Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologie Seeland

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

Bearbeitung: Dres. P. Kellerhals u. B. Tröhler

Geologen SIA, Bern



Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologie Seeland

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

Bearbeitung: Dres. P. Kellerhals u. B. Tröhler

Geologen SIA, Bern



Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Herausgeber : Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Gestaltung, Kartographie: Kant. Wasserwirtschaftsamt

Schrift Beilagen: Diaset AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern Reprographie, Druck, Einband: Aerni-Leuch AG, Bern

Ausgabe 1976



INHALTSVERZEICHNIS

		Seit		
EINFUEH	RUNG 			
1. AUFGAE	BE	9		
2. KREDIT	ΓE	9		
3. BEARBEITER				
4. UNTERL	CHRUNG SABE DITE RESITER RELAGEN PUCTION RE RITS S NFASSUNG RSUCHUNGSGEBIET SEELAND OGISCHE SITUATION Allgemeines Der Molasseuntergrund Die quartären Lockergesteine und ihre hydrogeologische Bedeutung Einleitung Pleistocaen Rissmoräne	10		
INTRODUC	CTION			
1. TACHE		11		
2. CREDIT	·S	11		
3. EXPERT	S	12		
4. BASES				
ZUSAMMENF	ASSUNG	13		
RESUME		16		
1. UNTERS	SUCHUNGSGEBIET SEELAND	19		
2. GEOLOG	ISCHE SITUATION	21		
2.1	Allgemeines	21		
2.2	Der Molasseuntergrund	23		
2.3		27		
2.3.1	Einleitung	27		
2.3.2	Pleistocaen	27		
2.3.2.1 2.3.2.2 2.3.2.3 2.3.2.4	Rissmoräne Interglaziale Seetone Plateau-Schotter Randliche Seelandschotter	27 27 28 30		

2.3.2.5 2.3.2.6	Grundmoräne der Würm-Vergletscherung Stauschotter von Diessbach	32 34
2.3.3	Holocaen	34
2.3.3.1 2.3.3.2 2.3.3.3	Alluviale Aareschotter Bachschuttkegel Diverse postglaziale bis subrezente Bildungen	34 36 36
3. HYDROLO	GISCHE GEGEBENHEITEN	37
3.1	Allgemeines	37
3.2	Niederschlag	38
3.2.1	Niederschlagsmengen und ihre geographische Verteilung	39
3.2.2	Niederschlagshäufigkeiten und zeitliche Verteilung	40
3.2.3	Regenintensitäten	42
3.3	Abfluss	42
3.3.1	Das Fluss-System der Alten Aare	43
3.3.1.1 3.3.1.2 3.3.1.3	Die Infiltrationsstrecken längs der Alten Aare Die Exfiltrationsstrecken längs der Alten Aare Zusammenfassende Beurteilung	44 47 48
3.3.2	Der Binnenkanal - Sagibach	48
3.3.2.1 3.3.2.2 3.3.2.3	Der Binnenkanal oberhalb Worben Der Binnenkanal zwischen Ober- und Unterworben Der Sagibach zwischen Unterworben und Schwadernau	48 50 51
3.3.3	Der Moosbach im Testgebiet Lüscherzmoos	52
3.3.4	Niederwasserabflüsse	52
3.4	Verdunstung	53
3.4.1	Felduntersuchungen	53
3.4.1.1 3.4.1.2 3.4.1.3	Die Gebietsverdunstung im Lüscherzmoos Die Gebietsverdunstung bei Müntschemier Zusammenfassende Beurteilung der erhaltenen Messwerte über die Verdunstung	53 56 56
3.4.2	Berechnete Gebietsverdunstungen	58
3.5	Grundwasserneubildung	61

3.5.1	Die Bildung von echtem Grundwasser	61
3.5.2	Infiltration von Oberflächenwasser	64
3.5.3	Seitliche Zuflüsse	70
4. DIE GR	UNDWASSERLEITER	72
4.1	Der Hauptgrundwasserleiter im alten Aaretal	72
4.1.1	Lithologischer Aufbau	73
4.1.2	Grundwassersohle	74
4.1.3	Deckschichten	74
4.1.4	Mächtigkeiten	76
4.1.5	Hydraulische Kennziffern	76
4.1.6	Grundwasserverhältnisse	79
4.1.6.1 4.1.6.2 4.1.6.3 4.1.6.4	Grundwasserspiegellage und -schwankungen Spiegelgefälle und Fliessgeschwindigkeiten Grundwassermengen Grundwassermengen ausserhalb der beiden Ströme	79 84 86 90
4.1.6.5	Nord und Süd in der alluvialen Talebene Grundwasserbilanzen der Hauptströme Nord und Süd	91
4.1.7	Grundwasserqualität	92
4.1.7.1 4.1.7.2 4.1.7.3	Darstellungsmethode und generelle Beurteilung Grundwasserqualität nördlich des Hagneckkanals Grundwasserqualität südlich des Hagneckkanals	92 95 96
4.2	Das Grundwasservorkommen im Schüssdelta	97
4.2.1	Geologie	97
4.2.2	Hydrologie	99
4.2.3	Qualität	100
4.2.4	Reserven	100
4.3	Uebrige Grundwasservorkommen in nacheiszeitlichen Schottern und Sanden	100
4.3.1	Grundwasservorkommen Neuenstadt	101
4.3.2	Grundwasservorkommen Twann	101
4.3.3	Schwemmebene zwischen Erlach und Vinelz	101
4.3.4	Der Schuttkegel von Schüpfen - Schwanden	102
4.3.5	Stauschotter von Diessbach	102

4.3.6	Zusammenfassung	103
4.4	Grundwasservorkommen in den Seeland-Schottern	103
4.4.1	Allgemeines	103
4.4.2	Grundwasservorkommen beim Bahnhof Ins	103
4.4.3	Grundwasservorkommen Müntschemier Süd	105
4.4.4	Grundwasservorkommen Müntschemier Nord	105
4.4.5	Grundwasservorkommen Kallnach	106
4.4.6	Grundwasservorkommen Siselen	107
4.4.7	Grundwasservorkommen Meinisberg	108
4.4.8	Grundwasservorkommen Arch - Leuzigen	108
4.4.9	Zusammenfassende Beurteilung des Grundwasser- dargebotes in den Seelandschottern	109
4.5	Grundwasservorkommen in den Plateau-Schottern und Rinnenfüllungen	110
4.5.1	Grundwasservorkommen Halenwald	110
4.5.2	Grundwasservorkommen Arch	110
4.5.3	Grundwasservorkommen Oberwil	111
4.6	Grundwasservorkommen in tiefgelegenen Schottern	111
4.7	Zusammenfassende Beurteilung der Grundwasservorkommen im Seeland	113
4.7.1	Nur mengenmässig	113
4.7.2	Mengen- und gütemässig	114
5. QUELLGEB	IETE 	116
5.1	Einleitung	116
5.2	Molassequellen	116
5.2.1	Quellgebiet Jolimont	117
5.2.2	Quellgebiet Schaltenrain	118
5.2.3	Quellgebiet Frienisberg	119
5.2.4	Quellgebiet Jensberg	121
5.2.5	Quellgebiet Büttenberg	122
5.2.6	Quellgebiet Dotzigenberg	123

5.2.7	Quellgebiet Bucheggberg	124
5.2.8	Weitere Molassequellen	124
5.2.9	Zusammenfassung	124
5.3	Lockergesteinsquellen	125
5.3.1	Quellen aus den Plateauschottern und Rinnenfüllungen	125
5.3.2	Quellen aus den Seelandschottern	130
5.3.3	Quellen aus Moränebildungen	131
5.4	Quellen des Jurasüdfusses	131
5.5	Abschliessende Gesamtbeurteilung des Quellwasser- dargebotes im Gebiet Seeland	132
5.6	Wasserqualität	133
6. HEUTIG	SER VERSORGUNGSZUSTAND IM SEELAND	134
7. DIE WA	SSERRESERVEN UND IHRE NUTZUNGSMOEGLICHKEITEN	136
7.1	Nutzung der noch vorhandenen Quellwasserreserven	136
7.2	Nutzung der noch vorhandenen Grundwasserreserven	136
7.2.1	Gebiet Gimmiz	137
7.2.2	Gebiet Bargen - Kallnachkanal	138
7.2.3	Gebiet Kappelen	138
7.2.4	Gebiet Worben	138
7.2.5	Gebiet nördlich Dotzigen	140
7.2.6	Uebrige Gebiete	140
7.2.7	Generelle Beurteilung der Grundwasserreserven	140
8. GEWAES	SERSCHUTZ	141
8.1	Gewässerschutzkarte	141
8.2	Schutzzonenfestlegungen	142

9. KIESAUSBEUTUNG	144
VERZEICHNIS DER WICHTIGSTEN LITERATUR	145
VERZEICHNIS DER BENUTZTEN GEOLOGISCHEN KARTEN	148
LISTE DER GEBRAEUCHLICHSTEN ABKUERZUNGEN	149

VERZEICHNIS DER FIGUREN

- Fig. 1 Geologisch-tektonische Uebersichtskarte 1:100 000
- Fig. 2 Sammelprofil durch die Molasse des Seelandes mit hydrogeologischer Spezifikation
- Fig. 3 Reliefumkehr im Seeland, dargestellt anhand des Profils Cressier - Fräschels
- Fig. 4 Sammelprofil durch die Quartärablagerungen des Seelandes mit hydrogeologischer Spezifikation
- Fig. 5 Längenprofil durch das postglaziale Delta der Aare
- Fig. 6 Niederschlagsverhältnisse, Regenkarten 1901 40 und 1970 74
- Fig. 7 Niederschlagsverhältnisse, Regenkarten der Jahre 1970 74
- Fig. 8 Flussystem der alten Aare. Längenprofile
- Fig. 9 Trockenwetterabflüsse im Okt. 1972
- Fig. 10 Die monatlichen Anteile in % an der Jahresverdunstung
- Fig. 11 Grundwasserneubildung im Lüscherzmoos, bei Müntschemier und Büetigen, Monatswerte
- Fig. 12 Beobachtungen über die Grundwasserneubildung in Müntschemier
- Fig. 13 Beobachtungen über die Grundwasserneubildung im Lüscherzmoos
- Fig. 14 Grundwasserneubildung, spezifische mittlere Einsickerung in $1/\sec\cdot km^2$
- Fig. 15 Graphische Darstellung der Durchlässigkeitswerte in der Kolmatierungsschicht des Hagneckkanals
- Fig. 16 Potentielle Infiltrationsleistungen des Hagneckkanals auf Grund der hydraulischen Gegebenheiten im Infiltrationsgebiet (Computerberechnungen A+W)
- Fig. 17 Infiltrationsverhältnisse beim Hagneckkanal im Jahre 1974 (monatsweise)
- Fig. 18 Ausgewählte langjährige Grundwasserganglinien
- Fig. 19 Beispiel einer vertikalen k Wert Verteilung mit Flowmeter-log
- Fig. 20 Langjährige Ganglinien einiger Grundwasserspiegelaufschlüsse im Infiltrationsgebiet des Hagneckkanals
- Fig. 21 Längenprofile durch die Grundwasserströme Nord und Süd im Haupttrog
- Fig. 22 Schematische Darstellung der Grundwasserbilanzen für die Grundwasserteilströme Nord und Süd im Seeland
- Fig. 23 Zusammenstellung der gesamten Grundwasserreserven im Seeland in Berücksichtigung der Qualität

- Fig. 24 Quellgebiet Frienisberg-Nord. Restwassermengen
- Fig. 25 Nutzungsvarianten Gimmiz
- Fig. 26 Berechnete Anteile Hagneckinfiltration an der geförderten Wassermenge in den Fassungen Gimmiz
- Fig. 27 Berechnete Grundwasserspiegelverhältnisse bei Vollausbau im Raume Aarberg Worben

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

- 1 Aquitane Molasse in der Ziegeleigrube Bundkofen bei Schüpfen
- 2 Grenze Burdigalien Aquitanien im Steinbruch östlich von Schnottwil (Winkeldiskordanz)
- 3 Plateauschotter in der Halenwaldgrube nordöstlich Meikirch
- 4 Seelandschotter in der Kiesgrube Beich bei Walperswil
- 5 Grundmoräne auf Seelandschottern in der Kiesgrube Finsterhennen
- 6 Aareschotter bei Aarberg
- 7 Verlandungsbildungen des Grossen Mooses bei Witzwil, z.T. über ehemaliger Römerstrasse

VERZEICHNIS DER BEILAGEN

HYDROGEOLOGISCHE KARTEN SEELAND

- Beilage 1 Grundkarte 1:25 000 Blatt NO UND SW
- Beilage 2 Profile 1:25 000 / 1:2500 Blatt NO und SW
- Beilage 3 Isohypsen des Grundwasser-Spiegels, Niederwasser Isohypsen des Grundwasser-Stauers 1:25 000 Blatt NO und SW
- Beilage 4 Isohypsen des Grundwasser-Spiegels, Hochwasser Isohypsen des Grundwasser-Stauers 1:25 000 Blatt NO und SW
- Beilage 5 Hydrochemie 8 Teilkarten 1:100 000

EINFUEHRUNG

1. AUFGABE

Der Staat als Eigentümer des Grundwassers ist von Gesetzes wegen verpflichtet, die Nutzung dieses Rohstoffs in angemessener Weise zu überwachen, zu steuern und für seinen Schutz besorgt zu sein. Dieser schwierigen Aufgabe können die Behörden nur gerecht werden, wenn ihnen die nötigen Informationen über die Grundwasserträger einerseits und das Grundwasserdargebot andererseits bekannt sind.

Durch den Zusatzartikel 127a von 1971 des bernischen Wassernutzungsgesetzes von 1950/1964 erhielt der Staat den Auftrag, die Grundlagen für die wirtschaftliche Nutzung und für den Schutz des Grundwassers zu erarbeiten.

Wir können heute mit Genugtuung feststellen, dass die erwähnte, gesetzlich verankerte Aufgabe im Gebiet des Seelandes weitgehend erfüllt ist. Wir wissen heute, wo noch sehr grosse ungenutzte Tinkwasserreserven vorhanden sind und kennen auch die Gebiete, in welchen Trinkwasserprospektionen von vornherein wenig Erfolg versprechen.

Daraus ergibt sich, dass geeignete Massnahmen für den Gewässerschutz auf diejenigen Gebiete zu konzentrieren sind, wo Wasser in grossen Mengen und guter Qualität auch für zukünftige Generationen zu schützen ist. Andererseits sind die Gewässerschutzmassnahmen dort zu lockern, wo das Grundwasser durch nachgewiesene, mächtige Deckschichten geschützt ist, oder wo aus quantitativen oder qualitativen Gründen eine wirtschaftliche Wassernutzung nicht in Frage kommt.

Auch in Zukunft wird es notwendig sein, für spezielle Fragestellungen wie z.B. Errichten neuer Fassungen an geeigneten Standorten, weitere hydrogeologische Untersuchungen zu machen. Diese können aber dank der vorliegenden Arbeit gezielt und erfolgversprechend angeordnet werden.

2. KREDITE

Im Jahr 1972 hat der Grosse Rat einen Kredit in der Gesamthöhe von Fr. 1'926'000°-für die hydrogeologischen Untersuchungen im Seeland bewilligt. Bis zum Abschluss des Programms 1976 wurden für das Projekt Seeland insgesamt Fr. 1'679'000.-- ausgegeben. Dem Parlament, der Direktion für Verkehr, Energie- und Wasserwirtschaft (Direktor: Herr Regierungsrat H. Huber) und unserem Amt (Oberingenieur: R. Merki) danken wir für ihr Verständnis und ihre Unterstützung.

Der Bund subventionierte die Arbeiten mit 30% (bis Ende 1972) und 35% (ab Januar 1973).

Den Mitarbeitern des Eidg. Amtes für Umweltschutz, insbesondere den Herren Direktoren dipl. Ing. F. Baldinger und Dr. R. Pedroli, sowie den Dres. H.U. Schweizer und C.R. Niggli danken wir für ihre tatkräftige Hilfe und Fürsprache.

3. BEARBEITER

1969 begann das kantonale Wasser- und Energiewirtschaftsamt (WEA) mit den ersten Vorabklärungen für die hydrogeologische Karte des Seelandes. 1972 erfolgte die Erteilung des Auftrages zur Ausführung der gesamten Studie an Dr. P. Kellerhals, Geologe SIA/ASIC; ab 1975 zeichnet auch dessen, damals am Büro neu beteiligter Partner Dr. B. Tröhler, Geologe SIA, mitverantwortlich für den Auftrag.

Dank dem Entgegenkommen von Herrn Prof. Dr. F. Gygax war eine Zusammenarbeit mit Doktoranden des geographischen Institutes möglich. Die Oberleitung und Koordination lag bei der geologischen Unterabteilung des WEA, in der Anfangsphase bis zum Frühjahr 1972 war Dr. R.V. Blau, danach Dr. R.A. Gees mit dieser Aufgabe betraut.

4. UNTERLAGEN

Der publizierte Bericht zeigt nur einen zusammenfassenden Teil der ganzen Studie. Die zahlreichen nicht veröffentlichten Detailresultate, wie Zwischenberichte 1971/72/73; Geologische Kartierung 1:10 000 der für den Gewässerschutz besonders wichtigen Deckschichten; Zusammenstellung der Niederschlagsdaten 1970-75 (A); Zusammenstellung der Abflussmessungen 1972-75 (B); Testgebiet Lüscherzmoos, Basisdaten und Auswertungen 1972-75 (C); Grundwasserverhältnisse im Seeland 1970-75, Tabellen und Ganglinien (D1-3); Geophysikalische Sondierungen 1971-1973 (E); Bohrungen 1973/74, Bohrprofile und Bohrlochgeophysik (F); Färbversuch in der Alten Aare und im Lyssbach, Juli 1973 (G); Computerberechnungen A+W 1975/76 (H) und Zusammenstellung der hydrochemischen Analysenresultate 1971-75 (I) bilden einen integrierenden Bestandteil.

Gestützt auf Art. 127a des bernischen Wassernutzungsgesetzes in der Fassung von 1971 sind bei kantonalen und kommunalen Verwaltungen, Regionalplanungsstellen, Ingenieurbüros, Bohrfirmen usw. die früher gewonnenen Erkenntnisse über den Aufbau des Untergrundes und das Verhalten des Grundwassers gesammelt worden. Im allgemeinen waren alle Angefragten bereit, dem beauftragten Büro oder unserer Dokumentationsstelle die gewünschten Unterlagen zu liefern. Wie danken für diese Hilfe.

Die Zahl der verwendeten Dokumente ist derart gross, dass es nicht möglich ist, sie einzeln hier aufzuführen. Auf einige wichtige Angaben wird im Text hingewiesen; im allgemeinen müssen wir aber auf die "Geologische Dokumentationsstelle des Kantons Bern" verweisen, die vom Wasser- und Energiewirtschaftsamt geführt wird.

INTRODUCTION

1. TACHE

L'Etat, en tant que propriétaire des eaux souterraines, est légalement tenu de surveiller et de planifier l'utilisation de cette matière première de manière appropriée, et d'assurer la protection des nappes. Les autorités ne peuvent accomplir cette tâche complexe que si elles disposent, d'une part des informations nécessaires sur les aquifères et, d'autre part, si elles connaissent les quantités d'eau souterraine disponible.

En vertu de l'article complémentaire 127a de 1971 de la loi bernoise de 1950/1964 sur l'utilisation des eaux, l'Etat a reçu mandat d'établir les données de base permettant l'utilisation et la protection des eaux souterraines.

Aujourd'hui, nous pouvons constater avec satisfaction qu'en ce qui concerne le Seeland, la tâche légalement fixée est largement remplie. Actuellement, nous savons où existent de grandes réserves d'eau potable non utilisées et nous connaissons aussi les régions dans lesquelles les recherches d'eau potable risquent de n'être pas couronnées de succès.

Il en découle que les mesures appropriées pour la protection des eaux doivent être concentrées sur les zones où l'eau de bonne qualité existe en grandes quantités qui doivent être protégées pour les générations futures. D'autre part, les mesures de protection des eaux doivent être assouplies là où l'eau souterraine est protégée par d'importantes couches de recouvrement connues, ou bien où l'utilisation économique de l'eau est problématique pour des motifs quantitatifs ou qualitatifs.

A l'avenir, il sera encore nécessaire d'entreprendre d'autres recherches hydrogéologiques pour des questions spéciales, telles que, par ex. de nouveaux captages en des endroits appropriés. Grâce au travail accompli, ces recherches pourront se faire dans des buts précis et avec de sérieuses garanties de succès.

2. CREDITS

En 1972, le Grand Conseil a voté un crédit de fr. l'926'000.- pour les recherches hydrogéologiques dans le Seeland. Jusqu'à l'achèvement du programme 1976, ce sont en tout fr. l'679'000.-- qui ont été utilisés sur ce crédit. Nous remercions le Parlement, la Direction des transports, de l'énergie et de l'économie hydraulique (Directeur: M. le Conseiller d'Etat Henri Huber), et notre Office (M. Rudolf Merki, ingénieur en chef) pour leur compréhension et pour leur appui.

La Confédération a subventionné les travaux à raison de 30% (jusqu'à fin 1972) et de 35% (dès janvier 1973).

Nous remercions les collaborateurs de l'Office fédéral pour la protection de

l'environnement, particulièrement MM les directeurs F. Baldinger, ingénieur et R. Pedroli, docteur es sciences pour leur aide efficace et pour leur appui.

3. EXPERTS

C'est en 1969 que l'Office cantonal de l'économie hydraulique et énergétique (OEHE) a entrepris les premiers travaux préparatoires pour la carte hydrogéologique du Seeland. En 1972, M. P. Kellerhals, géoloque SIA/ASIC recevait le mandat d'exécuter l'ensemble de la recherche; dès 1975, M. B. Tröhler, géologue SIA, nouveau partenaire attaché au bureau apposait conjointement sa signature comme corresponsable pour le mandat d'exécution.

Grâce à la complaisance du professeur F. Gygax il nous a été possible de nous assurer la collaboration de candidats au doctorat de l'Institut de géographie. La direction générale et la coordination étaient assurées par le Service géologique de l'OEHE. De la phase initiale jusqu'au printemps 1972 cette tâche a été confiée M. R.V. Blau, puis à M. R.A. Gees.

4. BASES

Le rapport publié ne présente qu'une partie résumée de l'ensemble de l'étude. Les nombreux résultats de détail non publiés tels que les rapports intermédiaires de 1971/72/73; les levés géologiques 1:10'000 des couches de recouvrement particulièrement importantes pour la protection des eaux; le classement des données pluviométriques de 1970-1975; le classement des mesurages de débit 1972-75 (B); la région test du Marais de Lüscherz, les données de base et leur mise en valeur 1972-75 (C); les conditions d'eaux souterraines dans le Seeland 1970/75, les tableaux et les lignes d'écoulement 1972/75 (D1-3); les sondages géophysiques 1972-1973 (E); les forages 1973/74, les profils de forage et la géophysique des forages (F), les essais de coloration dans la Vieille Aar et dans le Lyssbach, juillet 1973 (G); les données fournies par ordinateur A+E 1975/76 (H) et le classement des résultats d'analyses hydrochimiques 1971-75 (I) en sont partie intégrante.

En vertu de l'article 127a de la loi cantonale sur l'utilisation des eaux dans sa teneur de 1971 les données acquises antérieurement par les administrations cantonales et communales, par les offices régionaux d'aménagement du territoire, par les bureaux d'ingénieurs, par les entreprises de forages etc. ont été rassemblées. En général, tous ceux qui ont été sollicitées ont fourni les renseignements demandés, soit au bureau mandataire, soit à notre office de documentation.

Nous les remercions pour cette aide.

Le nombre des documents utilisés est si grand qu'il n'est pas possible de les indiquer tous séparément ici. On fait état, dans le texte, de quelques données importantes; en général, nous devons cependant nous en référer au "Service de documentation géologique du canton de Berne", service dirigé par l'Office de l'économie hydraulique et énergétique.

ZUSAMMENFASSUNG

In hydrogeologischer Hinsicht können im ca. 425 km² grossen Untersuchungsgebiet Seeland vier Einheiten unterschieden werden:

Ein erstes Teilgebiet bildet die Hügelzone, aufgebaut aus Gesteinen der Molasse mit zahlreichen kleineren Quellen, besonders an der Grenze zwischen Sandsteinmolasse (Burdigalien) und der liegenden Mergelmolasse (Aquitanien). Grössere Quellen treten an der Basis von eiszeitlichen, mit Grundmoräne überzogenen Schotterablagerungen auf. Die Grundwassernutzungsmöglichkeiten sind an wenige schottererfüllte Rinnen und Mulden gebunden. Das totale, heute zu über 90 % bereits genutzte Dargebot an qualitativ durchwegs sehr gutem Trinkwasser kann im Mittel auf 360 l/sec, resp. 11,3 Mio m pro Jahr geschätzt werden.

Die Hügelzone aus quartären Lockergesteinen mit lokalen Grundwasservorkommen in den Seelandschottern stellt das zweite Teilgebiet dar. Sämtliche Grundwasserfassungen im südwestlichen Teil des Untersuchungsgebietes liegen in derartigen randlichen Vorkommen. Das Dargebot an Grundwasser genügender Qualität in diesen randlichen (z.T. auch im Talinnern liegenden) Seelandschottern mit Moränenbedeckung beträgt 110 - 160 l/sec, resp. 3,5 - 5 Mio m³ pro Jahr. Zur Zeit sind davon weniger als 60 % genutzt; Reserven bestehen in den Gebieten Müntschemier (bereits erschlossen, aber nicht genutzt), Kallnach - Fräschels, Siselen und Ins.

Das dritte, in Bezug auf Grundwasserführung wichtigste Teilgebiet bildet die Talebene des Seelandes. Es liegt im eiszeitlichen (diluvialen), bis 300 m übertieften Erosionstrog des Rhonegletschers. Die Trogfüllung besteht vorwiegend aus feinkörnigen Seeablagerungen mit nur vereinzelt nachgewiesenen Schotterresten, in welchen stagnierendes, qualitativ ungenügendes Grundwasser enthalten ist.

Nach dem Rückzug des Würmgletschers lagerte die Aare von Aarberg her ein Delta im nacheiszeitlichen "Solothurnersee" ab, das sich gegen SW bis in den Murtenund Neuenburgersee und gegen NE bis nach Solothurn erstreckt. Im Zentrum dieser Schüttung wurden grosse Schottermassen abgelagert, die im Gebiet von Aarberg - Kappelen - Kallnach bis zu 50 m Mächtigkeit erreichen, nach beiden
Seiten des Deltas hin aber ausdünnen und versanden. Die Schotter reichen gegen
SW bis Müntschemier, gegen NE bis zum Nidau-Bürenkanal. Sie enthalten zwei
Grundwasserströme, welche durch eine Wasserscheide, die sich im Untergrund des
Hagneckkanals westlich Aarberg befindet, voneinander getrennt sind.

Der bedeutendere Strom Nord - bei weitem der wichtigste Grundwasserstrom des Seelandes - weist ein natürlich gegebenes Grundwasserdargebot von mindestens 710 l/sec bei Niederwasser auf; davon sind ca. 56 % von guter, 28 % von mittlerer und 16 % von schlechter Qualität. Die gesamte ungenutzte Menge exfiltriert direkt oder via Binnenkanal und Alte Aare in den Nidau-Bürenkanal. Durch die

Vergrösserung der natürlichen Infiltration von Aarewasser im Gebiet des Hagneck-kanals (bewirkt durch eine vermehrte Grundwassernutzung bei Gimmiz) sowie durch die künstlichen Infiltrationen von Aarewasser im Gebiet Kappelen, resp. von Wasser aus der Alten Aare im Gebiet nördlich von Lyss, liesse sich das Dargebot an qualitativ einwandfreiem Grundwasser um 800 bis 1000 l/sec erhöhen. Die dazu notwendigen Fassungs- oder Anreicherungsareale sind entweder bereits realisiert (Gimmiz) oder können noch leicht von Ueberbauungen und Kiesausbeutungen freigehalten werden. Nordöstlich der Linie Worben - Busswil lassen die hier generell schlechteren Wasserqualitäten sowie die stark verminderten Kiesmächtigkeiten nur noch wenig bedeutende Grundwassernutzungen zu.

Der weniger wichtige Strom Süd führt nur im Infiltrationsbereich des Hagneck-kanals und der Bewässerungskanäle im Grossen Moos Grundwasser genügender Qualität, da die Deckschichten über grosse Gebiete vertorft sind und die Wasserqualität ungünstig beeinflussen. Das natürlich gegebene Dargebot dieses Stroms beträgt 250 l/sec; davon sind max. 100 l/sec von guter Qualität. Auch hier lässt sich die Nutzung von qualitativ gutem Grundwasser um ein Vielfaches steigern, indem durch Fassungen NW von Bargen die natürliche Infiltration von Aarewasser stark vergrössert werden kann. Spezielle Abklärungen zur Festlegung der notwendigen Schutzareale sind zur Zeit im Gang. Südwestlich des Kallnachkanals lässt die Wasserqualität generell nur noch Nutzungen für Bewässerungen oder zu technischen Zwecken zu.

Als viertes Teilgebiet ist der Jurasüdfuss mit grossen Karstquellen aus den steil gegen SSE einfallenden Kalken des Malm zu erwähnen. Die Merlinquelle der Stadt Biel einbezogen, beträgt das Dargebot an qualitativ noch gerade genügendem oder aufbereitbarem Quellwasser im Minimum 360 l/sec; davon sind heute über 60 % genutzt. Ausbaureserven sind aus der Brunnmühle (reserviert für das Tessenbergplateau und möglicherweise das Amt Erlach) und bei Lengnau bekannt.

Da das Seeland zu den eher regenärmeren Gebieten der Schweiz gehört (im Mittel 900 mm Niederschlag pro Jahr in der Talebene), andererseits die Verdunstungen je nach Grundwasserspiegellage und Art der Deckschichten 500 – 700 mm pro Jahr erreichen, lässt sich bereits hieraus die überragende Bedeutung der Oberflächenwasserinfiltration für das vorhandene Grundwasserdargebot ersehen: die ca. 70 km² betragende Ausdehnung des Hauptgrundwasservorkommens im Seeland würde ohne Infiltration von Oberflächenwasser maximal 300 l/sec "echtes" Grundwasser genügender Qualität zu liefern vermögen; die Aare mit einem mittleren Abfluss von rund 180 m³/sec in Hagneck garantiert somit die bedeutenden Grundwasserreserven von Trinkwassergüte.

Schon die zur Zeit vorhandenen Grundwasserreserven in den nacheiszeitlichen Aareschottern werden bei weitem nicht voll genutzt. Durch Vermehrung der künstlichen und natürlichen Infiltration lässt sich das Dargebot an qualitativ gutem Grundwasser dermassen steigern, dass nicht nur der gesamte Trinkwasserbedarf der Region Seeland für alle Zukunft gedeckt werden kann, sondern auch eine Trinkwasserabgabe an angrenzende Mangelgebiete möglich sein wird.

Zum Glück sind die potentiellen Infiltrations- und Fassungsgebiete weder durch natürliche Faktoren (Torfüberdeckung, Stagnation) beeinträchtigt, noch durch menschliche Einwirkungen (Abwasserversickerungen, Ueberbauungen, Kiesausbeutungen, Kehrichtdeponien) akut gefährdet.

Voraussetzung für die langfristige Erhaltung der grossen Reserven an qualitativ gutem Grundwasser im Seeland ist einerseits die gute Wasserqualität der Aare (als Infiltrant), andererseits die notwendigen Schutzmassnahmen zur Bewahrung der zukünftigen Nutzungsgebiete.

RESUME

Du point de vue de l'hydrogélogie, on peut différencier 4 unités dans les $425~\mathrm{km}^2$ que représente le domaine étudié du Seeland.

La zone des collines molassiques est une première unité. On y trouve de nombreuses sources d'importance secondaire, plus particulièrement à la limite entre les grès du Burdigalien et la molasse marneuse aquitanienne (mur imperméable). Les sources importantes ont leur résurgence à la base de graviers pléistocènes recouverts de moraine de fond. Les possibilités d'utilisation d'eau de fond sont limitées à quelques nappes dans des cuvettes ou chenaux graveleux. L'ensemble de ces eaux de très bonne qualité est déjà utilisé à plus de 90 %. On en estime le débit moyen à 360 l/sec c.a.d. 11,3 Mio m³/an.

La zone des collines de roches quaternaires meubles avec quelques nappes locales constitue la deuxième unité hydrogéologique. La totalité des captages d'eau de fond de la partie sud-ouest du domaine étudié exploitent ces nappes latérales. Celles-ci sont contenues dans des graviers (= Seelandschotter) sous faible couverture morainique que l'on trouve en bordure et partiellement dans la plaine seelandaise. Le débit en eau de qualité suffisante se chiffre entre 110 - 160 l/sec, c.a.d. environ 3,5 - 5,0 Mio de m³ en moyenne par année. Le 60 % de ce volume est actuellement utilisé. Des réserves existent dans les régions de Müntschemier (gisement déjà capté mais non utilisé), de Kallnach - Fräschels, de Siselen et d'Anet.

La troisième unité, la plus importante pour la gestion des eaux souterraines, est la plaine alluviale du Seeland. Le Glacier du Rhône y a creusé une vallée en auge dont la profondeur atteint 300 m. Le remplissage consiste principalement en fins dépôts glacio-lacustres dans lesquels la présence de quelques lentilles graveleuses a pu être démontrée. Les eaux fossiles qu'on y trouve sont de qualité insuffisante.

Après le retrait du glacier würmien, l'Aar déposat à partir d'Aarberg un delta dans un lac post-glaciaire qui s'étendait de Soleure à Orbe. Ce delta se développe symétriquement, au sud-ouest jusque dans les lacs de Morat et Neuchâtel et au nord-est où il atteint Soleure.

Au centre de ces sédiments s'est déposée une grosse masse de graviers, dont la puissance atteint 50 m dans la région Aarberg - Kappelen - Kallnach. Ces graviers diminuent d'épaisseur et passent à des sables sur les deux côtés du delta. Ils atteignent Müntschemier au sud-ouest et le canal Nidau-Büren au nord-est. Sous le canal d'Hagneck, au nord d'Aarberg, passe une ligne de partage des eaux, qui divise la nappe en deux courants principaux. Le plus important (courant nord) accuse un débit d'au minimum 710 l/sec en période de basses eaux. On peut y faire les distinctions suivantes: 400 l/sec, eau de bonne qualité; 200 l/sec de qualité moyenne et 110 l/sec de mauvaise qualité. La partie non exploitée de ces eaux s'exfiltre entièrement dans le canal Nidau-Büren.

Il es possible d'augmenter la quantité d'eau potable souterraine de quelque 800 ... 1000 l/sec par deux moyens:

- en agrandissant l'exploitation de Gimmiz, ce qui accroît l'infiltration naturelle de l'Aar dans la région du canal d'Hagneck;
- en alimentant artificiellement la nappe par de l'eau de l'Aar dans la région de Kappelen et de l'eau de l'Ancienne Aar dans la région située au nord de Lyss.

Les zones de captage ou de réalimentation artificielle sont soit déjà réalisées - donc protégées - soit facilement protégeables (ceci pour de futures installations) contre les constructions et l'exploitation de gravier.

Au nord-est de la ligne Worben-Busswil, les eaux de qualité généralement moindre ainsi que la puissance des graviers fortement diminuée, ne laissent plus que des possibilités d'exploitation de la nappe très limitées.

Le courant sud, moins important, ne conduit des eaux de qualité suffisante que dans la zone d'infiltration du canal de Hagneck et des canaux d'infiltrations du Grand Marais. La qualité de l'eau est en effet fortement influencée par la couverture de tourbe qui s'étend sur la plus grand partie de cette région.

Le débit naturel de ce courant sud s'élève à 250 l/sec, dont seuls 100 l/sec sont de bonne qualité. Ici encore, la quantité utilisable passera probablement vers 1000 l/sec, si par des captages au nord-ouest de Bargen, l'infiltration naturelle de l'Aar est augmentée. Des études spécifiques, servant à la définition d'un périmètre de protection, sont actuellement en cours dans la région précitée.

Au sud-ouest du canal de Kallnach la qualité de l'eau ne permet généralement qu'une utilisation pour l'industrie ou l'irrigation.

La quatrième unité comprend le pied sud du Jura où d'importantes sources karstiques sortent des calcaires du Malm fortement inclinés vers le SSE. La quantité des eaux exploitables directement ou après traitement, s'élève à 360 l/sec au minimum (y compris la source Merlin de la ville de Bienne), dont plus de 60 % sont déjà utilisés. Des réserves disponibles existent encore à Douanne source Brunnmühle -(destinée au plateau de Diesse et peut-être au district de Cerlier) et à Longeau.

Des possibilités d'exploitation d'eau souterraine d'intérêt régional et suprarégional n'existent que dans les graviers post-glaciaires de l'Aar, ceci du fait que, dans la zone des grosses infiltrations naturelles et potentielles de l'Aar, les qualités de l'eau ne sont dégradées ni par des facteurs naturels (couverture de tourbe, stagnation, etc.) ni par des interventions humaines (infiltrations d'eaux usées, exploitations de graviers, décharges d'ordures, constructions industrielles). Comme le Seeland appartient à une zone de la Suisse relativement peu pluvieuse (en moyenne 900 mm de précipitations par an dans la plaine) et comme, d'autre part, l'évaporation atteint 500 à 700 mm par an suivant le niveau de la nappe et la nature de sa couverture, on remarque aisément le rôle prépondérant que jouent les infiltrations d'eau de surface dans le débit de la nappe; les quelques 70 km² de la nappe principale, sans les infiltrations des cours d'eaux, ne seraient susceptibles de livrer qu'environ 300 l/sec d'eau souterraine "authentique" de bonne qualité. L'Aar, avec un écoulement moyen de quelque 180 m³/sec à Hagneck, garantit ainsi quantitativement et qualitativement des réserves d'eau de fond dont l'intérêt dépasse largement le cadre de la Région Seeland.

La protection des ces réserves est de première importance et le présent rapport a pour but d'en fournir les données de base.

1. UNTERSUCHUNGSGEBIET SEELAND

Das Untersuchungsgebiet Seeland wird geographisch wie folgt umgrenzt:

- im Nordwesten durch den Jurasüdfuss und den Bielersee
- im Westen durch den Zihlkanal und den Neuenburgersee
- im Süden durch den Broyekanal und die Kantonsgrenze gegen Freiburg bis südlich Kallnach, anschliessend durch die Wasserscheide Aare - Saane, die Aare bis zum Kraftwerk Mühleberg, den Frieswilgraben sowie die Wasserscheide längs des Frienisberges bis nördlich Münchenbuchsee
- im Osten durch die Wasserscheide Lyssach Urtenen bis zur Kantonsgrenze gegen Solothurn
- im Norden durch die Aare und die Kantonsgrenze gegen Solothurn bis an den Jurasüdfuss bei Lengnau

Das Arbeitsgebiet umfasst rund 425 km² Fläche; der höchste Punkt liegt mit 830 m ü.M. auf dem Frienisberg, der tiefste Punkt mit 425 m ü.M. bei Leuzigen an der Aare.

Politisch umfasst das Gebiet nachstehende Gemeinden und Aemter:

a) Amt Erlach

mit Gemeinden - Brüttelen - Lüscherz
- Erlach - Müntschemier
- Finsterhennen - Siselen
- Gals - Treiten
- Gampelen - Tschugg
- Ins - Vinelz

b) Amt Aarberg

mit Gemeinden - Aarberg - Meikirch
- Bargen - Niederried b. Kallnach
- Grossaffoltern - Radelfingen
- Kallnach - Rapperswil
- Kappelen - Schüpfen
- Lyss - Seedorf

c) Amt Nidau

mit Gemeinden - Aegerten - Orpund - Bellmund - Port - Brügg - Safnern - Scheuren - Bühl - Epsach - Schwadernau - Hagneck - Studen - Sutz - Lattrigen - Hermrigen - Ipsach - Täuffelen - Jens - Twann (St. Petersinsel) - Merzligen - Walperswil - Mörigen - Worben - Nidau

d) Amt Büren

mit Gemeinden - Arch - Leuzigen - Meienried - Büren a.A. - Meinisberg - Oberwil b. Büren - Diessbach - Pieterlen - Dotzigen - Lengnau - Wengi

e) Amt Biel

mit Gemeinde - Biel (ohne Jura)

sowie kleine Anteile der Aemter Laupen (Gemeinde Golaten und teilweise Wileroltigen), Bern (teilweise Gemeinde Wohlen) und Fraubrunnen (Teile der Gemeinden Bangerten, Diemerswil, Scheunen und Iffwil).

2. GEOLOGISCHE SITUATION

2.1. Allgemeines

Der Felsuntergrund des Untersuchungsgebietes wird durch die Mittelländische Molasse gebildet. Die Lockergesteine werden dominiert durch die Füllung des durch den Rhonegletscher gebildeten Erosionstroges längs des Juras (vgl. Figur 1).

Bedingt durch die wechselvolle Entstehung der verschiedenen Lockergesteine, die den relativ einheitlichen Molassesockel bedecken, sind die geologischen Verhältnisse recht komplex. Wir haben versucht, als Arbeitshypothese ein geologisches Modell zur Talgeschichte im Seeland aufzustellen, basierend auf den regionalen Kenntnissen sowie zahlreichen Detailuntersuchungen. Die Modellvorstellung ist im Untersuchungsprogramm vom 9.3.72 erläutert und auch im Zwischenbericht 1971 wiedergegeben.

Aufgrund der seit anfangs 1972 erarbeiteten neuen Erkenntnisse ist es möglich, die damalige Modellvorstellung zu modifizieren und die Talgeschichte des Seelandes wie folgt wiederzugeben:

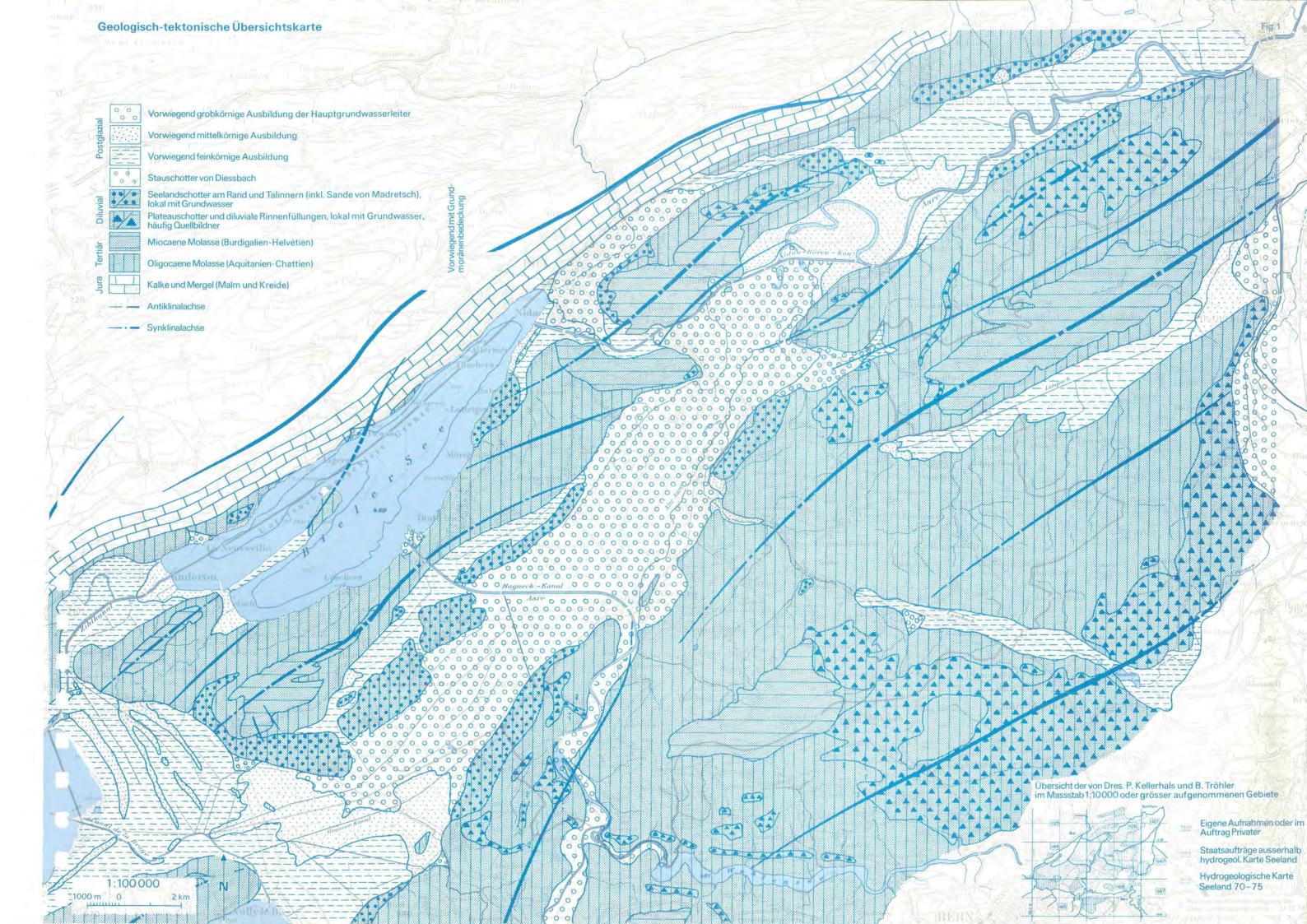
- a) Als Ausgangslage kann am Talrand und bei den Inselbergen (zwischen dem Haupttrog und den Hintermösern eine alte Molasseoberfläche ca. auf Kote 445 m festgestellt werden. Ihr Alter ist nicht bekannt, jedenfalls aber praeriss.
- b) Spätestens während der Risseiszeit wurden zwei Taltröge von unterschiedlicher Tiefe erodiert. Der weniger tiefe Trog liegt im Gebiet der sogenannten Hintermöser, welche zwischen dem Hügelzug des Schaltenrains (Ins Täuffelen) und den Hügeln bei Müntschemier Finsterhennen Walperswil liegen. Er ist nach den geophysikalischen Sondierungen im Südwesten über 100 m tief, im Nordosten dagegen nur 20 m. Der andere stark übertiefte Haupttrog zwischen Müntschemier Kallnach und Studen Busswil ist dagegen im Mittel über 250 m eingetieft. Die Trogsohle liegt ziemlich einheitlich bei rund 150 m ü.M., wie u.a. die Tiefbohrung bei Busswil gezeigt hat. Erst nordöstlich der Linie Lengnau Arch scheint die Trogsohle anzusteigen.
- c) Spätestens in der dem Interglazial Riss-Würm zuzuordnenden Akkumulationsphase, eventuell aber auch während mehreren, durch Erosionsphasen getrennten Akkumulationen, wurden die Tröge mit feinkörnigen Seeablagerungen weitgehend aufgefüllt. Es handelt sich um die monotone Abfolge der "Seetone",
 die über 200 m mächtig ist und die, wenigstens lokal, (Riss?) Moräne überlagert. Im Gebiet von Busswil sind in die Seetone rinnenartige Schotterstränge eingelagert (aufgefüllte subaquatische Canyons?), die stagnierendes, möglicherweise fossiles Grundwasser führen.

Die Oberfläche der Seetonabfolge ist durch ein deutliches Erosionsrelief

geprägt. Am Talrand und den angrenzenden Gebieten liegt sie auf über 450 m ü.M. (z.B. bei Ins - Müntschemier), im Talinnern sinkt sie bis unter 400 m ü.M. ab (Gebiet von Kappelen).

- d) Im Vorfeld des nach Nordosten vorrückenden Rhonegletschers wurden zu Beginn der Würmvergletscherung gewaltige Schottermassen abgelagert, deren Obergrenze bei ca. 520 m ü.M. gelegen haben muss. Sie bildeten eine einheitliche Decke, die die ganze Seelanddepression sowie die weiter nordöstlich angrenzenden Gebiete ausfüllte.
- e) Der Würmgletscher mit einer gegenüber dem Rissgletscher geringeren Erosionskraft vermochte wohl den grössten Teil dieser Schottermassen wieder auszuräumen, liess aber zahlreiche Reste sowohl am Talrand als auch im Talinnern
 stehen. Es handelt sich dabei um die Seelandschotter, die einerseits mit wenig Unterbrüchen die Talränder zwischen Murten und Solothurn aufbauen und
 andererseits im Talinnern als sogenannte Inselberge zwischen den Hintermösern und dem Haupttrog erhalten sind. Stark verfestigte Schotter im Gebiet
 von Gimmiz und Kappelen deuten zudem auf Reste der Seelandschotter unter
 dem heutigen Talniveau hin, Reste, welche direkt vom jungen Aarekies überlagert werden.
- f) Die Akkumulationsphase der Würmvergletscherung wird durch eine ausgedehnte Ablagerung von Grundmoräne geprägt. Diese Moränen bedecken weite Teile der Trogränder und sind durch meherere Bohrungen auch im Talinnern nachgewiesen.
- g) Die postglaziale Akkumulationsphase nach dem Rückzug des Gletschers und der Bildung des sogenannten "Solothurnersees" ist gekennzeichnet durch die Materialzufuhr der Aare, die von Aarberg ausgehend ein grosses Delta aufschüttete. Während im Zentrum der Schüttung, im Gebiet zwischen Kallnach und Kappelen, vorwiegend Schotter und Sande abgelagert wurden (bis 50 m mächtig), kamen in den weiter entfernten Troggebieten Sande und Silte zum Absatz, die den Solothurnersee nach und nach auffüllten und zur Ausbildung einer Verlandungsserie führten (Lehme und Torf).
- h) Die jüngste Phase bis zur Ableitung der Aare in den Bielersee (1878) ist geprägt durch ein Gleichgewicht zwischen Akkumulation und Erosion im Gebiet nordöstlich von Aarberg und durch gelegentliche, grossflächige Ueberführungen mit Feinmaterial des Gebietes südwestlich von Aarberg als Folge des Wechsels in der Fliessrichtung der Aare (vgl. MUELLER, 1972).

Das ganze Arbeitsprogramm und somit auch die gewonnenen Resultate wurden wesentlich durch die erwähnte geologische Modellvorstellung beeinflusst. Die bereits angebrachten oder noch folgenden Vorbehalte in Abschnitt 2.3 gelten daher für den ganzen Bericht. Da die Modellvorstellung bis heute in keinen Widersprüchen zu den Feldbefunden steht, sondern durch diese erhärtet wird, sind wir von ihrer Brauchbarkeit überzeugt, ohne zugleich zu behaupten, das Modell bilde die einzig mögliche Basis zum Verständnis der Genese und Abfolge der quartären Bildungen im Seeland.



Die im folgenden gegebene kurze Beschreibung der tertiären und quartären Ablagerungen soll, als Ergänzung zu den Ausführungen über die Modellvorstellung, das Verständnis der hydrogeologischen Funktion der einzelnen Bildungen erleichtern. Manches geologische Detail muss aus verständlichen Gründen weggelassen oder kann nur am Rande gestreift werden. Für viele Einzelfragen muss auf die umfangreiche Literatur und Dokumentation WEA verwiesen werden.

2.2 Der Molasseuntergrund

Der Felsuntergrund im Seeland wird von Gesteinen tertiären Alters, der Molasse, aufgebaut. Lediglich im Nordwesten, direkt am Rand des Untersuchungsgebietes, treten die die Molasse unterlagernden Kalke und Mergel der Jura- und Kreidezeit zu Tage, auf die hier jedoch nicht weiter eingegangen wird.

Die Molasseablagerungen lassen sich unterteilen in die Bildungen der unteren Süsswassermolasse, die Stufen des Chattiens und Aquitaniens umfassend (Oligocaen), sowie die Bildungen der oberen Merresmolasse, die Stufen des Burdigalien und des Helvétien enthaltend (Miocaen). Im Gebiet von Brügg sind zudem fragliche jüngere Bildungen der oberen Süsswassermolasse vorhanden (vgl. Figur 2).

Die untere Süsswassermolasse (Chattien und Aquitanien) besteht vorwiegend aus bunten Mergeln und Siltsteinen mit unregelmässig eingelagerten, weichen, feinbis mittelkörnigen, schlecht zementierten, oft knaurigen Sandsteinen. Da und dort finden sich in diesem Verband dünne Bänke von Süsswasserkalken. Es existieren weder beständige Gesteinshorizonte noch über grössere Strecken verfolgbare, einheitliche Schichtglieder oder -verbände. Entsprechend ihrer Entstehung (Süsswasserablagerungen in untiefen Seen) gehen die einzelnen Schichten vertikal und horizontal ineinander über, setzen örtlich aus oder schwellen an. Die Gesamtmächtigkeit der unteren Süsswassermolasse beträgt im Seeland gegen 1000 m, wobei von NW gege SE eine bedeutende Zunahme stattfindet.

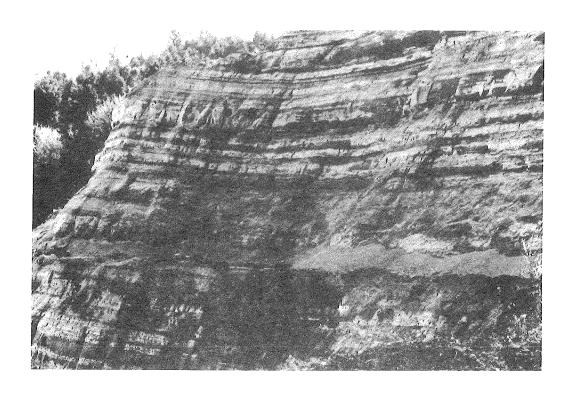


Abbildung 1

Aquitane Molasse in der Ziegeleigrube Bundkofen bei Schüpfen. Wechsellagerung von bunten Mergeln mit Siltsteinen und Sandsteinen. Hydrologische Funktion: Wasserstauer

Wegen ihrer vorwiegend mergeligen Ausbildung wirken die Gesteine der unteren Süsswassermolasse als wichtiger Stauhorizont für Quellen, deren Einzugsgebiet in den mehr sandigen Bildungen der oberen Meeresmolasse liegt. Innerhalb der Abfolge ist als einziges, wichtigeres Quellniveau dasjenige an der Untergrenze der das Dach der Serie bildenden, 30 - 80 m mächtigen Knauersandsteinabfolge bekannt (vgl. Sammelprofil, Figur 2).

Dieser Quellhorizont ist vor allem im südwestlichen Teil des Seelandes (westlich der Linie Bern - Lyss) ausgeprägt und fehlt fast völlig im nordöstlichen Bereich. Daneben existieren zahlreiche, meist kleine Molassequellen, die das Wasser aus einer oder mehreren Sandbänken beziehen, und die auf einer Mergelschicht austreten. Alle diese Quellen können lokal wichtig sein, fallen aber für eine regionale Untersuchung nicht in Betracht.

Da die Taltröge im Seeland mit den wichtigen alluvialen Grundwasserleitern grösstenteils in die aquitane Molasse eingeschnitten sind, ist wegen der allgemein schlechten Durchlässigkeit und geringen Wasserführung des Aquitaniens nicht mit bedeutenden unterirdischen Speisungen der Grundwasservorkommen zu rechnen.

		?	Sandsteine und Mergelsandsteine	
Comments and Colonia and Colon	M1 - M2 Helvétien	100 - 120m	graue Mergel-und Siltsteine	Stauer
	molasse	6-12m	Nagelfluh mit Muschelresten "oberer Muschelsandstein"	lokaler Quellhorizont
	re Meeresm	60-120m	graue und grünliche monotone Sandsteine	<u>Wassersammler</u> und- speicher. Auf Mergellagen Schichtquellen
	Obere Burdigalien	0 - 6 m	Nagelfluh mit Muschelresten "unterer Muschelsandstein"	Hauptquell horizont mit Kluft – und Schichtquellen
		30 -80m	gelbliche, weiche Sandsteine mit Mergellagen und Knauern. Deutliche Schichtung	Stauer für die Muschelsandstein- quellen, Sammler für die Schicht- quellen über dem obersten, aquitanen Mergelpaket
	Süsswassermolasse (03) - 04 Aquitanien	> 1000m	unregelmässige Abfolge von weichen Sandsteinen, bunten, vorwiegend roten Mergeln, Siltsteinen und gelegentlich Süsswasserkalken	Stauer Stauer wenige grosse, viele kleine Quellen an der Basis von Sandsteinbänken
	Untere Süs. Chattien	Annual designation of the control of	am Jurasüdfuss glimmerreiche Sandsteine mit Kohleeinlagerungen (Blättermolasse)	

Durch einen konglomeratischen Horizont (unterer Muschelsandstein) von der unteren Süsswassermolasse getrennt, besteht die obere Meeresmolasse des Burdigaliens vorwiegend aus grünlichen Sandsteinen mit einzelnen Mergellagen. Diese Sandsteinserie mit dem meist stark zerklüfteten Basiskonglomerat stellt den wichtigsten Quellwassersammler im Seeland dar.

Zahlreiche Gemeindewasserversorgungen am Jolimont, Schaltenrain, Frienisberg, Jensberg, Büttenberg, Dotzigenberg und Bucheggberg zeugen von der Wichtigkeit der Molassequellen aus den Sandsteinen der oberen Meeresmolasse.

Da zudem – als Folge der durch Glazialerosion entstandenen Reliefumkehr – oft die heutigen Hügelzonen längs Muldenachsen (Synklinalen) in der Molasse verlaufen, liegen die Quellen an der Grenze Aquitanien – Burdigalien relativ hoch und somit versorgungstechnisch günstig. Sie zeichnen sich auch durch extrem kleine und stark verzögerte Ertragsschwankungen aus, da sie natürliche Ueberläufe aus den "wassergefüllten" Synklinaltrögen bilden, vgl. nachstehende Figur 3.

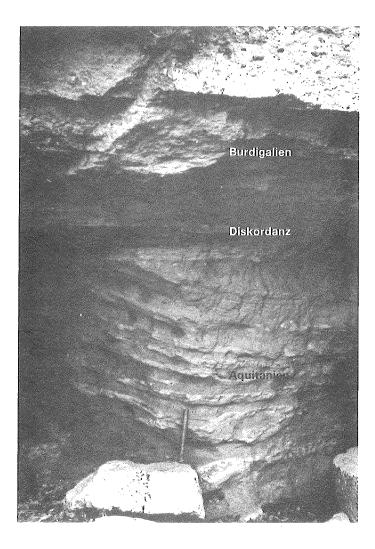


Abbildung 2

Diskordante Auflagerung des konglomeratischen, unteren Muschelsandsteines auf eine Sandstein -Mergelabfolge (Grenze Burdigalien -Aquitanien) im Steinbruch östlich von Schnottwil.

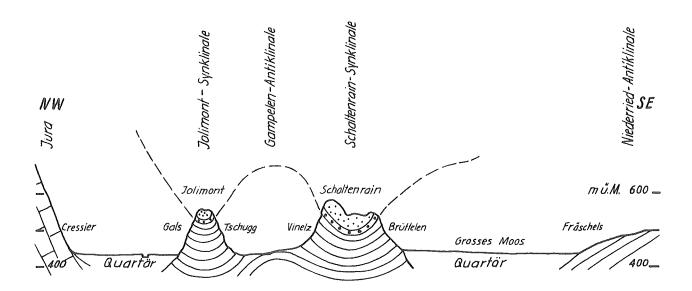
Hydrologische Funktion:

wichtigster Quellhorizont in der Molasse des Seelandes Die durch einen weiteren Konglomerathorizont (oberer Muschelsandstein) vom Burdigalien abtrennbaren Mergelsandsteine und Mergel des Helvétiens sowie die möglicherweise jüngeren Molassebildungen treten lediglich im Gebiet des Jensberges und der Mulde von Brügg auf; sie sind hydrogeologisch von untergeordneter Bedeutung.

Reliefumkehr im Seeland dargestellt anhand des Profils Cressier—Fräschels

Fig. 3

L~1:100000 H~1:10000 10fach überhöht



Ein zusammenfassendes Profil durch die Molasse des Seelandes mit der Angabe über das hydrogeologische Verhalten der einzelnen Schichten zeigt die Figur 2

Eine Uebersicht der Verbreitung der erwähnten Serien und der Lage der einzelnen Sattel- und Muldenzonen in der Molasse des Seelandes vermittelt die geologischtektonische Uebersichtskarte 1:100'000 (Figur 1). Die zusammenfassende Darstellung basiert auf älteren und neuen geologischen Karten sowie auf den eigenen Feldaufnahmen. Da uns die neuesten geophysikalischen Sondierungen im Zusammenhang mit Erdoelexploration und Abklärung der Untertagsspeichermöglichkeiten flüssiger und gasförmiger Energieträger nicht zur Verfügung stehen, wird an dieser Stelle auf eine eingehende Diskussion der Tektonik der Molasse verzichtet. Für die Beurteilung der hier wichtigen Oberflächengeologie sind die Tiefenstrukturen ohnehin von untergeordneter Bedeutung.

2.3. Die quartären Lockergesteine und ihre hydrogeologische Bedeutung

2.3.1. Einleitung

Um Wiederholungen genetisch-stratigraphischer Art in der regionalen Beschreibung der verschiedenen Grundwasservorkommen zu vermeiden, wird im folgenden ein kurzer Ueberblick der im Seeland auftretenden Quartärbildungen in Bezug auf ihre stratigraphische Stellung und geologische Genese gegeben. Dieses Vorgehen erleichtert auch das Verständnis der im Detail äusserst komplexen, im Grossen aber doch erstaunlich einheitlichen quartärgeologischen Abfolge im Seeland.

2.3.2. Pleistocaen

2.3.2.1. Rissmoräne (evtl. älter); (q 3 m)

Als älteste diluviale Ablagerung darf wohl die in der Bohrung HGS-15 im Profil Worben - Busswil in einer Mächtigkeit von ca. 30 m, der Molasse in 286 m Tiefe direkt aufliegende Moräne bezeichnet werden (vgl. Profil Worben - Busswil, Beilage 2 im Zwischenbericht Seeland 1973).

Die in einem Bohrkern von 1 m Länge bestimmten Pollen beweisen den Moränencharakter der Ablagerung (Kaltperiode), lassen aber die Altersfrage unklar, da die Pollenflora aus den darüber liegenden Lehmen sowohl ins Eem (= Interglazial Riss - Würm) als auch ins Holstein (= Interglazial Mindel - Riss) hineinpasst. Nach Ansicht von Herrn Prof. Welten (Universität Bern) deutet ein Vergleich mit dem sicher ins Eem gehörenden Profil der Bohrung Meikirch - Uettligenwald eher auf ein Mindel-Alter für die bei Worben erbohrte Moräne.

Die Altersfrage muss offen bleiben, solange nicht ein zusammenhängendes Kernprofil über die ganze Quartärabfolge im Seeland untersucht werden kann, was in den Tiefbohrungen mit nur sporadischen Kernentnahmen nicht der Fall war.

Ebenfalls der Risseiszeit (oder einer früheren) werden die lokal unter den Plateauschottern am Frienisberg angetroffenen Moränen- oder Seebodenablagerungen zugeschrieben (Kiesgrube Halenwald, Bohrungen im Uettligenwald/ Meikirch).

2.3.2.2. Interglaziale Seetone (q 3-4 1)

Die ausserordentlich mächtige Serie (bis gegen 300 m) von monotonen, siltigtonigen Ablagerungen mit Einschaltungen von Feinsand und Geröllagen füllt den grössten Teil der übertieften Tröge im Seeland aus. Die nach den zahlreichen Befunden in Bohrungen konstruierbare Oberfläche der Seetone ist erosionsbedingt; generell steigt sie im Troginnern leicht von SW gegen NE an. An den Trogrändern reicht sie lokal bis über die Kote von 450 m (z.B. bei Ins, Müntschemier, Treiten, Sutz-Lattrigen); im Troginnern liegt sie ca. auf 400 m ü.M. Die Seetonserie bildet neben der Molasse die Unterlage aller würmeiszeitlichen oder jüngeren Ablagerungen. Die Ausbildung des Reliefs der

Seetonoberfläche kann dem späten Interglazial Riss - Würm zugeschrieben werden.

Die Serie enthält nach dem Bohrbefund im Profil Worben - Busswil (Sondierung HGS-18) lokal grundwasserführende Schottereinlagerungen, über deren Genese und Geometrie keine weiteren Anhaltspunkte vorliegen. Das daraus entnehmbare Grundwasser ist qualitativ ungenügend (siehe dazu detaillierte Ausführungen über Tiefengrundwasser in Abschnitt 4.6.).

Ueber das Alter der Seetone informieren bis heute nur einige nicht eindeutige Pollenbefunde aus der Tiefbohrung Busswil; Fossilien wurden keine gefunden (Bericht von Dr. Maync vom 14.10.72). Nach den Pollendiagrammen kommt sowohl das Interglazial Riss - Würm als auch das Interglazial Mindel - Riss als Bildungszeit in Frage (vgl. Ausführungen unter 2.3.2.1.). Da keine Gründe vorliegen, um das völlige Fehlen von Eem-zeitlichen Bildungen im Seeland infolge totaler Ausräumung durch den Würm-Gletscher zu postulieren, neigen wir eher dazu, das Interglazial Riss-Würm (= Eem) als Ablagerungszeit der Seetone anzunehmen; die Lockergesteine sind auf der geologischen Karte sowie in der Profilkarte entsprechend mit q 3-4 l bezeichnet, siehe auch Figur 4.

Die Altersfrage ist hier von untergeordneter Bedeutung, da diese Bildungen für Grundwasser durchwegs als Stauer wirken.

2.3.2.3. Plateau-Schotter (q 3-4 r)

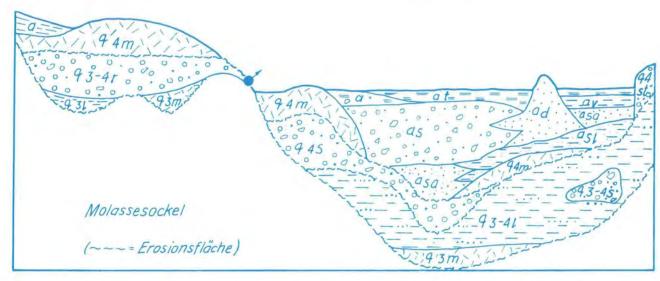
Auf dem Büttenberg, dem nördlichen Bucheggberg, am Ostende des Frienisberges sowie zwischen Kerzers und Golaten sind Schotterablagerungen (sogenannte Plateauschotter) nachgewiesen, die zum grossen Teil der Molasse aufliegen und wegen ihrer Höhenlage als Rückzugsschotter des Rissgletschers gedeutet werden (GERBER, 1950; BECK, 1938; ANTENEN, 1936). Zur gleichen oder früheren Bildungsphasen gehören vermutlich mehrere rinnenartige Schotterstränge bei Schnottwil - Oberwil, am Südhang des Frienisberges und im Gebiet von Kerzers - Kallnach, vgl. geologische Uebersicht, Figur 1.

Das Hauptverbreitungsgebiet der Plateauschotter liegt ausserhalb des Untersuchungsgebietes in der weiteren Umgebung von Bern (Schüpbergplateau – Zollikofen – Urtenen – Hindelbank; Bremgartenwald, Forst, Wangental).

Gemeinsames Kennzeichen der Plateauschotter ist, dass sie vorwiegend Gerölle aus dem Gebiet der Berner- und Freiburgeralpen enthalten, wobei der Anteil von Rhonegletschermaterial von SE gegen NW zunimmt, entsprechend dem grösser werdenden Anteil an eingeschwemmtem Moränenmaterial des risseiszeitlichen Rhonegletschers. Weitere Merkmale sind die oft starke Verkittung, die meist schlechte Sortierung der Schotter sowie der grosse Anteil an stark verwitterten Granitgeröllen. In zahlreichen, in den Plateauschottern gelegenen Kiesgruben ist zudem eine typische Zweiteilung in eine untere, deutlich geschichtete, relativ saubere Abfolge und eine obere, stark verlehmte und nur undeutlich geschichtete Partie zu beobachten. Als Trennhorizont tritt oft eine ausgeprägte Blocklage auf, die als Relikt einer ausgeschwemmten Moräne interpretiert werden kann. Die schönsten Aufschlüsse sind zur Zeit in der Kiesgrube Halenwald nördlich von Meikirch zu beobachten.

Hügelzone

Troggebiet



Bezeichnung	Alter	geolog. Einheit	Lithologie	hydrogeolog. Funktion
а	ecent	alluviale Talböden, Bachschuttkegel, Gehängeschutt	Silt, Sand, Kies	Deckschichten
at av ad	ial bis !	Verlandungsbildungen i. allg.	Torf org. Lehm, Seekreide Sand (incl. Dünen)	<u>Deckschichten</u>
as asa asi	postglazial bis recent	Deltaschüttung der Aare	Steine, Kies, Sand Sand und Silt Silt und Ton	Hauptgrundwasserleiter Stauer
94st		Stauschotter von Diessbach	Kies, Sand	lokaler Grundwasser- leiter
94m	Eiszeit	Würmmoräne	Silt, Sand, Blöcke	Deckschicht im Hugelgebier Stauer im Troginnern
945	Wurm -	Seelandschotter	Steine, Kies, Sand, Silt måssig verkittet	Quellbildner (meist in den tauptgrundwasserleiter entwässernd), lokal Grundwasserleiter
93-41		Seetone	Sand, Silt, Ton (Gerölle)	Stauer
<i>43-45</i>	36.	Schotter innerhalb See- tone bei Busswil	Steine , Kies , Sand	tiefer Grundwasserleiter lokaler Bedeutung
93-4r	Interglazial Riss Würm	Plateauschotter	Blocke, Steine, Kies, Silt häufig verkittet, lokal durch Blocklage deutli- che Zweiteilung	wichtigster Quellbildner, in Rinnen lokaler Grundwasserleiter
931	erit	"alte" Seetone	Sand, Silt, Ton	Stauer, lokales Auftreten
93m	Risseiszeit oder älter	"alte" Moråne	Sand, Silt, Blocke	Stauer, lokales Auftreten

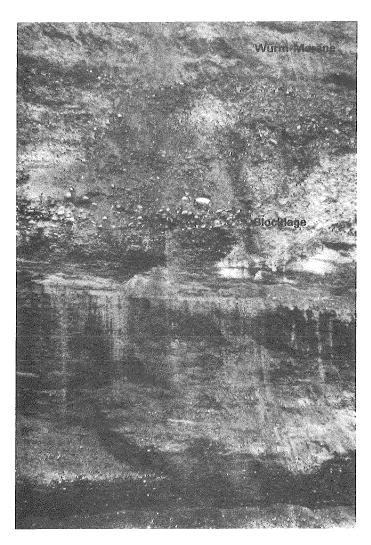


Abbildung 3

Plateau-Schotter in der Halenwaldgrube NE Meikirch. Die Zweiteilung
in eine untere, gut geschichtete
Schotterabfolge und eine obere,
schlecht geschichtete und stark
verlehmte Abfolge ist weit verbreitet. Die Grenze wird oft durch
eine Blocklage gebildet. Am oberen
Bildrand Würm-Moräne. Hydrologische Funktion: hervorragender
Quellbildner, lokal Grundwasserleiter

Die Plateauschotter sind hydrogeologisch von grosser Bedeutung als Quellbildner. Wir erwähnen als wichtigste Quellgebiete (von SW gegen NE) diejenigen von Golaten – Kallnach, Kaltberg – Schüpfen – Bütschwil, Diessbach, Safnern, Rüti – Arch – Leuzigen. Die totale mittlere genutzte Quellwassermenge aus den Plateauschottern erreicht im Seeland über 10'000 l/min.

Weniger bedeutend sind die Grundwasservorkommen in tiefer liegenden, rinnenförmigen Schotterablagerungen. Zu erwähnen sind die Grundwasserfassungen von
Gurbrü und Münchenbuchsee, ausserhalb des Seelandes, Halenwald bei Meikirch
und Rüti b. Büren. Da die Plateauschotter praktisch durchgehend von Moräne
überdeckt sind, sind weitere lokale Grundwasservorkommen in heute noch unbekannten Rinnen durchaus gegeben. Ein bedeutendes wurde z.B. neu bei Arch
nachgewiesen.

2.3.2.4. Randliche Seelandschotter (q 4 s)

Am Rande (und teilweise im Innern) des glazialen Erosionstroges im Seeland liegen ausgedehnte Schotterreste, die in der Höhenlage von ca. 400 bis 480 m teilweise der Molasse, teilweise aber den interglazialen Seetonen aufliegen. Die heute noch vorhandenen, nicht von der letzten Vergletscherung erodierten Relikte lassen sich zwangslos in eine einst durchgehende, den ganzen Seelandtrog bis auf eine Höhe von über 520 m Meereshöhe füllende Schotterdecke einordnen. Sie werden neuerdings einheitlich als Vorstoss-Schotter des Würmgletschers interpretiert und stellen damit das grobkörnige Endglied der mächtigen Interglazialserie Riss – Würm dar. Frühere Autoren haben für die randlichen Seelandschotter andere Bezeichnungen und Altersangaben verwendet; im ganzen sind uns neun verschiedene Interpretationen bekannt (vgl. PORTMANN, 1956). Sie entsprechen z.B. den "Mittelterrassenschottern" von STAUB (1938) oder den "älteren Seelandschottern" von ANTENEN (1936).

Die randlichen Seelandschotter sind mit wenigen Ausnahmen (z.B. am Osthang des Büttenberges oder nördlich von Müntschemier) mit Grundmoräne der letzten Eiszeit bedeckt, somit vielfach der direkten Beobachtung entzogen und daher in ihrer totalen Verbreitung noch nicht vollständig bekannt. Sie sind durchwegs sauberer (d.h. mit geringem Silt- und Tonanteil) als die Plateauschotter, besser sortiert und deutlich geschichtet.

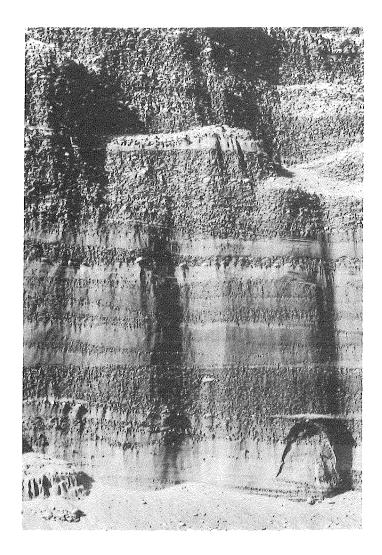


Abbildung 4

Seelandschotter in der Kiesgrube Beich bei Walperswil. Grobe, saubere Schotter stehen in Wechsellagerung mit Sandbänken. Schrägschichtung ist häufig, Verkittungen eher selten.

Hydrologische Funktion:

Je nach relativer Lage der Staueroberfläche zur heutigen Talebene Quellbildner oder lokaler Grundwasserleiter

Verkittungen existieren, sind aber weniger häufig als in den Plateauschottern. Die Gerölle stammen zum überwiegenden Teil aus dem Rhonegebiet. Im Raume Biel ist zudem sehr viel Material aus dem Jura beigemischt (altes Schüssdelta?).

Hauptverbreitungsgebiete sind (vgl. Beilage 1):

- am südöstlichen Talrand die Hügel zwischen Kerzers und Kallnach, der Hügelzug zwischen Lyss und Büetigen sowie die vorgelagerte Terrasse bei Leuzigen -Nennikofen (und weiter gegen Lüssligen)
- der Hügelzug Müntschemier Treiten Siselen Walperswil Bühl
- der Rimmerzberg bei Ins, die Erhebung bei Sutz-Lattrigen, die Terrasse von Mett-Madretsch und diejenige am Ostabhang des Büttenberges
- durch alluviale Bildungen eingedeckte Reste im Raume Bargen Kappelen Aar-

berg (siehe Profilkarte) sowie zwischen Grenchen und Solothurn (ausserhalb des Gebietes)

Hydrogeologisch sind die randlichen Seelandschotter von Bedeutung als Quellbildner, sofern die undurchlässige Unterlage über der heutigen Talebene liegt (Quellen von Ins, Busswil, Leuzigen); reicht die Sohle der Schotter hingegen unter die Talebene, so speisen die randlichen Seelandschotter den Hauptgrundwasserstrom in den alluvialen Aareschottern und enthalten lokale, grössere Grundwasservorkommen.

Bedeutende Zuflüsse aus den randlichen Schottern sind bekannt bei Ins, Müntschemier, Fräschels, Kallnach, Busswil, Arch und Leuzigen. Genutzte Grundwasservorkommen innerhalb der randlichen Schotter liegen bei Ins, Müntschemier, Fräschels, Kallnach und Madretsch-Mett.

Ferner sei bereits hier darauf hingewiesen, dass im Raume Bargen - Kappelen - Aarberg aufgrund der Bohrresultate die Seelandschotter nicht von den überlagernden alluvialen Aareschottern getrennt werden können und dort ein gemeinsames, bedeutendes Grundwasservorkommen enthalten, in welchem z.B. die Fassungen von Gimmiz liegen.

2.3.2.5. Grundmoräne der Würm-Vergletscherung (q 4 m)

Mit Ausnahme der heutigen Talebene ist das ganze Untersuchungsgebiet zu einem grossen Teil mit Grundmoräne des würmeiszeitlichen Rhonegletschers überzogen.

Vorherrschend ist eine stark siltige, feinsandige Ablagerung mit wechselndem Anteil an kiesig-sandigem Material, Steinen und Blöcken. Der Anteil an durch den Gletscher erodiertem Molassematerial (Molassesand und Mergel) ist gross. Die Mächtigkeit der Moräne beträgt wenige dm bis über 30 m.

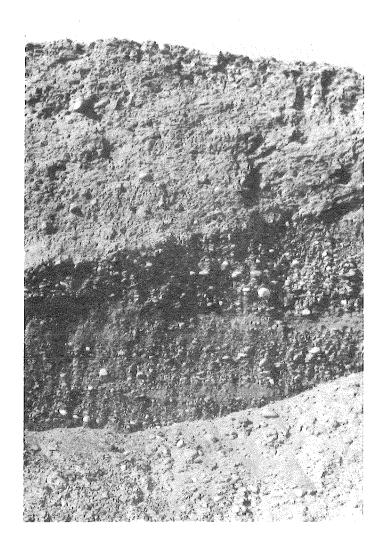


Abbildung 5

Grundmoräne der letzten Vergletscherung liegt mit scharfer Grenze an einer Erosionsfläche auf Seelandschottern in der Kiesgrube Finsterhennen.

Hydrologische Funktion:

Weitverbreitete Deckschicht (Schutzschicht) über dem Grundwasserleiter der Hügelzone

Nachgewiesenermassen kleistert die Grundmoräne auch Teile des glazialen Troges unter den nacheiszeitlichen Lockergesteinen aus. Vermutlich ist ein grosser Teil der in Bohrungen als sogenannter "Schlammsand mit Steinen" bezeichneten Bildungen als Grundmoräne zu betrachten. Die Heterogenität der Moränenbildungen wird noch vergrössert durch die zahlreichen Akkumulationen in Drumlins sowie die jüngeren Verschwemmungen und Abgleitungen an den Flanken der Molassehügel.

Hydrogeologisch ist die Grundmoräne von einer gewissen Bedeutung als Bildner unzähliger kleiner Quellen im Hügelgebiet; wichtiger ist ihre Funktion als Deck- und Schutzschicht über den grundwasserführenden diluvialen Schottern am Talrand und in den Hügelgebieten.

Nur untergeordnet und schlecht verfolgbar tritt würmeiszeitliche Obermoräne in Form von Wällen auf. Da während der Maximalvergletscherung die Oberfläche des Gletschers ca. auf Kote 800 lag, finden sich im Seeland lediglich lokale Moränenwälle von Rückzugsstadien, so bei Arch, Pieterlen, Büren a.A. und am Frienisberg.

2.3.2.6. Stauschotter von Diessbach (q 4 st)

Noch während der Rhonegletscher den Haupttrog ausfüllte, akkumulierten in der Senke von Dotzigen – Büetigen – Diessbach randliche Schmelzwässer die Stauschotter und –sande von Diessbach. Diese Ablagerungen sind nicht von Moräne bedeckt; sie liegen rund 10 m über der Alluvialebene und bilden eine ausgeprägte Terrasse. Die Schotter bestehen zumeist aus stark sandigem Kies mit wenig Grobanteil. Charakteristisch sind vereinzelte Tongerölle (in gefrorenem Zustand eingeschwemmte Moräne). Die Stauschotter von Diessbach enthalten ein grösseres, ungenutztes, den alluvialen Grundwasserleiter speisendes Wassservorkommen, vgl. Abschnitt 4.3.5.

2.3.3. Holocaen

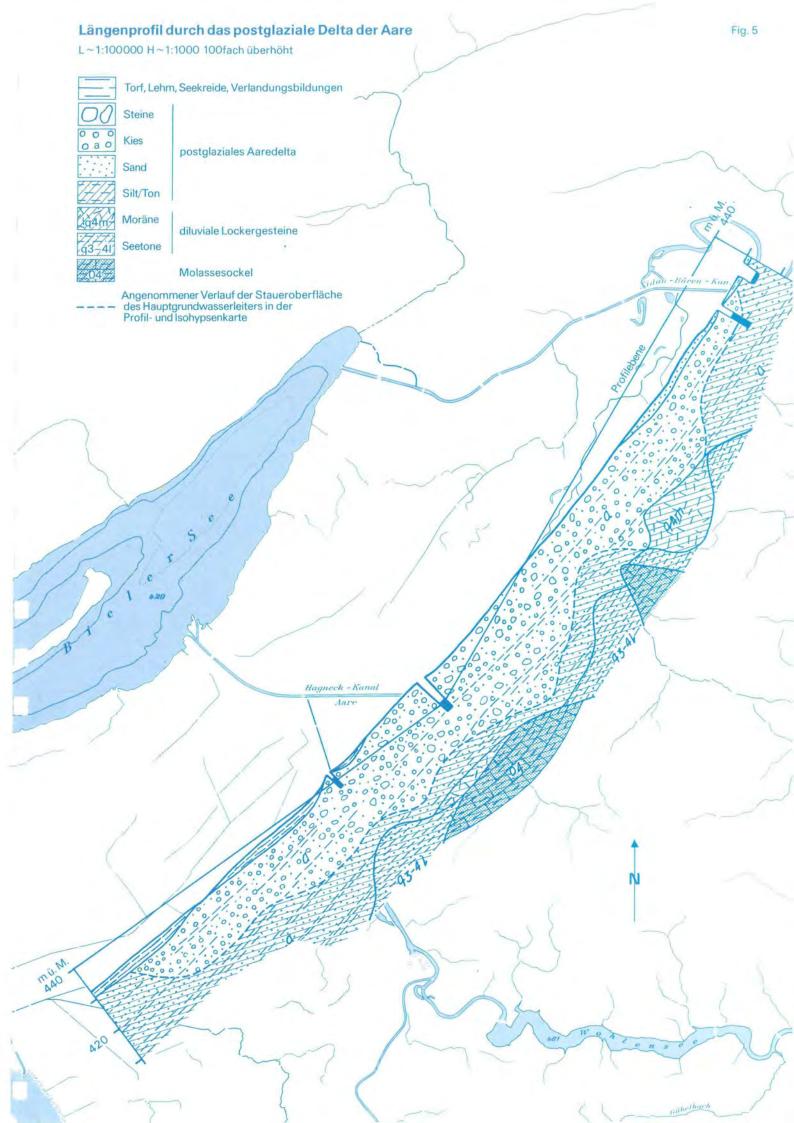
2.3.3.1. Alluviale Aareschotter (a)

Nach dem endgültigen Rückzug des Rhonegletschers aus der seeländischen Senke bildete sich bergwärts des Endmoränenkranzes bei Wangen a.A. ein Stausee aus, welcher den ganzen seeländischen Taltrog und das Gebiet der heutigen Jurassen umfasste. Dieser sogenannte "Solothurnersee" (FAVRE, 1883; ANTENEN, 1936) wurde (und wird noch) sukzessive durch Lockergesteine angefüllt.

An der Auffüllung des Sees wesentlich beteiligt war die Aare, die erst nach der letzten Eiszeit den Lauf von Bern ins Seeland erodiert hat, nachdem sie vor der Würmvergletscherung von Worblaufen gegen das untere Emmental abgeflossen war (NUSSBAUM, 1926). Zusammen mit der Saane transportierte sie gewaltige Massen von Glazial- und Erosionsschutt in das Juraseengebiet und schüttete von Aarberg aus ein Delta auf.

Diese im zentrumnahen Bereich des Deltas aus groben, sandigen Schottern mit gelegentlichen Einschaltungen von Silt oder Sandhorizonten aufgebauten, bis 50 m mächtigen Ablagerungen bilden den Hauptgrundwasserleiter im Seeland. Entsprechend der Deltaform nimmt die Mächtigkeit der grobkörnigen Ablagerungen mit zunehmender Distanz von der Mündung ab und klingt bei Müntschemier im Südwesten und Büren a.A. im Nordosten ganz aus. Parallel mit der Abnahme der Mächtigkeit werden die Schotter immer feiner, um schliesslich in Sande und Silttone mit Feinsandlagen überzugehen. Derartige Uebergänge mit Verfingerungen und Ablösungen lassen sich in horizontaler wie vertikaler Richtung im ganzen Deltabereich beobachten, vgl. Figur 5.

Dem im Grossen relativ einfach erscheinenden Aufbau des Aaredeltas im Seeland steht daher eine im Kleinen äusserst komplexe Abfolge von verschiedenen lithologischen Einheiten gegenüber. Es kann generell weder von einer einheitlichen Grundwassersohle noch von einem homogenen Grundwasserleiter gesprochen werden, wie detaillierte Abklärungen einzelner hydrogeologischer Probleme erneut gezeigt haben. Für die graphischen Darstellungen (Stauerkarte, Profilkarte) mussten daher starke Vereinfachungen in Kauf genommen werden.



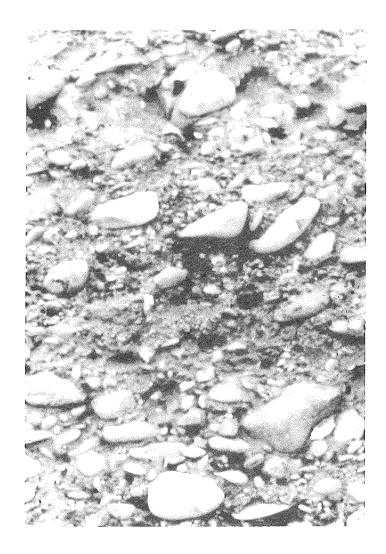


Abbildung 6

Aareschotter aus dem zentrumnahen Bereich des Deltas bei Aarberg. Man beachte die Einregelung der grösseren Geschiebe sowie die praktisch sandfreie, extrem durchlässige Partie (sog. diakene Lage) am unteren Bildrand.

Hydrologische Funktion:

Hauptgrundwasserleiter im Seeland

Weite Gebiete des postglazialen Aareschuttfächers sind mit feinkörnigen Verlandungsbildungen bedeckt (Lehm, Torf, Seekreide), die oft willkommene Deckschichten für das Grundwasser bilden, häufiger aber die Qualität des Grundwassers wegen des grossen Anteiles an organischem Material ungünstig beeinflussen, vgl. Abschnitt 4.1.7.



Abbildung 7

Verlandungsbildungen des Grossen Mooses bei Witzwil (Verbreiterung der Staatsstrasse). Torf über Feinsand und Lehm.

Das Profil ist von besonderem archäologischem Interesse, da es die Bedeckung der ehemaligen Römerstrasse Aventicum - Petinesca mit einer Torfschicht von ca. 30 cm Mächtigkeit zeigt.

2.3.3.2 Bachschuttkegel (a)

Hydrogeologisch von grösserer Bedeutung ist hier einzig der Schuttkegel der Schüss, der nach dem Rückzug des Rhoneeises zuerst in Richtung Pieterlen, später in Richtung Nidau im Gebiet der Stadt Biel geschüttet wurde. Die Schotterablagerungen sind durch Horizonte aus feinkörnigen Seesedimenten unterbrochen und zum grossen Teil auch von solchen überdeckt (ANTENEN, 1936).

Die Schuttkegel der zahlreichen Bäche mit Einzugsgebieten in der Molasse sind meist zu unregelmässig und aus zu feinkörnigen Materialien aufgebaut, um als Grundwasserleiter von grösserer Bedeutung in Frage zu kommen. Grössere derartige Kegel sind z.B. im Limpach – und Lyssbachtal, bei Arch, Rüti, Brüttelen und Erlach vorhanden.

2.3.3.3. Diverse postglaziale bis subrezente Bildungen

Hiezu zählen wir lokal markante Bildungen wie die vier Sandwälle (Dünen) im

Grossen Moos zwischen Ins und Neuenburgersee, die Kiesablagerungen bei Rothaus - Zihlbrücke (?verschwemmte Seelandschotter), das rezente Aaredelta im Bielersee (JGK I) sowie den kiesigen Strandwall bei Ipsach. Alle anderen holocaenen Erscheinungen (Rutsche, Sackungen u.a.) sind ohne hydrogeologische Bedeutung.

3. HYDROLOGISCHE GEGEBENHEITEN

3.1. Allgemeines

Das Untersuchungsgebiet Seeland gehört wohl vollumfänglich zum Flussgebiet der Aare, bildet aber kein hydrologisch geschlossenes System. Hauptvorfluter ist die Aare. Durch die Abflusserhebungen der BKW beim Kraftwerk Niederried sowie die eidg. Abflussmessstation bei Brügg sind wir über den Hauptzufluss und den Gesamtabflussdes Gebietes informiert. Nur unvollständig sind dagegen zur Zeit die vorhandenen Abflussdaten der andern wichtigen Vorfluter (Broye, Zihl und Schüss), deren Abflussmengen lange vor ihrem Eintritt ins Untersuchungsgebiet gemessen werden. Nicht erfasst sind ferner alle Aarezuflüsse unterhalb Brügg und kleinere Zuflüsse aus dem südlichen Jura.

Infolge der komplexen Umgrenzung und den mangelhaften Abflussdaten ist die Erarbeitung einer Gebietswasserbilanz mit genügender Genauigkeit nicht möglich. Sie wäre ohnehin wegen des äusserst wechselhaften geologischen Aufbaues des Gebietes und der internen, schwer überschaubaren Wasserableitungen und Wechselwirkungen zwischen Abfluss und Retention im System der Jurafussgewässer ohne grosse Aussagekraft.

Die hydrologischen Erhebungen wurden daher auf Teilprobleme ausgerichtet:

- Aufstellung einer klassischen hydrologischen Bilanz in einem kleinen, gut bekannten Teileinzugsgebiet mit dem Ziel der Erfassung des Verdunstungsanteiles (Testgebiet Lüscherzmoos)
- Erkundung der Infiltrationsstrecken und -mengen einzelner, für die Grundwasservorkommen wichtiger Gewässer (alte Aare, Hagneckkanal, Lyssbach)
- Erfassung der Exfiltrationsstrecken und -mengen einzelner wichtiger Gewässer (alte Aare, Binnenkanal, Kanalsystem im Grossen Moos)
- Direkte Messung der Grundwasserneubildung durch Niederschläge in geeigneten Grundwassergebieten (Müntschemier, Büetigen), vgl. Abschnitte 3.4. und 3.5.

- Lokalisierung potentieller Grundwasserreserven durch Kontrolle der Niederwasserabflüsse

Zur besseren Erfassung der Niederschlagsmengen und -verteilung wurde das bestehende Regenmessnetz durch mehrere Stationen in der Talebene ergänzt, wobei die Verwendung von Pluviographen zusätzliche Informationen über die kurzzeitigen Regenintensitäten lieferte.

Eine detaillierte Auswertung und Kommentierung aller in den Jahren 1970-75 im Seeland angefallenen hydrologischen Grunddaten würde den Rahmen dieser Untersuchung sprengen. Wir beschränken uns daher auf die Erläuterung und Analyse der wichtigsten Daten und Vorgänge, soweit sie zum Verständnis der Grundwasserverhältnisse notwendig sind.

3.2. Niederschlag

Das in Zusammenarbeit mit dem geographischen Institut der Universität Bern eingerichtete Pluviographennetz umfasste folgende Stationen:

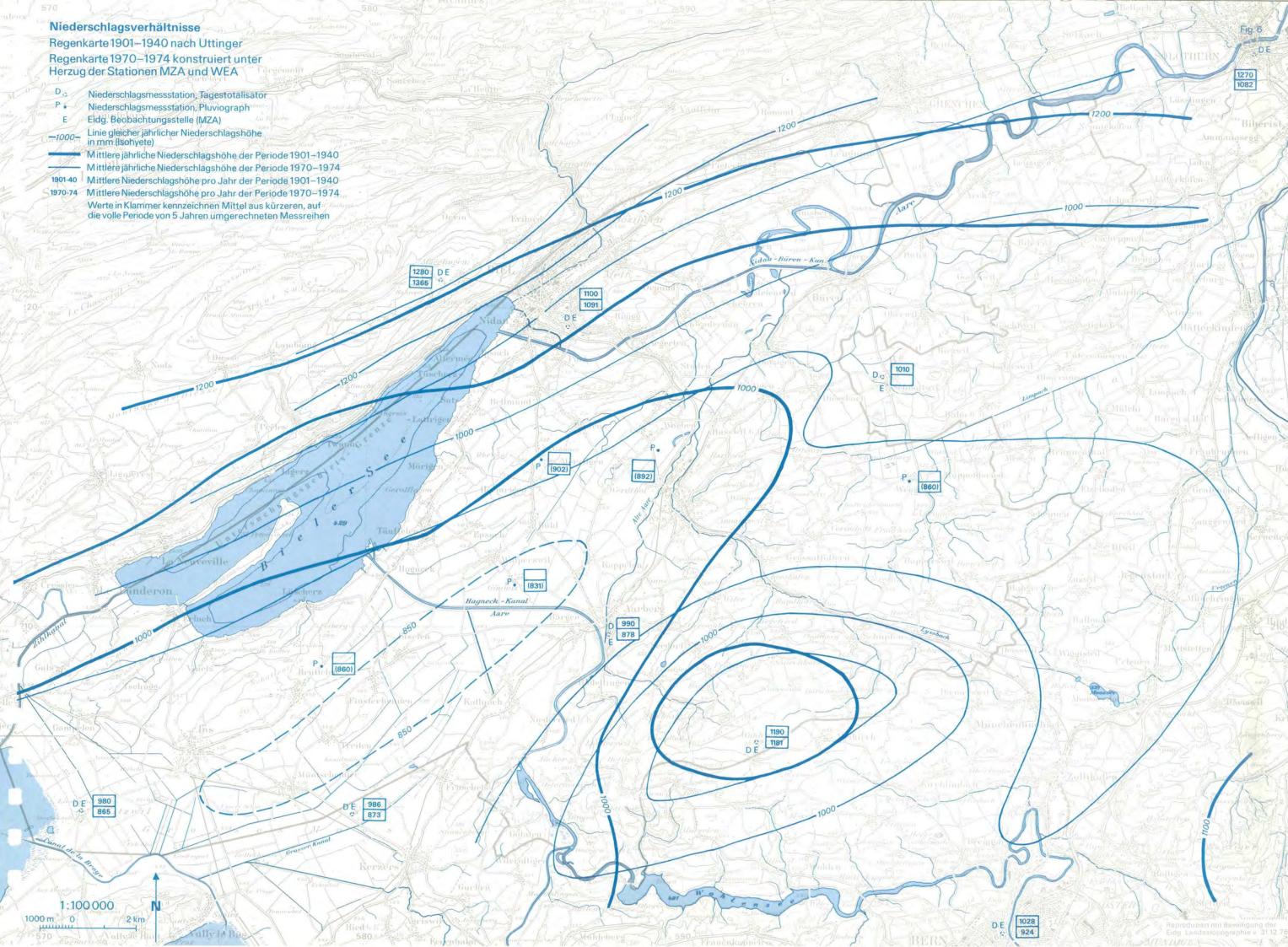
Station	Koordinaten	Meereshöhe	in Betrieb seit
Lüscherzmoos	578.725/208.830	445	Februar 1972
Gimmiz	584.630/211.410	444	April 1973
Merzligen	585.530/215.150	490	April 1973
Lindenhof	589.200/215.540	438	Dezember 1972
Wengi ^{l)}	597.030/214.520	489	April 1972
	1	1	

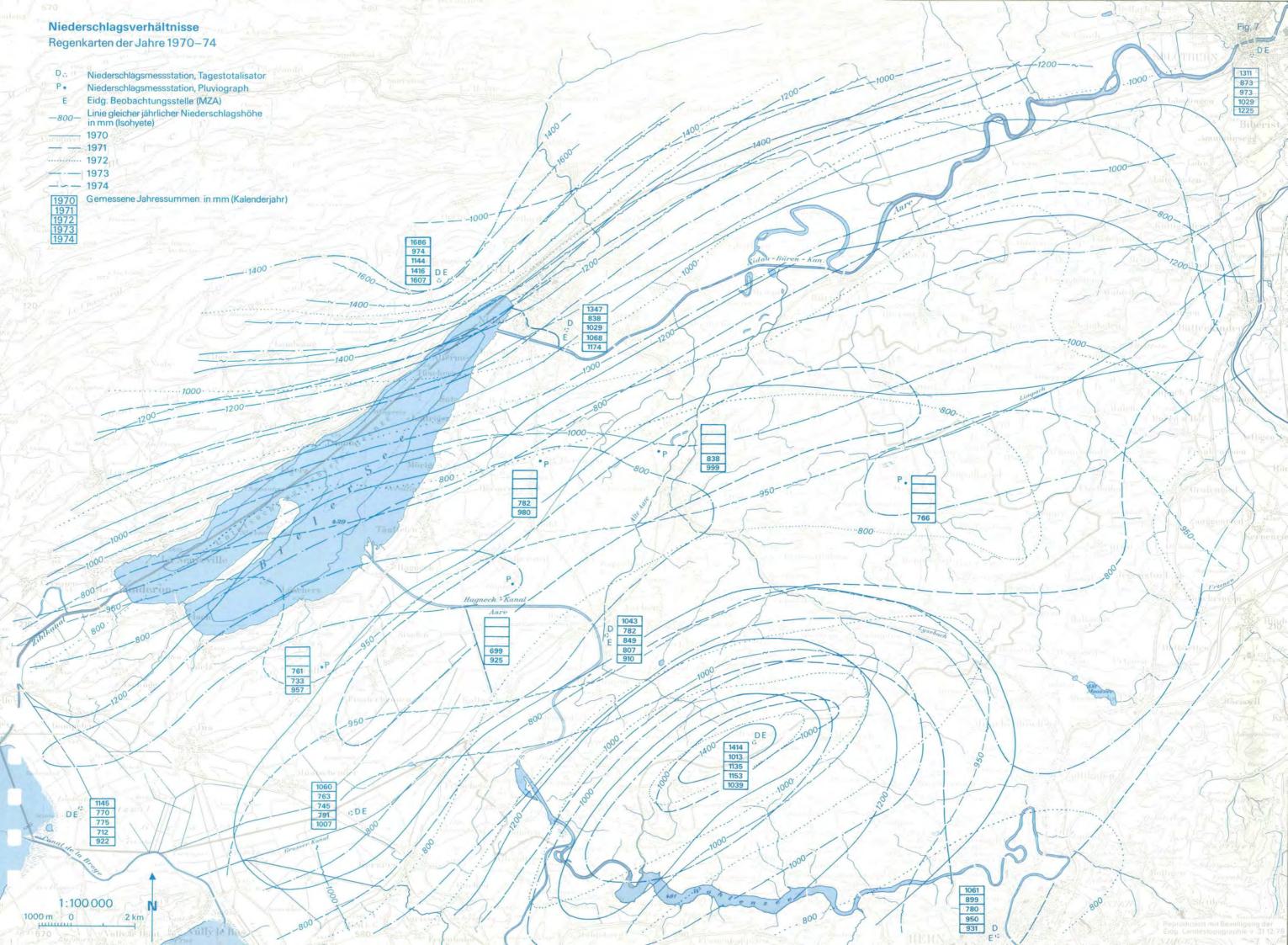
¹⁾ Diese Station wurde vom geographischen Institut für hydrologische Erhebungen im unteren Emmental eingerichtet; die Daten können jedoch auch für das Seeland verwendet werden.

Das bestehende eidg. Beobachtungsnetz umfasst nachstehende Stationen:

a) innerhalb des Untersuchungsgebietes:

Station	Koordinaten	Meereshöhe
Witzwil	571.150/204.450	432
Kerzers	579.710/204.120	434
Aarberg	587.620/209.790	450
Wahlendorf	592.280/206.190	755
Biel	586.450/219.400	434





b) ausserhalb des Untersuchungsgebietes, für Auswertungen einbezogen:

Neuchâtel Laupen
Chaumont Bern
Magglingen Burgdorf
Solothurn Gerlafingen
Gempenach

Von den 5 Pluviographen sowie den 5 eidg. Stationen innerhalb des Gebietes wurden Tabellen der täglichen Niederschlagswerte erstellt. Die Daten der übrigen Stationen sind in den Jahrbüchern der meteorologischen Zentralanstalt zu finden.

3.2.1. Niederschlagsmengen und ihre geographische Verteilung

Die Figur 6 enthält einen Ausschnitt aus der Regenkarte der Schweiz für die Periode 1901-40 (nach UTTINGER, 1967, Atlas der Schweiz, Tafel 12). Der generelle Verlauf der Isohyeten zeigt, dass das Seeland zum relativ niederschlagsarmen Streifen längs des Jurasüdfusses mit knapp 1 m, in extrem trockenen Jahren nur 0,7 m Niederschlag gehört.

In der Figur 6 ist die aus den einzelnen jährlichen Regenkarten (siehe Figur 7) konstruierte mittlere Regenkarte für die Periode 1970-74 (Kalenderjahre) dargestellt. Die räumliche Niederschlagsverteilung stimmt in beiden Karten gut überein; in der Periode 1970-74 sind die Niederschlagsmengen jedoch ca. 10% geringer, als es dem langjährigen Mittel entsprechen würde.

Die nachstehende Tabelle der einzelnen Stationswerte verdeutlicht diese Feststellung. Von den fünf Beobachtungsjahren 1970-74 können das Jahr 1970 als nass, das Jahr 1974 als normal, dagegen die Jahre 1971-73 als trocken bezeichnet werden.

	Station	Witzwil	Station	Kerzers	Station	Aarberg	Station	Biel
Jahr	Jahres- summe mm	% von N 1901- 1940						
1970	1145	117,0	1060	108,0	1043	105,0	1347	122,0
1971	770	78,6	763	77,4	782	78,9	838	76,1
1972	775	79,1	745	75,6	849	85,7	1029	93,5
1973	712	72,6	791	80,2	807	81,5	1068	97,1
1974	922	94,1	1007	102,0	910	91,9	1171	106,0
Mittel								
70-74	865	88,3	873	88,5	878	88,7	1091	99,1
Mittel								
01-40	980	100,0	986	100,0	990	100,0	1100	100,0

Schliesslich ist aus Figur 7 herauszulesen, dass die räumliche Niederschlagsverteilung von Jahr zu Jahr sehr wenig schwankt. Einerseits tritt das relativ niederschlagsreiche Gebiet des Frienisberges, andererseits der Trockengürtel im Bereich der Talebene und des Rapperswiler-Plateaus deutlich hervor. Bei der Beurteilung von Grundwasserneubildung und Quellergiebigkeiten müssen diese unterschiedlichen Niederschlagsdargebote gebührend beachtet werden.

3.2.2. Niederschlagshäufigkeiten und zeitliche Verteilung

Werden Häufigkeiten gewisser täglicher Niederschlagsmengen in der Talebene und den Randgebieten einander gegenübergestellt, zeigt sich, dass die Niederschlags-unterschiede nicht von der Anzahl der Regentage pro Jahr, sondern von verschiedenen Regenmengen pro Ereignis herrühren, vgl. nachfolgende Tabellen.

Vor allem die Regentage mit mehr als 20 mm sind in der Talebene bedeutend seltener als in den Randgebieten (Stationen Kerzers und Wahlendorf). An den für die Grundwasserneubildung besonders wichtigen Starkregen mangelt es also gerade in den Grundwassergebieten, was sich direkt in den Versickerungswerten bemerkbar macht. Darauf wird in Abschnitt 3.5. näher eingegangen.

Tabelle der Regentage ≥ 1 mm pro Jahr

Stationen	1970	1971	1972	1973	1974	Summe der Perio- de 1970-1974
!'itzwil	136	93	135	153	121	638
Kerzers	137	103	138	152	137	667
Aarberg	130	96	134	144	124	628
Wahlendorf	147	104	117	129	137	634
Biel	125	102	142	156	141	666
Lüscherzmoos				131	140	
Gimmiz				129	155	
Merzligen				138	155	
Lindenhof				133	156	
Lindennor				133	156	

Tabelle der Häufigkeiten ≥ 5 , ≥ 20 , ≥ 50 mm Tagesniederschlag

		1970	Jay / 14 14 1		1971			1972			1973			1974	
Stationen	≥ 5	≥20	≥ 50	≥ 5	≥20	≥50	≥ 5	≥20	≥50	≥5	≥20	≥50	≥ 5	≥20	≥50
Witzwil	71	10	1	44	8	0	46	8	1	45	5	0	64	9	1
Kerzers	75	9	0	47	10	0	45	7	1	48	9	0	69	6	0
Aarberg	73	10	0	51	10	0	52	10	1	55	8	0	68	7	1
Wahlendorf	96	20	1	52	14	0	64	16	1	72	15	0	74	8	0
Biel	82	16	1	50	10	0	55	12	2	63	19	0	80	10	1
Lüscherzmoos				:						48	6	0	67	6	1
Gimmiz										52	5	0	67	6	1
Merzligen										53	4	0	70	7	1
Lindenhof										54	7	0	74	6	1

In Bezug auf die zeitliche Verteilung der Niederschläge ist festzustellen, dass durchschnittlich im Sommer wesentlich mehr Regen fällt als im Winter. Vor allem der Juni kehrt als regenreicher Monat fast alle Jahre wieder.

Die für die hydrologischen Jahre 1971-74 vorhandenen Werte sind in der nachstehenden Tabelle dem langjährigen Mittel gemäss den Untersuchungen von UTTIN-GER (1966) gegenübergestellt.

Niederschläge in mm

	197	1	19	72	1	973	19	74	75	1971	- 74	1901	- 40
Stationen	Wi	So	Wi	So	Wi	So	Wi	So	Wi	Wi	So	Wi	So
Witzwil	328	447	256	379	401	437	339	461	441	331	437	418	562
Aarberg	286	495	250	448	414	545	270	481	462	305	492	430	560
Biel	387	488	293	384	584	608	499	506	698	440	496	535	575
Kerzers	295	500	219	402	331	547	338	530	458	296	495	424	562
Wahlendorf	383	654	311	644	559	794	369	490	561	433	645	513	677
Lüscherzmoos				397	362	499	310	490	455				
Gimmiz						486	332	454	445				
Merzligen						493	553	475	514				
Lindenhof						532	355	506	416				

Wi = Winterhalbjahr = 1.10. - 31.3.

Das Vorherrschen der Sommerniederschläge hat direkten Einfluss auf die echte Grundwasserneubildung in den Talebenen, wo die Unterschiede zwischen Sommerund Winterhalbjahr bedeutend stärker sind als in den Randgebieten, vgl. Ausführungen in Abschnitt 3.5.

3.2.3. Regenintensitäten

Auf eine umfassende Auswertung des vorhandenen Datenmaterials von den im Einsatz stehenden Pluviographen ist vorläufig verzichtet worden. Die Basisdaten sind jedoch im WEA archiviert. Erwähnenswert ist lediglich der ausserordentliche Starkregen vom 23.6.75, der innert 3 Stunden Regenmengen von

```
62 mm in Gimmiz
47 mm in Merzligen
und 54 mm im Lindenhof ergab.
```

Eine Teilauswertung ist im Zusammenhang mit der Grundwasserneubildung im Lüscherzmoos und bei Müntschemier erfolgt, vgl. Abschnitt 3.5.

3.3. Abfluss

Wie bereits einleitend festgestellt, wurden spezielle Abflussbeobachtungen auf wenige, das Grundwassergeschehen direkt berührende Gewässer beschränkt.

So = Sommerhalbjahr = 1.4. - 30.9.

Die für die folgenden Gewässer zusammengetragenen Daten werden nachstehend erläutert:

- Alte Aare mit Seitengewässern
- Binnenkanal
- Moosbach im Lüscherzmoos

3.3.1. Das Flussystem der Alten Aare

Mit der ersten Juragewässerkorrektion (1868-78) wurde die Aare durch den Hagneckkanal in den Bielersee abgeleitet. Dem ursprünglichen Aarebett - seither Alte Aare genannt - zwischen Aarberg und Büren/Meienried verblieb nur eine kleine Restwassermenge.

Bis zum Bau des Kraftwerkes Aarberg durch die BKW (Abschluss 1967) erhielt die Alte Aare Wasser aus der Radelfingerau sowie zeitweise von der Aare durch ein Ueberfallbauwerk oberhalb der Zuckerfabrik. Der Abfluss in Aarberg betrug im Mittel 0,7 bis 0,8 m³/sec. Mit dem Aufstau der Aare beim Kraftwerkbau Aarberg musste die ganze Dotation neu geregelt werden; die BKW sind laut Konzession verpflichtet, die Alte Aare mit 3,5 m³/sec dauernd zu dotieren, was seit dem 1. August 1973 auch geschieht. Vorher – von 1967 bis 1973 – wurden nur 1,5 m³/sec eingeleitet, da bei grösseren Abflüssen Ueberschwemmungen befürchtet wurden.

Die Alte Aare dient auf ihrem Weg von Aarberg bis Meienried folgenden Gewässern als Vorflut:

- Drainage Radelfingerau
- Spinsbach
- Siechenbach
- Lyssbach
- Büetigenbach
- Eichibach

Zudem erhält sie Zuflüsse aus zahlreichen Drainageleitungen und seit 1967 von gereinigtem Abwasser der ARA Region Lyss.

Nachdem informative simultane Abflussmessungen an ausgewählten Stellen im Dezember 1971 massive Verluste von Oberflächenwasser ins Grundwasser auf der Strecke Aarberg – Lyss deutlich zeigten, wurden im Herbst 1972 folgende 7 Abflussmessstationen längs der Alten Aare eingerichtet, um die quantitative Grösse der vermuteten Infiltration besser zu erfassen:

- Alte Aare Aarberg:

Diese Station wurde notwendig, um die Zuflüsse aus der Radelfingerau und die genaue Dotation beim Kraftwerk Aarberg zu erfassen.

- Alte Aare Kappelenbrücke:

Am Beginn der mittels Simultanmessungen festgestellten Hauptinfiltrationsstrecke

- Alte Aare Lyss:

Am Ende der vermuteten Infiltrationsstrecke

- Lyssbach:

Die Station wurde errichtet, um für Abflusslängenprofile die nötigen Basiswerte zu erhalten. Daneben leistet sie gute Dienste in der Erfassung des Abflussregimes dieses sehr hochwasseranfälligen Gewässers. Die Station musste mit Beginn der Mehrdotation der Alten Aare ab 1.8.73 wegen Rückstau leicht talaufwärts verschoben werden.

- Eichibach:

wie Lyssbach

- Alte Aare Hägni:

Als eine Endkontrolle der Gewässerstrecke Aarberg - Büren. Infolge zeitweiligem Rückstau sind leider die erhaltenen Daten unvollständig und oft nicht direkt verwendbar.

Daneben wurde der Siechenbach oberhalb Lyss über längere Zeit erfasst (Rechtecküberfall mit täglicher Pegelablesung) sowie die kleinen Seitengewässer Spinsbach und Büetigenbach wiederholt gemessen. Genaue Daten über die Durchflussmengen in der ARA Lyss wurden freundlicherweise von den zuständigen Organen zur Verfügung gestellt.

Sämtliche statistische Daten über die Abflüsse der genannten Gewässer stehen beim WEA zur Verfügung (Tabellen, Ganglinien, P/Q-Relationen).

3.3.1.1. Die Infiltrationsstrecken längs der Alten Aare

Die in den Jahren 1972 - 1975 vorgenommenen Messungen und darauf basierenden Auswertungen zeigen, dass sich eine wichtige Hauptinfiltrationsstrecke der Alten Aare zwischen Aarberg und Lyss befindet. Die vorhandenen Daten erlauben eine Quantifizierung der Verluste ins Grundwasser mit einer recht guten Genauigkeit, geben aber nur grobe Hinweise auf die vermuteten Grenzen der Infiltrationsstrecke und deren Schwankungen. Die Infiltrationsstrecke kann aufgrund folgender Daten einigermassen begrenzt werden.

Beginn bei Aarberg:

Aus den im Juli 1973 vorgenommenen simultanen Abflussmessungen in der Alten Aare auf der Höhe des Schwimmbades Aarberg und der bestehenden Abflussmessstation an der Nidaustrasse geht hervor, dass keine oder nur unbedeutende Infiltrationen auf der genannten Strecke bestehen.

0 Schwimmbad

Q Abflussstation

$$4,273 \text{ m}^3/\text{sec}$$
 bei P = 0,54 m

Die starken Infiltrationen liegen demnach flussabwärts der Nidaustrasse.

Ende bei Lyss:

Der im Juli 1973 durchgeführte Färbversuch in der Alten Aare und im Lyssbach hat ergeben, dass unterhalb der Einmündung des Lyssbaches keine wesentlichen Infiltrationen mehr stattfinden. Die Alte Aare war zu dieser Zeit mit 1,5 m³/sec dotiert. Wir wissen zur Zeit nicht, ob durch die Mehrdotation ab 1.8.73 eine wesentliche Verschiebung der Untergrenze der Infiltrationsstrecke talabwärts stattgefunden hat.

Ueber die direkt gemessenen, absoluten Grössen der Verluste von Aarewasser ins Grundwasser orientieren die nachstehenden Tabellen.

Ueber die Schwankungen im Verlaufe der Zeit geben die zahlreichen detaillierten Auswertungen Auskunft, die beim WEA eingesehen werden können.

Tabelle der durch die Abflussmessungen direkt nachgewiesenen Infiltrationsmengen der Alten Aare ins Grundwasser

Strecke Aarberg - Lyss

Datum	Q Alte Aare Aarberg	Q Alte Aare Lyss	Verlust Aarberg → Lyss
13.12.72	1,334	1,317	- 0,017 m ³ /sec
26. 2.73	1,386	1,249	- 0,137 "
26. 5.73	1,305	1,278	- 0,027 "
30. 5.73	3,780	3,321	~ 0,459 "
17.10.73	3,276	2,912	- 0,364 "
2. 9.75	4,320	3,980	- 0,340 "

Anmerkung: Die auf der Strecke Aarberg – Lyss natürlich zufliessenden Seitengewässer (Spinsbach, Siechenbach) müssen zu den obigen Verlustmengen addiert werden; im Mittel handelt es sich um rund 20 l/sec.

Teilstrecke Kappelenbrücke - Lyss

1,366	1,317	- 0,049 m ³ /sec
1		- U,049 m ⁻ /sec
1,386	1,249	- 0,137 "
3,599	3,321	- 0,278 "
4,071	3,809	- 0,262 "
1,829	1,793	- 0,036 "
3,580	3,370	- 0,210 "
2,080	2,000	- 0,080 "
4,070	3,960	- 0,070 "
2,240	2,160	- 0,080 "
	3,599 4,071 1,829 3,580 2,080 4,070	3,599 3,321 4,071 3,809 1,829 1,793 3,580 3,370 2,080 2,000 4,070 3,960

Anmerkung: Auf der Strecke Kappelenbrücke-Lyss sind keine natürlichen Zuflüsse vorhanden

Aus den Tabellen geht die permanente Infiltration von Aarewasser ins Grundwasser hervor; auf der Teilstrecke Kappelenbrücke – Lyss betragen die direkt nachgewiesenen Mengen 36 bis 278 l/sec; auf der ganzen Strecke Aarberg – Lyss 37 bis 479 l/sec. Aus den Messdaten resultiert eine scheinbare mittlere Verlustmenge für die Periode Oktober 1972 bis Juli 1973 (Dotation 1,5 m³/sec) von 170 l/sec, für die Periode August 1973 bis Oktober 1975 (Dotation 3,5 m³/sec) von über 300 l/sec, scheinbar deshalb, weil bei Niederschlägen nicht einzeln erfassbare Regenauslässe im Raume Lyss die Infiltration weitgehend verdecken, wobei die Differenz Kappelenbrücke – Lyss zeitweise sogar positiv werden kann.

Ueber die Faktoren, welche die Infiltration von Aarewasser ins Grundwasser steuern, sind wir bis heute nur ungenügend informiert. Der Hauptgrund hierfür liegt in der Unbeständigkeit der Durchflussprofile an den einzelnen Abflussmessstationen, was eine einwandfreie Pegel/Abflussbeziehung und darauf beruhende Auswertungen stark erschwert. Die bis heute festgestellten Schwankungen in den Infiltrationsmengen dürfen daher nicht ohne wesentliche Vorbehalte zu äussern Einflussgrössen, wie z.B. Grundwasserspiegelgang, Verkrautung des Flussbettes, Kolmatierung der Sohle und Böschung etc., in Beziehung gesetzt werden.

Eine gesicherte Analyse des Infiltrationsmechanismus in der Alten Aare ist erst möglich, wenn durch Einbau von Schwellen die Durchflussprofile bei den Messstationen absolut stabilisiert, durch Eichmessungen einwandfreie neue P/Q - Beziehungen erstellt und die in Betracht kommenden Einflussfaktoren einzeln untersucht werden. Der erste Schritt hiezu, die Errichtung von Abflussstationen mit stabilen Profilen, ist zur Zeit im Gang (WEA, Abteilung Hydrologie).

Trotz der erwähnten Unzulänglichkeiten gestatten die bis heute vorliegenden Resultate über das Abflussregime der Alten Aare eine genügend gesicherte Quantifizierung der Grundwasseranreicherung durch den Fluss: zwischen Aarberg und Lyss speist die Alte Aare das Hauptgrundwasservorkommen in der Talebene des Seelandes bei der heute gegebenen Dotation von 3,5 m³/sec in Aarberg mit durchschnittlich über 300 l/sec; diese natürliche Infiltration ist damit derjenigen des Hagneckkanals ebenbürtig (vgl. Abschnitt 3.5.2.) und übertrifft die Leistung der kostenintensiven, künstlichen Anreicherungsanlage der BKW um ein Mehrfaches. Durch den Färbversuch in der Alten Aare vom Juli 73 ist die bedeutende Speisung des Grundwassers durch Oberflächenwasser aus der Alten Aare qualitativ direkt nachgewiesen und die Abhängigkeit der öffentlichen Grundwasserfassungen von Lyss und Biel von der Aarewasserqualität aufgezeigt worden. Es wird auf den entsprechenden Bericht verwiesen (Dokumentation WEA).

Eine zweite, quantitativ nur unbedeutende Infiltrationsstrecke der Alten Aare liegt flussabwärts von Dotzigen im Bereich der Grundwasserfassungen von Büren a.A. Hier liegt der Flusswasserspiegel temporär leicht über dem Grundwasserspiegel. Das Flussbett ist aber heute dermassen verschlammt, dass nur geringe Infiltrationen stattfinden. Sie sind indessen klar mit dem unterschiedlichen Chemismus der beiden Brunnen von Büren (welche in verschiedenen Distanzen vom Fluss liegen) nachweisbar. Der Infiltrationsanteil am genutzten Wasser der Fassungen Büren kann auf ca. 25 % geschätzt werden.

Bei der Festlegung der Gewässerschutzzonen für die genannten Brunnen wurden diese Gegebenheiten gebührend berücksichtigt.

3.3.1.2. Die Exfiltrationsstrecken längs der Alten Aare

Wie aus Figur 8 hervorgeht, liegt auch bei extrem tiefen Grundwasserständen etwa zwischen Flusskilometer 9,6 und 11,4 der Aarespiegel gleich hoch oder tiefer als der Grundwasserspiegel. Hier fliessen dem Fluss beständig grössere Grundwassermengen zu.

Messungen im Gebiet haben ergeben, dass der Büetigenbach, welcher ungefähr bei km 11,2 in die Alte Aare mündet, und das diesem angeschlossene Drainagesystem allein im Mittel rund 50 l/sec Grundwasserzufluss erhalten. Wie gross die direkt in die Alte Aare austretenden Grundwassermengen sind, kann nur geschätzt werden, da Messungen genügender Genauigkeit nicht vorliegen (Tauchstabeinsatz). Wir schätzen die Exfiltrationsmenge inkl. derjenigen des Büetigenbaches auf ca. 100 l/sec. Es handelt sich im wesentlichen um den Grundwasserstrom aus dem Gebiet Angel – Büetigen – Dotzigen, der hier in den Vorfluter übertritt.

Die Mehrdotation der Alten Aare ab 1.8.73 hat auf das Grundwasserregime in den Gebieten rechts (östlich) des Flusses einen eher ungünstigen Einfluss, da die mit der Mehrdotation verbundene Erhöhung des Grundwasserspiegels längs des Flusses zu einem Rückstau im Grundwasser führt. Im oberen Aareabschnitt (Infiltrationsstrecke) drängt der erhöhte "Grundwasserberg" in Flussnähe das Grundwasser zurück (Barrierenwirkung), im unteren (Exfiltrationsstrecke) vermindert sich das Spiegelgefälle und damit die Abflussmengen (Hebung des Vorfluterniveaus). Beide Faktoren wirken sich verschlechternd auf die Grundwasserqualität aus.

3.3.1.3 Zusammenfassende Beurteilung

Die Alte Aare zerfällt hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Grundwasser im Seeland in zwei völlig verschiedene Abschnitte:

- Auf der Strecke Aarberg Lyss liegt der Flusswasserspiegel durchwegs mehrere Meter über dem Grundwasserspiegel, womit hydraulisch die Voraussetzungen für Infiltrationen gegeben sind. Dass solche existieren und das ganze Grundwasservorkommen mengen- und gütemässig wesentlich beeinflussen, haben die Färbversuche sowie die Abflussmessungen gezeigt. Ueber den Mechanismus der Infiltration (perkolativ oder direkt) sind nur Vermutungen möglich. Die mittlere Infiltrationsmenge kann heute auf über 300 l/sec geschätzt werden.
- Von etwa unterhalb der Lyssbachmündung bis zum Nidau-Bürenkanal liegen Grundwasser- und Flussspiegel annähernd gleich hoch, womit auf weite Strecken eine Kommunikation und oberhalb Dotzigen sogar eine Exfiltration des Grundwassers besteht. Durch die Mehrdotation seit dem 1.8.73 wurden die Exfiltrationen stark vermindert, was zu unerwünschten Rückstauerscheinungen im Grundwasser rechtsufrig des Flusses geführt hat.

3.3.2. Der Binnenkanal - Sagibach

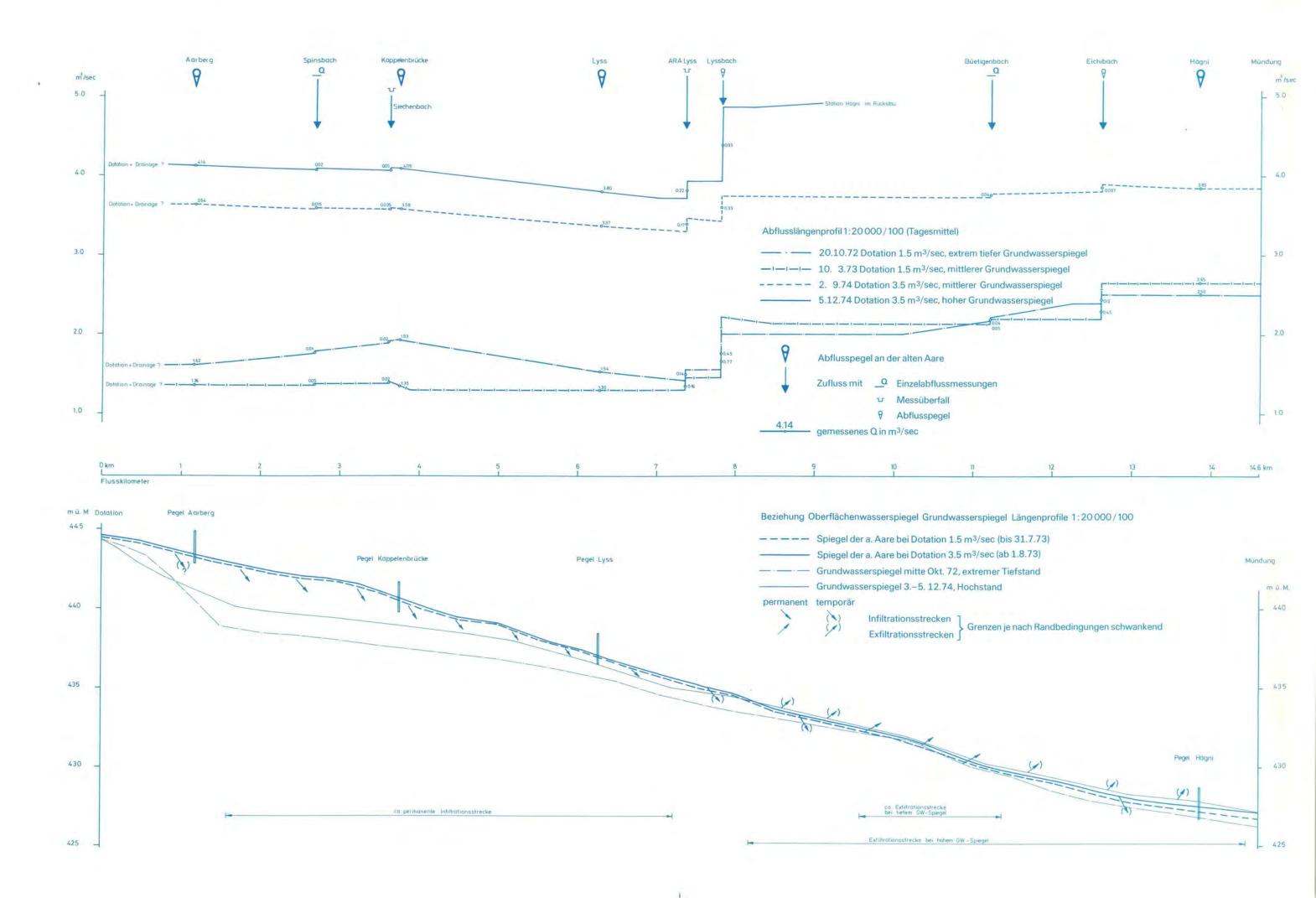
Der Binnenkanal übernimmt die Vorflut am nordwestlichen Rand der Talebene zwischen Bühl und Worben. Während aus der Talebene selber nur äusserst selten Oberflächenwasserzuflüsse stattfinden (z.B. bei Regen auf gefrorenem Boden), münden von der Talflanke her zwischen Merzligen und Jens mehrere kleine, stark mit Abwasser belastete Bäche ein.

Im Gebiet von Ober- und Unterworben folgt das Gewässer mehrheitlich alten Aareläufen. Zwischen Unterworben und der Mündung des in diesem Abschnitt Sagibach genannten Gewässers in den Nidau-Bürenkanal bei Schwadernau ist das Bachbett künstlich angelegt.

Im September 1972 wurde in Schwadernau eine Abflussmessstation eingerichtet, um den Anteil Grundwasser am Abfluss des Sagibaches bestimmen zu können. Das zugeflossene Grundwasser entstammt dem Hauptgrundwasserleiter oberhalb des Engnisses Busswil – Worben. Durch zwei simultane Abflussmesskampagnen wurde ferner der ganze Gewässerlauf an zahlreichen Stellen quantitativ erfasst, vgl. tabellarische Zusammenstellungen.

3.3.2.1. Binnenakanal oberhalb Worben (Infiltrationsstrecke)

Durch zahlreiche Feldbeobachtungen und die beiden Abflussmesskampagnen ist erwiesen, dass der Binnenkanal zwischen der Staatsstrasse Aarberg – Bühl und den Fassungen der SWG permanent ins Grundwasser infiltriert. Wenn auch die Mengen unbedeutend sind, ist der qualitative Einfluss des stark abwasserbelasteten Infiltrates auf das Grundwasser nicht zu verharmlosen.



Ueber die durch Messungen festgestellten Infiltrationsmengen orientiert die nachstehende Tabelle.

		18. Ok	t. 1972	25. Ok	t. 1973
Stelle	Kanal bei km	Àbfluss l/sec	Infiltra- tion 1/sec	Abfluss 1/sec	Infiltra- tion l/sec
Strasse Aarberg - Bühl	0,0	trocken		trocken	
vor Mündung Hermrigenbach	1,549	trocken		1,0	
Hermrigenbach	1,55	2,0		1,5	
			2,0		2,5
vor Mündung Merzligenbach	2,319	trocken		trocken	
Merzligenbach	2,32	1,5		1,1	
			1,5		0,1
vor Mündung Jensbach	4,679	trocken		8,2	
Jensbach	4,68	3,3		3,5	
			3,3		Exfiltra- tion
Fassungen SWG	5,2	trocken		25,0	
Totale Infiltra- tionsmenge		1/se	c 6,8	1/se	ec 2,6
Infiltrations- strecke		km O	- 5,2	km C	0 - 3,5
Randbedingung		tiefer (GW-Spiegel	mittl.	GW-Spiegel

Die Abflussbedingungen bei Grundwasserhochständen konnten mit den uns zur Verfügung stehenden Geräten nicht erfasst werden. Die Infiltrationsstrecke und -menge dürften sich dabei weiter reduzieren.

Im Zusammenhang mit den hydrogeologischen Abklärungen zur Schutzzonenfestlegung um die Grundwasserfassungen der SWG hat Herr Prof. Dr. RUTSCH einen Färbversuch im Binnenkanal durchgeführt. Der Versuch fand bei mittleren Grundwasserspiegelverhältnissen am 6.11.73 statt. Der Sagibach führte damals rund 250 1/sec Grundwasser ab. Um eine Hochwassersituation zu simulieren, wurde der Bach auf Höhe der Fassungen SWG um ca. 30 cm aufgestaut, vgl. Bericht RUTSCH zu Hd. der SWG, 74-02, vom Januar 1974.

Die eingespiesene Farbe konnte nach 14 Tagen signifikant in der Horizontalfassung SWG nachgewiesen werden. Der stark abwasserbelastete Bach stellt somit solange eine direkte Gefahr für das genutzte Grundwasservorkommen Worben dar, als die Sanierung der Kanalisationsverhältnisse am Talhang zwischen Jens und Hermrigen auf sich warten lässt. Die generellen, gütemässigen Auswirkungen der Infiltrationen aus dem Binnenkanal auf das Grundwasservorkommen im nördlichen Teil der Talebene werden in Abschnitt 4.1.7. näher erläutert.

Der regionale Zuleitungskanal Jens-Hermrigen wurde 1976 in Betrieb genommen und die Abwasserverhältnisse in den Gemeinden saniert.

3.3.2.2. Der Binnenkanal zwischen Ober- und Unterworben (Exfiltrationsstrecke)

Der Binnenkanal nimmt im Gebiet von Worben auf einer Strecke von 1,7 km (niederer Grundwasserstand) bis über 4,0 km Länge (hoher Stand) Grundwasser auf. Die untere Grenze der Aufnahmestrecke liegt wenig bergwärts der Ueberführung der Autostrasse Lyss – Biel (Flusskilometer 6,95) und schwankt offenbar nur geringfügig; die obere Grenze pendelt zwischen Flusskilometer 5,2 (tiefer Stand) und ca. 3,0 (hoher Stand).

Die anlässlich von Simultanmessungen erhaltenen Abflusswerte gibt die folgende Tabelle wieder.

		18. Okt	1072	25. Okt	1072	
	Dimmon		1		1	
Stelle	Binnen- kanal	'Abfluss	Exfiltra- tion	Abfluss	Exfiltra- tion	
	bei km	1/sec	1/sec	1/sec	1/sec	
vor Mündung						
Jensbach	4,679	trocken		8,2		
Jensbach	4,68	3,3		3,5		
			Infiltra- tion		21,8	
Fassungen SWG	5,2	trocken		30,0		
			60,0		170,0	
vor Mündung Luterbächli	6,25	60,0		200,0		
Luterbächli	6,28	trocken		1,0		
Editer baciii i	0,20	crocken		1,0		
			25,0		30,0	
vor Mündung		25.0		020.0		
ARA-Auslauf	6,60	85,0		230,0		
ARA-Auslauf	6,601	10,0		10,0		
			15,0		10,0	
vor Mündung						
Mülibach Mülibach	6,859	100,0		250,0		
Mulibach'	6,86	20,0		90,0	(90,0)	
			+ 0		10,0	
Strassenbrücke Lyss - Biel	6,95	120,0		350,0		
			± 0	,	Infiltra-	
			- 0		tion	
Abflussstation Schwadernau	9,9	122		310		
Totale Exfiltra menge	Totale Exfiltrations- menge		100,0	1/sec 340,0		
Exfiltrationsst Randbedingung	recke	km 5,4 tiefer GW	- 6,9 - Spiegel	km 3,0 - 6,9 mittl. GW - Spiegel		

¹⁾ der Mülibach führt exfiltriertes Grundwasser ab

Nach dem Verfahren von NATERMANN sind in der Gangliniendarstellung der Abflussmengen die Oberflächenabflüsse vom Grundwasserabfluss graphisch abgetrennt worden. Der so ermittelte Grundwasserabfluss beträgt in der Beobachtungsperiode Okt. 72 bis Dez. 74 256 l/sec. Im Minimum wurden 75 l/sec (Juli 73), im Maximum rund 500 l/sec (Dez. 74) registriert. Die entsprechenden Auswertungen können beim WEA eingesehen werden.

Die Ganglinienauswertung zeigte klar, dass der Grundwasserabfluss erwartungsgemäss durch den Spiegelstand im Nährgebiet gesteuert wird. Die Zusammenhänge sind statistisch ausgewertet worden. Mit den üblichen Verfahren der linearen Regressionsanalyse sowie Korrelationsberechnungen wurden die Zusammenhänge untersucht. Der Korrelationsfaktor als Mass für den Zusammenhang zwischen dem Grundwasserspiegel in der Messstelle 9* (Koord. 587.030/215.755) zum Grundwasserabfluss im Sagibach beträgt 0,82; er ist im Winter bedeutend straffer (0,86) als im Sommer (0,69), wenn die Vegetations- und Verdunstungseinflüsse weitgehend entfallen.

Mit den Beziehungen

$$Q_{Wi} = \frac{h - 436 \cdot 32}{0,36 \cdot 10^{-2}} \quad \text{in 1/sec}$$

$$Q_{SO} = \frac{h - 436 \cdot 32}{0,16 \cdot 10^{-2}} \quad \text{in 1/sec}$$

$$Q_{GW} = \frac{h - 436 \cdot 53}{0,26 \cdot 10^{-2}} \quad \text{in 1/sec}$$

können die jeweiligen Grundwasserabflüsse im Sagibach im Mittel (Q_{GW}) oder in der Sommer- oder Winterperiode (Q_{SO} , Q_{Wi}) mit genügender Genauigkeit aufgrund des jeweiligen Grundwasserspiegelstandes (h) an der Stelle 9* angegeben werden.

3.3.2.3. Der Sagibach zwischen Unterworben und Schwadernau

Aus den wenigen vorhandenen Messungen sowie im Vergleich zu den Grundwasserspiegellagen im Gebiet kann geschlossen werden, dass der Sagibach auf seinem Lauf zwischen Unterworben und seiner Mündung in den Nidau-Bürenkanal keine nennenswerten Auswirkungen auf das Grundwasser mehr hat. Die in Schwadernau ermittelten Abflussmengen und die daraus gezogenen Schlüsse dürfen eher ohne Bedenken in den Talquerschnitt Worben - Busswil zurückversetzt werden, d.h. auf diejenige Stelle, wo der Binnenkanal (Sagibach) eine wesentliche Rolle für das Grundwasservorkommen im Haupttal spielt.

3.3.3. Der Moosbach im Testgebiet Lüscherzmoos

Der Oberflächenabfluss vom knapp 7 km² grossen Einzugsgebiet des Lüscherzmooses wird seit Januar 1972 erfasst. Da als Ziel der hydrologischen Erhebungen im Lüscherzmoos eine hydrologische Bilanz figuriert, werden die Abflüsse nicht besonders analysiert, sondern im Zusammenhang mit den Untersuchungen über die Grundwasserneubildung und Verdunstung besprochen. Es wird auf die Abschnitte 3.4. und 3.5. verwiesen. Die statistischen Auswertungen stehen neben den Basisdaten beim WEA zur Verfügung.

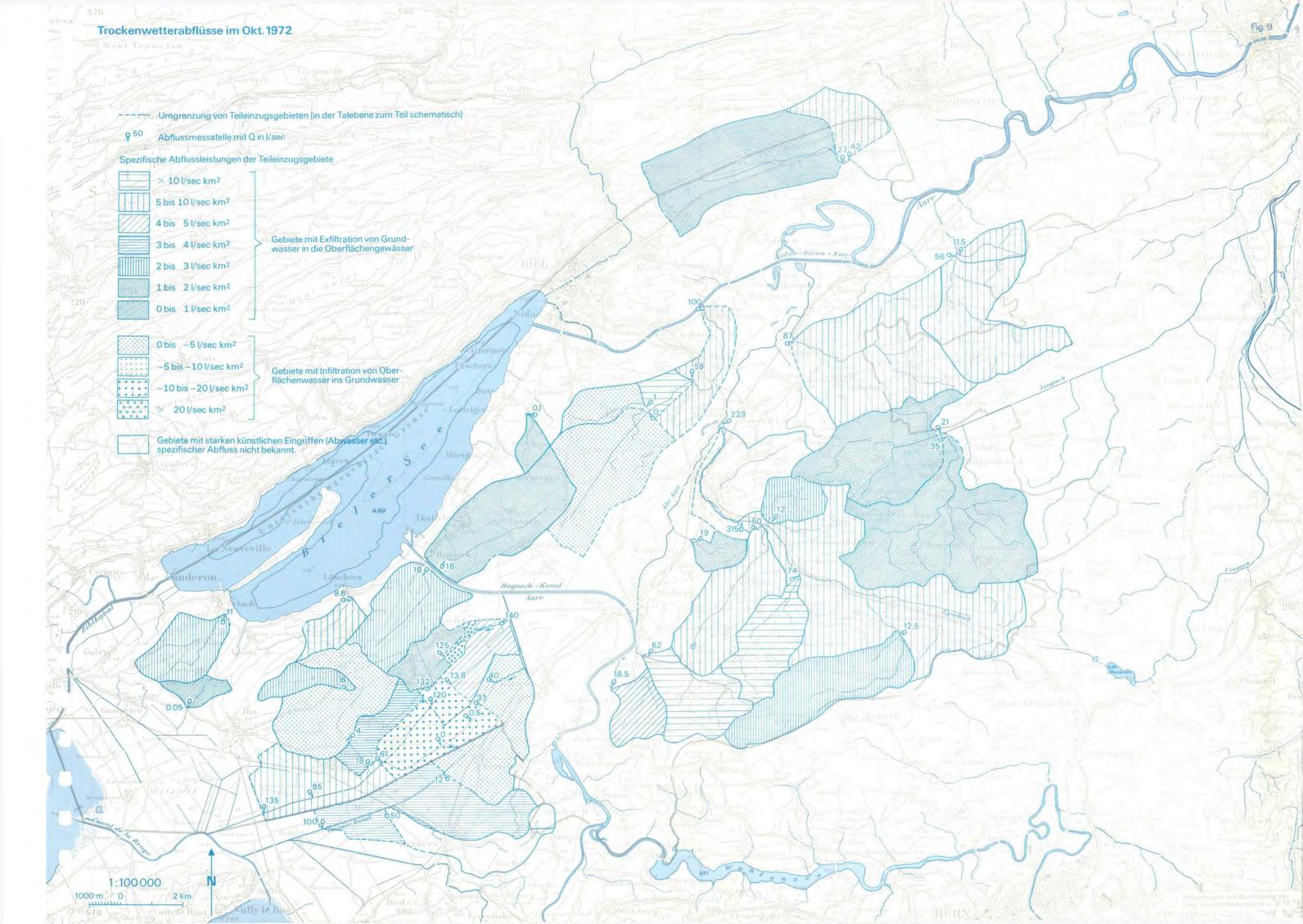
3.3.4. Niederwasserabflüsse

Am Ende der ausserordentlichen Trockenperiode im Herbst 1972 wurde der Trockenwetterabfluss zahlreicher Oberflächengewässer im ganzen Untersuchungsgebiet gemessen. Das Ziel dieser Kampagne war, Informationen über grössere, noch ungenutzte Quellwasserreserven, Verlust- oder Rückgabestrecken im Kanalsystem des Grossen Mooses und über zu erwartende, minimale Abflüsse zahlreicher kleiner Gewässer im Hügelgebiet zu erhalten.

Die Resultate der Messungen wurden bereits im Zwischenbericht 1972, Beilage 4, zusammengestellt. Die Auswertung zu spezifischen Abflussleistungen (1/sec ·km²) stellt die wichtigste Aussage derartiger Erhebungen dar. Die bereinigten Daten werden daher in Form der Figur 9 (Karte 1: 100'000) noch einmal gebracht.

Die spezifische Abflussleistung gibt in Quellgebieten direkte Hinweise auf das Speichervermögen der grundwasserführenden Locker- oder Festgesteine. Sehr hoch sind z.B. die Trockenwetterabflüsse auf dem Frienisberg, wobei hier allerdings das grosse unterirdische Zuflussgebiet eine massgebende Rolle spielt (die Molasseschichten fallen bereits bei Meikirch gegen NW ein). Die fast ebenso grossen Abflüsse auf dem westlichen Bucheggberg sind dagegen den verbreiteten, sehr mächtigen Schotterablagerungen im Gebiet zuzuschreiben. Das gegenteilige Extrem mit sehr kleinen Abflüssen stellt das Rapperswiler-Plateau dar, wo vorwiegend mergelige Molasse den Untergrund aufbaut und wo die geringmächtige Lockergesteinsdecke nur in Form von lehmiger Grundmoräne ausgebildet ist. Die Quellenarmut des Gebietes ist direkte Folge des Mangels an Speichergesteinen.

In den Talebenen geben die Erhebungen Aufschluss über die Wechselwirkungen Oberflächenwasser (Drainagekanäle)/Grundwasser. Im ausserordentlich komplizierten Kanalsystem des Grossen Mooses können derartige Vorgänge mit den zur Verfügung stehenden Mitteln allerdings nur tendenzmässig erfasst werden; ebenso sind die Angaben über die spezifischen Abflüsse nur ungenau, da die unterirdischen Wasserscheiden der Teileinzugsgebiete nicht im Detail bekannt sind. Für die Belange der Melioration ergeben sich trotzdem wesentliche Hinweise auf die Auswirkungen des Drainage- und Kanalsystems.



3.4. Verdunstung

Es existiert eine ganze Anzahl Formeln zur Berechnung des Verdunstungsanteils in einer hydrologischen Bilanz. Während theoretisch berechnete Mittelwerte über Jahresverdunstungen allgemein recht brauchbare Angaben liefern, versagen derartige Berechnungen oft für kurze Beobachtungsperioden (z.B. Monate) oder sogar Einzelereignisse. Der Grund hierfür liegt in der grossen Anzahl Faktoren, die die Verdunstung beeinflussen und die wieder untereinander in Beziehung stehen.

Es kann nicht Aufgabe dieses Berichtes sein, die ganze Problematik der Verdunstungsermittlungen durch Feldversuche oder durch Berechnungen aufgrund klimatologischer oder geographischer Faktoren zu beleuchten. Nachstehend werden die Resultate der speziellen Abklärungen zur Ermittlung des Verdunstungsanteiles im Seeland zusammengestellt und ausgewertet sowie den Messwerten theoretische Sollwerte gegenübergestellt.

3.4.1. Felduntersuchungen

Ausgehend von der Wasserhaushaltsgleichung

Niederschlag = Abfluss + Verdunstung \pm Retention

 $N = A + V \pm R$

kann im Feld die Verdunstung "gemessen" werden, wenn entweder in Einzugsgebieten von Oberflächengewässern neben den Niederschlägen und dem Abfluss die Bewegungen des Grundwasserspiegels erfasst werden, oder wenn in Talebenen ohne oberflächlichen Abfluss und ohne einen durch Vorfluter direkt beeinflussten Grundwasserkörper die Spiegeländerungen im Grundwasser herangezogen werden.

Die erstgenannte Methode kam im Testgebiet Lüscherzmoos zur Anwendung; die zweitgenannte im Grundwasservorkommen nördlich Müntschemier.

3.4.1.1. Die Gebietsverdunstung im Lüscherzmoos

Die massgebenden Daten über das 6,94 km² grosse Einzugsgebiet des Moosbaches in der Talebene zwischen Brüttelen und dem Hagneckkanal sowie die Details der hydrologischen Erhebungen und Auswertungen sind zusammengestellt und dem WEA abgegeben worden. Aus dieser Datensammlung wurden folgende Angaben entnommen:

- Das 6,94 km² grosse Einzugsgebiet, dessen geologische und topographische Grenzen übereinstimmen, zerfällt in 3,69 km² Hügelgebiet mit Grundmoränenbedeckung und 3,25 km² Talebene mit feinkörnigen Verlandungsbildungen. Die Talflanken sind zu ca. 80 % mit Wald bedeckt. Die offenen Flächen, insbesondere die Talebene, werden intensiv landwirtschaftlich genutzt.

- Das ganze Oberflächenwassernetz ist künstlich angelegt; einzige Abflussmöglichkeit ist der Stollen durch den Seerücken zum Bielersee. Die Talebene ist durchgehend drainiert.
- Es bestehen keine künstlichen Wasserein-oder/-ableitungen. Die Infiltration aus dem Hagneckkanal kann als unbedeutend vernachlässigt werden.
- Der Grundwasserspiegel liegt wenig unter der Terrainoberfläche (0,5 1,5 m). Der Schwankungsbereich befindet sich ausschliesslich im Torf. Als Stauer wirken die unter dem Torf folgenden Tone und Seekreide.
- Durch Analyse verschiedener Leerlaufkurven ist ein aktives Porenvolumen von 10,5 % im Mittel für das ganze Gebiet bestimmt worden.
- Die im Pluviograph G\u00e4serz festgestellten Regenmengen sind f\u00fcr das ganze Gebiet repr\u00e4sentativ. Der Korrelationsfaktor zur MZA-Station Kerzersmoos betr\u00e4gt 0,97.
- Die Grundwasserspiegelschwankungen werden in total 12 Messstellen erfasst und für die Bilanz gemittelt. Der Korrelationsfaktor zwischen diesen Mitteln und den Schwankungen im Grundwasserlimnigraphen allein beträgt 0,72.

Für die Periode Januar 72 bis Oktober 75 sind die erhobenen Basisdaten aus dem Lüscherzmoos ausgewertet worden. Die resultierenden Werte für die Verdunstung liefert die nachstehende Tabelle. Die im erwähnten Bericht über das Lüscherzmoos für einzelne Monate erhaltenen, negativen Verdunstungshöhen sind als unrealistisch weggelassen und durch den Wert Null ersetzt worden, ohne damit allerdings zur Erklärung für diese Werte etwas beizutragen. Immerhin darf aus dem theoretischen Auftreten von negativen Verdunstungen geschlossen werden, dass die effektiven Werte des Gebietes höher liegen als die errechneten (vgl. Tabelle). Wo der systematische Fehler liegt, konnte bis zur Zeit nicht eindeutig erkannt werden. Wir vermuten zu hohe Abflusswerte (infolge dauernder Verschlammung des Betongerinnes im Bereich der Abflussmessstelle und dadurch zu hoher scheinbarer Pegelstand) und zu kleine Niederschlagswerte (starke, die Verdunstung wesentlich beeinflussende Taue sind z.B. im Pluviographen nicht erfasst). Ferner könnte infolge von Austrocknungsprozessen ein grösseres aktives Porenvolumen als das zu Grunde gelegte von 10,5 % angenommen werden.

		1972	ļ		197:	3		197	4		1975		Periode 1972 - 74		
	N	٧		N	V		N	٧		N	٧		N	٧	
	mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
Jan.	17	0*	0	32	5	15,6	57	4	7,0	87	5*		35	3	8,5
Feb.	20	0*	0	34	0*	0	47	18	38,3	4	0*		34	6	17,6
März	36	7	19,5	5	0*	0	43	26	60,5	44	15*		28	11	39,3
April	61	12	5,1	46	23*	50,0	18	16	89,0	54	20		42	17	40,5
Mai	59	50	84,8	80	47	58,7	99	80	80,9	96	73*		79	59	74,7
Juni	167	96	57,5	122	56	45,9	166	112*	67,5	139	70*		152	88	57,9
Juli	48	27	56,3	141	1111	78,6	52	42	80,7	59	30		80	60	75,0
Aug.	53	50	94,3	66	35	53,0	51	67	131,2	119	85*	-	57	51	89,5
Sept.	9	14*	155,5	44	30	68,2	104	79	76,0	110	65		52	41	78,8
Okt.	28	1	3,5	78	18	23,1	148	33	22,3	23	8		85	17	20,0
Nov.	214	36	15,9	43	1	2,3	115	16	13,9				124	18	14,5
Dez.	49	17	34,7	42	0*	0	57	8*	14,0				49	8	16,3
Jahr	761	310	40,6	733	326	44,5	957	501	52,3						
									Mittel	der 3	Jahre		817	379	46,4

N = Niederschlagshöhe

Die Werte des Jahres 1975 bleiben unberücksichtigt; die Ausfälle infolge Einstaues der Abflussmessstelle betragen über die Hälfte der Beobachtungszeit.

Schliesslich muss für eine Extrapolation auf langjährige Mittelwerte beachtet werden, dass die Beobachtungsperiode 1972 – 74 zwei relative Trockenjahre umfasst. Die jährlichen Niederschlagssummen betragen 77, 74 und 97 % des langjährigen Mittels (Station Kerzers). Werden in einer vorsichtigen Annahme rund 40 % des Niederschlagsdefizites auf die Verdunstung angerechnet, so muss der erhaltene Mittelwert für V von 379 mm/Jahr für 1972 – 1974 auf 446 mm erhöht werden (= 45,3 % des langjährigen Niederschlagsmittels).

V = Verdunstungshöhe

^{* =} extrapolierte Werte

3.4.1.2. Die Gebietsverdunstung bei Müntschemier

Nördlich von Müntschemier (Oberfeld) erstreckt sich ein grösseres Grundwasserfeld in diluvialen Schottern. Im Zusammenhang mit der Grundwasserprospektion für die Gemeinde wurde das Vorkommen sehr detailliert untersucht und sämtliche massgebenden Parameter genau bestimmt.

Die wichtigsten Gegebenheiten sind:

- Das Gebiet weist ausser bei extremen Starkregen keinen Oberflächenabluss auf und ist nicht künstlich drainiert.
- Der Grundwasserspiegel liegt 6-8 m unter OK Terrain. Die Deckschichten bestehen aus Kies und Sand mit einer nur geringmächtigen Humusdecke.
- Der Grundwasserspiegel ist nur sehr wenig geneigt. Das Spiegelgefälle beträgt 0,6 o/oo. Es bestehen keine Beeinflussungen durch Vorfluter (In- oder Exfiltration); die Grundwasserneubildung geschieht ausschliesslich durch einsickerndes Meteorwasser.
- Der k-Wert beträgt 1,2 \cdot 10^{-3} m/sec, das aktive Porenvolumen 9 % (Grosspumpversuch)
- Seit Dezember 1972 ist ein Grundwasserlimnigraph installiert. Die Niederschlagsmengen liefert die Station Kerzers in 2 km Entfernung sowie – für Intensitätsfragen – die Station Lüscherzmoos in 3 km Distanz.

3.4.1.3. Zusammenfassende Beurteilung der erhaltenen Messwerte über die Verdunstung

Aus den je dreijährigen Messreihen im Lüscherzmoos und bei Müntschemier resultieren im Mittel 46,4, resp. 85,2 % der Niederschlagshöhe als Verdunstung. Die beiden Werte dürfen wegen den unterschiedlichen hydrogeologischen Gegebenheiten (Ausbildung der Deckschichten, Flurabstand) sowie wegen der verschiedenen Berechnungsart nicht direkt verglichen werden. Ebensowenig ist eine kritiklose Extrapolation auf Teilgebiete mit ähnlichen Gegebenheiten im Seeland erlaubt. Dagegen leisten die Daten wertvolle Hilfe bei der Aufstellung von, nach bekannten Verdunstungsformeln berechneten, mittleren jährlichen Verdunstungshöhen auf kürzere Perioden (Monate).

In Figur 10 sind die mittleren monatlichen Verdunstungswerte im Lüscherzmoos und bei Müntschemier in % der mittleren Jahresverdunstung der dreijährigen Beobachtungsperiode aufgetragen. Zusätzlich sind die nach der Formel von PRI-MAULT berechneten monatlichen Wert eingetragen, vgl. Abschnitt 4.3.2.

Trotz der notwendigen Vorbehalte – zurückzuführen auf die verschiedene Herkunft und Güte der Basiswerte – scheint die mittlere Verdunstungsaufteilung übers Jahr den natürlichen Verhältnissen gerecht zu sein.

Die nachstehenden monatlichen Verdunstungsanteile an der Jahressumme können

daher weiterverwendet werden:

	26,8 %	Winter- halbjahr		73,2 %	Sommer-
März	3,8 %		Sept.	11,9 %	;
Feb.	2,3 %		Aug.	12,2 %	,
Jan.	3,0 %		Juli	12,6 %	,
Dez.	3,1 %		Juni	18,2 %	<u>'</u>
Nov.	7,5 %		Mai	13,5 %	,
Okt.	7,1 %		April	4,8 9	,

Die in den Jahren 1972-75 ermittelten Verdunstungswerte sind in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt.

	1972			1973			1974			1975			Periode Dez. 72 -Nov. 75		
	N	٧	:	N	٧		N	٧		N	٧		N	٧	
	mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
Jan.				26	24	92,2	50	44	88,0	76	52	68,5	51	40	78,4
Feb.				34	24	70,5	58	41	70,7	8	4	50,0	33	23	69,7
März				5	4	80,0	51	48	94,1	56	56	100,0	37	36	97,3
April				52	50	96,0	28	23	82,2	47	47	100,0	42	40	95,2
Mai				82	72	87,8	111	110	99,0	87	82	94,3	93	88	94,6
Juni				140	79	56,4	154	130*	84,5	126	100*	79,5	140	103	81,4
Juli				122	98	80,4	58	52	89,6	72	66	91,6	84	72	85,7
Aug.				91	75	82,5	57	57	100,0	130	120	92,3	93	84	90,3
Sep.				60	49	81,6	122	122	100,0	147	126	85,6	110	99	90,0
Okt.				92	76	82,6	139	116	83,5	34	34	100,0	77	75	97,4
Nov.				39	37	94,8	120	101	84,1	128	95 .	74,2	96	78	81,2
Dez.	30	18	60,0	48	34	70,9	59	40	67,8	-		-	46	31	67,4
Jahr				791	622	78,4	1007	884	87,6	9111)	782 ¹⁾	85,9			
Mittel der 3 Jahre										902	768	85,2			

¹⁾ ohne Dezember

^{*} extrapolierte Werte (Oberflächenabfluss berücksichtigt)

Die resultierenden Verdunstungshöhen sind ausserordentlich hoch und teilweise unglaubwürdig. Andererseits muss erwähnt werden, dass über die effektiven Infiltrationsmengen von Meteorwasser ins Grundwasser bei grossen Flurabständen bis heute kaum Messdaten vorliegen und nur aus sporadischen Feldbeobachtungen bekannt ist, dass die Grundwasserneubildung durch Niederschlag allgemein kleiner ausfällt als bisher gemeinhin angenommen, vgl. Ausführungen in Abschnitt 3.5.

3.4.2 Berechnete Gebietsverdunstungen

Wie einleitend bereits bemerkt, existiert eine ganze Reihe Formeln, die aufgrund geographischer oder klimatologischer Daten (oder kombiniert) einen jährlichen Mittelwert der Gebietsverdunstung zu berechnen gestatten.

Erfahrungsgemäss haben sich folgende Ansätze als brauchbar erwiesen:

- Formel von TURC, basierend auf der Niederschlagsmenge und dem Jahrestemperaturmittel
- Formel vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft (A+W), interne Studie, basierend auf der statistischen Auswertung von über 100 Einzugsgebieten in der Schweiz in Bezug auf N, A und V
- Formel von PRIMAULT,
 basierend auf der Sonnenscheindauer und der relativen Luftfeuchtigkeit

Die letztgenannte liefert für unsere Zwecke gut brauchbare monatliche Verdunstungshöhen, die übers Jahr aufsummiert werden können.

Die einzelnen Formeln lauten:

TURC:

$$V = \frac{N}{\sqrt{0.9 + \left[-\frac{N}{L}\right]^2}} \quad \text{in mm}$$

$$L = 300 + 25 t + 0,05 t^3$$

t = 11,3 - 0,0052 H (nach UTTINGER)

N = Niederschlagshöhe, mm/Jahr

 $L = max. m\"{o}gliche Verdunstung (EPT), mm/Jahr$

t = mittlere Jahrestemperatur, C^O

H = mittlere Höhenlage, m ü.M.

A+W:

$$V = (650 - 0.135 H) k_1 \cdot k_2 in mm$$

$$k_1 = \sqrt[3]{-1 + 0.8 \text{ w} + 1.7 \text{ s}}$$
1,22 + 0,6 g

$$k_2 = \sqrt[3]{-----++0,9}$$

w = Waldanteil an der Gebietsfläche

s = Seeanteil an der Gebietsfläche

g = Gletscheranteil an der Gebietsfläche

f = Flussdichte (km Gewässerläufe pro km² auf LK 1:25'000)

PRIMAULT:

$$V = (E_{pot.}) = [(1,03 - \frac{Hm}{100}) (S + 2n) \cdot c \cdot j] +a$$

Hm = relative Luftfeuchtigkeit

s = Sonnenscheindauer in h

n = Anzahl Tage der Beobachtungsperiode

c = Korrekturfaktor nach der Meereshöhe (0,7 bis 1,1)

j = Korrekturfaktor nach der Jahreszeit (0,1 bis 1,1)

a = Korrekturzuschlag nach Gebietsnutzung. Gemäss persönlicher mündlicher Mitteilung für das Seeland
 20 - 25 % für die Monate April - Oktober.

Für die Talebene des Seelandes ergeben sich unter Anwendung obiger Formeln folgende mittlere Verdunstungsbeträge (mm/Jahr):

Verdunstungswerte (mm/Jahr) in der Ebene des Seelandes

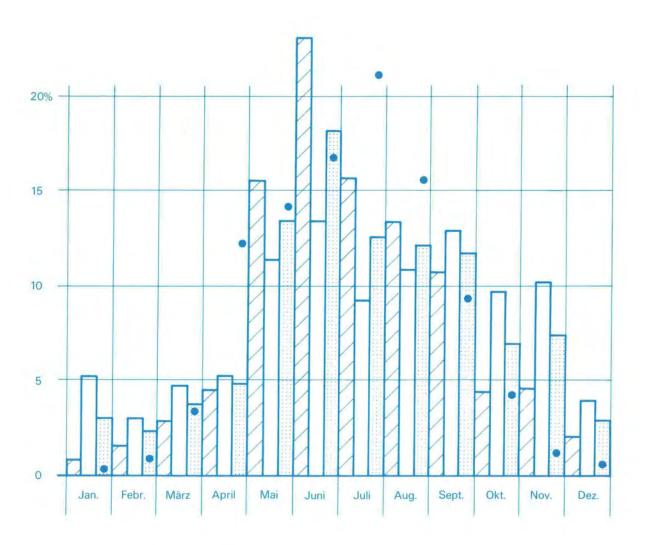
	berech	nete Werte	9	gemessene Werte				
Jahr	TURG	A+W	PRIMAULT	Müntschemier	Lüscherzmoos			
1970	500	COV	495	-	-			
1971	460	-	595	-	~			
1972	467	-	514		310			
1973	465	-	519	622	326			
1974	490	-	530	884	501			
1975	485	-	450 ¹⁾	818 ²)				
70-75	70-75 2867 - 3103		3103	-				
Mittel- 480 550 wert		517	768	379				

¹⁾ Dezemberwert interpoliert

Erfahrungsgemäss liefert die Formel von TURC für unsere Verhältnisse eher zu kleine, diejenige vom A+W eher zu grosse Werte. Wir dürften den Gegebenheiten sehr nahe kommen, wenn für die mittlere jährliche Verdunstung in der Talebene des Seelandes 5 2 0 m m eingesetzt werden. In Trockenjahren geht sie auf ca. 400 mm zurück; in nassen Jahren kann sie bis 600 mm erreichen.

In Berücksichtigung der in der Tabelle auf Seite 57 und Figur 10 angegebenen monatlichen Verdunstungsanteile sowie der durch die Messungen belegten wesentlichen Unterschiede der Verdunstungsbeträge zwischen Gebieten mit grossem und kleinem Flurabstand (Müntschemier, resp. Lüscherzmoos) nehmen wir folgende Monatswerte als angemessen an:

²⁾ für den Monat Dezember 34 mm eingesetzt (= Dez. 1972)



Lüscherzmoos (Beobachtungsperiode Jan. 72–Dez. 74)

Müntschemier (Beobachtungsperiode Dez. 72–Nov. 75)

Mittelwert

Berechneter Mittelwert (1970–75) nach Primault

Verdunstungswerte (mm/Monat) in der Ebene des Seelandes

Monat	gesam Taleb		Gebiet grosse abstan	m Flur-	Gebiet kleine abstan	m Flur-	Monat	gesam Talebo		Gebiet grosse stand	e mit m Flur	Gebiet kleine abstan	n Flur-
	mm	%	mm	%	mm	%		mm	%	mm	%	mm	%
Okt.	37	7,1	67	9	28	6	April	25	4,8	33	5	24	5
Nov.	39	7,5	52	8	29	6	Mai	70	13,5	85	13	67	14
Dez.	16	3,1	26	4	14	3	Juni	95	18,2	91	14	96	20
Jan.	16	3,0	26	4	10	2	Juli	65	12,6	72	11	72	15
Feb.	12	2,3	20	3	15	3	Aug.	63	12,2	78	12	58	12
März	20	3,8	32	5	19	4	Sept.	62	11,9	78	12	48	10
Winter	140	26,8	233	33,0	115	24,0	Sommer	380	73,2	473	67,0	365	76,0
Jahr	520		660		480					•			
% von N	5	7,0	7:	3,0	53	3,0							

Vom Hauptgrundwasservorkommen der Talebene des Seelandes weisen ca. 1/5 der Gesamtfläche einen grossen und 4/5 einen kleinen Flurabstand auf. Randliche Gebiete ausserhalb der Alluvialebene weisen durchwegs grosse Flurabstände auf.

3.5. Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung durch Einsickern von Niederschlägen (echtes Grundwasser) und durch Infiltration von Oberflächenwasser bildet ein Hauptkriterium zur quantitativen Beurteilung von Grundwasservorkommen. Durch die Infiltration von verschmutztem Oberflächenwasser können ferner lokal bedeutende Qualitätseinbussen auftreten.

Die qualitativen Auswirkungen kommen in Abschnitt 4.1.7. zur Sprache. Ueber die im Seeland durch Feldversuche und gezielte Messungen sowie durch Computerberechnungen erhaltenen quantitativen Daten geben die nachfolgenden Erläuterungen Auskunft.

3.5.1. Die Bildung von echtem Grundwasser

Die Ermittlungen über die Verdunstung und die Grundwasserneubildung gehen naturgemäss parallel. Direkte Angaben über die echte Grundwasserneubildung besitzen wir daher aus dem Testgebiet Lüscherzmoos und dem Grundwassergebiet Müntschemier. Zusätzliche Erhebungen wurden bei Büetigen vorgenommen, doch sind die dortigen Resultate aus noch zu erläuternden Gründen nicht ohne grosse Einschränkungen verwendbar.

Die monatlich ermittelten Einsickerungsbeträge in der Talebene des Lüscherzmooses (L), bei Müntschemier (M) sowie bei Büetigen (B) sind auf der Figur Il graphisch eingetragen. Die prozentualen Anteile am registrierten Niederschlag (Mittel von drei Stationen) der aufsummierten Grundwasserspiegelanstiege pro Monat gehen aus der folgenden Tabelle hervor.

Monatliche Neubildungsbeträge in % des Niederschlags

		1972	i		1973			1974	1		1975			.Werte	
	L %	M %	B %	L %	M %	B %	L %	M %	B %	L %	M %	В %	L %	M %	B %
Jan.				50,0	2,9		41,5	11,3	32,1	95,0	28,8	31,8	62,3	14,3	31,9
Feb.				67,5	25,0	65,0	72,2	31,5	14,8	100,0*	51,4	0	79,9	35,9	26,6
März				33,3	1,6	1,6	55,3	6,4	4,2	34,0	0	0,6	40,8	2,6	2,1
April	29,2			0	3,9	0	0	20,8	0	50,0	0	11,0	19,9	8,2	3,6
Mai	0			18,5	12,3	2,5	2,7	0,9	0	16,1	5,2	0,3	9,3	6,1	0,9
Juni	37,5			18,4	59,6	4,4	56,1	9,8	7,2	74,5	12,5	3,5	46,6	27,3	5,9
Juli	0			12,8	19,2	1,6	6,7	10,0	0	21,8	10,0	0,5	10,3	13,0	0,7
Aug.	6,7			19,2	20,5	11,6	0	0	0	34,7	8,2	5,7	15,1	9,5	5,7
Sept.	0			1,8	20,0	5,5	22,1	0	0	100,0	19,5	14,5	30,9	13,1	6,6
Okt.	20,6			52,4	19,0	13,1	49,0	15,2	11,9	59,0	0	1,4	45,2	11,4	8,8
Nov.	51,0			61,6	4,3	21,3	32,8	16,4	13,8				48,4	10,3	17,5
Dez.	37,4	30,0		100,0	28,6	30,6	61,0	32,3	25,4				66,1	30,2	28,0
Jahr	30,5			33,8	21,2	10,3	37,7	11,3	8,5	60,0	11,7 ²⁾	8,6 ²⁾			
								Mitte	lwerte,	% von	N		39,3	14.7	9,2

¹⁾ ab April 2) bis Oktober *) durch Schneespeicherung beeinflusst

Dank den Pluviographenaufzeichnungen im Lüscherzmoos konnten ferner über 60 Niederschlagsereignisse in Bezug auf ihre Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel im Lüscherzmoos selber und bei Müntschemier analysiert werden. Die Resultate sind in den Figuren 12 und 13 graphisch ausgewertet. Es lassen sich hieraus folgende Schlüsse ziehen:

- Gleiche Niederschlagsereignisse führen zu sehr ähnlichen Einsickerraten, wenn nach Sommer- und Winterhalbjahr getrennt verglichen wird.
- Die "echte" Grundwasserneubildung ist für gegebene Niederschlagsmengen und Regendauern wesentlich beeinflusst durch den Flurabstand und die Lithologie der Deckschichten.
- Ausschlaggebend auf den Einsickerungsprozess ist die Durchfeuchtung des Bo-

Grundlagen

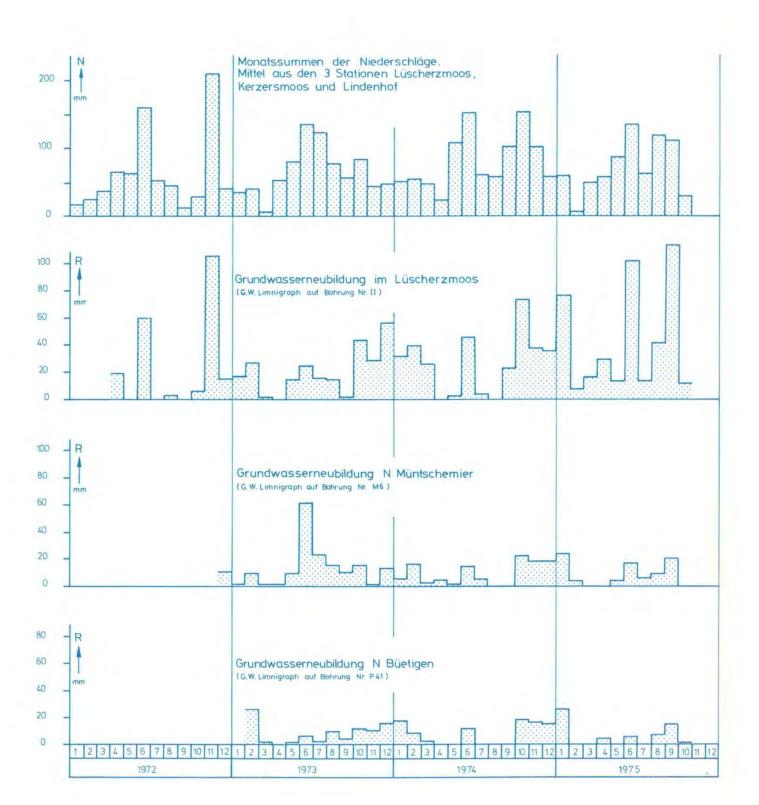
	Lüscherzmoos	Müntschemier	Büetigen
Deckschicht	Torf,1 m	Kies u. Sand, 7.5 m	Sand u. Silt, 3.2 m
G.WLeiter	Torf, faserig	Kies, sandig	Kies, sandig
G.WStauer	Lehm	Lehm	Lehm
Flurabstand	~1 m	~7.5 m	~2.5 m
massgebendes Porenvolumen	10.5%	9%	3%1)
G.W Spiegelgefälle	~5‰	~0.6‰	~7‰
G.WSpiegel	frei	frei	gespannt

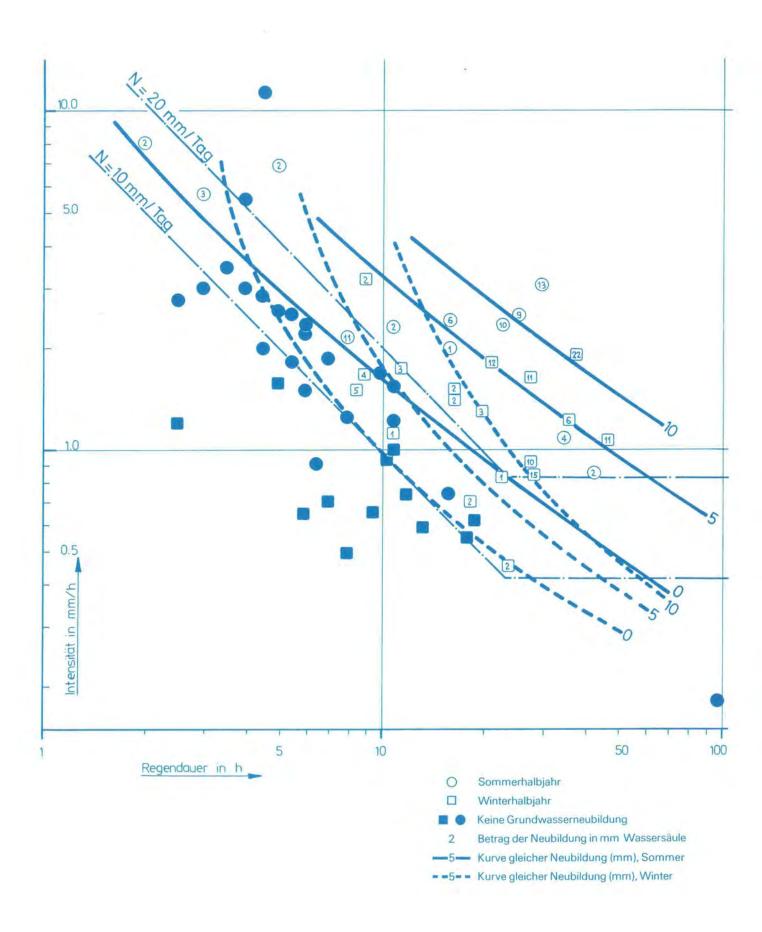
¹⁾ Schwankungsbereich innerhalb Deckschichten

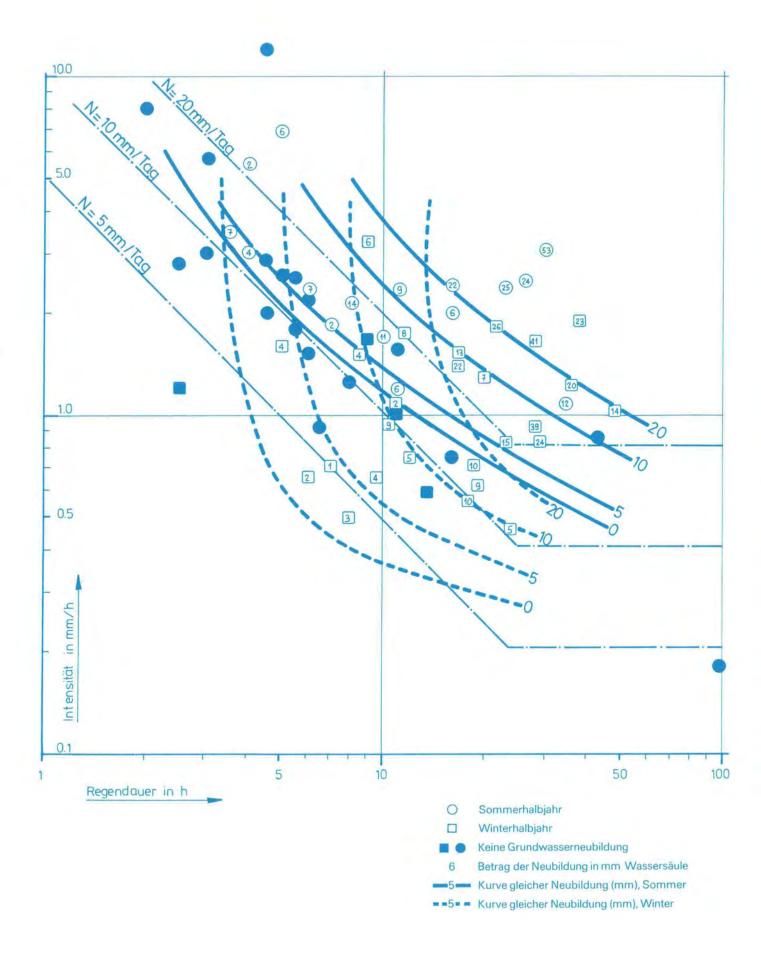
Tabellarische Zusammenstellung

	Lü	scherzmo	oos	Müntschemier			Büetigen		
Jahr	N	ΣR	% N	N	ΣR	% N	N	ΣR	% N
19721)	688	210	30.5						
1973	733	248	33.8	791	168	21.2	838	86	10.3
1974	957	361	37.7	1007	114	11.3	999	85	8.5
19752)	735	428	60	783	86	11.0	708	60	8.5

1) ab April 2) bis Oktober







dens; muss in der Deckschicht zuerst noch das Defizit an Haftwasser gedeckt werden, erreichen vor allem in der Vegetationsperiode zahlreiche Niederschläge den Grundwasserspiegel nicht (siehe Müntschemier). Bestimmendes Element wird damit der kapillare Steigsaum über dem Grundwasserspiegel, der in feinkörnigen Böden (Torf, Lehm) mehrere m, in grobkörnigen (Sand, Kies) weniger als 0,5 m beträgt.

- Im Sommerhalbjahr liegt die "kritische" Regenmenge, d.h. die Menge, die zur Neubildung führt, für Gebiete mit grossem Flurabstand bei rund 20 mm/ Tag. Wenn wie im Abschnitt 3.2.2. erläutert im Durchschnitt in der Talebene des Seelandes an weniger als 10 Tagen im Jahr über 20 mm Tagesniederschlag fallen, geht die nur sporadische Grundwasserneubildung im Sommer hieraus mehr als deutlich hervor. Besser liegen die Verhältnisse für Gebiete mit kleinen Flurabständen, wo die kritische Regenmenge rund 12 mm/Tag beträgt. Die erstgenannten Bedingungen erklären andererseits die extrem hohen Verdunstungswerte in derartigen Gebieten (80 85 % der Niederschlagsmenge).
- Im Winterhalbjahr sind die Einsickerbedingungen wesentlich verbessert durch den Wegfall des Einflusses der Vegetationsdecke sowie durch den Umstand, dass der Boden infolge der stark verminderten Verdunstung länger feucht bleibt. Ausgenommen sind extreme Situationen bei Regen auf gefrorenen Boden.
- Bei feinkörnigen Deckschichten fördert Torf die Einsickerung stark (Schwamm-wirkung); Lehm vermindert sie dagegen durch Begünstigung des Oberflächenabflusses und der Verdunstung (z.B. bei mehrtägigen Wasserlachen in der Ebene nach stärkeren Regenfällen).

Die optimalen hydrogeologischen Voraussetzungen zu einer überdurchschnittlichen Grundwasserneubildung (grobkörnige Deckschicht und geringer Flurabstand) sind nur in einem sehr kleinen Teil der nutzbares Grundwasser führenden seeländischen Talebene gegeben. Hier kann die Grundwasserneubildung auf rund 45 % der Niederschlagssumme geschätzt werden. Hohe Werte erreicht die Neubildung ebenfalls in den Torfgebieten, wo die Einsickerung eher unerwünscht ist und zu Meliorationen führt.

In den wichtigen, nutzbares Trinkwasser führenden Talabschnitten ist dagegen die Neubildung wesentlich kleiner als bisher angenommen wurde. Wir haben versucht (in Berücksichtigung aller bisher bekannten, teilweise naturgemäss noch unvollständiger Daten), in Figur 14 eine erste, übersichtsmässige Zusammenstellung über die zu erwartenden spezifischen Einsickerraten in 1/sec · km² und die sie massgeblich kontrollierenden Faktoren zu geben.

Abschliessend sei noch kurz begründet, weshalb die Versuchsdaten von Büetigen nur bedingt Verwendung gefunden haben: ein nachträglich bekannt gewordenes Drainagenetz in den Deckschichten dessen Wirksamkeit nicht überprüft werden kann, lässt eine fundierte Diskussion der erhaltenen, auf Figur 11 dargestellten Werte nicht zu. Ebenso konnte das massgebende Porenvolumen in den Deckschichten nur approximativ bestimmt werden.

3.5.2. Infiltration von Oberflächenwasser

Aus dem System der Oberflächengewässer im Seeland sind folgende als bedeutendde Infiltranten bekannt:

- die Aare auf der Strecke Aarberg Walperswilerbrücke (Hagneckkanal)
- die Alte Aare auf der Strecke Aarberg Lyss
- der Lyssbach im Gebiet von Lyss bis zu seiner Mündung

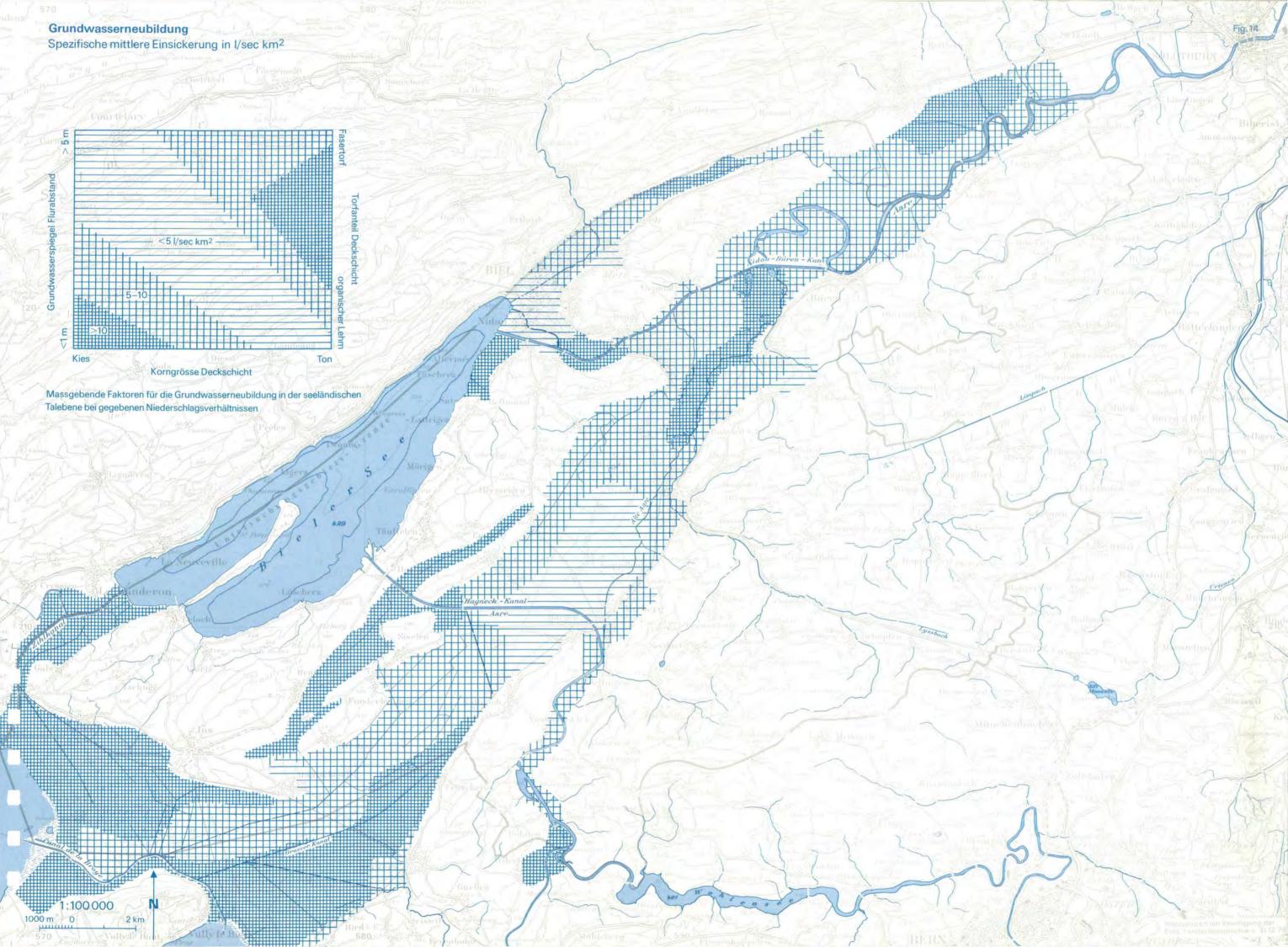
Diese drei Gewässer beeinflussen den Hauptgrundwasserstrom im alten Aaretal in starkem Masse.

Quantitativ unbedeutende, z.T. aber qualitativ nicht vernachlässigbare Infiltrationen sind ferner bekannt von der Aare im Gebiet von Niederried, der Alten Aare im Hägni bei Büren, der Schüss bei Biel, dem Binnenkanal oberhalb Worben sowie von einigen Kanälen im Grossen Moos südlich des Kallnachkanals. Auf diese Gewässer wird hier nicht weiter eingegangen, vgl. jedoch Abschnitt 4.1.7., Grundwasserqualität.

Ueber die Infiltrationen der Alten Aare wurde bereits ausführlich in Abschnitt 3.3. berichtet. Der Fluss verliert nach den heutigen Kenntnissen zwischen Aarberg und Lyss durchschnittlich über 300 l/sec Wasser. Weniger informiert sind wir über die Infiltrationsmengen des Lyssbaches. Qualitativ einwandfrei nachgewiesen wurde der Einfluss des Gewässers auf die Fassung I der Gemeinde Lyss im Schachen anlässlich des Färbversuches im Juli 1973. Quantitativ liegen nur einzelne Hinweise vor, da wegen den zahlreichen Ein- und Ableitungen im Raume Lyss eine permanente Kontrolle ähnlich derjenigen in der Alten Aare durch Abflusspegelstationen nicht realisierbar ist.

Durch Simultanmessungen sind folgende momentane Verluste auf der Strecke Wannersmatt bis zur Mündung in die Alte Aare festgestellt worden.

Datum	Q Wannersmatt	Q Mündung	Infiltration
10.10.72	315 1/sec	230 1/sec	85 1/sec
9. 5.73	660 1/sec	675 1/sec	keine
10.7.73	410 1/sec	380 1/sec	30 1/sec



Im Mittel kann die Infiltration aus dem Lyssbach grob auf 30 bis 50 l/sec geschätzt werden. Die wesentlichste Infiltrationsstrecke wird im Schachen liegen, wo der Bach künstlich an den Talrand verlegt wurde und die Differenz zwischen Bach- und Grundwasserspiegel relativ gross ist. Weitere Aussagen lassen die bis heute vorliegenden Daten nicht zu.

Neben der Alten Aare spielt der Hagneckkanal die wichtigste Rolle als Infiltrant. Im Zusammenhang mit den Grundwasserabklärungen beim Bau des Kraftwerkes Aarberg wurde die Infiltrationsmenge vom Expertenkollegium Bosset-Rutsch-Trüeb auf im Mittel 100 l/sec geschätzt. Die Berechnungen stützen sich auf die geschätzte Grundwasserdurchflussmenge im Profil Worben-Busswil (ohne Berücksichtigung des Binnenkanals) und deren Rückwärtsentwicklung bis zum Hagneckkanal, wobei diesem Verfahren naturgemäss relativ grosse Fehler anhaften.

In den Jahren 1972/74 wurde an der Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH Zürich ein Computer-Grundwassermodell entwickelt, das im bernischen Seeland im Sinne eines Tests eingesetzt werden konnte (TROESCH, 1975). Das Modell erlaubt sowohl stationäre als auch instationäre Berechnungen von beliebigen Spiegelständen, Infiltrationen und Nutzungen und gestattet unter anderem eine spezielle Untersuchung der Infiltrationsverhältnisse am Hagneckkanal, ausgehend von den Spiegelständen im Vorfluter und den angrenzenden Grundwasserfeldern Kappelen und Bargen. Da im betreffenden Gebiet zahlreiche Bohrungen abgeteuft und mehrere Grosspumpversuche durchgeführt wurden und somit recht genaue Daten über die Durchlässigkeitsverhältnisse, die Mächtigkeit des Grundwasserkörpers sowie das hydraulisch aktive Porenvolumen vorliegen (vgl. Grundkarte, Beilage 1), kommt den Computerberechnungen grosse Genauigkeit zu. Sämtliche Berechnungen wurden vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft in Bern durchgeführt.

Unabhängig von diesen Berechnungen wurde durch spezielle Erhebungen über die Spiegelschwankungen in unmittelbarer Kanalnähe versucht, Aufschluss über die Kolmatierungsverhältnisse im Aarebett und deren Veränderungen über die Zeit zu erhalten, insbesondere nach Hochwasserereignissen.

Die durch permanente Registrierung mittels Grundwasserlymnigraphen in 11, resp. 26 m Entfernung vom Kanalufer (Bohrungen 48b und 48d) festgestellte Dämpfung der vom Vorfluter ausgehenden Spiegeländerungen erlaubt, die Durchlässigkeit einer Kolmatierungsschicht gemäss dem folgenden Ansatz in VISCHER (1970) zu bestimmen:

$$h_{max} = H \cdot e^{-ax}$$

$$a = \sqrt{\frac{\pi \cdot n}{T \cdot k \cdot d}}$$

H = halbe Schwankung des Vorfluterspiegels
in m

h = halbe Schwankung des Grundwasserspiegels
 in der Distanz x in m

T = Periodendauer in sec

d = Mächtigkeit des Grundwasserkörpers in m

n = aktives Porenvolumen

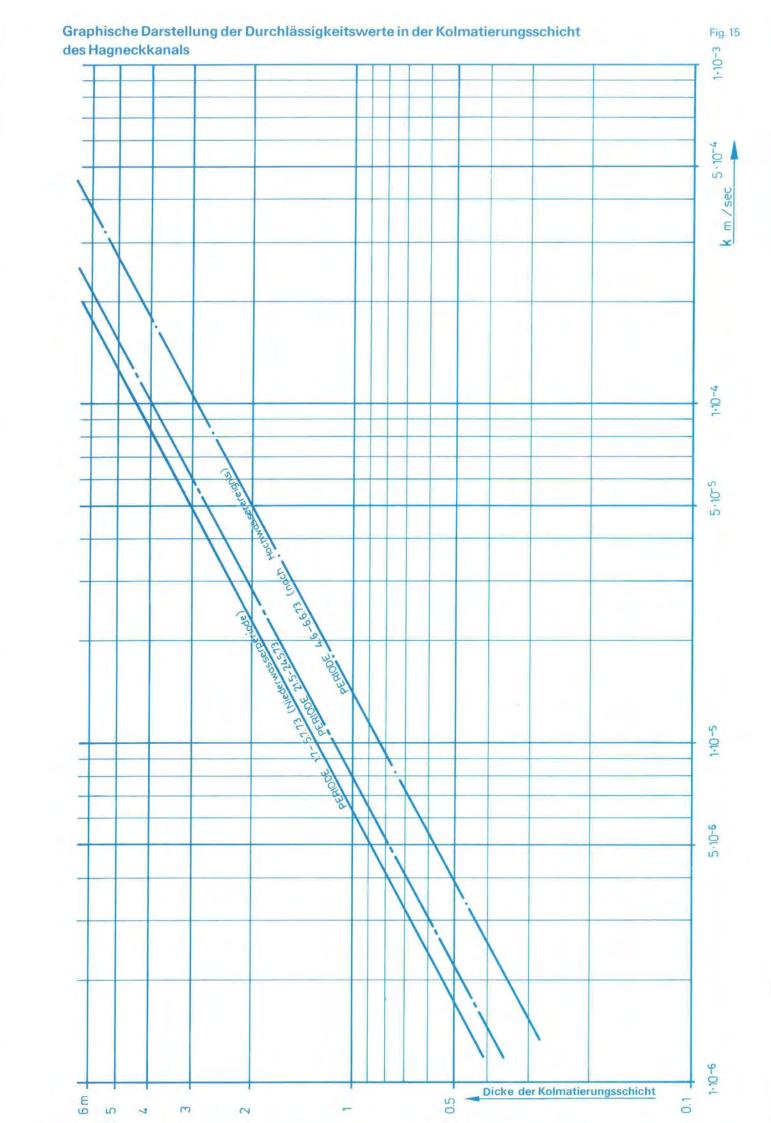
k = gesuchter Druchlässigkeitswert

In Fig. 15 sind drei, allen Randbedingungen obiger Gleichung entsprechende Beobachtungsperioden ausgewertet worden. Die zu Grunde liegenden Daten sind in den nachstehenden Tabellen festgehalten.

Infiltrationsverhältnisse am Hagneckkanal

 $\label{larische} \begin{tabular}{ll} Tabellarische Zusammenstellung der hydrologischen Berechnungsgrundlagen zur k-Wertbestimmung der Kolmatierungsschicht \end{tabular}$

Beobach-	Kanalsp	piegel		GW -	- Spiegel	48 d	GW -	Spiegel 48	d
tungspe- riode	hoch	tief	2H	hoch	tief	2h ₁	hoch	tief	2h2
21.5.73	441.50	440.65	0,85	439.55	439.43	0,12	439.30	439.24	0,06
22.5.73	441.85	440.55	1,30	439.62	439.44	0,18	439.37	439.26	0,11
23.5.73	442.05	440.75	1,30	439.63	439.48	0,15	439.38	439.30	0,08
24.5.75	442.00	440.80	1,20	439.66	439.51	0,15	439.41	439.33	0,08
		Mittel	1,16		Mittel	0,15		Mittel	0,08
4.6.73	442.35	441.30	1,05	439.98	439.79	0,19	439.78	439.69	0,09
5.6.73	442.25	441.25	1,00	440.01	439.81	0,20	439.81	439.72	0,09
6.6.73	442.25	441.00	1,20	439.98	439.77	0,21	439.81	439.71	0,10
		Mittel	1,08		Mittel	0,20		Mittel	0,093
1.7.73	441.75	440.80	1,95	440.20	439.99	0,21	440.16	439.98	0,18
2.7.73	441.80	440.85	1,95	440.16	439.97	0,19	440.12	439.96	0,16
3.7.73	441.50	440.72	1,78	440.08	439.88	0,20	440.04	439.86	0,18
4.7.73	441.50	440.90	1,60	440.01	439.88	0,13	439.97	439.86	0,11
5.7.73	441.65	440.65	1,00	440.00	439.82	0,18	439.96	439.80	0,16
	***	Mittel	1,66		Mittel	0,18		Mittel	0,16



Infiltrationsverhältnisse am Hagneckkanal

Zusammenstellung der Resultate der k-Wertberechnungen im Bereich des Kanals

	Sym- bol	1. Periode 21.5 25.5.73	2. Periode 4.6 7.6.73	3. Periode 1.7 6.7.74
Randbedingung		Mittelwasser	Mittelwasser vor Hochwasser	Mittelwasser nach Hochwasser
Abflussmengen Kanal (gemittelt)	Q	150 m ³ /sec	200 m ² /sec	140 m ³ /sec
tägliche Kanalspie- gelschwankung	2H	1,16 m	1,08 m	1,66 m
Grundwasserspiegel- schwankung in 48 d (Abstand 11 m)	2h ₁	0,15 m	0,20 m	0,18 m
Grundwasserspiegel- schwankung in 48 b (Abstand 26 m)	2h ₂	0,08 m	0,092 m	0,16 m
Durchlässigkeitswert Kanal÷≫48 d	k ₁	53 · 10 ⁻⁴ m/sec	7,7 · 10 ⁻⁴ m/sec	4,5 · 10 ⁻⁴ m/sec
Durchlässigkeitswert Kanal⇒48 b	k ₂	17,2 · 10 ⁻⁴ m/sec	20,2 · 10 ⁻⁴ m/sec	22,5 10 ⁻⁴ m/sec
Durchlässigkeitswert ausserhalb 48 b (Abstand 26 m)	k ₃	60 · 10 ⁻⁴ m/sec	60 · 10 ⁻⁴ m/sec	60 · 10 ⁻⁴ m/sec

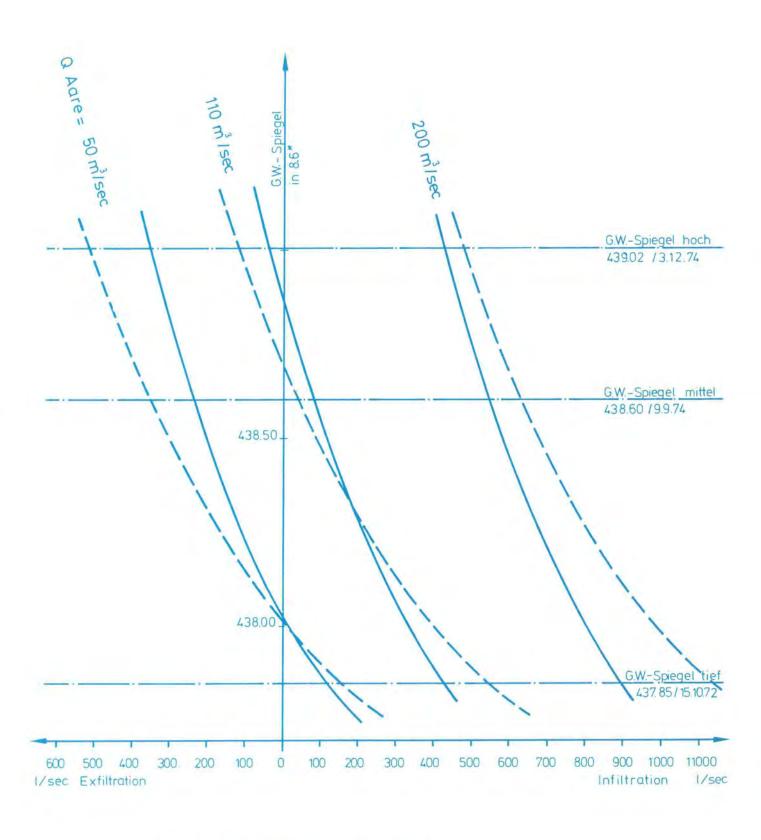
Die Auswertung hat ergeben, dass die beiden Beobachtungspunkte im Grundwasser (x = 11, resp. 26 m) zu weit vom Oberflächengewässer entfernt waren, um den Knick in der Dämpfungslinie als Folge einer Kolmatierungschicht eindeutig zu erfassen. Es konnten aber relative Durchlässigkeiten der Kolmatierungsschicht in Abhängigkeit von ihrer Dicke bestimmt werden, die sehr gut mit den in der Literatur gegebenen k-Werten von Flussbetten übereinstimmen. Als wichtigstes Resultat ist zu erwähnen, dass aus Figur 15 mit aller Deutlichkeit hervorgeht, dass der Einfluss einer Hochwasserwelle auf die Kolmatierungsschicht anders erscheint als bisher angenommen wurde. Das extreme Aarehochwasser vom 22./23.6.73 $(Q = gr\ddot{o}sser 1000 m^3/sec)$ hat nicht eine Kolmatierungshaut weggerissen und die Durchlässigkeit der Flussohle vorübergehend erhöht, sondern deren Durchlässigkeit verkleinert und die Infiltration verringert. Wir erklären dies mit vermehrtem Einschwemmen von Suspension in kanalnahe Schichten des Leiters. Ferner muss hieraus geschlossen werden, dass die Kolmatierungsschicht nicht hautförmig, sondern einige Meter mächtig ist und sich damit k-Werte ergeben, die den von TROESCH (1975) getroffenen Annahmen für die Computerberechnung sehr nahe kommen ($k = 4 \cdot 10^{-4}$ m/sec). Im übrigen zeigt sich, dass die Durchlässigkeit als Funktion der Zeit nur relativ wenig schwankt. Die Verhältnisse haben sich somit seit der künstlichen Ausbaggerung und Vertiefung des Kanals (1967/68) weitgehend stabilisiert.

Ueber die potentiellen Infiltrationsleistungen des Hagneckkanales als Funktion der Druckdifferenzen Oberflächenwasserspiegel – Grundwasserspiegel gibt Figur 16 Auskunft. Es handelt sich hierbei um die Wassermengen, die vom Kanal abgegeben würden, wenn in beiden angrenzenden Grundwasserfeldern die Mengen ungehindert abfliessen könnten, was natürlich in der Praxis nicht oder nur für ganz kurze Zeiten der Fall ist. Immerhin gestatten die Kurven die Aussage, dass bei kleinen Abflussmengen der Aare und hohen Grundwasserspiegeln, hervorgerufen z.B. durch starke Niederschläge oder Schneeschmelze im Herbst/Winter (vgl. Nov. 1972), die totalen Infiltrationsleistungen null oder scheinbar negativ werden, ferner dass, rein hydraulisch gesehen, das Infiltrationsvermögen des Hagneckkanales als sehr gross bezeichnet werden darf.

Um die effektiven Infiltrationen quantitativ zu erfassen, wurde das Jahr 1974 als Mitteljahr in Bezug auf die Niederschläge und als eher abflussarmes Jahr in Bezug auf die Aare auf breiterer Basis herangezogen und die Infiltrationen monatsweise und getrennt nach den Grundwasserfeldern Bargen und Kappelen berechnet. Die Basisdaten und Resultate sind in Figur 17 dargestellt. Es geht hieraus hervor, dass in den Wintermonaten die Exfiltrationen talwärts der Anreicherungsanlage der BKW die Infiltrationen bergseits der genannten Stelle übertreffen, wenn auch die totalen Mengen maximal 30 l/sec erreichen. Mit Beginn der Schneeschmelze (grosse Wasserführung der Aare) steigen die Einsickermengen sprunghaft an, wobei sich die Infiltrationszone bis unter die Walperswilerbrücke verschiebt. Trotz der leicht unternormalen Wasserführung der Aare 1974 zur Zeit der Schneeschmelze erreichen im Juni die Infiltrationsmengen 700 - 800 l/sec, um in den folgenden Monaten sukzessive abzunehmen und gegen Ende Jahr auf wenige l/sec abzusinken (vgl. nachstehende Tabelle). Erwähnenswert ist das unterschiedliche Verhalten der beiden Grundwasserfelder Bargen und Kappelen in den Herbstmonaten, wo in die Seite Bargen (Süden) auf der ganzen Strecke noch infiltriert wird, während der Seite Kappelen (Norden) nur bergwärts ca. Aarekilometer 72.0 noch Infiltrat zufliesst. Wie weit hier der künstlich durch Drainagepumpwerke tief gehaltene Grundwasserspiegel im Weidmoos mitspielt, kann nicht festgestellt werden.

Jan.	-	30 1/sec ¹⁾	Juli	+	473	1/sec
Feb.	-	14 1/sec	Aug.	+	279	1/sec
März	+	13 1/sec	Sept.	+	261	1/sec
April	+	511 1/sec	Okt.	+	305	1/sec
Mai	+	267 1/sec	Nov.	+	64	1/sec
Juni	+	788 1/sec	Dez.	+	31	1/sec

¹⁾ negative Werte entsprechen einer Exfiltration

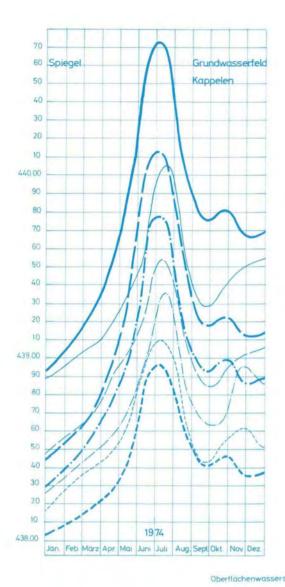


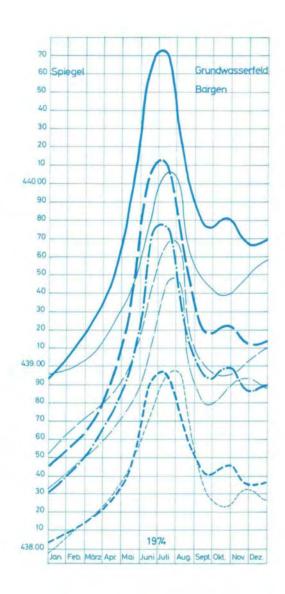
Grundwasserstrom Nord (Kappelen)
Grundwasserstrom Süd (Bargen)

Infiltrationsverhältnisse beim Hagneckkanal im Jahre 1974

Ausgeglichene Ganglinien (Monatsmittel) des Aarewasserspiegels und der Grundwasserspiegel in den angrenzenden Grundwasserfeldern

Resultierende Ganglinie der Infiltrationsmengen. (Computerberechnung A+W)





Aare bei km 70.500 Aare bei km 71.500 Aare bei km 72.200

Agre bei km 74.300 (Walperswilerbrücke)

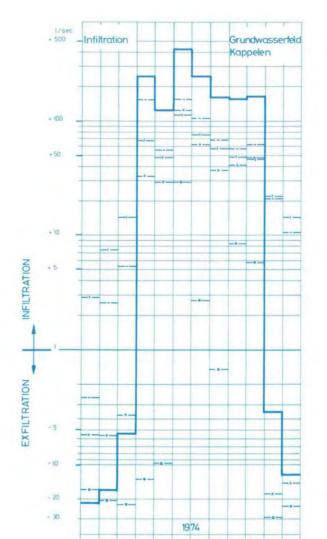
Grundwasserspiegel	Seite	Kappeler
--------------------	-------	----------

 Messpunkt	4
 Messpunkt	41
 Messpunkt	4
Marramentel	2

Grundwasserspieg	el Seite Bargen

Messpunkt 33

 Messpunkt	31
 Messpunkt	30



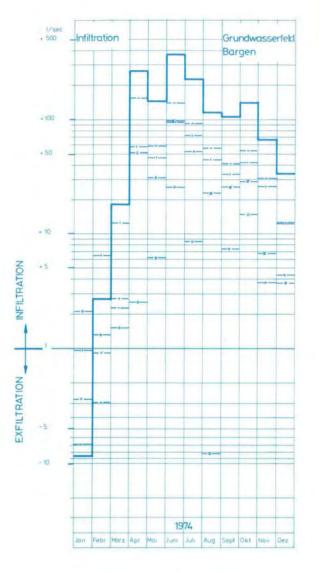
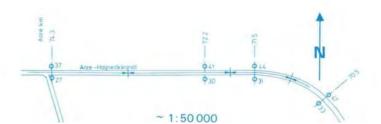


Fig. 17

filtration Seite Kappelen und Bargen





Die in der Grundwasseranreicherungsanlage der BKW 1974 künstlich versickerten Wassermengen sind in diesem Jahresmittel inbegriffen. Sie machen gemäss einer Zusammenstellung der BKW im Mittel 47 l/sec aus.

Jan.	12,8 1/sec	Juli	77,4 1/sec
Feb.	60,0 1/sec	Aug.	73,3 1/sec
März	84,7 1/sec	Sept.	33,3 1/sec
April	43,7 1/sec	Okt.	27,8 1/sec
Mai	62,6 1/sec	Nov.	39,0 1/sec
Juni	52,6 1/sec	Dez.	0 1)

¹⁾ Anlage stillgelegt zwecks Reinigung

Wenn auch die durch den Computer berechneten Infiltrationsmengen des Hagneckkanals mit den notwendigen Vorbehalten aufgenommen werden müssen, ist doch zu bemerken, dass bereits aufgrund der Grundwasserspiegelverhältnisse nach Inbetriebnahme der Fassungen Gimmiz im Jahre 1972 von uns eine Infiltrationsleistung des Kanals von 320 - 410 l/sec postuliert wurde, welche Grössenordnung sich durch die Modellberechnung bestätigt hat: wie aus Figur 18 hervorgeht, war das Jahr 1974 in Bezug auf die Aarewasserstände unternormal und damit die erhaltene Infiltrationsmenge um ca. 30 % zu klein. Im Mittel dürfen dem Hagneckkanal 300 - 350 l/sec Grundwasserspeisung zugeschrieben werden. Die Leistungen der Anreicherungsanlage der BKW von 50 - 60 l/sec im Jahresmittel nehmen sich dagegen bescheiden aus. TROESCH (1975) stellt dazu fest: "Proberechnungen zeigten, dass diese (die Anreicherung) im Modell praktisch keine Einfluss auf den Grundwasserstrom hat. Wohl fliesst ein grosser Teil des versickerten Wassers in den Grundwasserträger, doch unterbindet dies den entsprechenden Kanalwasserzufluss" (Lit. cit. p. 149/150).

Die im Januar 1976 erstmals durch das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft vorgenommenen Simultanmessungen im Hagneckkanal zwischen Kraftwerk Aarbert (obere Messstelle) und Walperswilerbrücke (untere Messstelle) bei künstlich niedrig und konstant gehaltenem Aareabfluss ($Q \sim 35 \text{ m}^3/\text{seg}$) haben einen Verlust von Aarewasser ins Grundwasser von total 1,3 - 1,5 m $^3/\text{sec}$ ergeben.

Diese Infiltrationsmenge wirft - sollte sie ohne Vorbehalte als gegeben betrachtet werden können - neben den rein hydraulischen vor allem hydrogeologische Fragen auf, da derartige Grundwassermengen nach den heute bekannten Daten weder gegen Norden noch nach Süden weggeführt werden können: sowohl die Durchflussmengen in den Profilen Busswil - Worben (Strom Nord) als auch Kallnach - Siselen (Strom Süd) sind durch Untersuchungen so gut belegt, dass eine Steigerung um den Faktor 10 problematisch erscheint.

Die Messungen sind ausserhalb der Untersuchungen Seeland und nach Ausarbeitung des Schlussberichtes über die Arbeiten 1970 – 1975 vorgenommen worden. Sie konnten daher weder den Gang der Untersuchungen noch die aufgrund der vorhandenen Unterlagen erstellten Grundwasserbilanzen und Computerberechnungen mehr beeinflussen. Sie geben aber sicher Anlass, das Problem der Hagneckinfiltration weiter zu verfolgen. Vorläufig bleiben im Zusammenhang mit der durchgeführten Messung noch zu viele Fragen offen; z.B. scheinen grosse Umläufe in unmittelbarer Kanalnähe durchaus realistisch. Zudem kann der Einfluss der Aareregulierung beim Wehr Hagneck, welcher sich während den Messungen bemerkbar machte, nicht aufgrund dieser Einzelmessung quantifiziert werden.

Falls weitere Messungen eine ähnliche Infiltrationsleistung des Hagneckkanals eindeutig ergeben würden, steigt natürlich die schon ohnehin grosse ungenutzte Grundwasserreserve im Seeland beträchtlich.

3.5.3. Seitliche Zuflüsse

Da der Haupttrog im Seeland mit Ausnahme des Gebietes Jensberg – Brügg – Orpund durchgehend in die aquitane, vorwiegend mergelige Molasse eingeschnitten ist, können grosse unterirdische Zuflüsse von Molassewasser in das Hauptgrundwasservorkommen ausgeschlossen werden. Am Ostende des Jensberges taucht das relativ besser durchlässige Burdigalien unter die Talsohle ab (vgl. Figur 1). Hier sind Molassezuflüsse chemisch eindeutig nachgewiesen; nach dem zur Verfügung stehenden Einzugsgebiet dürfte es sich um 5-8 l/sec handeln. Noch unbedeutender sind die Molassezuflüsse zwischen Brügg und Orpund. Quantitativ vernachlässigbar sind ebenfalls die Zuflüsse aus den seitlichen Bachschuttkegeln oder aus dem Gehängeschutt, z.B. am Jolimont, bei Kerzers, Kallnach, Jens, Rüti u.a., da die Durchlässigkeit in den vorwiegend aus verschwemmtem Molasseschutt aufgebauten Schuttkegeln durchwegs nur klein ist.

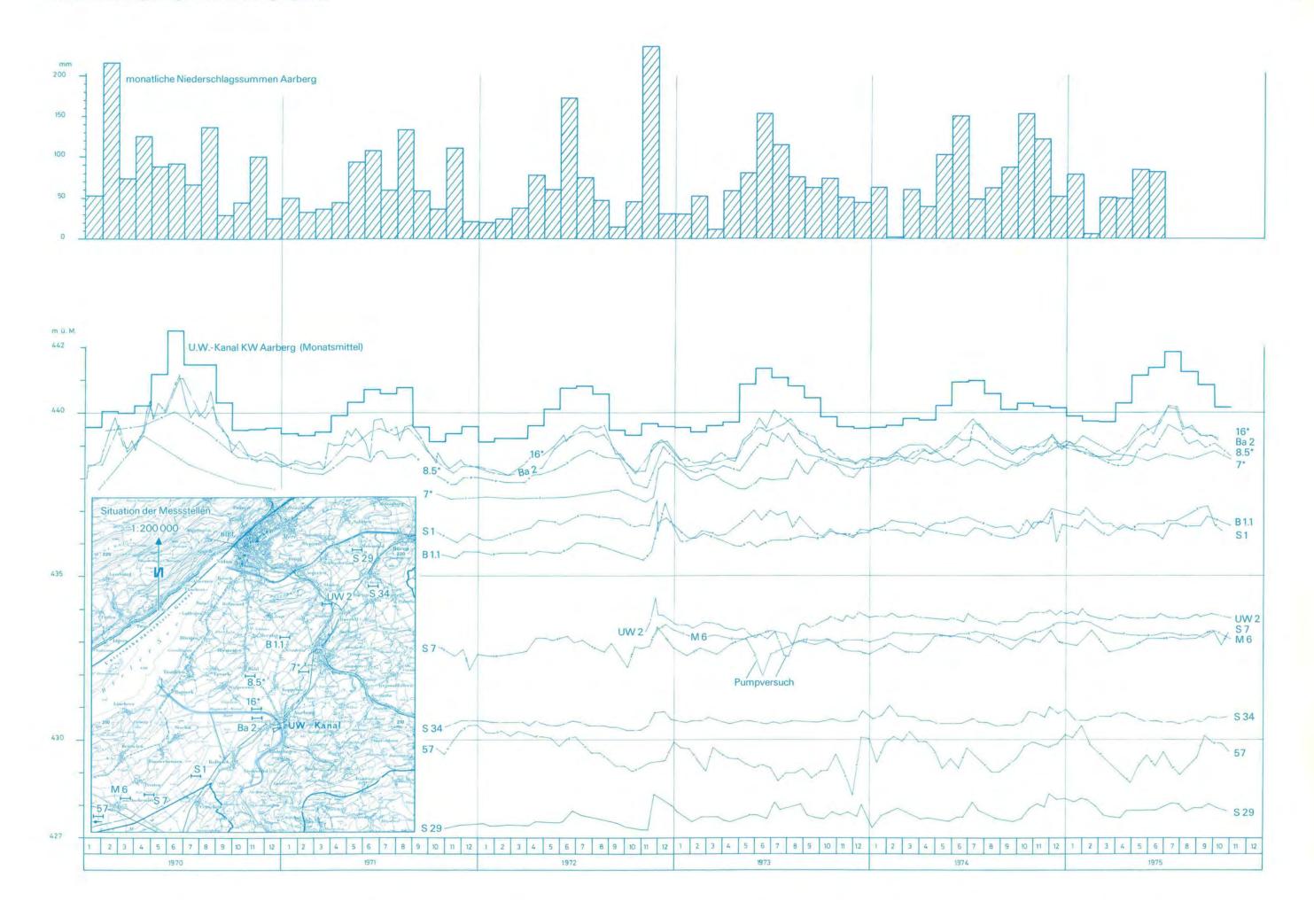
Grössere Bedeutung kommt seitlichen Zuflüssen aus Schotterablagerungen zu, dort, wo diluviale Schotter am Talrand unter die heutige Talsohle abtauchen und vom alluvialen Grundwasservorkommen weitgehend unabhängige Grundwasserfelder bilden. Die wichtigsten Stellen – durch Ausbuchtungen im Verlauf des Grundwasserspiegels oder durch eindeutige hydrochemische Hinweise bekannt – sind (vgl. Isohypsenkarte, Beilage 3):

- südlich Ins bis Müntschemier:

In ausgeschwemmten, diluvialen Schottern vernässt das Grundwasser aus dem Schottergebiet von Ins – Müntschemier das angrenzende Moosgebiet. Die ausfliessenden Wassermengen sind unbekannt; ein grosser Teil davon wird durch Fassungen am Talrand genutzt.

- Fräschels bis Kallnach:

Die randlichen Seelandschotter geben unbekannte Grundwassermengen in das Haupttal ab. Ein Teil wird durch die Fassungen der Gemeinden Fräschels, Kallnach sowie der BKW genutzt.



- Inselberge (Treiten - Finsterhennen - Siselen - Walperswil - Bühl):

Die austretenden Wassermengen sind entsprechend der begrenzten Einzugsgebiete nur klein.

- Kallnach - Bargen:

Hier mündet vermutlich eine alte, schottergefüllte Rinne aus dem Gebiet von Niederried ein. Die Quellfassung von Kallnach dürfte hiervon einen Teil drainieren. Die genaue Lage der Rinnenmündung ist bis heute unbestimmt.

- Busswil - Büetigen:

Das ausgedehnte Schottergebiet zwischen Lyss und Büetigen entwässert vornehmlich gegen Nordwesten und speist das Hauptgrundwasservorkommen. Ueber die Mengen liegen keine Angaben vor.

- Angel:

Hier mündet der Grundwasserstrom aus den spätwürmeiszeitlichen Stauschottern von Diessbach ein. Mehrere Aufstösse sind gefasst und in den Eichibach abgeleitet. Nach den Computerberechnungen fliessen hier über 50 l/sec Grundwasser zu.

- Leuzigen:

In der Kiesgrube Wyss beim Bahnhof fliessen auf der Grubensohle (Molasse) aus den Seelandschottern mehrere Hundert 1/min Grundwasser durch und speisen das angrenzende Grundwasservorkommen.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass durch die seitlichen Zuflüsse das Hauptgrundwasservorkommen in seiner ganzen Ausdehnung in der Grössenordnung von 100 - 150 l/sec gespiesen werden dürfte. Genauere Angaben können aus verständlichen Gründen nicht gemacht werden.

4. DIE GRUNDWASSERLEITER

4.1. Der Hauptgrundwasserleiter im alten Aaretal

Wie aus Figur 1, der geologischen Uebersicht, hervorgeht, erstreckt sich, ausgehend von Aarberg in nordöstlicher und südwestlicher Richtung, das postglaziale Delta der Aare, das in den "Solothurnersee" vorgetragen wurde. Die diesem Delta zugehörigen Kiese und Sande bilden den Hauptgrundwasserleiter im Seeland. Durch ihre lithologische Ausbildung, Mächtigkeit und flächenmässig grosse Verbreitung sind die Aareschotter als bedeutender Grundwasserleiter prädestiniert. Die Tatsache, dass das Delta von einem Oberflächengewässer mit grosser Infiltrationsleistung durchflossen wird, ermöglicht in der seeländlischen Talebene die Nutzung von Grundwassermengen, die weit über die natürliche Nachlieferung durch das Einsickern von Meteorwasser hinausgeht.

Es liegt auf der Hand, dass sich die wichtigsten Untersuchungen in den Jahren 1970/75 auf diesen Hauptgrundwasserleiter konzentrierten, um rechtzeitig die notwendigen Grundlagen zu seinem Schutz und zu einer optimalen Nutzung des Grundwasserdargebotes zu beschaffen. Die nachstehenden Abschnitte befassen sich mit der Darlegung der natürlichen Gegebenheiten, den bestehenden und künftigen Nutzungsmöglichkeiten und den zu treffenden Schutzmassnahmen des Grundwassers in der Talebene des Seelandes.

Da die wesentlichen Resultate der Untersuchungen im Hauptgrundwasserleiter zu thematischen Karten verarbeitet sind, können die textlichen Erläuterungen kurz gehalten werden.

Die hydrogeologischen Karten des Seelandes stellen dar:

- Beilage 1 Grundkarte 1:25 000 Blatt NO und SW
 - Deckschichten, Lithologie
 - k-Wertbereiche (Profil-k-Werte) des wassererfüllten Teils des Grundwasserleiters
 - Mächtigkeit des wassererfüllten Teils des Grundwasserleiters, bezogen auf den Tiefstand vom Oktober 1972
- Beilage 2 Profile 1:25 000 / 1: 2 500 Blatt NO und SW
 - Geologie, Lithologie Lockergesteine / Festgesteine
 - Hydrologie
 - Stratigraphie
 - Durchlässigkeitsbereiche in Lockergesteinen
- Beilage 3+4- Isohypsen des Grundwasser-Spiegels, Niederwasser und Hochwasser
 - Isohypsen des Grundwasser-Stauers
 - 1: 25'000 Blätter NO und SW

- Isohypsen des Grundwasser-Spiegels von Mitte Okt. 72 resp. 3./5. Dez. 74
- Isohypsen der Oberfläche des Grundwasserstauers
- Beilage 5 Hydrochemie 8 Teilkarten 1: 100 000 Karbonathärte, Chloride (CI), Nitrate (NO $_3$), Oxydierbarkeit (K Mn O $_4$), Eisengehalte (Fe) Sauerstoffsättigung (O $_2$) Grundwasser Qualität, Oberflächengewässer

4.1.1. Lithologischer Aufbau

Ueber die Lithologie des Hauptgrundwasserleiters geben über 300 bis heute ausgeführte mechanische Sondierungen Aufschluss. Gemäss der verschiedenen Zielsetzung der abgeteuften Bohrungen liegen sehr unterschiedliche Beschreibungen der durchquerten Schichten vor, abhängig einerseits von der Bohrmethode (Kernoder Spülbohrung), andererseits vom jeweiligen Begutachter.

Sehr unterschiedlich ist ebenfalls die räumliche Verteilung der Bohrpunkte. Während in einigen Gebieten, z.B. beim Hagneckkanal, ein ausserordentlich dichtes Netz von Sondierungen vorliegt, fehlen in anderen Gebieten über mehrere km² tieferreichende Aufschlüsse. Hier sind wir meistens auf geophysikalische Daten und Korrelationen angewiesen.

Eine zusammenfassende, den heutigen Stand der Kenntnisse über die Lithologie des Hauptgrundwasserleiters wiedergebende Darstellung bringt die Profilkarte (Beilage 2). In insgesamt 47 Profilschnitten sind die bekannten Daten über den Aufbau der alluvialen Aareschotter im Haupttal sowie einiger wichtiger Alluvial- oder Diluvialbildungen am Talrand und in Seitentälern verarbeitet. Aus darstellerischen Gründen mussten in der Karte zahlreiche Verinfachungen vorgenommen werden, aber ohne dass dabei die wesentlichen Gegebenheiten verloren gingen. Auch wurde darauf verzichtet, zwischen nachgewiesenen und vermuteten Schichtverläufen zu unterscheiden.

Die detaillierten Bohrresultate, auf welchen die Profilkarte aufgebaut ist, sind in der Dokumentation WEA niedergelegt. Ueber die im Rahmen des Projektes Seeland abgeteuften Bohrungen samt den zugehörigen Logs ist ein zusammenfassender Bericht erstellt worden.

Es wird darauf verzichtet, einzelne Abschnitte oder gar Punkte der Profilkarte näher zu erläutern. Die Beilage 2 spricht für sich. Dagegen wird auf die wesentlichen Punkte in der Karte hingewiesen:

- die vorwiegend grobkörnige Ausbildung der Aareschotter im Raume Kallnach Kappelen (über 30 % Steine und Blöcke);
- die zunehmende Versandung der Schotter in Richtung NE und SW in den deltafernen Ablagerungsräumen;

- die zunehmende Versandung in den tieferen Schichten mit entsprechenden Schwierigkeiten der Festlegung einer eigentlichen Grundwassersohle
- das Fehlen jeglicher grobkörniger Ablagerungen in den am weitesten vom Zentrum der Schüttung entfernten Gebieten;
- das Fehlen jeglicher Verkittungen grösseren Ausmasses;
- die von der Zufuhr von Aarekies abgeschirmten Trogteile der sog. Hintermöser sowie des Port- und Brüggmooses.

4.1.2. Grundwassersohle

Die Oberfläche des Grundwasserstauers für das Hauptstockwerk im Seeland ist in den Isohypsenkarten (Beilagen 3 und 4) dargestellt. Die Konstruktion stützt sich auf mehr als 300 Bohrungen und auf über 1000 geoelektrische Sondierpunkte.

Es treten folgende Gesteine als Stauer auf:

- Im Gebiet der alten Mündungsterassen von Aarberg und Lyss die aquitane Molasse.
- Im Gebiet zwischen Aarberg und Lyss rechts (östlich) der Alten Aare Grundmoräne des Würmgletschers. Sichere Moräne (ev. eine Wallmoräne) wurde ebenfalls im Profil Busswil - Worben nachgewiesen; vermutlich ist in zahlreichen älteren Bohrungen Moräne wohl angetroffen, aber nicht als solche erkannt worden.
- Vor allem im Gebiet zwischen dem Unterwasserkanal Kallnach und Bargen, aber auch an anderen Stellen treten die interglazialen Seetone als Stauer auf.
- Am weitaus häufigsten bilden siltige Feinsande bis Siltsande die Grundwassersohle. Es handelt sich um die feinkörnigen Ablagerungen der Aare in den tieferen und deltaferneren Bereichen. Bereits in Abschnitt 2 und in Figur 5 ist auf die Problematik einer Festlegung der Staueroberfläche in diesen Ablagerungen hingewiesen worden.

Der Isohypsenverlauf der Staueroberfläche auf den Beilagen 3 und 4 zeigt klar eine auf Glazialerosion zurückzuführende Gestaltung des Trogreliefs. Während in den zentralen Teilen des Deltas dieses Relief ungefähr der ehemaligen Eisuntergrenze entspricht, wurden in den entfernteren Bereichen die Glazialstrukturen durch die vorerst zur Sedimentation gelangenden Feinsande und Silte eingedeckt und zusätzlich ausgeglichen.

4.1.3. Deckschichten

Die Ausbildung, Mächtigkeit und Verbreitung der Deckschichten bilden nicht nur für den Schutz des Grundwassers wesentliche Elemente, sondern sie beeinflussen oft direkt die Wasserqualität.

Die Lithologie und Mächtigkeit der in der Talebene des Seelandes auftretenden Deckschichten geht wiederum aus der Profilkarte hervor. Vor allem der geringen Mächtigkeit wegen mussten hier die tatsächlichen Verhältnisse aus darstellerischen Gründen oft sehr stark vereinfacht werden.

Die flächenmässige Verbreitung der einzelnen Schichten ist dagegen auf der Grundkarte (Beilage 1) dargestellt. Die Darstellung basiert auf einer sehr detaillierten, geologischen Oberflächenkartierung des Seelandes nach einheitlichen Kriterien. Die Originalaufnahmen sind beim WEA deponiert (Massstab 1:10'000).

Die auftretenden Deckschichten können insgesamt in vier Bildungen unterteilt werden:

- Uebergussschichten der Aare:

Hierher gehören die groben Schotter und die oft siltigen Sande, welche weite Gebiete der Talebene zwischen Bargen und dem Nidau-Bürenkanal bedecken. Sie sind an die mäandrierende Aare und ihre Hochwasser vor der Juragewässerkorrektion gebunden. Ihre Schutzwirkung ist nur in Gebieten mit Flurabständen von mehreren Metern ausreichend.

- Ueberschwemmungslehme der Aare:

Sie bedecken die tiefer gelegenen Talgebiete zwischen Gimmiz und Unterworben, das Gebiet des Aspi sowie grosse Teile des Grossen Mooses zwischen Kallnach und Siselen. Sie wurden durch periodische Hochwässer der Aare abgelagert. Wo sie ohne Torfeinlagerungen auftreten, bilden sie optimal schützende Deckschichten, wie z.B. bei den Fassungen der SWG in Oberworben.

- Verlandungsbildungen:

Als letzte Phase der Trogfüllung wurde eine Verlandungsserie mit Seetonen, Seekreide und Torf abgelagert. Verlandungsbildungen, oft unterteilt durch Ueberschwemmungslehme, bedecken über 50 % der seeländischen Ebene. Sie setzen gegen SW vorerst am Rande der Talebene auf der Linie Kallnach – Walperswil ein, um bald die ganze Breite einzunehmen; gegen Nordosten beginnen sie ungefähr auf der Linie Safnern – Büren a.A. Da die Verlandungsbildungen mit organischem Material vermengt sind, wiegt die daraus folgende Qualitätsverschlechterung des Grundwassers schwerer als ihre Schutzwirkung, vgl. hiezu Abschnitt 4.1.7.

- Seitliche Einschwemmungen:

An den Talflanken bilden oft abgeschwemmte Moräne und Gehängeschutt feinkörnige Deckschichten. Ebenso bedecken grössere Schuttkegel von Seitenbächen lokal grössere Teile der Talebene, z.B. im Raume Lyss, bei Ins, Kerzers oder Dotzigen – Büetigen.

4.1.4. Mächtigkeiten

Die Mächtigkeiten des wassererfüllten Teiles der alluvialen Aareschotter werden mittels Isopachen, d.h. Linien gleicher Grundwassermächtigkeit, auf der Grundkarte (Beilage 1) dargestellt. Neben den Mächtigkeiten kann mittels dieser Darstellungsart auch die geometrische Form des Grundwasserkörpers gezeigt werden. In der Grundkarte sind sehr deutlich die grossen, wassererfüllten Schottermächtigkeiten von bis 40 m (welche allerdings auch diluviale Schotterrelikte enthalten können) im zentrumnahen Bereich der Aareschüttung ersichtlich. Die systematische Ausdünnung der Schotterdecke gegen SW und NE, wobei Teiltröge, Aufgabelungen oder mäanderartige Ausläufer erkannt werden können sowie die nur dünne Schotterdecke im Aaretal oberhalb Aarberg, treten ebenfalls schön hervor.

4.1.5. Hydraulische Kennziffern

Als wichtigster Bodenkennwert ist die Durchlässigkeit k zu nennen. Der k-Wert kann in Lockergesteinen auf zahlreiche Arten bestimmt werden; wir haben im Seeland fast ausschliesslich Werte von Klein-, Kurz- oder Grosspumpversuchen weiterverwendet, wobei die letztgenannten als sehr genau angesehen werden können. Nur an 7 Stellen sind Mittelwerte von punktförmigen Versuchen im Bohrloch angegeben. Gemäss der Bestimmungsmethode können nur k-Werte in horizontaler Richtung ermittelt werden. Zudem handelt es sich um Mittelwerte über das ganze erfasste Profil. Auf durch punktförmige Pumpversuche oder aufgrund von Flowmeter-Logs bestimmte k-Werte für verschiedene Teile des Schichtpaketes wird später eingegangen.

Die vorhandenen Daten über die Durchlässigkeit des Hauptgrundwasserleiters sind in der Grundkarte (Beilage 1) punktförmig dargestellt. Die total 101 Werte wurden auf folgende Arten ermittelt und berechnet:

	Kleinpump- versuch	Kurzpump- versuch	Grosspump- versuch
Brunnenabsenkung, Behar- rungszustand, DUPUIT	40	**	-
Piezometerabsenkung, zeitlich, JACOB	11	36	-
Piezometerabsenkung, raumzeitlich, THEIS	-	-	14
Anzahl	51	36	14

Nach Häufigkeiten und Gebieten geordnet, ergibt sich folgende Verteilung der bestimmten k-Werte:

k-Wertbereich	Zentraler Teil des Deltas	Mittlere Teile gegen NE u. SW	
> 5 · 10 ⁻³ m/sec	4	6	0
2 - 5 · 10 ⁻³ m/sec	28	22	0
0,75 - 2 · 10 ⁻³ m/sec	13	11	2
0,2 - 0,75 · 10 ⁻³ m/sec	2	1	4
< 0,2 10 ⁻³ m/sec	0	0	8
Total	47	40	14

Die sehr hohen k-Werte im Bereich der Fassungen Biel und SWG sind offensichtlich an ehemalige Aufstossgebiete gebunden, die im Zusammenhang mit der Profilverengung des Taltroges durch den Jensberg stehen. Aehnlich hohe Durchlässigkeiten bei den Fassungen Lyss, Aarberg, Bargen und Kappelen können auf die "Langfristentsandung" durch den Brunnenbetrieb zurückgeführt werden.

Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass im zentralen Teil des Deltas und in den anschliessenden Gebieten gegen NE und SW, d.h. in der ganzen Ebene zwischen Müntschemier und dem Nidau-Bürenkanal, die Durchlässigkeiten der alluvialen Schotter sehr gut bis gut sind und damit auch bei relativ kleinen Grundwassermächtigkeiten grössere Nutzungen zulassen.

Die flächenmässige Verteilung der Durchlässigkeiten geht ebenfalls aus der Grundkarte hervor. Die vier ausgeschiedenen k-Wertbereiche gestatten eine gute Uebersicht über die k-Werte im Hauptgrundwasserleiter. In Kombination mit den Isopachen erlauben sie eine erste generelle Beurteilung des nutzbaren Grundwasserdargebotes: das Produkt k·H, d.h. die Transmissibilität T, lässt eine einfache Abschätzung der punktförmigen Ergiebigkeit zu:

$$T = k \cdot H \quad (m^2/\text{sec}, \text{resp.} \quad m^3/\text{sec} \cdot m)$$

Ein T-Wert von 8 · 10⁻³ m²/sec sagt zum Beispiel aus, dass an diesem Punkt pro m Absenkung des Grundwasserspiegels kurzfristig annähernd 8 l/sec Grundwasser entnommen werden können. Für eine langfristige Entnahme spielt natürlich die Gebietsergiebigkeit die ausschlaggebende Rolle.

In der Profilkarte wurde versucht, Angaben über die Aenderungen des k-Wertes in vertikaler Richtung aufzuzeichnen. Die Darstellung stützt sich auf die Resultate von über 40 Bohrungen mit punktförmigen k-Wertbestimmungen (Gebiet Kappelen), auf 12 ausgewertete Flowmeterlogs (Gebiete Kallnach und Worben) sowie auf zahlreiche Beobachtungen bei der Aufnahme von Bohrprofilen.

Genaue Angaben über die relative Durchlässigkeit einzelner Schichten liefern

Flowmeter-Logs. Dank dieser Logs kann die in einem Pumpversuch ermittelte mittlere Profildurchlässigkeit schichtweise berechnet (gewichtet) werden. Der Berechnungsgang ist am Beispiel der Bohrung HGS-7 auf Figur 19 aus dem Gebiet von Kallnach gezeigt:

Der durch Pumpversuch bestimmte mittlere k-Wert von 2,2 \cdot 10⁻³ m/sec setzt sich aus extrem gut durchlässigen Horizonten mit k > 15 \cdot 10⁻³ m/sec und schlecht durchlässigen Schichten mit k < 0,1 \cdot 10⁻³ m/sec zusammen (Variation über mehr als 2 Zehnerpotenzen!) und bestätigt damit eindrücklich den "blätterartigen" Aufbau der alluvialen Aareschotter. Die aus total 12 derartigen Versuchen gewonnenen k-Wertverteilungen übers Profil zeigen wiederholt ähnliche Verteilungen; insbesondere fällt der häufig extrem gut durchlässige Bereich in der Schwankungszone des Grundwasserspiegels auf.

Durchlässigkeitsermittlungen mit Flowmeterlogs sind der herkömmlichen Methode der punktförmigen k-Wertbestimmung an der Bohrlochsohle, z.B. alle 3 m, überlegen, da neben der Durchlässigkeit auch die Mächtigkeit der entsprechenden Schicht erkannt werden kann.

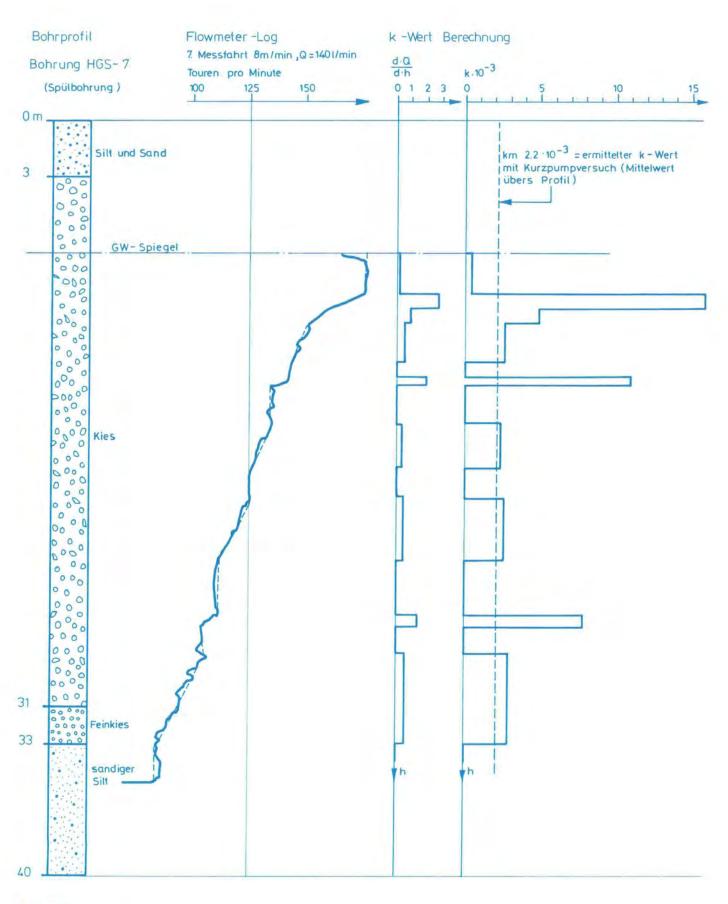
Als weiteren Bodenkennwert ergibt die Auswertung von Grosspumpversuchen das aktive Porenvolumen p. Der Koeffizient p (er entspricht bei freiem Spiegel dem Speicherkoeffizient S) bezeichnet den durch Schwerkraft entnehmbaren Anteil am Wasservolumen in den Poren. Das aktive Porenvolumen ist immer kleiner als das totale Porenvolumen n, wobei die Differenz umso grösser wird, je feinkörniger der Grundwasserleiter ausgebildet ist.

Die im alluvialen Hauptgrundwasserleiter bis heute vorhandenen p-. resp. S-Werte sind in der Grundkarte festgehalten. Die zur Bestimmung notwendigen Gross-pumpversuche wurden meist im Zusammenhang mit Schutzzonenabklärungen durchgeführt.

Die erhaltenen Werte schwanken zwischen 25 % (Aarberg) und 9 % (Worben). Generell dürfen 15 % als Mittelwert eingesetzt werden, was durch die Computerberechnungen sehr gut bestätigt wird (TROESCH, 1975). Die bekannten Werte vermittelt die nachstehende Tabelle:

Fassung	bestimmter p-, resp. S-Wert	Fassung	bestimmter p resp. S-Wert
Aarberg	25,0	Lyss I	6,0 1)
Bargen	20,0	Lyss II	25,0
Kappelen	13.6	Biel I	9,0
SWG ZRA-Tanklager	11,0 6,0 1)	Biel II	19,0

¹⁾ Vermutlich wegen randlicher Einflüsse zu tiefer Wert.



Grundlagen

$$\frac{d \cdot Q}{d \cdot h} = \frac{2 \cdot \mathbb{I} \cdot \Delta h}{\ln \mathbb{I} \cdot \mathbb{I}} \int_{\mathbb{R}^{n}} k(h) \, dh \qquad k = \frac{1}{|\Sigma_{mi}|} \cdot \sum_{k \in \mathbb{N}^{n}} k i \, mi$$

$$k = \frac{1}{\sum_{mi}} \sum_{kim}$$

Was für die Durchlässigkeitswerte in Bezug auf ihre Variation von Schicht zu Schicht erläutert worden ist, gilt für die Werte der aktiven Porosität in vermehrtem Masse: Färbversuche haben erwiesen, dass einzelne, besonders ausgewaschene Horizonte (sog. diakene Partien) aktive Porenvolumen bis zu 30 % aufweisen müssen, während verlehmte Schichten Werte von weniger als 5 % aufweisen.

4.1.6. Grundwasserverhältnisse

4.1.6.1. Grundwasserspiegellage und -schwankungen

Ueber die Spiegellage bei extrem trockenen Verhältnissen am Ende der mehrwöchigen, niederschlagsfreien Periode im Herbst 1972 gibt die Isohypsendarstellung auf Beilage 3 Auskunft. Die wichtigsten Erkenntnisse sind folgende:

- Unter dem Hagneckkanal ab Kraftwerk Aarberg bis ca. zur Römerstrasse verläuft eine Grundwasserscheide, die das Hauptgrundwasservorkommen im Seeland in einen Grundwasserstrom Nord und einen Grundwasserstrom Süd teilt. Westlich der Römerstrasse verläuft die Grundwasserscheide nach Norden gegen Walperswil.
- Die Infiltrationszone des Hagneckkanales lässt sich deutlich erkennen, ebenso der Einfluss der Alten Aare nördlich Aarberg.
- Der im Aaretal oberhalb Aarberg fliessende, quantitativ unbedeutende Grundwasserstrom mündet bei Bargen in den Hauptstrom Süd ein.
- Das ganze Gebiet von Gimmiz und Kappelen zeichnet sich durch eine extrem flache Grundwasserspiegellage aus. Erst beim oberen Werdthof werden die Gefälle grösser. Hier - ausserhalb des direkten Einflusses der Infiltrationszone des Hagneckkanales - fliesst das Grundwasser parallel der Talachse.
- Unterhalb des Engnisses Busswil Worben (vorspringender Jensberg) dreht die Fliessrichtung leicht ab; das Grundwasser exfiltriert in den Nidau-Büren-Kanal, der dauernd tiefer liegt als die angrenzenden Grundwasserfelder.
- Die Angaben nördlich des Nidau-Büren-Kanals über die Spiegellage sind sehr unsicher, da nur wenige Messpunkte vorhanden sind.
- Der Grundwasserstrom Süd ist im Dreieck zwischen dem Hagneck- und dem Unterwasserkanal Kallnach scharf in eine Infiltrationszone und eine Hangwasserzone geteilt.
- Südwestlich des Unterwasserkanales, im Gebiet des Grossen Mooses, machen sich in zunehmendem Masse die Einwirkungen des ausgedehnten Drainagesystems bemerkbar, wobei einzelne Kanäle infiltrieren (z.B. Moosmattenkanal), andere starke Exfiltrationen aufweisen (z.B. Hauptkanal). Vom Querschnitt Müntschemier Kerzers an wird der bernische Anteil am Hauptgrundwasserstrom unbe-

deutend; umso grösseren Einfluss gewinnen die Hangwasserzuflüsse aus den randlichen Schotterfeldern.

- Im Meliorationsgebiet Ins - Gampelen springen die Dünenzüge als Infiltrationsstellen für Meteorwasser hervor. Das Kartenbild ist hier grösstenteils an die detaillierten, für die Melioration durchgeführten Messungen 1970 angelehnt, da damals noch über 100 Messpunkte zur Verfügung standen.

Der ausserordentlich regenreiche Herbst 1974 erlaubte die Darstellung von durch Versickern von Meteorwasser bewirkten hohen Grundwasserspiegelverhältnissen. Die Aare wies Niederwasser auf. Die auf Beilage 4 dargestellten Spiegelisohypsen charakterisieren daher im Gebiet des Hagneckkanales eher ungewöhnliche Verhältnisse. Ein reines Infiltrationshochwasser konnte in der Periode 1970 – 1975 nicht erfasst werden. Die günstigen Gegebenheiten im Frühling 1970 wurden durch zu wenig vorhandene Messpunkte kontrolliert; eine Auswertung der wenigen Messresultate zu einer Isohypsenkarte wäre nicht sinnvoll.

Gegenüber der Niederwasserdarstellung auf Beilage 3 ergeben sich erstaunlich geringe Aenderungen im generellen Spiegelbild. Sie beschränken sich auf das Gebiet am Hagneckkanal, wo infolge der hohen Grundwasserspiegellage und der tiefen Aarewasserstände die Infiltrationszone bereits auf Höhe der Anreicherungsanlage der BKW aufhört und die Grundwasserscheide hier vom Kanal in Richtung Norden abzweigt. Parallel dazu zeigt sich der unbedeutende Infiltrationseinfluss im Gebiet des Grundwasserfeldes Bargen. Zudem verschiebt sich die Grenze zwischen Hangwasser und Infiltrationswasser im Dreieck Hagneck – Unterwasserkanal – Bargen nach Norden. Im übrigen Grundwassergebiet der Talebene lassen sich trotz der durchschnittlich 1 m höheren Spiegellage nur unbedeutende lokale Abweichungen feststellen, womit sich die generelle Schlussfolgerung ergibt, dass mit Ausnahme der Infiltrationszone am Hagneckkanal bei verschiedenen Grundwasserständen sich generell nur unwesentlich verschiedene Spiegelbilder ergeben.

Zur Erfassung der Spiegelschwankungen in der Talebene wurden während über dreier Jahre mehr als 200 temporäre Grundwasseraufschlüsse in Abständen von 14 Tagen kontrolliert. Bereits bestehende Ueberwächungsnetze, z.B. diejenigen der BKW im Gebiet des Hagneckkanals, der WV Biel im Gebiet Kallnach – Worben oder der Gesamtmelioration Ins – Gampelen – Gals konnten vollständig in die Auswertung integriert werden.

Zusätzlich waren total 12 Grundwasserlimnigraphen installiert, die - verteilt auf die ganze Talebene - über den genauen zeitlichen Ablauf von Spiegelschwankungen Auskunft gaben. Die Daten wurden überdies zu Spezialauswertungen herangezogen (Grundwasserneubildung, Kolmatierungsverhältnisse im Hagneckkanal, Laufgeschwindigkeiten von Grundwasserwellen u.a.).

Die gesammelten Daten sind sowohl zu Tabellen als auch zu Ganglinien verarbeitet worden; die Resultate sind im WEA deponiert. Aus der Fülle der Auswertungen sind auf Figur 18 charakteristische Kurven der Messperiode 1970 – 1975 dargestellt. Anhand der Kurvenverläufe lassen sich deutlich unterscheiden:

- Grundwasserbereiche, in welchen das Regime eines Infiltranten den Gang des Grundwasserspiegels massgeblich beeinflusst. Beispiel: Hagneckkanal (Punkte 16*, 48, 8,5*). Die Sommerhochstände sind charakteristisch. Der Vergleich mit dem Gang des Aarewasserspiegels beim Kraftwerk Aarberg und den monatlichen Niederschlagssummen zeigt, dass nur ausserordentliche Niederschläge (z.B. November 1972) das Parallelgehen des Grundwasserspiegels zum Oberflächenwasserspiegel zu beeinflussen vermögen.
- Grundwasserbereiche, in welchen sich die Einflüsse der sommerlichen Hochstände eines Infiltranten nicht mehr eindeutig von den Auswirkungen der Niederschläge trennen lassen. Beispiel: Gebiet des Grossen Mooses (Punkte S_1 / S_7); Gebiet Worben (Punkte B 1.1, UW $_2$).
- Grundwasserbereiche, in welchen unabhängig vom Vorflutersystem die Schwankungen ausschliesslich durch die meteorologischen Bedingungen gesteuert werden. Beispiel: Gebiet Müntschemier (Punkt M_6); Gebiet Büetigen Schwadernau (Punkte S_{34} , S_{29}). Im Sommer/Herbst treten regelmässig Tiefstände auf; im Winter/Frühling werden die Grundwasserreserven erneuert. Die Schwankungen sind wesentlich geringer als in den Infiltrationsgebieten.
- Grundwasserbereiche, in welchen die Spiegelstände durch künstliche Eingriffe dauernd beeinflusst werden. Beispiel: Meliorationsgebiet Ins Gampelen (Punkt 57). Mit Hilfe des Kanalsystems wird je nach dem landwirtschaftlichen Bedarf Wasser entnommen oder eingespiesen, um den Grundwasserspiegel künstlich zu regulieren (Drainagepumpwerke mit umschaltbaren Pumpen). Das natürliche Regime wird dadurch weitgehend unterdrückt.

Die Kurvenverläufe in der Periode 1970 – 1975 zeigen ferner als wesentliche Tatsache keine sinkende Tendenz der Grundwasserspiegel im Seeland an. Letztmals 1967, im Zusammenhang mit der Tieferlegung des Hagneckkanals zwischen dem Kraftwerk Aarberg und der Walperswilerbrücke, waren durch künstliche Eingriffe im für die Trinkwassernutzung wichtigen Teil des Gebietes die Grundwasserstände in einem grösseren Gebiet abgesenkt worden (vgl. Figur 20). Abgesehen von diesem Einzelfall ist in quantitativer Hinsicht keine Beeinträchtigung des Grundwasserdargebotes im Seeland festzustellen: weder die bestehenden Nutzungen noch längere Trockenperioden vermögen die Grundwasserspiegellage langfristig zu verändern, was nicht zuletzt auf die noch vorhandenen grossen Reserven an Grundwasser und das Infiltrationsvermögen des Hagneckkanales zurückzuführen ist. Ganz anders verhält es sich natürlich im Meliorationsgebiet des Grossen Mooses, wo die Grundwasserstände durch Drainagekanäle und Drainageund Bewässerungspumpwerke weitgehend künstlich reguliert werden.

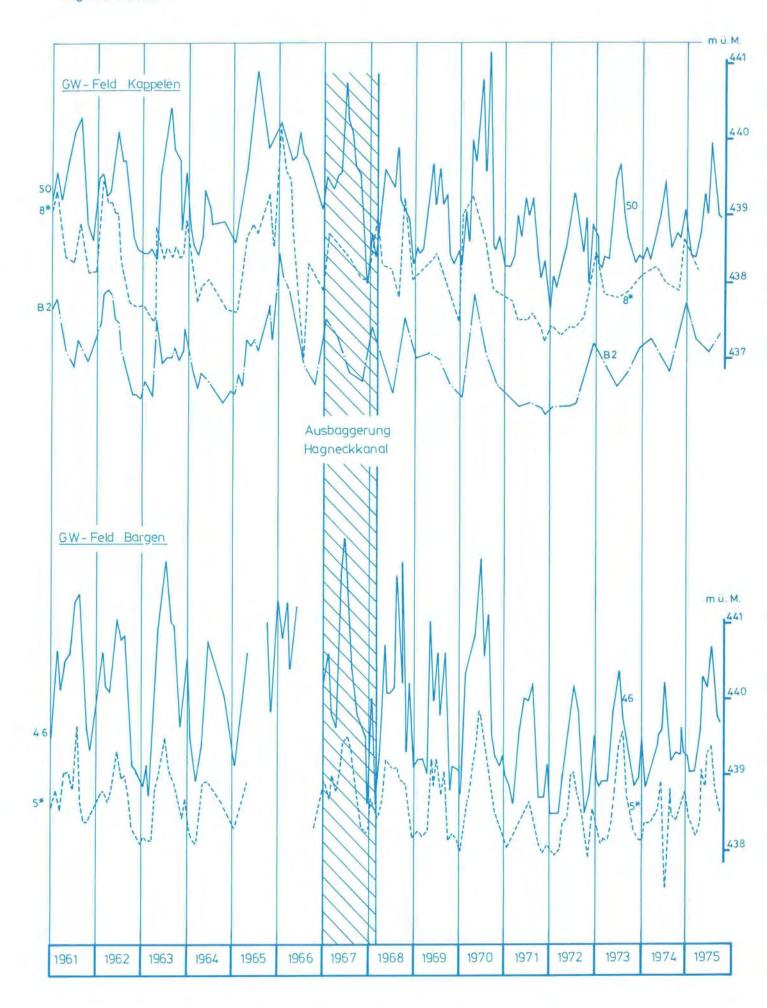
Ueber die absoluten Beträge der Spiegelschwankungen in der Periode 1970 -1975 gibt für insgesamt 35 ausgewählte Punkte die nachfolgende Tabelle Auskunft. Im Infiltrationsbereich des Hagneckkanales sind die Schwankungen um den Faktor 1,5 - 2,5 grösser als in der übrigen Talebene, d.h. allein durch Einsickerung von Meteorwasser bedingte Schwankungen erreichen nur sehr selten Beträge von über 1,5 m.

Die höchsten Stände im Infiltrationsgebiet des Hagneckkanales konnten ausnahmslos im Frühling 1970 festgestellt werden; in den übrigen Gebieten traten sie als Folge von Starkregen zu verschiedenen Zeitpunkten auf. Die tiefsten Stände traten dagegen mehrheitlich im Oktober 1972 in der ganzen Talebene auf. Exakte Werte lieferten die Aufzeichnungen der Grundwasserlimnigraphen; bedingt durch die zeitlichen Messintervalle sind die übrigen Werte als Näherungen aufzufassen, da Spitzen nur selten genau erfasst wurden.

Werden für den Bereich der seeländischen Ebene zwischen Müntschemier und dem Nidau – Büren – Kanal eine mittlere Grundwassermächtigkeit von 17 m und ein aktives Porenvolumen von 14 – 15 % in Rechnung gesetzt, so können für das total 70 km² umfassende Gebiet die statischen Grundwasserreserven bei einem mittleren Grundwasserspiegel auf 190 Mio m³ geschätzt werden; sie schwanken gemäss obigen Angaben zwischen 180 und 200 Mio m³. Ueber die dynamischen Reserven vgl. Abschnitt 4.1.6.3.

Tabellarische Zusammenstellung von festgestellten Grundwasserspiegelhöchstund -tiefstständen 1970 - 1975, resp. 1972 - 75*)

Punkt	Max.	Da tum	Min.	Datum	Δh	Distanz ab Aare
Gebiet Ha	gneckkanal	(Aarberg -	- Bargen	- Gimmiz)	<u> </u>	•
2*	445.33	23.2.70	440.07	8. 9.75	1.26	200 m
46	441.90	22.6.70	438.44	1.11.71	3.46	40 m
Ba ₂	441.07	29.6.70	438.13	8.11.72	2.94	420 m
ZRA 8	445.18	2.3.70	443.85	7. 8.72	1.33	120 m
20*	439.45	1.7.73	437.89	1. 3.72	1.56*)	20 m
49	441.26	17.8.70	437.84	16.10.72	3.42	20 m
13*	440.25	22.7.70	437.21	6.11.72	3.04	650 m
10*	439.74	5.7.75	437.70	10.11.72	2.04	1300 m
7.5*	440.71	25.7.75	438.54	9. 2.72	2.17*)	800 m
8.5*	440.01	13.6.70	437.69	10.11.72	2.32	1300 m
Gebiet Ka	l ppelen – We	<u> </u> rdthof				<u> </u>
7,2*	439.43	15. 4.70	437.38	9. 3.72	2.05	2500 m
8*	439.24	16. 4.70	437.29	9. 3.72	1.95	2800 m
В3'	437.89	1. 2.75	436.17	12.11.72	1.72	4300 m
A_3	439.18	16. 4.70	437.30	8. 3.72	1.88	3300 m
9*	438.04	4.12.74	436.45	20.10.72	1.59*)	5200 m
Gebiet Wo	l rben		<u> </u>			<u> </u>
c ₂	436.15	2.12.74	434.94	19. 4.71	1.21	5500 m
D ₁	434.72	3.12.74	433.78	19. 4.71	0.94	6500 m
UW ₂	434.34	23.11.72	433.72	19. 6.73	1.26*)	7300 m
	1	t .	1			



Punkt	Max.	Datum	Min.	Da tum	Δh	Distanz ab Aare
Gebiet	Dotzigen - :	Scheuren - B	üren a.A.			1
S ₃₄	431.06	6. 2.74	430.32	4.10.72	0.74*)	-
s ₂₁	431.10	2.12.74	413.13	7.1.74	0.97*)	-
S ₂₀	430.23	13.11.72	428.72	30.10.72	1.51*)	-
S ₂₉	428.37	28.11.72	427.26	30.10.72	1.11*)	-
s ₃₀	428.34	28.11.72	426.42	4.10.72	1.92*)	-
Ll	428.64	31.12.74	426.14	30.10.72	2.50*)	-
Gebiet	Kallnachkana	11		-1		
S ₁₆	439.70	27.6.73	438.10	3.11.72	1.69	1150 m
5*	439.83	10.6.73	437.94	5.10.71	1.89	2000 m
6*	439.71	10.6.70	437.83	5.11.71	1.88	750 m
Gebiet	Grosses Moos					
К ₃	437.99	30.11.72	436.57	5. 3.75	1.49*)	-
κ ₁	435.62	30.11.72	434.41	13. 1.72	1.21*)	-
s ₇	433.45	30.11.72	432.11	5.10.72	1.34*)	-
Gebiet	Ins					
57	430.44	13.12.71	428.29	30.11.75	2.15	-
Gebiet	St. Johannse	n				,
9	431.48	29.4.74	430.13	15. 9.72	1.35	-
Testgeb	iet Lüscherz	moos		<u> </u>	11100	
II	437.37	24. 6.75	436.27	18.10.72	1.10	-
C_2	438.07	6. 2.74	437.02	19.10.72	1.05	-
A ₂	437.10	12.12.73	435.73	5.10.72	1.37	-
35 = Total Punkte				1.72 = m S	ittlere chwankung	

4.1.6.2. Spiegelgefälle und Fliessgeschwindigkeiten

Aus den beiden Isohypsendarstellungen lassen sich die Gefällsbereiche des Grundwasserspiegels leicht ersehen. Wiederum sind die Unterschiede im Gefälle bei Hoch- und Niederwasserverhältnissen gering und ohne weitere Bedeutung.

In den Kartendarstellungen der Beilagen 3 und 4 fallen u.a. auf:

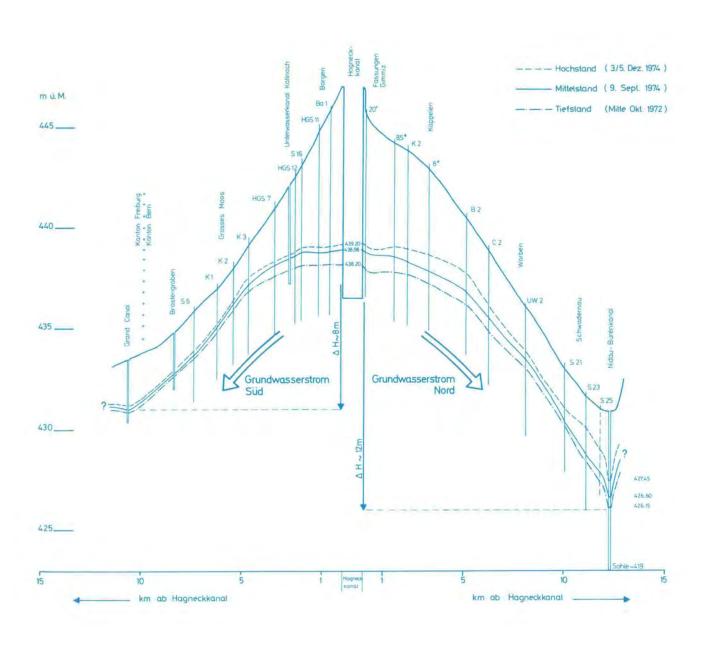
Grundwasserstrom Nord

- Der Bereich grosser Spiegelgefälle bei der Einmündung des Grundwasserstromes aus dem Aaretal oberhalb Aarberg in die Trogebene inkl. den Umlauf über das Spinsfeld.
- Die extrem geringen Gefälle im Gebiet Gimmiz Kappelen Werdthof von durchwegs unter $0.5\,^{\rm O}/{\rm oo}$.
- Die zunehmende Steilheit in Richtung Worben infolge des Engnisses beim Jensberg.
- Die relativ grossen Gefälle gegen den Nidau Büren Kanal hin als Folge der geringen Mächtigkeit und den schlechten Durchlässigkeiten.
- Die wiederum sehr kleinen Gefälle in den drainierten Gebieten nördlich Büren, wobei hier durchwegs gespannte Spiegel vorliegen.

Grundwasserstrom Süd

- Der Bereich sehr grosser Spiegelgefälle bei der Mündung des Aaretals in den Seelandtrog (vermutlich Schichtenwässerung).
- Die geringen Spiegelgefälle längs des Hagneckkanals.
- Die in Richtung Müntschemier regelmässig zunehmenden Spiegelgefälle im Grossen Moos infolge stetig zunehmender Grundwassermenge bei ähnlichem Talquerschnitt.
- Die Abnahme des Spiegelgefälles talabwärts des Profiles Müntschemier Kerzers infolge massiver Exfiltration und Verbreiterung der Talebene.
- Die ausserordentlich geringen Gefälle im Meliorationsgebiet Ins Gampelen Gals, wo nur bei massiven Hangwasserzuflüssen über $1^{\rm O}/{\rm oo}$ betragende Spiegelneigungen auftreten.

Die bereits bei der Besprechung des geologischen Aufbaus festgestellte Symmetrie des Aaredeltas wiederholt sich somit in den beiden zugehörigen Grundwasserströmen Nord und Süd in Bezug auf ihre Spiegelgefälle, wobei – wie aus Figur 21 hervorgeht – dem Grundwasserstrom Nord eine totale Potentialdifferenz Hagneckkanal – Bürenkanal von ca. 12 m zur Verfügung steht; der entsprechende Wert für den Strom Süd beträgt nur rund 8 m (Hagneckkanal – Broye). Da die



Durchlässigkeiten und Talquerschnitte im nördlichen und südlichen Teil relativ ähnlich sind, erklären sich bereits hieraus die bedeutenden Unterschiede in den Grundwasserströmen Nord und Süd in Bezug auf ihre Wassermengen gemäss dem Ansatz

$$Q = k \cdot i \cdot F$$

Bei der Betrachtung von Fliessgeschwindigkeiten des Grundwassers ist zu unterscheiden zwischen der sogenannten Filtergeschwindigkeit, welche sich gemäss

$$v = k \cdot i$$

berechnen lässt und der wahren Fliessgeschwindigkeit (oder Porengeschwindigkeit), die das aktive Porenvolumen berücksichtigt:

$$v = \frac{k \cdot i}{p}$$

Bei Färbversuchen wird ferner die Abstandsgeschwindigkeit direkt festgestellt, wobei besonders die Maximalwerte interessieren (Schutzzonenfragen).

Uebersichtsmässig liefert die nachstehende Tabelle einige Angaben über die Fliessgeschwindigkeiten des Grundwassers. Es kann sich dabei nur um Grössen-ordnungen handeln, da im Detail die Werte als Folge des stark wechselnden Aufbaues des Grundwasserleiters in vertikaler und horizontaler Richtung stark variieren.

Gebiet	mittlerer k- Wert m/sec	mittleres Gefälle (i) ‰	VFilter m/ Tag	mittleres Porenvol. %	^V wahr m/ Tag
N Aarberg Kappelen Oberworben	2-3·10 ⁻³ 3-4·10 ⁻³ 3-4·10 ⁻³	2,0 0,5 1,5	0,3 - 0,5 0,1 - 00,2 0,4 - 0,6	~ 15	1,5 - 2,5 0,7 - 1,5 3,0 - 4,0
E Studen N Büren a.A. SE Bargen	$ \begin{array}{c} 1,5-2\cdot10^{-3} \\ 0,4\cdot10^{-3} \\ 2\cdot10^{-3} \end{array} $	2,0 1,0 100	0,25 - 0,3 0,03 - 0,04 15 - 20		2,0 - 3,5 0,4 - 0,5 75 - 100
Kallnach- kanal Grosses	1,5-2·10 ⁻³	0,8	0,1 - 0,2	~ 15 ~ 14	0,7 - 1,5
Moos S Ins Witzwil	0,4·10 ⁻³	0,6	0,03 - 0,04	~ 8 ~ 6	0,4 - 0,5 <0,01

Dass sich in Wirklichkeit einzelne Grundwasserfäden längs besonders ausgezeichneten Horizonten des Grundwasserleiters viel schneller bewegen als obige theoretische Auführungen angeben, haben folgende, bis heute im Seeland durchgeführte Färbversuche und dabei ermittelte maximale Abstandsgeschwindigkeiten gezeigt:

0rt	k m/sec	i 0/00	р%	v wahr m/Tag	va _{max} m/Tag	Va _{max/vwahr}
PW Bargen	6,5.10-3	3,7	20,0	10,5	23,0	2,2
PW Kappelen	4,5.10-3	7,0	13.0	21,0	24,0	1,15
	4,5.10 ⁻³	3,3	13,0	9,9	10,0	1,01
PW SWG ¹⁾	$1,5 \cdot 10^{-3}$	14.3	25,0	7,42	190	25,6
	1,5.10 ⁻³	33,2	25,0	17,2	247	14,4
	1,5.10 ⁻³	8,75	25,0	4,53	109	24,1
PW Biel II ²⁾	3,6·10 ⁻³	3,7	19,0	6,0	100	16,7
PW Biel I	5,2·10 ⁻³	5,5	9,0	27,5	25,0	0,91
PW Büren 3)A.	1,5.10 ⁻³	1,9	8,0	3,1	11,0	3,5
PW Müntsche- mier ⁴)	1,2.10-3	13.0	9,0	15,0	33,0	2,2

Färbversuche Prof. Rutsch im Oktober 1974 in verschiedenen Richtungen. Der eingesetzte k-Wert von 1,5·10⁻³ erscheint uns zu klein, der p-Wert von 25 % zu hoch.

Wenn auch diese Angaben mit den berechneten, in der vorhergehenden Tabelle dargestellten Werten der unterschiedlichen Spiegelgefälle wegen in den Zuflussbereichen der Pumpwerke nicht direkt verglichen werden können, so kann doch aus der letzten Spalte ersehen werden, in welchem Rahmen die effektiv vorhandenen, gemessenen, maximalen Abstandsgeschwindigkeiten gegenüber den auf übliche Weise berechneten Werten abweichen. Anders gesagt: die Spalte gibt ein Mass für die Vorsicht, mit welcher hydrogeologische Berechnungsresultate stets zu beurteilen sind. Dass dies nicht nur für Fliessgeschwindigkeiten zutrifft, sondern alle Parameter aus Grundwasserleitern einschliesst, braucht wohl kaum besonders betont zu werden.

4.1.6.3. Grundwassermengen

Wie im Abschnitt 4.1.6.1. bereits dargelegt, können bei Niederwasser die Reserven des Hauptgrundwasservorkommens im Seeland mit rund 190 Mio m³ angenommen werden. Ueber die Entwicklung der Grundwasserströme Nord und Süd geben die nachstehenden Tabellen Auskunft:

²⁾ Färbversuche in der Alten Aare im Juli 1973.

³⁾ Salzungsversuch Kantonschemiker 1961.

⁴⁾ Grundwasserleiter = interglaziale Seelandschotter mit hohem Sandanteil.

Die Grundwassermengen im Gebiet Hagneckkanal - Worben - Bürenkanal (Strom Nord) im Oktober 1972 (Niederwasser)

	Massgebende Daten im Profil			Massgebende Daten im Profil				М	assgeben	de Daten	im Zwis	cheneinz	ugsgebie	t
	Breite m	mittlere Mächtigkeit m	Profil- k - Wert 10 ⁻³ m/sec	mittleres Spiegelge- fälle /oo	Grundwasser- menge]/sec	Fläche km ²	Echtes Grundwasser 1/sec	Infiltration /sec	Hangwasser 1/sec	Exfiltration 1/sec	Entnahmen]/sec	Gebietsbilanz l/sec		
Hagneckkanal														
						10,3	52	1801)	5	7	160	- 63		
Profil 21	4700	17,3	2,6	0,33	70							ŀ		
D 6/1 04	4600	74.0	2.7	0.76	100	11,0	55	50	8	0	3	+110		
Profil 24	4600	14,0	3,7	0,76	180	5,3	32	80	8	0	0	+120		
Profil 26	3100	18,7	3,5	1,48	300									
						4,1	27	40	3	110	180	-220		
Profil 31	2050	13,2	2,8	1,05	80									
						5,8	40	0	50	40	10	+ 40		
P.Studen- Dotzigen	3150	11,3	1,7	2,00	120									
J						9,2	65	5	7	0	7	+ 70		
Bürenkanal					190									
Grundwasser- gebiet Nord						45,7	271	355	81	347	360	+ 57		

¹⁾ davon 140 l/sec Hagneckinfiltrat

Profilnummern vgl. Beilage 2 (Profilkarte)

Die Grundwassermengen im Gebiet Hagneckkanal - Kallnach - Kerzers- Müntschemier

(Strom Süd) im Oktober 1972 (Niederwasser)

	Massgebende Daten im Profil				Massgebende Daten im Zwischeneinzugsgebiet					***************************************		
	Breite m	mittlere Mächtigkeit m	Profil k-Wert 10 ⁻³ m/sec	mittleres Spiegelge- fälle 0/00	Grundwasser- menge 1/sec	Fläche km ²	Echtes Grundwasser 1/sec	Infiltra- tion 1/sec	Hangwasser 1/sec	Exfiltration 1/sec	Entnahme 1/sec	Gebiets- bilanz 1/sec
Hagneckkana1								-	-		_	
						7,6	38	30 1)	14	12	8	+ 52
Profil 13	2340	17,5	2,3	0,67	64							
						8,1	45	58	8	65	0	+ 46
Profil 11	2710	14,4	2,1	1,35	110							
						9,4	53	0	7	90	0	- 30
P. Müntschemier- Kerzers 2)	1400 3400	8,8 13,8	1,8 0,7	1,45	32 ₄₈ =80 ³⁾							
Grundwasserge- biet Süd						25,1	136	90	29	167	8	+ 68

Anmerkungen: 1) davon 22 1/sec Hagneckkanalinfiltrat

In die den Tabellen zu Grunde liegenden Daten über die Entwicklung der beiden Grundwasserströme sind sämtliche, uns zur Zeit zur Verfügung stehenden Kenntnisse über den Grundwasserleiter, Infiltration, Neubildung, Hangwasserzuflüsse, Exfiltration und künstliche Entnahmen verarbeitet. 1) Generell sind die Daten zudem anhand des Computermodells überprüft worden. Die Lage der einzelnen Durchflussprofile geht aus der geologischen Profilkarte (Beilage 2) hervor, soweit sie mit Nummern bezeichnet sind. Die Durchflussmengen sind auf das Niederwasser im Oktober 1972 bezogen, womit sie als Minimalwerte angesehen werden können.

²⁾ die obere Zahl bezieht sich auf den Kies, der nur im bernischen Profilanteil vorhanden ist die untere Zahl schliesst den liegenden Grobsand übers ganze Profil mit ein

diese Grundwasserabflussmenge exfiltriert wenig talabwärts grösstenteils in den Biberenkanal und Grand Canal

¹⁾ Die Resultate der Simultanabflussmessung vom 16. Januar 1976 im Hagneckkanal mit einer scheinbaren Infiltration von 1,3 bis 1,5 m³/sec sind nicht berücksichtigt; alle folgenden Betrachtungen über die Grundwassermengen im Aaretal sind daher mit diesem Vorbehalt aufzunehmen, vgl. Abschnitt 3.5.2.

Die Charakteristik der Grundwasserströme gestaltet sich wie folgt:

Grundwasserstrom Nord

- die Bilanz des Gebietes Aarberg Gimmiz ist negativ, d.h. die künstlichen Entnahmen übertreffen die Neubildung von echtem Grundwasser bei weitem.
 Die Defizite werden durch die Infiltration aus dem Hagneckkanal aber mehr als gedeckt, so dass auf der Linie Bühl - Kappelen - Verzinkerei Aarberg (Profil 21) ein relativ kleiner Grundwasserstrom von 70 1/sec durchfliesst.
- Talabwärts der eben genannten Linie bis zum Querschnitt Busswil Worben (Profil 31) nimmt der Grundwasserdurchfluss stetig zu, woran neben der echten Grundwasserneubildung vor allem die Alte Aare ursächlich beteiligt ist. Im Profil 26, oberhalb Oberworben, kann der Durchfluss auf 300 1/sec beziffert werden.
- Im Engnis Busswil Worben ist der Grundwasserdurchfluss infolge der Entnahmen in den Fassungen SWG, Biel und Lyss (die beiden letzteren waren 1972 noch intermittierend in Betrieb, heute sind sie stillgelegt) und wegen der sehr wechselnden Exfiltration in den Binnenkanal auf 80 l/sec abgesunken.
- Unterhalb des Profils 31 nimmt die Grundwassermenge wieder zu; neben der Neubildung ist der seitliche Zufluss aus den Schottergebieten von Diessbach zu erwähnen, welcher aber zum überwiegenden Teil in die Alte Aare austritt.
- Beim Nidau Büren Kanal exfiltriert die gesamte, in diesem Querschnitt noch vorhandene Grundwassermenge von ca. 190 l/sec in die Aare.
- Die Gebietsbilanz für die gesamte Fläche des Grundwasserstromes Nord ist mit 57 l/sec positiv. Der Wert von 57 l/sec kann als Anteil Verdunstung am Grundwasser aufgefasst werden (1,25 l/sec km² oder 0,11 mm/Tag).

Grundwasserstrom Süd

- Die Infiltration aus dem Hagneckkanal ist nur unbedeutend, was auf das gegenüber dem Nordstrom geringere zur Verfügung stehende Spiegelgefälle zurückzuführen ist; zudem fehlen hier die analogen Fassungsanlagen zu Gimmiz, welche dort die Aarewasserinfiltration wesentlich erhöhen.
- Der Durchfluss im Profil Siselen Kallnach (Nr. 13) ist demjenigen im Profil Bühl Kappelen Verzinkerei Aarberg im Nordstrom (Nr. 21) gleichzusetzen. Er ist wesentlich geringer, als noch im Jahre 1973 aufgrund der damals zur Verfügung stehenden Daten angenommen.
- Im Gebiet des Grossen Mooses werden die Verhältnisse zusehends unübersichtlicher wegen des äusserst komplexen Drainage- resp. Bewässerungssystems. Die eingesetzten Zahlen sind ungenau und besitzen nur noch orientierenden Charakter.

- Der noch auf der Höhe Treiten Fräschels über 100 l/sec betragende Grund-wasserstrom exfiltriert nachgewiesenermassen vor allem in den bernischen Hauptkanal (vgl. hiezu Figur 9 über die Niederwasserabflüsse im Oktober 1972). Der verbleibende Grundwasserdurchfluss im Profil Kerzers Müntschemier dürfte zum überwiegenden Teil in den Grand Canal und den Biberenkanal austreten. Eine Fortsetzung des Stromes in Richtung Murtensee (noch 1972 postuliert) ist wenig wahrscheinlich, indessen nicht ausgeschlossen. Entsprechende Angaben fehlen noch.
- Für das 25,1 km² grosse Grundwassergebiet des Stromes Süd bis zur Linie Kerzers Müntschemier ist die Gesamtbilanz ebenfalls positiv (68 l/sec); dieser wiederum dem Anteil Verdunstung am Grundwasser entsprechende Wert ist hier bezogen auf die Einheitsfläche wesentlich höher als im Grundwassergebiet Nord, was auf die verbreitete Torfbedeckung und die generell geringen Flurabstände zurückzuführen ist (2,7 l/sec · km² oder 0,23 mm/Tag).

Eine analoge, detaillierte Berechnung der Grundwassermengen in den Strömen Nord und Süd wurde auch für eine Hochwasserperiode durchgeführt (Dezember 1974). Da diese Resultate für die Beurteilung des Grundwasserdargebotes mehr akademischen Charakter haben, wird auf eine Wiedergabe verzichtet.

In der Zeitspanne vom Oktober 1972 bis Ende 1975 hat sich nur im Grundwassergebiet Nord ein wesentlicher Parameter geändert: die Alte Aare führt seit August 1973 mehr als doppelt soviel Wasser (1,5 resp. 3,5 m³/sec Dotation in Aarberg), und die Infiltrationen auf der Strecke Aarberg – Lyss können seither mit total ca. 300 l/sec in die Rechnung einbezogen werden (vgl. Abschnitt 3.3.l.). Die Durchflussmengen in Richtung Profil Worben – Busswil werden sich damit bei wiederkehrenden analogen Grundwassertiefständen um rund 150 l/sec erhöhen. Ueber die Aufteilung dieser Wassermenge auf den Binnenkanal (vergrösserte Exfiltration) und den eigentlichen Grundwasserdurchfluss im Profil 31 fehlen jedoch die Daten.

Dank des beim Eidg. Amt für Wasserwirtschaft einsatzbereiten Computermodells für das Grundwassergebiet Seeland ist es zudem jederzeit mit geringem Aufwand möglich, die auftretenden Aenderungen in den bestimmten Parametern für das Grundwasserdargebot in den beiden Strömen Nord und Süd zu berücksichtigen (z.B. Mehrentnahmen in Fassungen, neue Fassungen, Bewässerungen, Drainage) und die resultierenden Grundwasserdurchflüsse und Spiegellagen zu berechnen.

4.1.6.4. Grundwassermengen ausserhalb der beiden Ströme Nord und Süd in der alluvialen Talebene

Nördlich und östlich des Nidau - Bürenkanals, ausserhalb des früher besprochenen Stromes Nord (der in den Bürenkanal exfiltriert), enthalten die mächtigen Grobsandablagerungen der Aare noch grössere Grundwassermengen.

Mittels Geoelektrik und einer Schlüsselbohrung südöstlich von Meinisberg von 80 m Tiefe konnten die generellen Daten über den Aufbau dieses Grundwasserleiters teilweise ermittelt werden. Die Sande relativ guter Durchlässigkeit weisen Mächtigkeiten bis zu 40 m auf und füllen den glazialen Erosionstrog

weitgehend aus. Das ganze Gebiet ist durch Ueberschwemmungslehme bedeckt. Weder über die Grundwasserspiegellage noch über die Schwankungen existieren genügende Anhaltspunkte, um die Grundwasserreserven des Gebietes zu bilanzieren. Aus den Sanden könnten rein nach den Eigenschaften des Grundwasserleiters ($k=0,4\cdot10^{-3}$ m/sec, H=20-40 m) grosse Grundwassermengen entnommen werden. Ueber die Neubildung und mögliche Infiltration von Oberflächenwasser fehlen Angaben.

Da die Wasserqualität im ganzen Gebiet eine aufwendige Aufbereitung zu Trink-wasser erfordert, existiert hier nur theoretisch eine als Trinkwasser nutzbare Grundwasserreserve. Das nutzbare Dargebot kann vorläufig in Ermangelung besserer Berechnungsgrundlagen auf 100 - 120 1/sec geschätzt werden.

Aehnlich gestalten sich die Verhältnisse südlich von Müntschemier. In den Grobsanden, die sich anschliessend an die Kiesablagerungen der Aare in Ausläufern bis zum Broyekanal erstrecken, sind grössere Grundwassermengen nachgewiesen, die qualitativ meist sehr schlecht sind. Es bestehen derart komplexe Beziehungen zum neu angelegten Kanalnetz im Meliorationsgebiet, dass sich eine fundierte Dargebotsermittlung nicht durchführen lässt. Wir schätzen die nutzbare Grundwassermenge (nicht zu Trinkwasser aufbereitbar) auf max. 80 1/sec.

4.1.6.5. Grundwasserbilanzen der Hauptströme Nord und Süd

Es kann für die stationäre Grundwasserbilanzierung eines als geschlossen betrachteten Vorkommens folgender Ansatz verwendet werden:

Neubildung + Infiltration + Hangwasser = Exfiltration + Entnahme + Verdunstung

Da sich der Verdunstungsverlust innerhalb eines Gebietes oder Teilgebietes einstellt, muss er entweder z.B. zur Grundwasserneubildung addiert (ergibt Bruttoneubildung) oder aus der Bilanzgleichung weggelassen werden. Bei der folgenden, tabellarischen Zusammenstellung ist der zweitgenannte Weg gewählt worden, da ja auch Verdunstungsverluste von der Infiltration und dem Hangwasser auftreten und wir über die Aufteilung auf die einzelnen Posten keine Angaben besitzen. Dagegen ist in der graphischen Darstellung auf Figur 22 die Bruttoneubildung eingesetzt.

Bilanztabelle

	Q _{echt} 1/sec	+ ^Q Inf 1/sec	+ QHang 1/sec		Q _{Exf} 1/sec	+ Q _{Ent} + 1/sec
Strom Nord Strom Süd	271 136	355 90	81 29	п	347 247 *)	360 8
ganzes Vor- kommen von 70,8 km ²	407	445	110	=	594	368

*) Der Grundwasserdurchfluss im Profil Kerzers - Müntschemier von 80 1/sec ist einfachheitshalber der Exfiltration zugezählt worden, da er nur wenig talabwärts in die Drainagekanäle austritt.

Auf Figur 22 sind die Grundwasserbilanzen der Teilströme schematisch dargestellt.

Bezogen auf den Nutzungsstand im Oktober 1972 ergeben sich für das ganze Grund-wassergebiet zwischen Müntschemier und Nidau - Büren - Kanal im Minimum ca. 600 l/sec ungenutztes Grundwasserdargebot; vom totalen Dargebot von 962 l/sec bei Niederwasser sind damit nur 38 % genutzt. Auf Ende 1975 bezogen, ergibt sich noch ein kleinerer Nutzungsgrad, da der Mehrinfiltration der Alten Aare von ca. 150 l/sec ein Entnahmezuwachs von weniger als 100 l/sec gegenübersteht. (Fassungen Gimmiz).

Aus qualitativen Gründen ist indessen nicht das totale, berechnete Dargebot als Trinkwasser nutzbar; vgl. hiezu die Ausführungen in Abschnitt 4.1.7. Dagegen darf nicht übersehen werden, dass die Infiltrationsverhältnisse am Hagneckkanal künstlich in grossem Massstab verändert werden können, und sich damit das Dargebot an qualitativ gutem Wasser wesentlich vergrössern lässt. Hierüber wird in Abschnitt 6 berichtet.

4.1.7. Grundwasserqualität

4.1.7.1. Darstellungsmethode und generelle Beurteilung

Seit über 20 Jahren werden im zentralen Teil des Grundwasservorkommens Seeland, im Gebiet zwischen Kallnach und Worben, an zahlreichen Stellen periodisch Wasserproben entnommen, die Analysenwerte tabellarisch zusammengestellt und in verschiedener Hinsicht ausgewertet. Auslösende Faktoren dieser Kontrollen der Grundwasserqualität waren im wesentlichen die Abwasserversickerungen der ZRA, die Erstellung des Kraftwerkes Aarberg sowie der Bau der Fassungsanlagen Gimmiz.

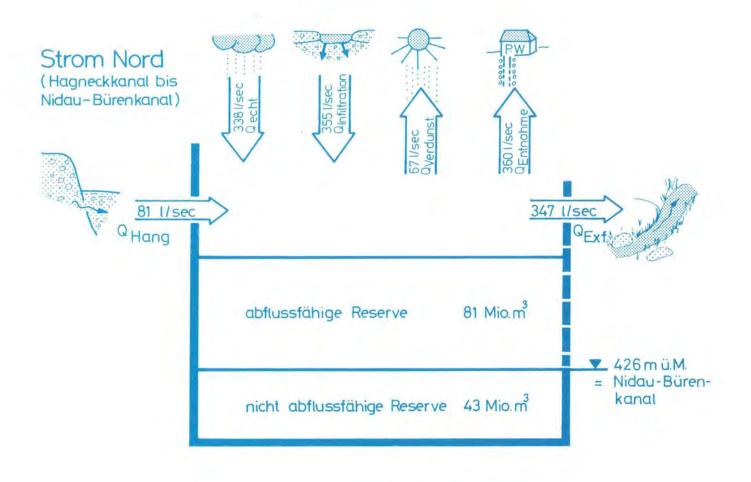
Ausgehend von diesem bestehenden Kontrollnetz wurden ab 1971 im ganzen Grund-wassergebiet der seeländischen Talebene bei ausgewählten Randbedingungen an über 50 Stellen zusätzlich Grundwasserproben erhoben; es konnten insgesamt drei Kampgagnen durchgeführt werden:

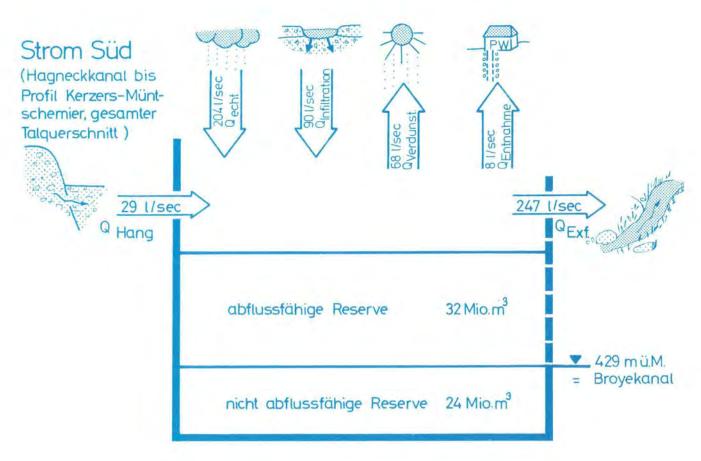
1) Dezember 1971, winterlicher Niederwasserstand

2) Juni/Juli 1972, sommerlicher Niederwasserstand

3) März/April 1974, Frühlingsmittel- bis Hochwasserstand

In den beiden ersten Kampagnen wurden ferner über 80 wichtige Quellen der umgebenden Hügelgebiete in die Untersuchung einbezogen.





Die Resultate sämtlicher, im Zusammenhang mit dem Projekt Seeland erhobenen Wasserproben sind geordnet nach dem Landeskoordinatensystem tabellarisch zusammengestellt worden. Diese Sammlung enthält auch die parallel erhobenen Wasserproben des Lebensmittel-Inspektorates Biel sowie die Analysen von Oberflächengewässern an total 20 Stellen. Alle Originalunterlagen sowie die zusätzlichen Zusammenstellungen der Wasserversorgung Biel sind in der Dokumentation des WEA enthalten.

Entgegen der ursprünglichen Absicht einer Darstellung der Analysendaten in Form von Histogrammen gemäss der vom WEA vorgesehenen Legende für hydrochemische Karten wurde im Seeland eine Auswertung zu Kurvenbildern einzelner wichtiger Analysenkomponenten vorgezogen (Beilage 5, Karten 1 - 6). Diese Darstellungsmethode ist möglich dank des recht dichten Netzes der Beobachtungspunkte vor allem im zentralen Teil des Hauptgrundwasserleiters und den unmittelbar angrenzenden Gebieten. Im Gegensatz zur Histogrammdarstellung stellt die Kurvendarstellung eine Interpretation dar, für die neben den punktförmigen Analysenresultaten auch die hydraulischen und geologischen Gegebenheiten (k-Wertverteilung, Fliessrichtung, Spiegelgefälle, Ausbildung und Mächtigkeit der Deckschichten etc.) berücksichtigt werden konnten. Der Nachteil der jeder Interpretation anhaftenden Subjektivität wird sicher durch die vermehrte Aussagekraft aufgewogen.

Mit der Karte 7 der Beilage 5 wurde versucht, die Grundwasserqualität generell zu klassifizieren und gemäss den in der Legende angegebenen Grenzwerten in die folgenden 3 Gruppen aufzuteilen:

- nach Belüftung als Trinkwasser tolerierbares Wasser
- nach einer mit vertretbarem Aufwand realisierbaren Aufbereitung (oder Vermischung) als Trinkwasser tolerierbares Wasser
- nicht mehr zu Trinkwasser aufbereitbares Wasser

In dieser generellen Klassifikation konnten auch randliche Grundwassergebiete erfasst werden, von welchen wir nur über sporadische Untersuchungen verfügen: z.B. die Gebiete östlich Kallnach; Büren - Leuzigen; Ebene nördlich des Nidau - Büren - Kanals; Siedlungsgebiet Biel, Hintermöser; Grosses Moos südlich Gampelen - Müntschemier; Grissachmoos. In diesen Teilgebieten stützt sich die Beurteilung neben einzelnen Analysenresultaten auf die den Grundwasserchemismus bestimmenden hydrogeologischen Gegebenheiten (z.B. Torfvorkommen) sowie auf tatsächliche oder potentielle, künstliche Gefahrenherde (z.B. Stadt Biel).

In der Karte 8 der gleichen Beilage wurde versucht, die den Grundwasserchemismus stark beeinflussenden Oberflächengewässer im Hinblick auf eine künstliche Grundwasseranreicherung zu klassieren.

Da verbindliche Normen hierfür fehlen, wurden neben der Norm des Europarates vom 16. Juni 1975 auch die im Seeland tatsächlich festgestellten Verhältnisse berücksichtigt. Z.B. zeigt die künstliche und natürliche Infiltration von nur

durch Belüftung aufbereitetem Aarewasser eindeutig einen günstigen Einfluss auf die Grundwasserqualität.

Die Karten sind dermassen aussagekräftig, dass auf eine detaillierte Erläuterung verzichtet werden kann.

Generell kann das Seelandgrundwasser des für eine Trinkwassergewinnung geeigneten Trogabschnittes zwischen Unterwasserkanal Kallnach und Nidau - Büren - Kanal als relativ stark mineralisiert bezeichnet werden. Es ist hart, sauerstoffarm, eisen- und chloridreich.

Als typisch dafür kann z.B die Analyse aus der Fassung Biel in Unterworben vom März 1974 bezeichnet werden. Sie lautet:

Gesamthärte	32.7 franz. Härtegrade
Karbonathärte	28.0 franz. Härtegrade
Chlorid (Cl)	14,3 mg/1
Nitrat (NO ₃)	5,2 mg/l
Nitrit (NO ₂)	0,0 mg/l
Ammoniak (NH ₃)	0,01 mg/1
Eisen (Fe)	0,07 mg/l
Mangan (Mn)	0,00 mg/l
Oxydierbarkeit (KMn O ₄)	1,9 mg/l
Sauerstoffsättigung	25 %

Das Grundwasser im südlichen Trogteil, zwischen dem Unterwasserkanal Kallnach und dem Neuenburgersee, zeigt deutlich den Chemismus eines Torfwassers mit einem grossen Sulfat- und Eisengehalt und praktisch keinem Sauerstoff. Als typische Analyse sei diejenige vom März 1974 aus dem Bewässerungsbrunnen bei der Kanalmühle (südlich Treiten) angeführt (Probepunkt S₇).

52,6 franz. Härtegrade
39,1 franz. Härtegrade
21,1 mg/1
130,0 mg/1
4,0 mg/l
0,017 mg/l
1,0 mg/l
2,77 mg/l
0,106 mg/1

Oxydierbarkeit (KMn O_4) 3,0 mg/1 *)
Sauerstoffsättigung 6 %

4.1.7.2. Grundwasserqualität nördlich des Hagneckkanals

Aus den Karten 1 - 3, 5 und 6 (Karbonathärte, Chlorid, Nitrat- und Eisengehalt sowie der Sauerstoffsättigung) der Beilage 5 geht deutlich die massive Infiltration von Aarewasser zwischen Aarberg und der Walperswilerbrücke hervor.

Die Qualitätsbeeinflussung des Grundwassers durch die Infiltration aus der Alten Aare, welche mengenmässig ebenfalls bedeutend ist (vgl. Abschnitt 3.3.l.), resultiert besonders aus der Darstellung der Chlorid- und Nitratgehalte sowie der Karbonathärte. Die Wasserqualität der Alten Aare ist in dem für die Infiltration massgebenden Abschnitt oberhalb der Einmündung des Lyssbaches nur geringfügig schlechter als das Aarewasser im Hagneckkanal. Der leichte Qualitätsunterschied wird vor allem bewirkt durch die Einleitung von Drainagewasser aus der Radelfinger-Au.

Teils wird die Qualitätsverbesserung des Grundwassers durch Infiltrat aus der Alten Aare jedoch überlagert durch die massiven künstlichen Grundwasserverschmutzungen im Raum Aarberg – Lyss. Offensichtlich verunreinigen die dort angelegten, z.T. auch schon seit langem aufgelassenen Schlammteiche der Zuckerfabrik Aarberg noch immer das Grundwasser; ebenfalls ist aus dem Areal der Verzinkerei Aarberg eine Grundwasserverschmutzung bekannt.

Eine im November 1975 nicht im Rahmen der hydrogeologischen Karte durchgeführte Grundwasseranalyse aus einem zwischen den Sickerteichen der ZRA und der Verzinkerei gelegenen Piezometer zeigte z.B. das folgende, für den engsten Bereich des verunreinigten Grundwassers typische Resultat:

Gesamthärte	62	franz. Härtegrade
Karbonathärte	53	franz. Härtegrade
Chlorid (Cl)	26	mg/l
Sulfat (SO ₄)	135	mg/l
Nitrat (NO ₃)	50	mg/l
Nitrit (NO ₂)	6,1	mg/l
Ammoniak (NH ₃)	10,0	mg/1
Eisen (Fe)	2,7	mg/.

^{*)} Die Oxydierbarkeit schwankt in diesen Wässern örtlich und zeitlich sehr stark und kann bis über 100 mg/l Kaliumpermanganatverbrauch erreichen.

Mangan (Mn) 0,51 mg/l $0xydierbarkeit (KMn <math>0_4$) 36,5 mg/l Sauerstoffsättigung 1%

Mittels zahlreichen, von privater Seite durchgeführten Grundwasseranalysen aus diesem Industriegebiet können, z.B. anhand der Chloridgehalte, die einzelnen Verunreinigungsherde einigermassen abgetrennt und lokalisiert werden (vgl. Beilage 5, Karte 2).

Dank der während den vergangenen 12 Jahren an die Hand genommenen Sanierungsmassnahmen und als Folge der massiven Infiltration aus der Alten Aare ist der Bereich von – mit vernünftigem Kostenaufwand – nicht mehr zu Trinkwasser aufbereitbarem Wasser unterhalb des Industriegebietes von Aarberg relativ eng begrenzt: nördlich der Linie Lyss – Worben weist das Grundwasser wieder Trinkwasserqualität auf (vgl. Karte 7 der Beilage 5).

Aus dem Gebiet nördlich des Hagneckkanals sind ferner erwähnenswert:

- Ein Bereich mit hoher Sauerstoffsättigung im Gebiet Kappelen Werdthof, welcher durch das Fehlen von gering durchlässigen Deckschichten und den kleinen Flurabständen erklärt werden kann (vgl. Beilage 5, Karte 6).
- Ein Bereich mit qualitativ ungenügendem Grundwasser am westlichen Talrand zwischen Hagneckkanal (westlich Walperswilerbrücke) und Jens. Der schlechte Chemismus ist hier bedingt durch die torfigen Deckschichten und im Abschnitt zwischen Gimmiz, Walperswil und dem Hagneckkanal auch durch die teilweise Stagnation des Grundwassers (vgl. Beilage 5, Karte 7).
- Die besonders im geringen Chloridgehalt und der hohen Sauerstoffsättigung (vgl. Beilage 5, Karten 2 und 6) deutlich erkennbare Zufuhr von Quellwasser in das Grundwasser am Fuss des Jensberges bei Studen, welche durch das Abtauchen des als Quellbildner bekannten, unteren Muschelkalkes unter das Talniveau erklärt wird.
- Die Zone mit stark eisenhaltigem Wasser in der Talmitte zwischen Schwadernau und Dotzigen. Wir vermuten, dass der lokal hohe Eisengehalt durch Torflinsen verursacht wird (Beilage 5, Karte 5).
- Die bedeutende Zufuhr von sauerstoff- und nitratreichem seitlichem Grundwasser aus den Stauschottern von Diessbach (Beilage 5, Karten 3 und 6).

4.1.7.3. Grundwasserqualität südlich des Hagneckkanals

Im Gebiet zwischen Hagneck- und Unterwasserkanal ist die Grundwasserqualität noch gut wegen der Infiltration aus dem Hagneckkanal, der bedeutenden Hangwasserzufuhr zwischen Bargen und Kallnach (vgl. Beilage 5, Karten 4 und 6) und dem günstigen Aufbau der Deckschichten.

Es ist hier zu erwähnen, dass für die Kartendarstellungen der Beilage 5 die

Grundwasseranalysen aus dem Betonschacht beim Hof Aspi nicht berücksichtigt wurden, da sie offensichtlich nicht repräsentativ sind (grosser Schachtdurchmesser, stagnierendes Wasser, Verunreinigungen im Schacht).

Südwestlich des Unterwasserkanals wird die Grundwasserqualität sehr rasch schlecht, bedingt durch das Auftreten der stark torfigen Deckschichten.

Der in der Karte 7 dargestellte Bereich guter Grundwasserqualität im zentralen Trogteil zwischen Kallnach und Siselen wird bewirkt durch die starke Infiltration von mit Aarewasser gespiesenen, undichten Bewässerungsleitungen und Kanälen (Moosmattenkanal, Brästengraben, z.T. Grand Canal).

Im weitern ist zu erwähnen:

- Am Hangfuss von Ins bis zur Senke zwischen Müntschemier und Treiten zeigt sich ein bedeutender Zufluss von qualitativ besserem Hangwasser (Beilage 5, Karte 7).
- Zwischen Kallnach und Fräschels und weniger ausgeprägt zwischen Treiten und Finsterhennen fliesst ebenfalls qualitativ gutes Hangwasser dem Hauptgrundwasserstrom der Ebene zu
- Die Wasserqualität in den Dünen zwischen Gampelen Ins und dem Neuenburgersee ist nur unbedeutend besser als in den angrenzenden Moosgebieten

4.2. Das Grundwasservorkommen im Schüssdelta

4.2.1. Geologie

In die tiefe, durch Glazialerosion entstandene Furche zwischen dem Jurasüdfuss und dem Hügelzug Krähenberg – Büttenberg hat die Schüss nach dem Rückzug des Rhonegletschers ein sich sowohl Richtung Pieterlen ins Bözingenmoos als auch Richtung Nidau ins Stadtgebiet von Biel erstreckendes Delta aufgeschüttet.

Ueber den Aufbau dieser Deltaablagerungen sind wir dank zahlreichen Baugrunduntersuchungen im Stadtgebiet von Biel und im Bözingenmoos (SBB-Projekt) recht gut informiert. Die eigentlichen Deltaablagerungen der Schüss – gerundeter bis eckiger, charakteristisch gelber Kalkkies mit ca. 90 % Jurageröllen neben Grobsanden – werden durch feinkörnige, aus Tonen und Silten, z.T. Torfen bestehende Horizonte unterbrochen, die ehemaligen Seeböden zugeordnet werden können (ANTENEN, 1936).

Die Schüss hat ihr Delta zuerst vorwiegend in Richtung Pieterlen vorgetragen und erst später, nach eigener Verriegelung der dortigen Abflussmöglichkeit, ihren Lauf gegen SW gewandt und die Ebene von Biel aufgeschüttet. Die Schotter erreichen hier bis max. 30 m Mächtigkeit. Deltaschotter der Schüss finden sich vom Bahnhof Pieterlen einerseits bis in die Gegend der heutigen MÜRA andererseits (vgl. Figur 1). Beidseitig schliessen feinkörnige Seeablagerungen an,

die durch eine Verlandungsserie abgeschlossen werden (Brüggmoos, Pieterlenmoos).

Die Unterlage der grundwasserführenden, postglazialen Deltaschotter der Schüss bilden im zentralen Teil mächtige Seetone, die nach ihrer Ausbildung den interglazialen Seetonen im Aaretrog gleichzusetzen sind. Sie reichen z.B. in der 1959 abgeteuften Tiefbohrung bei der Schiffländte bis in 60 m Tiefe und werden von über 50 m Grundmoräne unterlagert (vgl. ANTENEN, 1971). In den deltafernen Abschnitten wird der Stauer aus alluvialen, feinklörnigen Sedimenten aufgebaut (Tone und Schlammsande).

Die seitliche Begrenzung der Schotter ist sehr unterschiedlich:

- Gegen NW stossen sie an die steil abfallenden Jurakalke mit vermutlich grösseren, unterirdischen Grundwasserzuflüssen (Karstquellen).
- Gegen SE werden sie teils durch aquitane Molasse begrenzt, teils lagern sie älteren Schottern an (Kiessande von Madretsch), die einem interglazialen Schüssdelta angehören könnten, welches lokal der Erosion durch den Würmgletscher entgangen ist.
- Gegen SW und NE, in der Achse des Ablagerungstroges, keilen die Schotter langsam aus und verzahnen sich mit feinkörnigen Seebildungen.

Im zentralen Bereich des Deltas fehlen feinkörnige Deckschichten über den Schottern. Allerdings sind hier weite Gebiete durch Kalksande und Quelltuffablagerungen von 1 - 3 m Mächtigkeit bedeckt (besonders mächtig im Gebiet der Römerquelle). Dagegen sind die randlich gelegenen Bereiche sowohl im Gebiet von Biel als auch ganz besonders im Pieterlenmoos durch Lehme, Tone und Torf vollständig abgedeckt; es handelt sich um Seeablagerungen im Südwesten (Hochstand des Bielersees vermutlich durch den Bergsturz bei Brügg bedingt) und Verlandungssedimente im Nordosten (abgetrennter Pieterlensee). Das Grundwasser ist in diesen Gebieten grösstenteils gespannt.

Ueber die Eigenschaften der nacheiszeitlichen Schüss-Schotter sind wir dank mehreren Pumpversuchen in grösseren Privatfassungen gut dokumentiert. Die Auswertung der total 14 aus dem Stadtgebiet bekannten, älteren Pumpversuchsdaten sowie eines Grosspumpversuches in der Seevorstadt lässt folgende Feststellungen in Bezug auf die Durchlässigkeiten zu:

- Die bis zu 30 m mächtigen Schotter zeichnen sich durch eine sehr gute Durchlässigkeit aus. Im zentralen Deltabereich finden sich mittlere k-Werte von 4 bis $6 \cdot 10^{-3}$ m/sec; im südwestlichen Bereich (Richtung Bielersee - Nidau) erreichen die Durchlässigkeiten im Mittel über $2 \cdot 10^{-3}$ m/sec; gegen NE sind dagegen die k-Werte tiefer (Mittelwert 1,4 - 10^{-3}).
- Längs schmalen, ehemaligen Schüssläufen zugeordneten Zonen sind auch in grösserer Entfernung vom Schüttungszentrum noch sehr gute Durchlässigkeiten zu konstatieren (z.B. in der Seevorstadt: $k = 5 \cdot 10^{-3}$).

Keine Angaben besitzen wir vorerst noch über das aktive Porenvolumen. Da zahlreiche Pumpversuche im gespannten Grundwasser durchgeführt wurden, konnten keine diesbezüglichen Auswertungen erfolgen. Bei anderen fehlen die Basisdaten.

4.2.2. Hydrologie

Der grösste Teil des Schüssdeltas ist heute überbaut. Vor allem der zentrale, nicht von undurchlässigen Silten und Tonen abgedeckte Teil ist vollständig von Bauten und Strassen überdeckt und dürfte daher eine nur minime echte Grundwasserneubildung aufweisen.

Das in den Schüss-Schottern, ausgehend von der Mündung des Taubenloches, gegen NE und SW abfliessende Grundwasser wird weitgehend durch Schüssinfiltration erneuert. Zudem ist ein in seiner Grösse unbekannter Zufluss von Karstwasser aus der Jurakette zu erwähnen.

Ueber die heutige Lage des Grundwasserspiegels und seine Schwankungen sind wir nur im nordöstlichen Teil des Grundwasservorkommens, im Bözingen- und Pieter-lenmoos, einigermassen orientiert. Der Spiegel ist hier jedoch durch die bestehenden Nutzungen derart gestört (z.B. Kühlwasserentnahmen und -versickerungen der Fonderie de fer; Pumpwerk Stöcken der Gemeinde Pieterlen), dass sich Isohypsenkarten nicht mehr konstruieren lassen. Im zentralen Teil des Grundwasservorkommens sind die Nutzungen zu technischen Zwecken ebenfalls derart mannigfaltig (Kunsteisbahn Biel, Omega, Coop, Innovation, etc.), dass periodische Spiegelkontrollen zufallsbedingte Resultate erbringen und deshalb nur bedingt aussagekräftig sind.

Die anlässlich des Grosspumpversuches in der Seevorstadt für die Nationalstrasse durchgeführten Spiegelmessungen haben als überraschendes Ergebnis die völlige Unabhängigkeit des gespannten Grundwasserspiegels in den Schüss-Schottern vom Bielerseespiegel aufgezeigt. Nicht nur ist der Gang der beiden Spiegel völlig verschieden; gegen Nidau zu taucht der hier gespannte Grundwasserspiegel unter das Seeniveau ab und spiegelt die Bewegungen des Wasserspiegels der Aare talabwärts des Wehres von Port wieder. Es muss hieraus ein zwar quantitativ unbedeutender, aber das Regime des Grundwasservorkommens im Stadtgebiet von Biel wesentlich beeinflussender Abfluss in den Nidau – Büren – Kanal postuliert werden.

Dieser Mechanismus erklärt auch weitgehend die Tatsache, dass wir über die nutzbaren Grundwassermengen des Schüssdeltas nichts aussagen können: wie der langfristig auf gleichem Niveau gebliebene Grundwasserspiegel im Stadtgebiet von Biel beweist, vermag die Schüss sowohl die nur geringen Abflüsse als auch die bedeutenderen, künstlichen Entnahmen aus dem Grundwasservorkommen vorläufig ohne Schwierigkeiten auszugleichen. Daraus kann lediglich der Schluss gezogen werden, dass das gesamte Vorkommen heute sicher nicht übernutzt ist.

4.2.3. Qualität

Trotz der weitgehenden Ueberbauung des Einzugsgebietes ist das Grundwasser im zentralen Deltabereich auch heute grösstenteils noch von Trinkwasserqualität. Im ganzen Verbreitungsgebiet der Schüss-Schotter lässt die Qualität generell eine Aufbereitung zu. Die Gefährdungen sind aber derart zahlreich, dass eine Nutzung heute und künftig lediglich für technische Zwecke in Frage kommt. Bereits sind z.B. weite Gebiete im Bereich der Seevorstadt ölverseucht.

Im Pieterlenmoos liefert das Pumpwerk der Gemeinde Pieterlen zur Zeit einwandfreies Grundwasser; die Fassung ist durch den projektierten Rangierbahnhof der SBB gefährdet. Eine Ersatzfassung ist noch nicht gefunden worden.

4.2.4 Reserven

Für die Trinkwasserversorgung fällt das Grundwasservorkommen im Schüssdelta wegen den oben angeführten Gründen nicht in Betracht. Für Notversorgungen in Katastrophenfällen ist eine Nutzung jedoch durchaus möglich.

Für Gebrauchswasser stellt es dagegen eine bedeutende und sehr wertvolle Reserve dar.

Heute sind im Raume Biel Grundwasserentnahmen von total rund 18'000 l/min behördlich bewilligt. Wie gross die effektiven Fördermengen sind, entzieht sich unserer Kenntnis, doch darf im Anbetracht der z.T. vorhandenen Wiederversickerungen mit einem Ausnutzungsgrad der konzedierten Menge von nicht über 40 % gerechnet werden. Zusammen mit dem geringen natürlichen Abfluss in den Nidau -Büren - Kanal dürften damit rund 120 l/sec dem Vorkommen entzogen werden, die durch Schüssinfiltration und Karstwasserzuflüsse ersetzt werden.

Es ist aufgrund der vorhandenen Daten nicht möglich, fundierte Angaben über die noch vorhandenen Reserven an Gebrauchswasser für das Gewerbe und die Industrie im Raume Biel zu machen. Sollten für die Zukunft noch massive zusätzliche Entnahmen, z.B. für Wärmepumpenanlagen, vorgesehen sein, wird eine Gesamtabklärung der Grundwassergegebenheiten unumgänglich, um irreparable Schäden am Grundwasservorkommen und evtl. auch an Bauten (Setzungen) zu vermeiden.

4.3. Uebrige Grundwasservorkommen in nacheiszeitlichen Schottern und Sanden

Ausserhalb des Deltas der Aare und der Schüss, welche vorgängig im Detail besprochen worden sind, existieren mehrere kleine Bachschuttkegel, die lokale Grundwasservorkommen enthalten. Hiezu gehören als wichtigste:

- der Schuttkegel des Ruisseau de Vaux in Neuenstadt
- der Schuttkegel des Twannbaches
- die Schwemmebene zwischen Erlach und Vinelz

- der Schuttkegel von Schüpfen - Schwanden im Lyssbachtal

Im weiteren wird das Grundwasservorkommen in den Stauschottern von Diessbach hier kurz beschrieben.

Die übrigen, vornehmlich aus abgetragenem Molasseschutt aufgebauten, kleinen Bachschuttkegel führen wohl vereinzelt Grundwasser, das sich aber wegen der schlechten Durchlässigkeiten nur in kleinen Mengen, z.B. zur Versorgung von Einzelhöfen, nutzen lässt.

4.3.1. Grundwasservorkommen Neuenstadt

Im Zusammenhang mit der Festlegung der Gewässerschutzzonen für den Grundwasserbrunnen der Gemeinde Neuenstadt beim Strandbad wurde das ganze Vorkommen im Schuttkegel des Ruisseau de Vaux untersucht.

Die alluvialen Kiese und Sande als Grundwasserleiter sind südlich der Staatsstrasse durch praktisch undurchlässige Seeablagerungen durchgehend bedeckt. Die Nachlieferung von Grundwasser erfolgt zu einem kleinen Teil aus dem See, zum überwiegenden Teil durch Infiltration des Baches im rückwärtigen Teil des Schuttkegels. Die Ergiebigkeit des Vorkommens kann langfristig auf rund 1200 l/min geschätzt werden. Das Dargebot ist durch die Fassungen Neuenstadt und Le Landeron vollständig genutzt.

4.3.2. Grundwasservorkommen Twann

In mehreren, im Rahmen der geotechnischen Abklärungen für die Nationalstrasse N 5, abgeteuften Bohrungen sind im Bachschuttkegel des Twannbaches grundwasserführende Kiese unter mächtigen Deckschichten von Lehm und Seekreide festgestellt worden.

Aufgrund der Bohrresultate kann festgehalten werden, dass bei Twann kein Grund-wasservorkommen analog demjenigen von Neuenstadt vorhanden ist, da der Bachschuttkegel als Folge der sehr steilen Seeufer in sich verrutscht ist und grössere, zusammenhängende Schotterpakete mit entsprechenden Grundwasserreserven nicht bestehen. Ferner müsste eine grössere Entnahme ausschliesslich durch infiltrierendes Seewasser ersetzt werden, was eine Qualitätsverminderung des Grundwassers nach sich ziehen würde.

4.3.3. Schwemmebene zwischen Erlach und Vinelz

In den Vierziger Jahren wurde im Auftrag der Gemeinde Erlach in der Schwemmebene gegen Vinelz Grundwasser gesucht und dazu mehrere Bohrungen abgeteuft. Diese Bohrungen haben neben vereinzelten Kiesschichten ausschliesslich siltige Sande und Lehme mit Torfeinlagen durchfahren. Grundwasser in wirtschaftlich nutzbaren Mengen enthalten die feinkörnigen Alluvionen nicht; auch ist in Be-

zug auf die Qualität Vorsicht geboten (geringe Zirkulation, Torfeinlagerungen, Ueberbauungen).

4.3.4. Der Schuttkegel von Schüpfen - Schwanden

Das Einzugsgebiet des "Chüelibaches" liegt zu einem grossen Teil in den diluvialen Schottern am Ostabhang des Frienisberges; der Bacheinschnitt trennt die Schottervorkommen von Winterswil – Kaltberg – Bütschwil von denjenigen des Schüpberges ab. Der Schuttkegel des Baches zwischen Schüpfen und Schwanden im Lyssbachtal ist zu einem grossen Teil aus Kiesen und Sanden aufgebaut; eine für den Gemeindeverband Wasserversorgung Saurenhorn darin abgeteufte Bohrung hat indessen gezeigt, dass der zentrale, gut durchlässige Teil des Schuttkegels kein Grundwasser enthält; nur am Ostrand, in den hier bereits stark verlehmten Ablagerungen, finden sich lokale Grundwasserlinsen, die durch Private genutzt werden. Als Grundwassergebiet regionaler wie auch lokaler Bedeutung fällt dieser Schuttkegel ausser Betracht.

4.3.5. Stauschotter von Diessbach

Mit einer Kante von ca. 10 m Höhe gegen die Talebene der Aare scharf abgegrenzt, erstreckt sich östlich Büetigen bis nach Diessbach eine Schotterterrasse, welche nicht durch Moräne überdeckt ist. Es handelt sich um die Stauschotter von Diessbach, die in einem randlichen, durch den im Haupttal liegenden Gletscher aufgestauten See abgelagert wurden.

Ueber den Aufbau der Schotter sind nur sehr wenige Daten vorhanden; einige untiefe Baggerlöcher im Angel sowie verschiedene Kiesgrubenprofile zeigen durchwegs stark sandige, von Lehmhorizonten durchzogene Kiese bis Feinkiese. Tiefere Bohrungen, die auch über die liegenden Schichten Aufschluss geben, fehlen.

Die Schotter führen im Gebiet des Angels grössere Grundwassermengen. Frühere Aufstösse im Gebiet sind in den Eichibach abgeleitet worden oder werden in Einzel- oder Gruppenversorgungen genutzt. Der grösste Teil des Grundwassers fliesst unterirdisch in die Aareschotter und exfiltriert in die Alte Aare. Die Abflussmenge kann nach den Modellrechnungen im Computer auf ca. 50 l/sec geschätzt werden.

Kein Grundwasser enthalten die Schotterablagerungen rechtsufrig des Eichibaches, da hier der Stauer (Lehm) über dem Vorfluterniveau liegt.

Ueber die Ausdehnung des Grundwasservorkommens talaufwärts in die Ebene nördlich Diessbach fehlen jegliche Anhaltspunkte. Der Grundwasserleiter wird entsprechend den oberflächlichen Aufschlüssen immer feinkörniger und geht schliesslich in Seeablagerungen (Feinsand und Lehm) über. Ob dies auch in den tieferen Schichten der Fall ist, müsste noch abgeklärt werden.

Das Grundwasservorkommen Angel stellt für Diessbach und evtl. Büetigen eine wirtschaftlich nutzbare, wertvolle Reserve dar.

4.3.6. Zusammenfassung

Mit Ausnahme des Vorkommens Neuenstadt, das von lokaler Wichtigkeit für Neuenstadt selber und die Gemeinden Erlach, Tschugg und Vinelz ist (Grundwasserlieferverträge), existieren in den nacheiszeitlichen Schuttkegeln des Seelandes keine in grösserem Rahmen nutzbare Grundwasserreserven. Die Stauschotter von Diessbach enthalten noch ungenutzte, qualitativ gute Grundwasserreserven von rund 50 Sekundenlitern.

4.4. Grundwasservorkommen in den Seelandschottern

4.4.1. Allgemeines

Die Seelandschotter werden gemäss den Ausführungen in Abschnitt 2.3. als Vorstossschotter des Würmgletschers interpretiert. Wo sie vom Gletscher selber nicht wieder abgetragen worden sind, enthalten sie oft lokale Grundwasservorkommen, die teils mit dem Hauptgrundwasserleiter in den nacheiszeitlichen Aareablagerungen kommunizieren, teils aber durch Moränenbildungen mehr oder weniger abgetrennt sind.

Die folgenden Gebiete werden kurz besprochen:

Ins - Bahnhof
Müntschemier - Süd
Müntschemier - Nord
Kallnach
Siselen
Meinisberg - Ost
Arch - Leuzigen

4.4.2. Grundwasservorkommen beim Bahnhof Ins

Beim Bahnhof Ins sind durch mehrere Bohrungen für die Wasserversorgung der Gemeinde, der Anstalten Witzwil sowie des Verbandes landwirtschaftlicher Genossenschaften in rinnen- und muldenförmigen Eintiefungen der unterlagernden, interglazialen Seetone bis zu 20 m mächtige, stark sandige Schotter festgestellt worden.

Diese grundwasserführenden Schotter sind durch Grundmoräne vom alluvialen Grundwassergebiet in der Ebene des Mooses völlig abgetrennt. Die einzelnen Mulden oder Rinnen werden aus dem grossflächigen Schottergebiet zwischen Ins und Müntschemier weitgehend unabhängig voneinander gespiesen; die bestehenden Fassungen von Ins, Witzwil und VLG nutzen je einen derartigen Zufluss.

Im Zusammenhang mit der kürzlich vorgenommenen Schutzzonenabklärung für die Fassung Witzwil konnten folgende Eigenschaften des Grundwasserleiters festgestellt werden:

H bei der Fassung

20 m

 k_{mittel} , Gebietswert : 0,95 · 10⁻³ m/sec

S 4 - 7 %

Die Auswertung der älteren Pumpversuchsdaten in den Fassungen Ins und VLG ergaben

Ins H bei der Fassung :

 k_{im} Brunnenbereich : 0,3 · 10^{-3} m/sec

VLG H bei der Fassung : 12 m

 k_{im} Brunnenbereich : 0,8 · 10^{-3} m/sec

Ueber die Form der einzelnen Grundwasserkörper sind nur im unmittelbaren Fassungsbereich Angaben vorhanden; gegen Norden tauchen sie unter 20 - 30 m trokkene, von Grundmoräne bedeckte Schotter, über deren Ausdehnung keine Angaben vorliegen.

Ueber die Ergiebigkeit der Vorkommen beim Bahnhof Ins können bis heute lediglich nachstehende Daten festgehalten werden:

- Das durch Witzwil genutzte Vorkommen ist durch 680 1/min Dauerentnahme überfordert. Das Dargebot wird auf rund 600 1/min geschätzt.
- Das durch Ins genutzte Vorkommen liefert sicher mehr als 500 1/min im Dauerbetrieb; der bestehende Brunnen ist stark versandet und vermag noch gegen 600 1/min zu fördern.
- Das durch die VLG genutzte Vorkommen dürfte langfristig weniger als 300 l/min geben.

Alle drei Brunnen liefern, abgesehen von zu hohen Nitratgehalten, qualitativ einwandfreies Grundwasser. Durch Vermischung des Grundwassers mit weniger nitrathaltigem Quellwasser kann der Nitratgehalt im Netzwasser knapp an der Toleranzgrenze gehalten werden.

Im Bereich der bestehenden Fassungen sind vermutlich lediglich beim Brunnen Ins noch geringe Dargebotsreserven vorhanden. Ihre Nutzung würde aber einen neuen Filterbrunnen bedingen, der – in unmittelbarer Nähe der Lagergebäude der VLG(mit Pestiziden, Düngern, Treibstoffen) liegend – keine genügenden Schutzzonen mehr aufweisen würde.

Im Rahmen von Baugrundabklärungen sind ca. 300 m östlich des Bahnhofes, in vermutlich verschwemmten Schottern aus dem Hügelgebiet, unter einer Lehmschicht grössere Grundwassermengen festgestellt worden, die qualitativ den Anforderungen an Trinkwasser nicht mehr ganz genügen. Eine spezielle Abklärung auf die Nutzbarmachung dieser Reserven vor ihrer qualitativen Beeinträchtigung durch die Torfablagerungen im Moosgebiet steht noch aus. Wir betrachten die Chancen, hier näher dem Talrand zusätzliche Grundwasserreserven guter Qualität zu finden, als recht gross.

4.4.3. Grundwasservorkommen Müntschemier Süd

In ähnlicher geologischer Position wie das Vorkommen Ins sind südwestlich Müntschemier grössere Grundwasserreserven nachgewiesen. Ein Teil davon wird durch die Brunnen der Gemeinde (Entnahme im Mittel 200 - 300 l/min) und der Firma Hunziker AG bereits genutzt. Durch Sondierungen und Pumpversuche wurden 1970/71 weitere, noch nutzbare Reserven nachgewiesen, die aber wegen ihrer Lage im Hauptentwicklungsgebiet des Dorfes für eine Nutzung ungünstig situiert sind.

Die randlichen Seelandschotter sind hier bis $15\,\mathrm{m}$ mächtig; davon sind rund $10\,\mathrm{m}$ mit Grundwasser erfüllt. Die Durchlässigkeit ist mit 0,2 – 0,5 · $10^{-3}\,\mathrm{m/sec}$ relativ klein. Die Schotter kommunizieren nachgewiesenermassen mit den stark sandigen Aareschottern in der Talebene. Der im Ausmass unbekannte, nicht genutzte Teil des Grundwassers fliesst in die alluvialen Kiese und Sande ab und exfiltriert in den Hauptkanal.

Darüber, wie das Grundwasservorkommen Müntschemier Süd mit demjenigen nördlich des Dorfes zusammenhängt, d.h. über die Speisungsgegebenheiten, liegen keine Angaben vor.

4.4.4. Grundwasservorkommen Müntschemier Nord

Nördlich Müntschemier erstreckt sich eine grosse, von der Talebene des Mooses durch eine Geländekante von 3 - 5 m deutlich abgetrennte Schotterterrasse mit nur teilweiser Moränenbedeckung.

Die im Auftrag der Gemeinde Müntschemier in den Jahren 1972/73 dort durchge-

führte detaillierte Grundwasserprospektion hat ein bedeutendes, ausschliesslich durch Meteorwasser gespiesenes Grundwasservorkommen aufgezeigt. Die als Grundwasserleiter funktionierenden, stark sandigen Schotter (Seelandschotter) erreichen bis 22 m Mächtikgeit. Hievon sind rund 15 m wassererfüllt. Als Stauer wurden feinsandige Silte und Tone erbohrt. Feinkörnige Deckschichten fehlen weitgehend; der Flurabstand beträgt im ganzen Gebiet über 5 m.

Der im Produktionsbrunnen über 30 Tage gefahrene Pumpversuch hat folgende Parameter des Grundwasserleiters ergeben:

 $T = 1,65 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$ $k = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$ S = 0,09H = 14,5 m

Die Brunnenergiebigkeit beträgt 3500 l/min, die langfristige Feldergiebigkeit dagegen nur 2300 l/min bei niedrigem Grundwasserstand. Das weitere Zuflussgebiet erstreckt sich in Richtung Ins.

Der Grundwasserspiegel zeigt nur ein sehr kleines Gefälle von $0.5\,^{\circ}$ /oo in generell südlicher Richtung. Die Zirkulation des Grundwassers im nicht durch Entnahme beeinflussten Zustand ist daher äusserst gering: die Fliessgeschwindigkeiten betragen nur 0.3 bis 0.6 m pro Tag (Porengeschwindigkeit). Auf diese geringe Zirkulation ist der ungenügende Chemismus des Wassers zurückzuführen: niedrige Sauerstoffsättigung und als Folge geringe Gehalte an Nitrit und Ammoniak, leicht erhöhte Eisen- und Mangangehalte, relativ grosse Härte. Hervorzuheben ist dagegen die für das westliche Seeland niedrige Nitratkonzentration von ca. 30 mg/l NO_3 . Ebenfalls kann aufgrund der tiefen Oxydierbarkeit eine Vermengung mit Mooswasser ausgeschlossen werden.

Eine Aufbereitung des Grundwassers nördlich Müntschemier zu einwandfreiem Trinkwasser ist technisch ohne weiteres möglich und auch kostenmässig zu verantworten. Das Vorkommen Müntschemier stellt damit für das westliche Seeland eine äusserst wichtige regionale Reserve dar, deren Nutzung zur Zeit intensiv studiert wird (Versorgung des Amtes Erlach, Planungsstudie WEA).

4.4.5. Grundwasservorkommen Kallnach

Bereits in den Vierziger Jahren waren im Gebiet von Kallnach Bohrungen im Rahmen einer Grundwasserprospektion abgeteuft worden, um die periodisch nicht mehr genügende Versorgung der Ortschaft mit Quellwasser (Qmin = 180 1/min) zu verbessern. Nachdem aus betriebstechnischen Gründen auf das Zuschusswasser aus der Fassung der BKW beim Kraftwerk Kallnach verzichtet werden musste, wurden 1969 bis 1972 die Prospektionsarbeiten unter der Leitung von Prof. Rutsch wieder aufgenommen und nördlich des Dorfes, im "Muracker", ein Brunnen gebaut und die Schutzzonenabklärungen durchgeführt.

Der Brunnen Kallnach hat 18 m mittel bis gut durchlässige Schotter erschlossen, wovon 2/3 grundwassererfüllt sind. Die Sohle wird durch siltige Feinsande gebildet, die gegen 50 m mächtig sind und direkt der Molasse auflagern dürften. Die Durchlässigkeit der grundwasserführenden Schotter beträgt $0,6 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$ im Brunnenbereich. Der Grundwasserzufluss erfolgt vornehmlich aus Richtung NNE; als Gebietsergiebigkeit kann 1500 l/min angenommen werden.

Aus der Chemie des geförderten Wassers muss auf einen gewissen Zufluss von schlechtem Mooswasser geschlossen werden; die Seelandschotter sind von den jüngeren Aareschottern nicht abgetrennt. Vor allem bei Entnahmen über 1000 1/min wird der Zustrom von Mooswasser relativ bedeutend. Daher wurde die Konzession auf diese Menge beschränkt.

Das wenig westlich liegende Grundwasserpumpwerk der BKW nutzt das gleiche randliche Grundwasservorkommen in den Seelandschottern. Die Dauerergiebigkeit dieser Fassung wird auf 800 l/min geschätzt. Detaillierte Angaben über den Aufbau und die Ausdehnung des Grundwasserleiters fehlen leider hier.

Gegen Südwesten setzen sich die wasserführenden Seelandschotter bis über Fräschels hinaus fort, wo ebenfalls eine Grundwasserfassung besteht. Ein grosser Teil des in den Schottern enthaltenen Grundwassers dürfte hier unterirdisch ins Grosse Moos abfliessen. Es sind vermutlich noch grössere Reserven vorhanden, die aber im Rahmen des Projektes Seeland nicht weiter lokalisiert und in Bezug auf Menge und Güte untersucht werden konnten.

4.4.6. Grundwasservorkommen Siselen

Von den sog. "Inselbergen" zwischen Treiten und Bühl führt nachgewiesenermassen der ganze Hügelzug nordöstlich des Hagneckkanals kein Grundwasser: die Molasse liegt höher als das heutige Talniveau. Ebenso ist aus dem Gebiet Treiten bekannt, dass die Seetone sehr hoch liegen und gegen Finsterhennen zu von Molasse als Stauer über dem Talniveau abgelöst werden. Dagegen tauchen die Seelandschotter zwischen Finsterhennen und dem Brüttelenmoos unter die Alluvialebene ab und enthalten Grundwasser, das aber qualitativ ungenügend ist (starke Einflüsse der benachbarten Torfgebiete). Vgl. hiezu Profilkarte, Beilage 2.

Das Hügelgebiet nördlich Siselen wird von sehr mächtigen Schottern aufgebaut, die von Moränenmaterial überdeckt sind (Kiesgrube beim Bahnhof). Ueber die Unterlage dieser Schotter liegen nur Angaben in der südöstlichen Ecke des Vorkommens vor, wo die Molasse ca. 5 m über der Talebene aufgeschlossen ist. Gegen Westen und Norden taucht die Staueroberfläche gemäss den 1972 durchgeführten geoelektrischen Sondierungen (zwei Querprofile in Nord – Süd Richtung und einem Längsprofil) rasch ab. Im Gebiet des Grosswaldes sind nach der Geoelektrik teilweise gegen 30 m mächtige, tiefer als die alluviale Talsohle liegende Schotter zu erwarten. Ob sie grundwasserführend sind, konnte aus finanziellen Gründen nicht mehr abgeklärt werden.

Es muss späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, die Grundwasserführung des Hügelgebietes Siselen mit Aufschlussbohrungen, Pumpversuchen und Wasseranalysen zu ermittlen.

4.4.7. Grundwasservorkommen Meinisberg

Oestlich an den Büttenberg anschliessend erstrecken sich glazial überprägte Schotterablagerungen umstrittenen Alters. ANTENEN (1936) stellte sie ans Ende der Würmeiszeit (jüngere Seelandschotter); da sie aber teilweise durch Moräne abgedeckt sind, korrelieren wir sie vorläufig mit den übrigen Seelandschottern im Gebiet (ältere Seelandschotter ANTENENS). Sie tauchen lokal unter die Talebene ab und führen Grundwasser.

Die Schotter sind durch mehrere Kiesgruben blossgelegt und durch Auffüllungen mit Kehricht etc. als für Trinkwasser nutzbarer Grundwasserleiter weitgehend zerstört worden. Lediglich im Gebiet des Pistolenstandes Meinisberg könnten evtl. noch kleinere Grundwasserreserven vorhanden sein; diesbezügliche Abklärungen sind seitens der Wasserversorgung Meinisberg geplant.

4.4.8. Grundwasservorkommen Arch - Leuzigen

Die Ortschaften Arch und Leuzigen liegen auf den Seelandschottern. Während im Gebiet Leuzigen die Molasse als Stauer über die Talebene aufsteigt und hier das Grundwasser als Schicht abfliesst (vgl. Abschnitt 5.5.), taucht die Felsunterlage gegen Arch zu stark ab. Im Zusammenhang mit der Grundwassersuche für Arch wurde das Gebiet "Fröschmatt" für eine Prospektion vorgesehen, aber aus planerischen Gründen nicht weiter untersucht.

4.4.9. Zusammenfassende Beurteilung des Grundwasserdargebotes in den Seelandschottern

Die als Trinkwasser genutzten oder potentiell nutzbaren Grundwassermengen in den Seelandschottern lassen sich wie folgt beurteilen:

Vorkommen	mittleres Dargebot l/min	davon genutzt 1/min	Ausbau- möglichkei- ten	Bemerkungen
Ins-Bahnhof	1'500	1'400	gering,teuer	Schutzzonen z.T.proble- matisch
300 m E Ins	?	0	nicht geklärt	Qualität fraglich
Müntschemier S	> 800	500	keine	Baugebiet
Müntschemier N	2'300	2'300	keine	Brunnen noch nicht in Be- trieb, Aufbe- reitung not- wendig
Siselen	?	0	?	abzuklären
Kallnach	> 2 ' 000	1'800	?	abzuklären
Meinisberg	?	0	gering	Qualität fraglich
Arch-Leuzigen	?	0	keine	Baugebiet

Das nachgewiesene Grundwasserdargebot in den Seelandschottern beträgt damit gegen 7000 l/min; davon sind rund 90 % durch Fassungen genutzt. Die 2300 l/min des Grundwasservorkommens Müntschemier Nord sind bereits erschlossen, zur Zeit aber noch nicht genutzt. Die vermuteten Reserven lassen sich vorläufig nicht genau quantifizieren; es dürfte sich aber um weitere 3000 - 6000 l/min handeln. Da die Grundwasservorkommen in den fast durchgehend mit Moräne abgedeckten Schottern an den Talrändern natürlicherweise sehr gut geschützt sind, stellen sie eine wertvolle Reserve dar, welche mit geringem Aufwand genutzt werden könnte. Es betrifft dies vor allem die vermutlich noch grössere Reserven aufweisenden Gebiete von Kallnach - Fräschels und Siselen, wo gezielte Untersuchungen sinnvoll wären. Ebenso wäre es mit einer zukünftigen Nutzung der östlich Ins vorhandenen Reserven möglich, den ausserordentlich gefährdeten Brunnen der Gemeinde Ins im Bereich der Lagergebäude der VLG zu ersetzen.

4.5. Grundwasservorkommen in den Plateauschottern und Rinnenfüllungen

Die Plateauschotter erreichen nirgends im Seeland die heutigen Talsohlen. Wegen ihrer Höhenlage bilden sie, wie bereits erwähnt, den wichtigsten Quellbildner. Neben Auslaufquellen existieren eine Anzahl Ueberlaufquellen: in Mulden oder Rinnen des Stauers (meistens der Molasse) sammelt sich das Grundwasser an, bevor es als Quelle austritt.

Bis heute sind drei derartige Grundwasserreservoirs von Quellen in den Plateauschottern des Untersuchungsgebietes Seeland bekannt. Weitere finden sich in den unmittelbar anschliessenden Gebieten, wie z.B. Gurbrü, Laupen, Heimenhaus, Münchenbuchsee. Bei den drei seeländischen Vorkommen handelt es sich um diejenigen von Halenwald/Bütschwil, Oberwil und Arch.

4.5.1. Grundwasservorkommen Halenwald

Genutzt von der Wasserversorung Meikirch-Uettligen tritt im Tal des "Chüeliba-ches" östlich Bütschwil eine bedeutende Quelle aus (vgl. Abschnitt 5.4.). Durch Sondierungen im unmittelbaren Einzugsgebiet (Kiesgrube) konnte ein bergseitiges Abtauchen der Staueroberfläche von mehreren Metern nachgewiesen werden. Dieser natürliche Reservoirraum der Ueberlaufquelle Halenwald wurde in der Folge durch einen Filterbrunnen erschlossen.

Der Pumpversuch im Brunnen hat neben Daten über die Eigenschaften des Grundwasserleiters eine Berechnung des Reservoirraumes ermöglicht. Er beträgt ca. $10\,1000~\text{m}^3$. Mit den Daten

$$H = 7.0 \text{ m}$$

 $k = 3.3 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$
 $S = 12 \%$

ergibt sich hieraus eine nur äusserst kleine Ausdehnung des Grundwasservorkommens; der Reservoirraum genügt aber, um die Quelle zu bewirtschaften und damit das Dargebot besser auszunutzen (Wochen - oder Monatsausgleich).

Dank einer beispielhaften Zusammenarbeit zwischen Kiesgrubenbesitzer und Wasserversorgung konnten ferner den Anforderungen genügende Schutzvorkehrungen für das Grundwasservorkommen Halenwald ergriffen werden.

4.5.2. Grundwasservorkommen Arch

Gestützt auf eine geologische Detailaufnahme des westlichen Bucheggberges wurden geoelektrische Sondierungen im Waldgebiet südlich Arch angesetzt, um die Lagerungsverhältnisse der ausgedehnten Schotter in diesem Gebiet zu erkunden. Die mittels Geoelektrik festgestellten Muldenzüge in der Oberfläche der Molasse konnten in der Folge mit Sondierungen für die Gemeinde Arch bestätigt werden.

Die südliche Mulde, nahe der solothurnischen Grenze, enthält ein grösseres Grundwasservorkommen, das vermutlich in den Quellen Arch und Rüti teilweise austritt, im Nährgebiet aber mit dem Speicher der grossen Quellen von Leuzigen zusammenhängen dürfte (vgl. Abschnitt 5.4.).

Aufgrund der vorhandenen vier Sondierbohrungen und den vorgenommenen Pumpversuchen, ferner in Berücksichtigung der festgestellten Grundwasserspiegelschwankungen (Grundwasserneubildung), darf das Vorkommen Arch auf ca. 1000 l/min Dauerergiebigkeit geschätzt werden. Eine Bestätigung dieses rein rechnerisch ermittelten Dargebotes steht allerdings noch aus. Da die Schotter im potentiellen Fassungsgebiet gegen 50 m mächtig sind und das Grundwasser durch 10 m Moräne und 30 m trockene Schotter maximal geschützt ist, stellt trotz den relativ hohen Erschliessungskosten das Grundwasservorkommen Arch eine sehr wertvolle Reserve lokaler Bedeutung dar.

4.5.3. Grundwasservorkommen Oberwil

Bei der Grundwassersuche für die Gemeinde Oberwil b/B ist beim Bad Oberwil durch eine Bohrung eine wasserführende Schotterschicht in grosser Tiefe festgestellt worden. Der Grundwasserleiter gehört zur diluvialen Rinne Limpachtal-Schnottwil - Oberwil, vgl. Abschnitt 5.4. und Figur 1.

Da durch einen Färbversuch der direkte Zusammenhang mit den ca. 1 km nördlich Oberwil austretenden, von Rüti b/B genutzten Sahliquellen nachgewiesen ist, könnte auch hier nur eine Bewirtschaftung des Grundwassers (= Absenkung des natürlichen Reservoirs) vorgesehen werden. Zusätzliche Wassermengen sind dagegen ohne direkte Schädigung der Quellen kaum erschliessbar.

4.6. Grundwasservorkommen in tiefgelegenen Schottern

Aufgrund der ursprünglichen Modellvorstellung über die Entstehung des seeländischen Taltroges und dessen Auffüllung mit Lockergesteinen konnten grössere, tiefgelegene Schottervorkommen als Relikte einer alten Auffüllung über oder innerhalb der interglazialen Seetone (q 3-4 1) angenommen werden (vgl. Abschnitt 2.1. und Figur 4).

Im Querprofil Busswil - Worben sowie weiter nördlich bei Schwadernau lagen Anzeichen für derartige, tiefgelegene, durch feinkörnige Ablagerungen der Aare überdeckte Schotterkörper aufgrund der geoelektrischen Sondierungen vor (Profile E und M der Kampagne 1971). Mittels Spülbohrungen bis in die Molasse wurde versucht, diese Schotter zu erkunden und auf ihre Grundwasserführung zu untersuchen.

Im Raume Schwadernau durchfuhr die dortige Bohrung HGS-22 von 250 m Endtiefe nach Durchdringung der postglazialen Aareschotter vorwiegend feinkörnige Lockergesteine mit nur vereinzelt wasserführenden Sand- oder Feinkieslagen (Serie der interglazialen "Seetone", direkt der Molasse auflagernd). Bei Worben er-

schloss die Bohrung HGS-16 bis in 286 m Tiefe (=Molassenoberfläche) ausschliesslich Silte und Feinsande im tiefen Trogbereich. In der Bohrung HGS-18 östlich Busswil dagegen wurden zwischen 45 und 56 m Tiefe Schotter durchfahren, die nicht der Molasse aufliegen: sie sind eindeutig innerhalb der Seetone abgelagert, von nur geringer Breite (eventuell Füllung eines subaquatischen Canyons) und vom Grundwasser im alluvialen Aarekies vollständig abgetrennt (vgl. Beilage 2, Profil 31).

Derartige, tiefgelegene, grundwasserführende Schotter sind bis heute ausserhalb der eben genannten Bohrung HGS-18 bei Busswil nirgends im Seelandtrog angetroffen worden. Die nur wenigen, vorliegenden Tiefbohrungen erlauben allerdings nicht, weitere, eventuell grössere Schottervorkommen ähnlicher Lage und Ausbildung innerhalb des Troges auszuschliessen. Ursprünglich war geplant, durch ein relativ dichtes Bohrnetz weitere derartige Tiefenschotter und das darin enthaltene, optimal geschützte Grundwasser zu erkunden. Nachdem aber der in Bohrung 18 durchgeführte Pumpversuch eine für die Trinkwassergewinnung nicht zur Diskussion stehende Wasserqualität ergeben hatte, wurde auch der Kosten wegen auf weitere Tiefbohrungen verzichtet.

Während 33 Stunden wurden im August 1973 aus der Bohrung HGS-18 rund 480 1/min Wasser gepumpt, wobei sofort ein Beharrungszustand erreicht werden konnte. Die Durchlässigkeit der 11 m mächtigen Schotterschicht in 45 bis 56 m Tiefe liegt bei 2,5 · 10⁻³ m/sec. Theoretisch liessen sich somit – genügende Nachlieferungen vorausgesetzt – gegen 3000 1/min Grundwasser entnehmen. Rein quantitativ wäre somit eine Nutzung dieser tiefgelegenen, gegen jegliche Oberflächeneinflüsse vollständig abgedeckten Grundwasserreserve sehr interessant.

Wie aber aus den nachfolgenden Daten über die chemischen Eigenschaften hervorgeht, kommt höchstens eine Verwendung zu technischen Zwecken in Frage.

Aufgrund der angetroffenen Verhätnisse bei Busswil muss die Chance, im Seeland Grundwasser genügender Qualität aus Tiefenschottern nutzbar zu machen, als nur sehr klein beurteilt werden.

Chemische Daten des Tiefengrundwassers bei Busswil

		Analyse des Kantonsche- mikers von 2.8.73 nach 8 h pumpen von 480 l/min	Analyse des Kantonsche- mikers vom 3.8.73 nach 32 h pumpen von 480 l/min
S10 ₂	mg/l	53,0	9,7
GH	fr.º	17.8	18,1
KH	fr. ⁰	21,5	21,0
C1	mg/l	36.8	20,7
SO ₄	mg/l	28,8	28,0
NO ₃	mg/l	<]	<]
0x.	mg/l	10	3,7
NO ₂	mg/1	0,02	0,041
NH ₃	mg/l	0,4	< 0,05
Fe	mg/l	0,3	0,708
Mn	mg/l	negativ	negativ
02		2 %	1,3/1,7 %
H ₂ S	*)	negativ	
Na	mg/1	> 50	
К	mg/l	30	

^{*)} das Wasser wird an der Luft augenblicklich trüb und stinkt nach faulen

4.7. Zusammenfassende Beurteilung der Grundwasservorkommen im Seeland

4.7.1. Nur mengenmässig

Eine Zusammenstellung der nach den heutigen Kenntnissen vorhandenen Grundwasserreserven in den Lockergesteinen des Seelandes ergibt folgendes Bild (ohne Tiefengrundwasser):

Grundwasserreserven im Seeland

Grundwasserleiter	nachgewiesenes minimales Dargebot	heute bestehen- der Ausnutzungs- grad	potentielle Reserven
	1/sec	%	1/sec
alluviale Aare- schotter	960	~ 38	~1200 1)
Schüssdelta	>120 ²⁾	(100)	?
übrige alluviale Vorkommen 4)	200	8	100
Seelandschotter	110	~ 90	> 40 ³⁾
Plateauschotter	~ 25	~ 40	?
Totales Grundwas- serdargebot im Seeland	> 1415		≻1340 ⁴⁾

durch Vergrösserung der Infiltrationsleitung des Hagneckkanals oder der Alten Aare und künstliche Anreicherungen

Die überragende Bedeutung des Grundwassers in den alluvialen Aareschottern wird mit dieser Zusammenstellung mehr als deutlich. Als in grossem Massstab ausbaufähige Reserve stellt es für die Region Seeland ein ausserordentlich wertvolles Gut dar. Dabei darf aber nicht übersehen werden, dass z.B. im Raume Ins eine hier zur Verfügung stehende Grundwasserreserve von 25 l/sec auf den lokalen Bereich bezogen als ebenso wertvoll einzuschätzen ist, wie das über 1500 l/sec betragende Dargebot im Raume Bargen – Aarberg – Lyss für den regionalen Bedarf.

4.7.2. Mengen - und gütemässig

Wie aus den Ausführungen im Abschnitt 4.1.7. hervorgeht, ist aus qualitativen Gründen nicht das gesamte zur Verfügung stehende Grundwasserdargebot im Hauptgrundwasserleiter Seeland als Trinkwasser nutzbar. Das Grundwassergebiet Biel (Schüssdelta) ist als Trinkwasserreserve als ungeeignet zu bewerten, während das Dargebot in den Seeland- und Plateauschottern - wenn auch teilweise mit Aufbereitung - voll genutzt werden kann.

Als Unterlage für die Abschätzung des qualitativ genügenden Dargebotes dient die Trinkwassergütekarte auf Beilage 5. Es wird in der nachstehenden Zusammenstellung versucht, unter Beibehaltung der Güteklassifizierung gemäss dieser Beilage das Dargebot zu ermitteln. Es versteht sich von selbst, dass die ange-

²⁾ entspricht der heute entnommenen Menge, die ohne weiteres durch die Schüss ersetzt wird

³⁾ in den Gebieten Kallnach - Fräschels und Siselen, evtl. Ins

inkl. nutzbare Mengen in den alluvialen Sanden bei Müntschemier - Ins und nördlich des Bürenkanals

gebenen Mengen nur als Grössenordnung einzustufen sind, da zahlreiche der getroffenen Berechnungsannahmen sicher zu diskutieren sein werden. Da das ganze Dargebot auf die extremen Niederwasserverhältnisse im Oktober 1972 bezogen ist, enthält andererseits die Zusammenstellung eine recht grosse Reserve.

Die Daten der nachstehenden Tabelle sind auf Figur 23 ebenfalls graphisch dargestellt.

Zusammenstellung des Grundwasserdargebotes ohne Quellen im Seeland unter Berücksichtigung der Güteanforderungen an Trinkwasser oder an zu Trinkwasser aufbereitbarem Grundwasser

	Trinkwasser oder lüftung zu Trinkw bar		mit noch vertret Trinkwasser aufb	nicht zu Trink- wasser aufbe- reitbar, aber Gebrauchswasser		
Grundwasservorkommen	nachgewiesenes minimales Darge- bot	potentielle Reserven	nachgewiesenes minimales Dar- gebot	potentielle Reserven	für Industrie, Bewässerung, Kühlung	
	1/sec	1/sec	1/sec	1/sec	1/sec	
1. Alluvialer Haupt- grundwasserleiter						
- Strom Nord (Hagneckkanal - Bürenkanal)	400	> 800	200	150	110	
- Strom Süd (Hagneckkanal - Kerzers -	100					
Müntschemier)	100	> 200	30	50	120	
- Gebiet NE Bürenkanal	0	0	60	> 50	> 50	
- Gebiet S Müntschemier	0	0	20	0	60	
2. Uebrige alluviale Vorkommen	65	0	0	0 ?	0	
3. Schüssdelta	20	0 ?	0	0 ?	>100	
4. Seelandschotter	70	10 - 20	40	20	0	
5. Plateauschotter und Rinnen	25	0 ?	0	0 ?	0	
Total Seeland gerundete Werte	680 > 1700	> 1000	350 > 60	> 270	> 440 > 500	

5. QUELLGEBIETE

5.1. Einleitung

Zahlreiche Gemeindewasserversorgungen im Seeland werden ausschliesslich oder zum überwiegenden Teil durch Quellwasser gespiesen. Beispielsweise war eine der grössten Gruppenwasserversorgungen im Kanton, diejenige des Gemeindeverbandes Saurenhorn, bis vor wenigen Jahren nur auf Quellwasser ausgerichtet.

Im Folgenden werden die wichtigsten Quellgebiete beschrieben. Auf die geologischen Gegebenheiten wird kurz eingegangen; die Vorkommen werden generell in Bezug auf Ertrag und Nutzungsmöglichkeiten beurteilt und die Schutzzonenprobleme erläutert. Tabellarische Zusammenfassungen am Schluss geben die Grundlagen für die regionale Bedeutung der Quellwasservorkommen im Seeland.

Nicht näher eingetreten oder nur am Rande gestreift werden die zahlreichen, privaten kleine Quellen, die, wenn auch nicht von öffentlichem, so doch für einen Einzelhof von lebenswichtigem Interesse sind.

5.2. Molassequellen

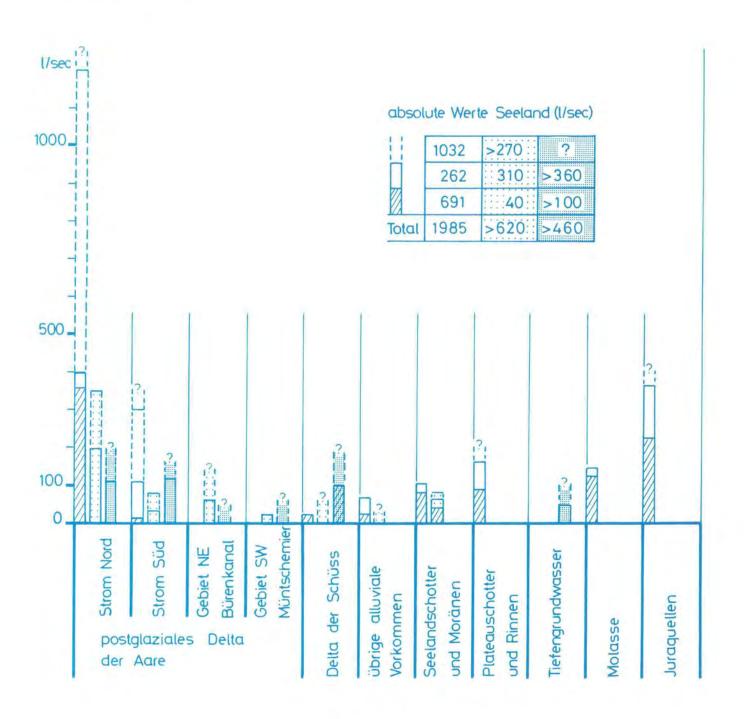
Wie aus Figur 2 hervorgeht, existieren im Seeland zwei wichtige Quellhorizonte in der Molasse:

- an der Basis des unteren Muschelsandsteines (Niveau 1)
- an der Untergrenze der knaurigen Molassesandsteine im oberen Aquitan (Niveau 2)

Die wichtigen Quellgebiete in der Molasse sind daher eng mit dem Auftreten der beiden genannten Gesteinsschichten verknüpft. Von Westen nach Osten sind dies

- Jolimont
- Schaltenrain
- Frienisberg
- Jensberg
- Büttenberg
- Dotzigenberg
- Bucheggberg

Val. Figur 1





5.2.1. Quellgebiet Jolimont

Am Jolimont sind uns 57 öffentliche und gegen 20 private Quellfassungen bekannt.

Der Jolimont wird durch eine leicht gegen Nordosten abtauchende, symmetrisch aufgebaute Synklinale in der Molasse gebildet. Der grösste Teil der Quellen ist an die Grenze Burdigalien – Aquitanien gebunden (Niveau 1), was bewirkt, dass der Hauptquellhorizont den Hügel in 550 bis 580 m ü.M. kranzförmig umgibt. Zum tieferen Niveau (2) im Aquitanien gehören die Quellen von Gampelen am Südwesthang des Hügels sowie vier Quellen von St. Johannsen. Als Folge der Synklinalstruktur sind die Austritte als Ueberlaufquellen zu deuten.

Die meisten Fassungen sind als Stollen- oder Höhlenfassungen ausgebildet. Diese Fassungsart zusammen mit dem praktisch durchgehend bewaldeten Einzugsgebiet bewirken einen maximalen, natürlich gegebenen Schutz. Die Schüttungsschwankungen sind extrem klein und zeigen starke Verzögerungen auf meteorologische Ereignisse.

Das topographisch gegebene Einzugsgebiet über dem Hauptquellhorizont 1 beträgt 2,1 km². Die totale mittlere Schüttung aller zum Niveau 1 gehörenden Quellen beläuft sich auf ca. 700 1/min, was einer spezifischen Quellwasserspende von 5,5 1/sec km² entspricht. Aehnlich hohe Werte aus der Molasse sind z.B. von Quellgebieten in analoger Situation, wie Schaltenrain, Dotzigenberg und Büttenberg bekannt. Der gesamte, zur Zeit genutzte Quellertrag am Jolimont kann im Mittel mit 1080 1/min, im Minimum (Okt. 1972) mit 735 1/min angegeben werden (vgl. Tabelle). In Beziehung gesetzt zum vorhandenen Einzugsgebiet folgt daraus, dass am Jolimont keine grösseren, noch nutzbaren Quellwasserreserven bestehen können.

Tabellarische Zusammenstellung der Quellschüttungen am Jolimont

Quellen	Anzah1	mittlerer totaler Ertrag 1/min	minimal fest- gestellter totaler Er- trag l/min	Q mittel / Q min.
Gde. Gals	18	190	120	1,6
Anstalt St. Johannsen	7	130	90	1,45
Gde. Gampelen	15	120	105	1.15
Gde Tschugg	8	280	234	1,2
Gde. Erlach	9	220	136	1,62
Private (geschätzt)	~ 18	~ 80	50	1,6
Quellgebiet Jolimont total	~75	1020	735	1,40

Nur die Gemeinde Gals ist zur Zeit vollständig auf die Quellwasserversorgung aus dem Jolimont angewiesen. Die Gemeinde Gampelen besitzt zusätzlich Lockergesteinsquellen am Rimmerzberg bei Ins, die Gemeinden Erlach und Tschugg haben Bezugsmöglichkeiten von Grundwasser aus Neuenstadt.

Da keine nennenswerten Quellwasserreserven mehr vorhanden sind, ist vor kurzem eine regionale Versorgungsstudie zur Sicherstellung der Wasserversorgung des ganzen Amtes Erlach angelaufen.

5.2.2. Quellgebiet Schaltenrain

Der durch Glazialerosion längsgegliederte Rücken zwischen Ins und dem Hagneckkanal stellt wie der Jolimont eine Synklinale in der Molasse dar, die aber leicht asymmetrisch gebaut ist: die Asymmetrie und das schwache Axialgefälle bewirken eine Häufung der Quellen im westlichen Teil des Südschenkels. Vom Typus der seitlichen Ueberlaufquelle im Gebiet von Brüttelen sind alle Uebergänge bis zur reinen Auslaufquelle bei Ins vertreten.

Am Schaltenrain liegen die total 18 gefassten Quellaustritte der Gruppenwasserversorgung Schaltenrain, umfassend die Gemeinden Brüttelen, Finsterhennen, Siselen und Treiten. Zu nennen sind ferner die 6 Quellen der Wasserversorgung Ins, die 5 Quellen der Wasserversorgung Vinelz, die 3 Quellen der Gemeinde Müntschemier und 5 gefasste Austritte der Wasserversorgung Lüscherz. Hinzu kommen die zahlreichen privaten Fassungen, z.B. im Raume Brüttelen, die vorwiegend laufende Brunnen speisen sowie die drei Fassungen des Aebiheimes.

Ueber die Quellerträge gibt die nachfolgende Tabelle Auskunft:

Quellen	Anzahl	mittlerer totaler Ertrag- Q mittel 1/min	minimal fest- gestellter totaler Er- trag = Q min. 1/min	Relation Q mittel / Q min.
Ins	6	350	210	1,7
Vinelz	5	250	176	1,4
Lüscherz	5	150	106-	1,4
Müntschemier	3	80	55	1,45
Brüttelen Finsterhennen WV Schal- Siselen tenrain Treiten	18	400	230	1,75
Aebiheim	3	45	30	1,5
Private (geschätzt)	~ 20	~ 105	80	1,3
Quellgebiet Schaltenrain total	~ 60	1380	887	1,55

Geologisch gesehen sind auch hier die Quellen am häufigsten an oder nahe der Basis des Muschelsandsteines anzutreffen. Zu diesem Typ gehören insbesondere sämtliche Fassungen der Wasserversorgung Schaltenrain (540 - 550 m ü.M.). Dagegen ist das zweite wichtige Quellniveau eher undeutlich ausgebildet (tiefer gelegene Quellen von Lüscherz, Pfarrhausquelle von Vinelz), da es aus mehreren (Zwischen)Horizonten besteht. Unterhalb des zweiten Niveaus, ca. 480 m ü.M., treten keine Quellen mehr auf.

Mit Ausnahme der sogenannten Marxmattenquellen von Ins, welche teilweise die Lockergesteins-Decken drainieren, sind alle Wasseraustritte am Schaltenrain reine Molassequellen.

Die noch nutzbaren Quellwasserreserven im Gebiet sind nur gering. Eingehende Untersuchungen für die Wasserversorgung Schaltenrain im Herbst 1975 haben ergeben, dass am Südhang nur noch im Gebiet des Aebiheimes mit 50 - 100 1/min zu wirtschaftlichen Bedingungen fassbarem Quellwasser gerechnet werden kann. Am Nordhang haben analoge Abklärungen im Jahre 1973 für die Gemeinde Lüscherz Reserven von 20 - 50 1/min aufgezeigt (Quellgebiet Breitacker). Weitere Reserven sind nicht bekannt.

5.2.3. Quellgebiet Frienisberg

Der Frienisberg stellt eine glazial stark überprägte Antiklinalstruktur in der Molasse dar. Die Antiklinalachse verläuft ca. von Illiswil über Kirchlindach gegen Münchenbuchsee mit einer undeutlichen Kulmination bei Krichlindach. Die eigentliche Erhebung des Frienisberges liegt im leicht gegen NW abfallenden Nordschenkel, was bewirkt, dass die Südflanke sehr wenige, die Nordflanke dagegen zahlreiche Molassequellen aufweist. Generell handelt es sich um Schichtquellen, deren Austritte jedoch oft an Klüfte gebunden sind.

Am Friensiberg-Nordhang sind die beiden bereits beschriebenen Hauptquellhorizonte in der Molasse sehr schön entwickelt: der obere, der Grenze Budigalien – Aquitanien entsprechend, verläuft von der Kohlmatt NE Landerswil über Dampfwil – Ellenmoos – Frienisberg nach Saurenhorn, wo er unter diluvialen Schottern verschwindet. Er liegt bei 710 m Meereshöhe im SW und 680 – 690 m in NE. Insgesamt über 50 Quellen der Wasserversorgungen Detligen, Seedorf, Anstalt Frienisberg und Saurenhorn können diesem Horizont zugeordnet werden. Der untere, auf der obersten Mergelserie des Aquitaniens liegend, kann von Detligen über den Firstwald – Dampfwil – Baggwilgraben – Chlosterrain N Anstalt Frienisberg bis gegen Ziegelried verfolgt werden, wo er ebenfalls durch diluviale Schotter verdeckt wird.

Insgesamt über 40 Quellen der Wasserversorgungen Radelfingen, Seedorf, Aarberg und Ziegelried gehören zu diesem Horizont, welcher auf ca. 600 m ü.M. liegt. Daneben existieren sowohl in höheren Niveaus des Burdigaliens auf dünnen Mergellagen in den Sandsteinen, als auch an der Basis vorwiegend sandig ausgebildeter Horizonte des Aquitaniens weitere Quellhorizonte, die zahlreiche öffentliche und vor allem private Wasserversorgungen beliefern.

Im Hauptquellgebiet des Frienisberges Nord, zwischen 550 und 800 m ü.M. zählen wir total gegen 200 öffentliche und private Fassungen zwischen Frieswil im Südwesten und Ziegelried im Osten. Infolge der zunehmend mergeligen Ausbildung der Molasse sind die tiefer als Kote 550 gelegenen Molassequellen auf dem Plateau von Seedorf nur unbedeutend. Ueber die recht zahlreichen, meist sehr kleinen privaten Quellen liegen hier nur wenige Angaben vor. Dass aber in gewissen Gebieten noch auf tieferen Niveaus nicht unerhebliche, ungenutzte Quellwasserreserven bestehen, wird noch erläutert.

Da die einzelnen Wasserversorgungen am Frienisberg-Nordabhang sehr kompliziert ineinander verzahnt sind und meist mehrere Quellhorizonte nutzen, können – da oft nur Gesamtschüttungen bekannt resp. mit vertretbarem Aufwand messbar – die einzelnen Horizonte nicht separat quantiativ untersucht werden. Ueber das gesamte Quellgebiet über der Kote 550 des Friensiberg-Nordabhanges liegen folgende Dargebotsdaten vor:

Anzahl Fassungen (z.T. Sam- melbrunn- stuben)	langjäh- riges Mit- tel l/min (=Q mittel)	Okt. 72 (Minimum) 1/min (=Q min)	Maximum 1/min	Q mittel/ Q min.
10	360	312	-	1,15
13	700	620	830	1,13
1	120	80	_	1,5
41	1050	857	1660	1,58
11	450	390	-	1,15
65	1800	1360	2200	1,32
1	70	60	-	1,17
~60	~ 450	~300		1,5
200	5000	3980		1,25
	Fassungen (z.T. Sammel brunnstuben) 10 13 1 41 11 65 1	Fassungen (z.T. Sammelbrunnstuben) 10 360 13 700 1 120 41 1050 11 450 65 1800 1 70 ~60 ~450	Fassungen (z.T. Sammelbrunn-stuben) 10 360 312 13 700 620 1 120 80 41 1050 857 11 450 390 65 1800 1360 1 70 60 ~60 ~450 ~300	Fassungen (z.T. Sammelbrunnstuben) 10 360 312 - 13 700 620 830 1 120 80 - 41 1050 857 1660 11 450 390 - 65 1800 1360 2200 1 70 60 - ~60 ~450 ~300 -

es handelt sich teilweise um gemeinsame Fassungen mit Wasserteilung (Minder-, Siegenthaler-, Schoriquellen)

Der Frienisberg dürfte mit ca. 5000 l/min mittlerem, genutztem Quellwasserdargebot eines der wichtigsten Quellgebiete in der Molasse des bernischen Mittellandes darstellen.

Im Oktober 1972, anlässlich der Erhebungen über die Niederwasserabflüsse im ganzen Untersuchungsgebiet Seeland wurden ausserordentlich hohe, spezifische Niederwasserabflussleistungen der Gebiete Allenwilbach, Seebach und Mühlebach festgestellt (siehe Figur 9).

²⁾ohne provisorisch gefasste Quellen Firstwald

Die Verhältnisse wurden in der Folge detailliert untersucht, um die noch ungenutzten Quellwasserreserven beurteilen zu können.

Die Resultate der Erhebungen sind auf Figur 24 dargestellt. Die gewählte graphische Darstellungsart erlaubt die sofortige Beurteilung der noch vorhandenen Oberflächenwasserabflüsse in den drei Einzugsgebieten nach Herkunft, Menge und Höhenlage. Es geht aus der genannten Beilage hervor, dass im Einzugsgebiet des Allenwilbaches über der Kote 750 noch ungenutzte Wasserreserven vorhanden sind (dem oberen Hauptquellhorizont zuzusprechen) und auch in der Höhenlage um 550 m nordwestlich Saurenhorn noch grössere Quellwassermengen ungenutzt abliessen.

Die letzteren Quellen sind für die Versorgung des Weilers Saurenhorn vorgesehen. Die noch ungefassten Quellen unter Kote 500 stellen z.B. Notversorgungsmöglichkeiten für die Ortschaften Kosthofen und Suberg, eventuell sogar Lyss dar. Keine ausgeprägten Quellgebiete sind im Gebiet des Seebaches zu erkennen; sein Abfluss nimmt recht regelmässig mit der Zunahme des Einzugsgebietes zu. Anders verhält sich der Mühlebach, dessen linke Zubringer Holterngrabenbach und Dürrenbüelbach ausserordentlich hohe Quellwasseranteile aufweisen.

Die noch zu wirtschaftlichen Bedingungen nutzbaren Quellwasserreserven in den drei Gebieten am Frienisberg – Nordabhang sind aufgrund der generellen Erhebungen im Januar 1974 nur sehr schwer abzuschätzen.

Wir rechnen mit ca.

500 1/min im Allenwilbachgebiet

max. 100 1/min im Seebachgebiet

600 1/min im Mühlebachgebiet

Nur unbedeutend sind die Quellwasserreserven im Einzugsgebiet des Radelfingerbaches oberhalb Kote 500: Messungen im Mai 1975 für die Wasserprospektion der Gemeinde Seedorf haben bei Mittelwasser lediglich 300 l/min Abfluss ergeben, womit das ganze Staatswaldgebiet südlich Radelfingen als Quellgebiet uninteressant wird.

Es muss künftigen Studien vorbehalten bleiben, die Nutzbarmachung der erwähnten Quellwasserreserven für potentielle Bezüger abzuklären.

Die zur Zeit nur provisorisch gefassten Quellen im Firstwald sind im obgenannten Abfluss nicht enthalten: die rund 120 l/min speisen den Mühlekanal von Detligen. Die Quellen Firstwald sind für die Wasserversorgung Detligen reserviert.

5.2.4 Quellgebiet Jensberg

Der Jensberg stellt wohl die auffallendste Molassestruktur im Seeland dar. Es handelt sich um den steil nach Nordwesten abtauchenden Nordschenkel der Mörigen - Antiklinale, deren Achse von Jens gegen Mörigen verläuft. Die Kulmination liegt etwa bei St. Niklaus.

Das steile Einfallen der Schichten gegen NW und das axiale Abtauchen gegen NE bewirken eine Quellarmut auf der Südflanke und andererseits grössere Quellaustritte an der Nord- und Ostseite. Die Quellen Nord werden von Port im Schliffegg-Graben vollumfänglich genutzt. Die Quellen Ost speisen den Grundwasserleiter der Talebene bei Studen, was unter anderem durch hydrochemische Daten nachgewiesen ist. Die genutzten Quellen von Port liegen in den Sandsteinen des Burdigalien. Sie schütten im Mittel 300 l/min, bei extremen Trockenperioden noch über 200 l/min. Der Hauptquellhorizont an der Grenze zum Aquitanien entwässert vollständig in den Grundwasserleiter bei Studen. Nach dem zur Verfügung stehenden Einzugsgebiet kann mit einem Zufluss von maximal 200 - 300 l/min gerechnet werden.

Noch zu wirtschaftlichen Bedingungen nutzbare, grössere Quellwasserreserven weist der Jensberg nicht auf.

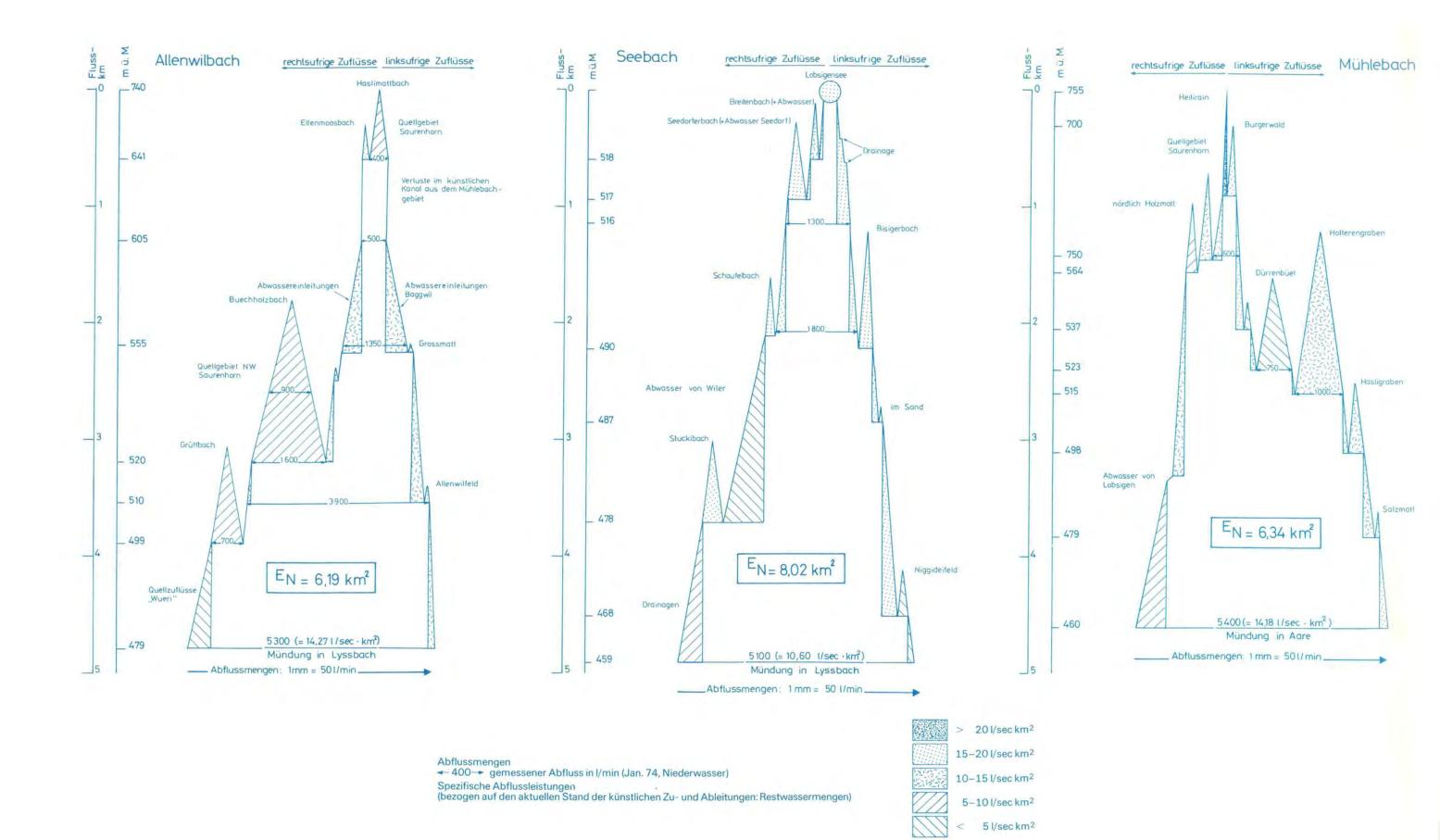
5.2.5. Quellgebiet Büttenberg

Der Büttenberg samt dem westlich anschliessenden Wilerberg und Krähenberg zeigt die Struktur einer unsymmetrisch gebauten Synklinale, wobei die Achse gegen Brügg hin abtaucht. Der gegenüber dem Südschenkel steiler aufgerichtete Nordschenkel der Synklinale bewirkteine Entwässerung ausschliesslich nach Süden hin zu den Quellegebieten von Safnern und Meinisberg. Dem ganzen Nordabhang gegen das Pieterlenmoos fehlen mit wenigen Ausnahmen Quellen.

Die Ergiebigkeit der Molassequellen am Büttenberg wird ganz entscheidend durch die Bedeckung des Hügels im östlichen Gebiet mit Plateauschottern beein flusst. Die 10 - 30 m mächtige Schotterdecke mit teilweise nur geringer Moränebedeckung ist für eine ausserordentlich grosse Grundwasserneubildung verantwortlich; das Wasser sickert in die Molasse ein und tritt längs Klüften und Mergelbänken am Südabhang zu Tage. Der Hauptaustrittshorizont verläuft dabei längs der Grenze Burdigalien-Aquitanien.

Die Büttenbergquellen östlich Safnern sind nicht als reine Molassequellen zu bezeichnen, was sich unter anderem auch in ihrem Chemismus äussert.

Arm an Quellen ist nur der westliche Teil des Hügelgebietes. Eine praktisch lückenlose, stark lehmige Grundmoränedecke verhindert hier grössere Einsickerraten von Meteorwasser in die Molasse. Ferner dürfte der grösste Teil des Grundwassers in Richtung der Muldenachse, d.h. gegen Südwesten, abfliessen und die angelagerten Schotter im Gebiet von Madretsch speisen.



Ueber die Quellgebiete von Safnern und Meinisberg liegen folgende Daten vor:

	Anzahl Quellen	mittlerer Ertrag (= Q mittel) l/min	minimaler Ertrag (= Q min.) l/min	Relation Q mittel Q min.
WV Safnern	6	210	160	1,3
WV Meinisberg ⁾ Private Fassungen 2)	23 ~ 70	300 ~250	190	1,43
Total	~100	~760	560	1,35

¹⁾ inkl. drei Quellen der Wasserversorungsgenossenschaft Unterdorf

2) ohne Orpund und Brügg

Die sogenannten Kiesgrubenquellen von Safnern, welche in den Plateauschottern gefasst sind, werden in Abschnitt 5.3.1. beschrieben.

Ueber das Hügelgebiet westlich Safnern liegen nur wenige Angaben vor. Eine Stollenfassung in der Molasse besitzt z.B. das ehemalige Kloster Gottstatt; der mittlere Ertrag soll 100 l/min betragen. Daneben existieren mehrere, kleine, private Fassungen, auf die hier nicht weiter eingegangen wird.

Die ungenutzten Quellwasserreserven am Büttenberg sind äusserst gering. Nördlich Meinisberg, am Ostende des Büttenberges, treten kleinere Quellen aus, die zusammen rund 50 l/min schütten; sie werden zur Zeit von der Gemeinde Meinisberg im Hinblick auf eine künftige Nutzung untersucht.

5.2.6. Quellgebiet Dotzigenberg

Die Quellen aus der steil gegen Südwesten abtauchenden Synklinale des Dotzigen-Städtiberges versorgen die Gemeinden Dotzigen und Büren a.A. Es handelt sich fast durchwegs um Wasseraustritte an der Basis des unteren Muschelsandsteines. Einige Quellen von Büren sind in kleinen Vorkommen von interglazialen Rinnenschottern gefasst. Das in diesen Schottern enthaltene Wasser stammt jedoch zum überwiegenden Teil aus der Molasse.

Am Dotzigenberg sind praktisch keine noch nutzbaren Wasserreserven vorhanden. Die Daten über die genutzten Quellen der Wasserversorgung Dotzigen und Büren zeigt die nachstehende Tabelle:

	Anzahl Fassungen	mittlerer Ertrag (=Q mittel) 1/sec	minimaler Ertrag (=Q min.) l/sec	Relation Q mittel / Q min.
Wasserversorgung Dotzigen	10	165	148	1,12
Wasserversorung Büren a.A.	13	240	180	1,33
Private Fassungen	~10	~ 35	~ 20	1,5
Total	~33	~440	~ 348	1,25

Die Fläche des vollständig mit Wald bedeckten Einzugsgebiets der Quellen beträgt ca. 1,5 km 2 . Es ergibt sich hieraus eine mittlere, spezifische Quellwasserspende von 5,2 l/sec · km 2 , was annähernd dem Wert vom Jolimont entspricht.

5.2.7 Quellgebiet Bucheggberg

Die Molassequellen auf dem bernischen Anteil des Bucheggberges sind nur von untergeordneter Bedeutung. Es handelt sich um die Fassungen der Stadt Büren a. A. und von Oberwil im Gebiet nördlich Biezwil. Die Austritte liegen nahe der Grenze Aquitanien – Burdigalien (unterer Muschelsandstein); die Schichten fallen entsprechend der Synklinalstruktur des Bucheggberges leicht gegen Südosten ein; daher können die Wasseraustritte als Ueberlaufquellen klassiert werden.

Das gefasste Wasser wird im Verhältnis 2:3 von Büren und Oberwil geteilt. Es handelt sich durchschnittlich um 600 $1/\min$, minimal um 550 $1/\min$.

Die übrigen Molassequellen des Bucheggberges liegen auf solothurnischem Boden und werden daher hier nicht erwähnt.

5.2.8. Weitere Molassequellen

Ausserhalb der erläuterten Quellgebiete existieren eine Vielzahl kleinere und kleinste, meist private Quellfassungen in der Molasse, z.B. im Gebiet des Rapperswilerplateaus, bei Pieterlen, Epsach, Mörigen u.a. Diese Quellen fallen für regionale Dargebotsstudien ausser Betracht.

5.2.9. Zusammenfassung

Werden die einzelnen Quellgebiete in der Molasse in Bezug auf ihr totales mittleres Dargebot und den Stand der Nutzung Ende 1975 untersucht, ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Quellgebiet	mittleres Dargebot 1/min	davon genutzt %	noch nutzbar l/min	Bemerkungen
Jolimont	1'000	98	20	
Schaltenrain	1'500	92	120	1)
Frienisberg	6'200	80	1'200	2)
Jensberg	600	50	0	3)
Büttenberg	900	94	50	
Dotzigenberg	450	98	10	
Bucheggberg	600	100	0	4)
Total Molassequellen	11'250	88	1'400	

¹⁾davon über die Hälfte im Gebiet des Aebiheimes; ein weiterer Drittel im Breitacher bei Lüscherz

Mit Ausnahme des Frienisberg-Nordabhanges, wo in den jungen Einschnitten (Gräben) des Allenwil- und Mühlebaches noch zahlreiche Molassequellen ungenutzt abfliessen, ist das Quellwasserdargebot sehr stark genutzt. Die Molassequellen weisen besonders zwei hervorragende Eigenschaften auf, nämlich extrem geringe Schüttungsschwankungen und natürlich gegebenen Schutz. Das genutzte Dargebot aus der Molasse von über 11'000 1/min stellt daher einen bedeutenden Wert dar.

5.3. Lockergesteinsquellen

Wie aus Figur 4 und den Auführungen in Abschnitt 2.3. hervorgeht, sind von den Quartärbildungen im Seeland folgende Einheiten als wichtige Quellbilder zu bezeichnen:

- Grundmoräne, wenn kiesig ausgebildet (Drumlins)
- Seelandschotter über der Talebene
- Plateauschotter
- diluviale Rinnenfüllungen

Nur unbedeutend sind die Quellen aus alluvialen und rezenten Lockergesteinen wie z.B. Hangfussschutt, Bachschutt und Verwitterungsbildungen.

5.3.1. Quellen aus den Plateauschottern und Rinnenfüllungen

Die Verbreitung dieser interglazialen Lockergesteine geht aus Figur 1 hervor. Von Westen gegen Osten sind es die Gebiete von

 $^{^{2)}}$ grosse Anteile treten unter der für die Anliegergemeinden kritischen Kote von 550 m $\ddot{\mathrm{u}}.M.$ aus

 $^{^{3)}}$ gegen 300 l/min fliessen unterirdisch in den Grundwasserleiter bei Studen; sie sind kaum nutzbar

^{4)&}lt;sub>nur bernischer Anteil südlich Oberwil</sub>

- Golaten Kallnach
- Kaltberg Bütschwil (Frienisberg-Osthang)
- Meikirch Diemerswil (Schüpberg-Plateau)
- Diessbach Ottiswil
- Büttenberg
- Oberwil
- Rüti Arch Leuzigen (Bucheggberg-Nord)

Diese Gebiete werden im Folgenden kurz besprochen.

Im Gebiet von Golaten - Kallnach (und dem angrenzenden freiburgischen Gelände) existiert ein kompliziertes, altes Rinnensystem, über dessen Verlauf nur wenige Daten bekannt sind. Ein grösserer, zusammenhängender Schotterkomplex ist nördlich Golaten durch die Aare angeschnitten. Längs einzelnen, bis in die Molasse eingeschnittenen Mulden und Gräben treten grössere Quellen aus, die Golaten versorgen.

Das Dargebot aus den Schottern von Golaten kann auf rund 300 1/min im Mittel beziffert werden; davon sind durch die drei Fassungen der Gemeinde 140 1/min genutzt. Die wirtschaftlich nutzbaren Reserven betragen 100 - 120 1/min.

Bei Kallnach sind mächtige, verlehmte Schotter aufgeschlossen, welche vermutlich zu einer Rinne gehören, deren Verlauf gegen Niederried zu nur vage bekannt ist. Eine Infiltration von Aarewasser bei Niederried kann nach den Höhenverhältnissen der Molasse, z.B. im Stollen des Kraftwerkes Kallnach, mit Sicherheit ausgeschlossen werden; dagegen übernimmt offenbar die kiesige Rinnenfüllung die Drainage der mächtigen Schotter- und Moränenablagerungen südlich Kallnach.

Ein Teil des in der Rinne gegen Norden abfliessenden Grundwassers wird durch die gemeindeeigene Quelle von Kallnach genutzt; sie bringt im Minimum 180, im Maximum dagegen über 800 1/min; entsprechend der grossen Schwankungen und der geologischen Situation wird sie als Ueberlaufquelle gedeutet. Der nicht genutzte, mengenmässig unbekannte Anteil fliesst dem Grundwasserleiter im Aaretal zu; die genaue Einmündungsstelle zwischen Bargen und Kallnach konnte bis heute nicht ermittelt werden.

Am Ostende des Frienisberges, im Gebiet zwischen Saurenhorn - Winterswil - Bütschwil - Schüpfen - Kaltberg, sind grössere zusammenhängende, mit Moräne überdeckte Schottermassen der Erosion durch den Rhonegletscher entgangen. Vermutlich längs Mulden in der Molassenoberfläche entwässert der ganze Schotterkomplex gegen Osten und Norden; mit Ausnahme der etwas tiefer gelegenen Mühlequelle von Schüpfen liegen alle Austritte annähernd auf 600 m ü.M.

Es handelt sich um folgende Quellen oder Quellgruppen:

	Nutzer	Anzahl Fassungen	mittlerer Ertrag (=Q mittel) 1/min	minimaler Ertrag (=Q min) 1/min	Relation Q mittel Q min l/min
Halenwald	Meikirch	1 1)	1,500	570	2,1
Erdbächli	Schüpfen	3	350	220	1,6
Mühle	Schüpfen	1	2'400	2'300 2)	1,05
Kaltberg	Lyss	4	1'520	820	1,85
Kaltberg	Bundkofen	3	150	100	1,5
Diverse und Private	-	10 3)	300	190	1,6
Total		22	5'920	4'200	1,4

¹⁾ mit dem 1972 gebauten Filterbrunnen im Einzugsgebiet lassen sich die Grundwasserreserven der Ueberlaufquelle Halenwald bewirtschaften, ohne den langfristigen Ertrag wesentlich zu vergrössern

Das grösstenteils bewaldete Schottergebiet hat eine Fläche von rund 4,5 km², wobei allerdings die Begrenzung wegen der Moränenbedeckung nicht durchwegs gesichert ist. Um die oben genannte, mittlere Quellschüttung von knapp 6'000 l/min zu erbringen, müssten 22,2 l/sec · km² spezifische Grundwasserneubildung eingesetzt werden, was für hügelige Schottergebiete mit einer Moränendecke erfahrungsgemäss um ca. Faktor 2 zu gross ist. Mindestens die Hälfte des Quellwasserdargebotes dürfte daher aus der Molasse stammen; zwischen Saurenhorn und Meikirch ist der untere Muschelsandstein teilweise mit den Plateauschottern in direktem Kontakt, womit sich - verbunden mit dem Axialgefälle der Molasse gegen NE - grössere unterirdische Wasserzuflüsse erklären lassen.

Das vorhandene Dargebot an Grundwasser des Gebietes ist praktisch zu 100 % gefasst, jedoch nur zu etwa 70 % genutzt. Die weitaus grösste und beständigste Quelle, die Mühlequelle von Schüpfen, wird nur zu ca. 1/4 ins Netz geleitet; 3/4 oder gegen 1'800 l/min einwandfreies und auf natürliche Art gut geschütztes Trinkwasser fliessen in den Lyssbach.

Das ausgedehnte Schotterplateau von Meikirch - Diemerswil (Schüpberg) ist erst sehr wenig erforscht. Nach den bisherigen Daten muss mit einer mehr oder weniger zusammenhängenden Schotterdecke auf einer leicht gegen Osten abtauchendenden, von Rinnen durchzogenen Molasseoberfläche gerechnet werden. Vom Schotterplateau Frienisberg - Ost ist es durch den tiefen Einschnitt des "Chüelibaches" getrennt.

²⁾davon wird zur Zeit ca 1/4 genutzt

³⁾ inkl. abgeleitete Quellen der Wasserversorgung Schüpfen (Hellerwasser, Bergackerquellen)

Die zugehörigen Quellaustritte liegen alle im Gebiet Münchenbuchsee, d.h. ausserhalb des Gebietes Seeland:

- Weiersmattquelle
- Lehrershausquellen
- Badweierquelle Hofwil
- Höllgrabenquelle N Diemerswil

Ein Teil des Grundwassers wird zudem künstlich entnommen (Pumpwerk Bodenacker von Münchenbuchsee). Innerhalb des Untersuchungsgebietes Seeland liegt nur ein kleiner Teil dieser Schotterablagerungen.

Das Plateau-Schottergebiet südlich Diessbach bei Büren liegt ebenfalls unter einer mächtigen Moränedecke und ist deshalb in seiner ganzen Ausdehnung nur ungenau bekannt. Es erstreckt sich bis gegen Ottiswil. Den Auslauf des innerhalb der Schotter gesammelten Grundwassers bildet die Bleumattquelle von Diessbach, welche die ganze Ortschaft versorgt. Der Ertrag schwankt zwischen 550 und 1000 l/min.

Vermutlich speist ein weiterer Quellwasseranteil die angelagerten Stauschotter von Diessbach, worin sich grössere Grundwassermengen befinden, vgl. Abschnitt 4.3.5.

Einer interglazialen Rinnefüllung entspringen die Quellen von Rüti b/Büren wenig nördlich Oberwil. Der Verlauf der Rinne ist aus verschiedenen Aufschlüssen und Sondierungen bekannt: sie verläuft vom Limpachtal gegen Schnottwil, wo sie einen erheblichen Teil der hier gegen SW abtauchenden Synklinale des Bucheggberges drainiert (dieses Wasser wird durch Schnottwil voll genutzt) und weiter über Oberwilbad – Oberwil in Richtung Rüti, um im Bacheinschnitt ca. Ikm nördlich Oberwil auszutreten, vgl. Figur 1. Die Sahliquellen von Rüti bilden den Auslauf; sie schütten total im Mittel 600 l/min; die Schwankungen sind sehr gering.

Ein grosser Teil des östlichen Büttenberges ist durch Plateauschotter bedeckt. Nur im Gebiet von Safnern, in den künstlich geschaffenen Aufschlüssen des Kieswerkes Biedermann, sind drei Quellfassungen an der Basis der Schotter angelegt. Eine der drei Fassungen wird ausserdem durch Sickerwasser aus dem Schlammabsatzbecken zusätzlich angereichert. Die die Wasserversorgung Safnern versorgenden drei Quellen schütten zusammen rund 100 l/min; davon stammen ca. 50 % aus der Anreicherung mit Aarewasser (Kieswaschwasser) in der Fassung III.

Das ganze übrige, in den Schottern sich sammelnde Grundwasser versickert längs Spalten und Klüften in die Sandsteine der Burdigalien-Molasse und tritt in den zahlreichen Quellen am Südhang des Büttenberges zu Tage, vgl. Abschnitt 5.2.5.

Das grösste zusammenhängende Vorkommen von Plateauschottern bedeckt den nördlichen Teil des Bucheggberges. Der bernische Anteil weist eine Ausdehnung von ca. 7,2 km² auf. Ueber den Aufbau geben neben den zahlreichen Kiesgruben am

Rand die im Zusammenhang mit der Grundwasserprospektion für die Gemeinde Arch im Rütiwald abgeteuften Sondierungen Aufschluss. Die oft stark verkitteten Schotter sind im Mittel über 20 m mächtig. Das ganze Gebiet ist durch eine teilweise ausserordentlich dicke Grundmoränendecke überzogen. Ueber das Relief der stauenden Molasse existieren erst wenige Angaben.

Das Schottervorkommen entwässert ausschliesslich gegen Norden, da die Molasseoberfläche im Biberental durchwegs sehr hoch liegt. Die Quellaustritte sind;

- die drei "alten" Quellen der Wasserversorgung Rüti
- die Kiesgrubenquelle der Wasserversorgung Rüti
- die Kiesgrubenquelle der Wasserversorgung Arch
- die vier "alten" Quellen der Wasserversorgung Arch
- die elf Quellen von Leuzigen Brunnadern
- rund 30 uns bekannte Privatfassungen

Während die Quellen von Arch und auch die Kiesgrubenquelle Rüti als Ueberlaufquellen anzusehen sind (die Mächtigkeit des Grundwasserkörpers im Einzugsgebiet beträgt nachgewiesenermassen z.T. über 10 m), stellen die Brunnadernquellen Schichtquellen auf der Molasse als Stauer dar. Beide Typen schwanken als Folge der grossen Reservoirkapazität nur wenig, wie folgende Tabelle zeigt:

	Anzahl Quellen	mittlerer Ertrag (=Q mittel) 1/min	minimaler Ertrag (=Q min) 1/min	Relation Q mittel Q min 1/min
Rüti b/B	4	320 1)	280 1)	1,15
Arch	5	400 2)	300 2)	1,33
Leuzigen	11	2'000	1'600	1,25
Private	30	380	220-	1,73
Total	50	3'100	2'400	1,3

durch Pumpen kann der Ertrag kurzfristig um rund 150 1/min erhöht werden (Kiesgrubenfassung)

auch hier kann kurzfristig durch Absenken des Grundwasserspiegels bei der Kiesgrubenfassung der Ertrag vergrössert werden

Grosse Reserven bestehen im Gebiet Leuzigen, wo nur ein kleiner Teil (ca. 400 l/min) der total gefassten Wassermenge genutzt wird. Im weitern lässt sich das Grundwasservorkommen südlich Arch bewirtschaften: eingehende, im Auftrag der Gemeinde Arch durchgeführte Abklärungen haben ergeben, dass im Mittel 1000 l/min Grundwasser entnommen werden könnten, unter Einbezug des natürlich gegebenen Reservoirraumes und ohne das Gebiet langfristig zu übernutzen.

Zusammenfassung

Ueber das Quellwasserdargebot aus den Plateauschottern im Untersuchungsgebiet Seeland gibt die nachfolgende Zusammenstellung Aufschluss. Die Wassermenge ist beinahe vollständig gefasst, aber nicht überall ganz genutzt (Schüpfen, Leuzigen). In den Vorkommen Halenwald und Arch ist eine Bewirtschaftung möglich, resp. z.T. bereits realisiert.

Vorkommen	mittlere Ergiebigkeit	davon genutzt	noch nutzbar
	l/min	%	l/min
Golaten-Kallnach	700	86	100
Frienisberg-Ost	6'000	70	1'800
Diessbach	800	100	0
Oberwil b/B	600	100	0
Büttenberg	100	100	0
Bucheggberg	3'100	48	1'600
Total Dargebot Plateauschotter- Quellen	11'300	69	3'500

5.3.2. Quellen aus den Seelandschottern

Quellaustritte aus den Seelandschottern sind nur aus wenigen Gebieten bekannt, da meistens die randlich der Alluvialebene gelegenen Schotterablagerungen unter die Talsohle abtauchen und das Quellwasser unterirdisch abfliesst. Mit Ausnahme des Gebietes von Ins (Rimmerzberg), wo für Gampelen und die Anstalten Witzwil rund 350 l/min in total 6 Fassungen genutzt werden, sind die Schüttungen der übrigen Quellwasservorkommen derart gering, dass sie für eine regionale Untersuchung ausser Betracht fallen. Es handelt sich neben den privaten Fassungen um die ehemaligen Dorfbrunnen von Siselen, Walperswil, Bühl, Busswil und Büetigen, deren Ergiebigkeiten zwischen 5 und 20 l/min liegen.

Grössere, ungenutzte Quellwasserreserven fliessen bei Leuzigen in der Kiesgrube Wyss ab. Stauer ist dort die Molasse. Die Menge kann auf über 500 l/min geschätzt werden; sie versickert nach weniger als 200 m Laufstrecke in den noch anstehenden Schottern gegen die SBB-Linie hin und speist das angrenzende Grundwasservorkommen in den alluvialen Sanden der Aare.

Das totale Dargebot an Quellwasser aus den Seelandschottern kann auf etwa 1500 l/min geschätzt werden (ohne unterirdische Wasserübertritte in die Talebene). Davon sind im Mittel ca. 800 l/min genutzt. Der noch nutzbare Anteil konzentriert sich auf Leuzigen.

5.3.3. Quellen aus Moränenbildungen

Im ganzen Seeland ist nur eine einzige, bedeutende Quelle aus vorwiegend kiesiger Moräne bekannt. Es handelt sich um die Erliquelle der Wasserversorgung Bargen östlich Kallnach. Sie drainiert einen grossen Teil des moränenbedeckten Molassehügels des Bargenholzes. Der Ertrag beläuft sich auf etwa 400 l/min im Mittel; als Minimum sind 150 l/min festgestellt worden.

Die zahlreichen übrigen Quellen werden für Einzelversorgungen genutzt. Sie sind für eine regionale Studie ohne Bedeutung. Zusammengezählt kann der Ertrag dieser weiteren Austritte im ganzen Untersuchunsgebiet auf weniger als 400 l/min beziffert werden.

5.4. Quellen des Jurasüdfusses

Aus den mächtigen Kalkablagerungen der südlichen Jurakette treten zwischen Neuenstadt im Südwesten und Lengnau im Nordosten eine Anzahl grosser Karstquellen zu Tage, deren Einzugsgebiete ausserhalb der untersuchten Region liegen, die aber teilweise für einzelne Dörfer am Jurasüdfuss die einzige Versorgungsmöglichkeit darstellen. Zudem spielen diese Jurazuflüsse eine nicht zu vernachlässigende Rolle, z.B. wenn Verdunstungsanteile in den Juraseen bestimmt werden sollen.

Die Quellen sind im Zusammenhang mit den Erhebungen über Niederwasserabflüsse und minimale Quellschüttungen im Herbst 1972 untersucht worden. Daneben existieren eine Anzahl Spezialabklärungen einzelner Quellgruppen im Rahmen von Schutzzonenfestlegungen oder Neufassungen, die eine Gesamtbeurteilung des Quellwasserdargebotes aus dem Jura für die Region Seeland ermöglichen. Schliesslich muss auch die Merlinquelle der Stadt Biel in die Betrachtung einbezogen werden, obschon ihr Einzugsgebiet noch weiter im Jurainnern liegt.

Die uns zur Verfügung stehenden Daten über die Schüttungen der Quellen oder Quellgruppen am Jurasüdfuss sind in der nachstehenden Tabelle festgehalten.

Quelle oder Quellgruppe	Nutzer	minimaler Ertrag Q min l/min	mittlerer Ertrag Q mittel l/min	maximaler Ertrag Q max 1/min
Moulin	Neuenstadt	500	1'500	-
Brunnmühle, inkl. untere Twannbach- schlucht	Twann-Ligerz	11'000 1)	22'000	> 100000
Römer	Biel	900	1'200	_
Merlin	Biel	6'000	13'000	>100000
Leuggenen	Biel	930	1'200	-
Kirchet	Pieterlen	550	800	-
Lochbach	Lengnau	1'450	2'100	2800
Oele und Säge	Lengnau und Private	350	550	-
Total Karstquellen		21'680	42'350	

¹⁾ davon ca. 3000 1/min genutzt in den bestehenden Fassungen; im neuen Filterbrunnen können weitere 4500 1/min gefördert werden.

Grössere, ungenutzte Quellwasserreserven aus dem Jurasüdfuss existieren damit nur noch in der Brunnmühle. Eine generelle Vorabklärung der regionalen Verteilungsmöglichkeiten des hier zur Verfügung stehenden Quellwassers ist bereits angelaufen. Die heute noch weitgehend ungenutzten, in die Kanalisation abfliessenden Oele- und Sägequellen in Lengnau sollen demnächst neu gefasst und der Gemeindewasserversorgung zugeleitet werden.

5.5. Abschliessende Gesamtbeurteilung des Quellwasserdargebotes im Gebiet Seeland

Ohne die "Juraquellen" gemäss Abschnitt 5.4. ergibt sich folgender Stand des Quellwasserdargebotes der wichtigen Quellen im Seeland:

Quelltyp	Minimalertrag l/min	mittlerer Er- trag 1/min 1)	Nutzungsgrad _% 2)	noch nutzbare Reserven l/min (Mittelwert)
Molasse	6'620	8'480	83,5	1'400 3)
Plateau- Schotter	7'675	10'380	66,2	3'500 4)
Seeland- Schotter	305	350	100,0	0
Moränen	150	400	100,0	0
Total Gebiet Seeland	14'750	19'610	75,0	4'900
gerundete Werte	15'000	20'000	75	5'000

¹⁾ inkl. ungefasster Anteil

Diese Zusammenstellung erlaubt eine einzig mögliche Folgerung:

Abgesehen von noch in lokalem Ausmasse zur Verfügung stehenden Reserven (Schüpfen, Leuzigen) ist das Quellwasserdargebot im Seeland so weitgehend ausgenutzt, dass ein künftiger Wasserbedarf nur durch Grundwasser und allfällig aufbereitbarem Oberflächenwasser gedeckt werden kann. Für die Versorgung von Einzelhöfen können dagegen noch zahlreiche kleine Quellen nutzbar gemacht werden.

Bezogen auf den heutigen Versorgungsstand der Bevölkerung im Seeland nimmt der Anteil Quellwasser mit ca. 48 % am Trinkwassergesamtverbrauch eine sehr wichtige Stellung ein; er liegt weit über dem schweizerischen Durchschnitt von zur Zeit 25 % (Statistik SVGW).

5.6. Wasserqualität

Mit Ausnahme vereinzelter, lokaler Verunreinigungen weist das für öffentliche Versorgungen im Seeland genutzte Quellwasser durchwegs sehr gute chemische und auch bakteriologische Qualität auf.

Im westlichen Seeland (Amt Erlach) zeigen einige Quellwässer hohe, nahe der Toleranzgrenze liegende Nitratgehalte. Da es sich dabei meist um Quellen aus intensiv landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten handelt, ist ein Zusammenhang mit der Düngung und dem Anbau von Luftstickstoff verarbeitenden Pflanzen (Klee, Luzerne) vermutlich gegeben. Genauere Untersuchungen sind nicht gemacht worden; derartige Quellwässer werden durch Vermischung mit nitratarmem Wasser vor der Einleitung ins Versorgungsnetz vielfach entscheidend verbessert.

²⁾ auf den mittleren Ertrag bezogen

³⁾ zur Zeit nicht gefasst

⁴⁾ bereits gefasst, aber nicht genutzt

Mangels genügender Filterwirkung in den Karstsystemen weisen fast alle Jurasüdfussquellen eine ungenügende bakteriologische Qualität auf und müssen daher behandelt werden. Dagegen ist der Chemismus normalerweise gut, wenn auch zeitweise die Quellen wegen Trübungen abgeschaltet werden müssen. Einen Spezialfall stellt die Moulinquelle von Neuenstadt dar, die durch Abwässer schwer verunreinigt ist und speziell aufbereitet wird.

6. HEUTIGER VERSORGUNGSZUSTAND IM SEELAND

Innerhalb des Untersuchungsgebietes Seeland existieren:

- 14 Gemeinden mit ausschliesslicher Quellwasserversorgung
- 2 Gemeinden mit ausschliesslicher Grundwasserversorgung
- 14 Gemeinden mit Quell- und Grundwasserversorgung
- 4 Verbundwasserversorgungen mit Quell- und Grundwasser (total 34 Gemeinden)
- 1 Gemeinde mit Quell-. Grund- und Seewasserversorgung
- plus zahlreiche Einzel- und Gruppenwasserversorgungen.

Die total genutzte Quellwassermenge (ohne Juraquellen) kann im Mittel auf $10,5\,$ Mio m^3 pro Jahr beziffert werden; sie schwankte zwischen 8 und $12\,$ Mio m^3 in den vergangenen Jahren.

Die total genutzte Grundwassermenge kann gemäss Angaben in der nachstehenden Tabelle auf im Mittel 10,46 Mio m^3 beziffert werden. Sie schwankt zwischen 9,4 Mio m^3 (1973) und 11,9 Mio m^3 (1971).

Zusammenstellung der Grundwasserentnahmen im Seeland 1970 – 1974 (in 1000 m^3)

Fassung	1970	1971	1972	1973	1974	1975 ¹⁾	Mittelwert 70 - 74
Witzwil	149,4	163,7	142,6	129,8	129,8	105,6	143,06
Ins	67,0	104,2	92,7	124,1	85,3	39,4	94,66
Müntschemier	k e	line	 Daten		190,8	106,0	(300)
Niederried	55,8	· 51,2	48,5	90,7	84,9	38,8	66,22
Kallnach BKW	76,0	125,0	127,0	61,7	50,8	26,2	88,10
Kallnach Gde	***	-	-	-	31,2 2)	29,0	
Bargen	17,0	56,0	96,5	83,1	36,5	9,1	57,82
Aarberg	188,0	387,0	445,0	335,0	320,0	132,8	335,0
Gimmiz SWV	~	1151,4 ³⁾	4265,0	4370,0	6900,0		
Kappelen	50,0	64,0	keine	Daten			(70)
Lyss	1182,8	1807,8 ⁴⁾	still	lgelegt			
Biel	3686,0	3387,0 ⁴⁾	still	gelegt			
SWG	2980,0	3310,0	3340,0	3198,0	3085,0		3182,6
Dotzigen	62,0	50,9	52,7	54,0	49,4		53,8
Büren a/A	209,0	355,1	134,5	83,2	95,2 5)		175,4
Total Trinkwas- serentnahmen	8993,0 ⁶)	11283,3 6)	9014,5 6)	8799,6 ⁶)	11128,7 6)		9843,8
Industriewasser	600	600	600	600	600		600
Bewässerungen		22	78	2	2		20,8
Total Grundwasser entnahmen	9593,0	11905,3	9692,5	9401,6	11730,7		10464,6

¹⁾ bis Ende August

Eine detaillierte Bedarfsermittlung liegt ausserhalb der Zielsetzungen dieses Berichtes. Es wird daher im weiteren darauf verzichtet, die einzelnen Versorgungen in Bezug auf ihren heutigen Zustand und ihre Ausbaumöglichkeiten zu beschreiben. Eine 1975 erarbeitete Situation 1:25'000 sämtlicher öffentlicher Wasserbezugsorte im Seeland und den zugehörigen Versorgungsgebieten kann beim Wasser- und Energiewirtschaftsamt eingesehen werden.

²⁾ ab 1.5. in Betrieb

³⁾ ab 1.10. in Betrieb

⁴⁾ ab 1.10. stillgelegt

⁵⁾ hydrologisches Jahr

⁶⁾ für Müntschemier 200'000, für Kappelen 70'000 m³ eingesetzt

7. DIE WASSERRESERVEN UND IHRE NUTZUNGSMOEGLICHKEITEN

7.1. Nutzung der noch vorhandenen Quellwasserreserven

Aus den Darlegungen in Abschnitt 5 geht hervor, dass mit wenigen Ausnahmen die Quellwasserreserven im Seeland bereits voll ausgenutzt sind. Die noch vorhandenen Reserven im Frienisberg-Nordabhang können für Notversorgungen herangezogen werden. Die übrigen Quellwasserreserven im Raume Schüpfen und Leuzigen sind bereits gefasst und für die betreffenden Gemeinden reserviert. Das gleiche gilt teilweise für die Quellen am Jurasüdfuss (Lengnau); nur in der Brunnmühle stehen noch rund 4000 l/min ungefasstes Quellwasser zur Verfügung (neben den ca. 7000 l/min bereits grösstenteils erschlossenem, aber noch nicht genutztem Wasser).

Ausser für Einzelversorgungen und eventuell Notversorgungen im Raume Lyss - Aarberg und mit Ausnahme des Gebietes Brunnmühle stehen im Seeland keine weiteren nutzbaren Quellwasserreserven von regionaler Bedeutung zur Verfügung.

7.2. Nutzung der noch vorhandenen Grundwasserreserven

Gemäss der Tabelle in Abschnitt 4.7. und Figur 23 können als Grundwasserreserven eingesetzt werden:

- Wasser von Trinkwasserqualität oder
 mit blosser Belüftung aufbereitbar > 1680 l/sec resp. > 100'000 l/min
- Wasser mit noch vertretbarem Aufwand aufbereitbar620 1/sec resp. > 37'000 1/min

Wie aus Karte 7 der Beilage 5 hervorgeht, liegen die Gebiete für eine künftige Nutzung von Reserven regionaler Bedeutung und guter Qualität

- im Gebiet Aarberg Gimmiz
- im Gebiet Bargen Kallnachkanal
- im Gebiet Kappelen Werdthof
- im Gebiet Worben
- im Gebiet nördlich Dotzigen

Sämtliche bedeutenden Grundwasserreserven liegen somit in den Aareschottern.

Reserven lokaler Bedeutung und guter Qualität ausserhalb der Aareschotter sind vorhanden bei

- Kallnach Fräschels
- möglicherweise bei Siselen
- Diessbach Angel
- Arch

Auf die Reserven von Wasser mit ungenügender Qualität, welches jedoch mit noch vertretbarem Aufwand aufgearbeitet werden kann, wird im folgenden nicht weiter eingegangen, da deren Nutzung in Berücksichtigung des grossen, nachgewiesenen Dargebotes guter Qualität auch in einer ferneren Zukunft nicht notwendig sein wird.

7.2.1. Gebiet Gimmiz

Es darf heute auch aufgrund der neu vorliegenden Daten festgehalten werden, dass die bestehenden Fassungen Gimmiz des Seeländischen Wasserverbundes als sehr günstig in Bezug auf künftige Grundwassernutzungen grossen Ausmasses plaziert sind.

Eingehende Variantenberechnungen mit dem Grundwassermodell des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft im Raume Gimmiz zeigen, dass dank der Infiltrationskapazität des Hagneckkanals hier gegen 1000 1/sec Grundwasser entnommen werden können, ohne dass grössere, die Qualität ungünstig beeinflussende Wassermengen aus dem Gebiet westlich von Gimmiz und dem Gebiet nördlich Aarberg einbezogen werden. Wie Figur 26 zeigt, werden Mehrentnahmen praktisch ausschliesslich durch Mehrinfiltration des Hagneckkanals gedeckt: bei einem Grossausbau von Gimmiz auf z.B. 1000 1/sec beträgt der Infiltrationsanteil über 90 %. Da, wie aus Karte 8 der Beilage 5 hervorgeht, die Aare eine für die Grundwasseranreicherung genügende Wasserqualität aufweist, wird sich die Grundwassergüte auch bei grossen Entnahmen gegenüber der heutigen, einwandfreien Qualität kaum verändern. Die bereits ausgeschiedenen Schutzzonen genügen auch für einen zukünftigen Ausbau.

Die zu erwartenden Zuflussverhältnisse, resp. Absenkungstrichterformen, im Raume Gimmiz bei verschiedenen Ausbaustufen zeigt Figur 25. Die mit dem Grundwassermodell berechneten Varianten basieren auf Niederwasser, so dass im Mittel der Grundwasserspiegel höher liegen und auch der Entnahmetrichter kleiner wird. Die Berechnungen zeigen, dass der Hagneckkanal ohne weiteres die notwendigen Infiltrationsmengen zu liefern vermag, so dass sich künstliche Grundwasseranreicherungen im Vorgelände der Fassungen Gimmiz erübrigen. Sie würden erst ab Entnahmen über ca. 1000 l/sec aktuell, um eine weitere Ausdehnung des Zustrombereichs in Richtung des Gebietes mit ungünstiger Grundwasserqualität längs der Alten Aare nördlich Aarberg zu verhindern. (Vgl. Varianten F und G auf Figur 25)

7.2.2. Gebiet Bargen - Kallnachkanal

Der Hagneckkanal infiltriert nachgewiesenermassen nach beiden Seiten. Während der Infiltrationsanteil Nord in Gimmiz bereits genutzt wird, und gemäss den obigen Ausführungen auch für einen Grossausbau von Gimmiz ausreicht, wird der Strom Süd heute praktisch nicht für Trinkwasserversorgungen verwendet. Die im Gebiet Bargen – Kallnachkanal noch nutzbaren grossen Reserven an Grundwasser guter Qualität können zur Zeit nur vage geschätzt werden: sie sind vorläufig mit 200 l/sec eingesetzt worden. Die genauen Reserven sowie deren Nutzungsmöglichkeiten werden mit einer Spezialabklärung im Zusammenhang mit der Schutzarealfestlegung im potentiellen Fassungsgebiet 1976 festgelegt.

Nicht mehr nutzbar sind die Reserven südwestlich des Kallanchkanals, da hier das enge Drainagekanalnetz mit den komplexen Wechselwirkungen zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser keine grösseren Entnahmen zulässt, ohne wesentliche Qualitätseinbussen zu riskieren.

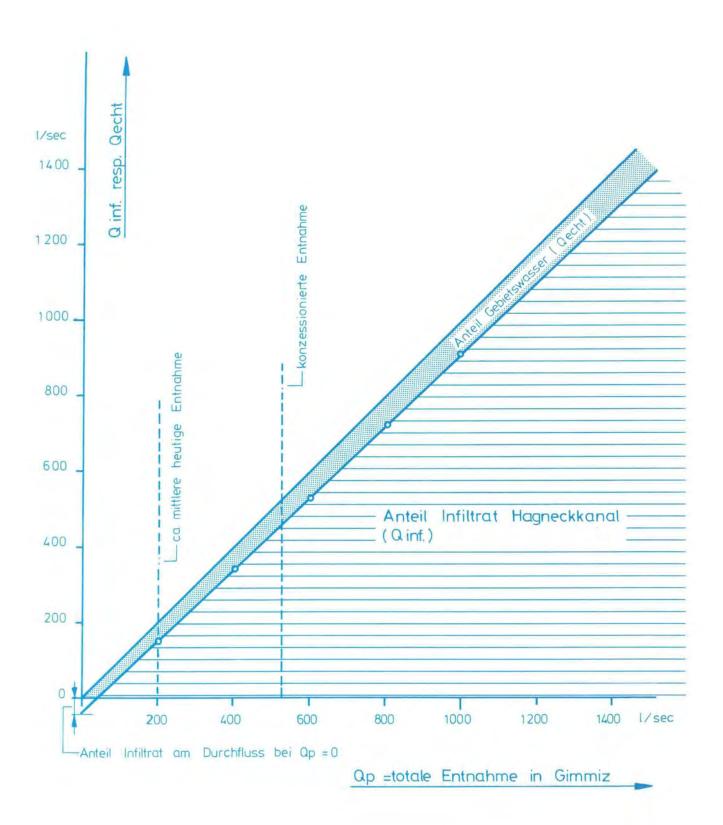
7.2.3. Gebiet Kappelen

Im bestehenden Vertikalfilterbrunnen Kappelen werden nachgewiesenermassen weniger als 10 % der hier vorhandenen Grundwasserreserven entnommen: anlässlich des Pumpversuches für die Schutzzonenabklärung wurde ein T-Wert von ca. 180 · 10^{-3} m²/sec bestimmt. Aus der Entwicklung des Grundwasservorkommens Nord gemäss Abschnitt 4.1.6. geht indessen hervor, dass die Gebietsergiebigkeit mit weniger als 100 l/sec angenommen werden muss. Entnahmen von über 100 l/sec im Raume Kappelen bedingen eine künstliche Alimentation des Grundwasserleiters im Einzugsgebiet von künftigen Fassungen (Zuleitung von Aarewasser aus dem Hagneckkanal). Die speziellen Untersuchungen zur Festlegung der potentiellen Fassungsstandorte und der Anreicherungsanlagen für den Ausbau der Reserven Kappelen stehen noch aus.

7.2.4. Gebiet Worben

Der bestehende Brunnen der SWG kann bis zu einer Förderung von 12'000 1/min belastet werden. Die zur Zeit nicht benutzten Fassungen der Stadt Biel liefern zusammen 20'000 1/min Grundwasser guter Qualität.

Berechnungen mit dem Grundwassermodell des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft haben aufgezeigt, dass ohne künstliche Grundwasseranreicherungen nördlich Lyss, längs der Alten Aare, sich die Entnahmen im Gebiet Worben nicht wesentlich über die bereits bestehende Förderkapazität von 32'000 l/min vergrössern lässt, ohne grosse randliche Gebiete trocken zu legen, was z.B. für die Landwirtschaft (Bewässerung) ungünstig wäre. Allerdings muss hier die Einschränkung angebracht werden, dass sich der Binnenkanal, der im Mittel 250 l/sec Grundwasser abführt, in den Modellberechnungen nur teilweise nachbilden lässt und hierin vermutlich noch weitere Reserven zur Verfügung stehen.



Der natürlich gegebene Grundwasserdurchfluss im Profil Worben - Busswil ist aber durch die bestehenden Nutzungen bereits derart vermindert, dass eine wesentliche Vergrösserung der Entnahmen auch von dieser Seite her (Gebietsergiebigkeit) nicht realisierbar erscheint, falls nicht künstlich angereichert wird.

In der Figur 27 sind die zu erwartenden Grundwasserspiegel im Gebiet Hagneckkanal - Worben bei einem möglichen Grossausbau gemäss vorstehenden Erläuterungen dargestellt. Zu Grunde gelegt sind:

```
800 1/sec Entnahme in Gimmiz
```

60 1/sec Entnahme in Aarberg

300 l/sec Entnahme in Kappelen

200 1/sec Entnahme in SWG

300 1/sec Entnahme in Biel - Worben

1'660 1/sec total Entnahmen

40 l/sec restlicher Abfluss im Profil Worben - Busswil

1'700 l/sec Grundwasserabfluss aus dem Gebiet

Dem gegenüber stehen:

200 l/sec künstliche Anreicherung in Kappelen

200 l/sec künstliche Anreicherung nördlich Lyss

300 l/sec Infiltration Alte Aare

810 1/sec Infiltration Hagneckkanal

165 1/sec echtes Grundwasser

25 1/sec Hangwasserzufluss

1'700 l/sec Grundwasserzufluss ins Gebiet

Die beim angenommenen Vollausbau resultierenden Spiegelabsenkungen sind beträchtlich. Während z.B. im Raume Worben die Vergrösserung des Flurabstandes von heute oft weniger als 1 Meter auf mehrere Meter sehr erwünscht ist, werden sich im Raume Kappelen Probleme wegen den äusserst zahlreichen Bewässerungsbrunnen ergeben. Die bestehenden Fassungen werden hier durchwegs zu vertiefen und mit Unterwasserpumpen auszurüsten sein. Da aber die landwirtschaftliche Nutzung des Gebietes durch die Spiegelabsenkung sonst nicht beeinträchtigt wird der kapillare Steigsaum über dem Grundwasserspiegel beträgt in den dort vor-

kommenden, grobkörnigen Böden weniger als 1 Meter, so dass es für die Vegetationsdecke ohne Bedeutung ist, ob der Spiegel in 2 oder 10 m Tiefe liegt dürfen in Anbetracht des bedeutenden Wertes, den die 1700 l/sec hier nutzbares Grundwasser für die Region Seeland und darüber hinaus darstellen, derartige Aufwendungen wohl verantwortet werden.

7.2.5. Gebiet N Dotzigen

In Anbetracht der Möglichkeit, die Infiltration aus der Alten Aare durch künstliche Grundwasserspiegelabsenkungen mittels Fassungen in 100 – 200 m Entfernung vom Fluss zu vergrössern, könnte auf eine noch vorhandene Reserve qualitativ guten Trinkwassers von max. 100 l/sec geschlossen werden. Diese Aussage stützt sich aber nur auf spärliche Unterlagen; daher ist die hier wahrscheinlich noch vorhandene, nutzbare Grundwassermenge vorsichtigerweise bei der Zusammenstellung der Gesamtreserven weggelassen worden. Eine Realisierung von Fassungen samt Schutzzonen wäre an sich im ausschliesslich landwirtschaftlich genutzten Gebiet auch in Zukunft ohne Schwierigkeiten möglich.

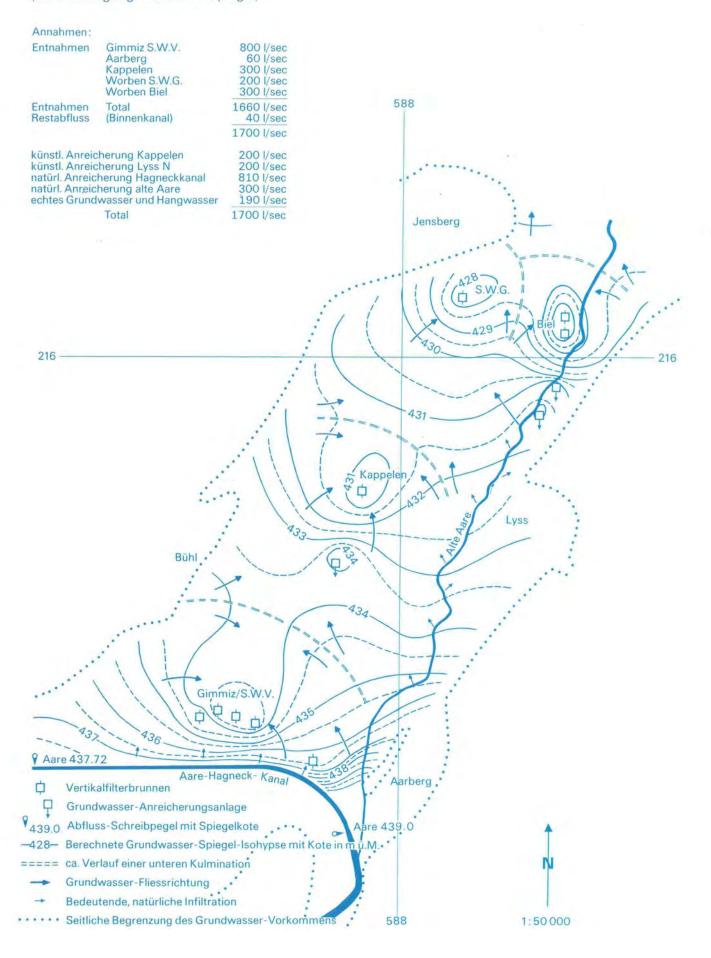
7.2.6. Uebrige Gebiete

Die wesentlichen Daten über die potentiellen Grundwassernutzungsgebiete mehr lokaler Bedeutung von Kallnach - Fräschels, Siselen, Diessbach und Arch sind bereits in den Abschnitten 4.4. und 4.5. mitgeteilt worden, so dass sich hier weitere Erläuterungen erübrigen.

7.2.7. Generelle Beurteilung der Grundwasserreserven

Selten verfügt eine mittelländische Region heute noch über derart grosse, ungenutzte Grundwasserreserven wie das Seeland. Da das Dargebot auch den zukünftigen Bedarf der Bevölkerung bei weitem zu decken vermag, könnte dieser bis anhin unausgenutzte Reichtum z.B. auch für die stark erhöhte Bewässerung zur intensiven landwirtschaftlichen Nutzung, Kühlhäuser, Teibhäuser mit Wärmepumpen und ähnlich gelagerte industrielle Betriebe verwendet werden.

(Randbedingung: tiefer GW-Spiegel)



8. GEWAESSERSCHUTZ

8.1. Gewässerschutzkarte des Kantons Bern

Die heute vorliegenden, umfassenden Kenntnisse über die Grundwasserleiter, Grundwassermengen und Grund- und Quellwasserqualitäten sowie deren Nutzungsmöglichkeiten erlauben es, die Gewässerschutzkarte des Kantons Bern, Blätter 1126 Büren a.A., 1145 Bielersee, 1146 Lyss und 1165 Murten zu überarbeiten. Ein detaillierter Vorschlag einer neuen Zoneneinteilung ist dem kantonalen Wasser- und Energiewirtschaftsamt zugestellt worden. Gegenüber der bestehenden Karte sind folgende, wesentliche Aenderungsvorschläge zu nennen:

Blatt 1126, Büren a.A.

- Mit Ausnahme des unmittelbaren Infiltrationsbereiches längs der Schüss wird das ganze Stadtgebiet Biel (ausserhalb Jura) der Zone B zugeteilt (kein Trinkwassernutzungsgebiet)
- Das ganze Grundwassergebiet nördlich des Nidau Büren Kanals wird mit Ausnahme eines schmalen Uferstreifens längs der Aare in die Zone B eingeteilt (Wasserqualität ungenügend)
- Ein Teil der Talebene südlich Scheuren kann in die Zone B eingeteilt werden (Wasserqualität ungenügend)
- Nördlich von Dotzigen wird neu ein provisorisches Schutzareal ausgeschieden

Blatt 1145, Bielersee

- Das Lüscherzmoos wird, soweit es via Stollen in den Bielersee entwässert, der Zone C zugeteilt (kontrollierbarer Abfluss)
- Das gleiche gilt für das Gebiet Täuffelen Epsachmoos nordöstlich des Hagneckkanals
- Die Talebene des Grossen Mooses ca. südlich der Linie Finsterhennen Erlenwäldli - Kallnach wird der Zone B zugeordnet (schlechte Grundwasserqualität)
- Der südlich des Kallnachkanals gelegene Teil des provisorischen Schutzareals Bargen wird in die Zone A zurückversetzt, das provisorische Areal Bargen dagegen vorläufig unverändert gelassen (laufende Detailabklärung)
- Die Zone schlechten Wassers in der Talebene längs der Hügelzone Walperswil Bühl wird zur Zone B

Blatt 1146, Lyss

- Das provisorische Schutzareal Kappelen Worben wird stark verkleinert, der ganze Teil NE Unter-Werdthof wird neu zur Zone A (ungenügende Wasserqualität)
- Die Radelfingerau wird neu zur Zone B (nur sehr geringe, nutzbare Grundwassermengen)

- Der Bereich qualitativ schlechten Wassers am nordwestlichen Talrand wird zur Zone B
- Das Lyssbachtal bergwärts Lyss wird zur Zone B (keine nutzbaren Wassermengen)
- Die Zone C im Lyssbachtal kann vergrössert werden
- Zwischen Lyss und Worben wird ein Teil des provisorischen Schutzareals beibehalten für eine eventuelle Grundwasseranreicherungsanlage

Blatt 1165, Murten

 der ganze Moosbereich östlich und südlich Müntschemier wird der Zone B zugeordnet (ungenügende Wasserqualität)

Generell ermöglichen somit die vorliegenden, neuen Erkenntnisse eine namhafte Reduktion der Zonen A, vor allem aus nutzungstechnischen Gründen: Grundwassergebiete, in welchen die Wasserqualität derart schlecht ist, dass eine Aufbereitung zu Trinkwasser nicht mehr mit vertretbarem Kostenaufwand möglich ist, können aus der Zone A entlassen und der Zone B zugeteilt werden, besonders, da in der Region grosse, auch langfristig genügende Reserven qualitativ guten Wassers nachgewiesen sind.

Andererseits lässt sich eine Ausscheidung von Zonen C in Grundwassergebieten geringer Ergiebigkeiten und schlechter Wasserqualität nur dort rechtfertigen, wo der Oberflächenabfluss leicht zu kontrollieren ist (z.B. Lüscherzmoos, Täuffelenmoos). Dies ist für das ganze Meliorationsgebiet Ins - Gampelen - Gals mit seinem komplizierten Kanalsystem nicht der Fall, darum wird hier die Zone B beibehalten.

8.2. Schutzzonenfestlegungen

Art. 50 der Kantonalen Gewässerschutzordnung von 1972 schreibt für die Wasserbezugsorte öffentlichen Charakters eine Gewässerschutzzonenausscheidung verbindlich vor.

Zahlreiche Gemeinden und Wasserversorgungsgenossenschaften sind dieser Vorschrift bereits nachgekommen oder haben Schutzzonenabklärungen in Auftrag gegeben; einige Gemeinden haben dieses Problem noch nicht angepackt.

Eine zusammenfassende Uebersicht des Ende 1975 festgestellten Zustandes im Seeland in Bezug auf die Gewässerschutzzonen um öffentliche Wasserbezugsorte gibt die nachstehende Tabelle.

Stand der Schutzzonenfestlegungen um öffentliche Wasserbezugsorte im Seeland Ende 1975

Wasserversorgung (oder Wasserbe- zugsort)	Schutzzonen durch RRB realisiert	Schutzzonen be- stimmt, noch nicht realisiert	Schutzzonenbe- stimmung läuft	Programm für Fest- legung an WEA eingereicht	Programm für Fest- legung bei Ge- meinde	nicht angefangen
Erlach Gals Gampelen Ins Lüscherz Müntschemier Schaltenrain Tschugg Vinelz Witzwil		x (beide GW-Fass.) x			х	x x x x x (Quellen) x
Aarberg Bargen Gimmiz-SWV Kallnach Kappelen D Lyss	X (GW-Fass.) X (GW-Fass.) X	x		x (Quelle)		x (Quellen) x (Quellen)
Meikirch Niederried bK Radelfingen- Detligen Saurenhorn Schüpfen Seedorf		x	x x	x	х	x
Port Safnern B Worben-Biel W Worben-SWG	х	x x		X		
Arch Büren a/A. Diessbach Dotzigen Lengnau Leuzigen Meinisberg Oberwil b/B Pieterlen Rüti b/B	x (GW-Fass.) x	x			x x (Quellen) x	x x x
Laupen Golaten			х			

Es darf festgehalten werden, dass alle grösseren Grundwasserfassungen entweder bereits Schutzzonen besitzen oder solche nächstens errichtet werden. Von den gewässerschutztechnisch gefährdeten Quellfassungen ist ebenfalls ein Teil bereits mit Schutzzonen versehen. Wo solche noch fehlen, handelt es sich oft um abseits gelegene, gut geschützte Quellen in Waldgebieten. Für deren Schutzzonenfestlegung stellt die im Rahmen des Projektes Seeland aufgenommene, detaillierte geologische Kartierung 1:10'000 auch der Quellgebiete eine ausserordentlich wertvolle Unterlage dar.

Der Stand des Gewässerschutzes im Seeland kann damit als fortgeschritten bezeichnet werden.

9. KIESAUSBEUTUNG

Kiesausbeutung, Grundwassernutzung und Grundwasserschutz bilden oft eine Konfliktsituation. Heute können die noch nutzbaren Grundwassermengen genügender Qualität im Seeland als lokalisiert und quantifiziert bezeichnet, andererseits grosse Gebiete der Talebene sowie der Talränder aus quantitativen oder qualitativen Gründen als nicht schützenswerte Grundwasserbereiche abgetrennt werden. Eine Gesamtplanung der Kiesausbeutungsgebiete und der beim Betrieb und der Wiederauffüllung zu treffenden Gewässerschutzmassnahmen kann daher an die Hand genommen werden. Die notwendigen Basisdaten und Beurteilungsgrundlagen stehen zur Verfügung.

Ohne einer derartigen Gesamtplanung vorgreifen zu wollen, darf bereits festgehalten werden, dass einige in der Talebene liegende, grosse Kiesreserven freigegeben werden können, ohne das Grundwasserdargebot für Trinkwasserzwecke im Seeland zu schmälern.

Der dringend notwendige Schutz der nachgewiesenen, qualitativ einwandfreien Grundwasserreserven ist sicher leichter realisierbar, wenn Kiesausbeutungen dort konzentriert werden, wo sie einer künftigen Grundwassernutzung nicht schaden.

VERZEICHNIS DER WICHTIGSTEN LITERATUR

- AEBERHARD, B. (1903): Note sur le quaternaire du Seeland. Arch. Sc. phys. et nat. Genève, Vol. 16.
- AMBUEHL, E. (1935): Geol. Untersuchungen im Berner Seeland. Bericht PEK, unveröff.
 - (1936): Geologie des Bielerbeckens und der St. Petersinsel. Bericht PEK, unveröff.
- ANTENEN, F. (1903): Beitrag zur Kenntnis der Alluvialbildungen am unteren Ende des Bielersees. Eclogae Geol. Helv. 8/4.
 - (1907): Beitrag zur Kenntnis der Alluvialbildungen am unteren Ende des Bielersees. Eclogae Geol. Helv. 8/445.
 - (1914): Beitrag zur Quartärforschung des Seelandes. -Eclogae Geol. Helv. 13/2, 184.
 - (1930): Die Alluvionen des Seelandes. Mitt. natf. Ges. Bern 1930.
 - (1931): Die Alluvionen des Seelandes. Mitt. natf. Ges. Bern.
 - (1936): Geologie des Seelandes. Verl. Heimatkundekomm. Biel.
- ANTENEN, M. (1972): Die Geologie der Regio biennensis. Neues Bieler Jahrbuch 1971, 52 - 112.
- BAUMBERGER, E. (1903): Ueber die Molasse im Seeland und im Bucheggberg. Verh. natf. Fes. Basel, Band XV, Heft 2.
 - (1915): Beiträge zur Geologie der Umgebung von Biel und Grenchen. Verh. natf. Ges. Basel, Band XXVI.
 - (1919): Zur Geologie von Leuzigen mit einem Ueberblick über den geologischen Bau des westlichen Bucheggberges. - Vierteljahresschrift natf. Ges. Zürich 64.
 - (1934): Die Molasse des schweizerischen Mittellandes. Geol. Führer der Schweiz, Fasc. I.
- BECK, H. (1958): Glazialmorphologische Untersuchungen in der Gegend von Solothurn. - Diss. Univ. Freiburg.
- BURRI, F. (1951): Geologie des Jensberges südlich von Biel. Mitt. natf. Ges. Bern, N.F. 8.
- FREI, R. (1912): Ueber die Ausbreitung der Diluvialgletscher in der Schweiz. Beitr. geol. Karte der Schweiz. N.F. 41.
- FRUEH, J. und SCHROETER, C. (1904): Die Moore der Schweiz. Beitr. Geol. der Schweiz, geotechn. Serie 3.
- GERBER, Ed. (1912): Der Tunnel des Elektrizitätswerkes Niederried Kallnach. Ein Beitrag zur praktischen Geologie. - Mitt. natf. Ges. Bern.
 - (1913): Jensberg und Brüttelen, zwei Ausgangspunkte für die Molasse-

- Stratigraphie des bernischen Mittellandes. Eclogae Geol. Helv. 12/4.
- (1950): Ein Beitrag zur Stratigraphie und Tektonik des Dotzigen-Bürenberges im bernischen Seeland. - Eclogae Geol. Helv. 43.
- (1955): Ergebnisse glazialgeologischer Studien nordöstlich Bern. Mitt. natf. Ges. Bern, N.F. 12.
- HAENI, R. (1964): Pollenanalytische Untersuchungen zur geomorphologischen Entwicklung des bernischen Seelandes um und unterhalb Aarberg. Mitt. natf. Ges. Bern, N.F. 21.
- LUEDI, W. (1932): Die Geschichte des Grossen Mooses in der Postglazialzeit. Verh. natf. Ges. Bern 1932.
 - (1935): Das Grosse Moos im westschweizerischen Seeland und die Geschichte seiner Entstehung. Veröff. geobot. Inst. Rübel, Zürich 11/1935.
- MINDER, L. (1960): Eisen-Mangan-Grundwässer. Schweiz. Zeitschrift für Hydrol. Vol. XXII/1.
- MOLLET, H. (1926): Ein alter Senselauf. Eclogae Geol. Helv. Vol. 20/2.
- MUELLER, R. (1974): Abschliessender Bericht über die II Juragewässerkorrektion.
 Biel.
- NUSSBAUM, F. (1907): Ueber die Schotter im Seeland. Mitt. natf. Ges. Bern, 1907. (1912): Die Landschaften des Bernischen Mittellandes. Verl. K.J. Wyss, Bern.
 - (1920): Ueber den Nachweis von jüngerem Deckenschotter im Mittelland nördlich von Bern. Eclogae Geol. Helv. 16/1., 102.
- NUSSBAUM, F. und AEBERHARDT, B. (1912): Bericht über die Exkursionen der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in die diluvialen Schottergebiete der Aare und der Emme. Eclogae Geol. Helv. Vol. 11/6.
- OERTLI, H.J. (1950): Geologie des Dotzigenberges bei Büren a.A. Eclogae Geol. Helv. 43/149.
- PORTMANN, J.-P. (1956): Pétrographie des moraines du glacier würmien du Rhône dans la région des lacs subjurassiens.-Bull. Soc. neuchât. Géogr. 51/5.
- PORTMANN, J.-P. (1966): Pétrographie des formations glaciaires à l'est du lac de Bienne. Eclogae Geol. Helv. 59/2.
- PRIMAULT, B. (1963): Du calcul de l'évapotranspiration. Archiv für Meteo. Geophys. und Bioklimatologie, Serie B, 11/2.
- RUTSCH, R.F. (1933): Beiträge zur Geologie der Umgebung Bern. Beitr. Geol. Karte der Schweiz, N.F. 87.

- SCHAER, U. (1967): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Mesozoikum und Tertiär des Bielerseegebietes. Beitr. Geol. der Schweiz, N.F. 133.
- SCHMID, K. (1931): Erläuterungen zu einer geol. Karte des Gebietes am oberen Ende des Bielersees. Unveröff. Dep. Nat. hist. Museum Bern.
- SCHUPPLI, H.M. (1950): Oelgeologische Untersuchungen im Schweizer Mittelland zwischen Solothurn und Moudon. Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser. 26/3.
- SCHUERER, W. (1928): Geologische Aufnahmen des Jura- und Molassegebietes zwischen Dotzigen und Tavannes. - Diss. Univ. Zürich.
- SCHWAB, H. und MUELLER, R. (1973): Die Vergangenheit des Seelandes im neuen Licht. Ueber die Wasserstände der Juraseen. - Universitätsverlag Freiburg.
- SCHWAB, R.F. (1959): Geologische Untersuchungen in der Molasse der Umgebung von Biel (Kt. Bern). Verl. P.G. Keller, Winterthur.
- STAUB, W. (1928): Neuere Arbeiten über den Aufbau des schweizerischen Mittellandes und die Vorgeschichte seiner Flussläufe. Ges. f. Erdkunde Berlin, 7/8.
 - (1937): Das Berner Seeland. Manuskr. Arch. geotechn. Komm. Zürich.
 - (1938): Die Molasse im Berner Seeland und ihre Durchtalung. Mitt. natf. Ges. Bern, 1938.
 - -(1941): Aufbau und Oberflächengestaltung des Berner Seelandes und seiner Nachbargebiete. Die Alpen, Heft. 10.
- STUDER, B. (1953): Geologie der Schweiz, Zweiter Band, Zürich und Bern.
- TROESCH, J. (1975): Numerische Simulation Dupuit'scher Grundwasserströmungen. Mitt. Nr. 14 und 15 der Versuchsanstalt für Wasserbau. Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich.
- UTTINGER, H. (1949): Regenkarte der Schweiz 1901 1940
- VISCHER, D. (1970): Einfluss eines schwankenden Vorfluterspiegels auf den Grundwasserspiegel. - Schweiz. Bauzeitung. Jg. 88/12.
- WEIBEL, H.R. (1968): Das Amt Büren. Eine geologisch-morphologische und sozioökonomische Raumanalyse. - Verl. H. Lang & Cie. AG, Bern.
- ZIMMERMANN, H.W. (1963): Die Eiszeit im westlichen zentalen Mittelland. Mitt. natf. Ges. Solothurn, 21.
- Anmerkung: Die benutzte hydrogeologische Fachliteratur ist nur soweit zitiert, als im Bericht direkt herangezogen.

VERZEICHNIS DER BENUTZTEN GEOLOGISCHEN KARTEN

- BAUMBERGER, E. (1919): Geologische Karte der Gemeinde Leuzigen. Vierteljahresschr. natf. Ges. Zürich, 64.
- BECKER, Fr. (1973): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000. Blatt 1165, Murten mit Erläuterungen.
- BURRI, F. (1951): Geol. Kartenskizze des Jensberges südlich Biel. Mitt. natf. Ges. Bern N.F. 8.
- GERBER, Ed. (1925): Geologische Karte von Bern und Umgebung. Bern, Kümmerly und Frey.
 - (1950): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blätter 142 Fraubrunnen, 143 Wynigen, 144 Hindelbank, 145 Burgdorf. Atlasblatt 22, mit Erläuterungen.
- NUSSBAUM, F. (1936): Exkursionskarte der Umgebung von Bern. Kümmerly und Frey, Bern. 2. Auflage.
- OERTLI, H. (1950): Geologische Karte des Dotzigenberges. Eclogae Geol. Helv. 43/2.
- RUTSCH, R.F. (1966): Geologische Karte des Grundwassergebietes zwischen Kallnach und Büren a.A. - Aerni-Leuch, Bern.
- SCHAER, U. (1971): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000. Blatt 1145, Bielersee mit Erläuterungen.
- SCHMID, K. (1937): Geol. Kartenskizze der Molasse im Bielerseegebiet. Unveröff. Dep. geol. Inst. Bern.
- SCHWAB, R.F. (1960): Geol. Kartenskizze des Kräjenberges und Büttenberges östlich Biel. - Keller, Winterthur.
- SCHWEIZ. GEOL. KOMM. (1879): Geologische Karte der Schweiz 1:100'000, Blatt XII
 (1904): Flle VII (2. éd.).
- STAUB, W. (1936): Geologische Uebersichtskarte des Seelandes. Unveröff. Dep. Nat. hist. Museum Bern.

LISTE DER GEBRAEUCHLICHSTEN ABKUERZUNGEN

ARA Abwasserreinigungsanlage

A + W Eidg. Amt für Wasserwirtschaft

BKW Bernische Kraftwerke AG

GW Grundwasser

HGS Hydrogeologie Seeland

JGK Juragewässerkorrektion

MZA Meteorologische Zentralanstalt Zürich

P Pege1

Q Abfluss

SWG Seeländische Wasserversorgungsgenossenschaft

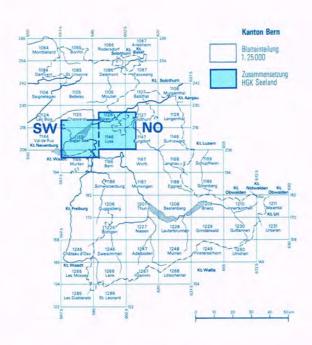
SWV Seeländischer Wasserverbund AG

VLG Verband landwirtschaftlicher Genossenschaften

WEA Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

WV Wasserversorgung

ZRA Zuckerfabrik + Raffinerie Aarberg AG



Wichtiges offenes Gewässer
Seitliche Begrenzung des Grundwasservorkommens
Das Dreieck bezeichnet bei Grundwasseranalysen die im Kanton Bern für Trinkwasser höchst zulässige Konzentration, bzw. niedrigste O₂ Sättigung

Dargestellt werden für den

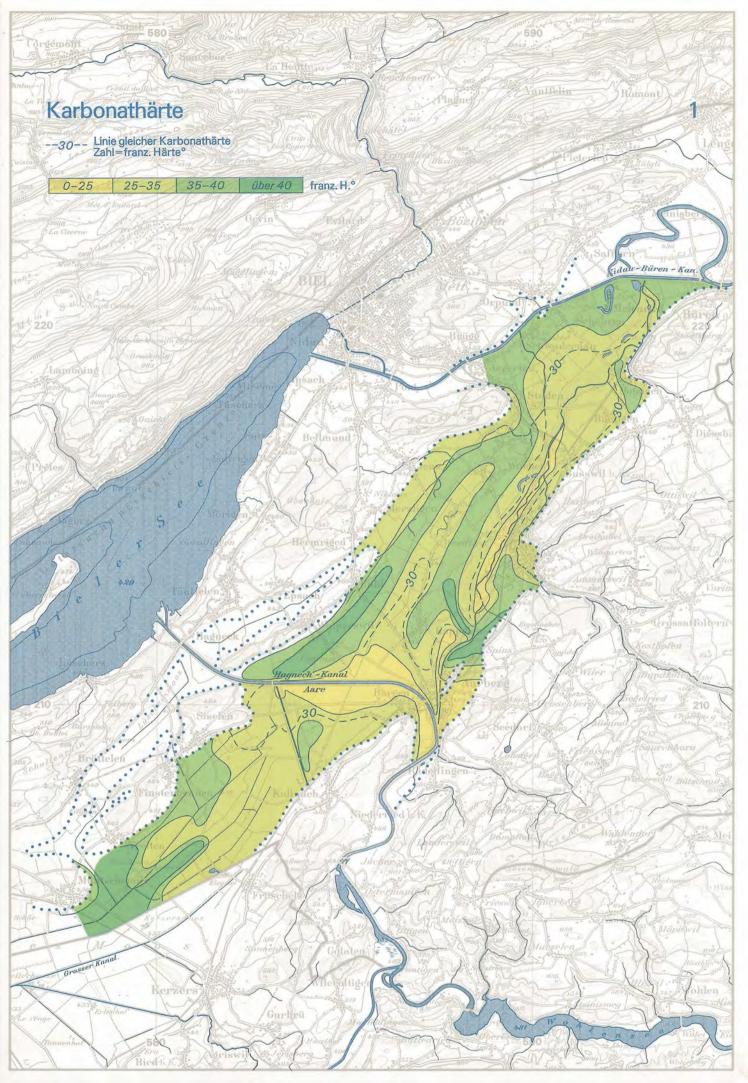
- -Grundwasser-Chemismus die Analysen des Kantonalen Labors vom 4. bis 28. März 1974 und des Lebensmittelinspektorates Biel vom 4. bis 12. März 1974
- -Oberflächenwasser-Chemismus die Mittelwerte von 6 Analysen des kantonalen Gewässerschutzlabors und des Lebensmittelinspektorates Biel in der Zeit von Dezember 1971 bis Juli 1974
- -Eine tabellarische Zusammenstellung der Analysendaten befindet sich in der geolog. Dokumentation des Kantons

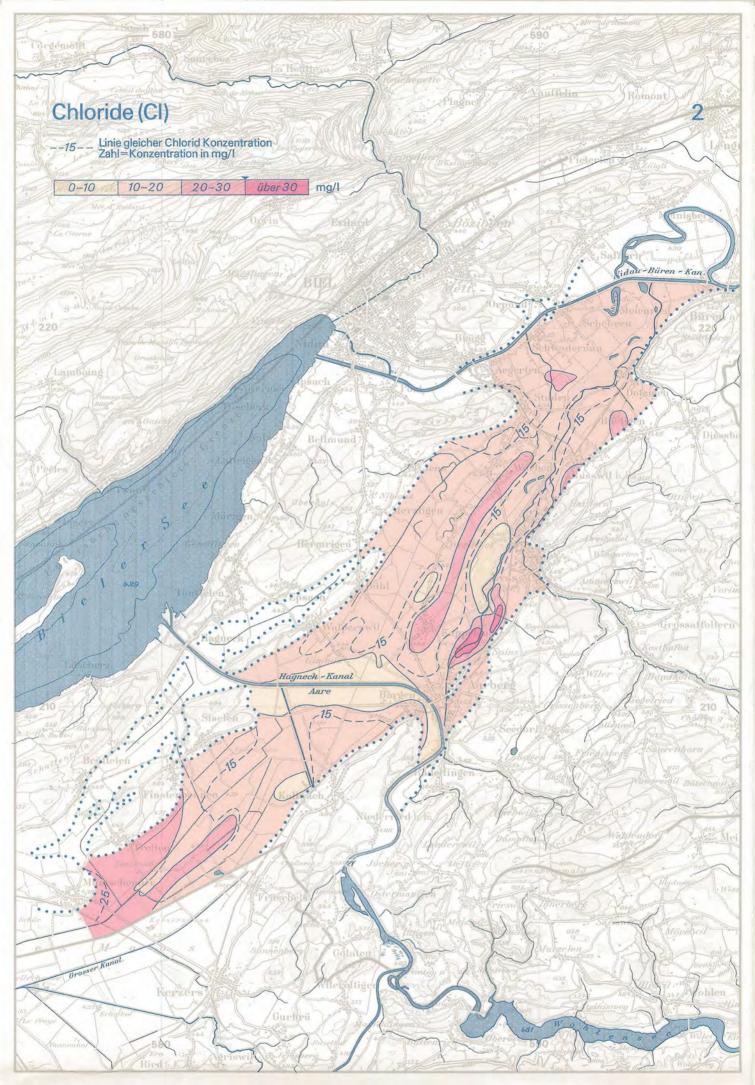
Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text

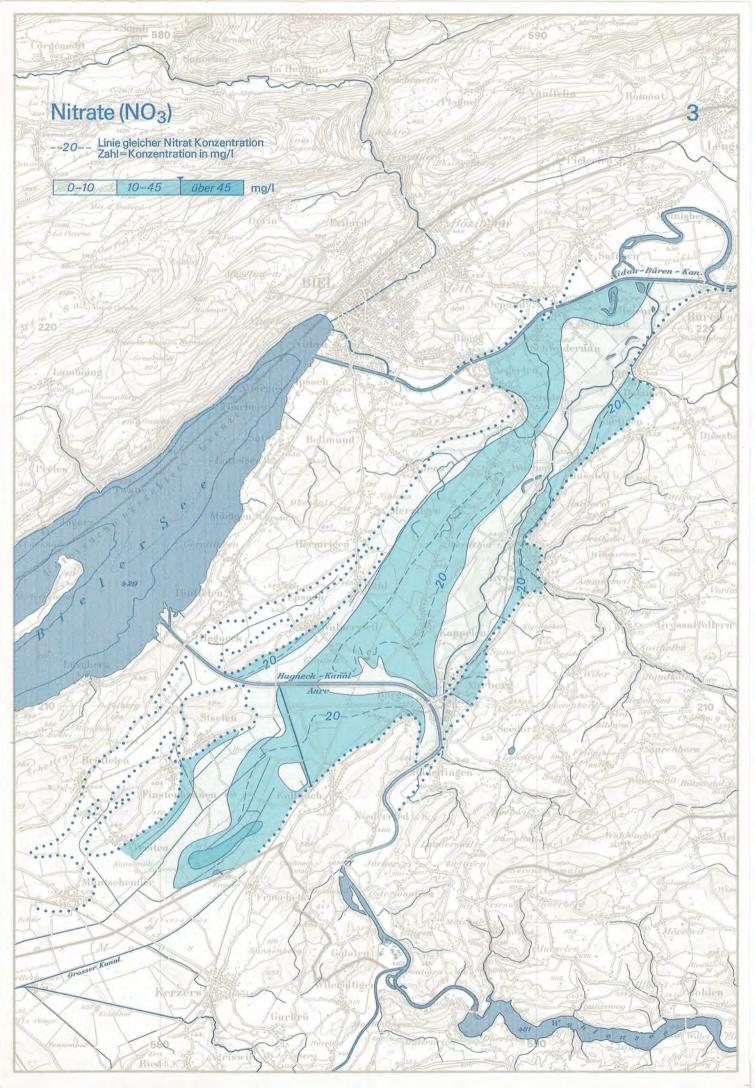
 $Gestaltung, Kartographie: Kant. \,Wasserwirtschaftsamt$

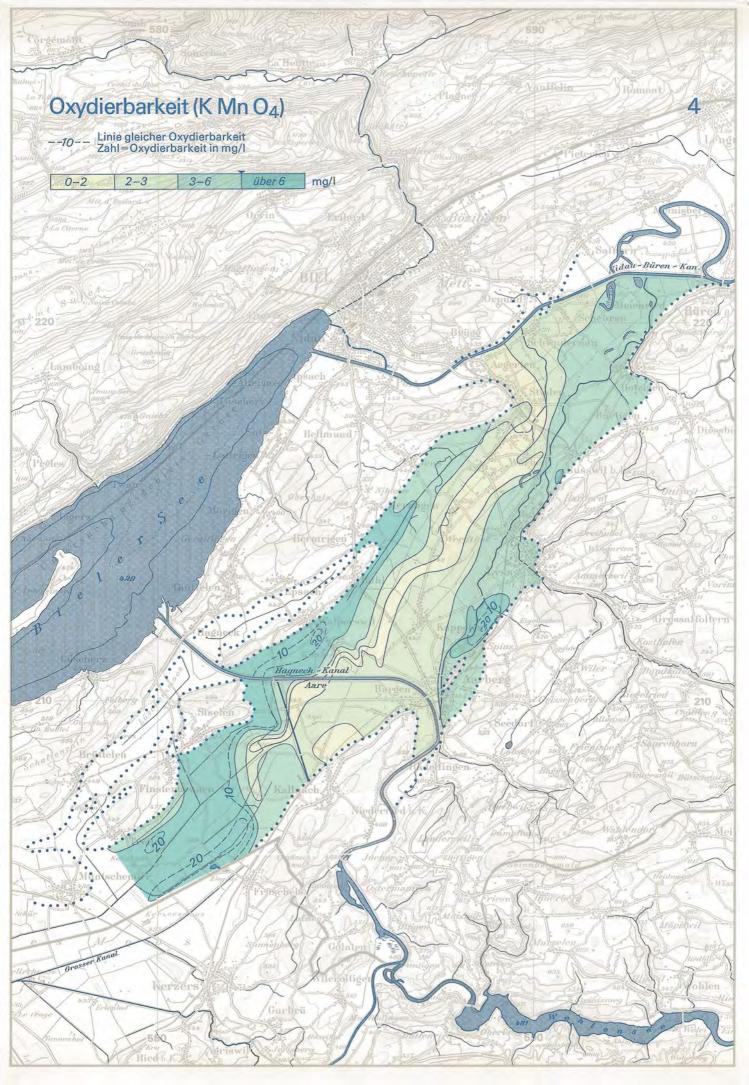
Schrift: Diaset AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern

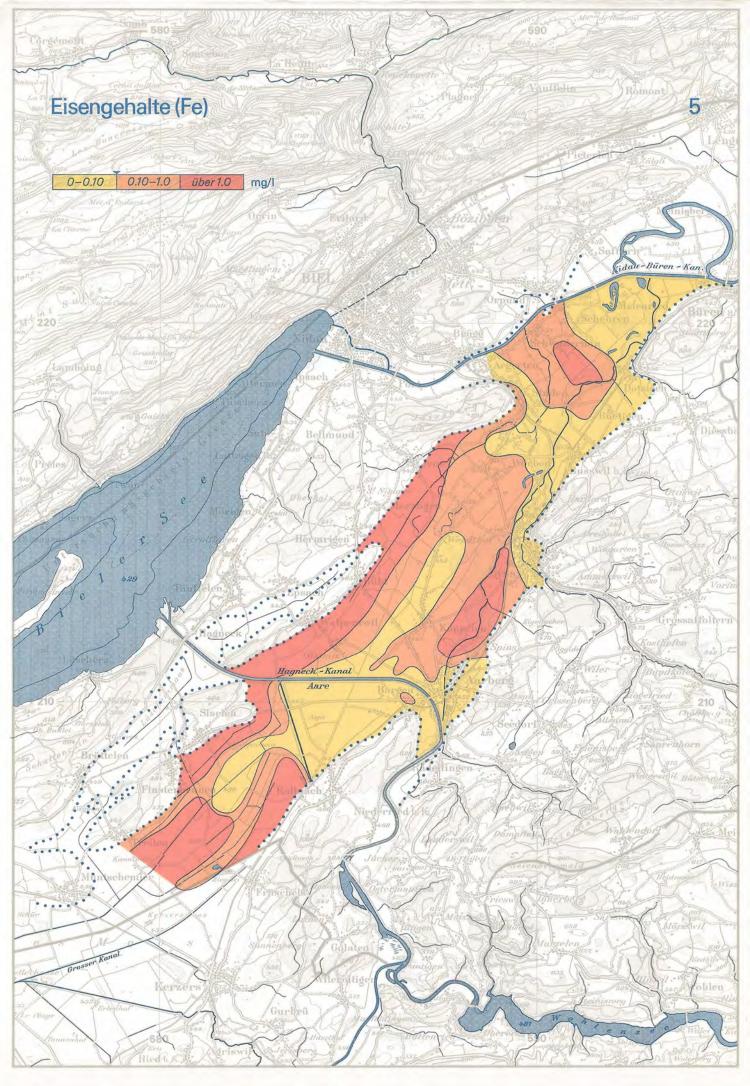
Reprographie, Druck: Aerni-Leuch AG, Bern

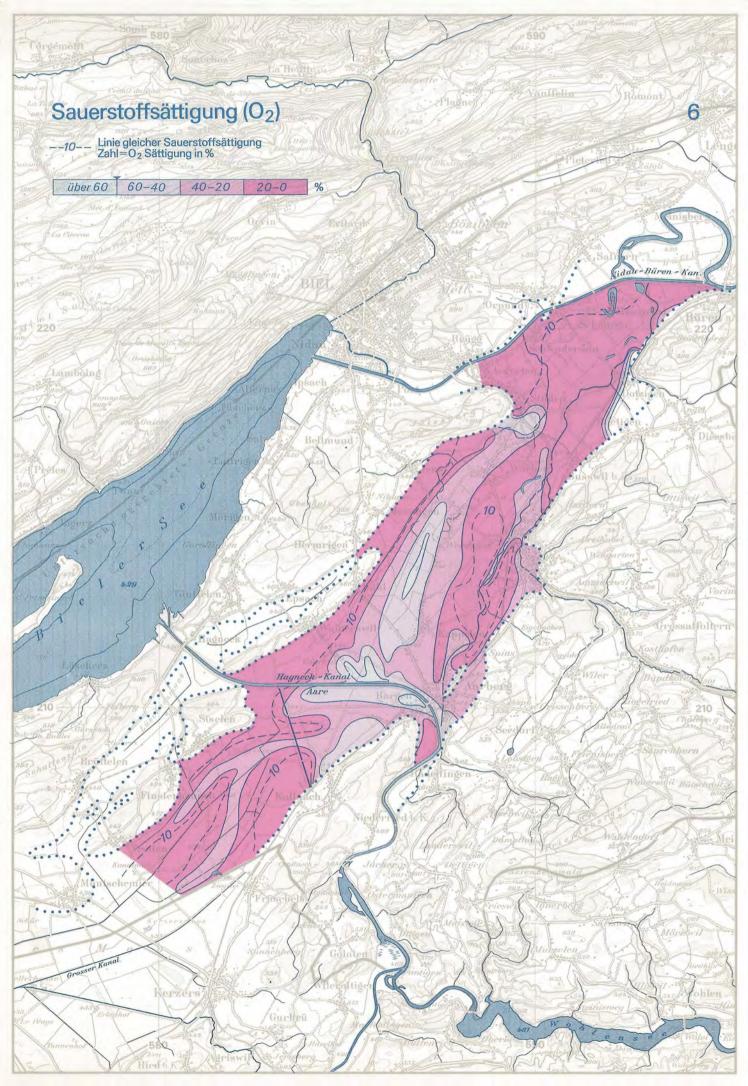


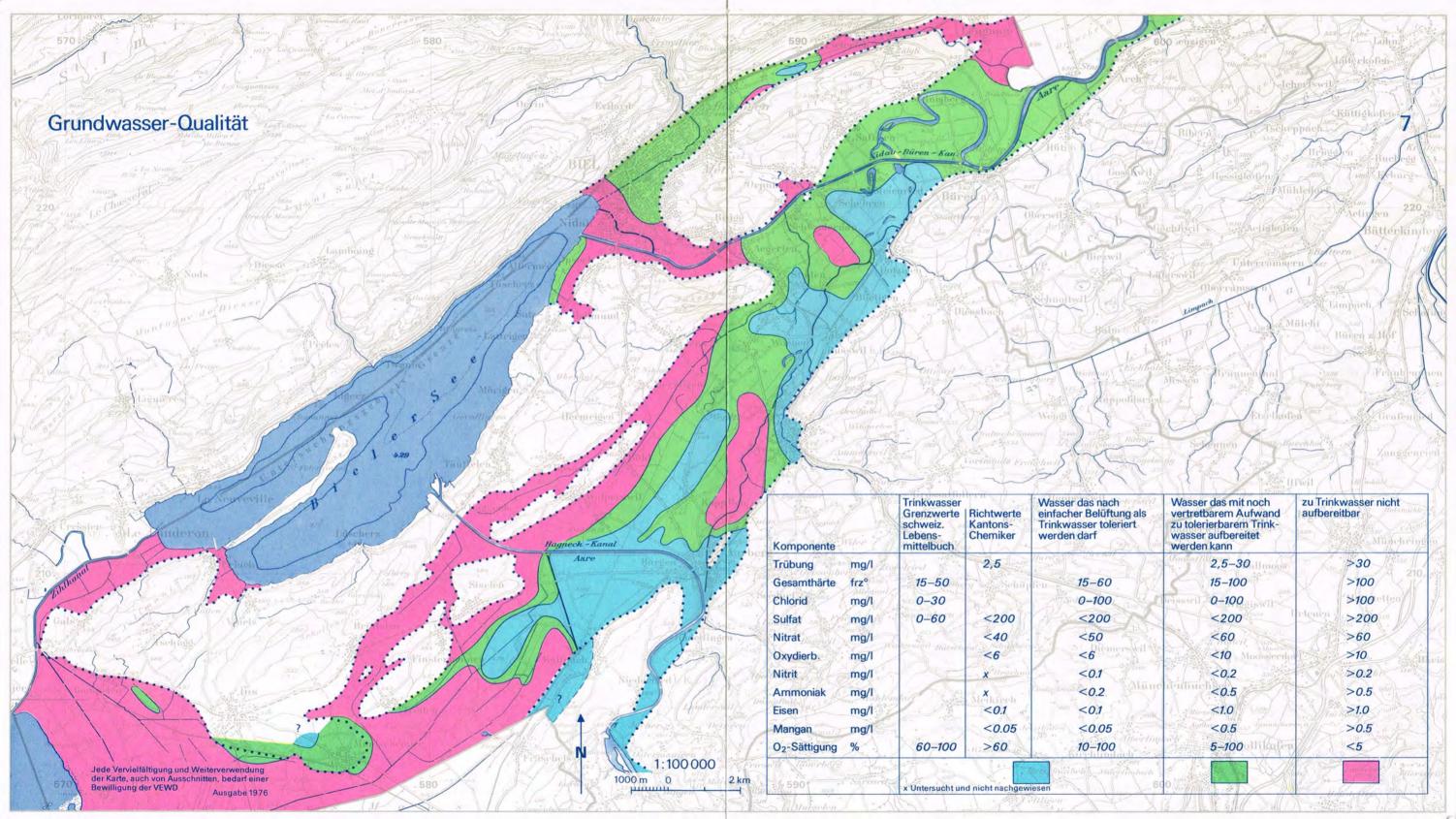


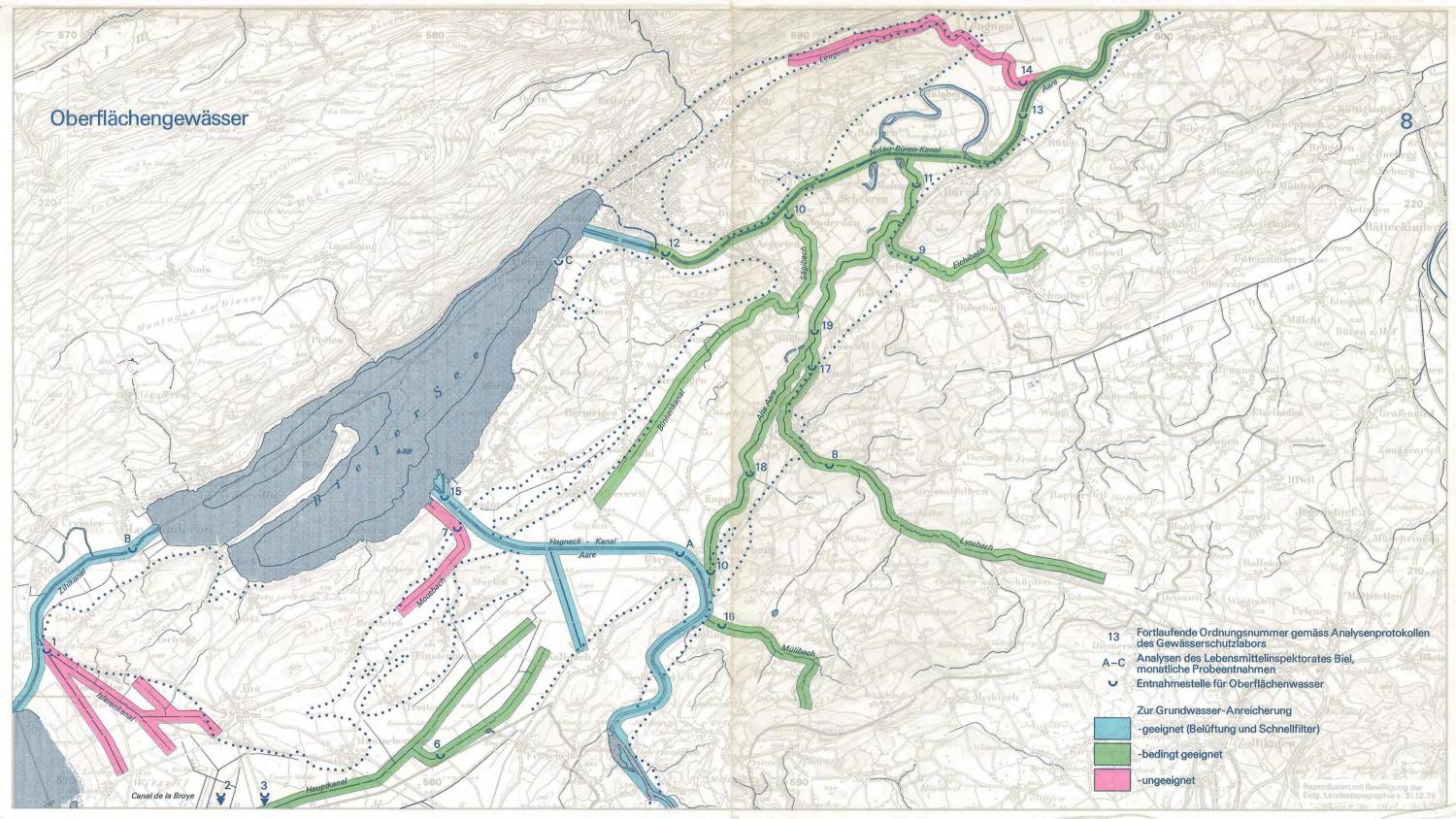












Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Seeland 1:100000

Hydrochemie

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

Bearbeitung: Dres. P. Kellerhals u. B. Tröhler

Geologen SIA, Bern



Wasser-u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

