEA-Bohrungen im Tal der Grüene	15
Tabelle 4.1	Verwendete Messstationen sowie gemessene jährliche Niederschlagshöhen	19
Tabelle 5.1	Grundwasserspiegelschwankungen	24
Tabelle 5.2	Hydraulische Kennwerte des Grundwasserleiters im Tal der Grüene	29
Tabelle 5.3	Hydraulische Kennwerte des Grundwasserleiters im Griesbachtal	30
Tabelle 5.4	Hydraulische Kennwerte des Grundwasserleiters im Heimisbach	31
Tabelle 6.1	Chemische Analysen während Markiersuch in der Grüene	35
Tabelle 7.1	Grundwasserabfluss bei verschiedenen Querprofilen	36
Tabelle 8.1	Konzessionierte Grundwassernutzungen, Stand Juli 2002	45

Verzeichnis der Kartenbeilagen

- Beilage 1 Hydrogeologische Karte Tal der Grüene:
 - Grundkarte 1:25'000
 - Geologische Profile L ~ 1:25'000 H ~ 1:2'500
- Beilage 2 Grundwasser- Nutzungs- und Schutz – Karte Tal der Grüene 1:25'000

ZUSAMMENFASSUNG

In den Jahren 1999 bis 2002 wurden die Grundwasservorkommen im Tal der Grüene untersucht. Im Vordergrund stand die Erkundung der quantitativen und qualitativen Grundwasserverhältnisse als Grundlage für eine ausgewogene Bewirtschaftung der Grundwasservorkommen.

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Talboden der Grüene von Wasen bis Ramsei sowie das Griesbachtal und den Heimisbach.

Zur Erkundung des Untergrundes wurden in ausgewählten Abschnitten elektromagnetische Messungen durchgeführt. Zudem wurden vier Sondierbohrungen abgeteuft. Zusammen mit bestehenden Bohrungen und Fassungen dienten sie als Grundwasserbeobachtungsstellen für Wasserspiegelmessungen und Wasserentnahmen.

Der Grundwasserleiter wird generell von siltig-sandigen bis sandigen Schottern aufgebaut. Die grössten Grundwassermächtigkeiten treten mit über 20 m nördlich von Adelboden und südlich von Grünenmatt auf. Die Deckschichten sind vorwiegend sandig-kiesig ausgebildet. Der Grundwasserspiegel liegt in den Talebenen meist zwischen 5 und 10 m unter Terrain.

Anhand der hydrogeologischen, hydraulischen und hydrochemischen Gegebenheiten wurde ein Schutz- und Nutzungskonzept ausgearbeitet. Es trägt den bereits vorhandenen Grundwassernutzungen sowie den potentiellen Gefährdungen durch Siedlungsgebiete, Verkehrswege und Materialentnahmestellen Rechnung.

Zusammenfassend sind im Tal der Grüene drei Gebiete zu erwähnen, die als Standorte für eine zukünftige Trinkwasserfassung von öffentlicher Bedeutung in Betracht gezogen werden können. Es sind dies das bestehende Grundwasserschutzareal Hüttlimatte/Murmatte zwischen Spittel und Wasen mit einer geschätzten Ergiebigkeit von etwa 2'000 l/min, der Talabschnitt Grünen bis Adelboden sowie der Bereich Ramseimatten nördlich von Ramsei, beide mit Ergiebigkeiten deutlich über 2'000 l/min.

Von diesen drei Gebieten wird dem Standort Adelboden für den Bau einer neuen Grundwasserfassung erste Priorität zugemessen. Das Grundwasserschutzareal Murmatte/Hüttlimatte würde die mittelfristige Verlegung des schutzzonentechnisch nicht optimal gelegenen Pumpwerkes Ei der Wasserversorgung Sumiswald erlauben.

Im Griesbachtal sowie im Heimisbach ist das nutzbare Grundwasserdargebot mit weniger als 1'000 l/min stark eingeschränkt. Trotz allgemein hoher Ergiebigkeit steht für grosse Teile des Haupttales bei Grünen, Grünenmatt und Waldhaus infolge ausgeprägter Gefährdungen eine technische Nutzung des Grundwassers (Wärmeentzug, Kühlwasser, Brauchwasser) im Vordergrund.

RESUME

Les réserves d'eaux souterraines de la vallée de la Grüene ont été examinées de 1999 à 2002. L'objectif était de sonder la situation quantitative et qualitative des eaux souterraines afin de gérer ces réserves de manière équilibrée.

La zone d'examen comprend le fond de la vallée de la Grüene, de Wasen à Ramsei, la vallée du Griesbach et le Heimisbach.

Des mesures électromagnétiques réalisées sur des profils choisis ont été nécessaires pour sonder le sous-sol. En outre, quatre forages de reconnaissance ont été effectués, permettant, avec les forages et captages existants, de mesurer le niveau de la nappe phréatique et de quantifier les débits pompés.

La nappe baigne dans un substrat sableux et limoneux. Les couches d'eaux souterraines les plus importantes, plus de 20 m d'épaisseur, se situent au nord d'Adelboden et au sud de Grünenmatt. Les couches superficielles sont surtout constituées de sables et de graves. Dans les fonds de vallée, la nappe se trouve le plus souvent entre 5 et 10 mètres en dessous du niveau du sol.

Un concept d'exploitation et de protection des eaux souterraines a été élaboré sur la base des données hydrogéologiques, hydrauliques et hydrochimiques; il tient compte des concessions d'eaux souterraines actuelles et des risques de pollution liés au milieu bâti, aux voies de communication et aux sites de prélèvement de matériaux.

Pour résumer, il y a, dans la vallée de la Grüene, trois endroits qui pourraient être retenus pour un futur captage public d'eau souterraine. Il s'agit du périmètre existant de protection des eaux souterraines Hüttlimatte/Murmatte entre Spittel et Wasen, d'un débit estimé à 2'000 l/min. environ, ainsi que de la partie de la vallée comprise entre Grünen et Adelboden et de la zone de Ramseimatten au nord de Ramsei, toutes deux d'un débit largement supérieur à 2'000 l/min.

De ces trois régions, c'est le site d'Adelboden qui a été retenu en priorité pour la construction d'un nouveau captage d'eaux souterraines. Le périmètre de protection des eaux souterraines de Murmatte/Hüttlimatte aurait l'avantage de permettre le déplacement, à moyen terme, de la station de pompage d'Ei gérée par le service des eaux de Sumiswald, dont la zone de protection est difficile à maintenir.

Dans la vallée du Griesbach et dans le Heimisbach, le débit d'eau souterraine utilisable (moins de 1'000 l/min.) est fortement limité. Bien que de grands tronçons de la vallée principale à Grünen, Grünenmatt et Waldhaus bénéficient en général d'un fort débit, il est, en raison de risques de pollution élevés, plus indiqué de se servir de l'eau pour des usages techniques (prélèvement de chaleur, eau de refroidissement et eau industrielle).

1. EINLEITUNG

1.1 Aufgabe und Zielsetzung

Als Inhaber des Regalrechtes über die Gewässer, insbesondere das Grundwasser, ist es der Kanton, der alle für den Schutz und die Nutzung der wichtigen Grundwasservorkommen erforderlichen Grundlagen bereitstellt. Im Kanton Bern fällt dem Wasser- und Energiewirtschaftsamt (WEA) die Aufgabe zu, die massgebenden hydrogeologischen Grundlagen zu beschaffen und daraus ein Konzept für die zukünftige Bewirtschaftung der Grundwasservorkommen zu erarbeiten.

Das Hauptziel des Projektes „Hydrogeologie Tal der Grüene“ lag in der hydrogeologischen Erfassung und Charakterisierung von noch ungenutzten Grundwasservorkommen mit Trinkwasserqualität. Dazu mussten in einem ersten Schritt alle verfügbaren Dokumente und Unterlagen ausgewertet und dargestellt werden, um so die verfügbaren Mittel für Detailerkundungen optimal einsetzen zu können. Die Untersuchungen konzentrierten sich in der Folge auf vier Zonen (ausgangs Griesbachtal, Adelboden, ausgangs Heimisbach, Ramseimatten), wo die hydrogeologischen Verhältnisse mit Schlüsselbohrungen abgeklärt werden sollten.

1.2 Gebietsabgrenzung

Das Untersuchungsgebiet umfasst den ganzen Talboden der Grüene zwischen Wasen und Ramsei und die unteren Bereiche der angrenzenden Talflanken. Besondere Beachtung wird den markanten Terrassen von Sumiswald, Trachselwald und Waldhaus geschenkt. Letztere weisen überdeckte Grundwasserläufe auf. Im Griesbachtal und im Heimisbach sind eigenständige Grundwasservorkommen von vergleichsweise geringer Ausdehnung vorhanden. Sie alimentieren den Hauptgrundwasserleiter im Tal der Grüene.

Das Untersuchungsgebiet umfasst Teile der Gemeinden Sumiswald, Trachselwald und Lützelflüh.

1.3 Kredite und Subventionen

Grundlage für die ausgeführten Arbeiten bildete das Untersuchungsprogramm der CSD Ingenieure und Geologen AG vom 11. Januar 1999. Am 12. April 2000 genehmigte der Regierungsrat des Kantons Bern den für die Untersuchungen notwendigen Kredit von Fr. 320'000.-. Das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) unterstützte das Projekt mit einem Bundesbeitrag von 30%.

Die Auftragserteilung durch das Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern erfolgte am 10. Juli 2000.

1.4 Leitung, Bearbeitung

Die Arbeiten standen unter der Leitung von Herrn Bernhard Schudel, Leiter der Abteilung Geologie im Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA). Die Untersuchungen wurden durch die CSD Ingenieure und Geologen AG, Bern ausgeführt. Folgende Firmen und Personen waren an den Arbeiten beteiligt:

Tabelle 1.1 Am Projekt „Hydrogeologie Tal der Grüene“ beteiligte Firmen und Personen

Leitung	Bernhard Schudel, WEA
Untersuchungen	Dr. H. Steiner, CSD AG R. Britschgi, CSD AG B. Pagac, CSD AG
Elektromagnetische Messungen	Prof. I. Müller, Université de Neuchâtel
Sondierbohrungen und Pumpversuche	Fa. Stämpfli AG, Langnau
Flowmetermessungen	Werner + Partner AG, Burgdorf
Vermessung	B. Baumann, WEA
Tracerhydrologie	naturaqua Hydro-Trace, Toni Dervey
Wasseranalysen	Gewässer- und Bodenschutzlabor Kt. Bern (GBL) Labor Dr. Meyer AG, Bern
Digitale Kartographie	B+S Ingenieure AG, Bern; P. Eichwald, WEA
Reproduktion	Peter Gaffuri AG, Bern

1.5 Unterlagen

Im Verlaufe der Abklärungen wurden alle verfügbaren geologisch-hydrogeologischen und geotechnischen Dokumente zusammengestellt und ausgewertet. Zu diesem Zwecke wurden in erster Linie die Archive des WEA, des Bundesamtes für Wasser und Geologie (BWG) und der CSD AG beigezogen. Eine weitere Informationsquelle bildete der Altlasten- und Verdachtsflächenkataster des kantonalen Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft (GSA). Die neuen Daten wurden nach den Richtlinien des WEA in die Grundlagendatei (GLD) des WEA integriert. Alle Detailresultate des vorliegenden Bericht-

tes können in der Hydrogeologischen Dokumentation (HDOK) des WEA eingesehen werden.

2. AUSGEFÜHRTE ARBEITEN

2.1 Einleitung

Die Untersuchungen gliederten sich in drei Phasen. In der Vorbereitungsphase wurden vorhandene Unterlagen ausgewertet und eine Bestandesaufnahme von bereits vorhandenen Mess- und Beobachtungsstellen durchgeführt.

Die Erkundungsphase begann mit der Ausführung von elektromagnetischen Messungen in ausgewählten Talabschnitten. Gestützt auf die Ergebnisse der Geophysik wurden im Oktober und November 2000 vier Sondierbohrungen abgeteuft und zu Kleinfiterbrunnen ausgebaut. Zur Ermittlung der hydraulischen Kennwerte wurden Flowmetermessungen ausgeführt. Das hydrometrische Netz, besteht aus den bereits vorhandenen Limnigraphen Sumiswald, Hallenbad (G001; WEA-Nr. 624/208.4) und Lützelflüh, Ramseimatten (G236; WEA-Nr. 620/205.62) sowie verschiedenen Fassungen und Piezometerrohren. Ergänzt wurde das Messstellennetz durch die neuen Bohrungen und einzelne gerammte Piezometerrohre. Zwecks Abklärung der Infiltrationsverhältnisse wurde am 27. November 2001 oberhalb Adelboden ein Markierstoff in die Grüene gegeben. Zur Bestimmung der Spiegellage und der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers fanden verschiedene Messkampagnen statt.

Nach Abschluss der Felderhebungen wurden in der dritten Bearbeitungsphase die Daten ausgewertet und die Ergebnisse in den zwei thematischen Karten „Hydrogeologische Karte“ und „Grundwasser- Nutzungs- und Schutz-Karte“ zusammenfassend dargestellt.

2.2 Elektromagnetische Messungen

Zur Abklärung des Aufbaues der quartären Lockergesteine im Talgrund und im Bereich der Terrassen wurden entlang von 20 Messprofilen, mit einem Abstand zwischen den Messpunkten von 20 bis 30 m, insgesamt 400 elektromagnetische Messungen ausgeführt. Die Messungen dienten letztlich auch der Optimierung der Bohrstandorte.

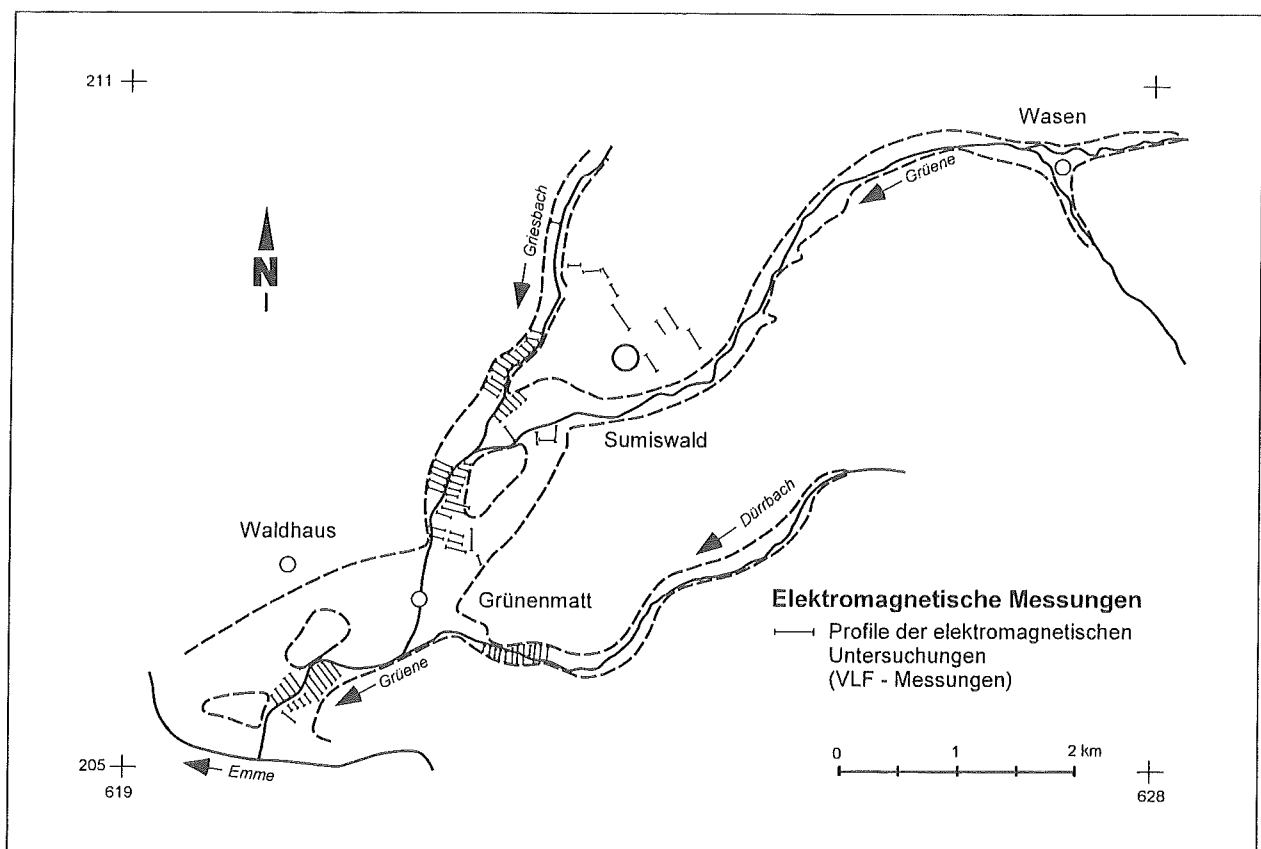
Die VLF-Methode (very low frequency) verwendet die Leitsignale permanenter Radiosender, die im Untergrund einen elektrischen Strom induzieren. Mit einem geeigneten Empfänger wird an der Oberfläche eine Potentialdifferenz gemessen, aus welcher der scheinbare Widerstand der Gesteine errechnet werden kann. Die Anwendung verschiedener Frequenzbereiche liefert Angaben über die Mächtigkeit und die Ausbildung der erfassten Gesteinsschichten.

Insgesamt wurden 640 Messpunkte mit je 3 Frequenzen gemessen. Bei einem mittleren Abstand von 25 m zwischen den Messpunkten von 25 m ergibt sich eine Profillänge von

rund 16 km. Schwerpunkt der Messungen (vgl. Figur 2.1) bildeten die Talausgänge von Griesbachtal und Heimisbach, die Talabschnitte zwischen Fürten und Adelboden sowie Ramseimatten. Einzelne Profile wurden im Bereich Gammenthal und auf der Terrasse von Sumiswald ausgeführt. Auf elektromagnetische Messungen im Bereich der Terrasse von Waldhaus konnte verzichtet werden, da dort im Zusammenhang mit der Kiesprospektion bereits 1990 solche Messungen ausgeführt worden sind.

Nachfolgende Figur gibt eine Übersicht über die mit elektromagnetischen Messungen untersuchten Zonen.

Figur 2.1 Lage der elektromagnetischen Profile



2.3 Sondierbohrungen, Pumpversuche

Es wurden vier Kernbohrungen von 22 bis 33 m Tiefe mit total 111 Bohrmeter abgeteuft. Alle Bohrungen wurden mit Filterrohren \varnothing 4.5" zu Kleinfiterbrunnen ausgebaut

Tabelle 2.1 WEA-Bohrungen im Tal der Grüene

Bezeichnung	WEA-Nr.	Ort	Bohrtiefe	Verfilterung	
				von	bis
			m	m	m
RB1-00	622/208.5	Oberfürten	22	11	21
RB2-00	622/205.10	Schützenhaus Grünenmatt	26	7	24
RB3-00	621/207.4	Adelboden	30	5	29
RB4-00	620/205.66	Ramseimatten	33	3	31

2.4 Markierversuch Grüene

Am 27. November 2001 wurden oberhalb Adelboden 0.5 kg Uranin in die Grüene gegeben (vgl. Figur 5.2). Für die Beobachtung des Markierstoffdurchganges wurden auf der Höhe der Grundwasserprobestellen, ca. 500 m unterhalb der Tracereingabe bei Adelboden und weitere 2 km bachabwärts in der Ramseimatten Proben entnommen. Zur Kontrolle des Markierstoffes im Grundwasser dienten die beiden neuen Bohrungen RB3-00 Adelboden (WEA-Nr. 621/207.4 und RB4-00 Ramseimatten (620/205.66), aus denen während des ganzen Versuches bis zum 6. Dezember 2001 Grundwasser gefördert wurde. Grundwasserproben wurden zusätzlich in der Fassung Lerch bei Grünenmatt (WEA-Nr. 621/205.32 und im Pumpwerk Farbschachen der WV Lützelflüh (WEA-Nr. 619/205.1) entnommen.

2.5 Hydrometrie

Das Grundwasserbeobachtungsnetz bestand aus 6 Fassungen, 9 Bohrungen und 4 gerammten Piezometerrohren. Zwei permanente Grundwasserbeobachtungsstellen des WEA standen zur Verfügung. An den Oberflächengewässern wurden insgesamt vier Abstichpunkte definiert.

2.6 Hydrochemie

Im Rahmen einer Probenkampagne wurden am 19. April 2001 insgesamt 14 Grundwasserproben und 4 Oberflächenwasserproben für die chemische Analyse entnommen. Die Analytik konzentrierte sich auf die Hauptinhaltsstoffe. Die Ergebnisse sind tabellarisch in den Anhängen 5,6 und 7 zusammengestellt. Bei den 4 neuen Sondierbohrungen wurden kurz nach Ausführung erstmals Wasserproben entnommen und analysiert. Anlässlich des Markerversuches in der Grüene wurden die beiden Bohrungen RB3-00 (WEA-Nr. 621/207.4) und RB4-00 (629/205.66) sowie die Grüene beprobt. Ergänzend zu den Hauptinhaltsstoffen wurde auf flüchtige organische Inhaltsstoffe sowie Pestizide untersucht.

3. GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

3.1 Quartärgeologischer Überblick

Zur Zeit der grössten Vergletscherung, in der Risseiszeit, befanden sich das Emmental und das Tal der Grüene unter einer mächtigen Eisdecke. Durch die erosive Wirkung der Eismassen wurden die Täler angelegt. Beim Vorstoss des Rissgletschers, eventuell auch zwischen einzelnen Gletschervorstössen der Risszeit, kam es zur Ablagerung mächtiger Schotterkomplexe, die heute die topographisch hoch gelegenen, reliktschen Hochterrassenschotter oder Höhenschotter bilden. Beim Abschmelzen des Gletschers wurde eine in ihrer Lithologie und Mächtigkeit sehr unterschiedlich ausgebildete Grundmoräne abgelagert. Die Entwässerung des Napfgebietes erfolgte z.T. durch die Talung Lützelflüh-Sumiswald-Huttwil Richtung Norden. Ob im Tal der Grüene, wie im Raum Huttwil, nach dem Gletscherrückzug ebenfalls noch Schotter abgelagert wurden, ist nicht untersucht. Nach der vorletzten Vergletscherung wurden die Ablagerungen der Risseiszeit durch ein weitverzweigtes Flusssystem erodiert und abgeführt.

Während der jüngsten Vergletscherung, in der Würmeiszeit, blieben das Emmental und das Tal der Grüene eisfrei. Bei Burgdorf versperrte der das Mittelland bedeckende Rhonegletscher den Ausgang des Emmentales. In der Folge kam es im Haupttal und den Seitentälern zur Akkumulation mächtiger Schotterfluren, den sogenannten Stauschottern. Nach dem Rückzug des Rhonegletschers wurden die Stauschotter grösstenteils durch die sich darin eintiefenden Flüsse erodiert. Die Relikte der Stauschotter treten heute als morphologisch markante, 20 bis 30 m über den Talgrund reichende Terrassen hervor.

Die Emme und die Grüene senkten ihr Bett weiter auf das Niveau des heutigen Talbodens ab. In den Talebenen wurden in geringem Umfang Schotter und Überschwemmungssedimente abgelagert.

3.2 Felsuntergrund und Felsoberfläche

Der Felsuntergrund wird im Tal der Grüene von den Gesteinen der Oberen Meeresmolasse und der Oberen Süsswassermolasse aufgebaut. Wegen dem leicht nach Südosten gerichteten Einfallen der Schichten vollzieht sich im Talgrund östlich von Grünen und im Heimisbach der Übergang von den abtauchenden, älteren Ablagerungen der Oberen Meeresmolasse (Helvétien, Belpberg- und Niedermatt-Schichten auf Atlasblatt Worb) in die jüngeren Ablagerungen der Oberen Süsswassermolasse (Tortonien, Napf-Schichten auf Atlasblatt Worb). Das Helvétien besteht aus glimmerreichen, von Mergelbändern durchzogenen Sandsteinen mit Einschaltungen von Nagelfluhbänken. Die Napf-Schichten des Tortonien sind durch rasche Wechsel ihrer Ausbildung gekennzeichnet. Sie bestehen aus einer Wechsellagerung von Nagelfluh mit Sandsteinen, in welche schiefrige bis plattige Mergel- und Siltsteinschichten eingelagert sind.

An den steilen Talflanken ist der Fels stellenweise aufgeschlossen oder wird von einer nur geringmächtigen Lockergesteinsschicht überlagert. Im unteren Bereich der Talflanken, sowie vor allem im Bereich der die Niederterrassen aufbauenden Stauschotter, ist der genaue Felsverlauf schwierig zu lokalisieren. Durch die natürlichen Aufschlüsse, die vorhandenen Kiesabbaustellen und neuere Sondierungen, insbesondere Bohrungen und elektromagnetische Messungen, konnte die Lage von „Felsinseln“ im Haupttal ermittelt werden. Es handelt sich um die Molasseerhebungen bei der Mündung des Tales ins Emmental zwischen Ramsei und Bruuchbüel, um die von Lockergestein überdeckte „Felsinsel“ im Grossacher nördlich Gumpersmüli und die Molasseerhebung bei Uf der Acheren westlich von Trachselwald (vgl. Beilage 1).

Der Felsverlauf unter der Terrasse von Sumiswald ist im Detail nicht genau bekannt. Mit den bisherigen Sondierungen und namentlich den neu ausgeführten elektromagnetischen Messungen konnte die Felsoberfläche als über dem Talboden liegend bestimmt werden. Es gibt keine Hinweise auf bedeutende, mit Lockergesteinen erfüllte Rinnen in der Felsoberfläche.

Das Haupttal weist im Raum Ramsei bis nördlich Grünenmatt eine Übertiefung von etwa 30 m auf. In der Bohrung RB4-00 Ramseimatten (WEA-Nr. 620/205.66) sowie der Bohrung RB3-00 Adelboden (WEA-Nr. 621/207.4) liegt der Fels 31.20 m unter Terrain auf Kote 574.60 m ü. M. resp. 29.30 m unter Terrain auf Kote 608.40 m ü. M. Im Heimisbach wie auch in Richtung Wasen steigt der Fels im Talboden rasch an. Nicht so im Griesbachtal, wo eingangs Tal, bei Oberfürten, der Fels gemäss der Bohrung RB1-00 (WEA-Nr. 622/208.5) 22.10 m unter Terrain auf Kote 636.46 m ü. M. liegt und dann Richtung Norden vergleichsweise flach verläuft. Beim Filterbrunnen Kieswerk Aeschliemann in Gammenthal (WEA-Nr. 622/209.1) beträgt die Übertiefung immer noch mehr als 37 m und die Felsoberfläche liegt tiefer als Kote 648 m ü. M. Es zeichnet sich also die bekannte, vermutlich risseszeitlich angelegte Entwässerungsrinne Lützelflüh – Sumiswald – Huttwil durch das heutige Griesbachtal ab. Durch die bisherigen Bohrungen und Sondierungen sind weder die seitlichen Begrenzungen noch die tiefste Rinne dieses alten, bedeutenden Tallaufes in der Molasse genau erfasst.

3.3 Gliederung der Lockergesteine

Bei der Gliederung der quartären Ablagerungen werden die Arbeiten von Ed. Gerber (1950), vom WEA des Kantons Bern (1975), von M. Ed. Gerber und J. Wanner (1984) sowie U. Gruner (2001) verwendet. Die geologische Aufnahme des Blattes Sumiswald ist in Bearbeitung durch Dr. J. Wanner.

Die **Rissmoräne (rm)** oder Moräne der Vorletzten Vergletscherung ist im Tal der Grüene, soweit aufgenommen, nur an einzelnen Stellen im Raum Trachselwald und südlich von Wasen vorhanden, wo sie vermutlich direkt dem Felsen aufliegt.

Die risseiszeitlichen **Hochterrassenschotter (hts)** treten einerseits zwischen Sumiswald und Wasen auf, wo sie in mittlerer Höhenlage die Talflanken aufbauen. In ähnlicher Position sind sie auch nördlich über der Terrasse von Sumiswald vorhanden. Ein weiteres Vorkommen befindet sich im Griesbachtal, wo nördlich von Gammenthal die unteren Bereiche der Talflanken beidseits von Hochterrassenschottern aufgebaut werden.

Bereits morphologisch gut erkennbar ist die Verbreitung der letzteiszeitlichen **Stauschotter (sts)**, welche die ausgeprägten, 20 bis 30 m über den Talgrund ragenden Terrassen aufbauen. Ihre grösste Ausdehnung finden die Stauschotter in den Terrassen von Sumiswald und Waldhaus. Weitere Vorkommen finden sich östlich Grünenmatt und im Pfaffenboden, dann zwischen Burghof und Wasen sowie im Heimisbach. Die Stauschotter bestehen hauptsächlich aus siltigen Kiessanden. Im Gebiet Waldhaus sowie bei Pfaffenboden bilden die Stauschotter den Grundwasserleiter.

Als erdgeschichtlich jüngste Ablagerung treten im Tal der Grüene nacheiszeitlich geschütete **junge Schotter (js)** im Bereich der heutigen Talläufe auf. Sie sind die wichtigsten Grundwasserträger im Tal der Grüene. **Gehängeschutt (gs)** und **Bachschutt (bs)** sowie örtlich **Verlandungsbildungen (v)** und Überschwemmungssedimente spielen eine untergeordnete Rolle.

4. HYDROLOGISCHE BASISDATEN

4.1 Allgemeines

Aus verschiedenen Untersuchungen im Rahmen von Projekten für die Grundwassernutzung im untersuchten Gebiet sind die Verhältnisse bezüglich der Infiltration und Exfiltration generell bekannt. In der Folge wurden noch an ausgewählten Stellen die Gefällsverhältnisse zwischen den Oberflächengewässern und dem Grundwasser bestimmt, um feststellen zu können, ob Uferinfiltration möglich ist oder nicht. Im Weiteren wurde zur direkten Ermittlung der Bachwasserinfiltration im Raum Grünenmatt – Ramsei ein Markierversuch in der Grüene durchgeführt.

Das langfristige Verhalten des Grundwasserspiegels und seine Reaktion auf das Niederschlagsgeschehen kann anhand der Ganglinien der beim Hallenbad Sumiswald bei Spittel (G001; WEA-Nr. 624/208.4) und in der Ramseimatten (G236; WEA-Nr. 620/205.62) installierten, permanenten Grundwasserspiegelschreibern des WEA studiert werden. Beide Limnigraphen sind seit über 25 Jahren im Betrieb. Sie zeigen einen sehr ähnlichen Verlauf des Grundwasserspiegels. Die Reaktion des Grundwasserspiegels auf das Niederschlagsgeschehen ist beim Limnigraphen Hallenbad Sumiswald etwas unmittelbarer, was mit seiner geringen Distanz zum Vorfluter von lediglich wenigen Metern erklärt werden kann.

4.2 Niederschlag

Das Niederschlagsgeschehen im Untersuchungsgebiet wird durch die Niederschlagsmessstationen Wasen und Kurzeneialp der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) repräsentiert.

Tabelle 4.1 Verwendete Messstationen sowie gemessene jährliche Niederschlags-
höhen

SMA Nr.	Messstation	Koordinaten	Stationshöhe m ü. M.	mittlere jährliche Niederschlagshöhe (mm)
6500	Kurzeneialp	630'560/207'010	894	1592
6510	Wasen i. E.	629'280/210'820	805	1484

Der Vergleich der Niederschlagshöhen der Jahre 2000 und 2001 mit dem Normwert (langjähriges Mittel Periode 1961 – 1990) zeigt, dass im Jahr 2000 der Niederschlag bei beiden Messstationen etwa dem Normwert entsprach und im Jahr 2001 der Normwert mit 121% resp 118% deutlich überschritten wurde.

Im Rahmen dieser Arbeit können lediglich summarische Angaben zu den Jahresniederschlägen gemacht werden. Für die weiteren Betrachtungen wird von einer durchschnittlichen jährlichen Niederschlagshöhe von 1'500 mm ausgegangen.

4.3 Grundwasserneubildung

Unter Grundwasserneubildung ist der Zufluss von in den Boden infiltrierendem Wasser zum Grundwasser hin zu verstehen. Das Grundwasser im Tal der Grüene, im Griesbachtal und im Heimisbach wird durch Versickerung von Niederschlagswasser, durch Infiltration von Wasser aus Oberflächengewässern und durch unterirdische Hangwasserzuflüsse aus den angrenzenden Terrassen und Talflanken gespeisen. Anhand der geologischen Verhältnisse, der hydraulischen und der hydrochemischen Bedingungen kann die Bedeutung der verschiedenen Arten von Grundwasserneubildung abgeschätzt werden.

Im Tal der Grüene wie auch im Griesbachtal und im Heimisbach erfolgt die Grundwasserneubildung hauptsächlich durch laterale Zuflüsse aus dem Bereich der Terrassen und Talflanken. Die direkte Neubildung durch Versickerung von Niederschlägen über dem Grundwasserleiter ist dort relevant, wo keine gering durchlässigen Deckschichten vorhanden sind. Oberflächenwasserinfiltration ist aufgrund der Gefällsverhältnisse fast überall im untersuchten Gebiet möglich, dürfte aber nach den Ergebnissen des ausgeführten Markierversuches (vgl. Kapitel 5.2.2, Markierversuch in der Grüene), nur in beschränktem Umfang stattfinden.

Im Hinblick auf das Grundwasser-Nutzungs- und Schutz-Konzept ist sowohl das Ausmass wie auch die Art der Grundwasserneubildung von Bedeutung. Die Grundwasserneubildung wird üblicherweise als Grundwasserneubildungsrate in mm/Jahr oder l/s·m² angegeben. Die Abschätzung der Grundwasserneubildungsrate erfolgt mit Hilfe der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung:

$$N = A_o + A_u + V$$

N Niederschlagshöhe

A_o Oberirdischer Abfluss (Bäche)

A_u Unterirdischer Abfluss (Grundwasserneubildung)

V Verdunstung (Evapotranspiration)

Die Niederschlagshöhe N ergibt sich aus den gemessenen Werten bei den Messstationen Wasen und Kurzeneialp und beträgt für die Periode 2000 bis 2001 durchschnittlich etwa 1500 mm pro Jahr. Der oberirdische Abfluss im Untersuchungsgebiet kann nach dem Hydrologischen Atlas der Schweiz, Tafel 5.4 mit 15 – 20 l/s · km² entsprechend 470 – 630 mm abgeschätzt werden. In der gleichen Publikation wird die mittlere jährliche aktuelle Verdunstungshöhe (Periode 1973 – 1992) mit 550 mm angegeben.

Bei konservativer Schätzung resultiert mit N = 1500 mm, A_o = 550 mm und V = 550 mm eine jährliche Grundwasserneubildung A_u von etwa 400 mm entsprechend einer Grundwasserneubildungsrate von 12.7 l/s · km² oder 7.6 l/min · ha.

5. HYDROGEOLOGISCHE BESCHREIBUNG DER GRUNDWASSER-VORKOMMEN

5.1 Allgemeine Bemerkungen

Gegenstand der ausgeführten Untersuchungen sind die Grundwasservorkommen in den Lockergesteinen der Talböden. Die bisherigen geologisch-hydrogeologischen Kenntnisse sind örtlich stark verschieden. Am besten dokumentiert sind die Verhältnisse im Raum Wasen, wo für verschiedene Grundwassernutzungsprojekte bereits zahlreiche Sondierungen und hydraulische Versuche ausgeführt wurden. Im übrigen Gebiet des Tales der Grüene sind nur an wenigen Stellen, namentlich im Talabschnitt Burghof bis Grünen, die Grundwasserverhältnisse durch Abklärungen für Grundwassernutzungen bekannt. Ebenfalls nur generell bekannt sind die Grundwasserverhältnisse im Raum Pfaffenboden sowie unter der Waldhausterrasse, wo im Hinblick auf einen möglichen Kiesabbau zu Beginn der 90er Jahre mehrere Sondierbohrungen abgeteuft wurden. Geringe bis zuweilen keine Kenntnisse liegen über das Grundwasser im Griesbachtal und im Heimisbach vor. Ebenso fehlen detailliertere Informationen über das Grundwasservorkommen im Haupttal zwischen Grünen und Ramsei.

Um die wichtigsten Lücken zu schliessen wurden, basierend auf den Ergebnissen der elektromagnetischen Messungen, an vier Schlüsselstellen, bei der Mündung des Griesbachtals ins Tal der Grüene, bei Adelboden nördlich von Grünenmatt, unweit der Mündung des Heimisbaches ins Haupttal und zwischen Grünenmatt und Ramsei bei Ramseimatten Bohrungen bis auf den Molassefels abgeteuft und zu Grundwasserbeobachtungsstellen ausgebaut. Zusammen mit verschiedenen bestehenden Bohrungen und Messstellen liefern die vier neuen Bohrungen die Grundlagen für die hydrogeologische Beschreibung der Grundwasservorkommen im untersuchten Gebiet.

Auf den beiden Kartenbeilagen ist die seitliche Begrenzung des grobkörnigen Grundwasserleiters mit einer freien Grundwasseroberfläche als Schnittlinie zwischen dem mittleren Grundwasserspiegel und dem randlichen Stauer eingezeichnet.

Der Grundwasserstauer wird im Tal der Grüene grundsätzlich vom Molassefelsen aufgebaut. Die genaue Lage des Stauer ist nur dort bekannt, wo der Molassefelsen auch erbohrt wurde.

Als Deckschichten werden die Lockergesteine über dem wassergesättigten Grundwasserleiter verstanden. Je nach Mächtigkeit und Ausbildung schützen sie das Grundwasser mehr oder weniger wirkungsvoll vor Verunreinigungen.

Auf beiden Kartenbeilagen ist der Grundwasserspiegel bei mittlerem Wasserstand eingetragen. Aufgrund der geringen Anzahl Beobachtungsstellen, der grossen Distanzen zwischen den Beobachtungspunkten sowie dem vergleichsweise grossen Spiegelgefälle sind 5 m-Isohypsen dargestellt. Die Grundwasserfliessrichtung verläuft senkrecht zu den Isohypsen.

Die Wasserdurchlässigkeiten der Lockergesteine werden hauptsächlich vom Feinkornanteil, worunter Silt und Ton zu verstehen sind, bestimmt. Die grösste Durchlässigkeit weist somit ein sauberer Kiessand auf. Die Durchlässigkeit wird mit dem Durchlässigkeitsbeiwert oder k-Wert (in m/s) angegeben. Auf der Kartenbeilage 1 sind punktuell die mittels Pumpversuchen bestimmten mittleren, über den benetzten Teil des Grundwasserleiters gemessenen Profil-k-Werte, sowie die Mächtigkeit des Grundwasserleiters zum Zeitpunkt der Messung angegeben.

Der Grundwasserdurchfluss ist von der Geometrie des Talquerschnittes, von der die Durchlässigkeit bestimmenden Zusammensetzung des Grundwasserleiters und vom hydraulischen Gefälle abhängig. Eine wichtige Rolle können auch die Wechselwirkungen zwischen dem Grundwasser und den Oberflächenwässern spielen. Die Abschätzung der Grundwasserdurchflussmengen erfolgt nach DARCY in diskreten Talquerschnitten anhand der Durchflussquerschnittsflächen, der mittleren Durchlässigkeit der durchflossenen Lockergesteine und dem mittleren hydraulischen Gefälle.

5.2 Grundwassergebiet Tal der Grüene

5.2.1 Räumliche Ausdehnung und Lithologie des Grundwasserleiters

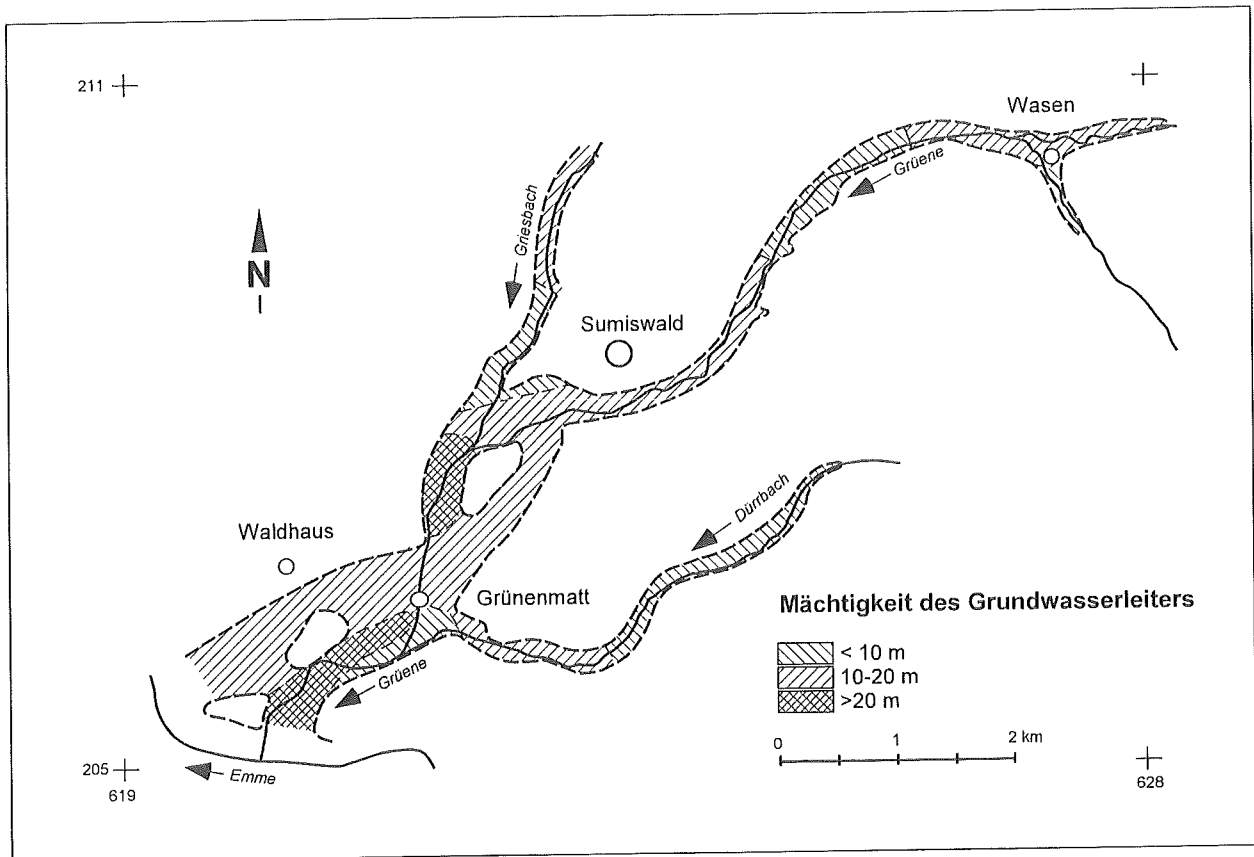
Zum Grundwassergebiet im Tal der Grüene gehörend werden auch die Grundwasservorkommen unter den Terrassen von Trachselwald und von Waldhaus verstanden, obwohl diese nicht dem heutigen Tallauf der Grüene folgen. Bei beiden Grundwasservorkommen handelt es sich um Teilströme des Talgrundwassers, die älteren Abflussrinnen folgen, welche unter nicht erodierten und abgetragenen Stauschotterterrassen verlaufen.

Im Raum Wasen sind die geologisch- hydrogeologischen Verhältnisse durch zahlreiche Sondierungen im Rahmen von früheren Fassungsprojekten recht gut bekannt. Im Hornbach sind im Talboden noch bis nach Lugebach über 10 m mächtige wasserführende Kiessande nachgewiesen. Weiter Talaufwärts verlieren diese jungen Bachablagerungen wegen dem sich verengenden Tal rasch an Bedeutung. In der Churzenei sind die Kenntnisse mangels Aufschlüssen spärlicher. Lediglich bis in den Bereich Stöckeren ist mit grobkörnigen, wasserführenden Lockergesteinen von nennenswerter Ausdehnung im Talboden zu rechnen. Weiter talaufwärts tritt noch bei Schwandbach ein lokales, hauptsächlich von den Oberflächengewässern angespeistes Grundwasservorkommen auf. Der Grundwasserleiter besteht aus Schottern, die eine alte, wannenförmige Rinne des Kurzeneibaches füllen. Bereits 1899 wurde den Grundwasseraufstössen nachgegraben und eine Fassung erstellt. Heute liefert die Schwandbach-Quelle den bedeutendsten Teil des Trinkwassers für die Wasserversorgung der Gemeinde Sumiswald.

Von Wasen bis Grünen weist der Talgrundwasserleiter annähernd konstante Breite und Mächtigkeit auf, wobei die Begrenzung des Leiters auf der orographisch rechten Talseite nicht bekannt ist. Aufgrund der Bohrungen im Bereich Mur, Spittel, Ei und östlich von Grünen ist ein rasches Ansteigen der Molasse im Untergrund zum rechten Talhang hin wahrscheinlich, so dass eine relativ enge Rinne entlang des heutigen Grünenlaufes als Grundwasserleiter verbleibt, der aus Kiessanden mit variablem Feinkornanteil besteht. Als

Grundwasserstauer wirkt der Molassefels. Die geringmächtige Deckschicht ist hauptsächlich kiesig-sandig ausgebildet.

Figur 5.1 Mächtigkeit des Grundwasserleiters



Im Bereich der Terrasse von Sumiswald liegt der Molassefels über dem Niveau des Grundwassers im Talboden der Grüene. Obschon ausserhalb des Talgrundwasserleiters gelegen, gab es früher auf dem Sumiswaldplateau zahlreiche angeblich 10 bis 20 m tiefe Sodbrunnen, die heute allesamt aufgelassen sind. Sie bezeugen zumindest lokal die Existenz von Grundwasser, das in den Stauschottern über dem Molassefels zirkuliert und vermutlich am Westrand der Terrasse, in den Einschnitten bei Wiler und Sumpf, ins Griesbachtal abfließt.

Bei Grünen teilt sich der Talgrundwasserstrom. Der Hauptstrom fließt entlang der Grüene in Richtung Grünenmatt, der Nebenstrom unterquert die Terrasse von Trachselwald und mündet nördlich Grünenmatt bei Pfaffenboden wieder in den Hauptstrom. Der

Grundwasserleiter besteht generell aus siltigen Kiessanden. Im Bereich der Terrasse sind es die älteren Stauschotter, im Talgrund die jungen Schotter der Grüene. Bei Grünenmatt kommt es erneut zu einer Teilung des Grundwasserstromes. Der nördliche Ast fliesst unter der Terrasse von Waldhaus ab und mündet bei Bruuchbühl direkt in den Grundwasserstrom des Emmentales. Der südliche Ast folgt dem Tal der Grüene bis nach Ramsei, wo er ebenfalls das Emmental erreicht.

Unter der Terrasse von Waldhaus bilden die Stauschotter, in der Talebene die jungen Schotter der Grüene den Grundwasserleiter. Es handelt sich um siltige bis saubere Kiessande. Mit wenigen Ausnahmen, so im Raum Fürten, östlich von Grünenmatt und nördlich von Ramsei sind die Deckschichten kiesig-sandig ausgebildet und geringmächtig. Dies gilt namentlich für das Gebiet unmittelbar nördlich von Grünenmatt, wo der Wasserspiegel teilweise weniger als 3 m unter Terrain liegt. Zwischen Grünenmatt und Holentrat früher Grundwasser aus und bildete einen Quellbach.

5.2.2 Hydraulische Eigenschaften des Grundwasserleiters

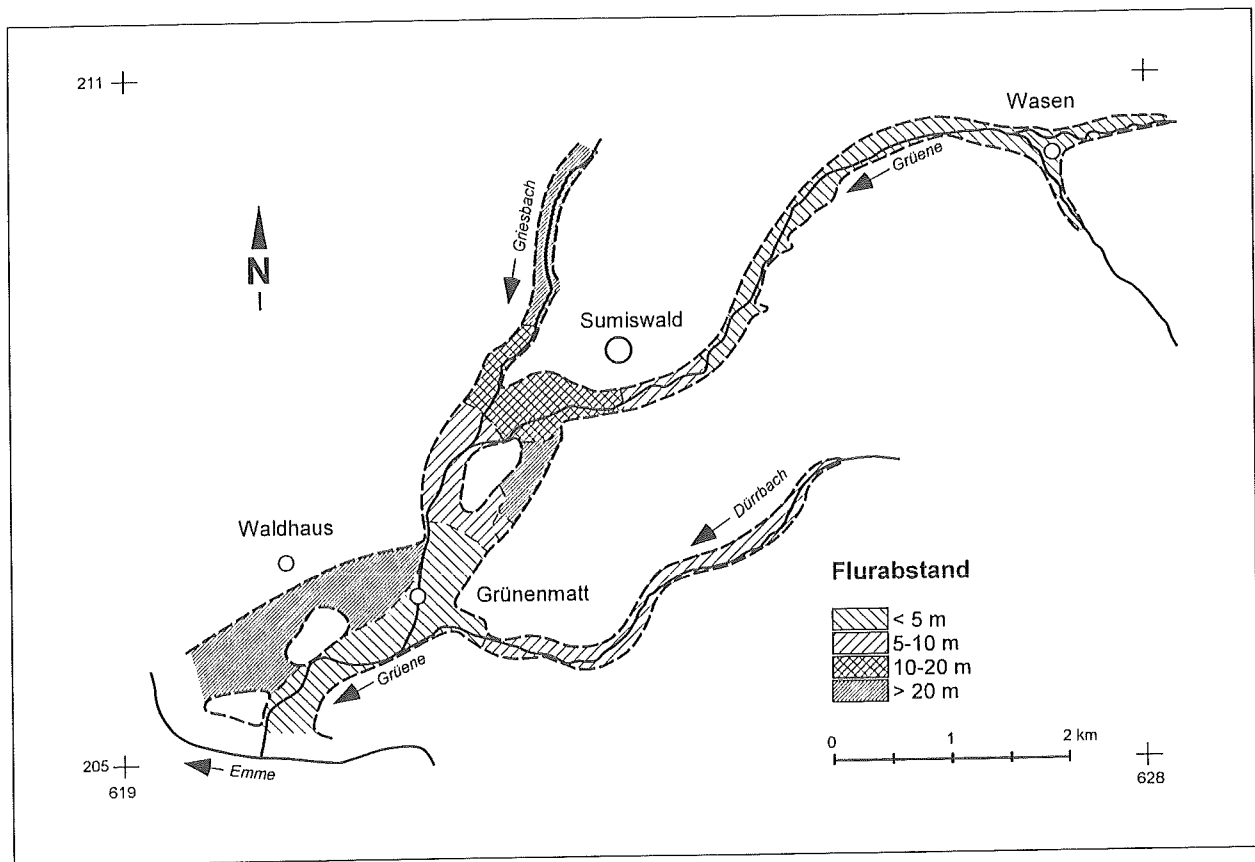
Lage des Grundwasserspiegels, Wechselwirkung mit den Oberflächengewässern

Der Flurabstand, unter dem der Abstand von der Grundwasseroberfläche bis zur Terrainoberfläche verstanden wird, ergibt sich aus der Differenz zwischen den Isohypsen und der Topographie. Bezogen auf eine mittlere Lage des Grundwasserspiegels (vgl. Kartenbeilage 1) ergibt sich folgendes Bild: Flurabstände von weniger als 5 m treten im Raum Wasen und im Gebiet Grünenmatt – Ramsei auf. Zwischen Wasen und Burghof wie auch zwischen Ei und Grünen beträgt der Flurabstand 5 – 10 m. Westlich von Grünen sowie vor allem unter den Terrassen von Trachselwald und Waldhaus sind die Flurabstände grösser als 10 m, ja bisweilen über 30 m.

Tabelle 5.1 Grundwasserspiegelschwankungen

Limnigraph	WEA-Nr.	Periode	Grundwasserspiegellage m ü. M.		
			Maximum	Minimum	Amplitude
G236; Ramseimatten, Lützelflüh	620/205.62	1979-99	597.08	594.24	2.84
G001; Hallenbad, Sumiswald	624/208.04	1976-99	689.30	687.55	1.75

Figur 5.2 Flurabstand



Ausser im Raum Wasen, wo bei Stegmatt und am westlichen Rand des Dorfes Grundwasserzuflüsse in den Vorfluter Hornbach festgestellt wurden, treten im Tal der Grüene nirgends bedeutende Grundwasserexfiltrationen auf. Auf der gesamten Länge liegt das Bett der Grüene meist deutlich, d.h. mehrere Meter über dem Grundwasserspiegel, so dass von den Gefällsverhältnissen her von Grundwasserinfiltration ausgegangen werden kann. Zahlreiche Untersuchungen im Zusammenhang mit Grundwassernutzungsprojekten zeigten aber, dass offensichtlich eine Kolmatierung des Bachbettes vorliegt und somit keine wesentlichen Bachwassermengen dem Grundwasser zufließen. Dies wird auch durch den nachfolgend beschriebenen Markierversuch bestätigt.

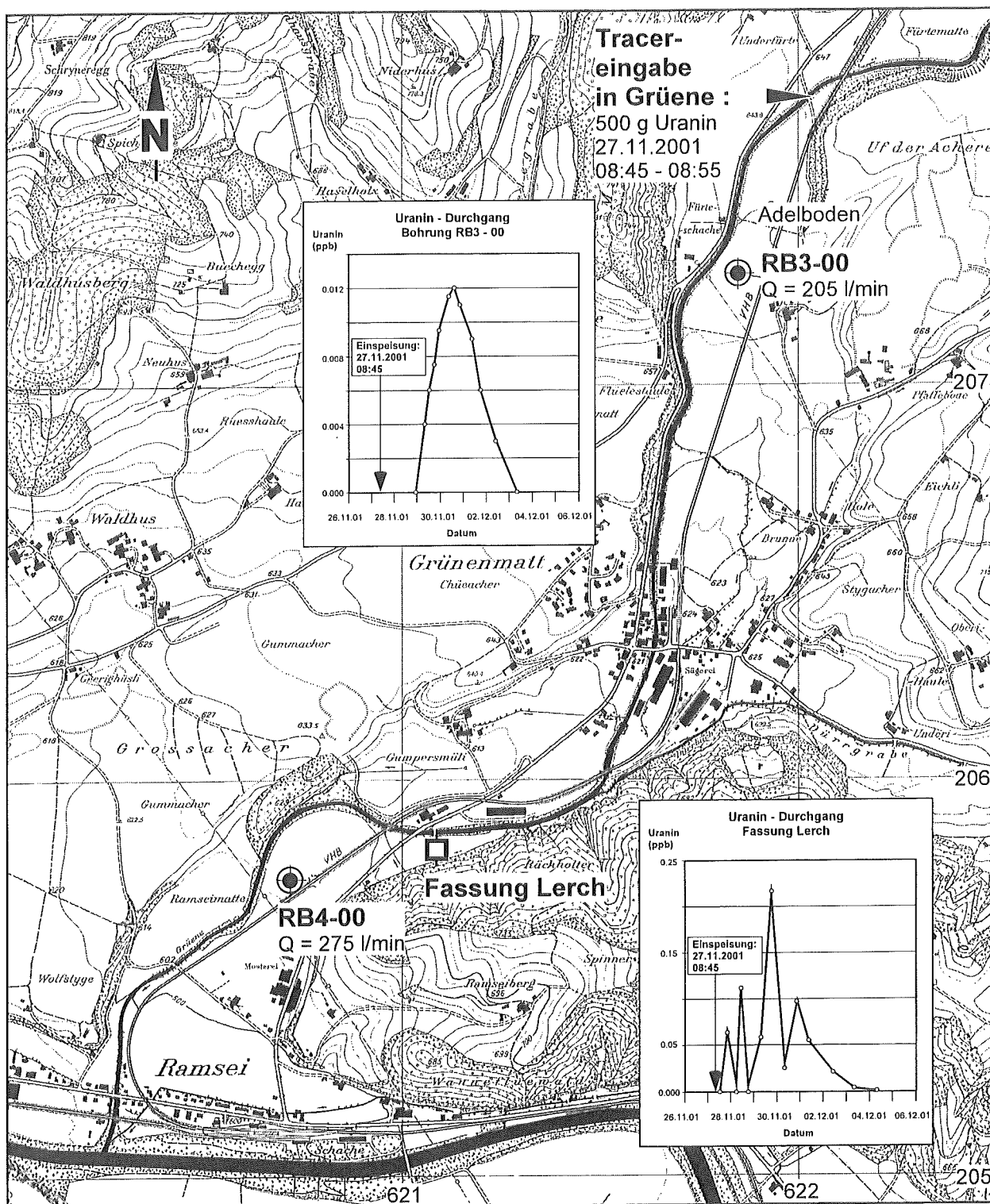
Markierversuch in der Grüene bei Adelboden unterhalb von Grünen

Zwecks Abklärung der Infiltrationsverhältnisse im Raum Adelboden nördlich von Grünenmatt und in der Ramseimatten wurde ein Markierversuch durchgeführt. Dazu wurde am 27.11.01 ca. 500 m oberhalb des Weilers Adelboden 0.5 kg Uranin in die Grüene eingegeben. Als Beobachtungsstellen dienten die beiden neu abgeteuften Bohrungen RB3-00 Adelboden (WEA-Nr. 621/207.4) und RB4-00 Ramseimatten (WEA-Nr. 620/205.66), aus denen vom 26.11. bis zum 6.12.01 kontinuierlich 205 resp. 275 l/min Grundwasser gepumpt wurde. Als weitere Beobachtungspunkte dienten die nur wenige Meter neben der Grüene gelegene, alternierend betriebene Grundwasserfassung Lerch (WEA-Nr. 621/205.32) sowie das Pumpwerk Farbschachen der Wasserversorgung Lützelflüh (WEA-Nr. 619/205.1).

Durch den Markierversuch sollte abgeklärt werden, ob und wieviel Wasser aus der Grüene im Bereich der Beobachtungsstellen dem Grundwasser zufließt. Bedingt durch die Geometrie der beiden Kleinfiterbrunnen mit Piezometerrohren \varnothing 4.5" konnte die Fördermenge nicht weiter gesteigert werden.

Die mehrtägige Grundwasserentnahme verursachte in beiden Bohrungen Absenkungen von nur wenigen cm. Am 29.11.01, also am 2. Tag nach der Markierstoffeingabe wurde in der Bohrung RB3-00 Adelboden (WEA-Nr. 621/207.4) erstmals Uranin in einer sehr tiefen Konzentration von 0.004 ppb festgestellt. Die Konzentration des Uranins steigerte sich dann bis zum 30.11.01 auf maximal 0.012 ppb, nahm dann rasch ab und am 3.12.01 war bereits kein Tracer mehr nachweisbar. In der Bohrung RB4-00 Ramseimatten (WEA-Nr. 620/205.66) konnte bis zum 6.12.01 kein Uranin festgestellt werden. Dasselbe galt für das doch schon weit von der Grüene entfernte PW Farbschachen (WEA-Nr. 619/205.1). Bei der Fassung Lerch (WEA-Nr. 621/205.32), in deren Wasser bereits wenige Stunden nach der Markierung Uranin auftrat, wurde das Auftreten des Tracers durch den Pumpbetrieb beeinflusst. Offensichtlich wurde während dem Markierversuch auch Wasser aus der zweiten, weiter von der Grüene entfernten Fassung gefördert, so dass nicht in jeder Wasserprobe Uranin vorhanden war.

Figur 5.3 Markierversuch in der Grüene nördlich von Adelboden



Der Markierversuch zeigt, dass im Bereich der Bohrung RB3-00 Adelboden (WEA-Nr. 621/207.4) eine vergleichsweise bescheidene Bachwasserinfiltration erfolgt. Die Auswertung des Versuches liefert für das geförderte Grundwasser einen Bachwasseranteil von lediglich etwa 1%. Im Bereich von RB4-00 Ramseimatten (WEA-Nr. 620/205.66) scheint sogar keine Infiltration stattzufinden, obwohl dies auch hier aufgrund der Gefällsverhältnisse möglich wäre. Wahrscheinlich liegt eine Kolmatierung des Bachbettes mit Feinpartikeln vor oder die feinkörnigen Deckschichten des Grundwasserleiters, die an das Oberflächenwasser grenzen, verhindern eine relevante Infiltration von Bachwasser ins Grundwasser. Die Verhältnisse bei der Fassung Lerch (WEA-Nr. 621/205.32) südlich von Grünenmatt zeigen aber, dass die Grüene vermutlich in vielen Bereichen zwar Wasser ans Grundwasser abgibt, die Menge aber relativ klein ist. Im geförderten Wasser der nur wenige Meter neben der Grüene gelegenen Fassung 1 trat sofort Uranin auf, während im Wasser der ca. 70 m vom Bach entfernten Fassung 2 kein Markierstoff nachgewiesen wurde.

Durchlässigkeit

Die Durchlässigkeit des Grundwasserleiters ist auf der Kartenbeilage 1 flächenhaft und in den geologischen Profilen dargestellt. Sie wird punktuell in Sondierbohrungen resp. Filterbrunnen mit Pumpversuchen ermittelt. In der Regel werden Profil-k-Werte bestimmt. Sie repräsentieren den mittleren k-Wert der von der Bohrung erschlossenen, grundwasserführenden Schichten. Zur Bestimmung der vertikalen Verteilung der Durchlässigkeit im Grundwasserleiter wurden bisweilen auch sogenannte Flowmetermessungen ausgeführt.

Eine wirtschaftliche Nutzung von Grundwasser bedingt neben einer genügenden Durchlässigkeit auch eine gewisse Grundwassermächtigkeit. Die Transmissivität T als Produkt aus der Durchlässigkeit k und der Mächtigkeit des Grundwasserleiters sollte für eine Fassung deutlich grösser als $1.0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ sein.

Der Grundwasserleiter im Tal der Grüene weist hohe Durchlässigkeiten mit Profil-k-Werten zwischen 1.0 bis $5.0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ auf. Die Profil-k-Werte in den Stauschottern, gemessen bei der Bohrung RB1 Waldhaus (WEA-Nr. 622/206.16) und bei der Fassung Stämpfli, Pfaffenboden (WEA-Nr. 622/207.1), unterscheiden sich dabei kaum von den Durchlässigkeiten in den jungen Talschotterablagerungen. Als Beispiel für die vertikale Variation der Durchlässigkeiten kann das Ergebnis der Flowmetermessung in der Bohrung RB3-00 Adelboden (WEA-Nr. 621/207.4) angeführt werden. Der Profil-k-Wert beträgt $2.0 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$. Im knapp 23 m mächtigen Grundwasserleiter treten in den untersten 8 m k-Werte von weniger als $1.0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ auf. Darüber folgt eine Zone von 8 m mit k-Werten von 1.0 bis maximal $4.0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. In den obersten 4 m sind dann, nach einer sehr gering durchlässigen Zone von 2 m, die höchsten Durchlässigkeiten um $7.0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ zu verzeichnen. Das Beispiel zeigt, wie sich ein Profil-k-Wert, mit dem ein Mittelwert über die gesamte Leitermächtigkeit angegeben wird, von den in diskreten Horizonten des Grundwasserleiters gemessenen Punkt-k-Werten unterscheiden kann.

Tabelle 5.2 Hydraulische Kennwerte des Grundwasserleiters im Tal der Grüene

Lokalität	WEA-Nr.	Mächtigkeit des Grund- wasserleiters (m)	Profil- k-Wert (10^{-3} m/s)	Trans- missivität (10^{-3} m ² /s)
RB1/91 Waldhaus	620/206.16	9.8	3.5	34.3
Fass. Stämpfli, Pfaffenboden	622/207.5	>5.3	5.5	29.2
RB3-00, Adelboden	621/207.4	22.8	2	45.6
Fass. Moser, Grünen	622/208.1	7	1.4	9.8
Fass. Baumann, Grünen	623/208.5	16.5	2	33
PW Ei, Spittel	624/208.3	8.5	2	17
Fass. Forum, Spittel	624/208.13	12.5	1	12.5
Bohrung Hüttlimatte	625/210.2	7.7	3	23.1
Fass. Baumann, Wasen	626/210.5	11	2.6	28.6
Fass Dozewa, Wasen	627/210.33	10.5	2.8	29.4
Fass. Lugenbachmatte, Wasen	627/210.38	13	4	52

5.3 Grundwassergebiet Griesbachtal

5.3.1 Räumliche Ausdehnung und Lithologie des Grundwasserleiters

Zur Charakterisierung des Grundwassergebietes Griesbachtal stehen lediglich zwei Sondierungen zur Verfügung. Es handelt sich dabei um den Filterbrunnen des Baugeschäftes Aeschlimann AG bei Gammenthal (WEA-Nr. 622/209.1) und die im Rahmen der vorliegenden Studie am Talausgang bei Oberfürten abgeteufte Bohrung RB1-00 (WEA-Nr. 622/208.5). Mit beiden Bohrungen wurden hauptsächlich sandige Kiese erbohrt. Am Talausgang liegt der aus Nagelfluh bestehende Molassefelsen 22 m unter Terrain, bei Gammenthal wurde der Fels bis in die Tiefe von 38 m nicht erreicht. Es zeigt sich die sehr grosse Übertiefung im Griesbachtal, das bereits während der vorletzten Vergletscherung als randglaziale Abflussrinne diente. Die seitliche Ausdehnung der mit jungen Schottern aufgefüllten Rinne ist mangels Aufschlüssen nicht bekannt. Dies gilt namentlich für den Abschnitt Gammenthal bis Griesbach, wo die Talflanken von Hochterrassenschottern aufgebaut werden.

Während die Deckschichten zwischen Griesbach und Gammenthal sandig-kiesig ausgebildet sind, treten südlich davon bis zur Mündung ins Haupttal vermehrt sandige Silte als Überschwemmungsablagerungen von mehreren Metern Mächtigkeit auf.

5.3.2 Hydraulische Eigenschaften des Grundwasserleiters

Lage des Grundwasserspiegels, Wechselwirkung mit den Oberflächengewässern

Die zwei vorhandenen Grundwasserbeobachtungsstellen bei Gammenthal und Oberfürten erlauben es, die Spiegelverhältnisse grob zu charakterisieren. Auffällig ist die sehr tiefe Lage des Grundwasserspiegels. Bei Gammenthal liegt er bei mittlerem Stand etwa 31 m unter Terrain. Am Talausgang sind es immer noch ca. 15 m. Es resultiert ein geringes Spiegelgefälle von etwa 0.5% gegenüber einem mittleren Gefälle im Tal der Grüene von 2%. Im Beobachtungszeitraum Dezember 2000 bis Dezember 2001 wurden in der Bohrung RB1-00 Oberfürten (WEA-Nr. 622/208.5) Wasserspiegelschwankungen von 3.07 m festgestellt.

Die tiefe Grundwasserspiegellage lässt generell einen perkolativen Zufluss von Oberflächenwasser ins Grundwasser erwarten. Wegen den verbreitet auftretenden feinkörnigen Deckschichten dürfte die Infiltrationsmenge jedoch bescheiden sein.

Durchlässigkeit

Für die Beurteilung der Wasserdurchlässigkeit in den Schottern des Griesbachteles liegt nur das Ergebnis der Flowmetermessung in der Bohrung RB1-00 Oberfürten (WEA-Nr. 622/208.5) vor. Der Profil-k-Wert von $4.3 \cdot 10^{-3}$ m/s liegt über dem Schnitt der im Tal der Grüene gemessenen Durchlässigkeiten. Die Mächtigkeit des Grundwasserleiters ausgangs Griesbachtal ist mit weniger als 4 m allerdings sehr gering.

Tabelle 5.3 Hydraulische Kennwerte des Grundwasserleiters im Griesbachtal

Lokalität	WEA-Nr.	Mächtigkeit des Grund- wasserleiters (m)	Profil- k-Wert (10^{-3} m/s)	Trans- missivität (10^{-3} m ² /s)
RB1-00 Oberfürten	622/208.5	3.7	4.3	15.9

5.4 Grundwassergebiet Heimisbach

5.4.1 Räumliche Ausdehnung und Lithologie des Grundwasserleiters

In der beim Schützenhaus nahe Haulen am Talausgang abgeteuften Sondierbohrung RB2-00 (WEA-Nr. 622/205.10) liegt unter einer generell feinkörnig-sandigen Deckschicht

von 6.2 m sauberer bis leicht siltiger Kies. Die gesamte Mächtigkeit der Lockergesteine beträgt 24.8 m. Der Grundwasserleiter erreicht am Ausgang des Tales südöstlich von Grünenmatt eine Breite von gegen 200 m. Talaufwärts liefert einzig noch eine bei Hopferen liegende Grundwasserfassung den Beweis, dass im Talgrund ein Grundwasserleiter existiert. Nach Aussagen des Fassungseigentümers und Erbauers des Grundwasserschachtes soll der Leiter aus Kiessand bestehen. Aufgrund der topographischen Verhältnisse und den vorhandenen Molasseaufschlüssen, vor allem am linken Talrand, dürfte ein nur wenige Meter mächtiger und weniger als 100 m breiter Talgrundwasserleiter bis etwa Chramershus vorliegen.

5.4.2 Hydraulische Eigenschaften des Grundwasserleiters

Lage des Grundwasserspiegels, Wechselwirkung mit den Oberflächengewässern

Über die hydraulischen Eigenschaften des Grundwasserleiters im oberen Talbereich können mangels Sondierungen mit entsprechenden Versuchen keine Angaben gemacht werden. Am Talausgang im Bereich von RB2-00 (WEA-622/205.10) liegt der Grundwasserspiegel bei mittlerem Wasserstand etwa 9.5 m unter Terrain. In der Beobachtungsperiode 2000 – 2001 betrug die Wasserspiegelschwankung 3.6 m, und lag damit deutlich über dem Schwankungsbereich in den übrigen Bereichen im Tal der Grüene. Im ganzen Tal ist aufgrund der Gefällsverhältnissen zwischen der Sohle des Dürrbaches und dem Grundwasserspiegel mit perkolativer Infiltration von Bachwasser ins Grundwasser zu rechnen. Alten Berichten zufolge kann bei Trockenheit der Dürrbach vollständig versickern.

Durchlässigkeit

Der in der Bohrung RB2-00 (WEA-622/205.10) ausgeführte Klein-Pumpversuch mit Flowmetermessung ergab einen Profil-k-Wert von $2.3 \cdot 10^{-3}$ m/s. Mit der ermittelten Grundwassermächtigkeit von 14.45 m resultiert eine Transmissivität von $33.6 \cdot 10^{-3}$ m²/s. Die Flowmetermessung zeigt in den tieferen Zonen des Leiters k-Werte um $1.0 \cdot 10^{-3}$ m/s. In den obersten 4 m reichen die Punkt-k-Werte dagegen bis $8.0 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Tabelle 5.4 Hydraulische Kennwerte des Grundwasserleiters im Heimisbach

Lokalität	WEA-Nr.	Mächtigkeit des Grund- wasserleiters (m)	Profil- k-Wert (10^{-3} m/s)	Trans- missivität (10^{-3} m ² /s)
RB2-00 Schützenhaus Grünen- matt	622/205.10	14.5	2.3	33.4

6. WASSERQUALITÄT

Die Grundwasserqualität im Tal der Grüene ist aus den bestehenden Trinkwasserfassungen gut bekannt. Sehr gute Kenntnisse liegen für den Raum Wasen vor, wo für zahlreiche Wärmepumpenprojekte entsprechende Untersuchungen durchgeführt wurden.

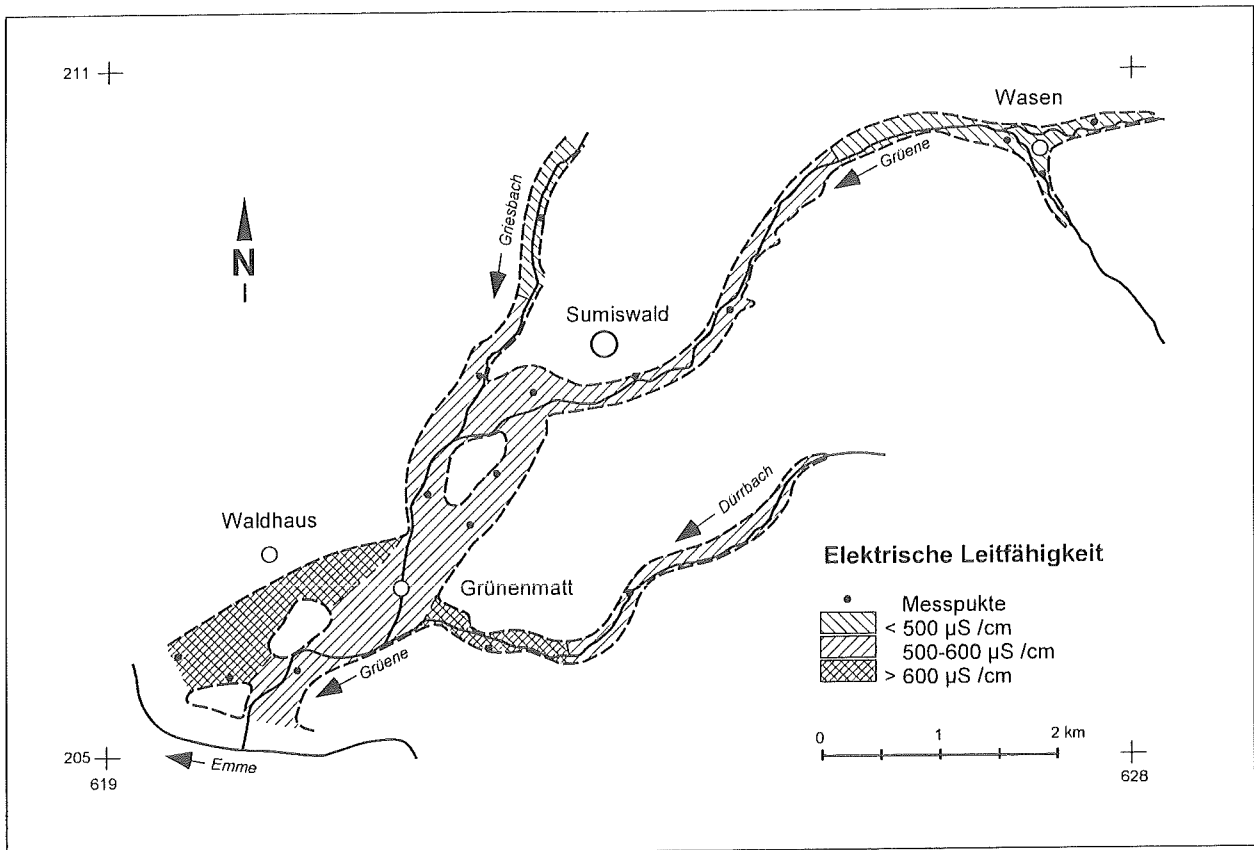
Um eine umfassende Beurteilung der Wasserqualität vornehmen zu können wurden in den vier neu ausgeführten Bohrungen kurz nach deren Erstellung im Dezember 2000 erstmals Wasserproben zur Analyse entnommen. Am 17.4.2001 erfolgte dann eine Probenkampagne mit der Entnahme von insgesamt 15 Grundwasserproben und 4 Oberflächenwasserproben. Schliesslich wurden während dem Markierversuch in der Grüene am 3.12.2001, also 7 Tage nach der Markierstoffeingabe, in den Bohrungen RB3-00 Adelboden (WEA-Nr. 621/207.4) und RB4-00 (WEA-Nr. 620/205.66) sowie in der Grüene bei Ramseimatten Wasserproben entnommen.

Die Ergebnisse der Wasseranalysen sind in den Anhängen 7, 8 und 9 tabellarisch zusammengestellt. Anhand der am 19.4.2001 im ganzen Tal entnommenen Proben können die Grundwasservorkommen chemisch charakterisiert werden.

Figur 6.1 zeigt die Verteilung der elektrischen Leitfähigkeiten als Mass für die im Wasser gelösten Inhaltsstoffe im Untersuchungsgebiet auf.

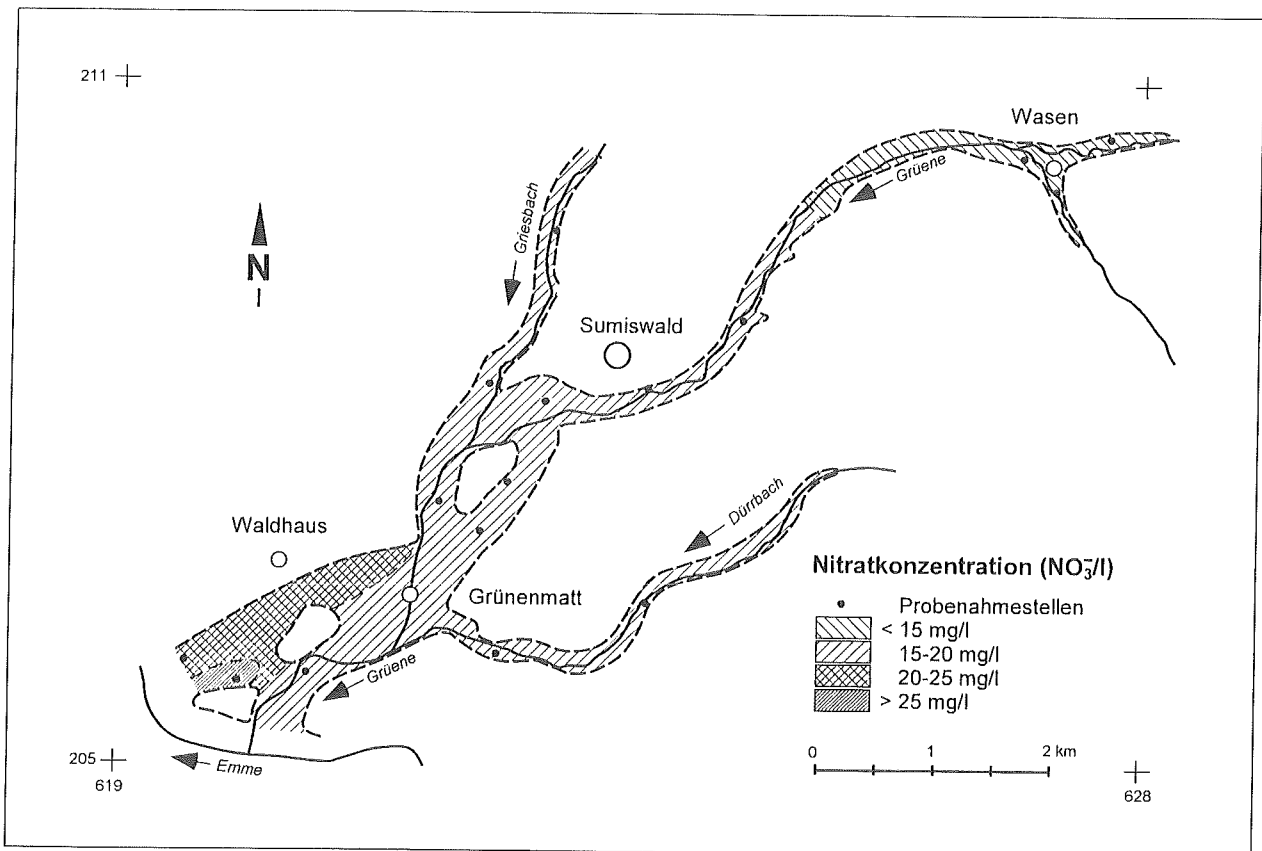
Die tiefsten Werte werden im Raum Wasen gemessen, wo die Beschaffenheit des Grundwassers noch stark durch infiltrierendes Oberflächenwasser und durch die kurze Verweildauer des Grundwassers im Untergrund geprägt wird. Den tiefsten Wert lieferte mit $405 \mu\text{S}/\text{cm}$ das Wasser der Fassung Schwandbach (WEA-Nr. 628/208.1). Zwischen Spittel und Grünen erreichen die Leitfähigkeiten bereits Werte um $550 \mu\text{S}/\text{cm}$ und steigen dann bis Grünenmatt noch etwas an, bleiben aber unter $600 \mu\text{S}/\text{cm}$. Diese kontinuierliche Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit talabwärts kann durch die allmählich längere Verweildauer des Grundwassers im Untergrund und die wahrscheinlich geringe Bedeutung von Bachwasserinfiltrationen erklärt werden. Während im Oberlauf des Griesbachtals im Wasser der Fassung Aeschlimann (WEA-Nr. 622/209.1) die elektrische Leitfähigkeit nur $490 \mu\text{S}/\text{cm}$ und am Talausgang lediglich $525 \mu\text{S}/\text{cm}$ beträgt, sind die Werte im Heimisbach, z.B. am Talausgang in der Bohrung RB2-00 (WEA-Nr. 622/205.10) mit $610 \mu\text{S}/\text{cm}$, deutlich höher. Die vergleichsweise hohen Ca-Konzentrationen in diesen Wässern deuten auf kalkreichere Molasseablagerungen im Heimisbach hin. Mit $535 \mu\text{S}/\text{cm}$ ist die elektrische Leitfähigkeit in der Bohrung RB4-00 (WEA-Nr. 620/205.66) nördlich von Ramsei unerwartet tief. Die tiefe Mineralisierung – zu erwarten wäre ein Wert um $600 \mu\text{S}/\text{cm}$ gewesen – könnte in erster Linie mit der Infiltration von Oberflächenwasser erklärt werden. Allerdings fehlen dafür deutliche Hinweise. Anlässlich des ausgeführten Markierversuches in der Grüene wurde gerade in der Bohrung RB4-00 (WEA-Nr. 620/205.66) kein wesentlicher Zufluss von Bachwasser festgestellt. Das unter der Terrasse von Waldhaus abfliessende Grundwasser andererseits weist in der Bohrung RB9-91 (WEA-Nr. 620/205.17) am Rand des Grundwasserleiters die höchste gemessene elektrische Leitfähigkeit von $730 \mu\text{S}/\text{cm}$ auf. Das Wasser der Fassung Geissbühler (WEA-Nr. 619/205.5), die am Westrand der Terrasse liegt, zeigt mit $612 \mu\text{S}/\text{cm}$ ebenfalls einen hohen Wert. Er dürfte repräsentativ für das Grundwasservorkommen unter der Terrasse von Waldhaus sein.

Figur 6.1 Elektrische Leitfähigkeit im Grundwasser am 19. April 2001



Die Nitratkonzentration im Grundwasser geht aus der Figur 6.2 hervor. Die tiefsten Werte finden sich mit 9 bis 13 mg NO₃/l im Raum Wasen. Im Griesbachtal, im Heimisbach sowie im Haupttal von Grünen bis Ramsei liegen die gemessenen Nitratkonzentrationen zwischen 15 und 20 mg NO₃/l. Einzig im Grundwasser unter der Terrasse von Waldhaus werden höhere Konzentrationen gemessen. Im Wasser der Fassung Geissbühler (WEA-Nr. 619/205.5) bei Bruuchbüel am Terrassenrand beträgt der Nitratgehalt 24 mg NO₃/l und bleibt knapp unter dem Qualitätsziel für Grundwasser. In der Bohrung RB9-91 (WEA-Nr. 620/205.17) am Rande des Grundwasserleiters liegt die Konzentration mit 48 mg NO₃/l sogar über dem Toleranzwert für Trinkwasser von 40 mg NO₃/l.

Figur 6.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser am 19. April 2001



Zusammenfassend lässt sich Folgendes festhalten: Im Allgemeinen weist das Grundwasser im Tal der Grüene wie auch im Griesbachtal und im Heimisbach Trinkwasserqualität nach dem Schweizerischen Lebensmittelbuch auf. Einzig in der Bohrung RB9-91 auf der Waldhausterrasse (WEA-Nr. 620/205.17) ist eine Überschreitung des Trinkwassertoleranzwertes für Nitrat nachgewiesen. Hier scheint eine Beeinflussung durch die landwirtschaftliche Tätigkeit vorzuliegen. Diese Beurteilung wird gestützt durch den ebenfalls leicht erhöhten, knapp unter dem Trinkwassertoleranzwert liegenden Wert bei der Fassung Geissbühler bei Bruuchbüel, die von Grundwasser aus der Waldhausterrasse angepeist wird.

Sonst weisen die gemessenen Nitratwerte von 15 – 25 mg NO_3^-/l zwar überall auf die landwirtschaftliche Tätigkeit hin, ohne dass aber ein übermässiger Eintrag von Nitrat aus der Landwirtschaft ins Grundwasser erkennbar wäre. Dasselbe Bild vermitteln die Chloridkonzentrationen, die sehr tiefe Werte zwischen 3 und 10 mg Cl^-/l zeigen. Das Sulfat, das üblicherweise im Unterstrom von Schuttablagerungen in erhöhter Konzentration vorgefunden wird, bleibt in allen untersuchten Grundwasserproben unter 10 mg SO_4^-/l . Eine

Beeinflussung des Grundwassers durch Ablagerungen, beispielsweise durch Kiesgruben-auffüllungen, zeichnet sich nicht ab.

Im Rahmen des Markierversuches in der Grüene wurden in den Bohrungen RB3-00 Adelboden (WEA-Nr. 621/207.4) und RB4-00 Ramseimatten (WEA-Nr. 620/205.66) nach sieben Tagen Pumpbetrieb mit 205 resp. 275 l/min Wasserproben entnommen und analysiert. Zusätzlich zu den üblichen Parametern wurden die flüchtigen organischen Inhaltsstoffe sowie Pestizide untersucht. Mit den Grundwasserproben wurde bei Ramseimatten auch eine Probe aus der Grüene entnommen. Das Ergebnis ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 6.1 Chemische Analysen während Markierversuch in der Grüene

Parameter	Standort WEA-Nr. Datum	RB3-00 Adelboden 621/207.4 3.12.01	RB4-00 Ramsei 620/205.66 3.12.01	Grüne Ramsei 3.12.01
Temperatur	°C			
Leitfähigkeit	µS/cm	527	535	405
pH		7.4	7.2	8.3
Gesamthärte	°f	27	28	23
Karbonathärte	°f	25	26	21
Calcium	mg Ca/l	94	98	83
Magnesium	mg Mg/l	9.2	9.4	5.9
Chlorid	mg Cl/l	7.1	6.2	2.7
Sulfat	mg SO ₄ /l	8	7.7	4.7
Nitrat	mg NO ₃ /l	16	15	8
Nitrit	mg NO ₂ /l	<0.02	<0.02	<0.02
Ammonium	mg N/l	0.5	<0.01	<0.01
DOC	mg C/l	2.4	2.3	2.8
Eisen	mg Fe/l	<0.02	<0.02	<0.02
Mangan	mg Mn/l	<0.003	<0.003	<0.003
Flüchtige Organische Verbindungen "Purge an Trap"-				
Analytik				
Analyse auf 60 Einzelsubstanzen	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05
Pestizide				
Desethylatrazin	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05
Simazin	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05
Atrazin	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05
Terbutylazin	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05

Zum Zeitpunkt der Probenahme gibt es im Gegensatz zur Kampagne vom 19.4.01 praktisch keinen Unterschied in der Mineralisation der Wässer von RB3-00 Adelboden (WEA-Nr. 621/207.4) und RB4-00 Ramseimatten (WEA-Nr. 620/205.66). Die elektrische Leitfähigkeit ist mit 527 resp. 535 $\mu\text{S}/\text{cm}$ annähernd identisch. Mit 405 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ist sie in der Grüene erwartungsgemäss deutlich tiefer. Weder in den beiden Grundwasserproben noch in der Probe aus der Grüene konnten flüchtige organische Verbindungen oder Pestizide nachgewiesen werden.

7. GRUNDWASSERBILANZ

7.1 Grundwasserabfluss

In der Grundwasserbilanz wird das vorhandene Grundwasserdargebot ausgewiesen. Sie bildet die Grundlage für die optimale Bewirtschaftung der Grundwasservorkommen. Als Basis für die Abschätzung der Grundwasserabflussmengen dienen die hydrogeologischen Querprofile (vgl. Beilage 1), die Grundwasserisohypsen sowie die aus Pumpversuchen bestimmten Durchlässigkeitsbeiwerte k . Die abgeschätzten Durchflussmengen sind als grobe Näherungswerte zu verstehen, da weder die Geometrie des Grundwasserleiters im Abflussquerschnitt noch die in der Regel inhomogene Wasserdurchlässigkeit im Leiter genau bekannt ist.

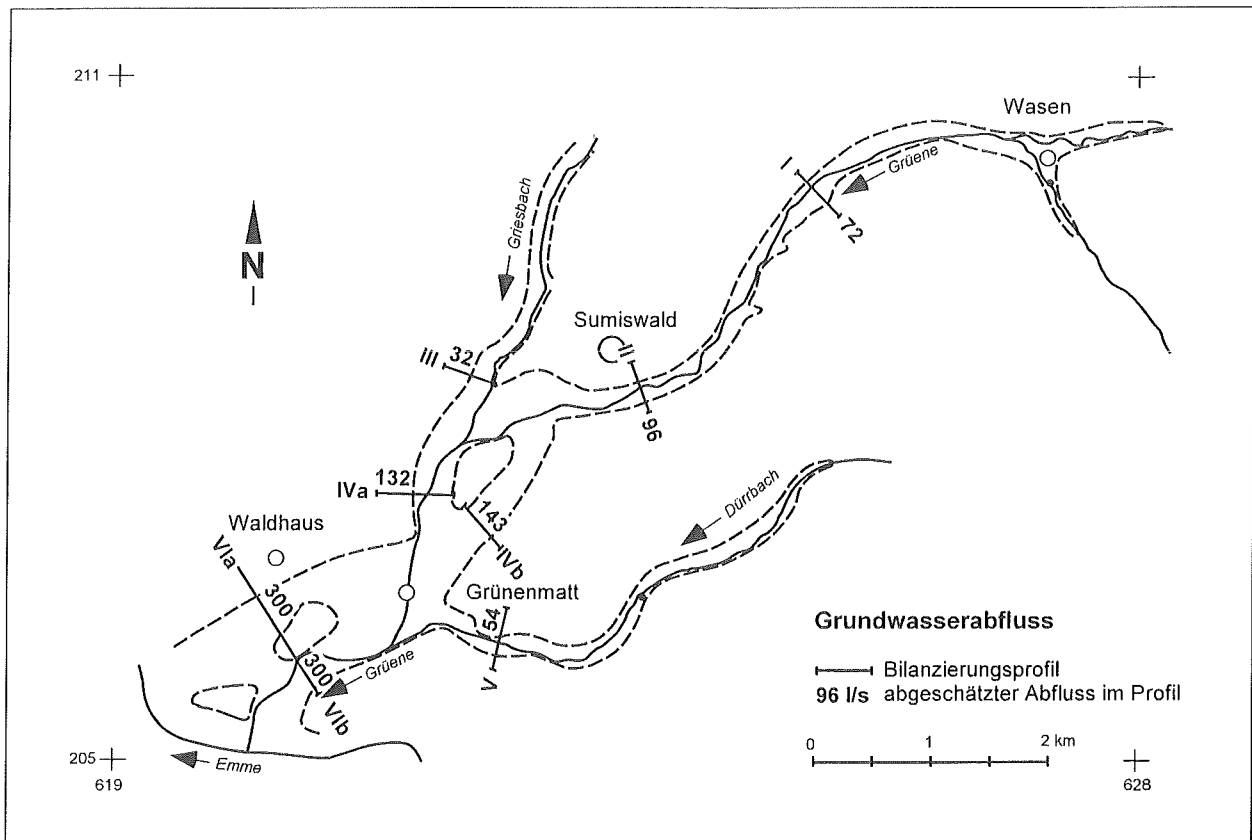
Tabelle 7.1 Grundwasserabfluss bei verschiedenen Querprofilen (vgl. Kartenbeilage 1)

Bilanzierungsprofil	Durchflussquerschnitt m^2	über Profil gemittelter k -Wert 10^{-3} m/s	Grundwasser-Gefälle (%)	Durchfluss nach DARCY (l/s)
Profil I Hüttlimatte	1'600	3	1.5	72
Profil II Grünen	2'400	2	2	96
Profil III Ober Fürten	400	4	2	32
Profil IVa Adelboden	4'400	2	1.5	132
Profil IVb Pfaffenboden	3'200	3	1.5	143
Profil V Haulen	1'800	2	1.5	54
Profil VIa Waldhaus	5'000	3	2	300
Profil VIb Ramseimatten	5'000	3	2	300

Im Profil I, Hüttlimatte, 2 km westlich von Wasen beträgt der Grundwasserabfluss rund 70 l/s entsprechend 4'200 l/min. Im Profil II, Grünen, ca. 500 m östlich von Grünen, erreicht die Abflussmenge etwa 96 l/s entsprechend 5'800 l/min. Die Zunahme kann mit

seitlichen, unterirdischen Zuflüssen, v.a. von der linken Talflanke erklärt werden. Aus dem engen Griesbachtal (Profil III, Oberfürten) fließen etwa 32 l/s oder 1'900 l/min dem Grundwasserleiter im Tal der Grüene zu. Dabei beträgt die Leitemächtigkeit bei mittlerem Wasserstand nur gerade 5 m.

Figur 7.1 Grundwasserabfluss



Das Profil IV besteht aus zwei Teilen entsprechend der Teilung des Grundwasserstromes westlich von Grünen. Im Profil IVa, Adelboden, fließen etwa 130 l/s entsprechend 7'800 l/min, im Profil IVb, Pfaffenboden, ca. 140 l/s entsprechend 8'400 l/min ab. Die beträchtliche Zunahme des Grundwasserabflusses zwischen den Profilen II und III einerseits und den Profilen IVa und IVb andererseits von über 6'000 l/min deutet auf wesentliche laterale unterirdische Zuflüsse hin. Die möglichen Einzugsgebiete oberhalb Trachselwald und am Münneberg sind aber zu klein, so dass auch Grundwasserneubildung durch Infiltration der Grüene angenommen werden muss.

Aus dem Heimisbach fließen dem Tal der Grüene gemäss dem Profil V, Haulen, etwa 54 l/s entsprechend 3'200 l/min zu. Im wiederum zweigeteilten Profil VI kann der Grundwasserabfluss unter der Waldhausterrasse (Profil VIa, Waldhaus) und im Haupttal 500 m nördlich Ramsei (Profil VIb, Ramseimatten) zu je ca. 300 l/s entsprechend 18'000 l/min abgeschätzt werden. Zwischen den Profilen IV und V sowie dem Profil VI wird eine Zunahme der Abflussmenge von rund 19'000 l/min festgestellt. Der grösste Teil dieser Zunahme dürfte durch seitlichen Zufluss im Bereich der Waldhausterrasse bedingt sein.

7.2 Grundwasserdargebot

Abschnitt Wasen – Hüttlimatte

Im Siedlungsgebiet von Wasen belaufen sich die konzessionierten Entnahmemengen derzeit auf rund 2'200 l/min, wovon 1'000 l/min auf das für die Notversorgung vorgesehene Pumpwerk Wasenmatte der Wasserversorgung Sumiswald entfallen. Der Grundwasserabfluss beträgt auf der Höhe Hüttlimatte rund 4'200 l/min. Da aus technischen Gründen dem Grundwasserleiter nicht alles Wasser entnommen werden kann, dürfte im Talabschnitt Wasen – Hüttlimatte das nutzbare Grundwasserdargebot noch etwa bei 1'000 l/min liegen. Falls zukünftig auf das Pumpwerk Wasenmatte verzichtet würde, erhöht sich das nutzbare Dargebot um 1'000 l/min. Eine im Auftrag der Wasserversorgung Sumiswald ausgeführte Grundwasserprospektion hat im Bereich Hüttlimatte gute Bedingungen für eine dauernde Wasserentnahme von gegen 2'000 l/min vorgefunden. In der Folge wurde ein Schutzareal für das Grundwasservorkommen Hüttlimatte ausgeschieden und in Kraft gesetzt.

Abschnitt Spittel – Grünen

In diesem Abschnitt erreicht der Grundwasserabfluss ca. 5'700 l/min. Bei der Abschätzung des Dargebotes ist zu berücksichtigen, dass dem Grundwasserleiter durch bestehende Fassungen theoretisch bereits 4'020 l/min entnommen werden können (Pumpwerk Ei der Wasserversorgung Sumiswald: 1'300 l/min; Fassung Forum Sumiswald: 1'400 l/min; Fassungen Baumann GmbH: 1'320 l/min). Das verbleibende nutzbare Dargebot dürfte unter 1'000 l/min liegen.

Griesbachtal

Aufgrund der im Griesbachtal nur spärlich vorhandenen Daten über die Grundwasserverhältnisse, insbesondere über die Geometrie des Grundwasserleiters, wird das nutzbare Dargebot vorsichtigerweise mit etwa 1'000 l/min deutlich tiefer angenommen, als der im Profil III, Oberfürten, am Talausgang auf knapp 2'000 l/min abgeschätzte Abfluss.

Abschnitt Grünen – Adelboden

Das Grundwasserdargebot im Abschnitt Grünen – Adelboden entlang dem heutigen Grünenlauf beträgt gemäss dem Bilanzierungsprofil IVa rund 7'900 l/min. Obschon im Abschnitt praktisch keine Bohrungen existieren, kann aufgrund der Ergebnisse von elektromagnetischen Messungen von einem gut durchlässigen Schotter über die gesamte Talbreite und gesamte Leitemächtigkeit ausgegangen werden.

Abschnitt Grünen – Pfaffenboden

Der im Bilanzierungsprofil IVb, Pfaffenboden, ermittelte Grundwasserabfluss von ca. 8'600 l/min stellt ein Maximum dar. Elektromagnetische Messungen nördlich des Bilanzierungsprofils lassen eine wesentlich strukturiertere Felsoberfläche (Stauer Oberfläche) als im Profil dargestellt erahnen. Dem Grundwasserleiter können gemäss Konzession von der Stämpfli AG 1'500 l/min entnommen werden. Unter Berücksichtigung der erwähnten Unsicherheiten bezüglich der Leitergeometrie und der bestehenden Entnahmen verbleibt für den Abschnitt Grünen – Pfaffenboden ein nutzbares Dargebot von etwa 4'000 l/min.

Heimisbach

Das Grundwasservorkommen im Heimisbach ist bis dato durch eine einzige Grundwasserfassung bei Hopferen erschlossen. Am Talausgang beim Schützenhaus Grünenmatt beläuft sich das Grundwasserdargebot entsprechend dem im Bilanzierungsprofil V, Haulen, ermittelten Abfluss auf etwa 3'200 l/min.

Abschnitt Grünenmatt – Waldhaus

Der Grundwasserstrom unter der Waldhausterrasse ist durch zahlreiche Sondierbohrungen jüngerer Datums recht gut bekannt. Unbekannt ist allerdings seine hangseitige Begrenzung sowie im Detail die Stauer Oberfläche. Bei der Einmündung des Grundwasserstromes aus der Waldhausterrasse ins Emmental wird dem Leiter durch die Fa. Geissbühler + Co. 1'000 l/min entnommen. Den erwähnten Unsicherheiten und der bestehenden Grundwassernutzung Rechnung tragend, resultiert ein nutzbares Grundwasserdargebot von etwa 10'000 l/min.

Abschnitt Grünenmatt - Ramsei

Im Abschnitt Grünenmatt – Ramsei gibt es bis anhin lediglich eine konzessionierte Grundwassernutzung von 200 l/min. Demgegenüber steht ein Grundwasserabfluss von rund 18'000 l/min.

8. NUTZUNG UND SCHUTZ DES GRUNDWASSERS

8.1 Allgemeines

Eine ausgewogene Grundwasserbewirtschaftung setzt Kenntnisse über die nutzbaren Grundwassermengen, über die Gefährdung des Grundwassers und seine Qualität sowie über den natürlichen Schutz voraus. Das im Folgenden ausgearbeitete Schutz- und Nutzungskonzept berücksichtigt insbesondere den von der nationalen Arbeitsgruppe Wegleitung Grundwasserschutz 2000 vorgelegten Berichtsentwurf vom 20. Oktober 2000, in dem die neusten Erkenntnisse zusammengestellt sind.

8.1.1 Vulnerabilität der Grundwasservorkommen

Der natürliche Schutz eines Grundwasservorkommens wird durch seine Vulnerabilität ausgedrückt. Sie ist ein Mass für die Empfindlichkeit eines Grundwasservorkommens oder einer Wasserfassung in Bezug auf mögliche qualitative Gefährdungen durch Oberflächeneinflüsse. Die Vulnerabilität wird im Wesentlichen durch die Beschaffenheit, Mächtigkeit und Ausdehnung der Deckschicht über dem Grundwasser aber auch durch den Aufbau des Grundwasserleiters selbst bestimmt.

Günstige Verhältnisse, also eine geringe Empfindlichkeit gegen Oberflächeneinflüsse, liegen im Griesbachtal, im Heimisbach, im Bereich der Waldhausterrasse und im mittleren Abschnitt des Haupttales zwischen Grünen und Adelboden/Pfaffenboden vor, wo der Flurabstand mehr als 5 m beträgt (vgl. Figur 5.2, Flurabstand). In diesen Zonen stellen der humose Boden sowie der wasserungesättigte Untergrund einen vergleichsweise guten Schutz gegen die Infiltration von Stoffen dar, obwohl in vielen Bereichen keine feinkörnige Deckschicht vorhanden ist. Etwas geringer ist der natürliche Schutz im Abschnitt Wasen – Spittel und Grünenmatt – Ramsei zu veranschlagen, da hier der Flurabstand kleiner als 5 m ist und die Deckschicht mehrheitlich aus Kiessanden oder Sanden besteht. Eher positiv ist die Tatsache zu bewerten, dass – soweit mit einem Markerversuch festgestellt – die Infiltration von Oberflächenwasser unter Umgehung einer filtrierenden Deckschicht generell von geringerer Bedeutung ist. Der hauptsächlich aus groben Kiessanden bestehende Grundwasserleiter bleibt aber wegen seiner guten Durchlässigkeit verschmutzungsanfällig, d.h. einmal ins Grundwasser eingetragene Schadstoffe werden kaum zurückgehalten und breiten sich rasch aus.

8.1.2 Gefährdungen des Grundwassers

Vom Menschen verursachte, also anthropogene Stoffemissionen, können über den Boden oder via Infiltration von Oberflächengewässern ins Grundwasser gelangen. Wichtigste natürliche Barrieren zum Schutze des Grundwassers sind der Boden und der wasserungesättigte Untergrund, wo ein Grossteil der Schadstoffe adsorbiert wird. Bei der Infiltration von Oberflächengewässern können Schadstoffe unter Umgehung der Barriere Boden rasch ins Grundwasser eingetragen werden.

Mögliche anthropogene Belastungen können sich aus folgenden Tätigkeiten resp. Flächennutzungen ergeben:

- Land- und Forstwirtschaft
- Siedlungsgebiete
- Industrie- und Gewerbe
- Ver- und Entsorgungsbetriebe
- Verkehrswege
- Bohrungen, Versickerungsanlagen
- Friedhöfe
- Materialentnahmestellen
- Militärische Bauten und Anlagen
- Verdachtsflächen, mit Schadstoffen belastete Standorte

Im Untersuchungsgebiet bestehen folgende hauptsächlich Gefährdungen:

Landwirtschaftszonen

Ein Grossteil der ausserhalb der Siedlungsgebiete liegenden Fläche über dem Grundwasserleiter und seinem Einzugsgebiet wird landwirtschaftlich intensiv genutzt. Erfahrungsgemäss kann diese Nutzung durch die Verwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln, Hof- und Künstdünger zum Eintrag von Stoffen wie Nitrat (NO_3) ins Grundwasser führen. Die Nitratkonzentration kann deshalb angenähert als Mass für die Beeinflussung der Grundwasserqualität durch die Landwirtschaft betrachtet werden.

Nach den Ergebnissen der Wasseranalysen liegt, mit Ausnahme der Wasserproben im Raum Wasen mit Konzentrationen unter $15 \text{ mg NO}_3/\text{l}$, überall eine merkbare Beeinflussung vor. Am deutlichsten manifestiert sie sich in den Proben aus dem Grundwasserstrom unter der Waldhausterrasse, wo in der Probe RB9-91 (WEA-Nr. 620/205.17) mit $48 \text{ mg NO}_3/\text{l}$ der Toleranzwert des Lebensmittelbuches für Trinkwasser von $40 \text{ mg NO}_3/\text{l}$ überschritten wird. Als repräsentativ für das Grundwasservorkommen unter der Waldhausterrasse ist die Wasserprobe aus der Fassung Geissbühler + Co (WEA-Nr. 619/205.5) einzuordnen, wo mit $24 \text{ mg NO}_3/\text{l}$ eine Nitratkonzentration knapp unter dem Qualitätsziel für Trinkwasser von $25 \text{ mg NO}_3/\text{l}$ gemessen wurde.

Siedlungsgebiete, Industrie und Gewerbe, Friedhöfe

Über dem Grundwasserleiter liegen neben den dicht besiedelten Ortschaften Wasen, Grünen, Grünenmatt auch kleinere Orte, Häusergruppen und Einzelhöfe. Im Einzugsgebiet des Talgrundwasserleiters liegt nicht zuletzt auch Sumiswald. Im Allgemeinen herrschen Wohnbauten vor. Gewerbe- und Industriebauten sind vor allem in Wasen und im Raum Grünen – Sumiswald angesiedelt. Einzelne dieser Gewerbe- und Industriebetriebe, namentlich diejenigen mit eigener Grundwasserfassung, könnten im Falle einer Havarie eine Gefahr für das Grundwasser darstellen.

Während die Friedhöfe von Wasen und Trachselwald (Chramershus) über dem Grundwasserleiter liegen, befindet sich der Friedhof von Sumiswald auf der Terrasse über dem Talgrund. Aus der Sicht des Grundwasserschutzes liegt namentlich der Friedhof Wasen relativ ungünstig, beträgt doch der Flurabstand im Friedhofbereich weniger als 5 m.

Ver- und Entsorgungsbetriebe

Die Anlagen der Wasserversorgung stellen ein geringes Verschmutzungspotential dar. Im untersuchten Gebiet wird keine Abwasserreinigungsanlage betrieben. Die Abwässer werden gesammelt und der ARA Mittleres Emmental in Hasle-Rüegsau zugeführt. Wegen der relativ tiefen Lage des Grundwasserspiegels dürften die Abwasserleitungen hauptsächlich in der wasserungesättigten Zone liegen. Allfällige Verluste aus dem Leitungssystem würden somit nicht direkt ins Grundwasser eingetragen.

Verkehrswege

Über dem Grundwasserleiter zwischen Ramsei und Grünen sowie im oberen Griesbachtal finden sich die Gleise der RM Regionalverkehr Mittelland AG. Die Linie Grünen - Wasen wird seit einiger Zeit nicht mehr befahren. Die Eisenbahnstrecken stellen insbesondere wegen dem Einsatz von Pestiziden zur Unkrautbekämpfung eine Gefahr für das Grundwasser dar. Der Einsatz dieser Mittel ist seit längerer Zeit gestoppt. Er hat, zumindest im Bereich Ramseimatten und Adelboden nördlich von Grünenmatt gemäss den analysierten Wasserproben aus den Bohrungen RB3-00 (WEA-Nr. 621/207.4) und RB1-00 (WEA-Nr. 620/205.17) zu keiner messbaren Beeinflussung geführt.

Im Talboden bis Grünen und ab Gammenthal im oberen Griesbachtal verläuft die Hauptstrasse mit dem Durchgangsverkehr nach Huttwil. Die übrigen Strassen sind deutlich weniger befahren.

Aus dem Strassenverkehr ergeben sich die üblichen Gefahren für das Grundwasser, die sich auf Verluste von wassergefährdenden Flüssigkeiten bei Unfällen oder Havarien ergeben. Beim Schienenverkehr hingegen ist die Zirkulation von Zisternenwagen und der Umschlag von Treibstoff in grösserem Umfange bei der Unterfelstankanlage des Bundes zwischen Grünenmatt und Ramsei als wesentliches Gefahrenpotential zu berücksichtigen.

Materialentnahmestellen

Materialentnahmestellen können in zweifacher Weise eine Gefahr für die Qualität des Grundwassers darstellen. Zum Einen können unfallbedingte Verluste von wassergefährdenden Flüssigkeiten wie Hydrauliköl oder Treibstoff der im Abbau eingesetzten Maschinen eine Verschmutzung verursachen, zum Andern besteht eine längerfristige Verschmutzungsgefahr durch mit Schadstoffen belastetes Auffüllmaterial. Mit entsprechenden Vorsichtsmassnahmen können die obgenannten Risiken für das Grundwasser auf ein Minimum reduziert werden.

Im Tal der Grüene bestehen zur Zeit vier grössere Kiesabbaustellen. Zwei davon, die Kiesgruben Geerighüsli und Gumpersmüli, liegen in der Terrasse von Waldhaus. In der Grube Pfaffenboden werden die Schotter der Terrasse von Trachselwald abgebaut. Die vierte Abbaustelle befindet sich bei Gammenthal. Grössere abgebaute und bereits wieder aufgefüllte Zonen befinden sich im Pfaffenboden und im Geerighüsli. Abbau und Auffüllung erfolgen mit Bewilligung des Kantons, der namentlich auch die erforderlichen Gewässerschutzbewilligungen mit den entsprechenden Vorschriften erteilt hat. Aktuell gibt es keine Hinweise, dass der Kiesabbau das Grundwasser negativ beeinflusst.

Militärische Bauten und Anlagen

Zu erwähnen ist die bereits genannte Unterfelstankanlage des Bundes zwischen Grünenmatt und Ramsei, die wegen des Transportes und Umschlages und wegen der Lagerung bedeutender Mengen wassergefährdender Flüssigkeiten potentiell eine Gefahr für die Qualität des Grundwassers darstellt.

Verdachtsflächen, mit Schadstoffen belastete Standorte

Seit 1995 verfügt der Kanton Bern über einen Altlasten- und Verdachtsflächenkataster (AVK) der auch den Gemeinden zur Verfügung steht. Er enthält alle Flächen, für die ein Verdacht besteht, dass sie mit Schadstoffen belastet sind. Erfasst sind Ablagerungsstandorte, Unfallstandorte und Betriebsstandorte. Der Kanton ist daran, den AVK in einen öffentlichen Kataster der belasteten Standorte zu überführen. Dies erfordert die Untersuchung und Beurteilung der Verdachtsstandorte. Erst dann wird geklärt sein, ob ein Verdachtsstandort das Grundwasser verschmutzt oder dieses in Zukunft verschmutzen könnte. Bis zu dieser Klärung stellen alle Verdachtsstandorte potentielle Gefahrenherde für das Grundwasser dar.

Über dem Grundwasserleiter liegende Ablagerungen befinden sich am westlichen Dorfausgang von Wasen, dann in der Oberei (Wasenplatz), bei Mur und westlich von Wiler im Griesbachtal. Im Heimisbach sind es zwei kleine Deponien bei Hopfere und eingangs Chramershus. Ebenfalls als Verdachtsflächen geführt werden die Auffüllungen im Rahmen des Kiesabbaues im Geerighüsli und im Pfaffenboden. Bei den altlastverdächtigen Betrieben im Bereich des Talgrundwasserleiters sind im Raum Grünenmatt zwei Standorte, im Raum Grünen 4 Standorte und im Raum Wasen 6 Standorte verzeichnet. Die wenigsten der genannten Standorte stellen voraussichtlich eine relevante Gefahr für die

Umwelt dar. Bei einigen werden im Hinblick auf die Erstellung des Katasters der belasteten Standorte in nächster Zeit die notwendigen Untersuchungen durchgeführt werden müssen. Einige Standorte sind bereits voruntersucht, so beispielsweise der Wasenplatz in der Oberei. Der vermutlich bedeutenste Standort mit dem grössten Schadstoffpotential, die ausserhalb des Grundwasserleiters liegende Altdeponie Steinweid (265'100/208'150), ist ebenfalls untersucht und erste Massnahmen zu ihrer Sanierung sind eingeleitet.

8.2 Grundwassernutzung

8.2.1 Bestehende Konzessionen

Tabelle 8.1 gibt einen Überblick über die heutige Nutzung des Grundwassers im Tal der Grüene. Insgesamt bestehen Konzessionen zur Förderung von 8'350 l/min. Davon entfallen 2'300 l/min auf Trinkwasserfassungen, 2'730 l/min auf Brauchwasser für Industrie und Gewerbe und 3'320 l/min auf Fassungen zum Betrieb von Wärmepumpen. Die Konzession entspricht meistens der installierten Pumpenleistung und nicht der effektiven Entnahmemenge. Wie die Zusammenstellung in Tabelle 8.1 zeigt, ist die tatsächlich entnommene Wassermenge sehr viel geringer und beläuft sich gesamthaft im Durchschnitt der Jahre 1999 bis 2001 auf lediglich 885 l/min, also etwa 10% der konzessionierten Entnahmemengen. Das für die Energiegewinnung geförderte Grundwasser wird wieder versickert.

Die beiden Grundwasserpumpwerke Ei (WEA-Nr. 624/208.3) und Wasenmatte (WEA-Nr. 626/210.3) der Wasserversorgung Sumiswald werden praktisch nicht mehr verwendet. Während das PW Ei über eine rechtsgültige Grundwasserschutzzone verfügt und bei Bedarf Trinkwasser fördern kann, wird das PW Wasenmatte für die Notwasserversorgung in Reserve gehalten.

Tabelle 8.1 Konzessionierte Grundwassernutzungen, Stand Juli 02 (Kartenbeilage 2)

Gemeinde Lokalität	Verbraucher	Kat	Koordinaten	Konzess. Entnahme- menge (l/min)	eff. Verbrauch Durchschnitt 1999-2001 (l/min)
Sumiswald					
Gammenthal	Aeschlimann AG	B	622.820/209.690	300	34
Wasen	WV-Genossenschaft Sumiswald	A	626.920/210.370	1000	7
Wasen	Minder	B	627.250/210.040	80	2
Wasen	Wiedmer Söhne AG	B	627.120/210.360	160	keine Angaben
Wasen	Bracher	D	627.650/210.550	70	5
Wasen	Eggimann	D	627.320/210.450	35	5
Wasen	Dozewa AG	D	627.260/210.380	270	31
Wasen	Mopac	B	626.480/210.450	60	83
Wasen	Mopac	D	626.480/210.450	260	29
Wasen	Lüthi	D	626.575/210.475	100	9
Wasen	Baumann GmbH	B	626.820/210.400	150	4
Spittel	Forum Sumiswald	D	624.490/208.915	1400	416
Ei	WV-Genossenschaft Sumiswald	A	624.265/208.615	1300	<1
Grünen	Baumann GmbH	D	623.680/208.315	920	91
Grünen	Baumann GmbH	B	623.680/208.317	400	8
Grünen	Moser-Bear AG	D	622.940/208.200	135	83
Lützelflüh					
Grünenmatt	Stämpfli AG	B	622.230/207.040	1380	50
Grünenmatt	Stämpfli AG	D	622.150/207.050	128	28
Grünenmatt	Lerch Holz	G	621.100/205.825	200	keine Angaben

Anmerkungen: A Trinkwasser für private und öffentliche Trink- und Notwasserversorgungen sowie Löschwasser (im vorliegenden Fall Notwasser)
 B Industrie/Gewerbe
 C Kühlwasser
 D Wärmepumpen
 G Diverses

8.2.2 Trinkwassernutzung

Die Wasserversorgungen der Gemeinden Sumiswald, Trachselwald und Lützelflüh decken ihren Trinkwasserbedarf auf unterschiedliche Weise.

Die Gemeinde Trachselwald verfügt über genügend qualitativ einwandfreies Quellwasser, so dass sie heute nicht auf eine Grundwassernutzung angewiesen ist.

Die Gemeinde Sumiswald bezieht den grössten Teil ihres Trinkwassers von der in der Churzenei, südöstlich von Wasen, gelegenen Fassung Schwandbach (WEA-Nr. 628/208.1). Diese weist allerdings sehr grosse Schüttungsschwankungen auf. Wenn genügend Wasser vorhanden ist, dient Wasser aus der Schwandbachfassung auch der Erzeugung von Elektrizität. Die entsprechenden Installationen sind im PW Ei bei Spittel (WEA-Nr. 624/208.3) untergebracht. Bei Bedarf kann im PW Ei Wasser gefördert und ins Netz eingespiesen werden. Dasselbe gilt grundsätzlich auch für das PW Wasenmatte in Wasen (WEA-Nr. 626/210.3), das aber über keine rechtsgültige Schutzzone verfügt. Die Ausscheidung einer solchen ist angesichts der fortgeschrittenen Überbauung nicht möglich. Das PW Wasenmatte ist deshalb nur als Notwasserversorgung zu verwenden.

Die Gemeinde Lützelflüh entnimmt derzeit kein Grundwasser im Tal der Grüene. Die Gemeinde ist daran, Alternativen zur westlich von Ramsei im Emmental gelegenen Grundwasserfassung Farbschachen (WEA-Nr. 619/205.1) zu prüfen. Aus grundwasser-schutztechnischen Gründen drängt sich eine Stilllegung der Fassung Farbschachen auf. Neben anderen Möglichkeiten der Wasserbeschaffung ist auch die Grundwasserentnahme im Tal der Grüene eine Option.

8.2.3 Generelle Grundwassernutzungsmöglichkeiten

Aufgrund des ermittelten Grundwasserdargebotes, der aktuellen Nutzung, der Qualität und der potentiellen Gefährdung des Grundwassers durch anthropogene Einflüsse, werden die Nutzungsmöglichkeiten beurteilt. Priorität hat dabei die Trinkwassernutzung (vgl. Kartenbeilage 2, Nutzungs- und Schutz-Karte).

Bei der Planung und Evaluation neuer Standorte für die Trinkwasserfassung und deren Schutz ergeben sich erfahrungsgemäss v.a. Differenzen mit der Landwirtschaft und dem Kiesabbau. Während die Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen S und Grundwasserschutzarealen SA für die Landwirtschaft Nutzungsbeschränkungen zur Folge haben, sind Materialentnahmen in diesen Zonen gänzlich untersagt.

Bereiche für die Trinkwassernutzung genutzt

Es handelt sich um die Fassungseinzugsgebiete von genutzten Trinkwasserfassungen.

Im Wissen darum, dass die Grundwasserschutzzonen räumlich zu klein sind, um Trinkwasserfassungen vor schlecht abbaubaren Stoffen zu schützen, wurde in der Gewässerschutzgesetzgebung der Zuströmbereich eingeführt (Art. 29 GSchV). Definitionsgemäss dient der Zuströmbereich Z_u dem Schutz der Wasserqualität bei bestehenden und geplanten, im öffentlichen Interesse liegenden Grundwasserfassungen, wenn das Wasser durch Stoffe verunreinigt ist, die nicht genügend abgebaut oder zurückgehalten werden, oder wenn die konkrete Gefahr einer Verunreinigung durch solche Stoffe besteht.

Da keine Verschmutzungen festgestellt wurden, besteht kein unmittelbarer Handlungsbedarf zur Ausscheidung von Zuströmbereichen. Ausgehend vom Grundsatz, dass ein

moderner Wasserproduzent das hydrogeologische Einzugsgebiet seiner Fassung kennen sollte, besteht dennoch ein hoher Handlungsbedarf in der Kennzeichnung der Fassungseinzugsgebiete. Aus diesem Grund wurden in der Beilage 2 die Fassungseinzugsgebiete abgeschätzt und eingetragen. Die zu einem Fassungseinzugsgebiet gehörenden Grundwasserleiter sind der Kategorie „Bereiche für die Trinkwassernutzung genutzt“ zugeordnet.

Gesamthaft kann und soll die Kategorie „Bereich für die Trinkwassernutzung genutzt“ als Kennzeichnung eines Interessengebietes für die Trinkwassernutzung – raumplanerisch im Sinne eines Hinweises – verstanden werden.

Zur Zeit gibt es im Tal der Grüene einzig die Grundwasserfassung Ei der WV Sumiswald (WEA-Nr. 624/208.3) bei Spittel, die auch mit einer rechtsgültigen Schutzzone ausgestattet ist. Das Fassungseinzugsgebiet (FEG) lässt sich nach dem Entwurf zur „Wegleitung Grundwasserschutz 2000“ des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) wie folgt abschätzen:

$$\text{Fläche FEG} = \frac{Q}{\text{GWN} \cdot 1'000} \cdot D_f$$

Fläche FEG	Fläche des Fassungseinzugsgebietes	km ²
Q	Bemessungsentnahme	m ³ /Tag
GWN	Grundwasserneubildung	mm/Tag
D _f	Durchmischungs- bzw. Dispersionsfaktor Bisherige Erfahrungswerte 1.2 bis 1.6	

Die Grundwasserneubildung GWN ihrerseits wird wie folgt abgeschätzt:

$$\text{GWN} = N \cdot f$$

N	Langjähriger mittlerer Gebietsniederschlag	mm/Tag
f	Versickerungskoeffizient 0.3 für Gebiete mit hohem Oberflächenabfluss, 0.5 für Gebiete mit sehr geringem Oberflächenabfluss	

Angewendet auf das Pumpwerk Ei der WV Sumiswald ergibt sich:

$$\text{GWN} = 4.1 \cdot 0.37 = 1.5 \text{ mm/Tag} \quad (\text{vgl. Kap. 4.3})$$

Das PW Ei verfügt über eine Konzession zur Entnahme von 1'300 l/min oder 1'872 m³/Tag.

$$\text{Fläche FEG} = \frac{1'872}{1.5 \cdot 1'000} \cdot 1.4 = 1.75 \text{ km}^2$$

Es zeigt sich, dass das Fassungseinzugsgebiet des PW Ei den gesamten Talgrund sowie die unteren Bereiche der angrenzenden Talflanken zwischen dem Fassungsstandort bei Ei und dem Beginn des Siedlungsgebietes von Wasen umfasst. Das ausgeschiedene Schutzareal Hüttlimatte/Murmatte liegt innerhalb des FEG der Fassung Ei. Bei Annahme einer wesentlichen Grüneinfiltration von gegen 20% bei vollem Pumpbetrieb, ergäbe sich für das FEG eine um diesen Anteil verminderte Fläche, also rund 1.4 km².

In der Nutzungs- und Schutz-Karte der Kartenbeilage 2 ist das Fassungseinzugsgebiet umgrenzt. Es umfasst auch Bereiche ausserhalb des Talgrundwasserleiters.

Bereiche für die öffentliche Trinkwassernutzung langfristig zu sichern

Die grundsätzliche Eignung für eine zukünftige Trinkwassernutzung ist dann gegeben, wenn ein ergiebiger, gut geschützter Grundwasserleiter mit qualitativ gutem Wasser vorliegt. Im vorliegenden Fall wird angenommen, dass eine dauernde Entnahme von 1'000 l/min möglich sein sollte.

Diesen Anforderungen genügt der Talabschnitt westlich von Grünen bis nördlich von Grünenmatt. Das Gebiet zeichnet sich gemäss den ausgeführten elektromagnetischen Messungen und der Bohrung RB3-00 (WEA-Nr. 621.207/4) bei Adelboden durch einen mächtigen, gut durchlässigen Grundwasserleiter mit einem abgeschätzten Grundwasserabfluss von ca. 7'900 l/min aus. Die Eisenbahn und die Hauptstrasse queren das Gebiet.

Für eine Trinkwassernutzung geeignet ist weiter eine Zone südwestlich von Grünenmatt im Bereich Gumpersmüli und Ramseimatten bis nördlich von Ramsei. In dieser Zone ist nach den elektromagnetischen Messungen und der Bohrung RB4-00 (WEA-Nr. 620.205/66) ein sehr ergiebiger Grundwasserleiter mit einem Abfluss von gegen 18'000 l/min vorhanden.

Im Heimisbach erstreckt sich der allenfalls für eine Trinkwassernutzung geeignete Bereich über den Talabschnitt zwischen Hopferen bis Haulen am Talausgang östlich von Grünenmatt. Der Grundwasserabfluss beläuft sich auf ca. 3'200 l/min.

Bereiche für die übrige Grundwassernutzung geeignet

Unter übriger Grundwassernutzung ist die Verwendung des Grundwassers zu Heiz- und Kühlzwecken, als Brauchwasser in Industrie und Gewerbe oder für die Bewässerung in der Landwirtschaft zu verstehen. Erst sekundär ist an eine Trinkwassernutzung zu denken. Die Nutzungsmöglichkeiten konzentrieren sich auf die Siedlungsgebiete und auf Zonen des Grundwasserleiters mit erhöhtem Gefährdungspotential.

Für übrige Grundwassernutzungen geeignet sind die Grundwasservorkommen im Bereich der Siedlungsgebiete samt ausgeschiedenen Industriezonen von Wasen, Grünen und Grünenmatt sowie der Talabschnitt Hopferen – Chramershus wie auch das Griesbachtal, wo aufgrund der beschränkten Grundwassermenge eine öffentliche Trinkwassernutzung nicht sinnvoll ist.

Das Grundwasser unter der Waldhausterrasse wird ebenfalls als „für eine übrige Grundwassernutzung geeignet“ eingestuft. Zum Einen erweist es sich mit Nitratkonzentrationen knapp unter dem Qualitätsziel für Trinkwasser (25 mg NO₃/l) und lokal sogar über dem Trinkwassertoleranzwert (40 mg NO₃/l) nur bedingt für eine Trinkwassernutzung geeignet. Zum Anderen wäre das Ausscheiden einer Grundwasserschutzzone angesichts des bereits erfolgten Kiesabbaues und den Auffüllungen von beträchtlichem Ausmass, sowie der Festsetzung des Gebietes Grossacher/Waldhaus im kantonalen Sachplan Abbau, Deponie und Transporte (ADT) als Abbaustandort von kantonalen Bedeutung kaum mehr möglich und auch nicht sinnvoll.

Bereich für die Grundwassernutzung wenig geeignet

Als für die Grundwassernutzung wenig geeignet gelten Randgebiete mit geringer Grundwassermächtigkeit und/oder geringer Wasserdurchlässigkeit.

Eine solche Zone findet sich im Untersuchungsgebiet im Bereich des Bahnhofes Grünen und nördlich davon, wo nach den ausgeführten elektromagnetischen Messungen nur ein sehr schwer durchlässiger, sandig-siltiger Grundwasserleiter zu erwarten ist.

8.2.4 Zusammenfassung und Handlungsbedarf

Potentielle Fassungsstandorte zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Genügende Wassermenge (mächtiger Leiter, hohe Durchlässigkeit)
- Einwandfreie Wasserqualität (Qualitätsziel für Trinkwasser nach Lebensmittelbuch eingehalten)
- Guter natürlicher Schutz (möglichst mächtige, feinkörnige Deckschicht)
- Geringes Gefährdungspotential (ausserhalb Siedlungsgebiet und Bauzonen, möglichst keine Verkehrswege, ausserhalb Abbauzonen, keine Verdachtsstandorte).

Auf dem Gemeindegebiet von Trachselwald genügt kein Standort den obgenannten Anforderungen.

In der Gemeinde Sumiswald wird der Grundwasserleiter im Abschnitt Wasen – Grünen bereits intensiv genutzt. Eine zusätzliche Wasserfassung könnte unterhalb Grünen zwischen Fürten und der Gemeindegrenze nördlich Adelboden realisiert werden. Es liegt ein gut durchlässiger, über 20 m mächtiger Grundwasserleiter vor. Eine Grundwasserentnahme im untersten Griesbachtal wäre prinzipiell möglich, kann aber wegen des beschränkten Dargebotes von deutlich weniger als 1'000 l/min nicht empfohlen werden.

In der Gemeinde Lützelflüh stehen im Tal der Grüene verschiedene potentielle Fassungsstandorte zur Verfügung, deren Eignung aber sehr unterschiedlich ausfällt. Eine Fassung im unteren Heimisbach kann aufgrund des beschränkten nutzbaren Grundwasserdargebotes von voraussichtlich weniger als 1'000 l/min nicht empfohlen werden. Ein Standort

nördlich von Grünenmatt erweist sich wegen des untiefen Grundwasserspiegels und der Nähe zu verschiedenen möglichen Gefahrenherden (Strasse, Eisenbahn, v.a. Kiesabbau) schutztechnisch als ungünstig. Das Gebiet Grossacher/Waldhaus kommt einerseits wegen der Grundwasserqualität (erhöhter Nitratgehalt) und andererseits wegen den vorhandenen Kiesabbaustellen und den Auffüllungen sowie dem planerisch festgesetzten Abbaugbiet Grossacher/Waldhaus als Fassungsgebiet nicht in Frage. Am ehesten scheint ein Standort im Bereich der Ramseimatten zwischen Grünenmatt und Ramsei möglich. Hier ist ein gut durchlässiger, über 25 m mächtiger Grundwasserleiter vorhanden. In der Beurteilung negativ wirken sich allerdings die zahlreichen potentiellen Gefahrenherde im Zuflussbereich aus. Das Gebiet einer möglichen Schutzzone wird von der Eisenbahn durchschnitten. Im weiteren Einzugsgebiet liegen das Siedlungsgebiet Grünenmatt mit Sägerei und Holzlagerplatz, die Kiesgrube Gumpersmühle, die Unterfelstankanlage des Bundes und noch weiter entfernt das Abbaugbiet Pfaffenboden.

Zusammengefasst sind im Tal der Grüene drei Gebiete vorhanden, die bei der Evaluation als Standort für eine zukünftige Trinkwasserfassung in Betracht zu ziehen sind. Es sind dies das bereits ausgeschiedene Schutzareal Hüttlimatte/Murmatte zwischen Spittel und Wasen mit einer geschätzten Ergiebigkeit von etwa 2'000 l/min, der Talabschnitt Grünen bis Adelboden sowie der Bereich Ramseimatten nördlich von Ramsei, beide mit Ergiebigkeiten deutlich über 2'000 l/min.

Eine neue Fassung in der Murmatte/Hüttlimatte wäre vor allem dann sinnvoll, wenn es um den Ersatz der Fassung Ei (WEA-Nr. 624.208/3) gehen würde, in deren Fassungseinzugsgebiet der Standort Murmatte/Hüttlimatte liegt (vgl. Beilage 2). Beim potentiellen Fassungsgebiet Ramseimatten sind es die zahlreichen Gefahrenherde im nahen Zuflussbereich, die den Standort für eine zukünftige Trinkwasserfassung als weniger geeignet erscheinen lassen.

Insgesamt als bester Standort für eine zukünftige Trinkwasserfassung erweist sich der Bereich nördlich von Adelboden. Nach der ausgeführten Bohrung RB3-00, Adelboden, (WEA-Nr. 621/207.4) kann mit einem gut durchlässigen, über 20 m mächtigen und ergiebigen Grundwasserleiter gerechnet werden. Der Grundwasserspiegel liegt 5 bis über 6 m unter Terrain und die Deckschicht ist sandig-kiesig ausgebildet. Der Boden wird ausschliesslich landwirtschaftlich genutzt. Im möglichen Zuflussbereich einer Fassung liegen die Hauptstrasse, die Eisenbahn sowie die Abwasserleitung entlang der Eisenbahn. Im weiteren Zuflussbereich befindet sich das Siedlungsgebiet von Grünen.

Je nach weiterem Verlauf der Wasserversorgungsplanung wird empfohlen, für diesen Standort ein Schutzareal auszuscheiden.

8.3 Grundwasserschutz

Die Ergebnisse der ausgeführten hydrogeologischen Untersuchungen erlauben es, für die zukünftige Bewirtschaftung der Grundwasservorkommen im Tal der Grüene, im Griesbachtal und im Heimisbach Empfehlungen zu formulieren. Diese stützen sich ab auf die gewonnen Erkenntnisse über die hydrogeologischen und hydraulischen Verhältnisse im Grundwasserleiter, die Qualität des Grundwassers, seinen natürlichen Schutz sowie seine

potentiellen Gefährdungen. Im Folgenden sollen die wichtigsten Aspekte der möglichen zukünftigen Bewirtschaftung des Grundwassers im Untersuchungsgebiet aufgezeigt und der für die Erreichung der Ziele erforderliche Handlungsbedarf konkretisiert werden.

Der planerische Schutz des Grundwassers ist in den Art. 29 und 31 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) festgelegt und im Anhang 4 zu dieser Verordnung weiter ausgeführt.

Gewässerschutzbereich A_U

Im Gewässerschutzbereich A_U dürfen nach der Gewässerschutzverordnung (GSchV) keine Anlagen, die eine besondere Gefahr für das Grundwasser darstellen, errichtet werden. Bauten ins Grundwasser sind nur in Ausnahmefällen erlaubt und Materialentnahmen dürfen nur über dem Grundwasser erfolgen.

Der gesamte Grundwasserleiter im Tal der Grüene und den Seitentälern, wie er in den Beilagen 1 und 2 ausgeschieden ist, liegt nach der Gewässerschutzkarte des Kantons Bern 1:25'000 Blätter 1147 Burgdorf (1999), 1167 Worb (1999), 1148 Sumiswald (2000) und 1168/69 Langnau/Schüpfheim (2000) im Gewässerschutzbereich A_U, also in einem Bereich mit nutzbaren Grundwasservorkommen und den zu seinem Schutz notwendigen Randgebieten.

Rechtsgültige Grundwasserschutzzonen S und -areale SA

Die öffentlichen Versorgungen sind verpflichtet, für ihre Wasserfassungen rechtsgültige Schutzzonen auszuscheiden. Dasselbe gilt für geplante Wasserfassungen, für die Schutzareale auszuscheiden sind. Grundwasserschutzzonen bestehen aus den Zonen S1 (Fassungsbereich), S2 (engere Schutzzone) und S3 (weitere Schutzzone), deren Bemessung von der zu entnehmenden Wassermenge und den Zuflussverhältnissen abhängt. Das Schutzzonenreglement gibt detailliert Auskunft über die Nutzungsbeschränkungen und Verbote in den jeweiligen Zonen.

Alle im Untersuchungsgebiet existierenden oder geplante Trinkwasserfassungen verfügen über eine rechtsgültige Grundwasserschutzzone. Es betrifft dies das PW Ei der WV Sumiswald sowie das Schutzareal bei Hüttlimatte/Murmatte. Die ausgeschiedene Schutzzone für das PW Ei bietet allerdings nur einen beschränkten Schutz. Problematisch ist vor allem die Lage des Sportzentrums Sumiswald mit Schwimmbad und Parkplatz als potentieller Gefahrenherd innerhalb der Schutzzone S2.

Für das PW Wasenmatte kann wegen den bestehenden Gefährdungen im Siedlungsgebiet keine Schutzzone ausgeschieden werden. Die Fassung kann deshalb lediglich als Notversorgung verwendet werden.

Zuströmbereich Z_U und Fassungseinzugsgebiet FEG

Der Zuströmbereich Z_U umfasst das Gebiet, aus dem bei niedrigem Grundwasserstand etwa 90% des Grundwassers, das bei einer Fassung entnommen werden darf, stammt. Zuströmbereiche werden für bestehende Fassungen ausgeschieden, wenn persistente Schadstoffe das Grundwasser beeinträchtigen oder die Gefahr einer Beeinträchtigung besteht.

Nach derzeitigen Kenntnissen liegt keine Beeinträchtigung durch persistente Schadstoffe vor. Es besteht kein unmittelbarer Handlungsbedarf zur Ausscheidung von Zuströmbereichen.

Handlungsbedarf

- Neu ist der Talboden zwischen Chramershus und Thal ebenfalls dem Gewässerschutzbereich A_U zuzuordnen.
- Für das PW Ei ist durch die Wasserversorgung Sumiswald kurzfristig im Rahmen einer Überprüfung der Schutzzone ein Gefahrenkataster zu erstellen und das Risiko für mögliche Grundwasserbeeinträchtigungen abzuschätzen. Schutzzonenplan und -reglement sind der geltenden Gesetzgebung anzupassen. Mittelfristig bietet sich aus schutzzonentechnischen Gründen eine Verlegung der Fassung in die Hüttlimatte/Murmatte, wo bereits ein Schutzareal ausgeschieden ist, an.
- Das Schutzareal für den vorgesehenen Fassungsstandort Hüttlimatte/Murmatte ist anzupassen. Die Ausdehnung der Zone SA2 in Fließrichtung ist eher zu gering, diejenige der Zone SA3 senkrecht zur Fließrichtung eher zu gross bemessen.
- Für das Pumpwerk Ei der Wasserversorgung Sumiswald (WEA-Nr. 624.208/3) wurde das Fassungseinzugsgebiet FEG abgeschätzt (vgl. Beilage 2). Es ist in der Gewässerschutzkarte als Hinweis einzutragen.

8.4 Grundwasserüberwachung

Aktuell betreibt das Wasser- und Energiewirtschaftsamt (WEA) zwei permanente Grundwassermessstationen im Tal der Grüene. Es sind dies die Limnigraphen Sumiswald Hallenbad (G001, WEA-Nr. 624/208.004) und Lützelflüh Ramseimatten (G236, WEA-Nr. 620/205.062), die den Grundwasserstand seit 1979 resp. 1976 aufzeichnen. Die Ganglinie des Limnigraphen Hallenbad Sumiswald zeigt eine Beeinflussung der Messstelle durch die Grundwasserentnahme im Hallenbad Sumiswald. Die Aufzeichnungen der bisherigen 26 Jahre vermitteln ein kontinuierliches Bild ohne Anzeichen eines Trends hin zu tieferen Wasserspiegeln. Dasselbe gilt für die Aufzeichnungen des Limnigraphen Ramseimatten, der im Unterlauf der Grüene gelegen, eher für das Tal der Grüene als repräsentativ betrachtet werden kann. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden an verschiedenen

Stellen im Tal der Grüene, insbesondere in den neu abgeteufte Bohrungen RB1-00 bis RB4-00, Einzelmessungen des Grundwasserspiegels ausgeführt.

Es ergibt sich folgender Handlungsbedarf:

- Der Limnigraph Sumiswald Hallenbad (G001; WEA-Nr. 624/208.004) kann aufgehoben werden.
- Die Bohrungen RB1-00 Oberfürten (WEA-Nr. 622/208.5), RB2-00 Schützenhaus Grünenmatt (WEA-Nr. 622/205.10) und RB4-00 Ramseimatten (WEA-Nr. 620/205.66) sind so zu verschliessen, dass sie bei Bedarf reaktiviert werden können.
- Die im näheren Abstrom eines möglichen Fassungsstandortes Adelboden gelegene Bohrung RB3-00, Adelboden, (WEA-Nr. 621/207.4) ist vorderhand für allfällige Grundwasserbeobachtungen zugänglich zu erhalten.
- Für die Qualitätssicherung muss die Wasserversorgung Sumiswald als Betreiberin der einzigen Trinkwasserfassung Ei das Grundwasser regelmässig chemisch und bakteriologisch untersuchen und beurteilen lassen. Bei diesen Kontrollen sollte möglichst jährlich eine umfassende chemische Analyse mit Bestimmung der flüchtigen organischen Verbindungen und der Pestizide erfolgen.

9. LITERATURVERZEICHNIS

AMT FÜR GEWÄSSERSCHUTZ UND ABFALLWIRTSCHAFT DES KANTONS BERN GSA (1995): Altlasten- und Verdachtsflächenkataster des Kt. Bern, Gemeindeberichte Lützelflüh, Sumiswald, Trachselwald

BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT BUWAL (2000): Grundwasserschutz, Bericht der nationalen Arbeitsgruppe Wegleitung Grundwasserschutz 2000

CSD COLOMBI SCHMUTZ DORTHE AG (1972): Bericht über die hydrogeologischen Untersuchungen bei Ei

CSD COLOMBI SCHMUTZ DORTHE AG (1991): Kiesprospektion Waldhaus/Lützelflüh

CSD COLOMBI SCHMUTZ DORTHE AG (1997): Erweiterung Kiesabbau Pfaffenboden, Umweltverträglichkeitsbericht

GERBER ED. (1950): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1147 Burgdorf

HANTKE R. (1980): Eiszeitalter 2 – Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete

INGENIEUR- UND STUDIENBÜRO A. WERNER (1973): Max Baumann & Co AG, Wasen – Grundwasserfassung, hydrologische Untersuchungen

INGENIEUR- UND STUDIENBÜRO A. WERNER (1973): Emil Leibundgut AG, Grünen - Hydrologische Untersuchungen für einen Wärmeentzug aus dem Grundwasser

INGENIEUR- UND STUDIENBÜRO A. WERNER (1988): Überbauung Stegmatt, Wasen – Hydrologische und hydrothermische Untersuchungen für einen Wärmeentzug aus dem Grundwasser

INGENIEUR- UND STUDIENBÜRO A. WERNER (1992): Überbauung Dorfstrasse, Wasen - Hydrologische und hydrothermische Untersuchungen für einen Wärmeentzug aus dem Grundwasser

INGENIEUR- UND STUDIENBÜRO A. WERNER (1992): Überbauung Lugenbachmatte, Wasen – Wärmeentzug aus dem Grundwasser, hydrologische Untersuchungen, Standortabklärung

KELLERHALS UND HÄFELI (1981): Grundwasserprospektion für die Wasserversorgung Sumiswald

KELLERHALS P. UND HÄFELI C., RUTSCH R.F. (1999): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1167 Worb

KELLERHALS UND TRÖHLER (1980): Schutzzonenabklärung für die Wasserversorgung Sumiswald

RUTSCH R. F. (1951): Geologischer Bericht über die Grundwasservorkommen im Flussgebiet 41: Emme, Ilfis bis Grüene

SPRECHER C. (1938): Die Trinkwasserversorgung in der Gemeinde Lützelflüh

SPRECHER C. (1947): Die Grundwasserversorgung der Gemeinde Sumiswald

SPRECHER C. (1947): Die Grundwasserversorgung der Tabak- und Zigarrenfabrik Wiedmer Söhne AG, Wasen

SPRECHER C. (1947): Die Grundwasserversorgung der Teilgemeinde Wasen

WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSAMT DES KANTONS BERN WEA : Gewässerschutzkarte 1:25'000 Blätter 1147 Burgorf (1999), 1148 Sumiswald (2000), 1167 Worb (1999), 1168/1169 Langnau/Schüpfheim (2000)

WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSAMT DES KANTONS BERN WEA (1975): Hydrogeologie Emmental, Teil I: Oberes Emmental

Verzeichnis des Anhanges

Anhang 1	Bohrprofil RB1-00, WEA-Nr. 622/208.5 Oberfürten, Sumiswald 1:100
Anhang 2	Bohrprofil RB2-00, WEA-Nr. 622/205.10 Schützenhaus, Grünenmatt 1:100
Anhang 3	Bohrprofil RB3-00, WEA-Nr. 621/207.4 Adelboden; Grünenmatt 1:100
Anhang 4	Bohrprofil RB4-00, WEA-Nr. 620/205.66 Ramseimatten, Ramsei 1:100
Anhang 5	Flowmetermessungen RB2-00, RB3-00, RB4-00
Anhang 6	Grundwasserspiegelmessungen
Anhang 7	Grundwasserbeschaffenheit Tal der Grüene Teil 1
Anhang 8	Grundwasserbeschaffenheit Tal der Grüene Teil 2
Anhang 9	Beschaffenheit Oberflächengewässer Tal der Grüene

Hydrogeologie Tal der Grüene

Kernbohrung RB1-00

Oberfürten, Sumiswald

WEA-Nr. 622/208.5

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

Anhang 1

Bohrfirma: Stämpfli AG

Situation:

Bohrverfahren: Rotationskernbohrung

Logs:

Bohrmeister: J.P.Lochet

Bohrgerät: Etschel Meyer 84'502

ausgeführt vom: 25. - 27.10.2000

Koordinaten: 622'300/208'330 OK Terrain: 658.56 m ü.M. OK Rohr: 658.42 m ü.M.

Geol.Aufnahme: Dr. H.Steiner

1:100

Bohr- ø mm	USCS	Kote m ü.M.	Tiefe m	Profil	Probe Nr.	Lithologie	geologische Klassifikation	Eigenschaften GW-Leiter	Piezometer PVC 4 1/2"
			0.70			Koffierung: leicht siltiger Sand mit reichlich Kies, locker, braun-beige			
			2.80			toniger, feinsandiger Silt mit einzelnen Feinkieskomponenten, viele organische Beimengungen, bindig, beige, stellenweise graubeige, mit Einschaltungen von tonig-siltigem Feinsand (2.0-2.2; 2.6-2.8m)	Deckschicht		
			3.30			siltiger Kies mit viel Sand, locker, braun			
			3.60 3.80			wie 0.7-2.8m			
			5.20			tonig-feinsandiger Silt mit wenig Kies und org. Beimengungen, bindig, beige mit ockerfarbenen Verfärbungen			
						siltiger bis stark siltiger Sand mit viel Kies, locker, dunkelbraun und ocker verfärbt			
						sauberer Fein-Mittelkies mit viel Sand, sehr locker, beigebraun			
			9.60			sauberer Mittel-Grobkies mit reichlich bis viel Sand und einzelnen Steinen bis 15cm, sehr locker, beigebraun 10.6-10.9m leicht verkittet	Schotter		
			11.00			sauberer Fein-Mittelkies mit viel Sand, sehr locker, beigebraun			
			12.60			sauberer Sand mit reichlich bis viel Kies, sehr locker, beigebraun			
			13.30			sauberer, stellenweise leicht siltiger Kies mit viel Sand und einzelnen Steinen bis 18cm, sehr locker, beigebraun			
			20.30			leicht siltiger bis siltiger Kies mit viel Sand, viele Sandsteinbruchstücke, locker, graubraun, bei 20.9m rostige Verfärbungen			
			21.10			leich siltiger bis siltiger Sand mit Sandsteinbruchstücken	aufgearbeitete Molasse		
			22.10			Mittel-Grobsandstein, grau			
			22.20			Nagelfluh, grau	Molasse		
							Profil -k-Wert Flowmeter- messung k~ca.4.3x10 ⁻³ m/s		

Hydrogeologie Tal der Grüene

Kernbohrung RB2-00

Schützenhaus, Grünenmatt

WEA-Nr. 622/205.10

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

Anhang 2

Bohrfirma: Stämpfli AG

Situation:

Bohrverfahren: Rotationskernbohrung

Logs:

Bohrmeister: J.P.Lochet

Bohrgerät: Etschel Meyer 84'502

ausgeführt vom: 30.10. - 1.11.2000

Koordinaten: 622'420/205'970 OK Terrain: 638.93 m ü.M. OK Rohr : 638.65 m ü.M.

Geol.Aufnahme: Dr. H.Steiner

1:100

Bohr- ø mm	USCS	Kote m ü.M.	Tiefe m	Profil	Probe Nr.	Lithologie	geologische Klassifikation	Eigenschaften GW-Leiter	Piezometer PVC 4 1/2"	
0 - 10.5m : 244mm			0.30			Humus, dunkelbraun	Deckschicht			
			1.80			schwach siltiger Feinsand, beigebraun				
			2.30			schwach siltiger Feinsand, mit wenig Kies beigebraun				
			3.70			schwach siltiger Kies mit viel Sand, locker, beigebraun				
			6.20			schwach siltiger bis siltiger Sand mit reichlich bis viel Kies und einzelnen Steinen bis 12cm, locker, beigebraun				
	10.5-24.0m : 220mm			10.60			siltiger Kies mit viel Sand, locker, beige	Schotter	G.W.Sp. -10.55m (5.12.01)	
				11.40			schwach siltiger bis siltiger Sand mit reichlich bis viel Kies und einzelnen Steinen bis 12cm, locker, beigebraun			
				12.70			sauberer Fein-Mittelkies mit viel Sand, sehr locker, beige			
				13.80			schwach siltiger bis siltiger Sand mit reichlich bis viel Kies und einzelnen Steinen bis 12cm, locker, beigebraun			
				19.40			sauberer Kies, sehr locker, beige			
			21.10			leicht siltiger, sauberer Kies mit viel Sand und einzelnen Steinen, sehr locker, beige				
			24.80			Sandstein, zerbohrt				
24.0-26.0m : 94mm			25.60			Grobsandstein, gut zementiert mit Gerölleinlagerungen, hart, grün - grau	Molasse	Profil -k-Wert Flowmeter- messung k~ca.2.3x10 ⁻³ m/s		
			26.00			Sandstein, zerbohrt				

Hydrogeologie Tal der Grüene

Kernbohrung RB3-00

Adelboden, Grünenmatt

WEA-Nr. 621/207.4

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

Anhang 3

Bohrfirma: Stämpfli AG

Situation:

Bohrverfahren: Rotationskernbohrung

Logs:

Bohrmeister: J.P.Lochet

Bohrgerät: Etschel Meyer 84'502

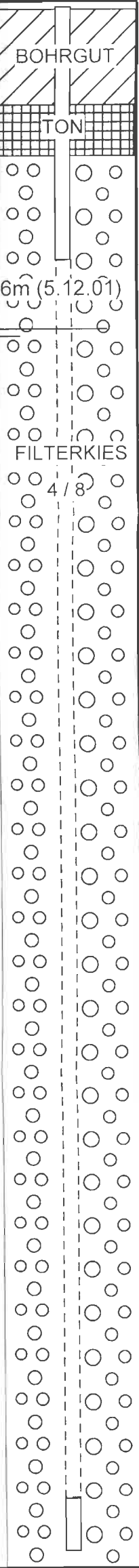
ausgeführt vom: 2. - 7.11.2000

Koordinaten: 621'850/207'275 OK Terrain: 637.71 m ü.M. OK Rohr: 637.60 m ü.M.

Geol.Aufnahme: Dr. H.Steiner

1:100

Bohr- ø mm	USCS	Kote m ü.M.	Tiefe m	Profil	Probe Nr.	Lithologie	geologische Klassifikation	Eigenschaften GW-Leiter	Piezometer PVC 4 1/2"
0 - 9.0m : 244mm 9.0-18.0m : 220mm 18.0-30.0m : 194mm			0.50			Humus, dunkelbraun	Deckschicht		
			0.90			siltiger Feinsand, locker, hellbraun			
			1.70			sauberer Sand mit wenig Kies, sehr locker, hellbraun			
			2.90			schwach siltiger Kies mit viel Sand und einzelnen Steinen, sehr locker, beigebraun			
			5.20			schwach siltiger bis siltiger Kies mit reichlich bis viel Sand, locker, beigebraun	Schotter	G.W.Sp. -6.36m (5.12.01)	
			6.80			schwach siltiger bis sauberer Kies mit viel Sand, sehr locker, beige			
			9.70			schwach siltiger bis sauberer Kies mit viel Sand und einzelnen Steinen bis 20cm, sehr locker, beige			
							schwach siltiger bis sauberer Kies mit viel Sand, sehr locker, beige, Steinlage 27.90 - 28.20		
				28.70			siltiger Sand mit reichlich Kies, mitteldicht, grau	Molasse	Profil -k-Wert Flowmeter- messung k~2.0x10 ⁻³ m/s
				29.30			Nagelfluh, zerbohrt, grau		
			29.40			Sandstein, zerbohrt, grau			
			30.00						



Hydrogeologie Tal der Grüene

Kernbohrung RB4-00

Ramseimatten, Ramsei

WEA-Nr. 620/205.66

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

Anhang 4

Bohrfirma: Stämpfli AG

Situation:

Bohrverfahren: Rotationskernbohrung

Logs:

Bohrmeister: J.P.Lochet

Bohrgerät: Etschel Meyer 84'502

ausgeführt vom: 21. - 24.11.2000

Koordinaten: 620'730/205'770 OK Terrain: 605.80 m ü.M. OK Rohr: 605.72 m ü.M.

Geol.Aufnahme: Dr. H.Steiner

1:100

Bohr- ø mm	USCS	Kote m ü.M.	Tiefe m	Profil	Probe Nr.	Lithologie	geologische Klassifikation	Eigenschaften GW-Leiter	Piezometer PVC 4 1/2"
			0.50			Humus, dunkelbraun	Deckschicht		
			1.60			stark siltiger, toniger Feinsand mit einzelnen Feinkieskomponenten, locker, beigebraun			
			2.60			siltiger Kies mit viel Sand und einzelnen Steinen, locker, beigebraun			
			3.30			stark sandiger Silt mit organischen Beimengungen, plastisch, beigebraun	Schotter	G.W.Sp. -4.62m (15.12.00)	
			4.90			siltiger Kies mit viel Sand und zahlreichen Steinen bis 15cm, locker, beigebraun			
			6.00			schwach siltiger Kies mit reichlich bis viel Sand, locker, beige-grau	Schotter		
			8.90			schwach siltiger bis siltiger Kies mit viel Sand, sehr locker, graubeige			
			9.30			sauberer Sand mit viel Fein-Mittelkies, sehr locker, graubeige			
			10.50			sauberer Mittelkies mit wenig bis reichlich Sand, sehr locker, graubeige			
			11.30			sauberer Mittelkies mit wenig bis reichlich Sand, sehr locker, graubeige			
			12.50			schwach siltiger Kies mit reichlich bis viel Sand, locker, beige-grau			
			13.60			sauberer Kies mit viel Sand und einzelnen Steinen bis 18cm, sehr locker, beigebraun	aufgearbeitete Molasse		
			19.30			schwach siltiger Kies mit viel Sand, sehr locker, graubeige			
			26.00			sauberer Kies mit viel Sand, sehr locker, graubeige			
			26.80			siltiger Sand mit viel Feinkies, locker, graubeige			
			27.30			Nagelfluhblock, zerbohrt, graubeige			
			27.60			stark siltiger Sand mit wenig Kies, locker, beige			
			27.90			Grobsandsteinblock, stark zementiert, grau			
		28.00			siltiger Kies mit viel Sand, locker, graubeige				
		28.70			siltiger Kies mit wenig bis reichlich Sand, locker, grau				
		29.10			Block aus rötlicher Nagelfluh und grauem Grobsandstein				
		29.40			sauberer Grobsand mit einzelnen Feinkieskomponenten, sehr locker, graubeige				
		29.80			siltiger bis schwach siltiger Kies mit reichlich bis viel Sand und einzelnen Steinen, locker bis mitteldicht, beige	Molasse			
		31.20			Sandstein, hart, zementiert, grau				
			33.00						

Anhang 5 Flowmetermessungen RB2-00, RB3-00, RB4-00

RB2-00 (WEA-Nr. 622/205.10)

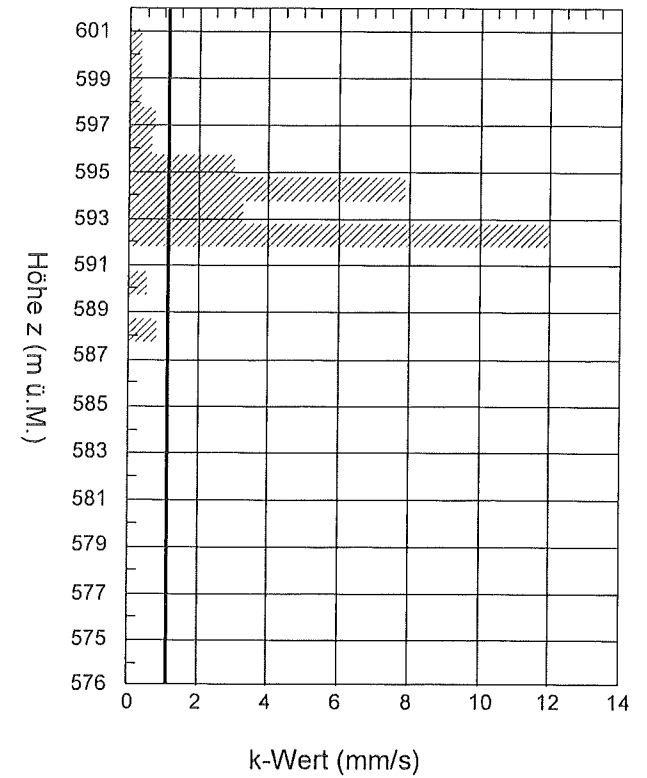
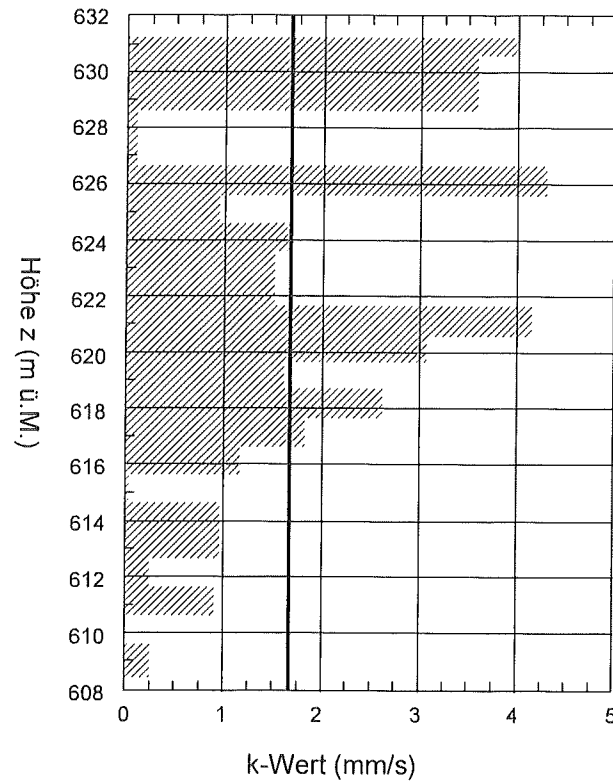
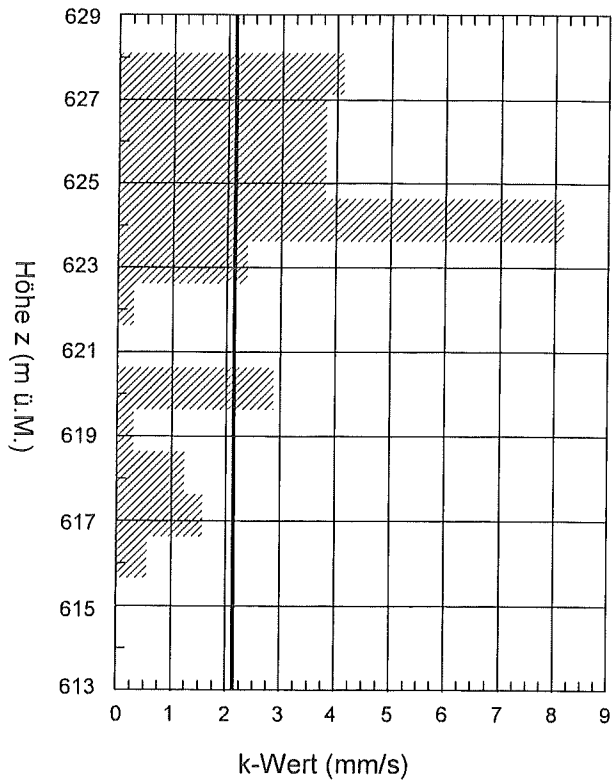
Pumpmenge: 4.58 (l/s)
 Profil-k-Wert: 2.152 (mm/s)

RB3-00 (WEA-Nr. 621/207.4)

Pumpmenge: 4.68 (l/s)
 Profil-k-Wert: 1.66 (mm/s)

RB4-00 (WEA-Nr. 620/205.66)

Pumpmenge: 3.388 (l/s)
 Profil-k-Wert: 1.105 (mm/s)



Anhang 6 Grundwasserspiegelmessungen

Messstelle	RB1 - 00	RB2 - 00	RB3 - 00	RB4 - 00
WEA - Nr.	622/208.5	622/205.10	621/207.4	620/205.66
Datum	m ü.M.	m ü.M.	m ü.M.	m ü.M.
05.12.2000	641.97	628.10	631.24	601.10
09.02.2001	642.24	628.54	631.45	601.17
16.03.2001	643.97	630.05	632.47	602.08
19.04.2001	645.04	631.70	633.28	602.52
18.09.2001	643.80	628.31	632.43	602.06
17.10.2001	643.76	629.21	632.31	601.93
21.11.2001			631.77	601.40
06.12.2001			631.67	601.18

Anhang 7 Grundwasserbeschaffenheit Tal der Grüene, Teil 1

Parameter	Standort WEA-Nr. Datum	Fass. Geissbühler Lützelfüh 619/205.5 19.4.01	RB9-91 Waldhaus 620/205.17 19.4.01	RB4-00 Ramsei 620/205.66		RB3-00 Adelboden 621/207.4		Fass. Stämpfli Grünenmatt 622/207.1 19.4.01	Fass. Aeschlimann Gammenthal 622/209.1 19.4.01	RB1-00 Fürten 622/208.5	
				6.12.00	19.4.01	6.12.00	19.4.01			6.12.00	19.4.01
Temperatur	°C	9.2	10.4	10.3	8.8	10.3	7.6	9.8	9.4	9.8	9.4
Leitfähigkeit	µS/cm	612	730	510	535	501	575	585	490	521	525
pH		7.6	7.2	7.3	7.6	7.4	7.4	7.5	7.7	7.5	7.6
Sauerstoff	mg O ₂ /l	7.3	8.5		9.4		8.7	8.5	8.5		7.9
Sättigung	%	70	82	70	90	76	81	82	81	70	75
Gesamthärte	°f	32	39	28	28	27	29	30	25	28	27
Karbonathärte	°f	29	34	26	26	25	27	28	23	25	25
Calcium	mg Ca/l	97	120	93	87	94	94	92	71	90	79
Magnesium	mg Mg/l	10.5	9.4	9.4	8.6	9	7.5	10.4	13.7	13.2	12.8
Bor	mg B/l	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01
Chlorid	mg Cl/l	7.7	5.2	6.2	7.3	7	9.6	8.3	6.8	6.1	5.4
Sulfat	mg SO ₄ /l	8.7	7.6	8	6.9	7.5	6.1	8.1	8.7	10.1	8
Nitrat	mg NO ₃ /l	24	44	15	17	15	18	20	19	17	18
Nitrit	mg NO ₂ /l	<0.002	<0.002	<0.02	<0.002	<0.02	<0.002	<0.002	<0.002	<0.02	<0.002
Ammonium	mg N/l	<0.02	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.02	<0.02	0.01	<0.02
DOC	mg C/l	0.97	<0.5	0.8	0.69	0.9	0.61	<0.5	<0.5	1.8	0.5
Eisen	mg Fe/l	<0.01	0.28	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.35	0.053
Mangan	mg Mn/l	<0.005	0.013	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.005	<0.005	0.02	<0.005

Anhang 9 Beschaffenheit Oberflächengewässer Tal der Grüene

Parameter	Standort Datum	Grüne Ey 19.4.01	Grüne Ramsei 19.4.01	Griesbach Ober Fürten 19.4.01	Dürrbach Grünenmatt 19.4.01
Temperatur	°C	4.5	6.4	6.7	5.8
Leitfähigkeit	µS/cm	390	400	450	440
pH		8.4	8.6	8,5	8.6
Sauerstoff	mg O2/l	11.3	10.9	10.5	10.8
Sättigung	%	94	92	93	93
Gesamthärte	°f	21	21	23	23
Karbonathärte	°f	19	20	22	22
Calcium	mg Ca/l	64	66	70	68
Magnesium	mg Mg/l	5.2	7.1	9.7	9.8
Bor	mg B/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Chlorid	mg Cl/l	2.8	3.1	4.9	3.2
Sulfat	mg SO4/l	<5	<5	7	5.2
Nitrat	mg NO3/l	10	10	14	10
Nitrit	mg NO2/l	0.0022	0.0037	0.01	0.0034
Ammonium	mg N/l	<0.02	<0.02	0.04	<0.02
DOC	mg C/l	1.2	1.31	2	1.6
Eisen	mg Fe/l	0.034	0.048	0.14	0.069
Mangan	mg Mn/l	<0.005	<0.005	0.014	<0.005

Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Tal der Grüene

Grundkarte 1 : 25 000
Geologische Profile L~1 : 25 000 H~1 : 2 500



WEA

Leitung:

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

Bearbeitung:

CSD Ingenieure und Geologen AG, Liebefeld/Bern

Allgemeine Angaben

- Seitliche Begrenzung des wassergesättigten, grobkörnigen Teils des Grundwasserleiters bei mittlerem Grundwasserstand
- 2 Fortlaufende Ordnungsnummer eines künstlichen Aufschlusses resp. Sondierung innerhalb eines km² des Landeskordinatensystems, vgl. Grundlagedatei (GLD) WEA/Geologie
- 601/143.9
- 700 — hm Grundwasserspiegel-Isophyse vom 17.10.2001 mit Kote in m ü. M. (mittlerer Grundwasserstand)
- Grundwasser-Fließrichtung
- || Lage eines geologischen Profils
- ? Angaben fraglich oder unbekannt

Künstliche Aufschlüsse, Sondierungen¹⁾

- Vertikalfilterbrunnen
- Bohrung
- K Kiesgrube

Ausbildung der Deckschichten, Geologie der Lockergesteine

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| ▲ Künstliche Ablagerung | □ Sand, tonig-siltig |
| ▲ Künstliche Dammschüttung | □ Kies, siltig |
| ▲ Bachschuttkegel | □ Kies, sandig |
| ▲ Gehängeschutt | □ Moräne der Risseiszeit |
| ▲ Silt, tonig-sandig | □ Molasse |

— Grenze zwischen verschiedenartigen Deckschichten

Durchlässigkeitsbereiche in Lockergesteinen

Durchlässigkeit:

- | | |
|---|--|
| ■ Gross, $k > 2 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ | ■ Klein, $k = 2 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ |
| ■ Mittel, $k = 2 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ | ■ Sehr klein, $k < 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ |

--- Grenze zwischen Durchlässigkeitsbereichen

Hydrologische Kennziffer

- [2.4] Durchlässigkeit k , in 10^{-3} m/s , bestimmt aus **Kleinpumpversuch**
- [10.4] Mächtigkeit des wassergesättigten, grobkörnigen Grundwasserleiters in m

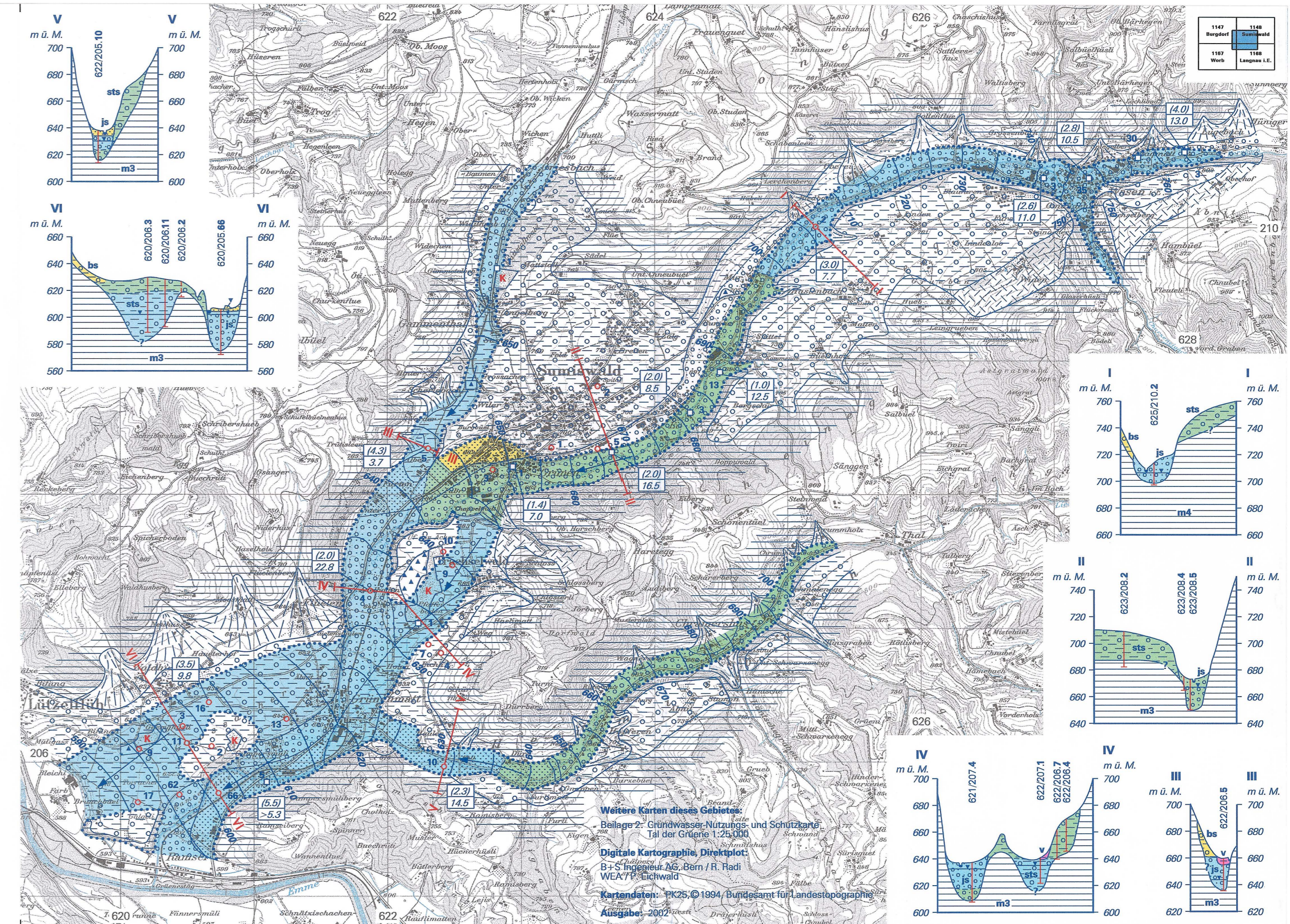
Geologische Profile

- Bohrung, Brunnen auf oder bis 100 m neben der Profillinie liegend
- Bohrung, Brunnen bis 250 m neben der Profillinie liegend, Projektion gemäss Lagerungsverhältnissen
- Grundwasserspiegel vom 17.10.2001 (mittlerer Grundwasserstand)

Lithostratigraphische Einheiten

Zeitalter	Einheit	Kennziffer
Holocaen	Verlandungsbildungen	v
	Bachschutt	bs
Pleistocaen	Junge Schotterablagerungen der Flüsse	js
	Stauschotter	sts
Miocaen	Obere Süswwassermolasse	m4
	Obere Meeresmolasse	m3

¹⁾ Aus darstellerischen Gründen können nicht alle künstlichen Aufschlüsse wiedergegeben werden



Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

Grundwasser-Nutzungs- und Schutz- Karte Tal der Grüene

1 : 25 000

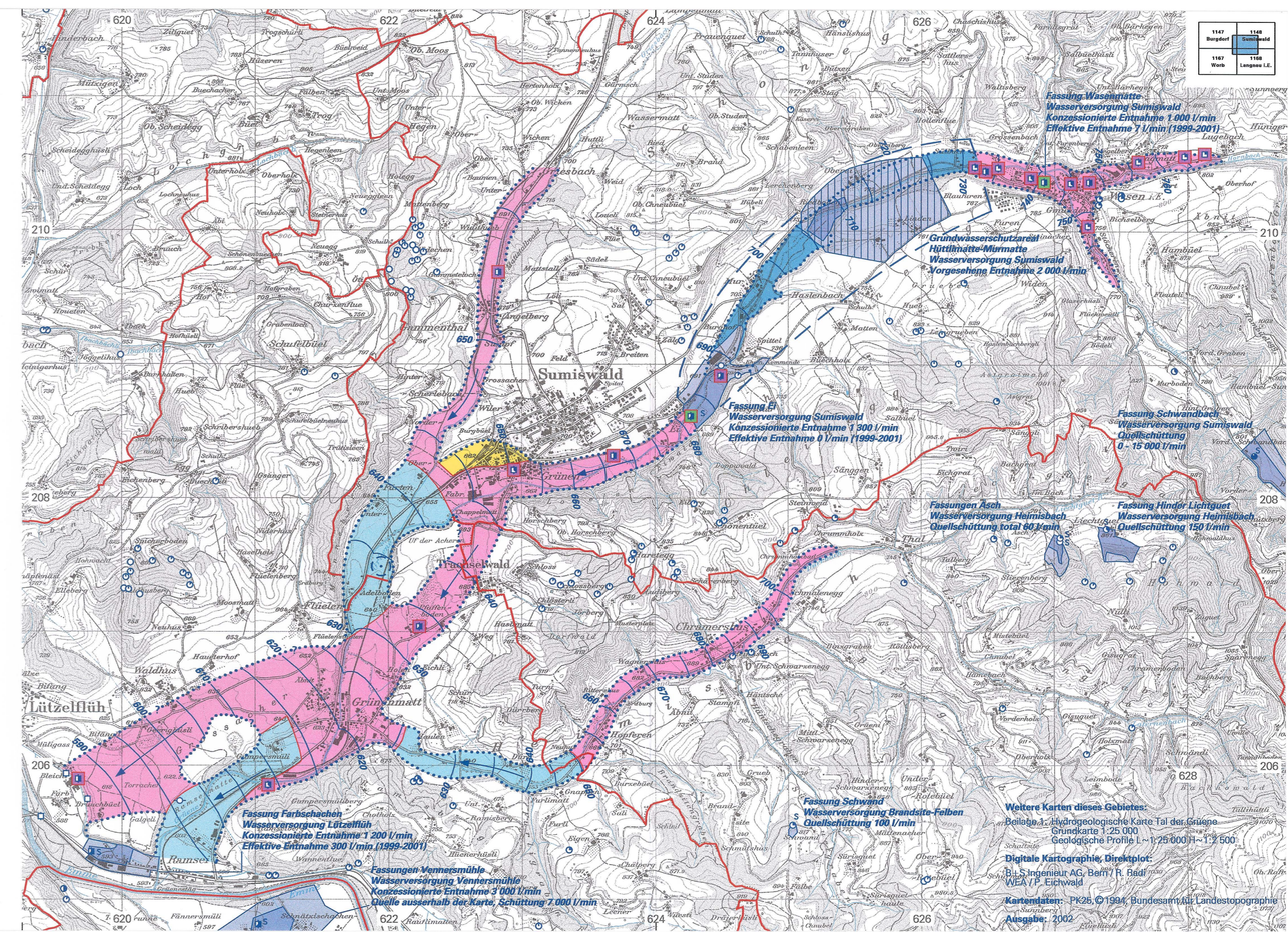


WEA

Leitung:
Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

Bearbeitung:
CSD Ingenieure und Geologen AG, Liebfeld/Bern

- Allgemeine Angaben**
- Seitliche Begrenzung des wassergesättigten, grobkörnigen Teils des Grundwasserleiters bei mittlerem Grundwasserstand
 - Gemeindegrenze
 - 700 5m Grundwasserspiegel-Isopyche vom 17.10.2001 mit Kote in m ü. M. (mittlerer Grundwasserstand)
 - Grundwasser-Fließrichtung
 - Permanente Grundwasserstandsmeßstelle
 - ? Angaben fraglich oder unbekannt
- Wichtige Fassungen der Trink- und Brauchwasserversorgung**
- Quelle gefasst
 - Vertikalfilterbrunnen
 - S Grund- oder Quellwasserfassung mit rechtsgültiger Schutzzone (Zone S)
- Konzessionierte Entnahmemengen und Quellschüttungen in l/min**
- | | |
|---------------|---------------------|
| □ ○ unbekannt | □ ● 251 - 1 000 |
| □ ○ <5 | □ ● 1 001 - 5 000 |
| □ ○ 5 - 25 | □ ● 5 001 - 10 000 |
| □ ○ 26 - 100 | □ ● 10 001 - 50 000 |
| □ ○ 101 - 250 | □ ● >50 000 |
- Bestehende konzessionierte Nutzungen des Grundwassers**
- **Trinkwasser:** für private und öffentliche Trink- und Notwasserversorgung sowie Löschwasser
 - **Brauchwasser:** für industriellen, gewerblichen und anderen Gebrauch; Kühlwasser; Wärmepumpen; landwirtschaftliche Bewässerungen; für den Gebrauch in Fischzuchtanstalten; diverser wie Schwimmbäder, Biotope und dergleichen
- Grundwasser-Nutzungsmöglichkeiten**
- **Bereich für die Trinkwassernutzung genutzt**
Abgeschätzte Einzugsgebiete von genutzten Trinkwasserfassungen
 - **Bereich für die öffentliche Trinkwassernutzung langfristig zu sichern**
Bereiche die sich grundsätzlich für die zukünftige Trinkwassernutzung eignen (grosse Ergiebigkeit, gute Qualität, guter Schutz)
 - **Bereich für die übrige Grundwassernutzung geeignet**
Bereiche, welche sich für die öffentliche Trinkwassernutzung weniger eignen (z.B. wegen qualitativer Beeinträchtigungen oder ausgeprägter Gefährdung etc.)
 - **Bereich für die Grundwassernutzung wenig geeignet**
Randgebiete geringer Grundwassermächtigkeit und/oder geringer Durchlässigkeit (Nutzungsmöglichkeiten sehr eingeschränkt)
- Rechtsgültige Grundwasserschutz-zonen (S) und -areale (SA)**
- **Fassungsbereich (Zone S1) und Engere Schutzzone (Zone S2)**
Aus darstellerischen Gründen zusammengefasst.
 - **Weitere Schutzzone (Zone S3)**
 - **Grundwasserschutzareal (Zone SA)**
 - **Begrenzung Fassungseinzugsgebiet**
 - **Möglicher Fassungsstandort**



Weitere Karten dieses Gebietes:
Beilage 1: Hydrogeologische Karte Tal der Grüene
Grundkarte 1:25 000
Geologische Profile L 1:25 000 H 1:2 500

Digitale Kartographie, Direktplot:
B. S. Ingenieure AG, Bern / R. Bad
WEA / P. Eichwald

Kartendaten: PK25, © 1994, Bundesamt für Landestopographie
Ausgabe: 2002