

NEU!  
Grundwasser-  
schutz- u. Schutz-Karte  
Urtenental 1:25 000

# Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

## Hydrogeologie Urtenental



**WEA**

Leitung:

**Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern**

Bearbeitung:

Ingenieur- und Studienbüro Werner + Partner AG, Burgdorf

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern  
(BVED)

# Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

## Hydrogeologie Urtenental



**WEA**

Leitung:

**Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern**

Bearbeitung:

Ingenieur- und Studienbüro Werner + Partner AG, Burgdorf

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern  
(BVED)

**Bericht:**  
Hydrogeologie Urtenental

**Ausgabe:** 1994/96

**Herausgeber/Leitung:**  
Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)  
Geologie Dr. R. V. Blau

**Bearbeitung:**  
Ingenieur- und Studienbüro Werner + Partner AG, Burgdorf

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

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

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

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	8
<b>RÉSUMÉ</b>	11
<b>1 EINLEITUNG</b>	15
1.1 Veranlassung und Ziel der Untersuchungen	15
1.2 Kredite, Subventionen	16
1.3 Untersuchungsgebiet	16
1.4 Untersuchungsablauf	16
1.4.1 Einbezug vorhandener Untersuchungen	16
1.4.2 Generelles Vorgehen	18
1.5 Bearbeiter	19
1.6 Dokumentation der Untersuchungsergebnisse	19
<b>2 HYDROGEOLOGIE</b>	20
2.1 Elektromagnetische Messungen (VLF)	20
2.2 Sondierbohrungen	20
2.2.1 Bestehende Sondierbohrungen	20
2.2.2 Neue Sondierbohrungen	21
2.3 Grundwasserstauer	23
2.4 Deckschichten und Grundwasserleiter	23
2.5 Geologische Situation und Querprofile [15]	25
2.5.1 Geologisches Profil I: Urtenen	26
2.5.2 Geologisches Profil II: Holzmühle	26
2.5.3 Geologisches Profil III: Zauggenried-Kernenried	27
2.6 Durchlässigkeitsverhältnisse	28
<b>3 HYDROMETRIE UND HYDROGRAPHIE</b>	31
3.1 Messstellennetz	31
3.1.1 Messstellen-Typen	31
3.1.2 Aufbau des Messstellennetzes	33
3.2 Ermittlung der Hydrologischen Grundlagendaten	33
3.2.1 Niederschlag	33
3.2.2 Verdunstung	40
3.3 Messungen an Oberflächengewässern	42
3.3.1 Wasserstände	42
3.3.2 Abflussmengen	44
3.3.3 Chemische Untersuchungen	45
3.4 Messungen im Grundwasser	46
3.4.1 Grundwasserstände	46
3.4.2 Entnahmemengen	47
3.4.3 Chemische Untersuchungen	49
3.5 Beziehung zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser	50
3.5.1 Seitenbäche	50
3.5.2 Urtenen oberhalb Zauggenried	51
3.5.3 Gebiet Zauggenried-Schalunen	53

	Seite
<b>4 ERMITTLUNG DER GRUNDWASSERZU- UND WEGFLÜSSE</b>	<b>55</b>
4.1 Bilanzierungskörper	55
4.2 Grundwasserzuflüsse	58
4.2.1 Direkte Grundwasserneubildung	58
4.2.2 Indirekte Grundwasserneubildung	60
4.2.3 Infiltration aus Oberflächengewässern	60
4.3 Grundwasserwegflüsse	61
4.3.1 Abfluss durch das Bilanzierungsprofil Kernenried/Zauggenried	61
4.3.2 Grundwasserexfiltration	61
4.3.3 Grundwasserentnahmen	61
4.4 Speicheränderung	61
<b>5 NUMERISCHES GRUNDWASSERMODELL</b>	<b>63</b>
5.1 Ziel der Modellbetrachtungen	63
5.2 Aufbau des Grundwassermodells Urtenental	63
5.3 Eichung des Grundwassermodells	67
5.3.1 Stationäre Modelleichung	67
5.3.2 Instationäre Modelleichung	69
<b>6 BESCHREIBUNG DES GRUNDWASSERVORKOMMENS</b>	<b>71</b>
6.1 Grundwasserverhältnisse am 16. August 1988	71
6.1.1 Isohypsen des Grundwasserspiegels	71
6.1.2 Grundwassermächtigkeit	72
6.1.3 Flurabstand	72
6.1.4 Stationäre Grundwasserbilanz	74
6.2 Grundwasserverhältnisse 1987 bis 1989	75
6.2.1 Grundwasserspiegelbewegungen	75
6.2.2 Grundwassermächtigkeit und Flurabstand	76
6.2.3 Instationäre Grundwasserbilanz 1988/89	76
6.2.4 Wasserbilanz	83
6.3 Grundwasserqualität	86
6.3.1 Uebersicht über die untersuchten Parameter	86
6.3.2 Wesentliche Standardparameter	88
6.3.3 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	99
6.3.4 Schwermetalle	99
6.3.5 Leichtflüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffe (CKW)	100
6.3.6 Pestizide	101
6.3.7 Bakteriologische Grundwasserqualität	101
6.3.8 Wasserqualität der Urtenen	102
6.3.9 Gesamtbeurteilung der Qualität des Grundwassers	107
<b>7 NUTZUNGS- UND SCHUTZKONZEPT</b>	<b>109</b>
7.1 Grundlagen für die künftige Trinkwassergewinnung aus dem Grundwasser	109
7.2 Grundwassernutzung und Grundwasserschutz	110
7.2.1 Öffentliche Grundwasserfassungen	110
7.2.2 Mögliche Gefahren für die Grundwasserqualität	110
7.2.3 Nutzbares Grundwasserdargebot	114
7.3 Schlussfolgerungen	115
7.3.1 Grundwasservorkommen Urtenental	115
7.3.2 Grundwasservorkommen Urtenen - Emmental	117
7.3.3 Ökosystem Urtenen-Emme	117
7.4 Datenbank	117

FIGURENVERZEICHNIS

1.1	Untersuchungsgebiet 1:100'000	17
2.1	Schematischer Schnitt durch ein Lockergesteins-Grundwasservorkommen	24
2.2	Profil-k-Werte in mm/s der Sondierbohrungen mit Flowmeterversuchen (1:50'000)	30
3.1	Jährliche Niederschlagssummen der Stationen Oeschberg und Burgdorf für die Jahre 1960 bis 1989	35
3.2	Vergleich der Stationshöhen in m ü.M. mit den jährlichen Niederschlagssummen für die Jahre 1987, 1988 und 1989	36
3.3	Monatliche Niederschlagssummen in mm der Klimastation Oeschberg für die Jahre 1987 bis 1989	38
3.4	Monatssummen der potentiellen Verdunstung nach PENMAN der Klimastation Oeschberg für die Jahre 1987 bis 1989	41
3.5	Ganglinien der Grundwasserstände (Tagesmittel) von urtenennahen Messstationen und des Urtenenabflusses bei Zauggenried	52
4.1	Schematischer Bilanzierungskörper mit Grundwasserzu- und -wegflüssen	55
4.2	Einzugsgebiete im Urtenental (1:100'000)	57
5.1	Grundwassermodell Urtenental und Unteres Emmental: Netzeinteilung (1:100'000)	64
5.2	Grundwassermodell Urtenental: Netzeinteilung (1:50'000)	65
5.3	Grundwassermodell Urtenental: Durchlässigkeitsverteilung aufgrund der Element-k-Werte in mm/s (1:50'000)	68
5.4	Gemessene und berechnete Ganglinien der Grundwasserstände	70
6.1	Genereller Längsschnitt durch das Urtenental	73
6.2	Instationäre Grundwasserbilanz 1988/89. Monatsmittelwerte der einzelnen Grundwasserzu- und -wegflüsse im Modellgebiet	78
6.3	Instationäre Grundwasserbilanz 1988/89. Monatsmittelwerte der aufsummierten Grundwasserzu- und -wegflüsse und der Speicheränderung im Modellgebiet	79
6.4	Bilanzierungsschlange 1988 für den Grundwasserleiter im Urtenental, Mengen in l/s	81
6.5	Bilanzierungsschlange 1989 für den Grundwasserleiter im Urtenental, Mengen in l/s	82
6.6	Wasserbilanz: Verknüpfung der durchschnittlichen Jahresmittelwerte 1988 der Grundwasser-, Oberflächenwasser- und Hydrologischen-Bilanz, Mengen in l/s	84
6.7	Wasserbilanz: Verknüpfung der durchschnittlichen Jahresmittelwerte 1989 der Grundwasser-, Oberflächenwasser- und Hydrologischen-Bilanz, Mengen in l/s	85
6.8	Lagemässige Verteilung der Nitratgehalte (1:50'000); Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der Untersuchungskampagnen 1987-1990	91
6.9	Lagemässige Verteilung der Chloridgehalte (1:50'000); Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der Untersuchungskampagnen 1987-1990	95
6.10	Lagemässige Verteilung der Sauerstoffsättigung (1:50'000); Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der Untersuchungskampagnen 1987-1990	97
6.11	Wasserqualität der Urtenen, Chemiekampagnen 1987-1990 Biochemischer Sauerstoffbedarf, Nitrit, DOC, Ammonium	104
6.12	Wasserqualität der Urtenen; 1974-1976 und 1987-1990 Gesamtposphat, Phosphat, Gesamthärte, Nitrat und Leitfähigkeit	105

TABELLENVERZEICHNIS

2.1	Zusammenstellung der wichtigsten Bohrresultate bestehender Bohrungen	21
2.2	Daten der neuen Bohrungen	21
2.3	Bohrresultate privater Untersuchungen	22
2.4	Daten des Grundwasserleiters	25
2.5	Zusammenstellung der wichtigsten Resultate der Kleinpumpversuche und Flowmetermessungen	28
3.1	Klima- und Niederschlagsstationen in und ausserhalb des Untersuchungsgebietes	33
3.2	Jährliche Niederschlagssummen der Stationen Oeschberg und Burgdorf von 1960 bis 1989	34
3.3	Jährliche Niederschlagssummen 1987 bis 1989	35
3.4	Monats- und Jahressummen in mm der Stationen Oeschberg, Holzmühle, Burgdorf, Hessigkofen und Wahlendorf von 1987	37
3.5	Monats- und Jahressummen in mm der Stationen Oeschberg, Holzmühle, Burgdorf, Hessigkofen und Wahlendorf von 1988	37
3.6	Monats- und Jahressummen in mm der Stationen Oeschberg, Holzmühle, Burgdorf, Hessigkofen und Wahlendorf von 1989	38
3.7	Monatliche Korrekturfaktoren nach SEVRUK der Klimastation Oeschberg für die Jahre 1987 bis 1989	39
3.8	Potentielle Verdunstung in mm nach PENMAN der Klimastation Oeschberg für die Jahre 1987 bis 1989	40
3.9	Messstationen mit kontinuierlicher Aufzeichnung an den Oberflächengewässern im Untersuchungsgebiet	42
3.10	Messstellen für Abfluss- resp. Wasserstands-Messungen an den Oberflächengewässern im Untersuchungsgebiet	43
3.11	Messperioden der Oberflächenwasser-Messstationen mit Wasserstands-Schreibpegeln	44
3.12	Probenahmestellen für Qualitätsuntersuchungen an Moossee und Urtenen (Gewässer- und Bodenschutzlabor)	45
3.13	Qualitätsuntersuchungen in Oberflächengewässern	45
3.14	Messperiode der Grundwasser-Messstationen	46
3.15	Standorte der Piezometer	47
3.16	Öffentliche und private Grundwasserfassungen im Urtenental	48
3.17	Öffentliche und private Grundwasserfassungen im angrenzenden Unteren Emmental	48
3.18	Qualitätsuntersuchungen im Grundwasser	49
3.19	Abflussmessungen an Jegenstorfbach, Stepbach, Hettiswilbach, Bruchbach	51
3.20	Resultate von Differenzmessungen zwischen Urtenen-Schönbühl und Zauggenried	53
3.21	Differenzmessungen, In- und Exfiltrationsüberschüsse zwischen Zauggenried und Schalunen	54
4.1	Einzugsgebiete im Urtenental	56
4.2	Direkte und indirekte Grundwasserneubildung, Jahresmittelwerte 1988	59
4.3	Mittlere Jahresdifferenzen der Grundwasserspiegel und Speicheränderungen der Jahre 1988 und 1989	62

	Seite
6.1 Stationäre Grundwasserbilanz vom August 1988	74
6.2 Instationäre Grundwasserbilanz für die Jahre 1988 und 1989 Mittelwerte der Grundwasserzu- und -wegflüsse für das Grundwasser- vorkommen zwischen Urtenen-Schönbühl und Kernenried/Zauggenried auf 5 l/s gerundet	80
6.3 Untersuchte Parameter der physikalisch-chemischen Standarduntersuchungen	86
6.4 Spezialuntersuchungen	87
6.5 Gesamthärte in [mmol/l] und [°f] mit den dazugehörigen Bezeichnungen	88
6.6 Gesamthärte der Untersuchungskampagnen 1987-1990	89
6.7 Nitratgehalte der Untersuchungskampagnen 1987-1990	90
6.8 Sulfatgehalte der Untersuchungskampagnen 1987-1990	93
6.9 Chloridgehalte der Untersuchungskampagnen 1987-1990	94
6.10 Sauerstoffsättigung der Untersuchungskampagnen 1987-1990	96
6.11 Leitfähigkeit der Untersuchungskampagnen 1987-1990	98
6.12 Qualitätsziele, Toleranzwerte für Trinkwasser der untersuchten Schwermetalle [29], [30]	99
6.13 Untersuchte Parameter der chemisch-bakteriologisch Untersuchungen für Oberflächengewässer (Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft (GSA), Abteilung Gewässer- und Bodenschutzlabor, Bern)	102
6.14 Probenahmestellen für Langzeitvergleiche an der Urtenen	103
6.15 Qualitätsziele und -angaben für Fließgewässer	106
6.16 Vergleich einiger Parameter	107

LITERATURVERZEICHNIS 118

ANHANGVERZEICHNIS 123

Profile der Bohrungen HBB50, HBB51, JEB50, KEB50, MRB50, MRB51, MTB50, MTB51,  
USB50, ZAB50

(mit WEA-Ordnungsnummern)

BEILAGENVERZEICHNIS

Beilage 1	Hydrogeologische Karte Urtenental Isohypsen des Grundwasserspiegels vom 16.8.1988 Oberfläche des Grundwasserstauers 1:25'000 Geologische Profile, L ~ 1:25'000, H ~ 1:1'000, 25 fach überhöht
Beilage 2	Grundwasser-Nutzungs- und Schutz-Karte Urtenental 1:25'000

## ZUSAMMENFASSUNG (R.V. Blau)

### Ziele

Zwei Fragen standen bei den Untersuchungen, die im Rahmen der systematischen Erforschung der für die Wasserversorgung wichtigen Grundwasservorkommen des Kantons Bern durchgeführt worden sind, im Vordergrund:

- **Eignet sich das Grundwasservorkommen des Urtenentales, um sich abzeichnende Schwierigkeiten bei den Wasserversorgungen der nördlichen Agglomeration Bern zu überbrücken?** Die Eigenschaften des Grundwasserleiters waren kaum bekannt, Baugrunduntersuchungen der SBB für den Grauholztunnel hatten zudem gezeigt, dass die bisherigen Modellvorstellungen falsch sind.
- **Wie beeinflusst der Grundwasserstrom des Urtenentales die Grundwasserströmung im Unteren Emmental?** Beim Behandeln von mengen- und gütemässigen Problemen dieses gut untersuchten, für die Wasserversorgung wichtigen Grundwasservorkommens mussten Fehler in Kauf genommen werden, weil der unterirdische Zufluss aus dem Urtenental nicht quantifiziert werden konnte.

1986 stimmte der Grosse Rat einem Untersuchungskredit von 1.4 Mio Fr. zu; der Regierungsrat bewilligte 1992 teuerungsbedingte Mehrkosten von 175'000.- Fr. Der Bund subventionierte die Arbeiten mit 30 %.

### Grundwasservorkommen

Das Grundwasservorkommen zwischen Urtenen-Schönbühl und Fraubrunnen, Kernenried, Zauggenried erstreckt sich über eine Fläche von ung. 18 km<sup>2</sup>. Seine randlichen Einzugsgebiete umfassen ung. 60 km<sup>2</sup>.

Als **Grundwasserstauer** wirkt vor allem der felsige Untergrund, aufgebaut aus Sandsteinen und Mergeln der Unteren Süsswassermolasse; einzig im Gebiet von Urtenen-Schönbühl finden sich an Stelle des Felsens eiszeitliche siltige Sande. Seine Oberfläche hat die Form eines 2 bis 3 km breiten, flachen Troges. Die in ihm abgelagerten eiszeitlichen Schotter, — es sind vor allem sandige und siltige Kiese mit Steinen und vereinzelt Blöcken — bilden den bis 35 m mächtigen **Grundwasserleiter**. Die über ihm liegenden **Deckschichten** setzen sich zusammen aus eiszeitlichen Kiesen und Sanden — es sind Moränen und Seeablagerungen — sowie untergeordnet nacheiszeitlichen Sanden. Die Deckschichten fehlen selten, können im Bereich des Grundwasserleiters bis 20 m mächtig sein.

Die **Mächtigkeit des Grundwassers** schwankt bei den Bohrpunkten zwischen 8 und 30 m, die **Lage des Grundwasserspiegels**, sie ist in erster Linie abhängig von der Niederschlagsversickerung, zwischen 3 und 4 m. Mit Kleinpumpversuchen, Flowmetermessungen und einem Grosspumpversuch sind die **Durchlässigkeiten des Grundwasserleiters** bestimmt worden:

- **Profil-k-Werte:** Die über die gesamte Grundwassermächtigkeit gemittelten horizontalen Durchlässigkeiten liegen zwischen 0.5 und 14.7 mm/s; gut durchlässig ist vor allem der nordwestliche Bereich des Grundwasserleiters;
- **Bereichs-k-Werte:** Die maximalen Werte der horizontalen Durchlässigkeiten (für i. a. 1 m mächtige Bereiche) bei den Bohrpunkten liegen zwischen 2.0 und 65.1 mm/s. Neben vielen auffallend hohen Werten treten im gleichen Profil auch tiefe k-Werte auf: Die Durchlässigkeitsunterschiede über die Höhe des Grundwasserleiters sind beträchtlich.
- **Gebiets-k-Wert:** Für die Projektierung der Grundwasserfassung WAGRA im Mattstettenmoos wurde ein Grosspumpversuch durchgeführt werden, der erlaubte, die durchschnittliche horizontale Durchlässigkeit im Gebiet südlich Mattstetten zu berechnen. Sie liegt bei 1 mm/s.

## Grundwasserhaushalt

Mit dem Grundwasser-Strömungsmodell (2-dimensional, horizontal-eben, Methode der finiten Elemente) ist für die Jahre 1988/89 ausgehend von den Monatsmittelwerten eine instationäre Grundwasserbilanz berechnet worden. Sie zeigt folgendes Bild:

**Grundwasserzuflüsse → Jahresmittelwerte: 1988 ung. 470 l/s; 1989 ung. 275 l/s**

- Die **direkte Grundwasserneubildung**, d.h. der in den Grundwasserleiter sickende Anteil der Niederschläge, die auf das Gebiet des Grundwasserleiters fallen, schwankt beträchtlich. In den Monaten Juni bis September 1988 und Juni bis Dezember 1989 reicht die Niederschlagsmenge infolge der natürlicherweise grossen Verdunstung im Sommerhalbjahr nicht aus, um das Grundwasser zu speisen. Im Frühjahr 1988 erreicht die direkte Grundwasserneubildung maximale Werte (720 l/s im Februar). **Die Jahresmittelwerte betragen 235 l/s (1988) und 90 l/s (1989).**
- Die **indirekte Grundwasserneubildung**, d.h. die unterirdisch aus den seitlichen Einzugsgebieten in den Grundwasserleiter fliessende Wassermenge, schwankt bedeutend weniger, weil das Speichervermögen des grossen Gebietes dämpfend wirkt. Aber auch sie ist in der zweiten Jahreshälfte deutlich kleiner. **Die Jahresmittelwerte: 230 l/s (1988) und 150 l/s (1989).**
- Die **Infiltration der Urtenen** fällt bei der Grundwasserspeisung kaum ins Gewicht. **Die Jahresmittelwerte betragen 5 l/s (1988) und 35 l/s (1989).**

**Grundwasserwegflüsse → Jahresmittelwerte: 1988 ung. 525 l/s; 1989 ung. 350 l/s**

- Die **Exfiltration in die Urtenen** kann bei hohen Grundwasserständen im Mündungsgebiet zum Unteren Emmental über 200 l/s betragen. Sie schwankt stark. **Jahresmittelwerte: 95 l/s (1988) und 15 l/s (1989).**
- Der **Wegfluss ins Grundwasservorkommen Unteres Emmental** schwankte in den beiden betrachteten Jahren zwischen 200 und 700 l/s. **Jahresmittelwerte: 430 l/s (1988); 335 l/s (1989).**

Wie der Vergleich der Jahresmittel der Zu- und Wegflüsse zeigt, ist vom Grundwasservorrat gezehrt worden. **Jahresmittel der Zehrmengen: 55 l/s (1988); 75 l/s (1989).**

## Grundwasserqualität

Erschreckend ist die nicht in diesem Ausmasse erwartete **Nitratbelastung des Grundwassers, die hauptsächlich von der nicht umweltgerechten Düngung der landwirtschaftlich genutzten Flächen herrührt.** Von den 92 untersuchten Proben erfüllen nur 10 % das Qualitätsziel für Trinkwasser (kleiner 25 mg NO<sub>3</sub>/l), weitere 25 % weisen Gehalte auf die unter dem Toleranzwert für Trinkwasser (40 mg NO<sub>3</sub>/l) liegen; **die restlichen 65 % müssten als Trinkwasser beanstandet werden.** 25 % der Analysen zeigen Werte, die über 50 mg NO<sub>3</sub>/l liegen.

Von den 92 untersuchten Proben weisen **15 % Chloridgehalte und 26 % Sauerstoffsättigungen auf, die die Qualitätsziele für Trinkwasser nicht erfüllen** (Qualitätsziele: Cl kleiner 20 mg/l; O<sub>2</sub> grösser 60 %). Bei drei Messstellen lagen die Gehalte an Eisen, bei einer davon auch an Mangan, über den Toleranzwerten (Fe 0.3 mg/l; Mn 0.05 mg/l) für Trinkwasser. Die Ursachen dieser relativ geringfügigen Belastungen des Grundwassers sind nicht klar ersichtlich.

Alle Analysen zeigen, dass das **Grundwasser ziemlich hart bis hart ist** (25 bis 32 bzw. 32 bis 42 franz. Härtegrade).

Untersucht worden ist auch, ob im Grundwasser polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (11 Proben), leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe (12 Proben) oder Pestizide (Wirkstoffe Atrazin und sein Abbauprodukt Desethylatrazin, Simazin; 22 Proben) vorhanden sind. Die Stoffe waren meist nicht nachweisbar, in einzelnen Fällen lagen die Gehalte weit unter den Toleranzwerten für Trinkwasser.

## Nutzungs- und Schutzkonzept

• Das Grundwasservorkommen im Urtenental ist bedeutend für die regionale Trink- und Brauchwasserversorgung. Neben den bewilligten Entnahmen (konzessionierte Leistung 105 l/s) verfügt es über nutzbare Reserven (50 bis 100 l/s) für einen künftigen Bedarf. Es eignet sich auch für die Wärmeengewinnung mit Grundwasser-Wärmepumpen und für die landwirtschaftliche Bewässerung.

Der Kanton strebt an, den Trink- und Brauchwasserbedarf auch weiterhin vorwiegend mit Grundwasser zu decken. Das Grundwasservorkommen ist daher zu schützen, auch wenn sich die regionale Versorgungslage mit dem Bau neuer Grundwasserfassungen im Aaretal südlich Bern durch den Wasserverbund Region Bern AG wesentlich verbessert hat. Die immer intensivere Nutzung des Landes über unsern Grundwasserleitern und in ihren Einzugsgebieten bringt ein Gefahrenpotential mit sich, das nie ganz beherrscht werden kann. Dies zeigen die vielen Grundwasserverschmutzungen, wie auch einzelne Fassungen, die aufgegeben werden mussten. Wir dürfen gute Fassungsgebiete nicht leichtfertig preisgeben. Ein Schutzareal ist daher möglichst rasch auszuscheiden, als Grundlage für die regionale Nutzungsplanung des Bodens. Da das Schutzzonenkonzept der Schweiz von 1977/82 nicht genügt, um Verunreinigungen mit chemischen Schadstoffen zu verhindern, müssen Schutzvorkehrungen auch in den Zuströmbereichen der bestehenden und künftigen Fassungen angeordnet werden. Das heisst für die Zukunft:

- Die landwirtschaftliche Nutzung des Bodens ist ordnungsgemäss und umweltgerecht zu betreiben. Das im Sinne der "Agrarstrategie 2000 des Kantons Bern" angestrebte Ziel, flächendeckend integriert zu produzieren, ist weiter zu verfolgen. Nötig sind aber auch weitere flankierende Massnahmen, insbesondere eine extensivere Nutzung des Bodens in einzelnen Gebieten, damit der Nitratgehalt des Grundwassers unter den Toleranzwert für Trinkwasser sinkt.
- Anlagen, in denen wassergefährdende Stoffe hergestellt, gelagert, umgeschlagen oder verwendet werden, müssen überprüft und wenn nötig besser gesichert, unterhalten und überwacht werden.
- Die Inhaber dieser Anlagen wie auch die Betreiber von Verkehrswegen haben zudem geeignete Überwachungs- und Alarmanlagen einzurichten und zu unterhalten, Einsatzpläne für den Störfall aufzustellen und dafür zu sorgen, dass ein effizientes Eingreifen zu jedem Zeitpunkt möglich ist.
- Verschiedene der nachgewiesenen Altlasten sind eingehender zu untersuchen, wenn nötig zu überwachen oder unter Umständen zu sanieren.
- Die mengen- und gütemässige Entwicklung des Grundwasservorkommens ist sorgfältig zu überwachen. Bei der Wahl der zu beobachtenden Güteparameter sind die bestehenden Gefahrenherde (z.B. Industrie und Gewerbebetriebe) mit zu berücksichtigen.

• Das Grundwasservorkommen des Urtenentals gehört zum Zuströmbereich des Grundwasserleiters im Unteren Emmental, der heute intensiv genutzt wird.

Gefährdet sind vor allem die Grundwasserfassungen der Wasserversorgung Gemeindeverband Vennersmühle im Fraubrunnen-Rüetligewald. Schutzmassnahmen im Urtenental sind deshalb auch nötig, um den wichtigen Grundwasserleiter im Emmental als Trinkwasserreserve zu erhalten.

• Das Urtenental-Grundwasser ist ein Glied des erhaltenswerten, reichhaltigen, sehr empfindlichen Ökosystems Urtenen-Emme.

Eine weitere Verpflichtung, Sorge zu tragen, zum uns anvertrauten Gut.

Die Amtsstellen, die Wasserversorgungen, die Gemeinden und die Bürger werden durch diese anspruchsvollen Aufgaben gefordert. Das kostbare Gut Grundwasser, unser Trinkwasser, und das reichhaltige, erhaltenswerte Ökosystem Urtenen-Emme lohnen den Einsatz!

## RÉSUMÉ (R.V. Blau)

### Buts

Les recherches hydrogéologiques entreprises dans la vallée de l'Urtenen s'inscrivaient dans le cadre de l'examen systématique des aquifères du canton importants pour l'alimentation en eau potable. Les deux principales questions posées étaient les suivantes:

- **Le gisement d'eau souterraine de la vallée de l'Urtenen se prête-t-il pour combler les manques d'eau potable qui risquent de se présenter bientôt dans la partie nord de l'agglomération bernoise?** Les caractéristiques de l'aquifère n'étaient guère connues, et les travaux géotechniques effectués par les CFF pour le tunnel du Grauholz ont démontré que l'image que l'on se faisait de cet aquifère était erronée.
- **De quelle façon l'écoulement de l'eau souterraine de la vallée de l'Urtenen influence-t-il celui de la basse vallée de l'Emme?** Lorsque furent traités les problèmes quantitatifs et qualitatifs du gisement emmentalais, certaines erreurs durent être tolérées, vu que l'on ne connaissait pas l'afflux d'eau souterraine provenant de la vallée de l'Urtenen.

En 1986, le Grand Conseil approuva un crédit de recherches de 1.4 mio de francs; en 1992 le Conseil-exécutif accorda un crédit supplémentaire de 175'000.- pour compenser le renchérissement. La Confédération accorda une subvention de 30 %.

### Gisement d'eau souterraine

Le gisement d'eau souterraine situé entre Urtenen-Schönbühl et Fraubrunnen, Kernenried et Zauggenried occupe une surface de quelque 18 km<sup>2</sup>. La partie bordière du bassin versant englobe environ 60 km<sup>2</sup>.

Le mur de l'aquifère est constitué par le soubassement rocheux, en l'occurrence les grès et marnes de la molasse inférieure d'eau douce. C'est uniquement dans la région d'Urtenen-Schönbühl que ces roches sont remplacées par des sables limoneux d'origine glaciaire. La base de l'aquifère forme une dépression peu profonde de 2 à 3 km de largeur. Les graviers de l'époque glaciaire qui y sont déposés – il s'agit principalement de graviers sableux et limoneux avec des pierres et quelques blocs – forment l'aquifère qui atteint une épaisseur de 35 m. Les couches recouvrant l'aquifère sont constituées de graviers et sables de l'époque glaciaire – dépôts morainiques et lacustres – et en petite partie de sables postglaciaires. Les couches de couverture manquent rarement, elles peuvent atteindre une épaisseur de 20 m.

L'épaisseur de la zone saturée varie, d'un forage à l'autre, de 8 à 30 m, la position de la surface piézométrique entre 3 et 4 m, cette dernière dépendant avant tout de la part des précipitations s'infiltrant. Au moyen de petits essais de pompage, de mesures au flowmeter et d'un grand essai de pompage, on a déterminé les perméabilités de l'aquifère:

- **Perméabilité de profil:** les perméabilités horizontales pondérées pour l'ensemble de la couche aquifère se situent entre 0.5 et 14.7 mm/s; la partie nord-ouest de l'aquifère est particulièrement perméable.
- **Perméabilité par tranches:** les valeurs maximales des perméabilités horizontales (déterminées en général pour des secteurs d'une épaisseur de 1 m) près des points de forages se situent entre 2.0 et 65.1 mm/s. On observe de nombreuses valeurs très élevées, et dans le même profil d'autres valeurs plus basses: la répartition des perméabilités sur l'épaisseur d'un profil est très hétérogène.
- **Perméabilité régionale:** lors des travaux de planification du puits de la WAGRA dans le Mattstettenmoos un grand essai de pompage a permis de déterminer une perméabilité horizontale moyenne de 1 mm/s pour la région sise au sud de Mattstetten.

## **Bilan hydrique**

Grâce au modèle d'écoulement (à deux dimensions, horizontal, méthode des éléments finis), il a été possible d'établir à partir des moyennes mensuelles un bilan non stationnaire pour les années 1988/89:

**Afflux d'eau souterraine → valeurs annuelles moyennes: 1988 env. 470 l/s; 1989 env. 275 l/s**

- La recharge directe de la nappe, c'est-à-dire la partie des précipitations qui s'infiltrent dans la région de l'aquifère, est sujette à d'importantes variations. Pendant les mois de juin à septembre 1988 et juin à décembre 1989 les précipitations n'ont pas contribué à la recharge de la nappe, à cause de la très forte évapotranspiration. En printemps 1988 la recharge directe de la nappe atteignit des valeurs maximales (720 l/s en février). Les valeurs moyennes annuelles s'élevèrent à 235 l/s en 1988 et à 90 l/s en 1989.
- La recharge indirecte de la nappe, c'est-à-dire les sous-écoulements provenant des parties latérales du bassin versant, varie beaucoup moins vu que la capacité d'emmagasinement de cette vaste région a un effet amortissant. Mais elle aussi est sensiblement plus réduite pendant la seconde moitié de l'année. Les valeurs annuelles moyennes: 230 l/s en 1988 et 150 l/s en 1989.
- L'infiltration de l'eau de l'Urtenen ne participe que très modestement à la recharge. Les valeurs annuelles moyennes: 5 l/s en 1988, 35 l/s en 1989.

**Les écoulements → valeurs annuelles moyennes: env. 525 l/s en 1988, env. 350 l/s en 1989.**

- L'exfiltration de l'eau de la nappe dans l'Urtenen peut atteindre 200 l/s dans la région de l'embouchure de l'Urtenen dans le bas Emmental, du moins lors de hautes eaux; elle est très variable. Valeurs annuelles moyennes: 95 l/s en 1988, 15 l/s en 1989.
- L'écoulement dans l'aquifère du bas Emmental a varié entre 200 et 700 l/s pendant les deux années observées. Valeurs moyennes annuelles: 430 l/s en 1988, 335 l/s en 1989.

La comparaison de la recharge et de l'écoulement montre que l'écoulement dépasse la recharge, de 55 l/s en 1988, de 75 l/s en 1989 (moyennes annuelles).

## **Qualité de l'eau souterraine**

Les teneurs en nitrates ont atteint un niveau inattendu: elles sont dues principalement à une fumure non respectueuse de l'environnement sur les surfaces agricoles. Des 92 échantillons analysés, seuls 10 % accusaient des concentrations correspondant aux objectifs de qualité pour l'eau potable (inférieure à 25 mg NO<sub>3</sub>/l), 25 % accusaient des valeurs inférieures aux valeurs tolérées pour l'eau potable (40 mg NO<sub>3</sub>/l). 65 % des échantillons ne répondraient pas aux exigences d'une eau potable. 25 % des analyses accusaient des concentrations dépassant 50 mg NO<sub>3</sub>/l.

Des 92 échantillons analysés 15 % accusaient des teneurs en chlorures et 26 % des teneurs en oxygène ne correspondant pas aux objectifs de qualité pour l'eau potable (objectifs de qualité: Cl < 20 mg/l, saturation en O<sub>2</sub> > 60 %). L'eau de trois stations d'observation avaient des teneurs en fer, une d'elle des teneurs en manganèse supérieures aux valeurs tolérées (Fe 0.3 mg/l, Mn 0.05 mg/l). Les causes de ces pollutions relativement faibles ne sont pas connues. Toutes les analyses indiquent que l'eau est assez dure, voire dure (25 à 32 et 32 à 42 °fr. de dureté).

Il a également été analysé si l'eau souterraine contenait des hydrocarbures polycycliques aromatiques (11 échantillons), des hydrocarbures chlorés volatils (12 éch.) ou des pesticides (agent actif atracine et son produit métabolique déséthylatracine, simazine; 22 éch.). Ces substances ne purent généralement pas être décelées. Dans quelques cas, les teneurs étaient largement inférieures aux valeurs tolérées pour l'eau potable.

## Gestion et protection

• Le gisement d'eau souterraine de la vallée de l'Urtenen est important pour l'approvisionnement régional en eau potable et en eau d'usage. En plus des exploitations autorisées (105 l/s) ce gisement offre des réserves exploitables (50 à 100 l/s) pour satisfaire une future demande. L'aquifère en question se prête également à l'exploitation de chaleur au moyen de pompe à chaleur et à l'irrigation agricole.

Le canton entend continuer à assurer l'approvisionnement en eau potable et en eau d'usage autant que possible par l'exploitation de nappes souterraines; il faut donc que cette réserve soit protégée efficacement, même si la situation régionale s'est grandement améliorée grâce à la construction des nouveaux puits au sud de Berne par l'entreprise Wasserverbund Bern AG. L'utilisation toujours plus intensive du sol au-dessus des gisements d'eau souterraine et dans leur bassin versant cause un danger potentiel impossible à maîtriser. Preuve en sont les nombreuses pollutions d'eau souterraine ainsi que l'abandon de plusieurs captages. Nous ne devons pas renoncer à la légère à de bons gisements. Il faut donc délimiter le plus rapidement possible un périmètre de protection qui serve de base à l'aménagement régional. Comme la conception de la protection de notre pays, datant des années 1977 et 1982, ne suffit pas à éviter les pollutions par des substances chimiques, il convient de prendre des précautions ultérieures dans les zones d'appel des captages existants et futurs. A l'avenir il faudra prendre les mesures suivantes:

- L'exploitation agricole doit se faire dans les règles et dans le respect de l'environnement; il faut continuer à poursuivre le but de la production intégrée sur tout le territoire du canton, ceci dans le sens des objectifs poursuivis par "stratégie agricole 2000 du canton de Berne".. Des mesures supplémentaires sont nécessaires, notamment une exploitation agricole extensive dans certaines régions afin d'abaisser les teneurs en nitrate des eaux souterraines au dessous du seuil de tolérance.
- Les installations qui fabriquent, entreposent, transvasent ou utilisent des substances pouvant polluer l'eau souterraine doivent être contrôlées et, le cas échéant, mieux assurées, entretenues et surveillées;
- Les propriétaires de telles installations ainsi que les exploitants de voies de communication doivent installer et entretenir des systèmes de surveillance et d'alarme adéquats, établir des plans d'intervention en cas d'accidents, et veiller à ce qu'une intervention efficace soit possible en tout temps.
- Quelques sites contaminés doivent être examinés plus soigneusement, si nécessaire surveillés et éventuellement assainies.
- Le développement quantitatif et qualitatif de l'eau souterraine doit être soigneusement surveillé. Lors du choix des paramètres de surveillance, il faut tenir compte des foyers de pollution existants (industries, artisanat)

• Le gisement d'eau souterraine de la vallée de l'Urtenen fait partie de la zone d'appel de l'aquifère de l'Emmental inférieur, aquifère largement exploité.

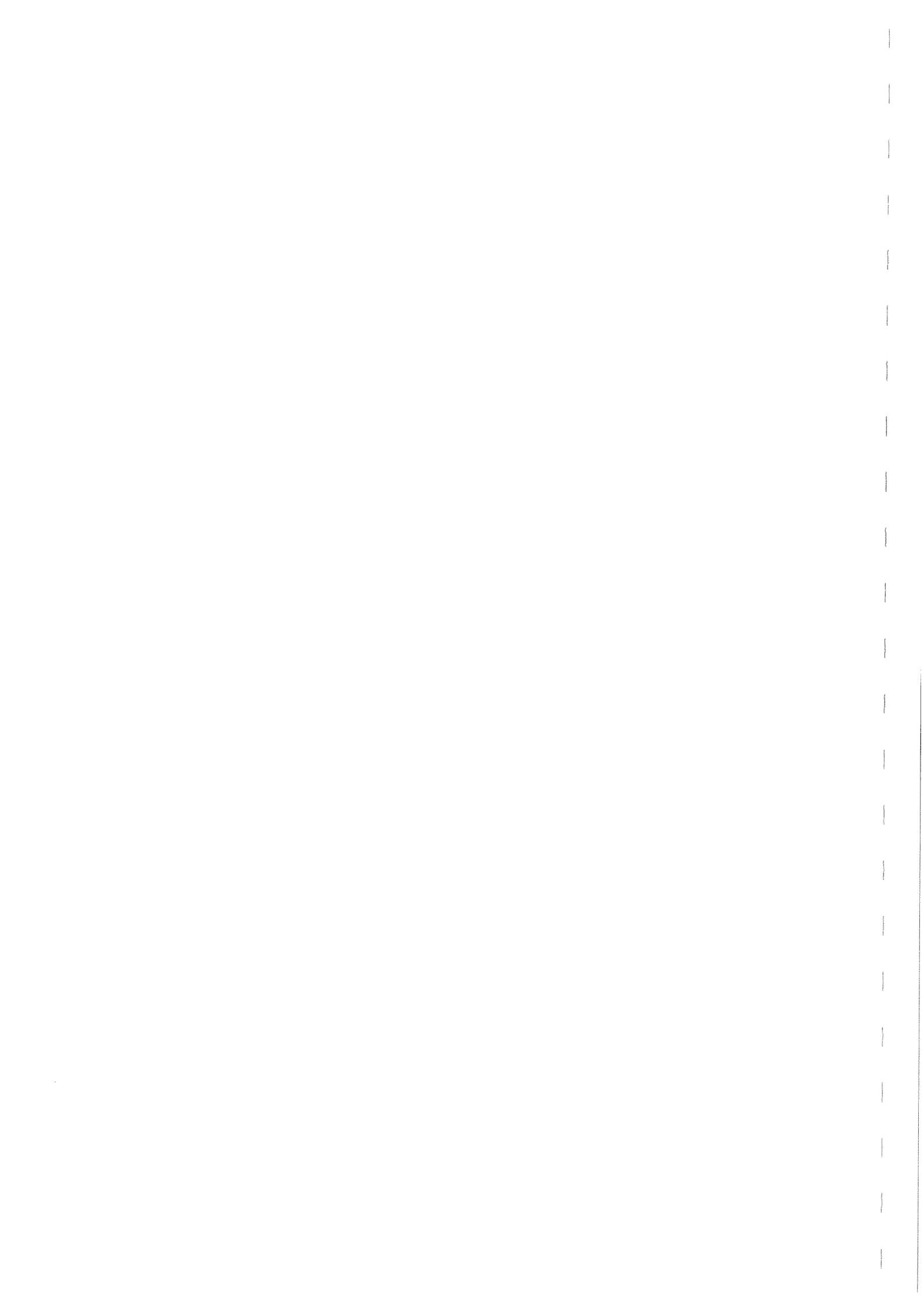
Les captages du syndicat d'alimentation en eau Vennersmühle dans la forêt de Fraubrunnen-Rüetligen sont particulièrement menacés. C'est pourquoi il est nécessaire de protéger le gisement de la vallée de l'Urtenen afin de pouvoir assurer la réserve d'eau potable que constitue l'important aquifère de l'Emmental inférieur.

• La nappe souterraine de la vallée de l'Urtenen fait partie du système écologique particulièrement sensible de l'Urtenen et de l'Emme.

Cela est un élément supplémentaire qui nous engage à prendre soin d'un bien qui nous est confié.

Les services cantonaux responsables, les services d'alimentation en eau potable, les communes et les bourgeois sont appelés à prendre leurs responsabilités. Ce bien inestimable qu'est l'eau souterraine ainsi que le système écologique de l'Urtenen et de l'Emme qui est digne d'être sauvegardé, en valent la peine.

(Traduction: G. della Valle, OEHE)



# GRUNDLAGEN FÜR SCHUTZ UND BEWIRTSCHAFTUNG DER GRUNDWASSER DES KANTONS BERN

## Hydrogeologie Urtenental

---

### 1 EINLEITUNG

#### 1.1 Veranlassung und Ziel der Untersuchungen

Im Kanton Bern besitzt der Staat das Hoheitsrecht<sup>1)</sup> über die öffentlichen Gewässer (Seen, Flüsse, Bäche und Grundwasser). Er ist von Gesetzes wegen verpflichtet, das Wasser mengen- und gütemässig zu schützen<sup>2)</sup> und die wirtschaftliche Verwendung des ober- und unterirdischen Wassers sicherzustellen<sup>3)</sup>.

Diese Aufgaben erfordern umfassende Kenntnisse über die Eigenschaften der Grundwasservorkommen.

Bereits anfangs der 80er Jahre war geplant, das Grundwasservorkommen des Urtenentales näher zu untersuchen. Dies vor allem aus folgenden Gründen:

- Verschiedene Schwierigkeiten bei den Wasserversorgungen der nördlichen Agglomeration von Bern forderten zu prüfen, ob nicht in der Region genügend ergiebige Grundwasservorkommen genutzt werden könnten. Ausgehend von den wenigen Kenntnissen der Hydrogeologie des Gebietes versprach das Urtenental am ehesten über ein geeignetes Grundwasservorkommen zu verfügen.
- Die Baugrunduntersuchungen der SBB für das Grauholz-Tunnelprojekt hatten gezeigt, dass die bisherigen hydrogeologischen Modellvorstellungen im südlichen Teil des Urtenentales falsch sind.
- Bei der Behandlung praktischer Fragen im gut untersuchten Grundwasservorkommen des Unteren Emmentales mussten immer mehr oder weniger grosse Fehler in Kauf genommen werden, weil der unterirdische Zufluss aus dem Urtenental nicht ausreichend genau quantifiziert werden konnte.
- Das aus Gründen des mengenmässigen Grundwasserschutzes überarbeitete Projekt der Urtenen-Korrektion warf Fragen auf, welche erst beantwortet werden können, wenn die Grundwasserverhältnisse im Urtenental genau bekannt sind.

Daher beschloss das WEA im Jahr 1986 zu untersuchen, welche Grundwassermengen in der eiszeitlichen Rinne des Urtenentales fliessen, welche Qualität sie aufweisen, wie sie geschützt und bewirtschaftet werden können.

Das entsprechende Untersuchungsprogramm wurde zusammen mit dem Ingenieur- und Studienbüro A. Werner AG in Burgdorf aufgestellt, das bereits die Untersuchungen im angrenzenden Unteren Emmental durchgeführt hat.

1) Kantonales Gesetz über die Nutzung des Wassers (WNG) vom 3.12.1950 und Aenderungen 1964/68/70/71/89/92; Art. 1.

2) Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (GschG) vom 24.01.1991; Art.45.

3) Art. 127 und 127a WNG.

## 1.2 Kredite, Subventionen

Am 27. August 1986 genehmigte der Grosse Rat ausgehend vom Kostenvoranschlag des WEA, den Kredit von Fr. 1'400'000.-- für die hydrogeologischen Untersuchungen im Urtenental. Die teuerungsbedingten Mehrkosten (Fr. 175'000.--) sind am 25. März 1992 durch den Regierungsrat bewilligt worden. Das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft subventionierte die Untersuchungen mit 30 %.

Die Arbeiten konnten Ende 1986 aufgenommen werden.

## 1.3 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst im wesentlichen das Grundwasservorkommen zwischen Urtenen-Schönbühl und Zauggenried/Kernenried mit den dazugehörigen Einzugsgebieten (vgl. Figur 1.1 als generelle Uebersicht und Beilage 2). Im Nordosten grenzt es an dasjenige der Untersuchungsprogramme "Hydrogeologie Emmental" Teil III [1] und Teil IV [2]. Es erstreckt sich über eine Fläche von ca. 90 km<sup>2</sup>. Der bewaldete Anteil beträgt ca. 30 %, das Siedlungsgebiet ca. 9 %. Der übrige Teil wird vorwiegend landwirtschaftlich genutzt.

Da ein Grundwassermodell erarbeitet werden musste, sind die hydrometrischen Erhebungen auf den ganzen Mündungsbereich des Urtenentals ins Untere Emmental ausgedehnt worden (vgl. Figur 1.1). Dabei konnte das bereits bestehende Messstellennetz aus [1] und [2] miteinbezogen werden.

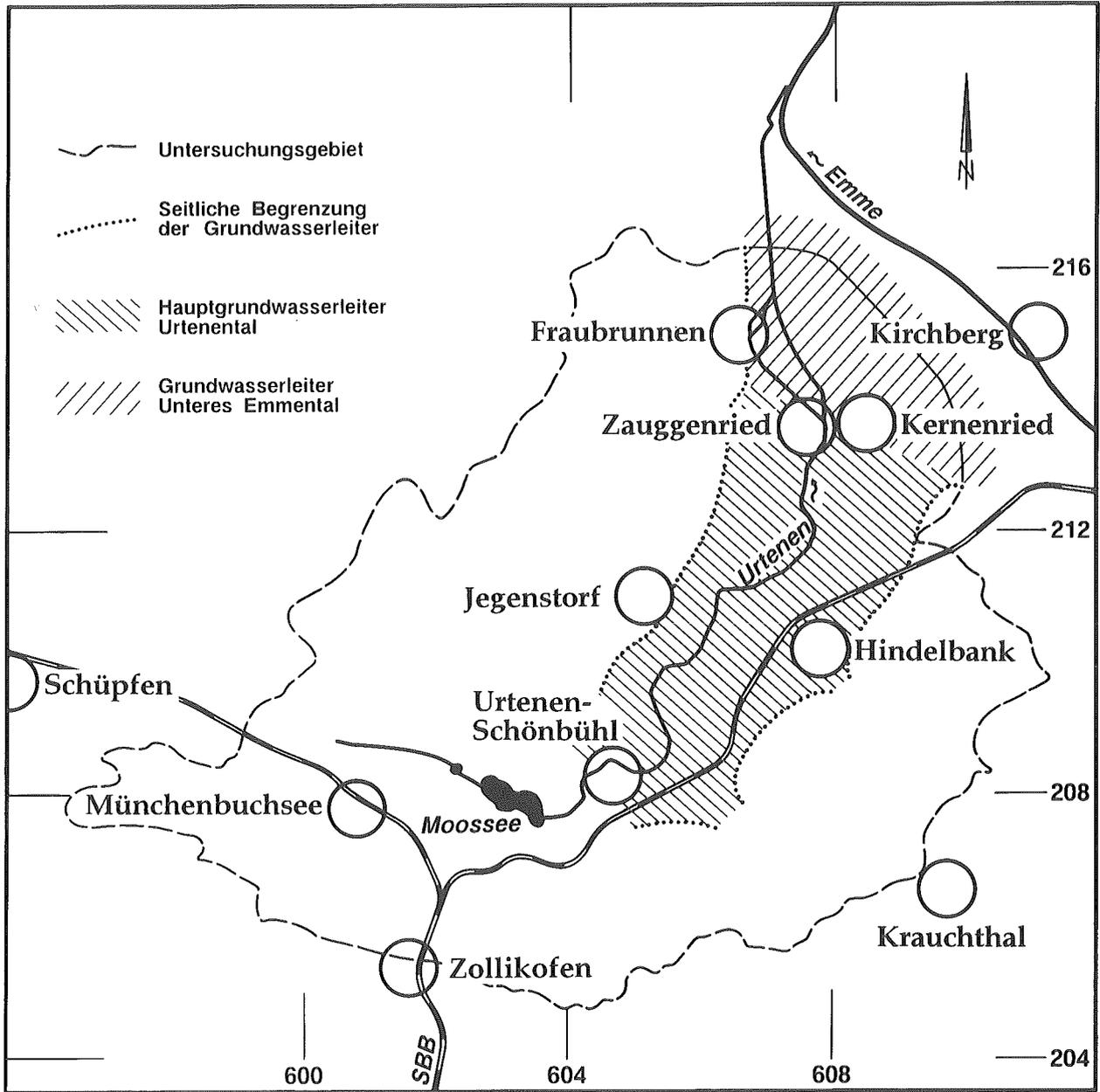
## 1.4 Untersuchungsablauf

### 1.4.1 Einbezug vorhandener Untersuchungen

Die von der Geologischen Dokumentationsstelle des WEA gesammelten Unterlagen, die hydrologischen Daten öffentlicher Institutionen über Niederschläge und Oberflächenwasserabfluss, die Messwerte und Auswertungen aus früheren oder parallel laufenden Untersuchungen öffentlicher und privater Auftraggeber sind in unsere Arbeiten miteinbezogen worden. Insbesondere sind zu erwähnen:

- Daten und Resultate der hydrogeologischen Untersuchungen im Unteren Emmental [1], [2];
- Hydrographische Daten aus dem vom WEA seit 1981 aufgebauten und betreuten permanenten Messstellennetz [3];
- Klima- und Niederschlagsdaten aus dem Messstellennetz der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt [4];
- Abflussdaten aus dem Messstellennetz der Landeshydrologie und -geologie [5];
- von den öffentlichen und privaten Wasserversorgungen erhobene Daten über Grundwasser-Entnahmemengen, Quellschüttungen und Wasserstände;
- Bohrresultate, Baugrundaufschlüsse, hydrologische Daten für die Projektierung von öffentlichen und privaten Bauten und Grundwasserfassungen [6], [7], [8], [9].

Figur 1.1 Untersuchungsgebiet 1 : 100'000



#### 1.4.2 Generelles Vorgehen

Zu Beginn der Untersuchungen sind die vorhandenen Unterlagen gesichtet, gewertet und soweit nötig aufgearbeitet worden.

Aufgrund der recht spärlichen Daten aus früheren Untersuchungen im eigentlichen Urtenental wurden mit Hilfe von umfangreichen elektromagnetischen Messungen (VLF) [10], im Gebiet zwischen Urtenen-Schönbühl und Kernenried vorerst der Grundwasserleiter generell abgegrenzt und erste Bohrstandorte festgelegt.

Mit Sondierbohrungen wurden punktuelle Daten über den Grundwasserleiter und den Grundwasserstauer erhoben [11], [12] und Messstellen geschaffen für:

- Kleinpumpversuche kombiniert mit Flowmetermessungen;
- die Entnahme von Proben zur physikalisch-chemischen Untersuchung des Grundwassers;
- die kontinuierliche Aufzeichnung der Grundwasserstände mit Schreibpegeln.

Mit gerammten Piezometern wurde vor allem versucht, allfällige örtliche Grundwasservorkommen innerhalb der teilweise mächtigen, schlecht durchlässigen Deckschichten abzugrenzen und deren Grundwasserstände zu erheben.

Mit Abstichpunkten und Abflussmessstellen (davon 2 Abflussmessstationen) wurden die Oberflächenwasserstände und Abflussmengen der Urtenen erfasst sowie mit Differenzabflussmessungen die In- und Exfiltrationsmengen ermittelt.

Der Aufbau des Messstellennetzes wurde mehrheitlich in den Jahren 1987 und 1988 durchgeführt, parallel dazu erfolgten Feldversuche, Messungen und Zwischenauswertungen. Für sämtliche Messstellen wurden die sog. Stammdaten erhoben und damit die wichtigsten Informationen wie z.B. Lage, Höhe, Ausbau, Eröffnung etc. festgehalten [11].

Die kontinuierliche Erhebung von Messwerten an Grund- und Oberflächengewässern konzentrierte sich vor allem auf die Jahre 1987 bis 1989. Die meisten zeitabhängigen Resultatdarstellungen beschränken sich deshalb auf diesen Zeitraum. Vereinzelt massgebende Bohr-, Versuchs- und Messresultate aus öffentlichen und privaten hydrogeologischen Untersuchungen bis Ende 1991 wurden jedoch in den Beilagen und bei der Ausarbeitung des Schlussberichtes berücksichtigt.

Die physikalisch-chemischen Untersuchungskampagnen fanden zwischen Oktober 1987 und April 1989 bzw. November 1990 statt. Die Probenahmen erfolgten vor allem in den neuerstellten Bohrungen, in Grundwasserfassungen des Einzugsgebietes und in der Urtenen.

Das Grundwassermodell Urtenental wurde für die Jahresmittelwerte 1988 und die Simultanmessung vom 16. August 1988 stationär geeicht.

Zur Wahrung der Kontinuität im Hinblick auf das Untersuchungsprogramm zur Nitratüberwachung [13], [14], [15], [16] wurden im Jahre 1990 noch die Limnigraphen der Grund- und Oberflächenwasser-Messstationen betreut sowie zwei physikalisch-chemische Untersuchungskampagnen durchgeführt.

In der Zeit von Dezember 1990 bis Februar 1991 übernahm das WEA die Schreibpegel der drei Grundwasserstands-Messstationen MTB50, HBB51 und MRB50 (WEA Nrn. vgl. Tabelle 3.14) sowie der zwei Abflussmengen-Messstationen URQ22 und URQ60 (WEA Nrn. vgl. Tabelle 3.11) und gliederte sie in das Netz der permanenten hydrometrischen Stationen des Kantons Bern [3] ein.

## 1.5 Bearbeiter

Die Untersuchungen standen unter der Leitung von Dr. R.V. Blau, Stabsstelle Geologie des Kantonalen Wasser- und Energiewirtschaftsamtes (WEA).

Die geologischen Belange wurden von den Herren Dr. R.V. Blau, W. Balmer, Geologe [15] und R. Schneuwly, Geologe, bearbeitet.

Für den Programmablauf, die Bauleitung der Bohrungen und Fremdarbeiten, die Erstellung der Messstellen, die Feldversuche, die Datenerhebung und -verarbeitung, den Aufbau des numerischen Grundwassermodells sowie für die übrigen hydrologischen Auswertungen und Darstellungen war das Ingenieur- und Studienbüro A. Werner AG zuständig, vor allem: A. Werner, dipl. Ing. ETH; P. Biedermann, dipl. Ing. HTL; R. Bigler, dipl. Ing. HTL; F. Lüthi, dipl. Ing. HTL, R. Ryser, R. Marx sowie Frau S. Nolte und L. Suter.

Ein Teil der hydrometrischen Messstationen wurde durch das WEA betreut.

Die geophysikalischen Untersuchungen (VLF-Messungen) sind von Prof. Dr. I. Müller, Neuenburg, die Bohrarbeiten von der Grund- und Tiefbau AG, Bern, durchgeführt worden.

Die physikalisch-chemischen Analysen der Grundwasserproben besorgte das Kantonale Laboratorium, Bern. Die Oberflächenwasserproben wurden durch das Kantonale Gewässer- und Bodenschutzlabor, Bern, analysiert.

An dieser Stelle sei allen, die aktiv mitgeholfen haben, ganz herzlich gedankt. In den Dank einbezogen werden auch die Mitarbeiter der Industriellen Betriebe, Wasserversorgungen und Bauverwaltungen der im Untersuchungsgebiet liegenden Gemeinden. Sie waren stets bereit, ihre Unterlagen und ihr spezielles Wissen mitzuteilen. Ebenfalls herzlichen Dank gebührt den vielen Privaten, die uns bereitwillig ihre örtlichen Kenntnisse, ihr Land für Bohrarbeiten und Installationen von Messgeräten zur Verfügung stellten.

## 1.6 Dokumentation der Untersuchungsergebnisse

Während der Untersuchungsperiode wurde in zwei Zwischenberichten über wichtige Teilergebnisse berichtet [17], [18].

Es würde den Umfang dieses Berichtes sprengen und die Leserlichkeit unnötig erschweren, wenn sämtliche erhobenen Daten hier wiedergegeben würden. Sie liegen als Arbeitsunterlagen vor; der Grossteil der Messdaten ist auf Disketten für IBM-kompatible Computer gespeichert, die im WEA verfügbar sind. Der Bericht beschränkt sich daher auf die wesentlichen Ergebnisse und Schlussfolgerungen.

Bekanntlich erhält für die hydrologische Dokumentation des Wasser- und Energiewirtschaftsamtes jedes Feldobjekt (Messstelle, Bohrung, Fassung usw.) eine koordinatenbezogene WEA-Nummer, z.B. 606/211.004 (letzte Zahl als fortlaufende Ordnungsnummer). Die in die Untersuchung einbezogenen Objekte werden zudem mit einer fünfstelligen Feld- bzw. Kurzbezeichnung versehen, z.B. JEB50. Im Textteil des Berichtes wird die Kurzbezeichnung verwendet, in den Beilagen 1 und 2 jeweils die Ordnungsnummer der WEA-Bezeichnung. In den Tabellen und Figuren werden die Objekte teilweise sowohl mit der Kurzbezeichnung als auch mit der WEA-Nummer angegeben.

## 2 HYDROGEOLOGIE

### 2.1 Elektromagnetische Messungen (VLF)

Das VLF-Messverfahren benutzt in der Atmosphäre vorhandene Trägerwellen in den Frequenzbereichen von 20 bis 200 kHz (VLF: Very Low Frequency) erzeugt von Radiosendern und grossen Funkstationen [10], [19]. Diese elektromagnetischen Wellen dringen auch in den Untergrund ein und erzeugen elektrische Potentialdifferenzen, welche materialabhängig sind. Mit 2 Sonden im Abstand von 5 m können die Potentialdifferenzen und mit einer Empfangsantenne die elektromagnetische Feldstärke der Signale gemessen werden. Diese beiden Parameter erlauben es, den lokalen Widerstandswert des Untergrundes zu ermitteln. Das Verfahren hat den Vorteil, dass bei günstigen Materialkonfigurationen sehr rasch und mit verhältnismässig geringem Aufwand flächenmässig bis in Tiefen von ca. 30 bis 100 m (je nach Untergrund) ein genereller Überblick über die Mächtigkeit und die Durchlässigkeit des Grundwasserleiters gewonnen werden kann. Dank dem guten lokalen Auflösungsvermögen (der gemessene Widerstandswert gilt für den Bodenbereich zwischen den beiden Sonden) lassen sich auch günstige Bohrstandorte festlegen.

Im Bereich von ober- oder unterirdischen Leitungen (Strom, Telefon, Wasser) und armiertem Beton, d.h. vor allem in überbautem Gebiet lässt sich das VLF-Verfahren nur schlecht oder gar nicht einsetzen.

VLF-Messungen wurden im Urtenental vor allem zwischen Urtenen-Schönbühl und Kernenried sowie im Mündungsbereich des südlich angrenzenden Tales von Hettiswil vorgenommen [20]. Die randliche Abgrenzung des Grundwasserleiters in Beilage 1 basiert zu einem wesentlichen Teil auf diesen Resultaten.

Auf die Messverfahren, Messergebnisse, Auswertungen und Interpretation wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen.

### 2.2 Sondierbohrungen

Sondierbohrungen liefern wichtige detaillierte Informationen über den Aufbau des Untergrundes und die Oberfläche des Grundwasserstauers. Sie ermöglichen zudem massgebende Messstellen zur Ermittlung der Grundwasserstände, der Strömungsverhältnisse und der Eigenschaften des Grundwasservorkommens zu schaffen.

#### 2.2.1 Bestehende Sondierbohrungen

Zwischen Urtenen-Schönbühl und Hindelbank gab es keine Bohraufschlüsse und hydrogeologische Daten über die ganze Grundwassermächtigkeit, die in die Untersuchungen einbezogen werden konnten. Lediglich im Gebiet Kernenried-Zauggenried-Fraubrunnen, waren 8 Sondierbohrungen vorhanden die grösstenteils bereits in [1] und [2] dokumentiert worden sind. Einen Überblick über die wichtigsten Bohrresultate gibt Tabelle 2.1. Die Lage der Bohrungen geht aus Beilage 1 hervor.

Tabelle 2.1 Zusammenstellung der wichtigsten Bohrresultate bestehender Bohrungen

Feld- bezeichnung	WEA- Nummer	Erstellungs- jahr	Koordinaten  [m]	OK Terrain  [m ü.M.]	UK Deck- schicht  [m ü.M.]	OK Stauer  [m ü.M.]	OK Molasse  [m ü.M.]	UK Bohrung  [m ü.M.]
FRB01	607/215.025	1974	607775/215930	490.90	k.A.	k.A.	n.e.	k.A.
FRB02	608/215.018	1974	608090/215215	494.80	k.A.	k.A.	n.e.	k.A.
FRB03	608/213.021	1974	608735/213940	501.60	k.A.	k.A.	n.e.	k.A.
FRB04	606/214.033	1981	606779/214780	496.35	493.35	485.25	485.25	484.35
FRB46	606/215.019	1977	606942/215328	490.21	489.51	475.41	474.21	471.81
KEB48	608/212.010	1977	608740/212670	508.20	*	481.20	480.70	477.20
ZAB01	606/213.001	1977	606640/213700	512.46	500.46	482.66	480.06	477.46
ZAB02	607/212.005	1977	607575/212780	500.90	*	477.20	476.70	469.90

k.A. keine Angaben vorhanden

n.e. nicht erreicht

\* Deckschichten fehlen

## 2.2.2 Neue Sondierbohrungen

Von 1987 bis 1988 sind vom WEA 9 Sondierbohrungen mit dem Rotationskern-Bohrverfahren abgetieft worden. Aus der Untersuchung für die Erschließung von Ersatzwasser für die Quellen bei Mattstetten [8], konnte die Sondierbohrung MTB51 mit einbezogen werden.

Alle erstellten Bohrungen wurden bereits in den Zwischenberichten 1987 und 1988 [17], [18] dokumentiert. Ihre Bohrprofile sind im Anhang abgebildet und werden in der Dokumentationsstelle des WEA archiviert. Die Tabelle 2.2 gibt einen Überblick über die wichtigsten Bohrresultate. Die Standorte sind aus Beilage 1 ersichtlich.

Tabelle 2.2 Daten der neuen Bohrungen

Feld- bezeichnung	WEA- Nummer	Erstellungs- jahr	Koordinaten  [m]	OK Terrain  [m ü.M.]	UK Deck- schicht  [m ü.M.]	OK Stauer  [m ü.M.]	OK Molasse  [m ü.M.]	UK Bohrung  [m ü.M.]
HBB50	608/211.017	1987	608260/211798	508.90	503.60	480.50	480.20	477.90
HBB51	606/209.017	1987	606740/209750	520.75	502.75	485.15	485.15	481.75
JEB50	606/211.004	1987	606275/211810	522.15	510.55	487.55	487.55	483.15
KEB50	609/213.042	1988	609245/213320	506.00	*	467.00	467.00	466.00
MRB50	607/211.030	1987	607053/211513	512.40	499.50	481.50	481.20	479.40
MRB51	606/210.013	1987	606020/210080	512.50	492.90	482.00	482.00	478.50
MTB50	605/208.006	1987	605790/208565	517.90	504.60	483.60	483.60	479.90
MTB51	606/208.041	1987	606060/208080	528.11	518.51	483.31	483.31	480.91
USB50	604/208.009	1988	604700/208945	527.50	517.90	493.90	493.90	490.50
ZAB50	606/212.003	1987	606629/212954	519.60	506.70	478.10	478.10	475.60

\* Deckschichten fehlen

Zusätzlich zu den vorgehend erwähnten Sondierbohrungen konnten private Bohrresultate [6], [7] übernommen werden. Ihre wichtigsten Resultate sind aus Tabelle 2.3, die Standorte in Beilage 1 ersichtlich.

Tabelle 2.3 Bohrresultate privater Untersuchungen

Feld- bezeichnung	WEA- Nummer	Erstellungs- jahr	Koordinaten  [m]	OK Terrain  [m ü.M.]	UK Deck- schicht  [m ü.M.]	OK Stauer  [m ü.M.]	OK Molasse  [m ü.M.]	UK Bohrung  [m ü.M.]
HBB55	608/211.018	1989	608344/211100	515.10	513.50	478.10	478.10	476.10
HBB56	608/211.019	1989	608452/211292	511.30	507.60	481.60	481.60	480.30
HBB57	608/211.020	1989	608575/211175	514.10	505.90	485.70	484.60	483.00
HBB58	607/210.035	1990	607790/210110	523.60	514.00	489.70	489.70	487.00

Die einzelnen Schichtglieder, die im Schema der Figur 2.1 ersichtlich und deren Höhenbegrenzungen in den Tabellen 2.1 bis 2.3 aufgeführt sind, lassen sich generell wie folgt charakterisieren (vgl. Profile, Beilage 1):

- Deckschichten:**  
(Oberkante Terrain bis Unterkante Deckschichten)
- Sande, leicht siltig; z.T. mit organischen Beimengungen  
Genese: Flusssedimente, nacheiszeitlich (Quartär, f/a)
- Vorwiegend Kiese, sandig, leicht siltig mit vereinzelt Steinen; zwischengelagert sind sandige Kieslagen und geschichtete Sande  
Genese: Moränen und Stillwassersedimente, eiszeitlich (Quartär, qm)
- Grundwasserleiter:**  
(UK Deckschicht bis OK Stauer)
- Kiese, sandig bis stark sandig, leicht siltig bis siltig, im allgemeinen mit Komponenten der Steinfraktion, vereinzelte Blöcke  
Genese: Schotter, eiszeitlich (Quartär, qs)
- Grundwasserstauer:**
- Sandsteine und Mergel der Molasse (Tertiär, m1)
- und (untergeordnet)
- Sande, hauptsächlich feinkörnig, sehr schlecht durchlässig, siltig bis stark siltig, stellenweise mit zahlreichen Komponenten der Kies- und Steinfraktion  
Genese: Stillwassersedimente, eiszeitlich (Quartär, ?qr)

### 2.3 Grundwasserstauer

Die Oberfläche des Grundwasserstauers, im folgenden kurz Staueroberfläche genannt, bildet die untere und seitliche Begrenzung des Grundwasserleiters. Sie bestimmt zusammen mit dem Grundwasserspiegel die Ausdehnung und Mächtigkeit des Grundwasservorkommens. Ihr Verlauf muss deshalb bei regionalen hydrogeologischen Untersuchungen möglichst umfassend abgeklärt werden. Dies kann fehlerfrei nur mit Sondierungen, vor allem mit kostspieligen Bohrungen, in günstigen Fällen generell mit geophysikalischen Methoden (z.B. VLF-Messungen) erfolgen. Die entsprechenden Resultate werden normalerweise zu sog. Stauerkarten verarbeitet, in denen mit Höhenkurven, sog. Isohypsen, die Oberfläche des Grundwasserstauers nachgebildet wird.

Beilage 1 zeigt die seitliche Begrenzung des Grundwasserleiters und die Isohypsen der Staueroberfläche des Hauptgrundwasservorkommens zwischen Urtenen-Schönbühl und Kernenried sowie drei geologische Querprofile (vgl. Abschnitt 2.5). Die seitliche Begrenzung ist vor allem mit geologischen Feldaufnahmen und VLF-Messungen bestimmt worden. Die Staueroberfläche wurde ausgehend von den Bohrungen und ergänzenden VLF-Messungen konstruiert.

Das Grundwasservorkommen ist ca. 7 km lang. Die Breite variiert zwischen 1.5 und 3.5 km. Die Gesamtfläche beträgt ca. 18 km<sup>2</sup>.

Die dargestellte Staueroberfläche dürfte grösstenteils identisch sein mit der Molasseoberfläche. Im Gebiet Moossee-Urtenen-Schönbühl grenzen Stillwassersedimente den Grundwasserleiter ab, wobei sich die Staueroberfläche nicht festlegen lässt, da schlecht und besser durchlässige Schichten in stark wechselnder Abfolge auftreten [15].

Innerhalb der Deckschichten führen sehr schlecht durchlässige Zonen zu örtlich begrenzten, nutzungstechnisch unbedeutenden Grundwasservorkommen, deren Auftreten, Ausdehnung und Mächtigkeit grösstenteils witterungsabhängig ist (vgl. Abschnitt 3.5.2).

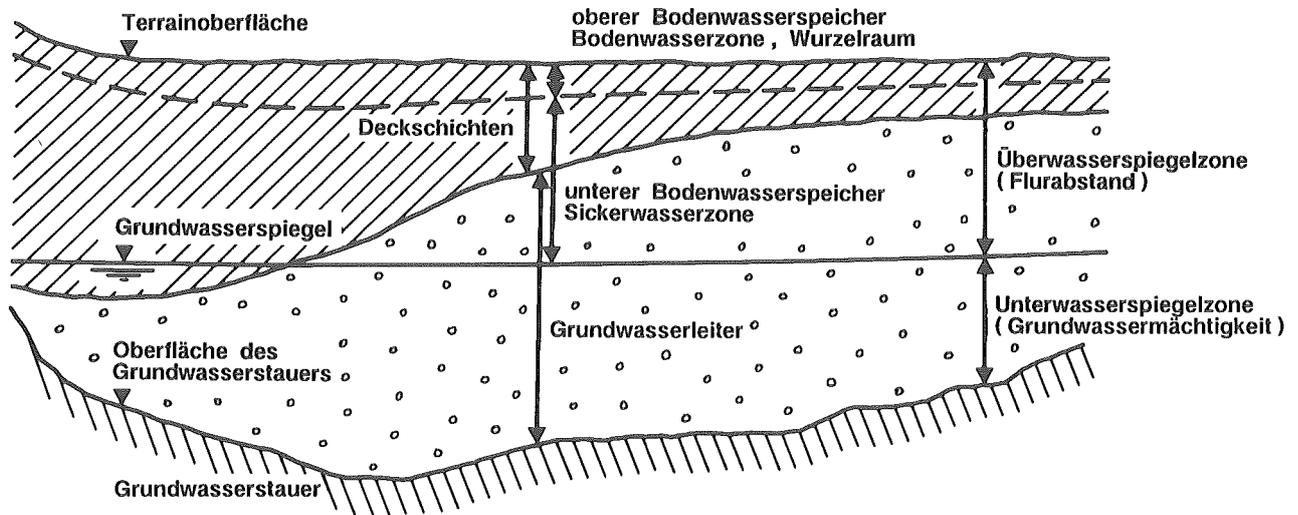
### 2.4 Deckschichten und Grundwasserleiter

Als Grundwasserleiter wirken die über dem Grundwasserstauer anstehenden, gut durchlässigen Schotter. Zwischen der Terrainoberfläche und dem Grundwasserstauer liegen die Ueber- und die Unterwasserspiegelzone, welche durch den Grundwasserspiegel getrennt werden, der seitlich an den Grundwasserstauer grenzt. Die Mächtigkeit der Ueberwasserspiegelzone wird als Flurabstand, diejenige der Unterwasserspiegelzone, in der Grundwasser strömt, als Grundwassermächtigkeit bezeichnet.

Die unmittelbar unter der Terrainoberfläche liegende, grösstenteils ungefähr 1 m mächtige Bodenwasserzone entspricht dem von der Vegetation durchwurzelteten Bereich. Im Zusammenhang mit der Speicherung der Niederschläge wird sie als oberer Bodenwasserspeicher bezeichnet. Deckschichten werden diejenigen Schichten des Untergrundes genannt, welche über dem gut durchlässigen Schotter liegen. In sie eingeschlossen wird meistens auch die Bodenwasserzone. Die Sickerwasserzone (= unterer Bodenwasserspeicher) entspricht dem Bereich unter der Bodenwasserzone bis zum Grundwasserspiegel.

Figur 2.1 zeigt schematisch einen Schnitt durch ein Lockergesteins-Grundwasservorkommen und die kurz beschriebenen Begriffe.

Figur 2.1 Schematischer Schnitt durch ein Lockergesteins-Grundwasservorkommen



Die Mächtigkeit der Deckschichten über dem Hauptgrundwasservorkommen ist sehr unterschiedlich (vgl. Tabellen 2.1 bis 2.4, geologische Querprofile in Beilage 1). Sie variiert zwischen praktisch null und ungefähr 20 m.

Im Mündungsgebiet des Urtenentals ins Untere Emmental steht der Schotter bereits unterhalb der wenig mächtigen Bodenwasserzone an: Die Deckschichtmächtigkeit ist praktisch null.

Im Gebiet Münchringen tauchen die schlecht durchlässigen Deckschichten je nach Grundwasserstand teilweise beachtlich unter den Grundwasserspiegel und dürften mindestens stellenweise gespannte Grundwasserverhältnisse bewirken.

Die Flurabstände sind im Urtenental relativ gross; sie variieren hauptsächlich zwischen 10 und 30 m. Im Übergangsbereich zum Unteren Emmental sind sie kleiner, im Exfiltrationsgebiet Fraubrunnen annähernd null.

Die Grundwassermächtigkeit variiert bei den Bohrpunkten zwischen 8 und 30 m.

In Tabelle 2.4 wurden für die Bohrstandorte gemäss Tabellen 2.1 bis 2.3 die Deckschicht- und die Grundwassermächtigkeit sowie der Flurabstand zusammengestellt.

Tabelle 2.4 Daten des Grundwasserleiters

Feld- bezeichnung	WEA- Nummer	Koordinaten	OK Terrain	Gw-Stand 16.08.88	Deckschicht- mächtigkeit	Flurabstand	Gw- Mächtigkeit
		[m]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m]	[m]	[m]
FRB01	607/215.025	607775/215930	490.90	487.24	k.A.	3.66	k.A.
FRB02	608/215.018	608090/215215	494.80	489.58	k.A.	5.22	k.A.
FRB03	608/213.021	608735/213940	501.60	495.86	k.A.	5.74	k.A.
FRB46	606/215.019	606942/215328	490.21	488.10	0.70	2.11	12.69
HBB50	608/211.017	608260/211798	508.90	498.26	5.30	10.64	17.76
HBB51	606/209.017	606740/209750	520.75	500.44	18.00	20.31	15.29
HBB55	608/211.018	608344/211100	515.10	498.30 *	1.60	16.80	20.20
HBB56	608/211.019	608452/211292	511.30	498.10 *	3.70	13.20	16.50
HBB57	608/211.020	608575/211175	514.10	498.20 *	8.20	15.90	12.50
HBB58	607/210.035	607790/210110	523.60	499.04 *	9.60	24.56	9.34
JEB50	606/211.004	606275/211810	522.15	499.02	11.60	23.13	11.47
KEB48	608/212.010	608740/212670	508.20	497.75	0.0	10.45	16.55
KEB50	609/213.042	609245/213320	506.00	497.30 *	0.0	8.70	30.30
MRB50	607/211.030	607053/211513	512.40	499.06	12.90	13.34	17.56
MRB51	606/210.013	606020/210080	512.50	500.66	19.60	(11.84)	18.66
MTB50	605/208.006	605790/208565	517.90	501.27	13.30	16.63	17.67
MTB51	606/208.041	606060/208080	528.11	501.40	9.60	26.71	18.09
USB50	604/208.009	604700/208945	527.50	501.89	9.60	25.61	7.99
ZAB01	606/213.001	606640/213700	512.46	497.48	12.00	14.98	14.82
ZAB02	607/212.005	607575/212780	500.90	497.51	0.0	3.39	20.31
ZAB50	606/212.003	606629/212954	519.60	497.85	12.90	21.75	19.75

k.A. keine Angaben vorhanden

\* wurde später erstellt, Wert aus Bohrprofil

## 2.5 Geologische Situation und Querprofile [15]

Nähere Angaben über den generell beschriebenen Stauer-, Deckschicht- und Grundwasserleiteraufbau werden im folgenden für drei Querprofile gegeben. Die lithologischen Verhältnisse und die genetische Zuordnung sind aus den Profilkonstruktionen, Massstab 1 : 25'000 / 1000, 25-fach überhöht, in Beilage 1 ersichtlich.

Die Achsen der Querprofile wurden nach hydrogeologischen Gesichtspunkten ausgewählt; sie liegen mehrheitlich senkrecht zur Fließrichtung des Grundwassers. Die geologischen Angaben basieren auf Bohrungen bis maximal 300 m neben den Profillinien, der Isohypsenkarte des Stauers und des Grundwasserspiegels in Beilage 1, geologischen Aufnahmen, der geologischen Karte [21] sowie auf Angaben aus den eingangs beschriebenen Untersuchungen.

Die Unterlage der quartären Ablagerungen, welche den Grundwasserleiter aufbauen, besteht im hier betrachteten Teil des Urtenentals (Urtenen bis Kernenried) vorwiegend aus flachliegenden Molasseablagerungen, die dem oberen Teil der Unteren Süßwassermolasse (USM), dem "Aquitain" angehören (m1). Dieser Felsuntergrund wirkt als Stauer. Er bildet die Form eines zwei bis 3 km breiten, wenig tiefen Troges mit flachem Gefälle, der sich von Urtenen im

Südwesten bis Kernenried im Nordosten erstreckt, wo er sich mit dem Trog des Unteren Emmentals vereint.

Über der Molasse folgt ein bis 35 m mächtiger Schotterkomplex (qs), der z.T. durch eine mehr oder weniger stark ausgeprägte, geringmächtige Blocklage (Moränenrelikt ?) in einen unteren und oberen Teil getrennt wird [1]. Der Schotterkomplex wird von einer (Grund-)Moräne der letzten Eiszeit (qm), einem sandig-siltigen Kies mit Steinen und Blöcken überdeckt. Diese bis 30 m mächtige Moräne bedeckt auch die westlich und östlich des Urtenentals gelegenen Hügelzüge, wobei sie z.T. direkt der Molasse auflagert. Im Urtenental wurde sie nachträglich z.T. durch die Urtenen und ihre Nebenbäche erodiert.

Nur im Raume Urtenen-Schönbühl-Mattstetten-Hindelbank treten über ihr noch grossflächig jüngere Einheiten auf. Sie bestehen aus leicht siltigen mittel- bis grobkörnigen Sanden (f), die eine Mächtigkeit bis zu sieben Metern aufweisen. Ihre Genese ist nicht vollkommen klar, z.T. handelt es sich dabei um fluviatile, nacheiszeitliche Ablagerungen (a) der Urtenen und ihrer Seitenbäche.

### 2.5.1 Geologisches Profil I: Urtenen

Das Profil I wurde aufgrund der Interpretation der Gesteinskerne der Bohrungen 604/208.9, 605/208.6, 606/208.41, 606/207.21 sowie der Erdsondenbohrung 604/208.3 konstruiert. Zusätzlich wurden die weiteren verfügbaren Informationen (vgl. oben) berücksichtigt.

Die Molasseoberfläche (m1) wird von allen Bohrungen erreicht und ist sicher bestimmt. Über ihr folgt der durch eine Blocklage unterteilte Schotterkomplex (qs). Der untere, direkt der Molasse aufliegende Teil besitzt eine Mächtigkeit, die zwischen 10 und 20 m schwankt. Dieser untere Teil wird aus sandigem, stellenweise stark sandigem, leicht siltigem Kies gebildet und enthält vereinzelte bis wenige Steine mit Durchmessern zwischen 10 und 20 cm. Die darüber folgende Blocklage ist 1 bis 2 m mächtig und deutlich ausgeprägt. Diese Blocklage beinhaltet zahlreiche Steine und Blöcke bis 24 cm Durchmesser und ist stellenweise stark sandig. Der obere Teil des Schotterkomplexes besteht überwiegend aus sandigem bis stark sandigem, leicht siltigem Kies mit zahlreichen Steinen mit Durchmessern zwischen 17 und 19 cm.

Diese Schotter werden von einer 2 bis 10 m mächtigen (Grund-) Moräne (qm) überlagert, die aus stark sandigem, leicht siltigem Kies, dessen Fein- und Mittelkieskomponenten stark zurücktreten, aufgebaut ist und zahlreiche Steine bis 19 cm Durchmesser und vereinzelte Blöcke aufweist. Stellenweise treten zudem stark verkittete Lagen auf. Besonders im westlichen Teil des Profils bei der Bohrung 604/208.9 treten innerhalb der (Grund-) Moräne auch bis 4 m mächtige Lagen aus fein- bis mittelkörnigem, siltigem Sand mit zahlreichen oftmals gekritzten Komponenten der Kies- und Steinfraktion auf.

Nur im Bereich der Bohrungen 605/208.6, 606/208.41 und 606/207.21 folgt über dieser (Grund-) Moräne eine weitere 2 bis 7 m mächtige Einheit, die aus vorwiegend fein- bis mittelkörnigen, siltigen bis stark siltigen Sanden mit untergeordneten Silteinlagerungen (f) besteht.

### 2.5.2 Geologisches Profil II: Holzmühle

Dieses Profil wurde aufgrund der Bohrungen 606/211.4, 607/211.30, 607/211.18 sowie einer Kiesprospektionsbohrung 607/211.24 konstruiert.

Die Molasseoberfläche ist nur durch drei Bohrungen im Bereich des Grundwasserleiters belegt. Sie bildet hier einen knapp 3 km breiten Trog mit flacher Sohle und steileren Flanken, welche durch ausserhalb des Profilbereichs liegende Bohrungen belegt sind. Wie auch in Profil I folgt direkt über der Molasse eine 20 bis 25 m mächtige Schotterabfolge, die z.T. durch eine 2 bis 3 m mächtige Blocklage in einen unteren und oberen Teil getrennt wird.

Der untere Teil dieses Schotterkomplexes (qs) besitzt eine Mächtigkeit von maximal 20 m und besteht aus sandigem, leicht siltigem Kies mit stellenweise zahlreichen Steinen mit Durchmessern bis 19 cm. Die unterteilende Blocklage ist nur in den Bohrungen 606/211.4 und 608/211.18 ausgebildet. Im übrigen Profilbereich wurde sie entweder nicht abgelagert oder vor der Ablagerung der (Grund-) Moräne (qm), die bei den Bohrungen 607/211.30 und der Prospektionsbohrung 607/211.24 bis in diese Tiefe reicht, erodiert. Die Blocklage besteht aus sandigem, siltigem bis stark siltigem Kies mit zahlreichen Steinen und Blöcken. Im östlichen Profilteil geht sie in eine Abfolge von Feinsand und Silt mit einer Mächtigkeit von 5 m über.

Der obere Teil des Schotters ist nur in den Bohrungen 606/211.4 und 608/211.18 vorhanden. Im mittleren Profilbereich reicht die darüber liegende (Grund-) Moräne bis in den unteren Schotterteil hinein. Der obere Schotter besteht vorwiegend aus sandigem, siltigem an der Basis stark siltigem Kies mit zahlreichen Steinen bis 17 cm Durchmesser.

Die im allgemeinen über den Schottern liegende (Grund-) Moräne (qm) lässt sich hier nicht überall nachweisen. Im Bereich westlich und östlich der Bohrung 608/211.18 wurde sie erodiert und tritt erst am östlichen Rand des Profils, wo sie eine kleine Erhöhung bildet (belegt durch die ausserhalb des Profilbereichs liegende Bohrung 609/210.3) wieder auf. Sie besteht aus sandigem, siltigem Kies mit zahlreichen Steinen und Blöcken bis 22 cm Durchmesser und kann bis 20 m mächtig sein.

Im Bereich der Bohrungen 607/211.30, 607/211.024 und 608/211.18 folgen im Hangenden feinkörnige Ablagerungen, vorwiegend siltiger Fein- bis Mittelsand mit vereinzelt Geröllen bis 3 cm Durchmesser und organischen Beimengungen (a/f). Die stellenweise sichtbare Schichtung dieser Ablagerungen lässt den Schluss zu, dass es sich um fluviatile Schüttungen handelt. Bei der Bohrung 608/211.18 wurde die liegende (Grund-) Moräne bis auf den Schotterkomplex hinunter erodiert, so dass diese fluviatilen Ablagerungen direkt über den Schottern zu liegen kommen.

### 2.5.3 Geologisches Profil III: Zauggenried-Kernenried

Diese Profil entspricht fast vollständig dem in [1] veröffentlichten Profil 18, Grafenried-Birchiwald. Die Profilkonstruktion stützt sich auf die Gesteinskerne der Bohrungen 606/212.3, 607/212.5 und 608/212.10. Gegenüber dem Profil Grafenried-Birchiwald wurde lediglich die Profilspur im westlichen Profilbereich den Strömungsverhältnissen und die Molasseoberfläche den neusten Erkenntnissen angepasst.

Über der Molasse (m1) liegt ein 20 bis 30 m mächtiger Schotter (qs), bestehend aus sandigem, leicht siltigem bis siltigem Kies mit vereinzelt, stellenweise zahlreichen Steinen. Der Blockhorizont, welcher in Profil I und II den Schotter in einen unteren und oberen Teil trennte, ist, wie auch in der Kiesgrube Eichelacher 608.750/212.220 [1] nur schwach ausgebildet oder nicht zu erkennen. Über den Schottern folgt die (Grund-) Moräne (qm), ein sandig-siltiger Kies mit Steinen und Blöcken, die z.T. gekritz sind. Diese Moräne bedeckt die Kuppen und Hügel des Gebietes mit einer Mächtigkeit bis 35 m. In den durch die Urtenen gebildeten Tälchen dieses Gebietes wurde sie nachträglich erodiert und z.T. durch nacheiszeitliche, fluviatile Ablagerungen (a) ersetzt.

## 2.6 Durchlässigkeitsverhältnisse

Der Durchlässigkeitsbeiwert bzw. k-Wert ist das Mass für die Wasserdurchlässigkeit des Grundwasserleiters. Es wird zwischen dem Profil-k-Wert, dem Bereichs-k-Wert und dem Gebiets-k-Wert unterschieden. Der Profil-k-Wert entspricht einer über die gesamte Grundwassermächtigkeit gemittelten, horizontalen Durchlässigkeit des Grundwasserleiters in der unmittelbaren Umgebung der Versuchsstelle. Der Bereichs-k-Wert gibt die mittlere horizontale Durchlässigkeit eines beliebigen vertikalen Abschnittes (z.B. 1 m) des Grundwasserleiters an. Beide k-Werte werden normalerweise mittels Kleinpumpversuchen kombiniert mit Flowmetermessungen in verfilterten Aufschlussbohrungen ermittelt [2], [11], [12]. Dabei werden auch die Vertikalströmungen im Filterrohr erfasst und daraus die Druckunterschiede im Grundwasserleiter errechnet.

Bei Grosspumpversuchen werden die Wasserspiegel nicht nur am Versuchsstandort sondern auch in mehreren benachbarten Messstellen beobachtet. Dies erlaubt, die mittlere horizontale Durchlässigkeit des mit dem Messstellennetz erfassten Gebietes, den sog. Gebiets-k-Wert, zu bestimmen. Im Untersuchungsgebiet konnte lediglich in MTB51 ein Gebiets-k-Wert im Rahmen von [8] bestimmt werden. Er ergab ca. 1 mm/s.

In allen neuerstellten, sowie in 4 bestehenden Bohrungen wurden Kleinpumpversuche kombiniert mit Flowmetermessungen durchgeführt. Die detaillierten Auswertungen können den Zwischenberichten 1987 und 1988 [17], [18] entnommen werden. Die wichtigsten Resultate dieser Versuche sind in Tabelle 2.5 zusammengefasst.

Tabelle 2.5 Zusammenstellung der wichtigsten Resultate der Kleinpumpversuche und Flowmetermessungen

Feldbezeichnung	WEA-Nummer	Gw-Stand [m ü.M.]	massgebende Gw-Mächtigkeit [m]	max. Bereichs-k-Wert [mm/s]	Profil-k-Wert [mm/s]	Transmissivität [10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup> /s]	max. Vertikalströmung [l/s]	max. Druckunterschied [m]
FRB46	606/215.019	488.44	13.03	4.27	1.4	1.9	0.0	0.00
HBB50	608/211.017	498.98	18.78	17.0	2.0	3.8	0.0	0.00
HBB51	606/209.017	501.76	16.61	8.4	1.7	2.7	0.0	0.00
HBB55	608/211.018	498.28	20.18	44.8	5.7	11.5	-0.7	0.09
HBB56	608/211.019	498.19	16.59	2.0	0.5	0.9	0.0	0.00
HBB57	608/211.020	498.33	12.83	4.6	1.1	1.4	0.0	0.00
HBB58	607/210.035	499.04	9.60	8.87	1.9	1.9	0.0	0.00
JEB50	606/211.004	500.20	12.65	65.1	11.9	15.0	+1.1	0.07
KEB48	608/212.010	498.67	16.88	19.2	3.8	6.5	0.0	0.00
KEB50	609/213.042	497.26	30.26	33.0	2.8	8.4	-1.7	0.39
MRB50	607/211.030	499.50	17.95	7.8	1.9	3.4	-0.5	0.16
MRB51	606/210.013	501.97	19.97	9.6	1.9	3.9	0.0	0.00
MTB50	605/208.006	502.63	19.03	11.5	4.1	7.9	-0.5	0.12
MTB51	606/208.041	502.73	19.42	17.1	2.1	4.1	-0.6	0.15
USB50	604/208.009	502.20	8.30	45.8	7.4	6.2	0.0	0.00
ZAB01	606/213.001	498.07	15.16	46.4	14.7	22.3	-0.6	0.04
ZAB02	607/212.005	498.15	20.88	16.1	3.5	7.3	0.0	0.00
ZAB50	606/212.003	498.27	20.17	43.6	5.5	11.0	0.0	0.00

Im folgenden werden die einzelnen Spalten von Tabelle 2.5 kurz erläutert:

Gw-Stand:	Grundwasserstand unmittelbar vor der Durchführung des Kleinpumpversuchs
massgebende Gw-Mächtigkeit:	Mächtigkeit der Unterwasserspiegelzone im verfilterten Bereich des Beobachtungsrohres oder Brunnens
maximaler Bereichs-k-Wert:	grösster Durchlässigkeitsbeiwert einer 1 m mächtigen Schicht des Schotterkörpers
Profil-k-Wert:	mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert für den verfilterten Bereich des Schotterkörpers unter dem Grundwasserspiegel bzw. Mittelwert der Bereichs-k-Werte
Transmissivität:	Produkt von Profil-k-Wert und massgebender Grundwassermächtigkeit. Sie ist ein Mass für die Transportkapazität des Grundwasserleiters
maximale Vertikalströmung:	Grösse und Richtung des gemessenen maximalen Volumenstroms im Filterrohr infolge der natürlichen Druckunterschiede im Grundwasserleiter, + Strömung von unten nach oben, - Strömung von oben nach unten gerichtet
maximaler Druckunterschied:	Maximaler Unterschied des Ruhedrucks im Grundwasserleiter ermittelt mit Flowmetermessungen

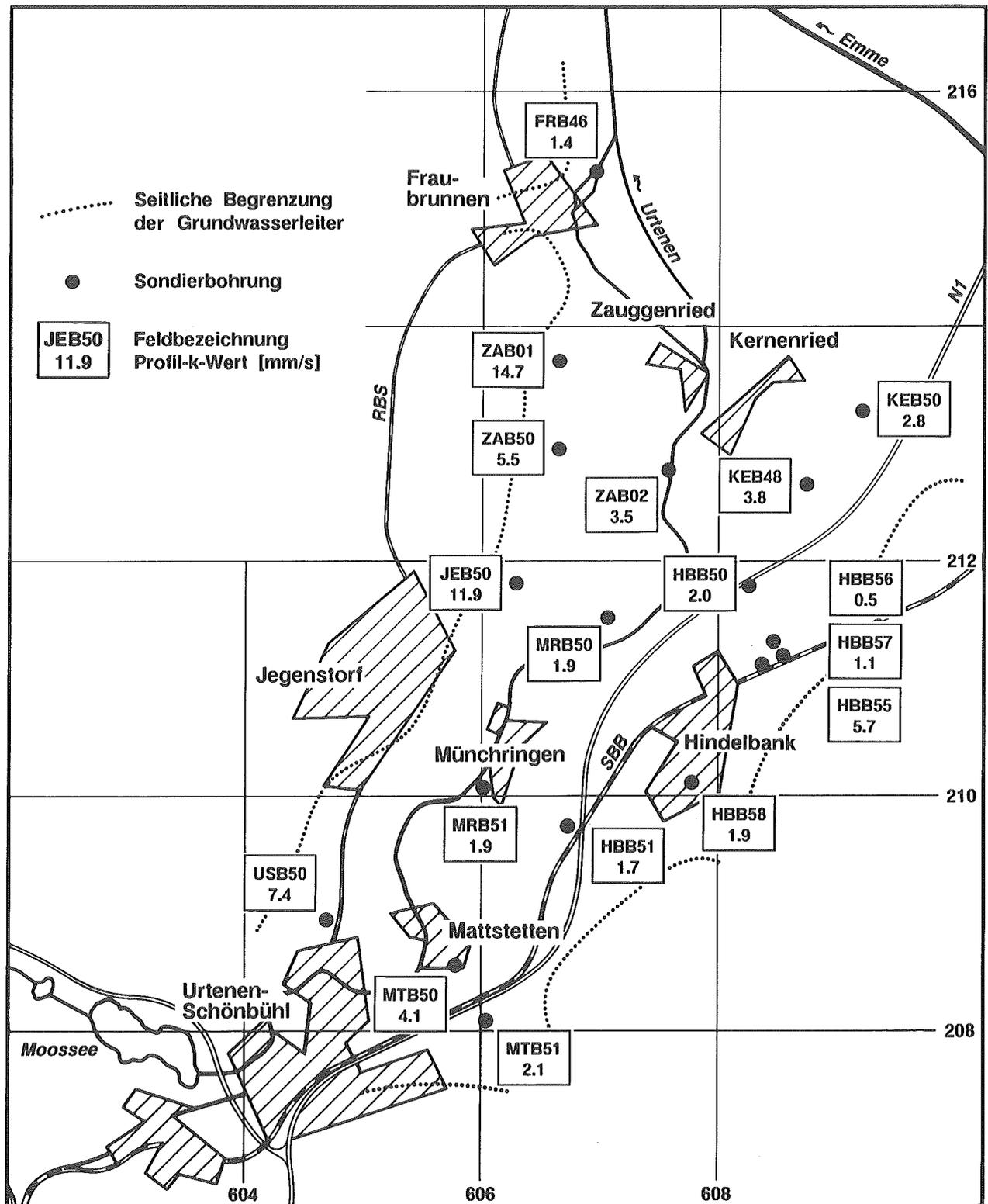
Auffallend sind die teilweise sehr grossen max. Bereichs-k-Werte. Innerhalb des Grundwasserleiter-Profils der meisten Versuchsstellen treten auch Bereiche auf mit sehr kleinen Bereichs-k-Werten, d.h. über die Höhe des Grundwasserleiters finden sich grosse Durchlässigkeitsunterschiede.

Die Vertikalströmungen in den Filterrohren der Bohrungen sind grösstenteils klein bzw. nicht messbar. Dies deutet darauf hin, dass die vertikalen Druckunterschiede innerhalb des Grundwasserleiters mehrheitlich relativ klein sind. Die in den Bohrungen gemessenen Grundwasserstände entsprechen mit wenigen Ausnahmen gut dem örtlichen Grundwasserspiegel.

Die Figur 2.2 gibt einen Überblick über die Standortabhängigkeit der Profil-k-Werte im Untersuchungsgebiet. Sie erlaubt folgende generelle Aussagen:

- Gute Durchlässigkeitsverhältnisse liegen vor allem in einem Gebietsstreifen entlang der nordwestlichen Leiterbegrenzung vor. Die Profil-k-Werte variieren zwischen 5.5 und 14.7 mm/s.
- Im mittleren und südöstlichen Bereich des Untersuchungsgebietes sind die Profil-k-Werte grösstenteils kleiner. Sie liegen zwischen 0.5 und 5.7 mm/s.

Figur 2.2 Profil-k-Werte in mm/s der Sondierbohrungen mit Flowmeterversuchen  
1 : 50'000



### 3 HYDROMETRIE UND HYDROGRAPHIE

#### 3.1 Messstellennetz

In den verschiedenen hydrologischen Messstellen werden Niederschlagssummen, Klimadaten, Grund- und Oberflächenwasserstände sowie Abflussmengen erhoben und Wasserproben für physikalisch-chemische Untersuchungen entnommen.

Bei der Messart wird unterschieden zwischen Einzel-, Simultan- und kontinuierlichen Messungen. Einzelmessungen zeigen einen Momentanwert. Praktisch gleichzeitige Einzelmessungen im gesamten Messstellennetz oder einem Teil werden als Simultanmessung bezeichnet, welche erlaubt die räumlichen Verhältnisse für den gewählten Zeitpunkt zu erfassen. Kontinuierliche Messungen zeigen die zeitlichen Veränderungen der Messgröße einer einzelnen Messstelle. Sie werden vor allem bei der Erfassung von Grund- und Oberflächenwasserständen, bei der Erhebung von Niederschlags- und Klimadaten eingesetzt. Sie ermöglichen in der Regel Tagesmittel bzw. Tagessummen zu berechnen. Für die kontinuierliche Messung von Grund- und Oberflächenwasserständen werden vor allem Schreibpegel mit Schwimmervorrichtungen (Limnigraphen) verwendet.

##### 3.1.1 Messstellen-Typen

Die wichtigsten Messstellen-Typen, ihre Bezeichnung im Rahmen dieses Berichts und die mit ihnen erfassten Messgrößen werden im folgenden kurz aufgeführt:

##### Meteorologie

Niederschlagsstation: Messung des Niederschlags, entweder kontinuierlich (Pluviograph) oder in Tagessummen (Totalisator).

Klimastation: Neben den Niederschlagsdaten werden zusätzliche Klimaparameter wie Luftdruck, Lufttemperatur, Dampfdruck, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer etc. mehrheitlich kontinuierlich gemessen.

##### Oberflächenwasser

Wasserstands-  
Abstichpunkte: Einzelmessung des Wasserspiegels von Oberflächengewässern.

Abflussmengen-  
Messstellen: Ausgewählte, messtechnisch geeignete Querprofile von Oberflächengewässern, in welchen die Abflussmengen vereinzelt gemessen werden.

Abflussmengen-  
Messstationen: Kontinuierliche Messung des Wasserspiegels und Einzelmessungen der Abflussmenge, damit mit Hilfe einer sog. Pegel-Abflussbeziehung die Abflussmengen ebenfalls kontinuierlich berechnet werden können.

Physikalisch-  
chemische  
Messstellen:

Die Entnahme von Wasserproben für physikalisch-chemische Analysen ist in schmalen Gewässern praktisch an jeder beliebigen Stelle möglich. Ausgewählt worden sind jedoch mehrheitlich Standorte, wo sich eine Wasserstands- oder Abflussmengen-Messstelle bzw. -station befindet.

### Grundwasser

Piezometer:  
(Peilrohr)

Messen der Grundwasserstände bzw. Standrohrspiegelhöhen [11] mit Einzelmessungen. Piezometer sind gerammte, in der Regel an der Basis gelochte Stahlrohre mit Durchmessern von mehrheitlich 3 bis 5 cm. Falls sich die gelochte Zone im Bereich des Grundwasserspiegels befindet, ergibt der Messwert den Grundwasserspiegel. Infolge des kleinen Durchmessers eignen sich Piezometer nur beschränkt für kontinuierliche Wasserstandsmessungen mit Schreibpegeln und zur Entnahme von Wasserproben (es kann keine leistungsfähige Unterwasserpumpe eingesetzt werden).

Bohrung und  
Grundwasserfassung:

Messen der Grundwasserstände (bzw. Entnahmemengen) mit Einzelmessungen oder kontinuierlich mit Schreibpegeln in den Filterrohren von Bohrungen, Vertikal- und Schachtbrunnen (bzw. Grundwasserfassungen). Sofern sich die gelochte Zone über die ganze Grundwassermächtigkeit erstreckt, entspricht der gemessene Grundwasserstand in den meisten Fällen mit sehr guter Näherung dem sog. mittleren Potential d.h. dem Grundwasserstand, welcher für die über die Tiefe gemittelte Grundwasserströmung massgebend ist. Dieser kann auch mit horizontal-ebenen Grundwassermodellen berechnet werden [11]. Im Untersuchungsgebiet besteht praktisch kein Unterschied zwischen dem mittleren Potential und dem Grundwasserspiegel.

Physikalisch-  
chemische  
Messstellen:

In die Filterrohre der Bohrungen lassen sich leistungsfähige Unterwasserpumpen einbauen, die die fachgerechte Entnahme von Wasserproben für die Analysen ermöglichen, wenn der Filterdurchmesser 4.5 Zoll, besser jedoch 6 Zoll aufweist. Vertikalfilter- und Schachtbrunnen, bzw. Grund- und Quellwasserfassungen sind ebenfalls geeignete Messstellen für Qualitätsuntersuchungen. Allfällige natürliche Druckunterschiede innerhalb des Grundwasserleiters bewirken in langen Filterrohren Vertikalströmungen, welche die Zuordnung und Interpretation der Analysenwerte erschweren [11]. Vertikalströmungen können ab einer gewissen Grösse mit Flowmetermessungen erfasst werden.

### 3.1.2 Aufbau des Messstellennetzes

Innerhalb des Untersuchungsgebiets und in seiner näheren Umgebung werden zum Teil bereits seit mehreren Jahrzehnten verschiedene Messstationen durch die Schweizerische Meteorologische Anstalt (SMA), die Landeshydrologie und die öffentlichen Wasserversorgungen betreut. Diese Messstationen wurden auch während unserer Untersuchungsperiode von den erwähnten Institutionen betrieben, die erhobenen Daten konnten in unsere Auswertungen einbezogen werden.

Währenddem das bestehende Messstellennetz für die meteorologische Datenerfassung praktisch genügte, war die Messstellendichte an den Oberflächengewässern und im Grundwasser abgesehen vom Mündungsgebiet ins Emmental viel zu klein. Vorerst wurden die bereits vorhandenen Messstellen reaktiviert. Anschliessend erfolgte der Bau neuer Messstellen in einem iterativen Prozess aufgrund von laufenden Zwischenauswertungen. Für alle Messstellen wurden die Stammdaten (Koordinaten, Ausbau usw.) aufgenommen. Sie bilden die Grundlage für die Hydrologische Datenbank. Die Lage der meisten Messstellen ist aus Beilage 1 ersichtlich.

## 3.2 Ermittlung der Hydrologischen Grundlagendaten

### 3.2.1 Niederschlag

Zur Abschätzung des Gebietsniederschlags und der Verdunstung werden die in der Tabelle 3.1 aufgeführten Klima- und Niederschlags-Messstationen verwendet.

Zwischen Hindelbank und Kernenried liegt im Untersuchungsgebiet, bei der ARA Holzmühle (vgl. Beilage 1), die Niederschlags-Messstation des WEA. Ausserhalb des Untersuchungsgebietes befinden sich die Klimastation Oeschberg und die Niederschlags-Messstationen Burgdorf, Hessigkofen und Wahlendorf, sie gehören zum nationalen Messstellennetz der SMA [4].

Tabelle 3.1 Klima- und Niederschlagsstationen in und ausserhalb des Untersuchungsgebietes

Station	Betreiber	Messart	Koordinaten [m]	Stations-Höhe [m ü.M.]
ARA Holzmühle	WEA	Niederschlag	607630/211700	505
Oeschberg	SMA	Klima	613000/219650	483
Burgdorf	SMA	Niederschlag	613060/212650	525
Hessigkofen	SMA	Niederschlag	602350/221220	580
Wahlendorf	SMA	Niederschlag	592250/205940	760

Die folgende Tabelle enthält die jährlichen Niederschlagssummen der Stationen Oeschberg und Burgdorf der letzten 30 Jahre (1960 bis 1989) mit dem dazugehörigen langjährigen Mittelwert. Mit diesen Daten wird es möglich, den Untersuchungszeitraum mit den Jahresmittelwerten von 1987 bis 1989 in das langzeitliche Niederschlagsgeschehen einzuordnen.

Tabelle 3.2 Jährliche Niederschlagssummen der Stationen Oeschberg und Burgdorf von 1960 bis 1989

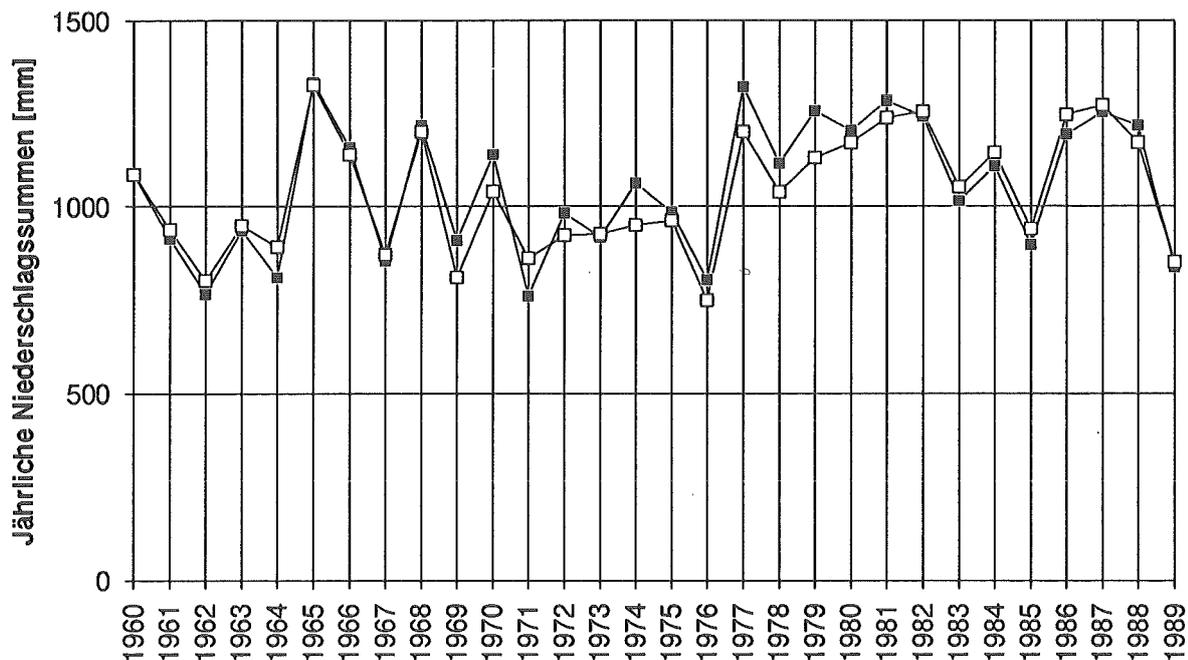
Jahr	Jahresniederschlagssummen [mm]		
	Oeschberg	Burgdorf	Mittel
1960	1085	1086	1086
1961	913	937	925
1962	766	802	784
1963	936	947	942
1964	810	891	851
1965	1333	1325	1329
1966	1157	1139	1148
1967	855	871	863
1968	1217	1200	1209
1969	908	810	859
1970	1138	1039	1089
1971	761	861	811
1972	981	923	952
1973	917	925	921
1974	1061	949	1005
1975	984	962	973
1976	804	748	776
1977	1320	1200	1260
1978	1114	1038	1076
1979	1256	1130	1193
1980	1203	1171	1187
1981	1282	1237	1260
1982	1240	1254	1247
1983	1014	1051	1033
1984	1108	1144	1126
1985	896	940	918
1986	1192	1245	1219
1987	1253	1271	1262
1988	1216	1170	1193
1989	837	850	844
Mittel 1960 - 1989	1052	1037	1045

Die durchschnittliche jährliche Niederschlagssumme der beiden Stationen beträgt für die Jahre 1960 bis 1989 1045 mm.

Die Niederschlagssummen der Jahre 1987 und 1988 liegen ca. 20 % bzw. 15 % über, diejenige von 1989 ca. 19 % unter dem 30-jährigen Mittelwert. Die Jahre 1987 und 1988 können als nass, das Jahr 1989 als trocken bezeichnet werden.

In der Figur 3.1 sind die jährlichen Niederschlagssummen der Stationen Burgdorf und Oeschberg für den visuellen Vergleich als Grafik dargestellt.

Figur 3.1 Jährliche Niederschlagssummen der Stationen Oeschberg (■) und Burgdorf (□) für die Jahre 1960 bis 1989



Normalerweise nimmt mit zunehmender Höhe die Niederschlagssumme deutlich zu. In Tabelle 3.3 werden für die fünf in Tabelle 3.1 angegebenen Messstationen die Niederschlagssummen der Jahre 1987 bis 1989 zusammengestellt. In Figur 3.2 wird die Höhenabhängigkeit grafisch verdeutlicht.

Tabelle 3.3 Jährliche Niederschlagssummen 1987 bis 1989

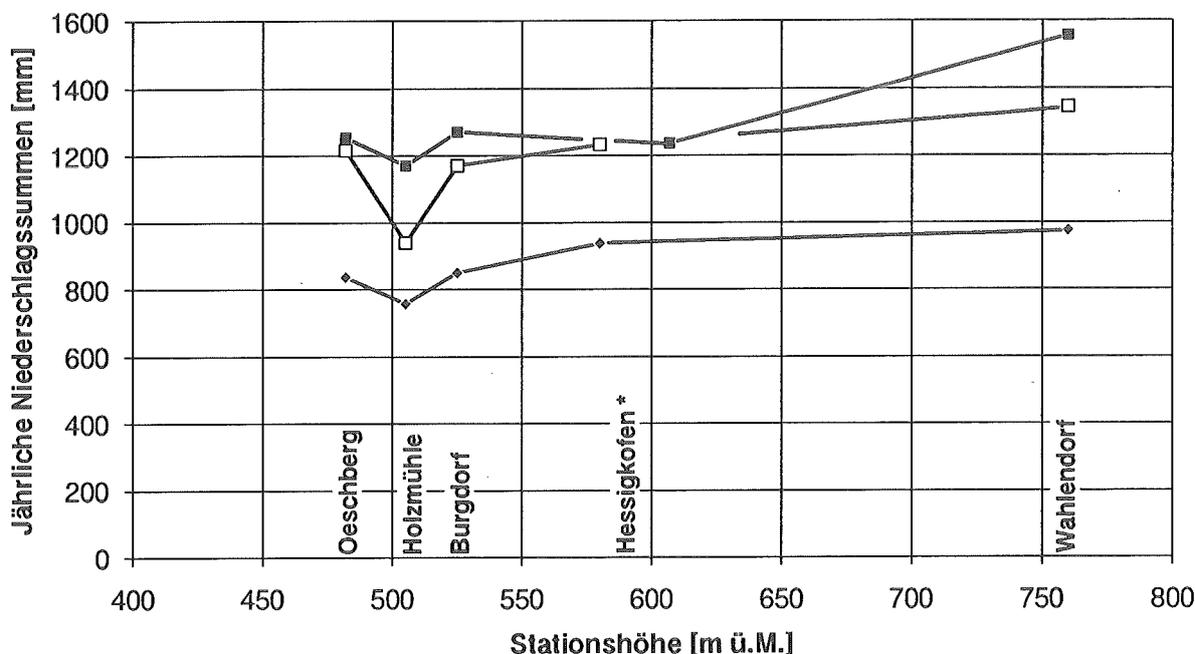
	Höhe [m ü.M.]	Niederschlagssummen [mm]		
		1987	1988	1989
Oeschberg	483	1253	1216	837
Holzmühle	505	1173	935	759
Burgdorf	525	1271	1170	850
Hessigkofen	580	1237	1231	937
Wahlendorf	760	1558	1344	977

In Figur 3.2 ist eine gewisse Höhenabhängigkeit der Niederschlagssummen zu erkennen. Die Station Holzmühle weist im Vergleich zu ihrer Höhe durchwegs eine zu kleine auf. Dieses Niederschlagsmanko im Vergleich mit den umliegenden Messstationen wurde bereits in [2] dokumentiert.

Die Berechnung der direkten Grundwasserneubildung im Urtenental ist deshalb auf die Niederschlags-Messstation Holzmühle abgestützt worden. Für die indirekte Grundwasserneubildung der angrenzenden Einzugsgebiete wurden die in den umliegenden Messstationen gemessenen Niederschläge mit einer höhen- und distanzabhängigen Gewichtung berücksichtigt.

In den folgenden Tabellen 3.4 bis 3.6 sind die Werte der monatlichen Niederschlagshöhen der Klima- und Niederschlagsstationen aufgelistet. In Figur 3.3 werden die Daten der Klimastation Oeschberg, stellvertretend für die anderen Niederschlagsstationen, als Grafik dargestellt.

Figur 3.2 Vergleich der Stationshöhen in m ü.M. mit den jährlichen Niederschlagssummen für die Jahre 1987 (■), 1988 (□) und 1989 (◆)



\*) Die Niederschlags-Messstation Hessigkofen befand sich vor 1988 auf einer Höhe von 607 m ü.M.

Tabelle 3.4 Monats- und Jahressummen in mm der Stationen Oeschberg, Holzmühle, Burgdorf, Hessigkofen und Wahlendorf von 1987

1987	Oeschberg	Holzmühle	Burgdorf	Hessigkofen	Wahlendorf
Januar	60	47 <sup>1)</sup>	72	65	87
Februar	89	92 <sup>1)</sup>	97	102	102
März	71	67	73	63	93
April	76	72	80	60	75
Mai	158	135	136	152	201
Juni	220	215	244	218	307
Juli	125	108	137	113	136
August	86	109	106	76	98
September	166	158	136	164	193
Oktober	69	50	54	77	83
November	78	74	85	93	107
Dezember	55	46	51	54	76
<b>Summe</b>	<b>1253</b>	<b>1173</b>	<b>1271</b>	<b>1237</b>	<b>1258</b>

<sup>1)</sup>Bei der Niederschlagsstation Holzmühle erfolgte die Aufzeichnung erst ab 18.02.1987, aus diesem Grund fehlen die Niederschlagsdaten von Jahresbeginn bis zu diesem Datum. Um das Jahr 1987 dennoch mit den Mittelwerten der anderen Stationen vergleichen zu können, wurden die fehlenden Daten mit der relativ gut korrelierenden WEA Niederschlagsstation Ersigen ergänzt.

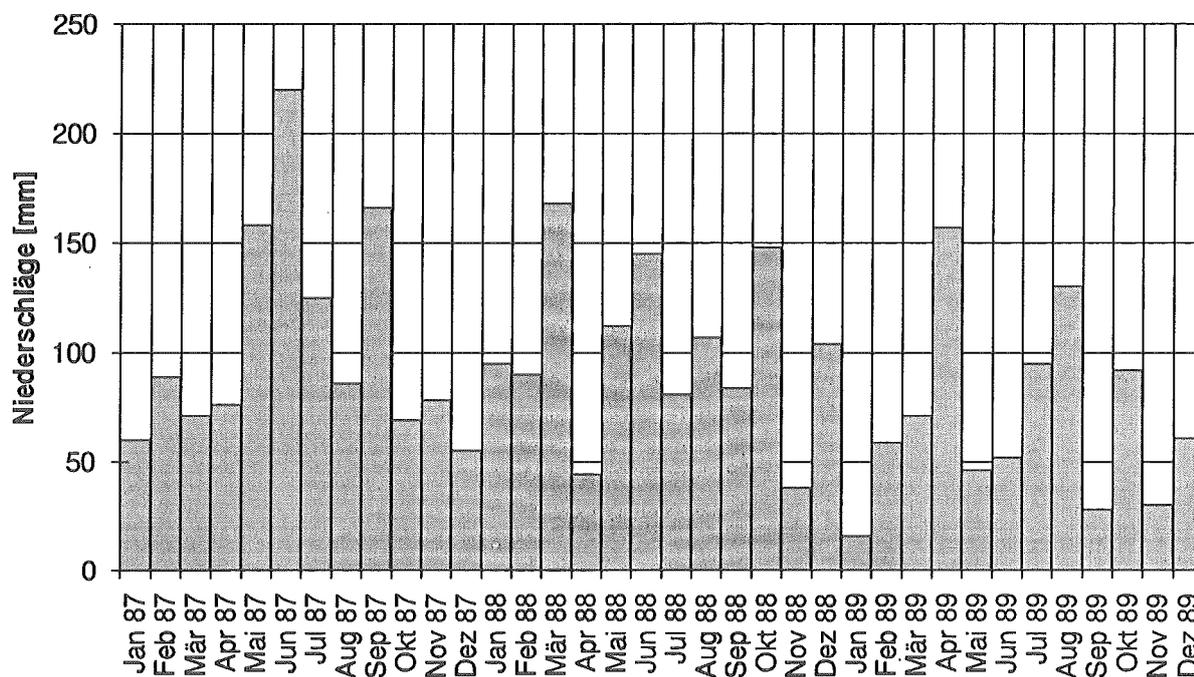
Tabelle 3.5 Monats- und Jahressummen in mm der Stationen Oeschberg, Holzmühle, Burgdorf, Hessigkofen und Wahlendorf von 1988

1988	Oeschberg	Holzmühle	Burgdorf	Hessigkofen	Wahlendorf
Januar	95	92	89	123	128
Februar	90	79	83	112	111
März	168	150	170	199	200
April	44	40	53	39	48
Mai	112	57	128	121	143
Juni	145	54	81	62	92
Juli	81	72	86	75	105
August	107	66	116	117	133
September	84	64	89	76	83
Oktober	148	145	159	150	164
November	38	29	34	42	30
Dezember	104	87	82	115	107
<b>Summe</b>	<b>1216</b>	<b>935</b>	<b>1170</b>	<b>1231</b>	<b>1344</b>

Tabelle 3.6 Monats- und Jahressummen in mm der Stationen Oeschberg, Holzmühle, Burgdorf, Hessigkofen und Wahlendorf von 1989

1989	Oeschberg	Holzmühle	Burgdorf	Hessigkofen	Wahlendorf
Januar	16	12	11	24	24
Februar	59	43	40	75	70
März	71	66	62	77	89
April	157	130	156	149	172
Mai	46	53	44	53	57
Juni	52	43	47	50	33
Juli	95	114	138	127	138
August	130	103	118	118	115
September	28	17	30	29	22
Oktober	92	88	110	107	108
November	30	26	30	42	49
Dezember	61	64	64	86	100
Summe	837	759	850	937	977

Figur 3.3 Monatliche Niederschlagssummen in mm der Klimastation Oeschberg für die Jahre 1987 bis 1989



Bei allen Niederschlags-Messgeräten werden die Messungen durch Wind, Verdunstung, Benetzungsverluste, Rückpralleffekte usw. gestört. Die gemessenen Niederschlagsmengen sind deshalb systematisch zu klein und müssen korrigiert werden. In der Schweiz hat sich SEVRUK ausführlich mit dieser Problematik beschäftigt und Korrekturformeln entwickelt [22]. Die korrigierten Niederschläge sind im Mittel etwa 10 - 15 % grösser als die gemessenen, wobei die Korrekturen in den Wintermonaten etwa doppelt so gross sind wie in den Sommermonaten. Damit die Niederschlagssummen korrigiert werden können, müssen verschiedene meteorologische Kennziffern (die wichtigsten sind Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit), die Aufstellhöhe des Wind- und des Niederschlagsmessers usw. bekannt sein. Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur werden lediglich in Klimastationen gemessen. Somit können nur deren Korrekturfaktoren direkt bestimmt werden. Die Korrekturfaktoren der Niederschlags-Messstationen müssen über diejenigen der Klimastationen berechnet werden.

Die Tabelle 3.7 gibt eine Übersicht über die monatsweise berechneten Korrekturfaktoren der Klimastation Oeschberg für die Jahre 1987 bis 1989.

Tabelle 3.7 Monatliche Korrekturfaktoren nach SEVRUK der Klimastation Oeschberg für die Jahre 1987 bis 1989

Monat	1987	1988	1989	Mittelwert
Januar	1.202	1.132	1.194	1.176
Februar	1.111	1.182	1.166	1.153
März	1.183	1.149	1.122	1.151
April	1.084	1.136	1.101	1.107
Mai	1.078	1.068	1.102	1.083
Juni	1.048	1.045	1.095	1.063
Juli	1.057	1.097	1.079	1.078
August	1.043	1.062	1.051	1.052
September	1.026	1.072	1.150	1.083
Oktober	1.089	1.055	1.064	1.069
November	1.120	1.158	1.156	1.145
Dezember	1.129	1.137	1.135	1.134
Mittelwert	1.097	1.108	1.118	1.108

Die in Tabelle 3.7 dargestellten monatlichen SEVRUK-Korrekturfaktoren sind in den Wintermonaten deutlich grösser als in den Sommermonaten. Die durchschnittliche Niederschlagskorrektur beträgt 10.8 %.

### 3.2.2 Verdunstung

Die Verdunstung kann im Gegensatz zum Niederschlag höchstens mit sehr grossem Aufwand einigermaßen zuverlässig direkt gemessen werden. Für unsere Untersuchungen wurde sie daher mit der halbempirischen Formel von PENMAN [23], [2], [11] berechnet. Sie basiert auf den in der SMA-Klimastation gemessenen Klimadaten: Luftdruck, Lufttemperatur, Dampfdruck, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer und erlaubt die sog. potentielle Verdunstung, d.h. die von den klimatischen Bedingungen her maximal mögliche, zu bestimmen. Mit der Bodenwasserbilanz kann geprüft werden, ob der für die Verdunstung notwendige Wassernachschub gewährleistet ist. Falls dies nicht zutrifft, wird die potentielle Verdunstung auf die aktuelle reduziert. Bei durchschnittlichen klimatischen Verhältnissen im schweizerischen Mittelland ist die aktuelle Verdunstung im allgemeinen nur geringfügig kleiner als die potentielle. Daher kann für generelle Betrachtungen oft ohne weiteres mit der potentiellen Verdunstung gerechnet werden.

Bei kleinen Niederschlagssummen in den Sommermonaten wie sie in den Jahren 1988 und 1989 vorliegen, muss jedoch bei der Ermittlung der Grundwasserwegflüsse (vgl. Abschnitt 4.2) die aktuelle Verdunstung berücksichtigt werden.

Das Hauptgrundwasservorkommen des Untersuchungsgebietes liegt in der Nähe der SMA-Klimastation Oeschberg. Für die Berechnung der Verdunstung im Zusammenhang mit der Eichung des Grundwassermodells und der Grundwasserbilanzierung 1988/89 wurden daher die Klimadaten dieser Station benutzt.

Die Tabelle 3.8 zeigt die Monatswerte der nach PENMAN berechneten potentiellen Verdunstung der Klimastation Oeschberg für die Jahre 1987 bis 1989. Die Monatswerte der Verdunstung werden zusätzlich in Figur 3.4 dargestellt.

Tabelle 3.8 Potentielle Verdunstung in mm nach PENMAN der Klimastation Oeschberg für die Jahre 1987 bis 1989

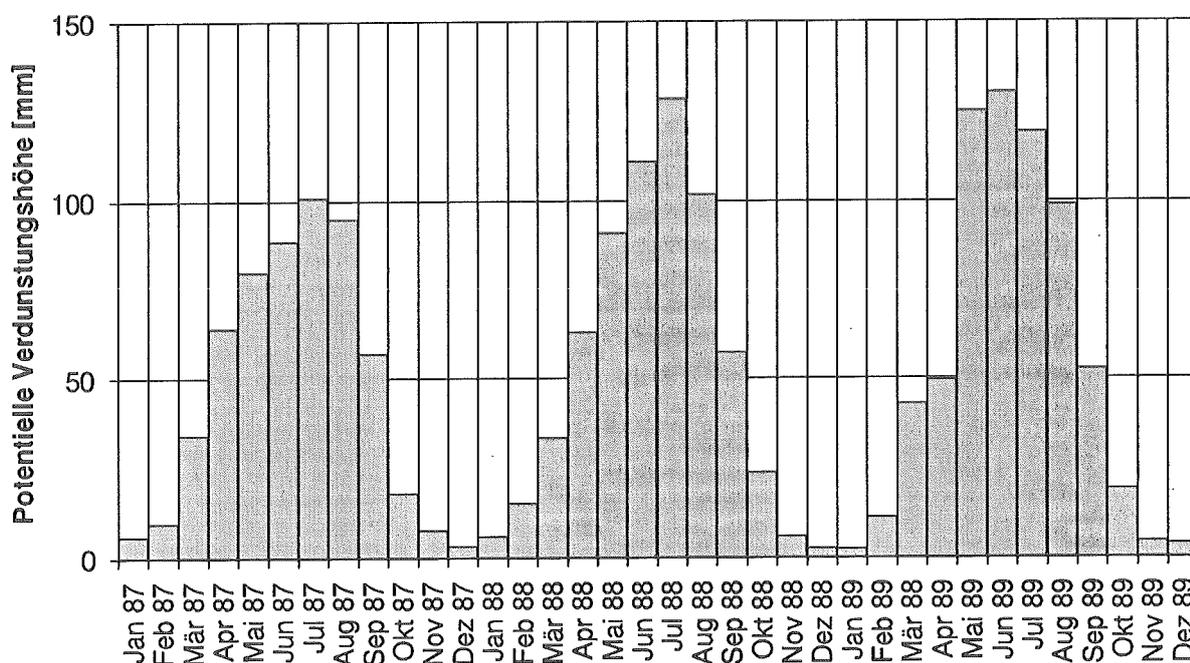
Monat	1987 [mm]	1988 [mm]	1989 [mm]	Mittelwert [mm]
Januar	6.1	6.0	2.4	4.8
Februar	9.8	15.4	11.3	12.2
März	34.2	33.5	42.9	36.9
April	64.1	63.0	49.5	58.9
Mai	80.1	91.1	125.1	98.8
Juni	88.8	111.1	130.3	110.1
Juli	100.9	128.5	119.2	116.2
August	95.0	101.8	98.9	98.6
September	57.0	57.4	52.5	55.6
Oktober	18.1	23.8	19.3	20.4
November	7.8	6.0	4.7	6.2
Dezember	3.3	2.7	4.0	3.3
Summe	565.2	640.3	660.1	622.0
Mittelwert	47.1	53.4	55.0	51.8

Die Monatswerte der potentiellen Verdunstung schwanken in den Jahren 1987 bis 1989 zwischen 2.7 und 130.3 mm. Naturgemäss werden die grossen Verdunstungshöhen im Sommer-, die kleinen im Winterhalbjahr erreicht.

Im Mittel der betrachteten drei Jahre beträgt die potentielle Verdunstung ca. 52 mm, in den Sommerhalbjahren (April bis September) ca. 90 mm, in den Monaten Januar bis März und Oktober bis Dezember ca. 14 mm.

Im Jahr 1987 beträgt die potentielle Verdunstung der Klimastation Oeschberg ca. 45 % der gemessenen Niederschläge, für 1988 ca. 53 % und für 1989 ca. 74 %.

Figur 3.4 Monatssummen der potentiellen Verdunstung nach PENMAN der Klimastation Oeschberg für die Jahre 1987 bis 1989



### 3.3 Messungen an Oberflächengewässern

#### 3.3.1 Wasserstände

Wasserstandsmessungen an Oberflächengewässern werden bei Abstichpunkten und Messstationen durchgeführt. Sie sind notwendig, um:

- zusammen mit den Grundwasserspiegelmessungen, die Wechselbeziehungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser zu beurteilen, die In- und Exfiltrationsstrecken auszu-scheiden
- zusammen mit Pegel-Abflussbeziehungen die Abflussmengen zu bestimmen (vgl. Abschnitt 3.3.2).

Die Oberflächenwasserstände wurden im Untersuchungsgebiet in 65 Messstellen mit einzelnen oder periodischen Messungen und in 5 Messstationen kontinuierlich erhoben. In den Tabellen 3.9 und 3.10 werden die Messstationen und die wichtigsten Messstellen tabellarisch aufgelistet. Soweit es sinnvoll war, wurden die Wasserstands- mit den Abflussmengen-Messstellen vereint. Die kombinierten Messstationen und Messstellen werden in den Tabellen, Figuren und Beilagen speziell mit Q bezeichnet.

Tabelle 3.9 Messstationen mit kontinuierlicher Aufzeichnung an den Oberflächengewässern im Untersuchungsgebiet (Lage vgl. Beilage 1)

Feld-bezeichnung	WEA-Nummer	Koordinaten [m]	Messpunkt-höhe [m ü.M.]	Gewässer
USO01	603/208.030	603375/208025	521.97	Moossee
URQ22	603/207.020	603970/207666	523.41	Urtenen
URQ60	607/213.041	607895/213560	498.88	Urtenen
URTQ1	606/217.010	606950/217390	480.97	Urtenen
FRQ50	606/215.021	606665/215180		Bruchbach (Fraubrunnen)

Tabelle 3.10 Messstellen für Abfluss- resp. Wasserstands-Messungen an den Oberflächengewässern im Untersuchungsgebiet (Lage vgl. Beilage 1)

Feld- bezeichnung	WEA- Nummer	Koordinaten [m]	Messpunkt- höhe [m ü.M.]	Gewässer
URO23	604/207.105	604130/207790	525.07	Urtenen
URO26	604/208.010	604788/208430	523.33	Urtenen
URO28	605/208.013	605055/208322	515.99	Urtenen
URO32	605/208.016	605555/208790	515.58	Urtenen
URQ35	605/209.003	605365/209235	513.42	Urtenen
URQ40	605/209.004	605365/209790	513.31	Urtenen
URQ42	605/210.010	605990/210160		Urtenen
URQ43	606/210.016	606160/210525	511.19	Urtenen
URQ44	606/210.018	606245/210790		Urtenen
URQ46	606/211.005	606840/211145	509.33	Urtenen
URQ48	607/211.031	607475/211570	505.59	Urtenen
URQ49	607/211.032	607660/211750		Urtenen
URQ50	607/212.004	607655/212215	502.35	Urtenen
URQ55	607/213.035	607790/213210	499.92	Urtenen
URO62	607/213.039	607855/213675	496.65	Urtenen
URO64	607/213.026	607880/213930	497.97	Urtenen
URO65	607/214.030	607845/214120	496.98	Urtenen
URO66	607/214.029	607760/214240	495.85	Urtenen
URO67	607/214.042	607425/214720	492.28	Urtenen
URO68	607/214.024	607410/214720	493.69	Urtenen
URO69	607/214.022	607350/214845	491.85	Urtenen
URO70	607/214.021	607345/214860	491.63	Urtenen
URO71	607/214.020	607305/214940	492.84	Urtenen
URO72	607/215.034	607250/215095	492.48	Urtenen
URO73	607/215.033	607230/215110	491.79	Urtenen
URO74	607/215.032	607170/215350	490.25	Urtenen
URQ75	607/215.029	607120/215590	489.08	Urtenen
URO76	607/215.028	607115/215600	488.99	Urtenen
URO80	607/216.036	607070/216030	488.02	Urtenen
FRO35	606/215.014	606910/215140	490.87	Urtenen
FRQ37	607/215.027	607095/215610	489.54	Urtenen/Bruchbach
FRO41	607/214.032	607120/214465	492.70	Urtenen
FRO44	606/214.022	606970/214570	491.71	Urtenen
HBQ13	607/210.038	607880/210960		Hettiswilbach
HBQ15	607/209.017	607800/209890		Hettiswilbach
HBQ17	608/209.024	608180/209660		Hettiswilbach
HBQ19	608/209.025	608360/209520		Hettiswilbach
HBQ21	607/211.033	607210/211310		Stepbach
JEQ10	605/210.011	605340/210710		Jegenstorfbach
JEQ12	605/210.012	605990/210170		Jegenstorfbach
ZAO30	607/213.027	607720/213815	497.37	Urtenen
ZAO31	607/213.024	607565/213940	496.71	Urtenen
ZAO32	607/214.028	607280/214190	494.74	Urtenen
ZAO35	607/214.040	607265/214095	494.67	Urtenen
ZAO37	607/214.027	607330/214405	494.33	Urtenen



### 3.3.3 Chemische Untersuchungen

Das Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft (GSA), Abteilung Gewässer- und Bodenschutzlabor, untersucht periodisch die Wasserqualität der Oberflächengewässer im Kanton Bern. Am Moossee und an der Urtenen befinden sich eine aktuelle und 7 aufgehobene Probenahmestellen gemäss der folgenden Tabelle.

Tabelle 3.12 Probenahmestellen für Qualitätsuntersuchungen an Moossee und Urtenen (Gewässer- und Bodenschutzlabor)

Gewässer/GSA Bezeichnung	Ort	Koordinaten	Messdauer
Grosser Moossee	Auslauf, Steg	603660/207630	Ab 1969
Kleiner Moossee	Auslauf	602360/208310	1982 - 1985
Urtenen URO1	oberhalb ARA Moossee	607565/211655	1974 - 1976
Urtenen URO2	unterhalb ARA Moossee	607690/211850	1974 - 1976
Urtenen URO3	Zauggenried	607575/213935	1974 - 1976
Urtenen URO4	Fraubrunnen	606975/214450	1974 - 1976
Urtenen URO5	Bad Fraubrunnen	607110/215645	1975 - 1976
Urtenen URO6	Schalunen	606955/217385	1972 - 1973

Die Untersuchungsergebnisse der Probenahmestelle Grosser Moossee wird seit 1986 im Hydrographischen Jahrbuch des Kantons Bern veröffentlicht [3].

Im Rahmen der Qualitätsuntersuchungen des Grundwassers (vgl. Abschnitt 3.4.3) wurden an drei Stellen aus der Urtenen Wasserproben entnommen und vom Gewässer- und Bodenschutzlabor, untersucht. Tabelle 3.13 gibt Auskunft über die Probenahmedaten und die Lage der Probenahmestellen. Die Standorte sind auch aus der Beilage 1 ersichtlich.

Die Untersuchungsergebnisse werden in Abschnitt 6.4.7 beschrieben.

Tabelle 3.13 Qualitätsuntersuchungen in Oberflächengewässern

Feldbezeichnung	WEA-Nummer	Koordinaten [m]	OK Terrain [m ü.M.]	Datum der Probenahme / Untersuchungsziel				
				08.12.1987	06.04.1988	13.12.1988	26.04.1989	16.01.1990
URQ48	607/211.028	607475/211570	505.40	CB	CB	CB	CB	CB
ZAO30	607/213.027	607720/213815	497.00	CB	CB	CB	CB	CB
URO80	607/216.036	607070/216030	487.50	CB	CB	CB	CB	CB

CB = Chemische - Bakteriologische Untersuchungen

### 3.4 Messungen im Grundwasser

#### 3.4.1 Grundwasserstände

Grundwasserstands-Messungen werden vor allem durchgeführt, um die Höhenlage des Grundwasserspiegels, das Spiegelgefälle und die Fliessrichtung des Grundwassers zu erfassen, zusammen mit den Oberflächenwasserstands-Messungen die Wechselbeziehung zwischen Grund- und Oberflächenwasser aufzuzeigen, wichtige Grundlagen für die Berechnung der Fliessgeschwindigkeit, die Grundwasserbilanzierung und die Erstellung des Grundwassermodells zu erhalten.

Der Grundwasserstand ist sowohl orts- wie auch zeitabhängig. Bei Simultanmessungen werden an möglichst vielen geeigneten Messstellen die Grundwasserstände gleichzeitig, d.h. in der Regel innerhalb eines Tages, erhoben, um für dieses Datum die Grundwasserspiegelfläche mit Höhenkurven bzw. Isohypsen darstellen zu können. Die zeitlichen Schwankungen werden dagegen aus Kostengründen nicht im ganzen Messstellennetz detailliert erfasst, sondern lediglich in repräsentativen Messstellen mit Schreibpegeln aufgezeichnet.

Mit Ausnahme von JEB50 waren alle neu erstellten Bohrungen zeitweise mit Schreibpegeln für die kontinuierliche Aufzeichnung der Grundwasserstände ausgerüstet. Die Tabelle 3.14 gibt einen Überblick über die Dauer ihres Betriebes. In der Zeit von Dezember 1990 bis Februar 1991 übernahm das WEA die Schreibpegel der drei Grundwasserstands-Messstationen MTB50, HBB51 und MRB50 und gliederte sie in das Netz der permanenten hydrometrischen Stationen des Kantons Bern [3] ein. Die übrigen Messstationen wurden entweder aufgehoben oder im Hinblick auf das Untersuchungsprogramm zur Nitratüberwachung [15] durch das WEA weiter betreut.

Tabelle 3.14 Messperiode der Grundwasser-Messstationen

Feldbezeichnung	WEA-Nummer	Koordinaten [m]	1987	1988	1989	1990
FRB01	607/215.025	607775/215930	<=====			
FRB02	608/215.018	608090/215215	<=====			
FRB03	608/213.021	608735/213940	<=====			
FRB46	606/215.019	606942/215328		=====		
HBB50	608/211.017	608260/211798		=====		
HBB51	606/209.017	606740/209750		=====		
HBB55	608/211.018	608344/211100			=====	
HBB58	607/210.035	607790/210110				==>
KEB48	608/212.010	608740/212670	<=====			
KEB50	609/213.042	609245/213320			=====	
MRB50	607/211.030	607053/211513		=====		
MRB51	606/210.013	606020/210080		=====		
MTB50	605/208.006	605790/208565		=====		
MTB51	606/208.041	606060/208080		=====		
USB50	604/208.009	604700/208945		=====		
ZAB01	606/213.001	606640/213700	<=====			
ZAB02	607/212.005	607575/212780		=====		
ZAB50	606/212.003	606629/212954		=====		

Neben der kontinuierlichen Aufzeichnung der Grundwasserstände gemäss Tabelle 3.14 wurden periodisch zwischen dem 03.04.1987 und 15.12.1990 in den übrigen Messstellen vor allem in den Piezometern (vgl. Tabelle 3.15 und Beilage 1) die Wasserstände erhoben.

Die im Kapitel 5 beschriebene stationäre Eichung des numerischen Grundwassermodells Urtenental und die in Beilage 1 mit Höhenkurven bzw. Isohypsen dargestellte Grundwasserspiegelhöhe basieren auf der entsprechenden Messtour vom 16.08.1988. Im Abschnitt 6.1 werden die Grundwasserverhältnisse für dieses Datum detailliert beschrieben.

Tabelle 3.15 Standorte der Piezometer

Feld- bezeichnung	WEA- Nummer	Erstellungs- jahr	Koordinaten	OK Terrain	Messpunkt- höhe
			[m]	[m ü.M.]	[m ü.M.]
FRP05	607/215.019	1974	607910/215260	494.40	494.41
FRP06	607/215.020	1974	607810/215035	494.80	494.81
FRP10	607/215.031	1973	607170/215530	489.32	490.33
FRP13	606/214.023	1978	606105/214930	500.91	501.50
FRP16	608/215.014	1974	608210/215020	496.20	497.17
FRP19	608/214.013	1974	608005/214540	496.20	497.16
JEP30	606/211.006	1987	606905/211780	508.30	509.15
JEP31	605/209.002	1987	605330/209870	515.00	515.91
KEP11	607/211.028	1978	607870/211820	503.50	504.15
KEP30	607/211.029	1987	607690/211560	505.50	506.17
KEP95	607/213.037	1975	607945/213485	498.40	499.12
KEP96	607/213.038	1975	607760/213005	501.50	502.17
MRP31	606/211.003	1987	606220/211160	510.90	511.57
MRP33	605/210.008	1987	605735/210280	513.00	514.20
MRP35	606/210.015	1987	606120/210680	510.70	511.57
MTP30	605/209.005	1987	605420/209690	514.15	514.20
MTP31	605/208.015	1987	605500/208510	515.55	516.16
MTP32	605/209.006	1987	605525/209065	516.30	517.09
MTP33	605/209.001	1987	605240/209000	516.60	517.17
USP30	605/208.014	1987	605330/208140	521.20	522.13
ZAP11	606/214.038	1981	606995/214373	494.90	495.75

### 3.4.2 Entnahmemengen

Die öffentlichen und privaten konzessionierten Grundwasserfassungen im Urtenental-Hauptgrundwasserleiter und im angrenzenden Unteren Emmental gehen aus den Tabellen 3.16 und 3.17 hervor. Die Standorte sind zum Teil in der Beilagen 1 und 2 ersichtlich. Im Urtenental beträgt die konzessionierte Entnahmeleistung ungefähr 6300 l/min bzw. 105 l/s (vgl. Tabelle 3.16), im Mündungsgebiet ungefähr 10300 l/min bzw. 175 l/s (vgl. Tabelle 3.17).

Tabelle 3.16 Öffentliche und private Grundwasserfassungen im Urtenental

Feld- bezeichnung	WEA- Nummer	Fassungsanlage	Standort- gemeinde	Wasser- versorgung	Konz. Leistung  [l/min]
MTF01	606/208.039	PW Mattstettenmoos *	Mattstetten	Wasserverbund Grauholz AG (WAGRA)	3000
HBF02	607/210.002	Hofstetter AG	Hindelbank		346
	607/210.006	Hofstetter AG	Hindelbank		2200
	607/210.026	Hofstetter AG	Hindelbank		330
	606/210.-	EFH Siedlung Badmatte	Münchringen		350
	606/211.-	Michel	Münchringen		55
	607/211.14	ARA Moossee-Urtenenbach Gemeindeverband	Kernenried		10

\* seit 1989 in Betrieb, u.a. zur Ersatzwasser-Beschaffung für die Bahn 2000 (kleine Entnahmemengen; vgl. 3.4.2); seit 01.07.1994 Konzession für WAGRA

Tabelle 3.17 Öffentliche und private Grundwasserfassungen im angrenzenden Unteren Emmental

Feld- bezeichnung	WEA- Nummer	Fassungsanlage	Standort- gemeinde	Wasser- versorgung	Konz. Leistung  [l/min]
FRF02 FRF03	608/213.-	Wältli	Kernenried	WV Vennersmühle WV Vennersmühle	70
	608/213.-	Schleiss	Kernenried		70
	607/213.-	Stucki	Zauggenried		28
	608/214.-	Einwohnergemeinde	Zauggenried		45
	607/214.-	Schär	Zauggenried		90
	609/213.-	COOP Schweiz	Rüdtligen		500
	607/215.016	Einwohnergemeinde	Fraubrunnen		70
	606/214.031	Einwohnergemeinde	Fraubrunnen		1000
	608/215.003	PW Fraubrunnen *	Fraubrunnen		8000
	608/215.002	PW Fraubrunnen *	Fraubrunnen		(1 ha) **
	607/214.003	Maibach + Maier	Fraubrunnen		(2 ha) **
	607/215.-	Hager	Fraubrunnen		(2 ha) **
	607/215.-	Hofer	Fraubrunnen		31
	607/214.-	Althaus	Fraubrunnen		50
	607/214.-	Schär	Fraubrunnen		172
	606/214.-	Messer + Co. AG	Fraubrunnen		36
	607/214.-	Gasche	Fraubrunnen		30
	607/214.-	Reinhard	Fraubrunnen		60
	607/214.-	Reinhard	Fraubrunnen		60
	607/214.-	Aellig	Fraubrunnen		60
607/214.-	Berger	Fraubrunnen	60		

\* Öffentliche Wasserversorgung

\*\* Bewässerungsbrunnen, Konzession wird für eine Fläche erteilt

Die privaten Konzessionäre nutzen das Grundwasser hauptsächlich für die Kiesaufbereitung, Wärme-/Kältegewinnung, Bewässerung und als allgemeines Brauchwasser. In den Fassungen werden nur bedarfsweise die Grundwasserstände erhoben und die Wasserqualität untersucht. Die effektiven Entnahmemengen werden in den privaten Fassungen grösstenteils nicht gemessen.

### 3.4.3 Chemische Untersuchungen

Die Qualität des in den öffentlichen Fassungsanlagen geförderten Grundwassers wird durch das Kantonale Laboratorium (Trinkwasserkontrolle) überwacht. Dazu werden jährlich mehrere Wasserproben entnommen, bakteriologisch und zum Teil auch physikalisch-chemisch untersucht. Die dabei normalerweise untersuchten Parameter sind in Tabelle 6.3 als sogenannte Standardparameter aufgeführt. Daneben werden seit einigen Jahren vereinzelt und nach Bedarf noch spezielle chemische Untersuchungen z.B. nach Chlor-Kohlenwasserstoffen und Pestiziden durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse können im Kantonalen Laboratorium eingesehen werden.

Im Rahmen der Hydrogeologie Urtenental beschränkten sich die Qualitätsuntersuchungen des Grundwassers, wie beim Oberflächenwasser gemäss Abschnitt 3.3.3, vor allem auf den Hauptgrundwasserleiter. Tabelle 3.18 gibt Auskunft über die Probenahmestellen, die Zeitpunkte der Untersuchungskampagnen und die untersuchten Parameter. Die Probenahme erfolgte in den Bohrungen mit Unterwasser- oder Saugpumpe nach einer Vorpumpmenge von mindestens 1 m<sup>3</sup>, in Pumpwerken ab Hahn. Die Analysen wurden im Kantonalen Laboratorium, Bern, durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse werden in Abschnitt 6.3 besprochen.

Tabelle 3.18 Qualitätsuntersuchungen im Grundwasser

Feld- bezeichnung	WEA- Nummer	Datum der Probenahme / Untersuchungsziel						
		10.1987	12.1987	04.1988	12.1988	04.1989	01.1990	11.1990
FRB46	606/215.019		CFP	C	C	C	CPA	C
HBB50	608/211.017		CFP	C	C	C	C	C
HBB51	606/209.017	CFP	C	C	C	C	C	C
HBB55	608/211.018					C	CPA	C
HBB56	608/211.019					C	C	C
HBB57	608/211.020						C	C
JEB50	606/211.004		CFP	C	C	C	CPA	C
KEB48	608/212.010		CF	C	C	C	CPA	C
KEB50	609/213.042				C	C	C	C
MRB50	607/211.030	CFP	C	C	C	C	CPA	C
MRB51	606/210.013	CFP	C	C	C	C	CPA	C
MTB50	605/208.006	CFP	C	C	C	C	CPA	C
MTB51	606/208.041		CFP					
MTF01	606/208.042				C	C	CPA	C
USB50	604/208.009			C	C	C	CPA	C
ZAB01	606/213.001		CFP	C	C	C	CPA	C
ZAB02	607/212.005		CFP	C	C	C	CPA	C
ZAB50	606/212.003		CFP	C	C	C	C	C

C = Physikalisch - chemische Standardparameter  
F = Leichtflüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffe

P = Pestizide  
A = Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

### 3.5 Beziehung zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser

Die Strömungsverhältnisse im Grundwasserleiter dürfen nicht losgelöst von den Abflussverhältnissen in den Oberflächengewässern betrachtet werden, da die Gewässerbette in Lockergesteinen kaum je völlig dicht sind. Aus den meisten Oberflächengewässern sickert Wasser in den Grundwasserleiter (Infiltration) oder sie werden von austretendem Grundwasser gespeist (Exfiltration). Innerhalb einer Gewässerstrecke, selbst innerhalb eines Gewässerquerschnittes können sowohl In- wie auch Exfiltrationen vorhanden sein. Hauptsächlich mit Hilfe von Wasserstands- und Abflussmessungen, aber auch mit chemischen Analysen u.a. können die In- und Exfiltrationsverhältnisse beurteilt werden.

Um die Bereiche abzugrenzen und die In- bzw. Exfiltrationsmengen abzuschätzen, müssen die Wasserstände, die Abflussmengen sämtlicher oberirdischer Zu- und Wegflüsse und abschnittsweise auch des Hauptgewässers gemessen werden.

Das Messen der Abflussmengen ermöglicht eine Abflussbilanz, welche allfällige In- bzw. Exfiltrationsüberschüsse aufzeigt. Die Messgenauigkeit der Abflussmessungen muss bei der Bilanzierung berücksichtigt werden. Sie beträgt ca.  $\pm 5\%$ . Demzufolge können In- und Exfiltrationsüberschüsse in einem Gewässerabschnitt nur eindeutig nachgewiesen werden, wenn sie mehr als  $\pm 5\%$  der Abflussmengen betragen.

#### 3.5.1 Seitenbäche

In der Tabelle 3.19 werden die wichtigsten Resultate der Abflussmessungen in den Seitenbächen Jegenstorfbach, Hettiswilbach, Stepbach und Bruchbach (Fraubrunnen) zusammengestellt.

Die Messstellen am Jegenstorfbach liegen in Jegenstorf (JEQ10) bzw. bei der Einmündung in die Urtenen (JEQ12) und grenzen die direkt über dem Urtenengrundwasserstrom liegende Bachstrecke ab. Von den neun Differenzmessungen ergeben vier eine abnehmende (Infiltration) und fünf eine zunehmende (Zuflüsse von Drainagen usw.) Wassermenge zwischen den beiden Messstellen. Die Unterschiede sind jedoch klein und liegen grösstenteils innerhalb der Messgenauigkeit. Inbezug auf den Hauptgrundwasserstrom des Urtenentals ist höhenmässig lediglich eine Infiltration möglich, die aufgrund der Messwerte jedoch nicht ins Gewicht fällt.

Der Oberflächenwasserabfluss aus dem Hettiswilbach erfolgt teilweise über den Stepbach und über den Hettiswilbach. Die Bäche liegen über weite Strecken in Rohren oder Halbschalen, sind miteinander verbunden und nehmen zeitweise auch Quellüberläufe, Drainage- und Fremdwasser auf. Die Abflussmengen über dem Grundwasserleiter des Urtenentals wurden zwischen den Messstellen HBQ19 (nordwestlich Hettiswil) und HBQ21 (an der Urtenen) bzw. HBQ13 (oberhalb der Halbschalenstrecke im Nordteil von Hindelbank) mit einigen Einzelmessungen erhoben. Die Messdaten bzw. Differenzmessungen zeigen generell: Die in die Urtenen fließenden Wassermengen (HBQ21 plus HBQ13) sind ca. 10 bis 20 % grösser als die Abflussmengen von HBQ19. Zwischen HBQ17 und HBQ15 kann die Abflussmenge zu- und abnehmen: sie bleibt jedoch relativ konstant. Dies bestätigt die oben erwähnten Zuflüsse und deutet auf keine wesentlichen Infiltrationsmengen in den Grundwasserleiter hin.

Der Bruchbach fliesst bei Fraubrunnen ins Untersuchungsgebiet und wurde mengenmässig mit der Messstation FRQ50 erfasst. Er nimmt bis zur Messstelle FRQ37 Wasser aus dem Mühlbach (Urtenen) und dem Exfiltrationsgebiet südöstlich Fraubrunnen auf. Seine Abflussmengen werden im Abschnitt 3.5.3 behandelt.

Tabelle 3.19 Abflussmessungen an Jegenstorfbach, Hettiswilbach, Stepbach, Bruchbach (WEA Nr. vgl. Tabellen 3.9 und 3.10)

Datum	Abflussmengen [m <sup>3</sup> /s]								
	Jegenstorfbach		Hettiswilbach				Stepbach	Bruchbach	
	JEQ10	JEQ12	HBQ13	HBQ15	HBQ17	HBQ19	HBQ21	FRQ50	FRQ37
23.02.1987	0.069	0.091	0.071	0.075	0.062	0.125			
24.03.1987	0.088	0.087							
22.07.1987	0.082	0.076				0.127		0.088	
29.09.1987							0.102		
12.10.1987	0.123	0.129		0.108		0.164		0.158	
13.01.1988	0.095	0.105	0.115				0.038	0.118	
23.02.1988								0.134	0.802
24.02.1988	0.108	0.105							
30.06.1988								0.071	0.499
15.07.1988	0.061	0.048						0.070	
06.12.1988								0.360	
15.12.1988			0.085	0.059		0.126	0.063		
19.12.1988								0.106	0.236
07.03.1989	0.095		0.110	0.093	0.091	0.105	0.016	0.112	
20.06.1989								0.041	0.061
04.07.1989	0.034	0.043	0.094			0.107	0.022		
17.08.1989								0.044	0.324
21.11.1989	0.027	0.028	0.085	0.066	0.074	0.085	0.010	0.038	

### 3.5.2 Urtenen oberhalb Zauggenried

In Tabelle 3.20 sind die Resultate der wichtigsten Abflussmessungen entlang der Urtenen zwischen Urtenen-Schönbühl und Zauggenried/Kernenried aufgeführt. Oberhalb von Kernenried sind bezüglich des Hauptgrundwasserleiters lediglich Infiltrationsverhältnisse möglich; im Gebiet Zauggenried/Kernenried sind In- und Exfiltration möglich. Anhand der Differenzmessungen lässt sich im Urtenental keine beachtliche Infiltration feststellen. Im Bereich Zauggenried/Kernenried ergeben sich erwartungsgemäss In- und Exfiltrationsüberschüsse die jedoch meistens relativ klein sind und nur mit einem sehr grossen Aufwand messtechnisch quantifiziert werden können.

In Figur 3.5 können urtenennahe Grundwasserstände mit dem Urtenenabfluss in Zauggenried verglichen werden. Während die Grundwasserstände von MRB51 südlich von Münchringen nicht auf kurzfristige Abflussschwankungen reagieren, widerspiegeln diejenigen in ZAB02 südlich Kernenried bereits andeutungsweise, in ZAH47 östlich Zauggenried relativ eindeutig das Abflussgeschehen der Urtenen.

Wasserspiegelmessungen in gerammten Piezometern entlang der Urtenen zeigten, dass sich nach grösseren Niederschlägen in den Deckschichten auf schlecht durchlässigen Stauhorizonten Sickerwasser ansammelt, welches zum Teil in die Urtenen exfiltrieren könnte. Mengemässig bleibt diese Exfiltration jedoch unbedeutend.

Figur 3.5 Ganglinien der Grundwasserstände (Tagesmittel) von urtenennahen Messstationen und des Urtenenabflusses bei Zauggenried

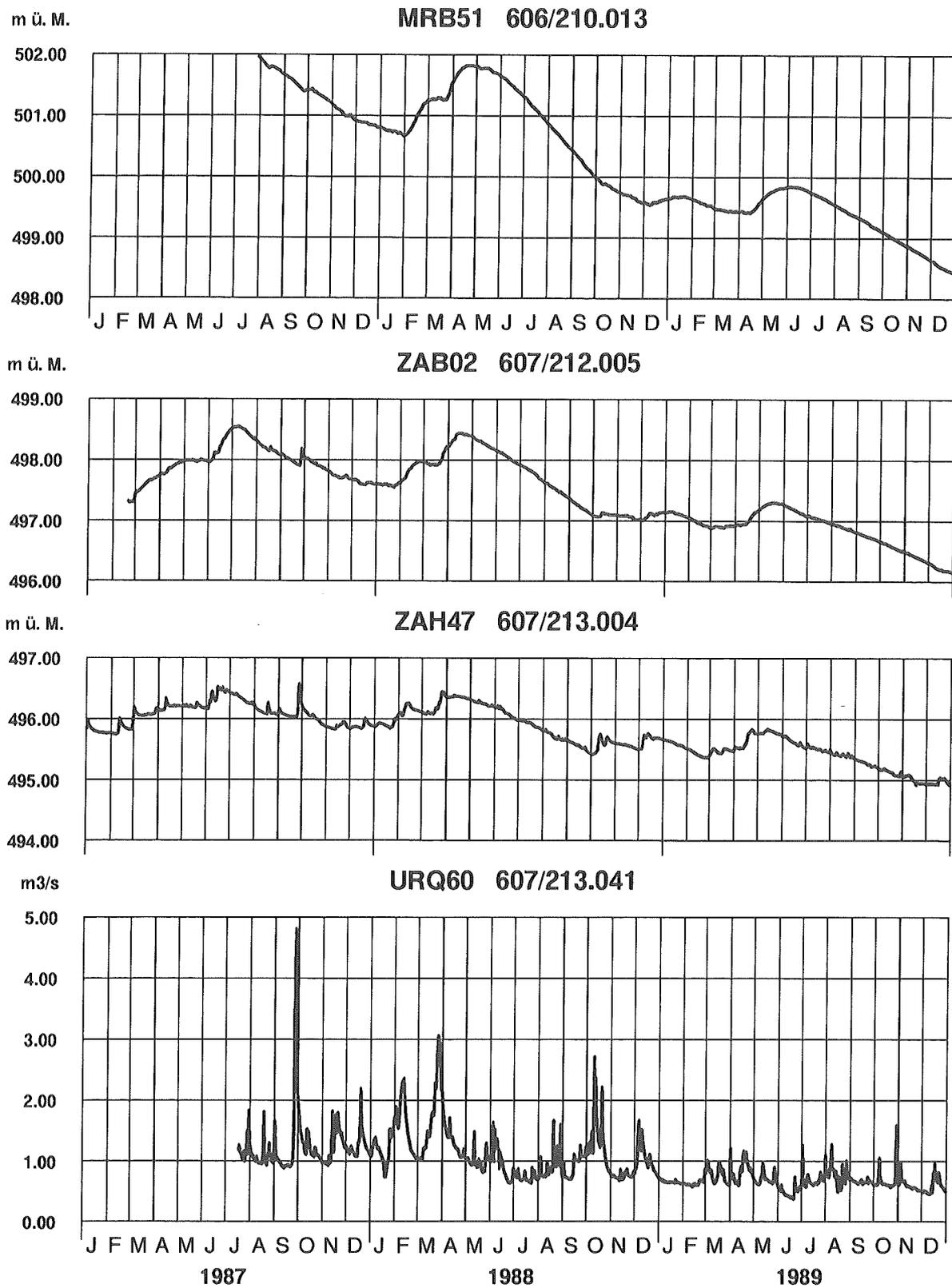


Tabelle 3.20 Resultate von Differenzmessungen zwischen Urtenen-Schönbühl und Zauggenried

Abflussmengen der Urtenen [m³/s]						
Feldbezeichnung *	23.02.1987	24.03.1987	09.09.1987	29.09.1987	24.02.1988	15.12.1988
URQ22	-	0.27			0.42	0.54
URQ35	0.35	0.31			0.46	
URQ42	0.37	0.31			0.45	
URQ42 + JEQ12	0.46	0.40			0.56	
URQ43		0.39			0.57	
URQ44		0.39		1.20	0.57	0.67
URQ46		0.43		1.19		0.68
URQ46 + HBQ21				1.29		0.74
URQ48	0.49			1.25		0.77
URQ48 + HBQ13 + ARA	0.83					1.06
URQ49			0.69			1.04
URQ50			0.69			
URQ55			0.68			1.00
URQ60	1.02		0.96			0.96

\* WEA Nrn. vgl. Tabellen 3.9 und 3.10

### 3.5.3 Gebiet Zauggenried-Schalunen

Oestlich Zauggenried, unterhalb der Messstelle URQ60 wird Wasser aus der Urtenen abgezweigt und durch den Mühlekanal zur Mühle Fraubrunnen geleitet. In Fraubrunnen vereinigt sich der Mühlekanal mit dem Bruchbach (FRQ50), und das Oberflächenwasser fliesst zusammen mit Drainage- und exfiltrierendem Grundwasser (vor allem aus dem Gebiet südöstlich Fraubrunnen) beim Schwimmbad Fraubrunnen durch die Abfluss-Messstelle FRQ37 in die Urtenen.

Unterhalb der oben erwähnten Messstelle URQ60 wurde der Abfluss der Urtenen beim Schwimmbad Fraubrunnen (URQ75) und in Schalunen (URTQ1) erhoben. Damit war es möglich, die Beziehungen zwischen den Oberflächengewässern und dem Grundwasser einerseits im direkten Mündungsbereich des Urtenentals oberhalb des Schwimmbades Fraubrunnen und andererseits bis zur permanenten langjährigen WEA-Messstation [3] URTQ1 zu beleuchten.

Die Beziehungen zwischen den Oberflächengewässern und dem Grundwasser im Gebiet zwischen Zauggenried und Schalunen wurden bereits in [1] und [2] behandelt und dargestellt. Bei den damals untersuchten Verhältnissen ergaben sich wesentliche Exfiltrationsüberschüsse.

Die Resultate der Differenzmessungen in Tabelle 3.21 bestätigen die relativ grossen Exfiltrationsüberschüsse zwischen dem Schwimmbad Fraubrunnen und Schalunen (Kolonne 8) bzw. Zauggenried und Schalunen (Kolonne 6), welche sich jedoch im Jahr 1989 mit den allgemein tiefen Grundwasserständen um ca. 50 % reduzierten.

Tabelle 3.21 Differenzmessungen, In- und Exfiltrationsüberschüsse zwischen Zauggenried und Schalunen

Messstelle *	Abflussmengen [m <sup>3</sup> /s]					Infiltrationsüberschuss (+)		
	URQ60	FRQ50	URQ75	FRQ37	URTQ1	Exfiltrationsüberschuss (-)		
Kolonne	1	2	3	4	5	6 (= 1 + 2 - 5)	7 (= 1 + 2 - 3 - 4)	8 (= 3 + 4 - 5)
23.02.1988	1.46	0.13	0.67	0.80	1.84	- 0.25	+ 0.12	- 0.37
30.06.1988	0.74	0.07	0.52	0.50	1.46	- 0.65	- 0.21	- 0.44
15.07.1988	0.73	0.07			1.25	- 0.45		
19.12.1988	0.85	0.11	0.77	0.24	1.41	- 0.45	- 0.05	- 0.40
07.03.1989	0.81	0.11			1.21	- 0.29		
20.06.1989	0.35	0.04	0.33	0.06	0.64	- 0.25	± 0.00	- 0.25
17.08.1989	0.76	0.04	0.41	0.32	0.92	- 0.12	+ 0.07	- 0.19
21.11.1989	0.57	0.04			0.87	- 0.26		

\* WEA Nrn. vgl. Tabellen 3.9 und 3.10

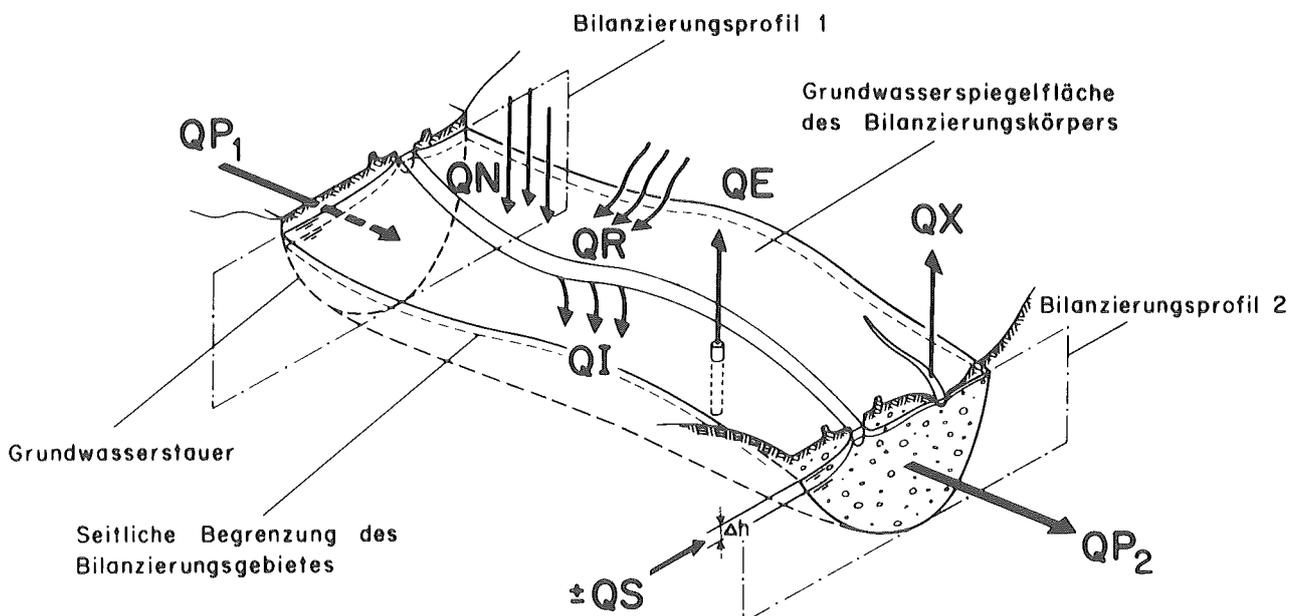
Im Gebiet zwischen Zauggenried und Schwimmbad Fraubrunnen (Kolonne 7) ergaben sich sowohl In- wie Exfiltrationsüberschüsse. Infiltrationsverhältnisse dürften relativ kurzfristig längs der Urtenen bei grosser Wasserführung auftreten (23.02.1988). Bei sehr tiefen Grundwasserständen liegt das Urtenenbett über dem benachbarten Grundwasserspiegel. Dies führt ebenfalls zu Infiltrationsverhältnissen (vgl. Beilage 1), was für das ganze Gebiet zusammen mit dem Rückgang der Grundwasseraustritte bzw. Drainageabflüsse ebenfalls Infiltrationsüberschüsse ergeben kann.

## 4 ERMITTLUNG DER GRUNDWASSERZU- UND WEGFLÜSSE

### 4.1 Bilanzierungskörper

Grundwasser-Dargebotsstudien, Nutzungs- und Schutzkonzepte erfordern, dass die Grundwasserzu- und -wegflüsse des Vorkommens erfasst bzw. gemessen werden. Dies gilt auch, wenn für die Grundwasserbilanzierung und die Überwachung des Grundwasservorkommens ein numerisches Grundwassermodell erstellt wird (vgl. Kapitel 5), denn die (unabhängig vom numerischen Modell) berechneten Zu- und Wegflüsse werden bei den Modellarbeiten entweder als Eingabedaten oder Kontrollgrößen benötigt. Die Figur 4.1 zeigt schematisch die zu beachtenden Zu- und Wegflüsse (Bilanzierungskennziffern) in einem Schotter-Grundwasserleiter.

Figur 4.1 Schematischer Bilanzierungskörper mit Grundwasserzu- und -wegflüssen



#### Zuflüsse

- QP<sub>1</sub> = Zufluss durch ein Bilanzierungsprofil
- QN = Direkte Grundwasserneubildung aus Niederschlag
- QR = Indirekte Grundwasserneubildung (Randzufluss)
- QI = Infiltration aus Oberflächengewässern

#### Wegflüsse

- QP<sub>2</sub> = Wegfluss durch ein Bilanzierungsprofil
- QX = Exfiltration von Grundwasser
- QE = Grundwasserentnahme (Trink- und Brauchwasserversorgung)

#### Speicheränderung

- QS = Speichermengen (+) bzw. Zehrmengen (-)

Die Ermittlung der Grundwasserzu- und -wegflüsse, basiert auf den in Kapitel 2 und 3 aufgeführten Hydrologischen Kennziffern und Grundlagedaten und wurde im wesentlichen mit den Methoden, wie sie in [11] beschrieben sind, durchgeführt. Auf ihre Berechnung wird im Detail nicht eingetreten, in erster Linie werden die Resultate dargestellt.

Der Bilanzierungskörper, für den die Grundwasserzu- und -wegflüsse im folgenden betrachtet werden, entspricht praktisch der Unterwasserspiegelzone des Hauptgrundwasserleiters und auch dem Grundwassermodell Urtenental (vgl. Kapitel 5). Seine Grenzen folgen denjenigen des Modellgebietes, die sich soweit möglich auf die seitliche Berandung des Grundwasserleiters abstützen. Das Bilanzierungsprofil Kernenried/Zauggenried bildet die Grenze zum Grundwassermodell Unteres Emmental.

Für die Ermittlung der Grundwasserneubildung im Urtenental wurden 12 Einzugsgebiete ausgeschieden (vgl. Figur 4.2) deren Flächen, mittlere Höhen und Waldanteile in Tabelle 4.1 aufgeführt werden.

Tabelle 4.1 Einzugsgebiete im Urtenental

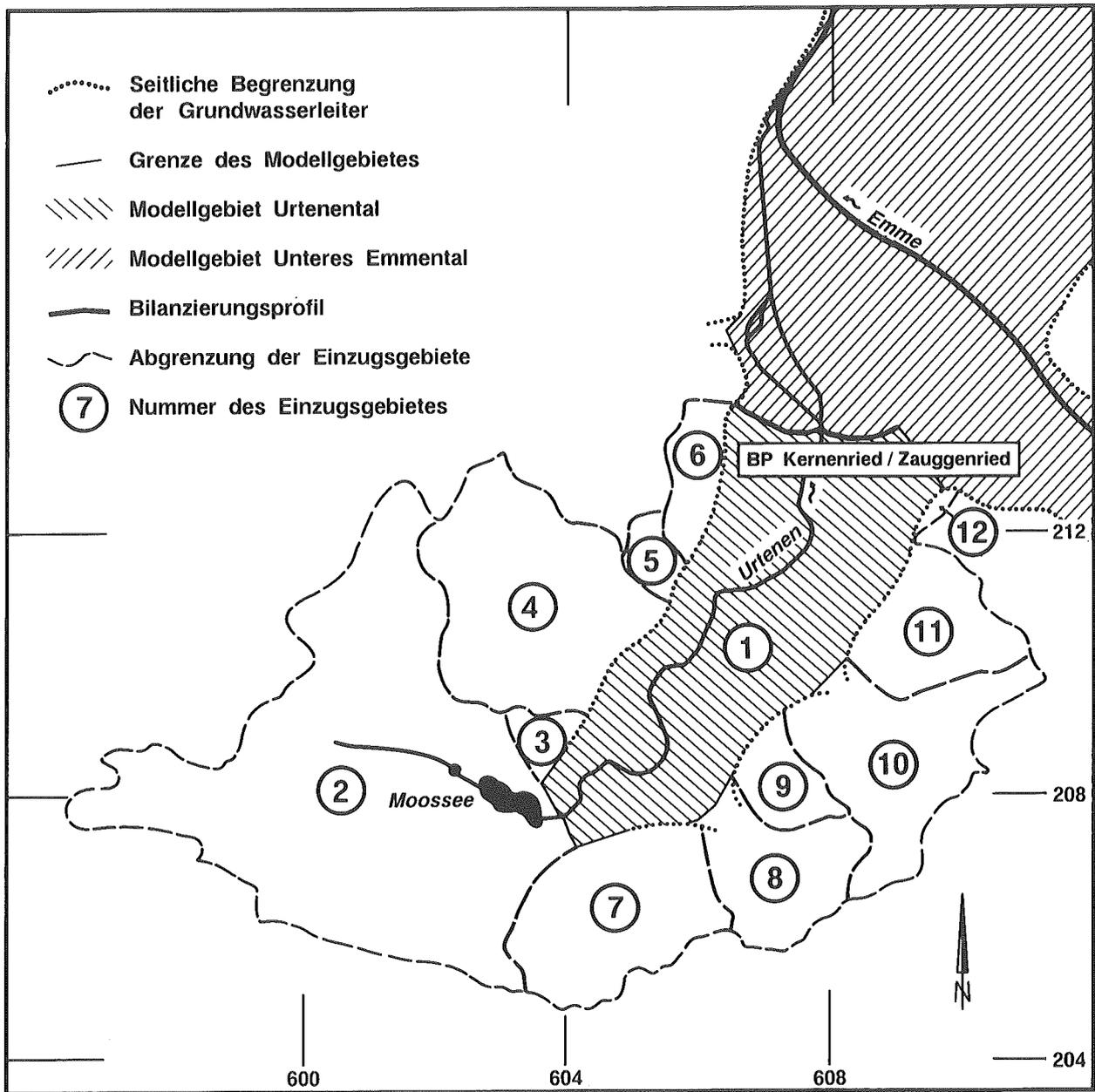
Einzugsgebiet Nr.	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Mittlere Höhe [m ü.M.]	Wald- anteil [%]	Bemerkungen (vgl. Beilage 1)
1	18.6	510	16	Hauptgrundwasserleiter, Modellgebiet
2	24.0	590	26	Urtenen oberhalb 603/207.20
3	0.7	565	14	
4	9.2	560	16	Jegenstorfbach oberhalb 605/210.11
5	0.8	530	-	
6	1.5	520	53	
7	6.5	680	64	
8	4.0	625	70	
9	1.6	575	50	
10	6.5	575	34	Hettiswilbach oberhalb 608/209.25
11	3.6	590	28	
12	0.1	525	100	
Total bzw. Mittel	77.1	ca. 570	ca. 28	

Die Grundwasserzuflüsse bestehen aus der direkten Grundwasserneubildung in Gebiet 1, der indirekten Grundwasserneubildung aus den Gebieten 2 bis 12 und aus der Infiltration der Oberflächengewässer im Modellgebiet (vgl. Abschnitt 4.2).

Die Grundwasserwegflüsse setzen sich zusammen aus dem Abfluss ins Untere Emmental durch das Bilanzierungsprofil Kernenried/Zauggenried, aus der Exfiltration in die Urtenen und der Grundwassernutzung (vgl. Abschnitt 4.3).

Für den Hauptgrundwasserleiter bzw. das Modellgebiet (Nr. 1) werden im folgenden massgebende Aspekte der Grundwasserzu- und -wegflüsse erörtert. Sie bilden grösstenteils eine wesentliche Grundlage für die stationäre Eichung des Grundwassermodells Urtenental.

Figur 4.2 Einzugsgebiete im Urtenental  
1 : 100'000



## 4.2 Grundwasserzuflüsse

### 4.2.1 Direkte Grundwasserneubildung

Der Anteil des Niederschlags, der direkt auf den Grundwasserleiter (Gebiet 1) fällt und über eine mehr oder weniger vertikale Sickerstrecke (im Bilanzierungsgebiet hauptsächlich ca. 10 bis 30 m) den Grundwasserspiegel erreicht, entspricht der sogenannten direkten Grundwasserneubildung GN (bezogen auf eine Einheitsfläche) bzw. QN (bezogen auf den ganzen Grundwasserleiter oder auf einen Teil). GN und QN können für einen Zeitabschnitt in mm (wie die tägliche Niederschlagshöhe) oder für eine Fläche in m<sup>3</sup>/s bzw. l/s angegeben werden.

Für die Ermittlung der direkten Grundwasserneubildung wie auch der in Abschnitt 4.1.2 beschriebenen indirekten Grundwasserneubildung wurden in erster Linie folgende Parameter berücksichtigt :

- Niederschläge (N) korrigiert nach SEVRUK
- potentielle Verdunstung (V) nach PENMAN
- nutzbare Feldkapazität
- Sickervorgang
- Oberflächenwasserabfluss

Im langzeitlichen Mittel berechnet sich die direkte Grundwasserneubildung zu:

$$QN = N - AO - V$$

Der zeitliche Verlauf von QN ist, ausgenommen bei kleinen Flurabständen, zusätzlich vom Speicherverhalten des Bodens und der Wasserbewegung in der Ueberwasserspiegelzone abhängig. Beide bewirken eine zeitliche Verzögerung und eine Dämpfung der direkten Grundwasserneubildung und können mit Hilfe der sog. klimatischen Bodenwasserbilanz berücksichtigt werden [2], [11].

Die nutzbare Feldkapazität gibt bekanntlich an, wieviel Wasser maximal im Boden gespeichert werden kann, das auch für die Pflanzen verfügbar ist. Sie wird benötigt, um die für die Versickerung und Verdunstung relevanten Eigenschaften der oberen Bodenwasserzone beschreiben zu können, hängt von der Beschaffenheit der obersten, ca. 1 m mächtigen Bodenschicht ab (Bodenart, Lagerungsdichte, Pflanzenbewuchs), kann örtlich stark variieren und muss mit bodenkundlichen Methoden ermittelt werden.

Aus anderen Gebieten ist bekannt, dass die obersten Bodenschichten im Mittelland eine nutzbare Feldkapazität von ca. 100 bis 200 mm aufweisen. In bewaldeten Gebieten ist sie wegen der grösseren Mächtigkeit der durchwurzelten Zone eher grösser. Die relativ grosse Bandbreite führt jedoch annähernd zu den gleichen berechneten Versickerungsmengen.

Beim Sickervorgang gelangt das Niederschlagswasser, das die Bodenoberfläche erreicht und nicht oberirdisch abfließt, vorerst in die obere Bodenwasserzone, die als oberer Bodenwasserspeicher wirkt, wo es entweder verdunstet (Evaporation sowie Transpiration der Pflanzen) oder dem Grundwasservorkommen als Sickerwasser zufließt. Die Wassermengen von Schneedecken in den Wintermonaten erreichen die obere Bodenwasserzone erst mit Beginn der nächsten Tauperiode.

Der maximale Zufluss von Sickerwasser ins Grundwasser setzt erst ein, wenn der obere Bodenwasserspeicher voll ist und die von der Terrainoberfläche her zufließende Nieder-

schlagsmenge die Verdunstung überwiegt. Der Sickerwasserfluss beginnt im Unteren Emmental bei einer Teilfüllung von ca. 70 % [2], [11].

Der oberflächliche, kurzfristige Abfluss AO kann aufgrund der abflusswirksamen Flächen, Überbauungsdichte, Geländebeziehungen und Bewirtschaftung über entsprechende Abflussbeiwerte ermittelt werden [26]. Der Abflussbeiwert gibt an, wieviel des Niederschlags oberflächlich abfließt und damit weder für die Verdunstung noch für die Versickerung zur Verfügung steht.

Für die Abschätzung von AO sind folgende Beiwerte berücksichtigt worden:

- Siedlungsgebiet                    0.35
- Landwirtschaftszone            0.03
- Wald                                    0.00

Sie ergeben für den Grundwasserleiter im Urtenental (Gebiet 1) einen mittleren Abflussbeiwert von 0.064 bzw. 6.4 %.

Die Berechnung der Grundwasserneubildung basiert auf den in den Abschnitten 3.2.1 und 3.2.2 beschriebenen Niederschlags- und Verdunstungsdaten und den oben erwähnten Grundlagen.

In Tabelle 4.2 ist das Jahresmittel 1988 der direkten Grundwasserneubildung ersichtlich. Die weiteren detaillierten Ergebnisse werden in den Abschnitten 6.1.4 und 6.2.3 dokumentiert.

Tabelle 4.2    Direkte und indirekte Grundwasserneubildung, Jahresmittelwerte 1988

Einzugsgebiet	Fläche	Mittlere Grundwasserneubildung für 1988		Bemerkungen
		Nr.	[km <sup>2</sup> ]	
1	18.6		235	Hauptgrundwasserleiter, Modellgebiet Urtenen oberhalb 603/207.20  Jegenstorfbach oberhalb 605/210.11  Hettiswilbach oberhalb 608/209.25
2	24.0		40	
3	0.7		10	
4	9.2		25	
5	0.8		10	
6	1.5		20	
7	6.5		25	
8	4.0		15	
9	1.6		20	
10	6.5		10	
11	3.6		45	
12	0.1		10	
<b>Total</b>	<b>77.1</b>		<b>235</b>	<b>230</b>

#### 4.2.2 Indirekte Grundwasserneubildung

Als indirekte Grundwasserneubildung QR werden die Zuflüsse bezeichnet, die dem betrachteten Grundwasservorkommen über die seitlichen Ränder zusickern, entweder konzentriert aus Grundwasserleitern der Seitentäler und/oder dispers auf Grundwasserstauern der angrenzenden Talflanken. Sie werden durch Niederschlagswasser gespeist, das im seitlichen Einzugsgebiet direkt versickert oder aus Bächen und Gräben in den Untergrund infiltriert.

Für die Berechnung der indirekten Grundwasserneubildung muss das seitliche Einzugsgebiet unterteilt werden. In Teilgebieten mit Oberflächengewässern fliesst vom Niederschlagswasser das nicht verdunstet normalerweise nur ein kleiner Teil direkt ins Gewässer. Der grössere Teil versickert und gelangt teilweise als sog. Interflow wieder ins Gewässer. Im Bereich der Einmündung der Seitenbäche ins Haupttal fliesst im allgemeinen auch konzentriert Grundwasser in den Hauptgrundwasserleiter. Hier kann auch der Oberflächenwasserabfluss aus dem betrachteten Einzugsgebiet gemessen werden. In Teilgebieten ohne Oberflächengewässer fehlen Interflow, In- und Exfiltration und messbare Reaktionen zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser. Der Niederschlag der nicht verdunstet, sickert unterirdisch vorwiegend dispers ins Hauptgrundwasservorkommen.

Für die Gebiete Nr. 2 bis 12 (gemäss Tabelle 4.1 und Figur 4.2) wurden die Sickerwassermengen analog wie bei der direkten Grundwasserneubildung berechnet. Die Abflussbeiwerte für nicht überbaute Flächen wurden, um der Hangneigung Rechnung zu tragen, leicht erhöht.

- Siedlungsgebiet	0.35
- Landwirtschaftszone	0.05
- Wald	0.03

Für die Gebiete Nr. 2, 4 und 10 ermöglichen die in den entsprechenden Oberflächengewässern in Trockenzeiten gemessenen Abflussmengen (vgl. Abschnitt 3.5) den Basisabfluss abzuschätzen. Damit können näherungsweise die Zusammenhänge zwischen dem Sickerwasser, seiner Speicherung und dem Interflow berücksichtigt werden [11]. Der Basisabfluss reduziert die indirekte Grundwasserneubildung.

Die mittlere indirekte Grundwasserneubildung für das Jahr 1988 der seitlichen Einzugsgebiete ist aus Tabelle 4.2 ersichtlich. Weitere Angaben folgen in den Abschnitten 6.1.4 und 6.2.3.

#### 4.2.3 Infiltration aus Oberflächengewässern

Die Differenzmessungen im Oberflächengewässernetz über dem Hauptgrundwasserleiter deuten im Gebiet Kernenried/Zauggenried auf eine zeitweise Infiltration hin, erlauben jedoch nicht die Infiltrationsmengen bzw. -überschüsse zu quantifizieren (vgl. Abschnitt 3.5). Dies muss mit Hilfe des Grundwassermodells geschehen. Die Modellresultate bestätigen die erwarteten relativ kleinen Mengen (vgl. Abschnitt 6.2.3).

### 4.3 Grundwasserwegflüsse

#### 4.3.1 Abfluss durch das Bilanzierungsprofil Kernenried/Zauggenried

Unterirdische Profillüsse senkrecht zur Strömungsrichtung des Grundwassers können nach dem Gesetz von DARCY [27] berechnet werden:

$$Q = k \cdot J \cdot F$$

Q : Grundwasserfluss (Profilfluss) [m<sup>3</sup>/s]

k : Durchlässigkeitsbeiwert des Bilanzierungsprofils [m/s]

J : Grundwasserspiegelgefälle beim Bilanzierungsprofil

F : Durchflussfläche des Bilanzierungsprofils [m<sup>2</sup>]

Für das Bilanzierungsprofil Kernenried/Zauggenried ergibt sich am 16.08.1988 mit einem k-Wert von 0.004 m/s (bestimmt mit Flowmeterversuchen im Raum Kernenried/Zauggenried), dem Gefälle von 0.0013 (aus den Spiegelisohypsen vom 16.08.1988 in Beilage 1), der Durchflussfläche von ca. 60000 m<sup>2</sup> (zwischen Grundwasserspiegel und der Stauer Oberfläche) ein Grundwasserwegfluss aus dem Urtenental von ca. 315 l/s.

Die differenzierten Berechnungen mit dem numerischen Grundwassermodell bestätigen diese Größenordnung (vgl. Abschnitte 6.1.4, 6.2.3).

#### 4.3.2 Grundwasserexfiltration

Wie bei der Infiltration lassen sich auch die Exfiltrationsmengen bzw. -überschüsse lediglich mit dem Grundwassermodell quantifizieren (vgl. Abschnitte 3.5, 6.1.4, 6.2.3).

#### 4.3.3 Grundwasserentnahmen

In Abschnitt 3.4.2 sind die Entnahmemengen der öffentlichen und privaten Grundwasserfassungen im Urtenental aufgeführt. Die Entnahmemengen der Firma Hofstetter in Hindelbank werden praktisch durchwegs wieder versickert. Die dem Grundwasservorkommen im Urtenental fehlenden Mengen sind damit im Vergleich zu den übrigen Flüssen relativ klein und fallen für den Bilanzierungs-Zeitabschnitt 1988/89 unter die Rundungsgrenze (5 l/s).

### 4.4 Speicheränderung

Die im Grundwasserleiter gespeicherte Wassermenge variiert in Abhängigkeit der Grundwasserzu- und -wegflüsse, denn diese sind im allgemeinen zur gleichen Zeit nicht gleich gross. Überwiegen die Zuflüsse, steigt der Grundwasserspiegel an und es findet eine Grundwasserspeicherung statt (positive Speicheränderung); überwiegen die Wegflüsse, geht der Grundwasserspiegel zurück und es wird Grundwasser gezehrt (negative Speicheränderung).

Die Speicheränderung kann entweder aus der Differenz der Zu- und Wegflüsse oder aber bei bekannten Speicherkoeffizienten (nutzbare Porosität) aus den Grundwasserstandsschwankungen berechnet werden. Die letztgenannte Methode bietet eine Möglichkeit, die gemäss den Abschnitten 4.2 und 4.3 ermittelten Zu- und Wegflüsse unabhängig generell zu kontrollieren.

Die Aufzeichnungen der Grundwasser-Messstationen im Hauptgrundwasserleiter des Urtenentales (vgl. Abschnitt 3.4.1) erlauben, die massgebenden Differenzen der Grundwasserstände abzuschätzen. Bei einem mittleren Speicherkoeffizient von 12 % (vgl. [2], [11]) und einer Spiegelfläche von 18.6 km<sup>2</sup> ergeben sich daraus die in Tabelle 4.3, auf 5 l/s gerundeten Mengen.

Tabelle 4.3 Mittlere Jahresdifferenzen der Grundwasserspiegel und Speicheränderungen der Jahre 1988 und 1989

Jahr	Mittlere Jahresdifferenzen der Grundwasserspiegel [m]	Speicheränderung [l/s]
1988	-0.8	-55
1989	-1.1	-75
	Summe: -1.9	Mittel: -65

Ende 1988 war der Grundwasserspiegel durchschnittlich 0.8 m, Ende 1989 1.1 m tiefer als am Anfang dieser Jahre, d.h. im Mittel überwogen die Wegflüsse. Der Grundwasserspiegel sank während den erwähnten zwei Jahre um ca 1.9 m, was einer durchschnittlichen Grundwasserzehrung von ca. 65 l/s entspricht.

Normalerweise sind die Jahresmittel der Speicheränderungen relativ klein und fallen für die Grundwasserbilanzierung von einem oder mehreren Jahren kaum ins Gewicht. Für die betrachteten Jahre 1988 und 1989 werden sie jedoch bedeutend, da die Grundwasserneubildung nicht in der üblichen Grössenordnung erfolgte.

## 5 NUMERISCHES GRUNDWASSERMODELL

### 5.1 Ziel der Modellbetrachtungen

Unsere Grundwasservorkommen können nur ausreichend geschützt und optimal bewirtschaftet werden, wenn ihre wichtigsten von Zeit und Raum abhängigen Eigenschaften, wie z.B. die Speisungsmechanismen, das nutzbare Grundwasserdargebot zuverlässig beurteilt und langfristig überwacht werden können. Um dies zu erreichen, muss in Zukunft noch vermehrt mit ge-eichten, instationären Grundwassermodellen gearbeitet werden. Die Erfahrung zeigt deutlich, dass es nicht genügt, Messresultate visuell zu beurteilen. Sie müssen umfassend ausgewertet werden. Grundwassermodelle bieten dazu das beste Hilfsmittel [11].

Im Urtenental galt es vor allem, die Grundwasserzu- und wegflüsse zu erfassen, zeitlich und örtlich zu quantifizieren und insbesondere im Hinblick auf die sich zeigenden Qualitätsprobleme (vgl. Abschnitt 6.3) ein Strömungsmodell zu eichen, das als Basis für ein Stofftransportmodell zur Beurteilung des Nitratproblems benutzt werden kann [15], [42].

### 5.2 Aufbau des Grundwassermodells Urtenental

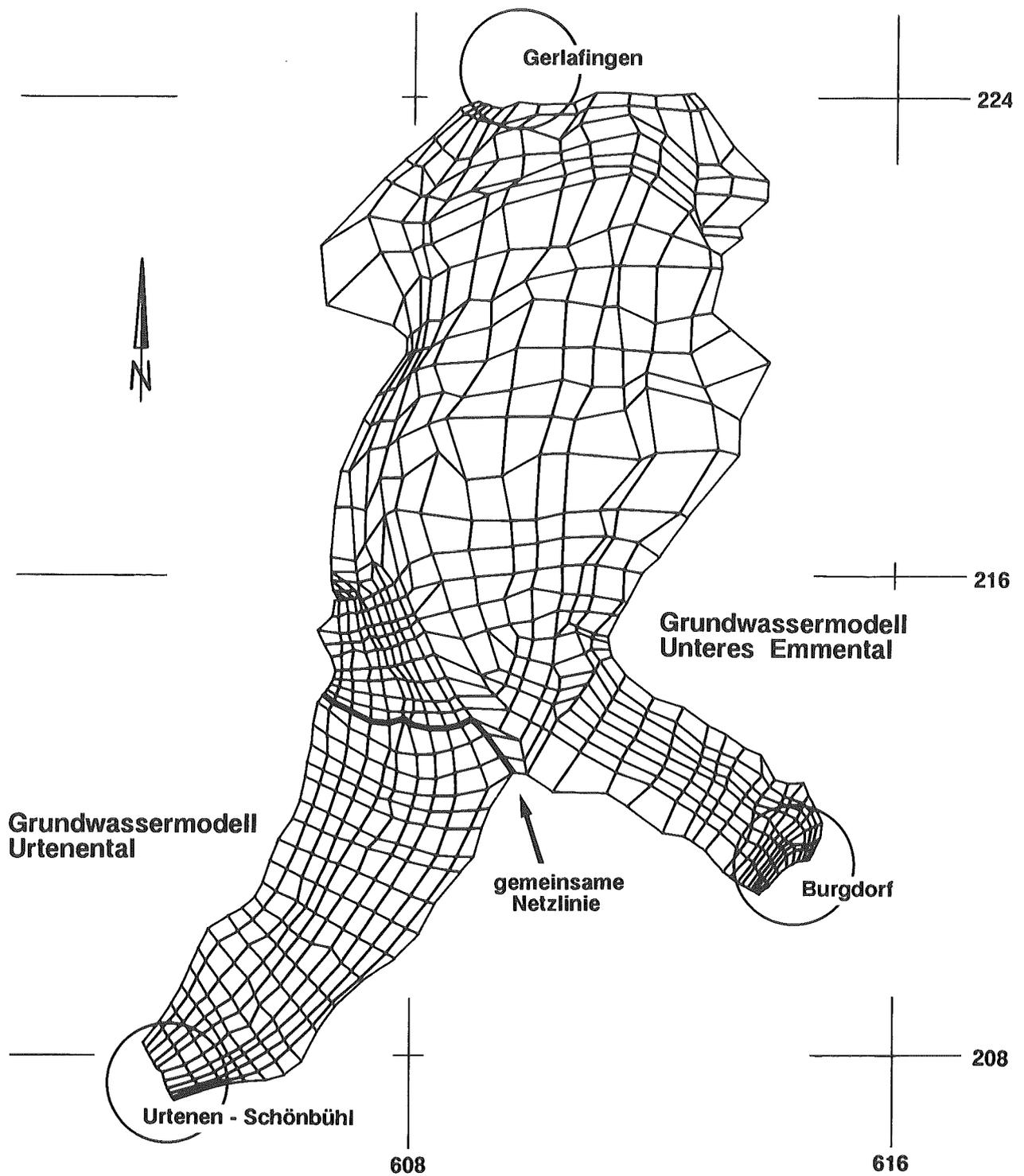
Das Grundwasser-Strömungsmodell, kurz Grundwassermodell Urtenental genannt, basiert auf den an der VAW [28] entwickelten, im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms ergänzten [2] und erfolgreich eingesetzten Computerprogrammen für die numerischen Simulationen von Grundwasserströmungen. Es löst die Differentialgleichung der Grundwasserströmung für den zweidimensionalen, horizontal-ebenen Fall mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente.

Obschon die Eigenschaften des realen Grundwasserleiters über die Höhe variieren, sind für regionale Ueberlegungen zweidimensionale, horizontal-ebene Modellberechnungen zulässig, weil für rein mengenmässige Betrachtungen der mittlere Grundwasserfluss der gesamten Mächtigkeit interessiert und Geschwindigkeitsunterschiede des Wassers innerhalb der Grundwasser-mächtigkeit nicht relevant sind.

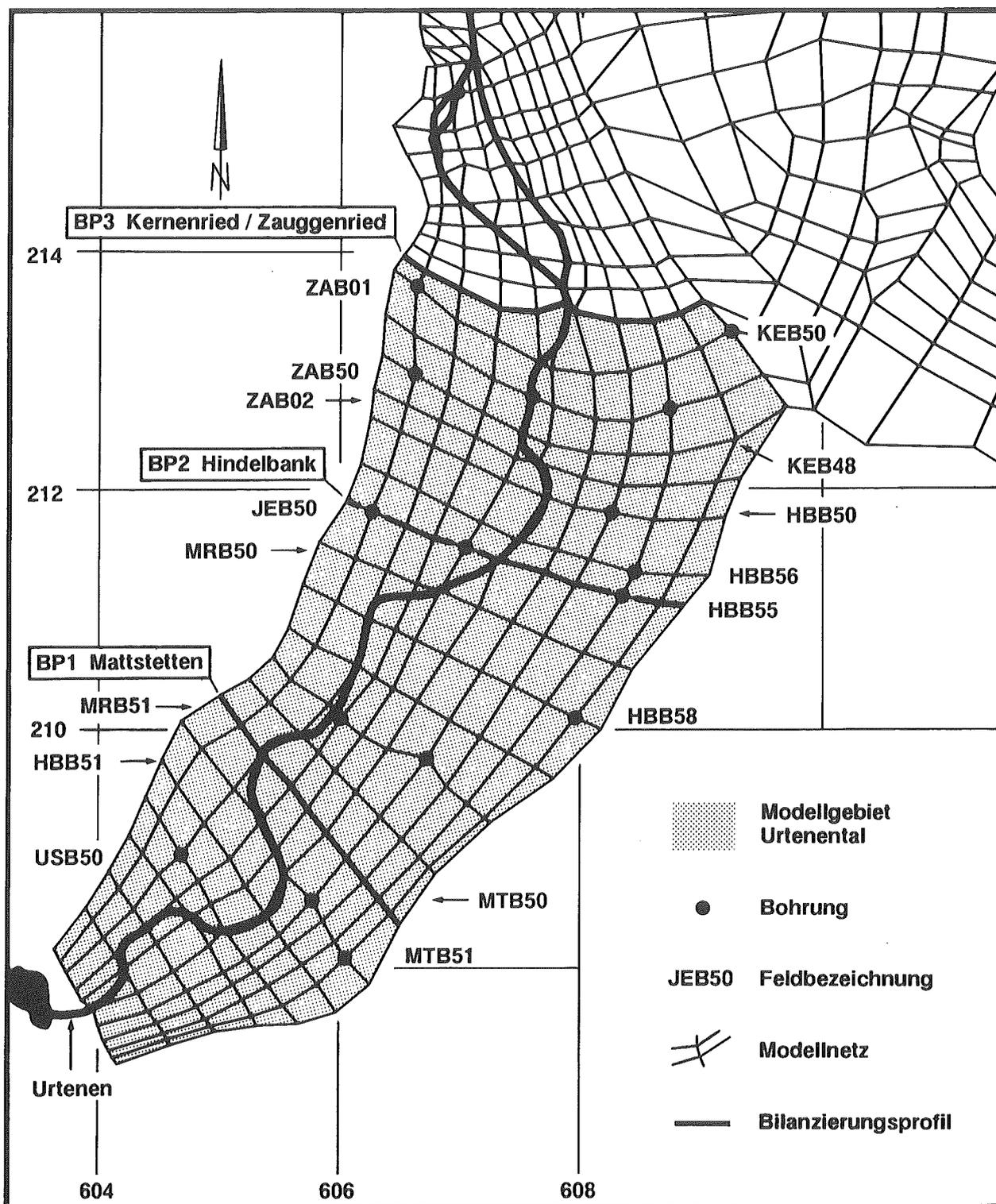
Erste Modellberechnungen zeigten, dass das Urtenental nicht für sich allein als isoliertes Grundwassermodell betrachtet werden kann. Die Einflüsse des Unteren Emmentales im Bereich Zauggenried - Kernenried - Fraubrunnen sind zu gross. Aus diesem Grund wurde das Modell Urtenental mit dem bestehenden Modell des Unteren Emmentals, welches von Burgdorf bis nach Gerlafingen reicht [2], [11], zusammengekoppelt und als Einheit geeicht. Die Figur 5.1 zeigt die entsprechende Netzeinteilung. Die Beschreibung der Eichung des umfassenden Modelles erfolgt im Rahmen von [15]. Hier werden im folgenden lediglich das Grundwassermodell Urtenental bis zum Bilanzierungsprofil Kernenried/Zauggenried beschrieben und dessen Bilanzierungsergebnisse dargestellt.

Figur 5.2 zeigt im Detail die Netzeinteilung für den Hauptgrundwasserleiter im Urtenental. Das Modellnetz umfasst 200 Elemente und 231 Knoten. Der seitliche Modellrand entspricht über weite Strecken der seitlichen Begrenzung des Grundwasserleiters gemäss den Beilagen 1 und 2. Die Längsseiten der Elemente folgen generell der Strömungsrichtung des Grundwassers, die Querseiten verlaufen senkrecht dazu. In bestehenden Aufschlüssen (vor allem Bohrungen, Grundwasserfassungen) wurden Knoten, längs Gewässern soweit möglich Netzknoten angeordnet.

Figur 5.1 Grundwassermodell Urtenental und Unteres Emmental: Netzeinteilung (1 : 100'000)



Figur 5.2 Grundwassermodell Urtenental: Netzeinteilung (1 : 50'000)  
 (Feldbezeichnungen; WEA Nrn. vgl. Tabelle 2.5)



Damit mit dem Modell gearbeitet werden kann, müssen für jeden Knoten die Lagekoordinaten und die Kote des Grundwasserstauers, für jedes Element der Durchlässigkeitsbeiwert ( $k$ -Wert) und der Speicherkoeffizient bekannt sein. Für sämtliche Randknoten sind sogenannte Randbedingungen zu formulieren, die die Kenntnis des Grundwasserstandes oder -flusses voraussetzen. Weiter sind Informationen über Grundwasserzu- und -wegflüsse für jeden Knoten notwendig.

Die Koten des Grundwasserstauers basieren auf den Isohypsen in Beilage 1. Als Randbedingung werden die Zuflüsse aus der indirekten Grundwasserneubildung vorgegeben. Die direkte Grundwasserneubildung wirkt als Flächenfluss auf das Modellgebiet. Die definitiven  $k$ -Werte ergeben sich aus der Modelleichung (vgl. Abschnitt 5.3.1).

Wegen der rudimentären Kenntnisse der Begrenzung des Grundwasserleiters im Bereich Moossee, wurde das Grundwassermodell bei Urtenen-Schönbühl geradlinig abgeschlossen. Für das Grundwassermodell wird auf dieser Netzlinie kein Grundwasserpotential vorgegeben sondern die indirekte Grundwasserneubildung aus dem Einzugsgebiet 2 (vgl. Figur 4.2). Die daraus berechneten Grundwasserpotentiale können im Gebiet Mattstetten anhand der bestehenden Messstellen verifiziert werden.

Im stationären Fall sind Grundwasserzu- und -wegflüsse gleich gross; es wird weder Grundwasser gespeichert noch gezehrt, es treten keine Schwankungen des Grundwasserspiegels auf. Trifft dies nicht zu, müssen bei der Simulation von stationären Verhältnissen die Grundwasserspiegeländerungen mit flächenhaften Grundwasserzu- bzw. Wegflüssen kompensiert werden (vgl. Abschnitt 4.4).

Wenn die Dynamik der Strömungsverhältnisse und das Speicherverhalten des Grundwasserleiters aufgezeigt werden sollen, müssen instationäre Modellrechnungen vorgenommen werden. Die als Eingabedaten benötigten Wasserstände und Grundwasserflüsse müssen dann ebenfalls instationär vorliegen, d.h. ihr zeitlicher Verlauf muss bekannt sein, wobei eine zeitliche Diskretisierung in der Grössenordnung von 1 bis etwa 5 Tage für Zeitabschnitte von mehr als einem Monat genügend ist. Für die instationären Simulationen mit dem Grundwassermodell Urtenental ist ein Jahr in jeweils ca. 183 Zeitabschnitte aufgeteilt worden.

Als wichtigste Modellresultate fallen für alle Knoten und jeden Zeitabschnitt die Grundwasserstände und -flüsse an, soweit sie nicht vorgegeben sind. Basierend darauf kann für jeden beliebigen Zeitabschnitt die Grundwasserspiegelfläche und die Grundwasserbilanz dargestellt werden (vgl. Kapitel 6).

## 5.3 Eichung des Grundwassermodells

### 5.3.1 Stationäre Modelleichung

Mit Hilfe der stationären Eichung werden die k-Werte für das Grundwassermodell elementweise bestimmt. Ausgehend von den versuchsmässig erhaltenen Kennziffern werden die Element-k-Werte innerhalb einer wahrscheinlichen Bandbreite verändert, bis die mit dem Modell berechneten Daten genügend gut mit den sogenannten Kontrolldaten übereinstimmen [11]. Als Kontrolldaten dienen gemessene Grundwasserstände, In- und Exfiltrationsmengen oder gut abgesicherte Profiltzu- und -wegflüsse. Der Eichvorgang ist ein iterativer Prozess. Die Annäherung an die Kontrolldaten erfolgt im allgemeinen nur schrittweise und auch mit Rückschlägen.

Eine vollständige Übereinstimmung zwischen Eingabe- bzw. Modell- und Kontrolldaten lässt sich vor allem infolge lokaler Inhomogenitäten und der vereinfachenden Modellkonfigurationen nicht erreichen. Die Standardabweichung der Differenzen zwischen den mit dem Grundwassermodell berechneten und den gemessenen Grundwasserständen kann bei unterschiedlichen Spiegelgefällen oder grossen konzentrierten Randzuflüssen und Exfiltrationen mehrere Dezimeter erreichen.

Wenn mit Hilfe der Modelleichung keine befriedigende Annäherung zwischen den berechneten Werten und den Kontrolldaten gefunden werden kann, ist anzunehmen, dass die Geometrie des Grundwasserleiters und/oder die Grundwasserzu- und -wegflüsse nicht genügend genau erfasst sind.

Die stationäre Eichung des Grundwassermodells Urtenental beruht auf den Daten der Simultanmessung vom 16.08.1988 mit 118 Wasserständen. Zu diesem Zeitpunkt herrschte eine Trockenwetterperiode und der Grundwasserspiegel-Rückgang konnte sehr genau mit Hilfe der vorgängigen Simultanmessung vom 12.08.1988 bestimmt werden. Er betrug im Mittel ca. 1 cm/d, was eine Zehrmenge von ca. 260 l/s ergibt.

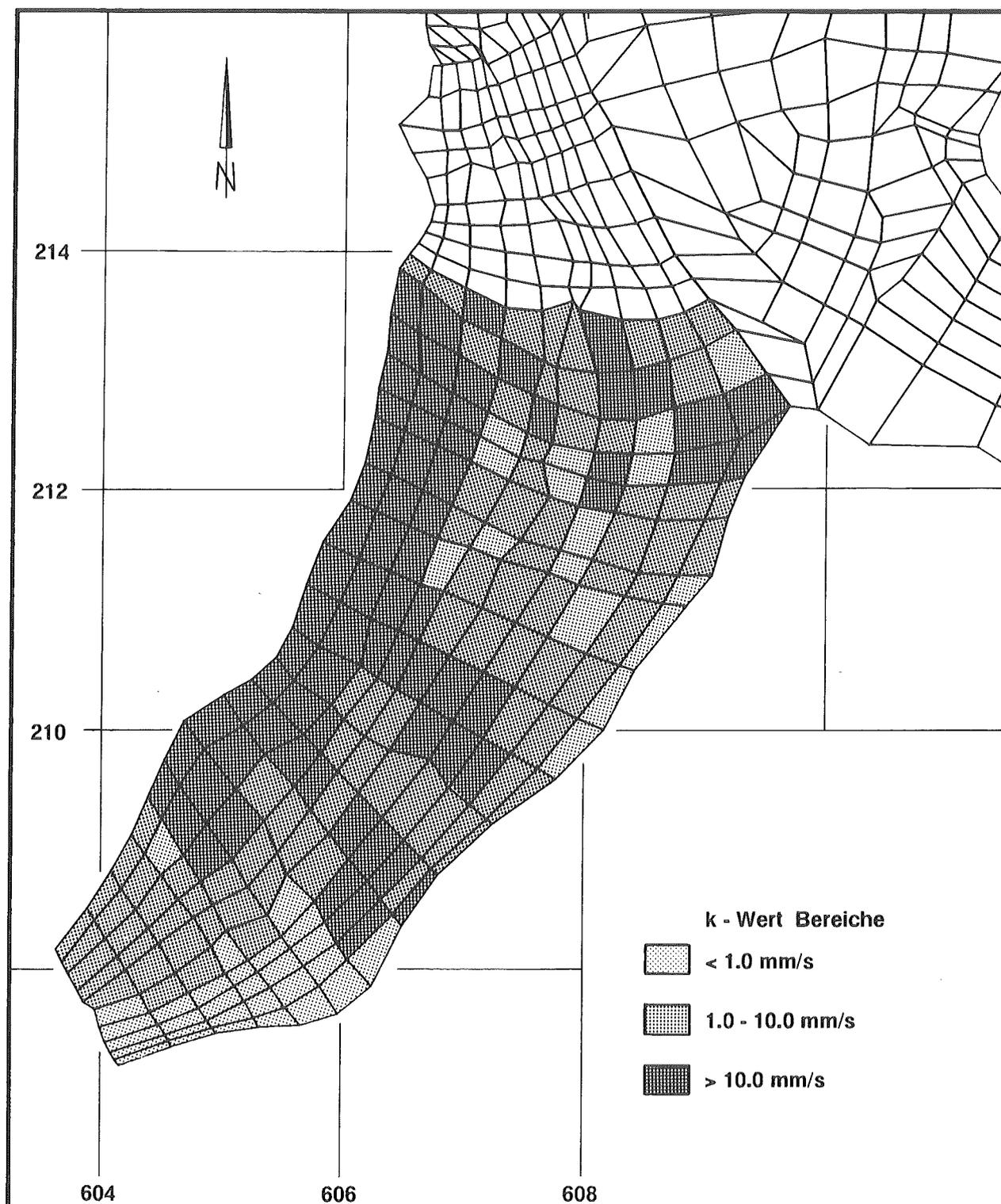
Die Kontrolle der Modelleichung erfolgte mit den Grundwasserständen in den direkt auf Modellknoten liegenden 16 Bohrungen bzw. Grundwasser-Messstationen (vgl. Figur 5.2) und dem Durchfluss im Bilanzierungsprofil Kernenried/Zauggenried.

Der Vergleich zwischen den gemessenen und den mit dem Grundwassermodell berechneten Grundwasserständen zeigt eine gute Übereinstimmung. Bei 15 Messstationen liegen die Abweichungen innerhalb von  $\pm 6$  cm; bei einer Messstation wurden - 10 cm erreicht.

Der Unterschied zwischen dem nach DARCY berechneten Profildurchfluss bei Bilanzierungsprofil Kernenried/Zauggenried und dem entsprechenden Modellergebnis beträgt ca. 10 l/s und ist damit ebenfalls unbedeutend klein.

Die bei der Modelleichung erhaltenen Element-k-Werte variieren zwischen 0.1 und 30.0 mm/s, das arithmetische Mittel beträgt 9.7 mm/s. Die Figur 5.3 zeigt die räumliche Verteilung der ermittelten Element-k-Werte; vereinfachend sind lediglich drei Durchlässigkeitsbereiche dargestellt worden. Deutlich zum Ausdruck kommen, wie bereits im Abschnitt 2.6 beschrieben, die guten Durchlässigkeitsverhältnisse (k-Werte > 10 mm/s) entlang der nordwestlichen Leiterbegrenzung.

Figur 5.3 Grundwassermodell Urtenental: Durchlässigkeitsverteilung aufgrund der Element-k-Werte in mm/s (1 : 50'000)



### 5.3.2 Instationäre Modelleichung

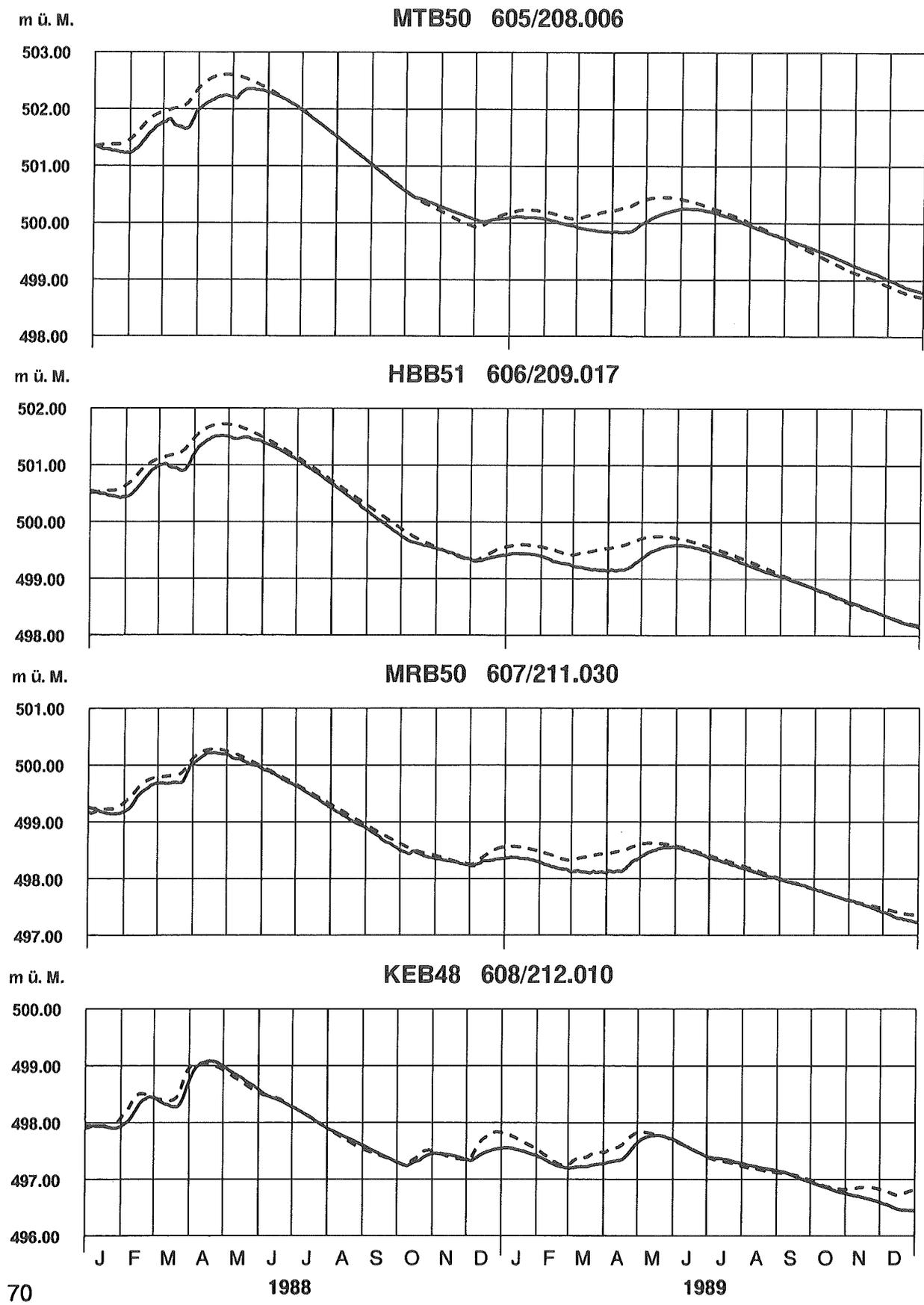
Die instationäre Modelleichung ist für das Jahr 1988 durchgeführt worden. Analog wie bei der stationären kann mit dem Vergleich zwischen den gemessenen und berechneten Grundwasserständen die Güte der Eichung bewertet werden, wobei auch hier eine exakte Übereinstimmung nicht zu erreichen ist. Als zusätzliche Kontrolle wurden mit dem instationär geeichten Grundwassermodell die Grundwasserstände und ihre Schwankungen für das Jahr 1989 simuliert und mit den effektiven verglichen.

Als Kontrolldaten standen die Grundwasserstands-Aufzeichnungen von 15 über das Modellgebiet verteilten Messstationen zur Verfügung.

Figur 5.4 zeigt für 4 verschiedene Standorte die gemessenen und berechneten Grundwasserstände (Potentiale) der Jahre 1988 und 1989. Aus dem visuellen Vergleich geht deutlich hervor, dass mit dem Grundwassermodell die gemessenen Grundwasserstände gut nachvollzogen werden können. Die Abweichungen liegen grösstenteils unter 2 dm; etwas grössere treten zeitweise auf, weil der zeitliche Ablauf der Grundwasserspiegel-Anstiege und -Rückgänge zum Teil nicht ganz naturkonform nachvollzogen werden kann.

Die dargelegten Modellresultate zeigen: Mit dem Grundwassermodell Urtenental können die instationären Strömungsverhältnisse gut nachvollzogen und eine zeitabhängige Grundwasserbilanzierung vorgenommen werden (vgl. Kapitel 6).

Figur 5.4 Gemessene — und berechnete - - - Ganglinien der Grundwasserstände



## 6 BESCHREIBUNG DES GRUNDWASSERVORKOMMENS

Ein Grundwasservorkommen kann umfassend charakterisiert werden mit:

- den räumlichen Abmessungen (Grundwasserspiegel, Oberfläche des Grundwasserstauers, Mächtigkeit, seitliche Ausdehnung, Flurabstand)
- den Strömungsverhältnissen (Fließrichtung und -geschwindigkeit des Grundwassers, Durchlässigkeitsbeiwerte)
- der Grundwasserbilanz (Grundwasserzu- und -wegflüsse, im Grundwasserleiter strömende Wassermengen)
- der Grundwasserqualität (physikalisch-chemische, bakteriologische Eigenschaften).

Im folgenden wird für den Zeitschnitt 16.08.1988 und den Zeitraum 1987 bis 1989 vor allem das mit dem Grundwassermodell Urtenental erfasste Grundwasservorkommen und soweit erforderlich sein angrenzender Mündungsbereich ins untere Emmental beschrieben.

### 6.1 Grundwasserverhältnisse am 16. August 1988

Die Grundwasserstände vom 16.08.1988 entsprechen für den Untersuchungszeitraum etwa einem mittleren Grundwasserspiegel. Die entsprechenden Strömungsverhältnisse, Grundwassermächtigkeiten und Flurabstände können als repräsentativ für mittlere Grundwasserverhältnisse betrachtet werden.

Die Gefälle des Grundwasserspiegels und damit auch die Strömungsrichtungen sind bei höheren und tieferen natürlichen Grundwasserständen grösstenteils ähnlich wie bei mittleren. Die entsprechenden Erläuterungen für den 16.08.1988 haben deshalb generell Gültigkeit.

#### 6.1.1 Isohypsen des Grundwasserspiegels

Auf die Bedeutung der Simultanmessung vom 16.08.1988 für die stationäre Eichung des Grundwassermodells und die gute Übereinstimmung der gemessenen mit den mit dem Modell berechneten Grundwasserständen wurde in Abschnitt 5.2 hingewiesen. Die mit dem Grundwassermodell berechneten Grundwasserstände beschreiben die über die Tiefe gemittelte Grundwasserströmung und werden als mittlere Potentiale bezeichnet. In Natur entsprechen diese weitgehend den in den verfilterten Bohrungen gemessenen Wasserständen und müssen mit dem Grundwasserspiegel nicht identisch sein [11]. Im Urtenental fallen die Abweichungen zwischen dem Grundwasserspiegel und den Wasserständen in den Bohrungen jedoch nicht ins Gewicht.

Der Grundwasserspiegel kann anschaulich mit Höhenkurven, sogenannten Isohypsen, dargestellt werden. Das Grundwasser strömt im Bereich des Grundwasserspiegels senkrecht zu den Isohypsen vom höheren zum tieferen Niveau.

In der Beilage 1 sind die Isohypsen der Grundwasserspiegel für die Simultanmessung vom 16.08.1988 dargestellt worden. Zwischen Urtenen-Schönbühl und Kernenried/Zauggenried liegt ein relativ gleichmässiges Grundwasserspiegelgefälle vor. In der Nähe der Urtenen unterhalb Kernenried bestätigt sich [1], [2] der enge Zusammenhang zwischen Oberflächen- und Grundwasser mit intensiven Wechselbeziehungen, wobei eine Infiltration der Urtenen zwischen Zauggenried und dem Schwimmbad Fraubrunnen erstmals in diesem Ausmass augenscheinlich wird.

Die Fliessgeschwindigkeit des Grundwassers ist infolge des heterogenen Aufbaus des Grundwasserleiters vor allem über die Tiefe nicht konstant. Die mittlere kann bekanntlich mit der erweiterten Gleichung nach DARCY berechnet werden. Die im folgenden angegebenen Fliessgeschwindigkeiten sind daher als generelle, über die Tiefe gemittelte Werte zu verstehen.

Das durchschnittliche Gefälle des Grundwasserspiegels zwischen Urtenen-Schönbühl und Kernenried/Zauggenried beträgt ca. 0.08 %. Dies bewirkt mit einem mittleren k-Wert von 9.7 mm/s und einer durchflusswirksamen Porosität von ca. 12 % [2], [11] eine durchschnittliche Fliessgeschwindigkeit von 5 bis 6 m/Tag.

### 6.1.2 Grundwassermächtigkeit

Die Grundwassermächtigkeit entspricht der Differenz zwischen dem Grundwasserspiegel und dem Grundwasserstauer (vgl. Figur 2.1). Sie ist im Hauptgrundwasservorkommen des Urtenentals über weite Gebiete relativ einheitlich, im oberen Teil etwas kleiner; im Mündungsgebiet ins Emmental wird sie grösser.

Am 16.08.1988, bei mittleren Grundwasserständen, erreicht sie im Maximum ca. 20 m, grösstenteils ca. 15 bis 20 m (vgl. Beilage 1, Querprofile und Figur 6.1).

Die beobachteten Grundwasserstandsschwankungen (vgl. Abschnitt 6.2.1) verändern die Grundwassermächtigkeiten bis ca.  $\pm 2$  m.

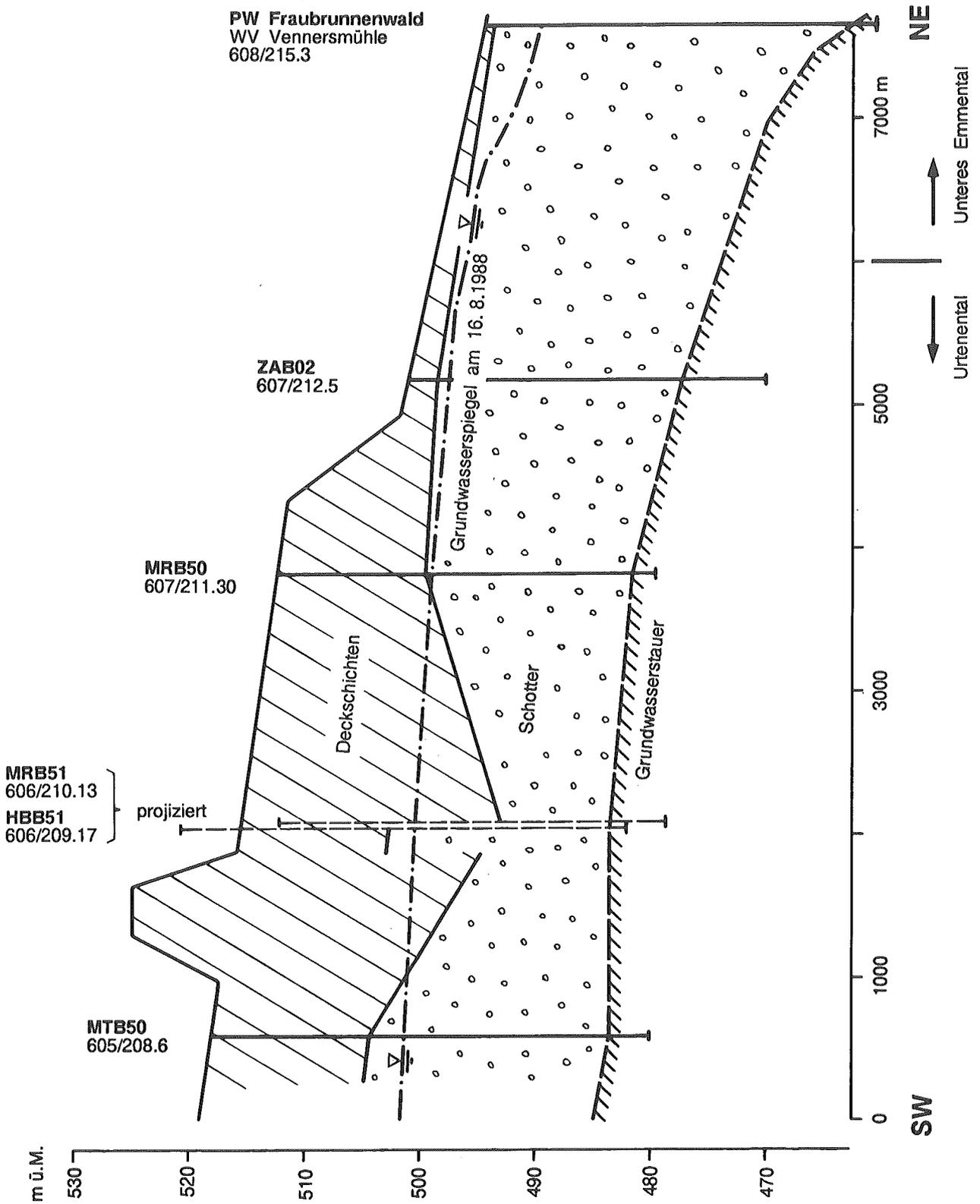
Das Volumen des mit dem Grundwassermodell Urtenental erfassten Grundwasservorkommens (Gesteinskörper und Grundwasser) beträgt bei einem mittleren Wasserstand ca. 240 Mio. m<sup>3</sup>.

### 6.1.3 Flurabstand

Der Flurabstand als Mächtigkeit der Überwasserspiegelzone entspricht der Differenz zwischen Terrainoberfläche und Grundwasserspiegel (vgl. Figur 2.1). Grosse Flurabstände (mehr als ca. 10 m) bewirken, dass das versickerte Niederschlagswasser und die mit ihm transportierten Stoffe zeitlich verzögert und gedämpft ins Grundwasser gelangen. Sie begünstigen den qualitativen Schutz des Grundwassers, beeinträchtigen aber die Grundwasserneubildung aus Niederschlag. Bei kleinen Flurabständen sind häufig die Voraussetzungen für Exfiltration und/oder direkte Infiltration gegeben.

Die Flurabstände sind im Hauptgrundwasserleiter des Urtenentals relativ gross und betragen grösstenteils ca. 10 bis 20 m. Gegen die Talflanken und nördlich Mattstetten werden Flurabstände gegen 30 m erreicht. Im unteren Teil des Urtenentals werden sie vorerst längs der Urtenen kleiner und betragen in weiten Teilen des Mündungsgebietes nur noch wenige Meter (vgl. Figur 6.1).

Figur 6.1 Genereller Längsschnitt durch das Urtenental



#### 6.1.4 Stationäre Grundwasserbilanz

Die quantitative Beschreibung der Zu- und Wegflüsse in einem Grundwasserleiter wird als Grundwasserbilanzierung, ihr Resultat als Grundwasserbilanz bezeichnet. Die stationäre Grundwasserbilanz gilt für einen Zeitschnitt und die zufließenden Wassermengen sind gleich gross wie die wegfließenden.

Für die folgenden Betrachtungen wurden mittlere Wasserstände (16.08.1988) sowie die Mittelwerte der Zu- und Wegflüsse für den August 1988 verwendet. Diese Daten erlauben für das Grundwasservorkommen als Ganzes eine Grundwasserbilanzierung wie sie Tabelle 6.1 zeigt. Die angegebenen Mengen wurden auf 5 l/s gerundet.

Die Grundwasserzuflüsse bestehen lediglich aus der indirekten Grundwasserneubildung von ca. 85 l/s.

Die Grundwasserwegflüsse betragen ca. 365 l/s; bei Kernenried/Zauggenried exfiltrieren davon ca. 40 l/s in die Urtenen, ca. 325 l/s fließen unterirdisch ins Untere Emmental. Die im Mittel für die Trink- und Brauchwasserversorgung im Urtenental verbrauchten Mengen sind kleiner als die Rundungsgrenze von 5 l/s.

Die Grundwasserwegflüsse stammen zu ca. 23 % aus den randlichen Einzugsgebieten. Die restlichen 77 % liefert die Grundwasserzehrung bzw. der Rückgang des Grundwasserspiegels.

Tabelle 6.1 Stationäre Grundwasserbilanz vom August 1988

Bilanzierungskennzifferen	Symbol	Grundwasserfluss [l/s]
<b>Grundwasserzuflüsse</b>		
Indirekte Grundwasserneubildung		
- aus Einzugsgebiet 2	QR	15
- aus Einzugsgebieten 3 bis 12	QR	70
Direkte Grundwasserneubildung	QN	0
Infiltration aus der Urtenen	QI	0
<b>Grundwasserwegflüsse</b>		
Grundwasserentnahme	QE	0
Grundwasserexfiltration bei Kernenried	QX	40
Wegfluss durchs Bilanzierungsprofil Kernenried/Zauggenried (BP3)	QP3	325
<b>Summe der Zuflüsse</b>		<b>85</b>
<b>Summe der Wegflüsse</b>		<b>365</b>
<b>Zehrmenge aus Grundwasserstandsänderungen</b>	QS	<b>-280</b>

## 6.2 Grundwasserverhältnisse 1987 bis 1989

Die Grundwasserstände können örtlich und zeitlich variieren. Basierend auf den Daten der Periode 1987 bis 1989 werden im folgenden ihre Veränderungen aufgezeigt und die Grundwasserflüsse anhand der Modellresultate, der Grund- und Oberflächenwasserbilanz 1988/89 generell beschrieben.

### 6.2.1 Grundwasserspiegelbewegungen

Mit den Isohypsen des Grundwasserspiegels kann eine Momentaufnahme der Grundwasseroberfläche anschaulich dargestellt werden. Über den zeiträumlichen Verlauf der Grundwasserspiegel vermögen Isohypsenkarten jedoch keine Auskunft zu geben. Am zweckmässigsten veranschaulichen sog. Ganglinien, basierend auf den mit Schreibpegeln kontinuierlich oder mit Einzelmessungen periodisch erhobenen Grundwasserständen, das instationäre Geschehen. Sie zeigen bei einer horizontalen Zeitachse die effektiven Grundwasserstände oder ihre Tagesmittelwerte in m ü.M.

Die einfachsten statistischen Kennwerte einer Ganglinie sind Mittelwert, Maximum, Minimum und Schwankungsbereich, die im allgemeinen auf eine Zeitperiode von einem Jahr bezogen werden. Der Mittelwert entspricht normalerweise dem arithmetischen Mittel der Tageswerte. Der Schwankungsbereich ist definiert als Differenz zwischen dem Maximum und dem Minimum.

Die kontinuierliche Aufzeichnung der Grundwasserstände im Urtenental zwischen Urtenen-Schönbühl und Zauggenried/Kernenried wurde unmittelbar nach dem Abtiefen der entsprechenden Sondierbohrung begonnen. Während ca. 3 Jahren waren Schreibpegel in Betrieb (vgl. Tabelle 3.14).

Die aufgezeichneten Grundwasserstände der 3 Messstationen MTB50, HBB51 und MRB50 sind auf Beilage 1 als Ganglinien dargestellt. Sie zeigen, dass mit zunehmender Entfernung vom Emmental (auf Beilage 1 von unten nach oben) der Schwankungsbereich leicht grösser wird. In MRB50 (Münchringen) beträgt er 3.15 m, in HBB51 3.37 m und in MTB50 (Schulhaus Mattstetten) 3.88 m. Die Ganglinie der Messstation ZAB02 wies im gleichen Beobachtungszeitraum einen Schwankungsbereich von 2.38 m auf (vgl. Figur 3.5), diejenige von KEB48 (vgl. Figur 5.4) einen solchen von 2.65 m. Beide Messstationen liegen ca. 1.5 km talabwärts von MRB50 (vgl. Beilage 1).

Die Ganglinien weisen einen ausgeprägten jahreszeitlichen Schwankungsverlauf auf. Die Höchststände werden zwischen April und August, die Tiefststände im Spätherbst und Winter erreicht. Seit dem Frühjahr 1988 sanken die Grundwasserstände, abgesehen von einer leichten Erholung im Winter 1988/89, und fielen bis Ende 1989 auf ein sehr tiefes Niveau. Der Beobachtungszeitraum 1987-1989 stellt daher bezüglich Grundwasserspiegelschwankungen keinen idealen Zeitraum für eine Langzeitbeurteilung dar. Im Normalfall dürften die jährlichen Schwankungen deutlich unter den oben aufgeführten bleiben.

In der Beilage 1 wurden neben den Grundwasserständen der drei Messstationen die Tagesmittel der Abflussmengen in der Urtenen (URQ60 bei Zauggenried) und die täglichen Niederschlagshöhen der WEA - Station Holzmühle aufgezeichnet. Der oben beschriebene Zeitabschnitt mit dem starken Rückgang der Grundwasserstände ist auch hier zu erkennen.

## 6.2.2 Grundwassermächtigkeit und Flurabstand

Die Grundwassermächtigkeit und die Flurabstände, wie sie in den Abschnitten 6.1.2 und 6.1.3 beschrieben wurden, entsprechen den Verhältnissen bei mittleren Grundwasserständen. Beide verändern sich entsprechend den Schwankungen der Grundwasserspiegel relativ wenig, im oberen Teil des Grundwasserleiters ca. um  $\pm 2$  m, im Mündungsbereich ins Emmental ca.  $\pm 1$  m.

## 6.2.3 Instationäre Grundwasserbilanz 1988/89

Im Rahmen der instationären Modellarbeiten wurden für sämtliche Potentiale, Grundwasserzu- und -wegflüsse die Mittelwerte für Zeitschritte von zwei Tagen bestimmt. Ausgehend von diesen Daten erfolgte anschliessend die instationäre Grundwasserbilanzierung für die Monatsmittelwerte der Jahre 1988 und 1989. Mit den Monatsmittelwerten werden kurzfristige Extremwerte ausgeglichen, die jahreszeitlichen Schwankungszyklen kommen dafür aber deutlicher zum Ausdruck.

Figur 6.2 zeigt für das ganze Grundwasservorkommen (Einzellenmodell) oben die Monatsmittelwerte der Grundwasserzuflüsse, unten diejenigen der Grundwasserwegflüsse.

Zeitlich relativ konstant sind die Grundwasserzuflüsse bei Urtenen-Schönbühl aus dem Einzugsgebiet 2 (ca. 40 l/s). Das grosse Einzugsgebiet bzw. sein Speichervermögen wirkt stark ausgleichend.

Die direkte Grundwasserneubildung aus Niederschlägen variiert beträchtlich und bleibt vom Juni bis September 1988 und ab Juni bis Dezember 1989 vollständig aus. Das grosse Manko von Januar bis Mai 1989 wird im Vergleich zur analogen Zeitperiode im Vorjahr augenscheinlich und verursacht die in Abschnitt 6.2.1 besprochenen Reaktionen der Grundwasserstände.

Die indirekte Grundwasserneubildung aus den Einzugsgebieten 3 bis 12 folgt naturgemäss generell der direkten, schwankt aber bedeutend weniger. Sie ist wie die direkte Grundwasserneubildung ebenfalls in der zweiten Jahreshälfte am kleinsten.

Die Urtenen (im Gebiet oberhalb Kernenried/Zauggenried) infiltriert lediglich bei sehr tiefen Grundwasserständen. Für die Grundwasserneubildung ist sie nur in der zweiten Jahreshälfte 1989 von einer gewissen Bedeutung.

Die Grundwasserwegflüsse infolge der Exfiltration in die Urtenen (im oben erwähnten Gebiet) widerspiegelt die Wechselbeziehung zwischen dem Oberflächengewässer und dem Grundwasser. Eine massgebende Exfiltration tritt dann auf, wenn die Infiltration unterbleibt. Bei hohen Grundwasserständen exfiltrieren ca. 200 l/s in die Urtenen. Bei zunehmend tieferen Grundwasserständen nehmen auch die Exfiltrationsmengen ab und bleiben ab September 1988 bedeutungslos.

Der Grundwasserwegfluss durch das Bilanzierungsprofil Kernenried/Zauggenried ins Untere Emmental variierte im Monatsmittel der Jahre 1988 und 1989 zwischen ca. 700 und 200 l/s. Die Infiltration der Urtenen verhinderte Ende 1989 einen weiteren Rückgang.

Figur 6.3 zeigt die aufsummierten monatlichen Grundwasserzu- und Wegflüsse, sowie die durch sie bewirkten Speicheränderungen. Die aufsummierten Zuflüsse variieren bei einem Mittelwert von ca. 370 l/s zwischen ca. 60 und 1100 l/s. Das Maximum liegt ca. 700 l/s über,

das Minimum ca. 300 l/s unter dem Mittelwert. Die Abweichungen gegen oben sind bedeutend grösser als gegen unten.

Die aufsummierten Wegflüsse variieren in engeren Grenzen zwischen ca. 240 und 770 l/s. Der Grundwasserleiter wirkt naturgemäss ausgleichend. Langfristig entspricht die Summe der Zuflüsse nahezu derjenigen der Wegflüsse, die Summe der positiven Speicheränderungen derjenigen der negativen. Innerhalb des Bilanzierungszeitraumes von zwei Jahren überwogen jedoch die Grundwasserwegflüsse die -zuflüsse um ca. 70 l/s und die Grundwasserstände lagen Ende 1989 tiefer als anfangs 1988.

Die Speicheränderungen variieren zwischen ca. -330 und 450 l/s. Die grossen positiven Speicheränderungen treten auf in den Monaten mit grossen Grundwasserzuflüssen, also mehrheitlich im Herbst und Winter (in den Monaten mit kleinen Verdunstungsmengen). In einem Jahr mit ausgeglichenem Speichervolumen weisen normalerweise durchschnittlich fünf Monate positive und sieben Monate negative Speicheränderungen auf. Im Jahr 1988 zeigten lediglich 4 Monate, im Jahr 1989 sogar nur 2 Monate eine Zunahme des Speichervolumens und im Jahresdurchschnitt ergeben sich Zehrmengen von ca. - 55 bzw. - 75 l/s.

In Tabelle 6.2 wurden für die Jahre 1988 und 1989 aufgrund der besprochenen Monatsmittelwerte die erwähnten und weitere Durchschnitte der einzelnen und beider Jahre angegeben.

Das untersuchte Grundwasservorkommen im Urtenental wurde in den Jahren 1988/89 durchschnittlich zu ca. 95 % von versickertem Niederschlagswasser (direkte und indirekte Grundwasserneubildung) gespeist. Der Zufluss bei Urtenen-Schönbühl betrug ca. 10 % und die Grundwasserneubildung aus der Urtenen ca. 5 %.

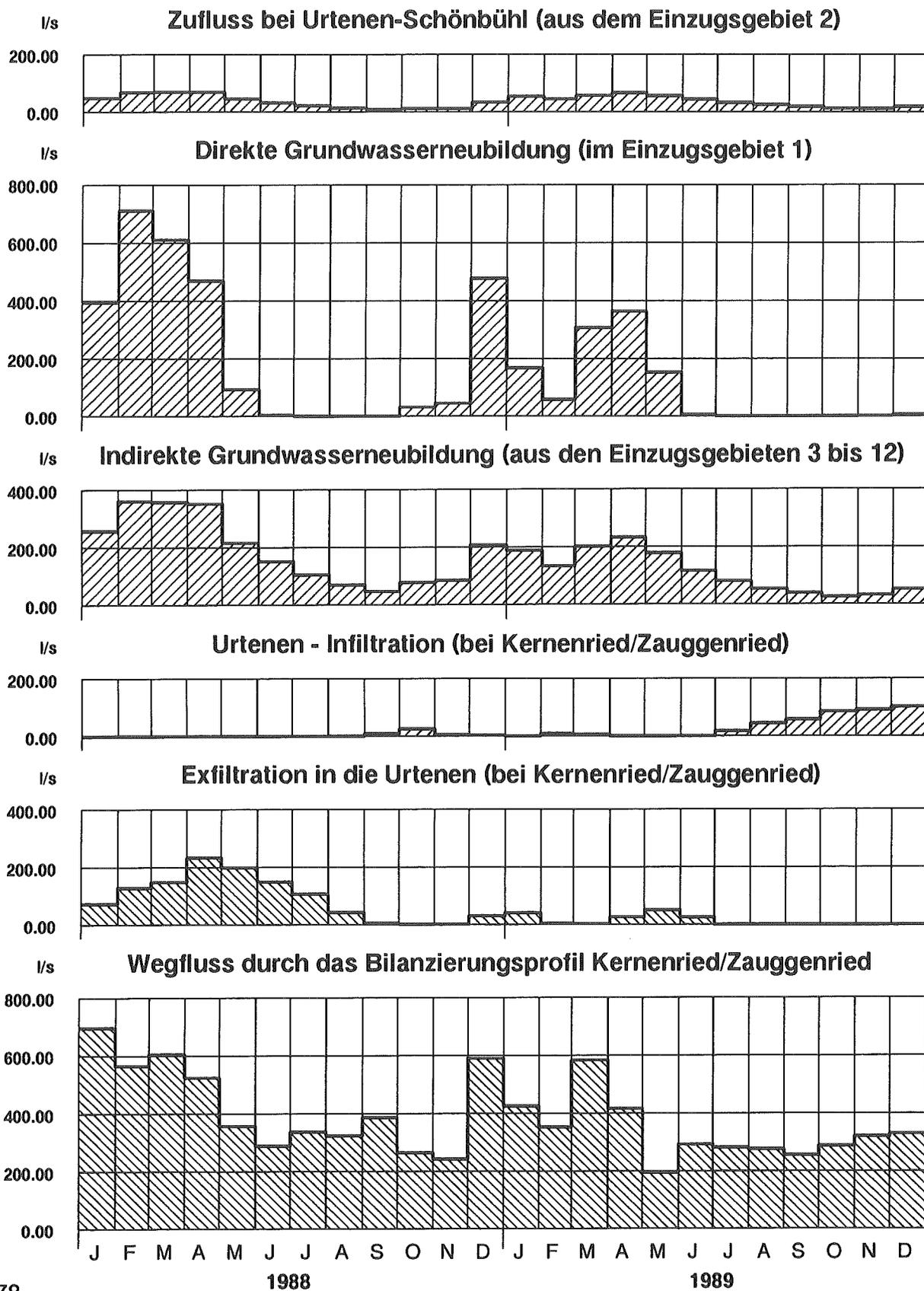
Der Grossteil des Grundwassers, nämlich knapp 90 % verliess das Urtenental unterirdisch ins Untere Emmental. Etwas mehr als 10 % exfiltrierten in die Urtenen.

Aus den beschriebenen Grundwasserbilanzen für das ganze Grundwasservorkommen als Einzelzellenmodell gehen die örtlich im Grundwasserleiter strömenden Wassermengen lediglich teilweise hervor. Um weiteren Einblick zu erhalten, muss der untersuchte Grundwasserleiter mit zusätzlichen Querprofilen unterteilt werden. Für diese Profile lassen sich die durchströmenden Wassermengen und für die zwischen den Profilen liegenden Gebiete die Grundwasserzu- bzw. -wegflüsse berechnen.

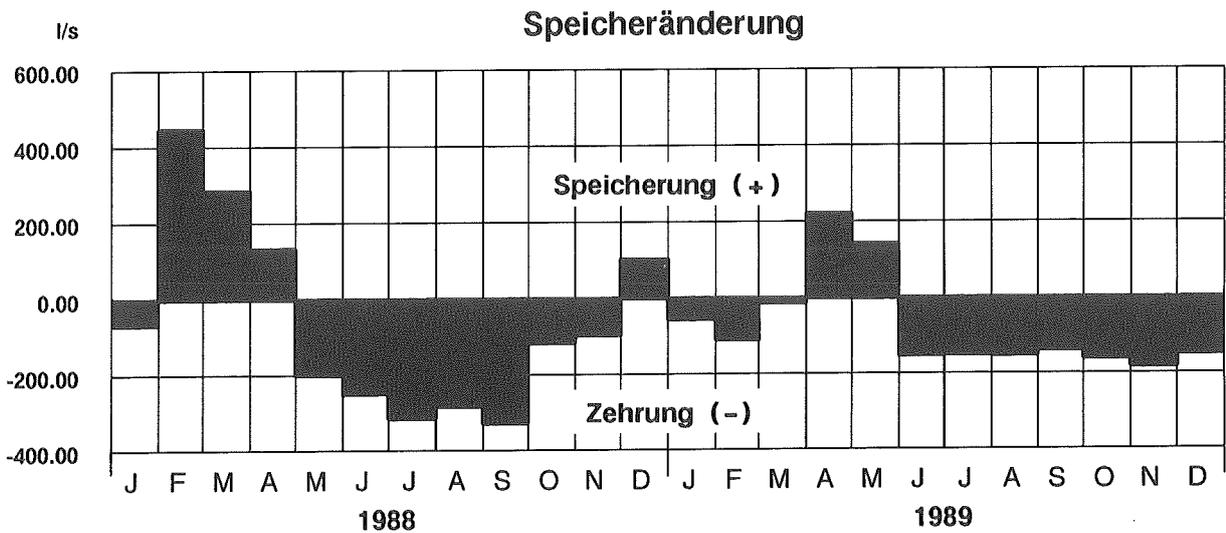
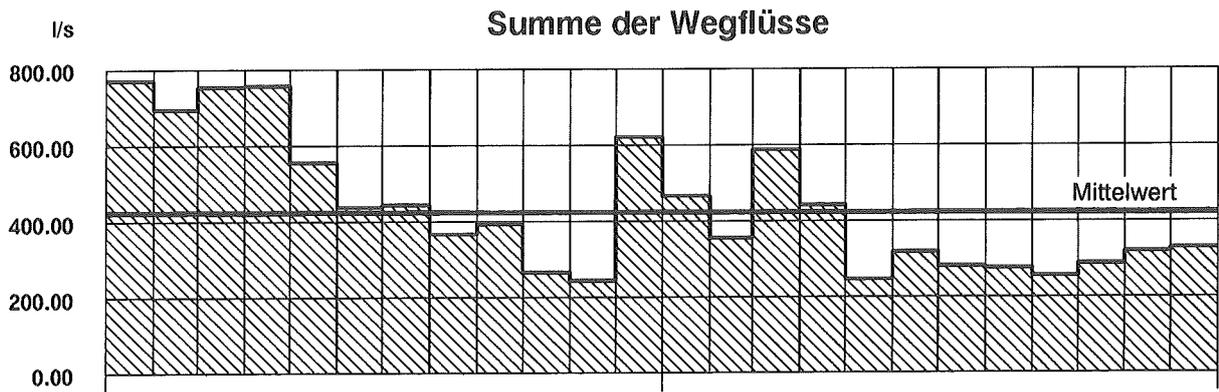
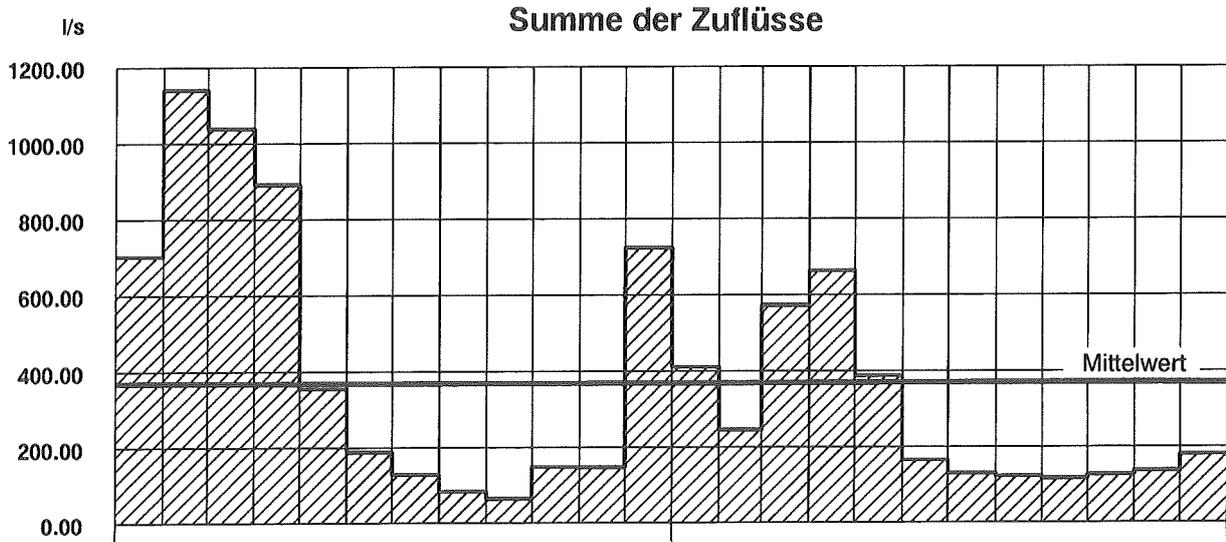
Im folgenden werden die beiden Profile Mattstetten und Hindelbank (vgl. Figur 5.2) in die Bilanzierung einbezogen und mittels sogenannten Bilanzierungsschlangen in den Figuren 6.4 und 6.5 die entsprechenden mittleren Zu- und Wegflüsse für die Jahre 1988 und 1989 dargestellt. Die Breite der Strömungsbalken ist massstäblich gezeichnet und ermöglicht einen raschen visuellen Vergleich.

Besonders deutlich zu erkennen ist der Rückgang der strömenden Grundwassermengen um ca. 1/3 im Jahresmittel 1989 gegenüber 1988. Die damit verbundenen tieferen Grundwasserstände veränderten auch die bereits verschiedentlich erwähnten Wechselbeziehungen zwischen Grundwasser und Urtenen oberhalb Kernenried. Während im Jahresmittel 1988 die Infiltration mit ca. 5 l/s unbedeutend war und die Exfiltration ca. 95 l/s erreichte, ging 1989 die Exfiltration auf ca. 15 l/s zurück und die Infiltration steigerte sich auf ca. 35 l/s.

Figur 6.2 Instationäre Grundwasserbilanz 1988/89. Monatsmittelwerte der einzelnen Grundwasserzu- und -wegflüsse im Modellgebiet (vgl. Figur 4.2)



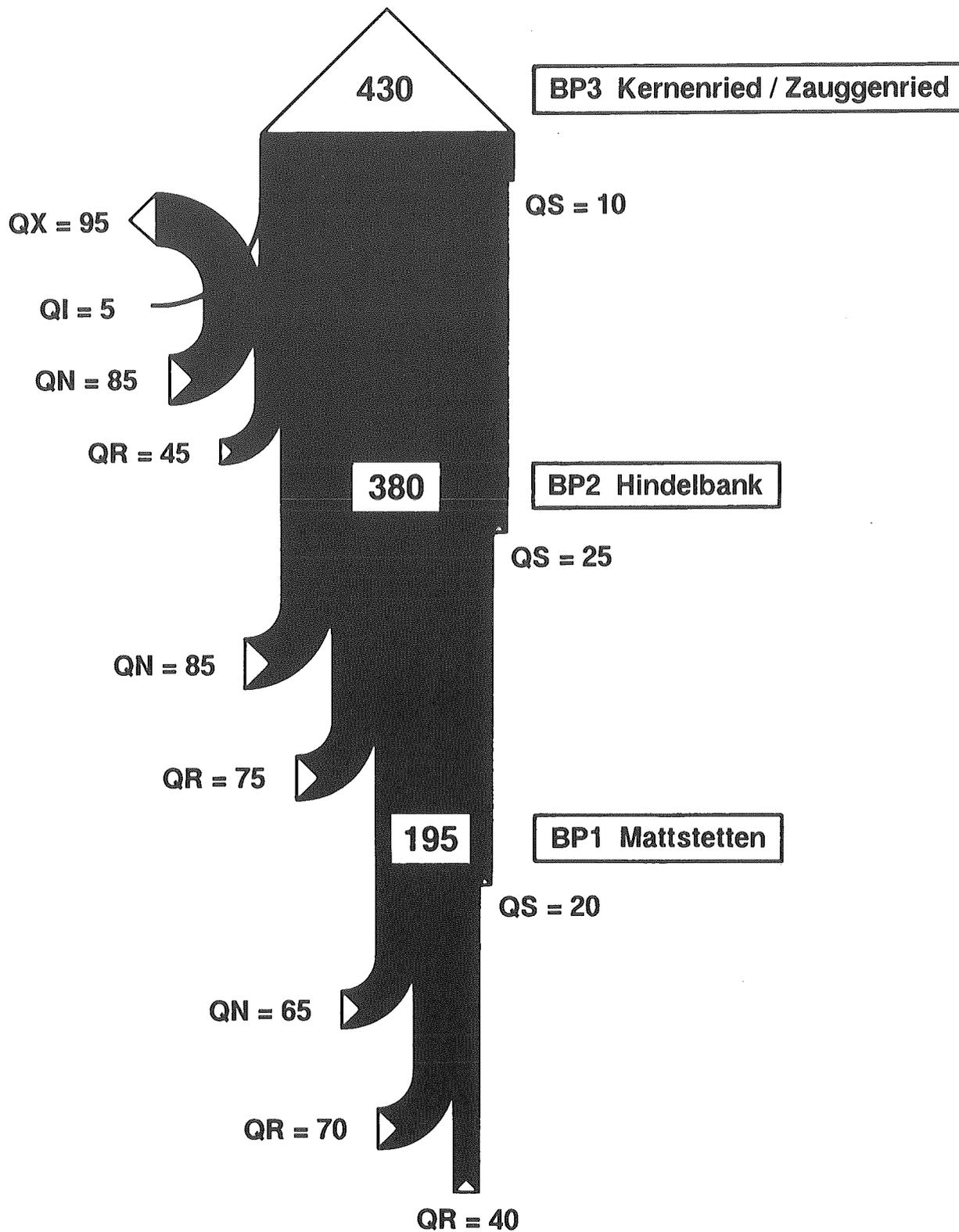
Figur 6.3 Instationäre Grundwasserbilanz 1988/89. Monatsmittelwerte der aufsummierten Grundwasserzu- und -wegflüsse und der Speicheränderung im Modellgebiet



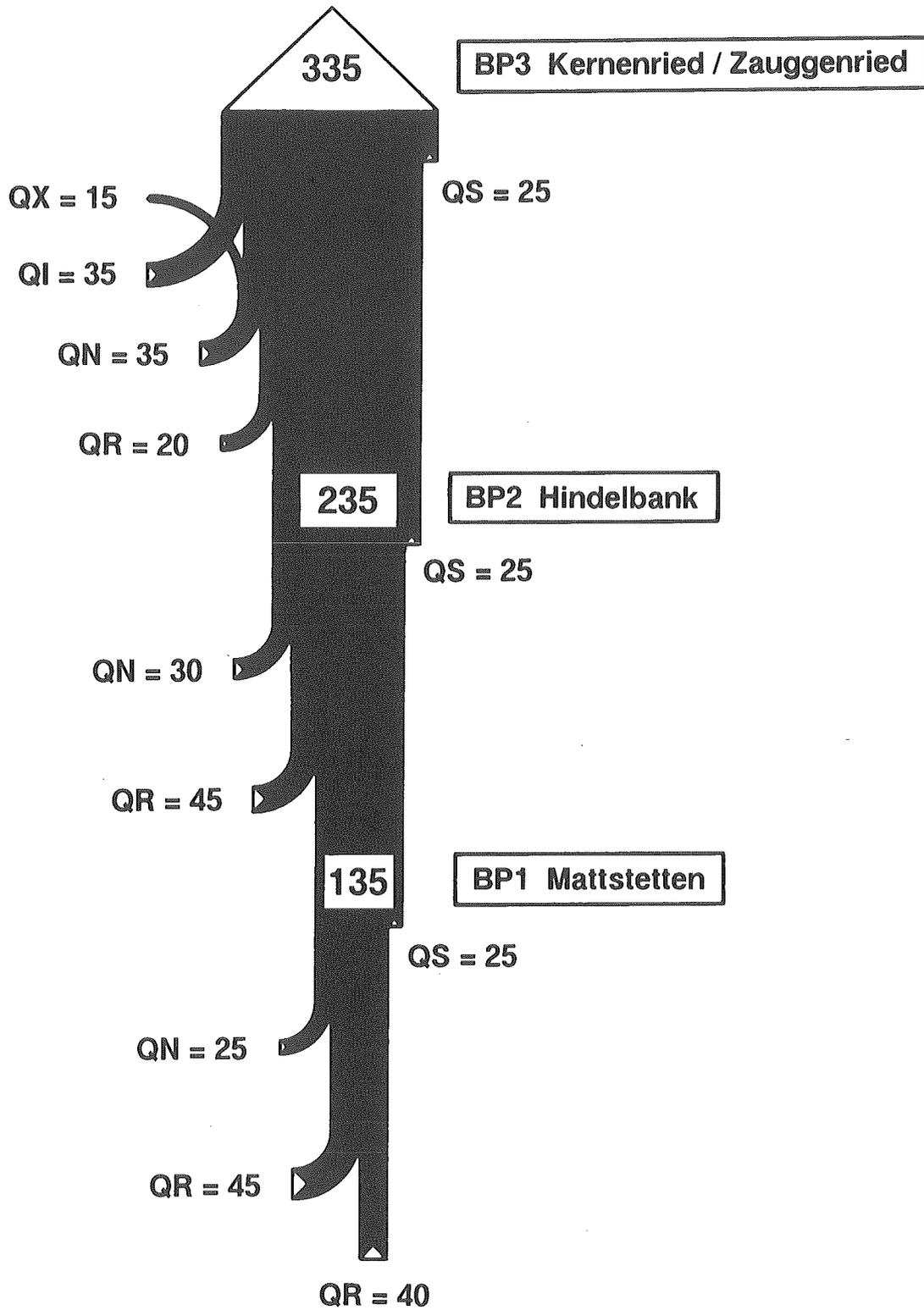
**Tabelle 6.2** Instationäre Grundwasserbilanz für die Jahre 1988 und 1989  
Mittelwerte der Grundwasserzu- und -wegflüsse für das Grundwasser-  
vorkommen zwischen Urtenen-Schönbühl und Kernenried/Zauggenried  
auf 5 l/s gerundet (vgl. Figur 4.2)

Bilanzierungskennzifferen	Symbol	Grundwasserfluss [l/s]		
		Jahresmittelwerte		Mittel beider Jahre
		1988	1989	
<b>Grundwasserzuflüsse</b>				
Indirekte Grundwasserneubildung				
- aus Einzugsgebiet 2	QR	40	40	40
- aus Einzugsgebieten 3 bis 12	QR	190	110	150
Direkte Grundwasserneubildung	QN	235	90	160
Infiltration aus der Urtenen	QI	5	35	20
<b>Grundwasserwegflüsse</b>				
Grundwasserexfiltration bei Kernenried	QX	95	15	55
Wegfluss durchs Bilanzierungsprofil Kernenried/Zauggenried (BP3)	QP3	430	335	380
<b>Summe der Zuflüsse</b>		<b>470</b>	<b>275</b>	<b>370</b>
<b>Summe der Wegflüsse</b>		<b>525</b>	<b>350</b>	<b>435</b>
<b>Zehrmenge aus Grundwasserstandsänderungen</b>	QS	<b>-55</b>	<b>-75</b>	<b>-65</b>

Figur 6.4 Bilanzierungsschlange 1988 für den Grundwasserleiter im Urtenental, Mengen in l/s



Figur 6.5 Bilanzierungsschlange 1989 für den Grundwasserleiter im Urtenental, Mengen in l/s



#### 6.2.4 Wasserbilanz

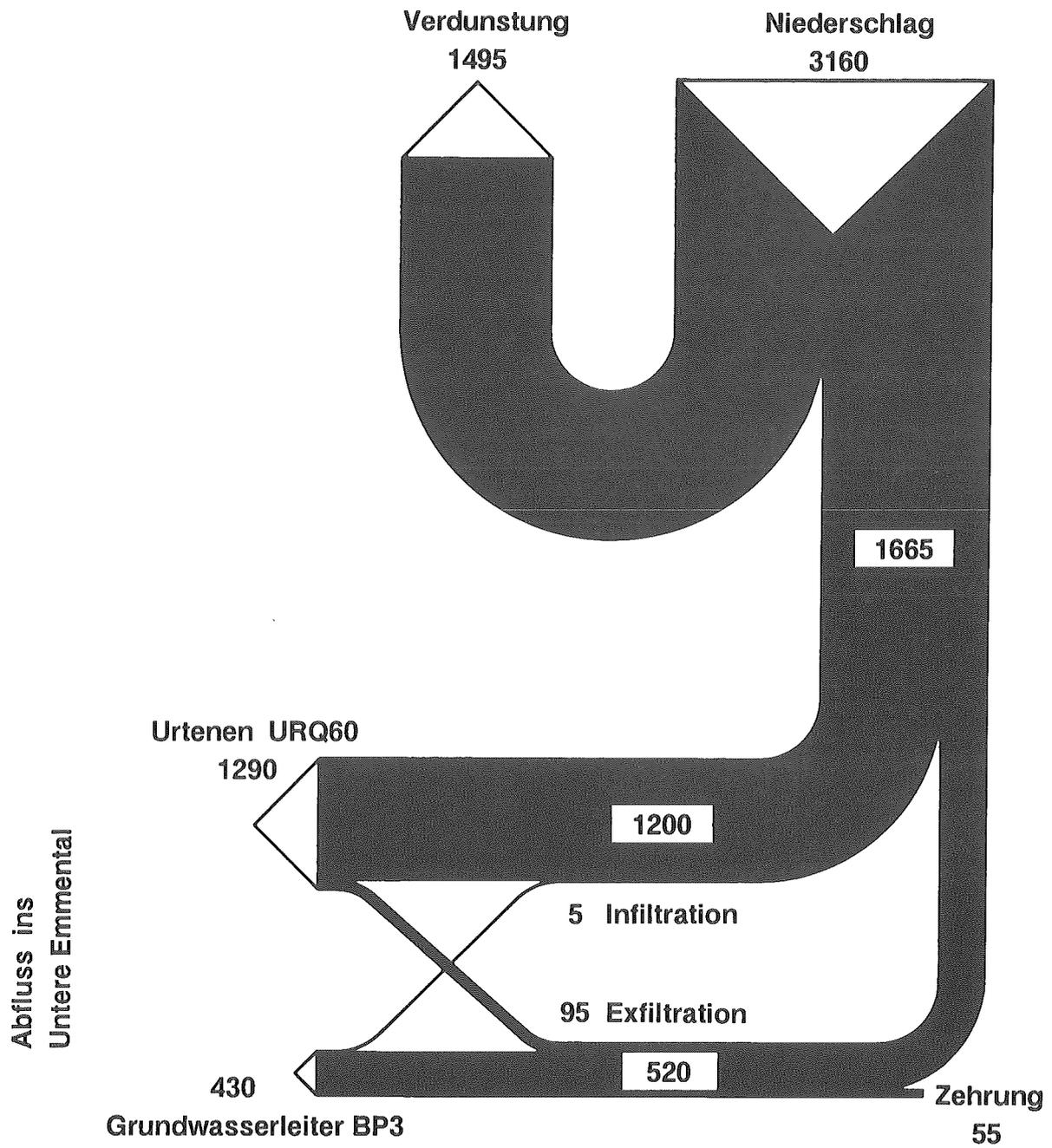
Eine fachgerechte Grundwasserbilanzierung erfordert den Einbezug der Oberflächenwasserbilanz und der Hydrologischen Bilanz. Die Verknüpfung der drei Bilanzen ermöglicht, allfällige Fehler zu erkennen und zu ergründen sowie die Bilanzierungsergebnisse zu verbessern. Gewisse Differenzen gegenüber den einzelnen Bilanzen sind naturgemäss möglich.

In den Figuren 6.6 und 6.7 wurden für die Mittelwerte der Jahre 1988 und 1989 die Verknüpfung der drei Bilanzen als Einzellenmodell bildlich dargestellt.

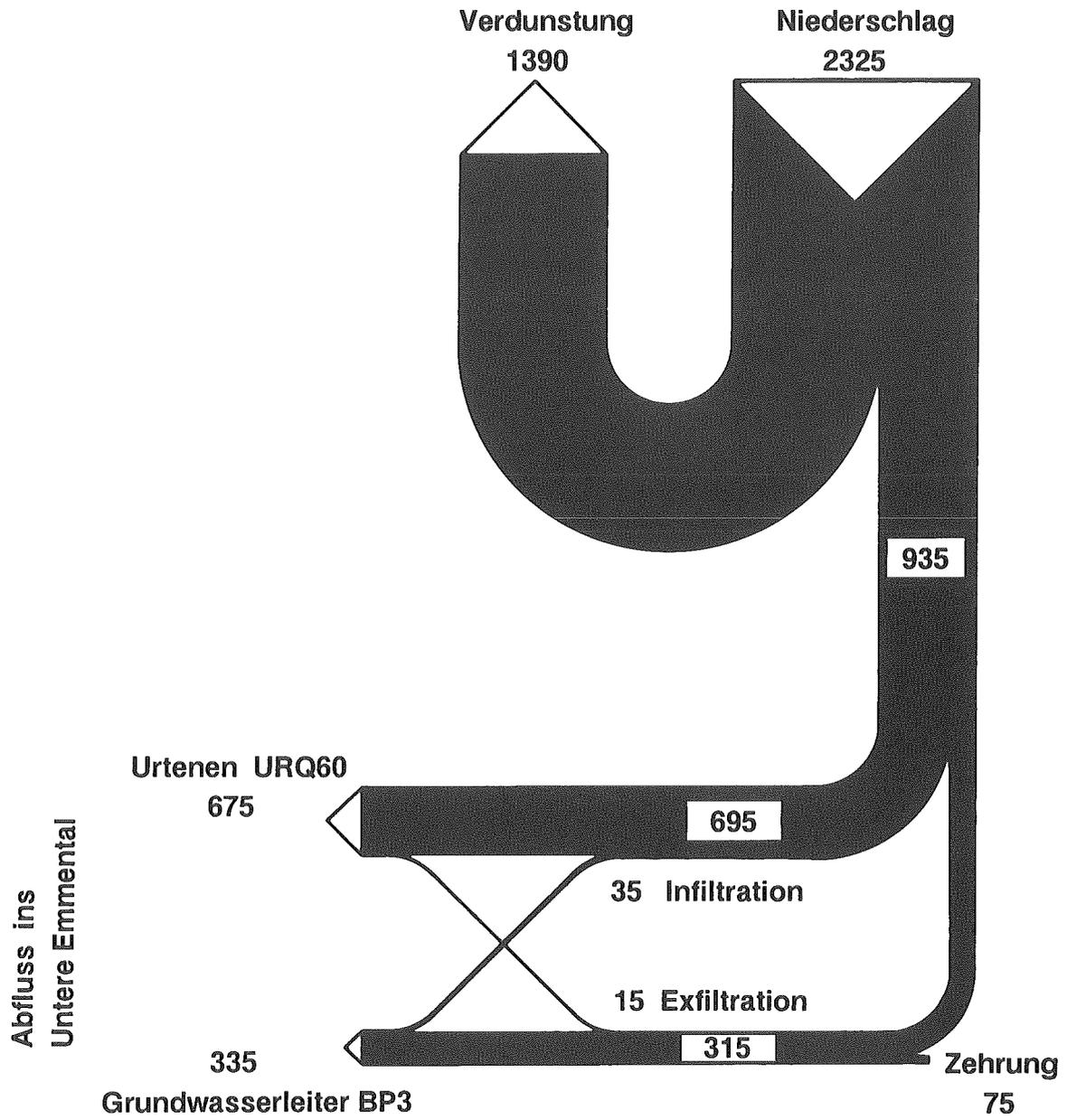
Auf das Untersuchungsgebiet fielen in den beiden betrachteten Jahren ca. 3160 bzw. 2325 l/s Niederschläge. Davon verdunsteten ca. 47 bzw. 60 %. Als direkte und indirekte Grundwasserneubildung gelangten ca. 15 bzw. 10 % in den Grundwasserleiter zwischen Urtenen-Schönbühl und Kernenried/Zauggenried (Modellgebiet).

Der Abfluss in der Urtenen ins Untere Emmental bei URQ60 betrug 1988 ca. 1290 l/s mit einer Exfiltration von ca. 95 l/s und einer Infiltration von ca. 5 l/s; im Jahr 1989 ca. 675 l/s bei einer Infiltration von ca. 35 l/s und einer Exfiltration von ca. 15 l/s. Im Grundwasserleiter flossen durch das Bilanzierungsprofil Kernenried/Zauggenried ins Untere Emmental ca. 430 bzw. 335 l/s.

Figur 6.6 Wasserbilanz: Verknüpfung der durchschnittlichen Jahresmittelwerte 1988 der Grundwasser-, Oberflächenwasser- und Hydrologischen-Bilanz, Mengen in l/s



Figur 6.7 Wasserbilanz: Verknüpfung der durchschnittlichen Jahresmittelwerte 1989 der Grundwasser-, Oberflächenwasser- und Hydrologischen-Bilanz, Mengen in l/s



## 6.3 Grundwasserqualität

### 6.3.1 Uebersicht über die untersuchten Parameter

Die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Grund- und Oberflächenwasser werden einerseits durch Gestein und Boden im Einzugsgebiet und im Grundwasserleiter, andererseits aber auch durch menschliche (anthropogene) Einflüsse, vor allem Abgänge aus Haushalt, Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft massgebend bestimmt.

Mit den physikalisch-chemischen Standarduntersuchungen gemäss Tabelle 6.3 kann normalerweise die qualitative Beschaffenheit generell beschrieben werden. Zugleich können sie erste Hinweise geben, ob anthropogene Einflüsse vorliegen. Allerdings lassen sich mit den Standarduntersuchungen nicht alle Verunreinigungen erkennen. So werden z.B. die synthetischen, die schwer abbaubaren organischen Stoffe nicht erfasst, die zum Teil bereits in sehr kleinen Konzentrationen die Grund- und Oberflächenwasserqualität erheblich beeinträchtigen. Sie müssen mit speziellen Untersuchungsverfahren nachgewiesen werden (vgl. Tabelle 6.4).

Im Schweizerischen Lebensmittelbuch (LMB) [29] im Abschnitt "Trinkwasser" werden für einzelne Untersuchungsparameter sog. Qualitätsziele und Toleranzwerte, in der Fremd- und Inhaltsstoffverordnung [30] Toleranz- und Grenzwerte angegeben.

Tabelle 6.3 Untersuchte Parameter der physikalisch-chemischen Standarduntersuchungen

Bezeichnung	Abkürzung	Einheit
Aussehen		-
Trübung		TE/F
Gesamthärte		°f
Calcium	Ca <sup>2+</sup>	mg/l
Magnesium	Mg <sup>2+</sup>	mg/l
Säureverbrauch (pH 4.3)		mmol/l
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mg/l
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	KMnO <sub>4</sub>	mg/l
Nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l
Ortho-Phosphat als P		mg/l
Gesamt-Eisen	Fe	mg/l
Gesamt-Mangan	Mn	mg/l
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l
Sauerstoffsättigung		%
Leitfähigkeit (20°C)		µS/cm
pH-Wert		-

TE/F : Trübungseinheiten Formazin (Standardsuspension)

°f : Französische Härtegrade

Qualitätsziele nennen Mengen einzelner Inhaltsstoffe, die in der Regel auf wenig oder nicht anthropogen beeinflusstes Grundwasser hindeuten. Toleranzwerte sind Höchstkonzentrationen von Stoffen, bei deren Ueberschreitung das Trinkwasser von den Vollzugsbehörden beanstandet wird. Grenzwerte sind Höchstkonzentrationen von Stoffen, bei deren Ueberschreitung das Trinkwasser für die menschliche Ernährung als ungeeignet gilt.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die durchgeführten Analysen auf flüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffe, Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe und Pestizide. Bei den Pestiziden wurden nicht immer die gleichen Parameter analysiert. In der Tabelle sind alle Wirkstoffe aufgeführt, welche mindestens einmal untersucht wurden.

Tabelle 6.4 Spezialuntersuchungen

Bezeichnung	Abkürzung	Einheit
<b><u>Flüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffe</u></b> Summenparameter	FOCI	µgCl/l
<b><u>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe</u></b> Summenparameter der ringförmigen organischen Kohlenwasserstoffe	PAK	µg/l
<b><u>Pestizide</u></b>		
Atrazin		µg/l
Simazin		µg/l
Bromacil		µg/l
Carbofuran		µg/l
Chloridazon		µg/l
Chlortoluron		µg/l
Diazinon		µg/l
Diuron		µg/l
2,4-D		µg/l
Isoproturon		µg/l
Metamitron		µg/l
Metolachlor		µg/l
MCPA		µg/l
MCPP		µg/l
Prometryn		µg/l
Terbutylazin		µg/l
Metaxyl		µg/l
Desethylatrazin		µg/l

FOCI : Flüchtige Organochlorverbindungen

Die Grundwasserqualität ist oft eng verknüpft mit der Wasserqualität der Oberflächengewässer. Auf die Beziehungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser wurde in Abschnitt 3.5 hingewiesen. Die Resultate der physikalisch-chemischen Untersuchungen an der Urtenen werden

in Abschnitt 6.3.8 behandelt und in der Gesamtbeurteilung der Grundwasserqualität in Abschnitt 6.3.9 berücksichtigt.

Die Tabellen 3.13 und 3.18 in den Abschnitten 3.3.3 und 3.4.3 geben einen generellen Ueberblick über den Umfang und den Zeitpunkt der Untersuchungen. Beilage 1 zeigt die Probenahmestellen. Im folgenden werden die wesentlichsten Untersuchungsergebnisse zusammengestellt und beurteilt.

### 6.3.2 Wesentliche Standardparameter

Aus den Standarduntersuchungen sind meistens die Parameter Nitrat, Chlorid, Sulfat und Gesamthärte besonders wichtig für eine erste Beurteilung der Grundwasserqualität; die Parameter Sauerstoffsättigung und Leitfähigkeit geben oft ebenfalls wesentliche Qualitätshinweise. Die Bedeutung wird im folgenden teilweise anhand der Ausführungen im LMB kurz erläutert.

Die Analysenresultate der Untersuchungskampagnen 1987-1990 werden in Tabellenform zusammengestellt. Auf die Wiedergabe der übrigen erhobenen physikalisch-chemischen Standardparameter wird verzichtet.

Gesamthärte Qualitätsziel: 1.5 bis 2.5 mmol/l bzw. 15 bis 25 °f, Toleranzwert: keiner [29]

Die Gesamthärte vermittelt ein Bild über den Gehalt an Erdalkalien. Sie wird in der Schweiz in mmol/l oder in franz. Härtegraden [°f; 1 °f = 10 mg/l CaCO<sub>3</sub> = 4.0 mg/l Ca = 0.1 mmol/l Ca] angegeben. Im Volksmund sind Bezeichnungen weich, hart etc. üblich. Die Zusammenhänge gehen aus Tabelle 6.5 hervor.

Tabelle 6.5 Gesamthärte in [mmol/l] und [°f] mit den dazugehörigen Bezeichnungen

Gesamthärte [mmol/l]	Gesamthärte in franz. Härtegraden [°f]	Bezeichnung
0 bis 0.7	0 bis 7	sehr weich
0.7 bis 1.5	7 bis 15	weich
1.5 bis 2.5	15 bis 25	mittelhart
2.5 bis 3.2	25 bis 32	ziemlich hart
3.2 bis 4.2	32 bis 42	hart
über 4.2	über 42	sehr hart

Für die Gesundheit spielt die Härte des Wassers keine Rolle. Jedoch sind in vielen technischen Bereichen (z.B. Wasch- und Reinigungsprozessen, Mischvorgänge von Wasser unterschiedlicher Härte) die Härteeigenschaften bedeutsam. Mischwasser mit stark unterschiedlicher Härte der Komponenten, z.B. beider Vermischung von hartem Grund- mit weichem Seewasser, sind in der Regel aggressiv und fördern die Korrosion.

Beim Waschen gehen die Calcium- und Magnesiumsalze, welche im wesentlichen die Gesamthärte bestimmen, mit den Fettsäuren der Seifen oder Seifenersatzprodukte unlösliche Verbindungen ein. So werden beispielsweise durch 1'000 Liter hartes Wasser etwa 2.5 bis 3.5 kg Waschpulver - lediglich als erheblicher Mehrverbrauch - gebunden, ohne die Reinigung der Wäsche zu fördern.

Tabelle 6.6 Gesamthärte der Untersuchungskampagnen 1987-1990;  
(vgl. Lage der Messstellen: Beilage 1; WEA Nrn.: Tabellen 2.1 bis 2.3;  
Untersuchungsziele: Tabelle 3.18)

GESAMTHÄRTE		[°d]						
Feld- bezeichnung	Datum der Probenahme							
	10.1987	12.1987	04.1988	12.1988	04.1989	01.1990	11.1990	Mittel
FRB46		36.4	37.3	35.3	35.6	35.4	35.4	35.9
HBB50		37.5	37.9	37.8	37.2	37.1	36.6	37.4
HBB51	31.9	32.2	32.3	33.1	29.3	32.5	31.8	31.9
HBB55					38.3	39.2	38.6	38.7
HBB56						37.0	35.2	36.1
HBB57						36.3	35.6	36.0
JEB50		37.7	37.5	37.6	37.6	37.8	37.9	37.7
KEB48		37.4	34.2	32.2	32.5	32.2	34.3	33.8
KEB50				32.6	32.6	32.2	32.0	32.4
MRB50	38.3	37.4	38.7	37.2	36.8	37.0	35.8	37.3
MRB51	38.3	38.5	38.9	38.1	37.5	38.0	38.1	38.2
MTB50	33.3	32.9	34.0	34.4	33.3	33.7	33.5	33.6
MTB51		30.2						30.2
MTF01				29.3	29.3	29.2	29.2	29.3
USB50			36.4	38.4	37.6	37.2	36.9	37.3
ZAB01		36.6	36.4	36.5	36.4	36.5	35.6	36.3
ZAB02		36.4	35.5	35.7	35.6	35.7	34.9	35.6
ZAB50		37.4	38.7	37.7	37.4	37.7	37.3	37.7

Die Gesamthärte der untersuchten Grundwasserproben liegt gemäss obenstehender Tabelle im ziemlich harten bis harten Bereich.

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) Qualitätsziel: < 25 mg/l, Toleranzwert: 40 mg/l [29], [30]

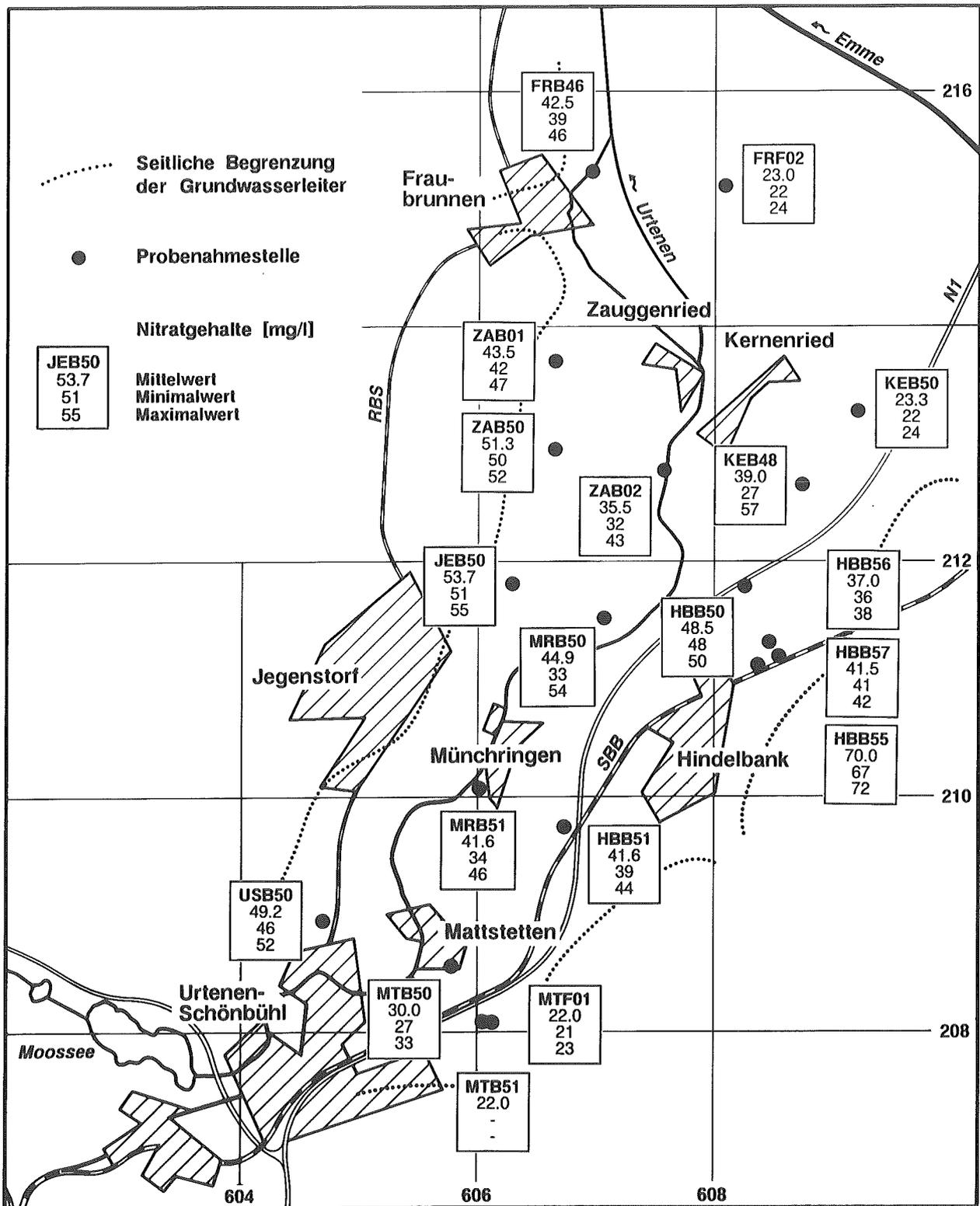
Nitrat ist ein natürlicher in den meisten Trinkwassern vorkommender Inhaltsstoff. Schädlich ist nur das Uebermass. Das Nitrat selbst ist nicht gesundheitsgefährdend. Problematisch werden erhöhte Gehalte dann, wenn das Nitrat im menschlichen Körper oder unter Umständen schon in Vorratsgefäßen bakteriell zu Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) umgewandelt wird. Dieses reagiert mit dem Hämoglobin des Blutes, der Sauerstoff wird nicht mehr an das Blut abgegeben sondern verbindet sich mit dem Eisen des Blutfarbstoffes. Es kommt zur Sekundärtoxizität mit den Krankheitsbildern der Methämoglobinämie, vor allem gefürchtet als "Blausucht" für den Säugling. Daneben tritt, dies ist für die meisten Hygieniker heute sicher, eine Tertiärtoxizität auf. Das sekundär gebildete Nitrit setzt sich im menschlichen Körper mit organischen Aminen oder Amiden aus der Nahrung um und bildet Nitrosamine sowie Nitrosamide, die krebserregend sein können. Wasser mit hohem Nitratgehalt liefert einen wesentlichen Beitrag zum Gesamt-Nitratgehalt der Nahrung. Die Trinkwasserbelastung mit Nitrat ist daher so gering wie möglich zu halten [31].

Ein erhöhter Nitratgehalt deutet meist auf eine Ueberlastung des Bodens mit Hof- und Kunstdünger hin. Sofern kein oder höchstens Spuren von Ammonium und Nitrit vorhanden sind (wie im Urtenental) und der Toleranzwert nicht überschritten wird, kann angenommen werden, dass eine vollständige Oxidation der Stickstoffverbindungen vorliegt und das Wasser den hygienischen Anforderungen noch entspricht.

Tabelle 6.7 Nitratgehalte der Untersuchungskampagnen 1987-1990; (vgl. Lage der Messstellen: Beilage 1, Figur 6.8; WEA Nrn.: Tabellen 2.1 bis 2.3; Untersuchungsziele: Tabelle 3.18)

NITRAT		$\text{NO}_3^-$ [mg/l]						
Feldbezeichnung	Datum der Probenahme							
	10.1987	12.1987	04.1988	12.1988	04.1989	01.1990	11.1990	Mittel
FRB46		46	46	42	39	41	41	42.5
HBB50		48	49	48	48	50	48	48.5
HBB51	42	43	41	44	40	39	42	41.6
HBB55					71	72	67	70.0
HBB56					36	37	38	37.0
HBB57						42	41	41.5
JEB50		55	55	52	55	54	51	53.7
KEB48		57	52	34	32	27	32	39.0
KEB50				24	24	22	23	23.3
MRB50	53	54	33	43	46	42	43	44.9
MRB51	43	43	42	46	34	42	41	41.6
MTB50	27	31	33	33	29	29	28	30.0
MTB51		22						22.0
MTF01				23	21	21	23	22.0
USB50			46	52	49	50	49	49.2
ZAB01		42	44	42	44	47	42	43.5
ZAB02		43	37	34	33	34	32	35.5
ZAB50		50	52	51	52	52	51	51.3

Figur 6.8 Lagemässige Verteilung der Nitratgehalte (1 : 50'000);  
 Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der Untersuchungskampagnen 1987-1990  
 (vgl. Tabelle 6.7)



Von den in Tabelle 6.7 aufgeführten Untersuchungsergebnissen erfüllen nur gerade 9 von 92 untersuchten Proben (10 %) das Qualitätsziel von 25 mg/l. Bei weiteren 23 Proben liegt der Nitratgehalt zwischen 25 und 40 mg/l.

60 Proben (65 %) überschreiten den Toleranzwert für Trinkwasser von 40 mg/l wobei 22 Proben einen Nitratgehalt von über 50 mg/l aufweisen.

Die Figur 6.8 zeigt die räumliche Verteilung der Nitratwerte im Untersuchungsgebiet. Ersichtlich sind jeweils die Mittel- sowie die Minimal- und Maximalwerte gemäss Tabelle 6.7. Zusätzlich wurden auch die entsprechenden Werte der periodischen Qualitätsuntersuchungen in der Grundwasserfassung Fraubrunnenwald (FRF02) eingetragen.

Im Gebiet MTB51, MTF01 (Mattstetten-Bäriswil; MTF01 PW Mattstettenmoos, vgl. Tab. 3.16) erfüllen die Nitratwerte das Qualitätsziel für Trinkwasser. Der Nitratgehalt der Messstelle MTB50 überschreitet mit einem Mittelwert von 30 mg/l das Qualitätsziel bereits.

Mit Nitratgehalten von 27 bis 57 mg/l weist die Messstelle KEB48 einen relativ grossen Schwankungsbereich auf. Je nach Grundwasserstand im Emmental und Urtenental wird die Messstelle KEB48 mehr von Grundwasser aus dem Urtenental oder aus dem Emmental beeinflusst. Die Messstellen KEB50 und FRF02 liegen im Emmental-Grundwasserstrom.

Sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) Qualitätsziel: 10 bis 50 mg/l, Toleranzwert: 200 mg/l [29]

Wasser, das bestimmte geologische Ablagerungen (z.B. Gips) oder aber Bauschuttdeponien [32] durchfließt, kann erhöhte Sulfatgehalte aufweisen.

Der Toleranzwert nimmt Rücksicht auf die erhöhte Korrosionsanfälligkeit von Leitungen und Beton. Gesundheitlich sind höhere Werte unbedenklich, falls sie von einem calciumsulfathaltigen Untergrund herrühren und der Magnesiumgehalt gleichzeitig 50 mg/l nicht überschreitet. Die Magnesiumgehalte, die hier nicht speziell aufgeführt sind, liegen im Urtenental zwischen ca. 5 und 25 mg/l.

Tabelle 6.8 Sulfatgehalte der Untersuchungskampagnen 1987-1990;  
(vgl. Lage der Messstellen: Beilage 1; WEA Nrn.: Tabellen 2.1 bis 2.3;  
Untersuchungsziele: Tabelle 3.18)

SULFAT		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]						
Feld- bezeichnung	Datum der Probenahme							
	10.1987	12.1987	04.1988	12.1988	04.1989	01.1990	11.1990	Mittel
FRB46		25	25	26	29	31	26	27.0
HBB50		23	24	23	25	25	23	23.8
HBB51	19	22	20	19	20	20	19	19.9
HBB55					21	20	20	20.3
HBB56					21	18	17	18.7
HBB57						17	16	16.5
JEB50		22	22	20	25	24	23	22.7
KEB48		28	18	17	19	18	16	19.3
KEB50				14	17	15	14	15.0
MRB50	25	24	21	22	25	24	22	23.3
MRB51	26	25	26	26	30	26	25	26.3
MTB50	17	19	21	22	22	22	20	20.4
MTB51		15						15.0
MTF01				14	16	14	13	14.3
USB50			17	18	20	19	17	18.2
ZAB01		19	21	20	23	23	22	21.3
ZAB02		23	22	23	27	26	24	24.2
ZAB50		20	20	20	23	22	21	21.0

Von den 92 in Tabelle 6.8 aufgeführten Sulfatwerten liegen alle im Bereich des Qualitätsziels für Trinkwasser. Die Mittelwerte im Grundwasser variieren zwischen 14 und 27 mg/l. Die Sulfatgehalte im Gebiet MTB51, MTF01 (Mattstetten-Bäriswil) und im Emmentalgrundwasserleiter (KEB50, FRF02) zeigen Werte im Bereich von 13 bis 17 mg/l.

Chlorid (Cl<sup>-</sup>) Qualitätsziel: < 20 mg/l, Toleranzwert: 200 mg/l [29]

Erhöhte Chloridgehalte, die nicht durch die Umgebung bedingt sind (Nähe des Meeres, Vorkommen von Steinsalz usw.), können auf anthropogene Einflüsse durch Düngestoffe, Abwasser aller Art oder Abfalldeponien hindeuten. Gehalte über 80 mg/l können die Korrosion von Leitungen fördern, solche über 200 mg/l sind geschmacklich merkbar.

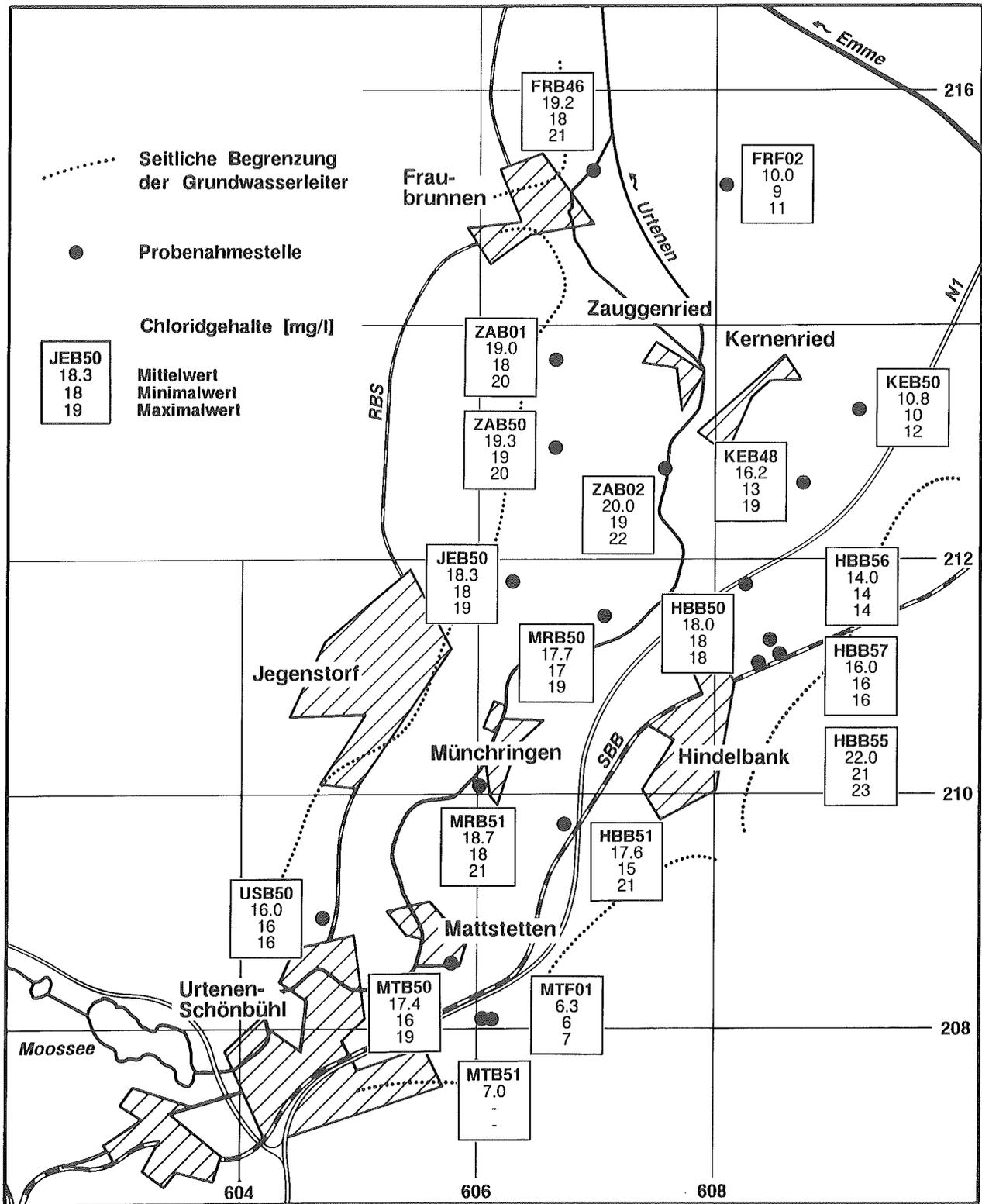
Die folgende Tabelle zeigt die Chloridgehalte der Messkampagnen von 1987 bis 1990. Die Einzelwerte variieren zwischen 6 und 23 mg/l. 14 von 92 Proben erfüllen das Qualitätsziel für Trinkwasser von < 20 mg/l nicht. Im Gebiet MTB51, MTF01 (Mattstetten-Bäriswil) sowie im Einflussbereich des Emmentalgrundwasserstrom sind die Werte kleiner. Mit grosser Wahrscheinlichkeit ist die landwirtschaftliche Düngung dafür verantwortlich (vgl. Figur 6.8, Nitratwerte)

Die Figur 6.9 zeigt die räumliche Verteilung der Chloridwerte im Untersuchungsgebiet. Ersichtlich sind jeweils die Mittel- sowie die Minimal- und Maximalwerte gemäss Tabelle 6.9. Zusätzlich wurden auch die entsprechenden Werte der periodischen Qualitätsuntersuchungen in der Grundwasserfassung Fraubrunnenwald (FRF02) eingetragen.

Tabelle 6.9 Chloridgehalte der Untersuchungskampagnen 1987-1990;  
(vgl. Lage der Messstellen: Beilage 1, Figur 6.9; WEA Nrn.: Tabellen 2.1 bis 2.3;  
Untersuchungsziele: Tabelle 3.18)

CHLORID		Cl <sup>-</sup> [mg/l]						
Feld- bezeichnung	Datum der Probenahme							
	10.1987	12.1987	04.1988	12.1988	04.1989	01.1990	11.1990	Mittel
FRB46		19	19	19	18	21	19	19.2
HBB50		18	18	18	18	18	18	18.0
HBB51	17	17	15	21	17	19	17	17.6
HBB55					21	23	22	22.0
HBB56					14	14	14	14.0
HBB57						16	16	16.0
JEB50		19	19	18	18	18	18	18.3
KEB48		19	19	17	14	15	13	16.2
KEB50				12	11	10	10	10.8
MRB50	17	18	19	18	17	18	17	17.7
MRB51	19	18	18	21	18	19	18	18.7
MTB50	17	17	19	19	17	17	16	17.4
MTB51		7						7.0
MTF01				6	6	6	7	6.3
USB50			16	16	16	16	16	16.0
ZAB01		18	19	20	20	19	18	19.0
ZAB02		19	20	20	19	22	20	20.0
ZAB50		19	20	20	19	19	19	19.3

Figur 6.9 Lagemässige Verteilung der Chloridgehalte (1 : 50'000); Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der Untersuchungskampagnen 1987-1990 (vgl. Tabelle 6.9)



Sauerstoffsättigung Qualitätsziel: > 60 %, Toleranzwert: keiner [29]

Der Gehalt an gelöstem Sauerstoff ist, vom hygienischen Standpunkt aus gesehen, ohne Bedeutung. Das Qualitätsziel für Trinkwasser liegt bei 60 % Sättigung. Für die Begünstigung einer Schutzschichtbildung in Leitungen ist eine relative Sauerstoffsättigung von 30 bis 100 % anzustreben.

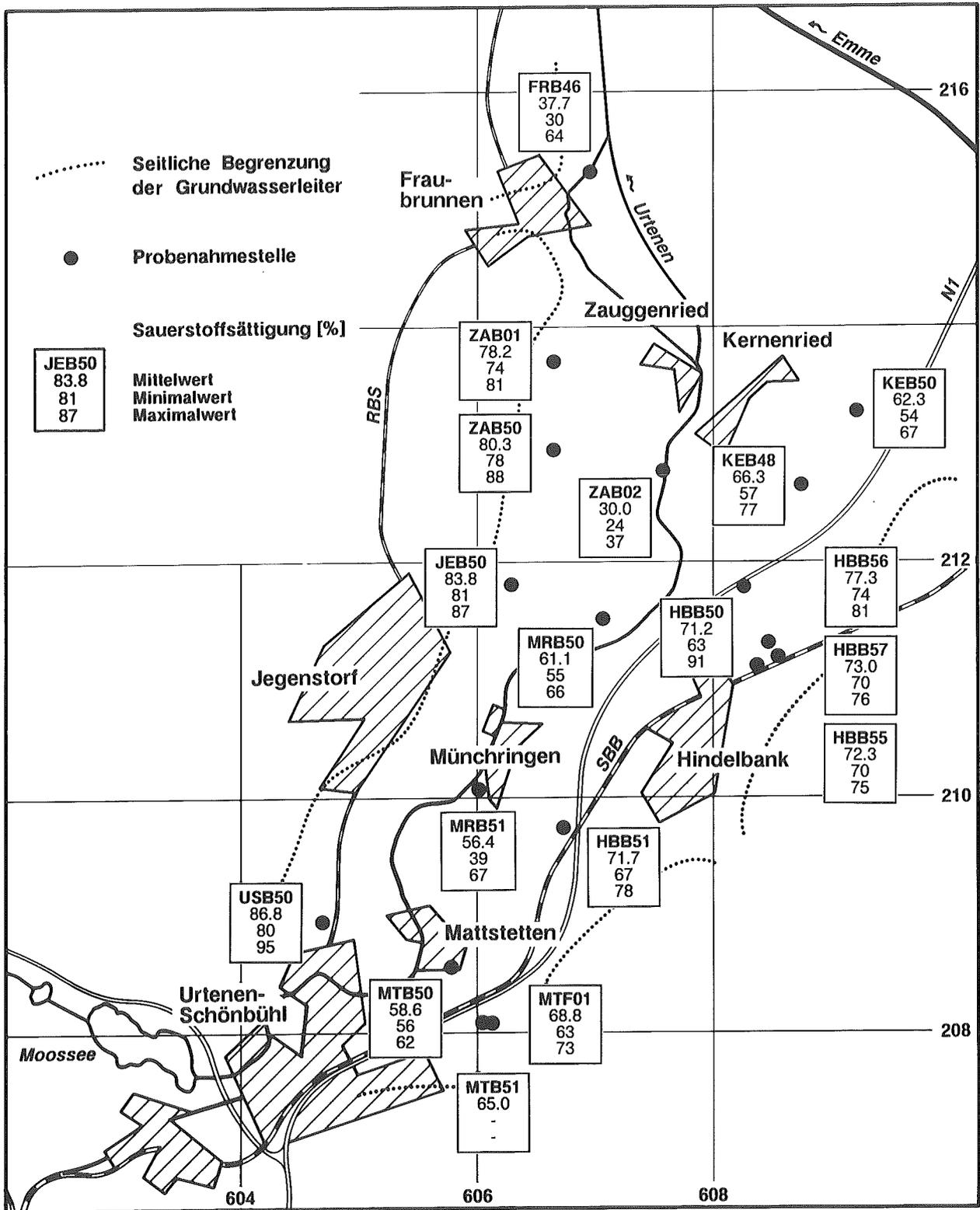
In Tabelle 6.10 sind die Sauerstoffsättigungen der sieben Kampagnen zusammengestellt. Die Variationsbreite von 24 % bis 91 % ist relativ gross. Das Qualitätsziel von 60 % für Trinkwasser erreichen 24 von 92 Proben nicht.

In Figur 6.10 ist die lagemässige Verteilung der Extrem- und Mittelwerte ersichtlich. Die Messstellen FRB46 und ZAB02 weisen mit 37.7 resp. 30 % im Mittel eine recht geringe Sauerstoffsättigung auf. Dies könnte auf die infiltrierende Urtenen zurückzuführen sein.

Tabelle 6.10 Sauerstoffsättigung der Untersuchungskampagnen 1987-1990;  
(vgl. Lage der Messstellen: Beilage 1, Figur 6.10; WEA Nrn.: Tabellen 2.1 bis 2.3; Untersuchungsziele: Tabelle 3.18)

SAUERSTOFFSÄTTIGUNG		[%]						
Feld- bezeichnung	Datum der Probenahme							Mittel
	10.1987	12.1987	04.1988	12.1988	04.1989	01.1990	11.1990	
FRB46		32	36	64	30	34	30	37.7
HBB50		91	75	66	66	66	63	71.2
HBB51	74	77	78	69	67	70	67	71.7
HBB55					75	70	72	72.3
HBB56					81	74	77	77.3
HBB57						70	76	73.0
JEB50		86	87	82	83	81	84	83.8
KEB48		56	75	77	67	66	57	66.3
KEB50				66	54	62	67	62.3
MRB50	66	62	62	60	59	55	64	61.1
MRB51	58	58	67	57	39	56	60	56.4
MTB50	59	58	62	58	56	57	60	58.6
MTB51		65						65.0
MTF01				69	70	63	73	68.8
USB50			95	87	80	87	85	86.8
ZAB01		80	81	78	78	78	74	78.2
ZAB02		36	37	24	28	27	28	30.0
ZAB50		88	78	79	80	79	78	80.3

Figur 6.10 Lagemässige Verteilung der Sauerstoffsättigung (1 : 50'000);  
Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der Untersuchungskampagnen 1987-1990  
(vgl. Tabelle 6.10)



Leitfähigkeit Qualitätsziel: keines, Toleranzwert: keiner [29]

Mit der elektrischen Leitfähigkeit kann der Gesamtgehalt an dissoziierten Ionen einer Wasserprobe bestimmt werden. Sie ist abhängig vom Salzgehalt und der Temperatur des Wassers. Die Werte werden auf 20 °C bezogen, in  $\mu\text{S}/\text{cm}$  angegeben und entsprechen annähernd dem gelösten Feststoffinhalt in  $\text{mg}/\text{l}$ .

In der folgenden Tabelle sind die Analysenresultate der Leitfähigkeitsmessungen zusammengestellt.

Die Messwerte schwanken zwischen 490 und 706  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Eher kleine Werte finden sich in MTB51, MTF01 (Gebiet Mattstetten-Bäriswil) und in KEB50 (Emmental-Grundwasserleiter).

Tabelle 6.11 Leitfähigkeit der Untersuchungskampagnen 1987-1990;  
(vgl. Lage der Messstellen: Beilage 1; WEA Nrn.: Tabellen 2.1 bis 2.3;  
Untersuchungsziele: Tabelle 3.18)

LEITFÄHIGKEIT		[ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]						
Feld- bezeichnung	Datum der Probenahme							
	10.1987	12.1987	04.1988	12.1988	04.1989	01.1990	11.1990	Mittel
FRB46		580	661	640	651	645	627	634.0
HBB50		693	690	684	677	663	664	678.5
HBB51	574	585	588	579	497	588	570	568.7
HBB55					700	706	697	701.0
HBB56					617	612	607	612.0
HBB57						631	628	629.5
JEB50		676	677	668	668	664	656	668.2
KEB48		622	625	579	584	569	602	596.8
KEB50				557	570	560	552	559.8
MRB50	655	670	619	661	661	650	635	650.1
MRB51	663	674	647	653	663	668	661	661.3
MTB50	569	592	619	608	596	579	589	593.1
MTB51		523						523.0
MTF01				513	490	505	500	502.0
USB50			640	667	653	650	643	650.6
ZAB01		582	630	658	660	655	634	636.5
ZAB02		581	650	647	648	647	634	634.5
ZAB50		662	675	675	674	666	658	668.3

### 6.3.3 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) Toleranzwert: 0.2 µg/l [30]

Im Rahmen der Messkampagne vom Januar 1990 wurde durch das Kantonale Laboratorium im Grundwasser des Urtenentals in 11 Messstellen (vgl. Tabelle 3.18) nach polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) gesucht.

PAK gehören zu den in der Umwelt überall auftretenden Stoffen. Sie werden natürlicherweise durch Pflanzen oder Bakterien gebildet. Wenige dieser Verbindungen werden in reiner Form synthetisiert und für die Herstellung von Farbstoffen, Pestiziden und Pharmaka verwendet. Der grösste Anteil entsteht durch die Verbrennung fossiler Energieträger. Die Vielzahl der Emissionsquellen verunmöglicht eine schlüssige Zuordnung der PAK.

Die meisten PAK sind praktisch wasserunlöslich. 21 von 40 bekannten Verbindungen sind als schwach bis stark kanzerogen bzw. mutagen bekannt. Bedingt durch ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften haben sie zudem eine grosse Bio- bzw. Geoakkumulationstendenz [33].

Die vom Kantonalen Laboratorium verwendete Bestimmungsmethode für PAK hat eine Nachweisgrenze von 0.01 µg/l. In keiner der untersuchten Wasserproben konnten PAK nachgewiesen werden.

### 6.3.4 Schwermetalle

Unter Schwermetallen versteht man jene metallischen Elemente mit einer Dichte von mehr als 6 g/cm<sup>3</sup>. Dazu gehören die essentiellen, biologisch benötigten Metalle Eisen, Kupfer und Zink, aber auch Metalle wie Cadmium, Quecksilber und Blei. Sowohl die essentiellen als auch die nicht essentiellen Metalle können in erhöhter Konzentration Schäden wie Wachstumshemmungen und Stoffwechselstörungen hervorrufen.

Im Rahmen der physikalisch-chemischen Standarduntersuchungen wurden die Gehalte an den Schwermetallen Eisen (Fe) und Mangan (Mn) bestimmt.

Tabelle 6.12 Qualitätsziele, Toleranzwerte für Trinkwasser der untersuchten Schwermetalle [29], [30]

Schwermetall	Qualitätsziel	Toleranzwert
Gesamteisen (Fe)	bis 0.05 mg Fe/l	0.3 mg Fe/l
Gesamtangan (Mn)	bis 0.02 mg Mn/l	0.05 mg Mn/l

Im folgenden werden die Untersuchungsergebnisse kurz beschrieben:

## Gesamteisen

Von 110 Analysen im Hauptgrundwasserleiter wurde in 34 Gesamteisen nachgewiesen. Die Gehalte variieren zwischen  $< 0.01$  mg/l und 1.63 mg/l. Dabei liegen 7 Untersuchungsergebnisse unter dem Qualitätsziel, 18 zwischen dem Qualitätsziel und dem Toleranzwert. 9 Proben liegen über dem Toleranzwert, davon 7 in der Messstelle MRB51 (606/210.13). Die beiden anderen Toleranzwertüberschreitungen wurden in MTB50 (605/208.6) und HBB55 (608/211.18) festgestellt. Den Gründen, wieso es zu diesen Belastungen kommt, ist nicht nachgegangen worden.\*

## Gesamtangan

Bei der eingesetzten Analysenmethode liegt die Nachweisgrenze bei 0.05 mg/l. Von den 110 Analysen lieferten 103 keine nachweisbaren Mangangehalte, d.h. sie lagen unter dem Toleranzwert. Die höher liegenden Werte traten alle in MRB51 (606/210.13), zusammen mit den höchsten Eisenwerten, auf. Von den 7 Proben mit einem nachweisbaren Mangangehalt liegen 6 zwischen 0.16 und 0.20 mg/l und eine bei 0.38 mg/l; Gründe: vgl. \*

### 6.3.5 Leichtflüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffe (CKW)

Toleranzwert: Summe aller flüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe  
ohne Tetrachlormethan 10 µg/l [30]

Leichtflüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffe (CKW) u.a. werden in grossen Mengen als Lösungs- und Oberflächenreinigungsmittel in Industrie, Gewerbe und Haushalt verwendet. Die gebräuchlichsten sind Trichlorethen (TRI; Grenzwert 70 µg/l), Tetrachlorethen (PER; 40 µg/l), 1.1.1-Trichlorethan (2000 µg/l) [30].

Ursachen von Grundwasserverunreinigungen durch leichtflüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffe sind diffuse Quellen und Kontaminationen aufgrund lokaler Emissionen, die überall dort auftreten können wo CKW produziert, gelagert, angewendet und entsorgt werden (Abluft, Abfall, Abwasser) [34].

Im Hinblick auf chronische Wirkungen reicht die wissenschaftliche Erkenntnis noch nicht aus, um die in Grundwasser vorkommenden, unter der Toleranzgrenze liegenden Konzentrationen bei Dauergenuss als gesundheitsgefährdend zu bezeichnen. Die CKW sind aber sicher als unerwünschte Stoffe im Trinkwasser zu betrachten, da sie sich zumindest in Tierversuchen, wenn auch in höheren Konzentrationen, teilweise als kanzerogen erwiesen haben [33], [34].

Zur Bestimmung der leichtflüchtigen Chlor-Kohlenwasserstoffe wurde im Rahmen dieser Untersuchungen eine Summenmethode angewandt, bei welcher der Chlorgehalt in diesen Verbindungen bestimmt wird (FOCI).

Während der beiden Untersuchungskampagnen im Jahr 1987 wurde das Grundwasser jeweils in einigen Bohrungen (vgl. Tabelle 3.18) auf leichtflüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffen untersucht. Bei keiner der 12 Proben konnte ein Gehalt  $> 1$  µg/l nachgewiesen werden, d.h. der Toleranzwert ist nicht überschritten worden.

### 6.3.6 Pestizide Toleranzwert: 0.1 µg/l je Substanz, 0.5 µg/l Summe [29], [30]

Nach dem Schweizerischen Lebensmittelbuch sollen Pestizide und ähnliche Substanzen im Trinkwasser nicht nachweisbar sein. Werden Pestizide festgestellt, so ist den Ursachen nachzugehen.

Der Herbizid-Wirkstoff Atrazin ist bis vor wenigen Jahren im Geleise- und Strassenunterhalt häufig verwendet worden. Er wird heute noch in der Landwirtschaft vor allem beim Maisanbau eingesetzt [49].

Bei den Chemiekampagnen wurden total 22 Grundwasserproben auf die Wirkstoffe in Pestiziden Atrazin und Simazin (wird u.a. beim Maisanbau und zur Behandlung von Kernobst verwendet) sowie auf das Abbauprodukt von Atrazin das Desthylatrazin untersucht (vgl. Tabelle 3.18)

Die Gehalte an Atrazin im untersuchten Grundwasser lagen alle unter dem Toleranzwert von 0.1 µg/l. In 11 von 22 Proben konnte Atrazin in Konzentrationen von 0.01 bis 0.06 µg/l nachgewiesen werden. In den anderen 11 Proben wurde bei einer Nachweisgrenze von 0.01 µg/l kein Atrazin gefunden.

Einzig in der Bohrung FRB46 wurden neben den Atrazingehalten von 0.04 bzw. 0.06 µg/l auch Simazin (0.02 µg/l) und Desethylatrazin (0.04 µg/l) festgestellt.

### 6.3.7 Bakteriologische Grundwasserqualität

In der Grundwasserfassung FRF02 der Vennersmühle Wasserversorgung (Gemeindeverband) im Fraubrunnenwald, sowie im Pumpwerk Mattstettenmoos des Wasserverbundes Grauholz AG wurden im Untersuchungszeitraum periodisch Wasserproben für die Beurteilung der bakteriologischen Grundwasserqualität entnommen und im Kantonalen Laboratorium untersucht. Die Ergebnisse zeigen bakteriologisch einwandfreies Trinkwasser.

### 6.3.8 Wasserqualität der Urtenen

Die folgende Tabelle zeigt die vom Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft (GSA), Abteilung Gewässer- und Bodenschutzlabor, Bern, standardmässig untersuchten Parameter an Oberflächengewässer. Die Probenahmestellen und die Probenahmedaten sind in Abschnitt 3.3.3 beschrieben.

Tabelle 6.13 Untersuchte Parameter der chemisch-bakteriologisch Untersuchungen für Oberflächengewässer (Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft (GSA), Abteilung Gewässer- und Bodenschutzlabor, Bern)

Bezeichnung	Abkürzung	Einheit
pH		-
Trübung (100 %-T)		TE/F
Ungelöste Stoffe		mg/l
Sauerstoffgehalt	O <sub>2</sub>	mg/l
Sauerstoffsättigung		%
Permanganatverbrauch	KMnO <sub>4</sub>	mg/l
TOC (Org. Kohlenstoff total)	TOC	mg C/l
DOC (Org. Kohlenstoff gelöst)	DOC	mg C/l
Biochemischer Sauerstoffbedarf	BSB5	mg O <sub>2</sub> /l
Ammoniumsalze	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l
Nitrite	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l
Nitrate	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l
Chloride	Cl <sup>-</sup>	mg/l
Freies Phosphat	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l
Gesamtphosphat	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l
Silikat	SiO <sub>2</sub>	mg/l
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l
Karbonathärte		mVal/l
Gesamthärte		mVal/l
Kalium		mg/l
Natrium		mg/l
Elektr. Leitfähigkeit		µS/cm
Enterokokken / 1000 in 100 ml		-
Gesamtkeimzahl / 1000 in 1ml		-
UV-Absorption bei 254 nm		-
Oberflächenspannung		dyn/cm

TE/F : Trübungseinheiten Formazin (Standardsuspension)

Tabelle 6.14 Probenahmestellen für Langzeitvergleiche an der Urtenen

Entnahmeort	Probenahmestellen 1974 - 1976 (vgl. Tabelle 3.12)	Probenahmestellen 1986 - 1990 (vgl. Tabelle 3.13)
Holzmühle, oberhalb ARA Zauggenried Fraubrunnen, Bad	URO1 URO3 URO5	URQ48 ZAO30 URO80

Die Wasserqualität eines Oberflächengewässers kann zeitlich und örtlich stark variieren. Die Einzelmessungen, wie sie den folgenden Betrachtungen zu Grunde liegen, vermitteln daher lediglich eine generelle Übersicht über die Wasserqualität der Urtenen.

Für die drei Entnahmeorte Holzmühle (oberhalb ARA-Einlauf), Zauggenried und Fraubrunnen (Schwimmbad) werden im folgenden einige wichtige Untersuchungsergebnisse dargestellt. Die genaue Lage der Probenahmestellen geht aus den Tabellen 3.12 und 3.13 hervor. Die entsprechenden für den Langzeitvergleich verwendeten Probenahmestellen (vgl. Tabelle 6.14) haben nicht exakt die gleichen Standorte. Die örtlichen Unterschiede sind jedoch belanglos.

Die Figur 6.11 zeigt für die 5 im Rahmen der Hydrogeologie Urtenental durchgeführten Chemiekampagnen von 1987 bis 1990 den biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB<sub>5</sub>), die Gehalte an Nitrit (NO<sub>2</sub>), gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) und Ammonium (NH<sub>4</sub>).

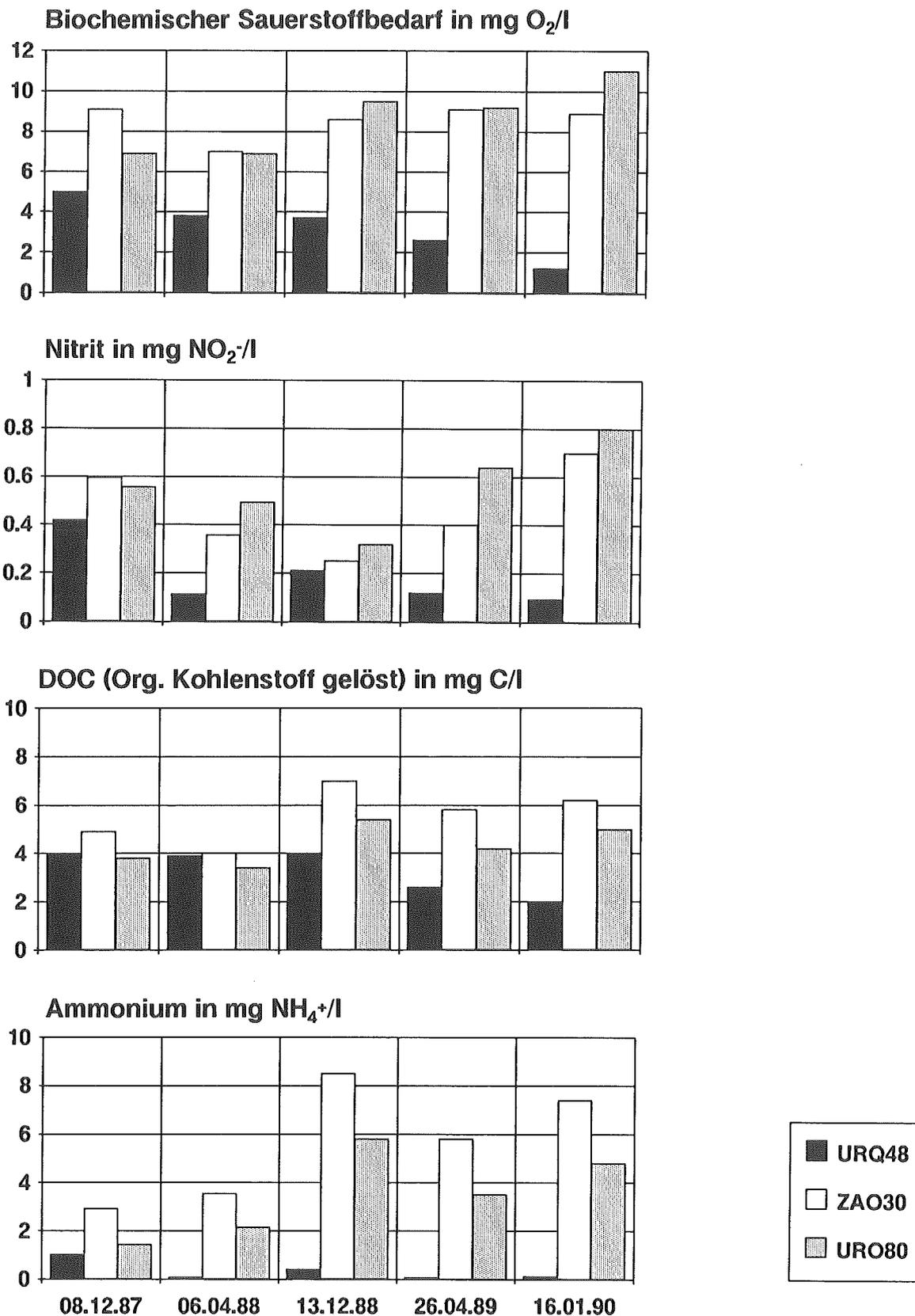
Die Abflussmengen in der Urtenen lagen am 06.04.88 deutlich über dem Mittelwert, am 16.01.90 waren sie relativ klein. Die übrigen drei Probenahmen erfolgten bei mittleren Abflussmengen. Mit der Anordnung von drei Untersuchungskampagnen im Winter (Dezember, Januar) wurde versucht, einen allfälligen jahreszeitlichen Einfluss zu reduzieren.

Alle 4 Parameter der Probenahmestelle bei Holzmühle, oberhalb des ARA-Einlaufs (URQ48) zeigen eine sinkende Tendenz, während für die beiden Probenahmestellen ZAO30 und URO80 die Werte für BSB<sub>5</sub>, Nitrit, DOC, leicht, für Ammonium deutlich ansteigen. Bei der Kampagne vom 08.12.87 variierten die Werte zwischen den einzelnen Messstellen um maximal das 2 bis 3-fache, am 10.01.90 in der Grössenordnung von Faktor 10.

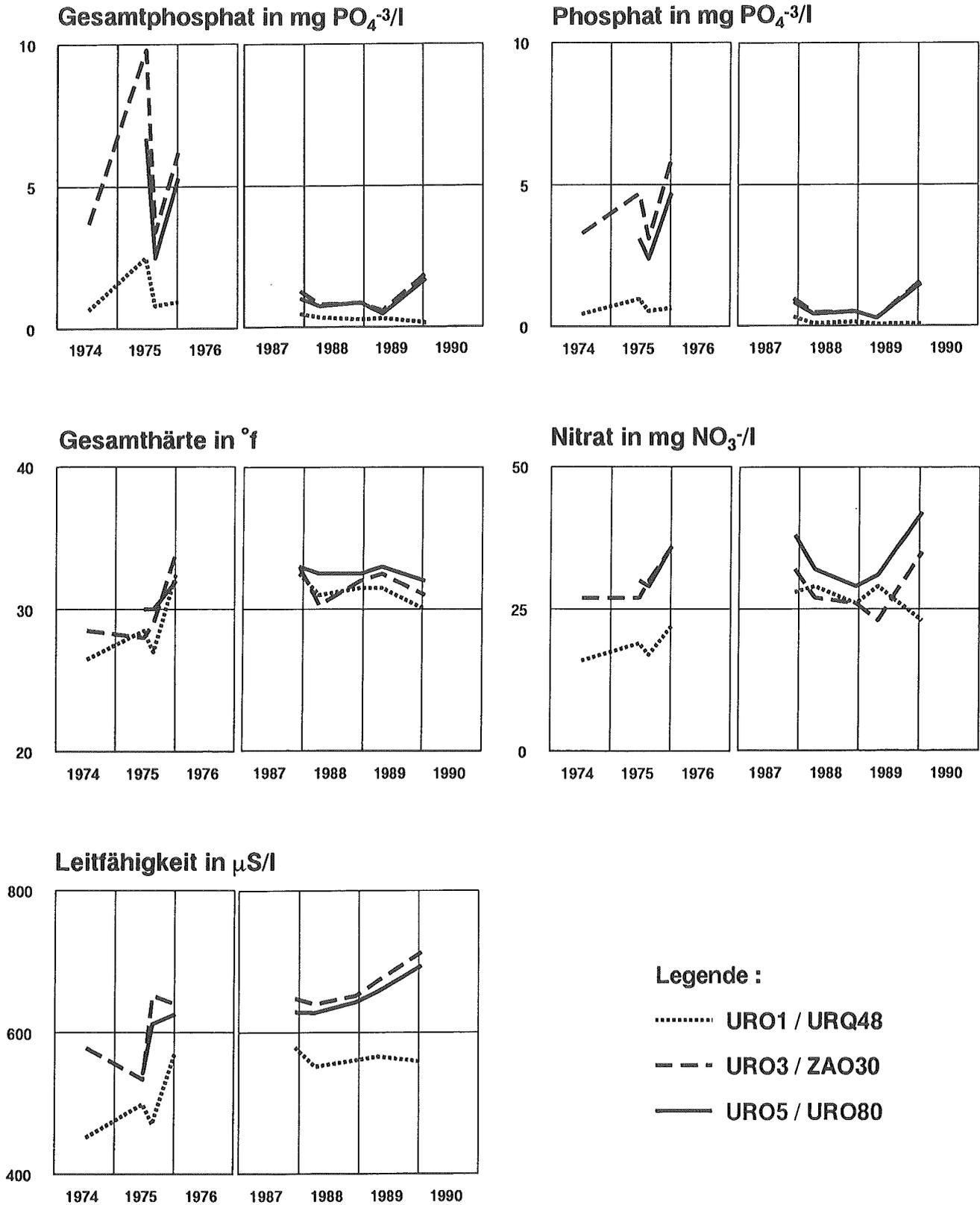
In Figur 6.12 sind für die 5 Untersuchungskampagnen 1987 - 1990 die Parameter Gesamtphosphat, Phosphat, Gesamthärte, Nitrat und Leitfähigkeit ersichtlich. Daneben werden, um die Veränderung der Wasserqualität der Urtenen zu beurteilen, die entsprechenden Parameter von 4 Untersuchungskampagnen in den Jahren 1974 bis 1976 dargestellt. 1975 wurden zwischen Juni und August 5 Untersuchungen durchgeführt, wovon jeweils die erste und die letzte berücksichtigt werden.

Die Gehalte an Gesamtphosphat und freiem Phosphat haben, bedingt durch das Phosphatverbot in Waschmitteln, stark abgenommen. Die anderen drei Parameter Gesamthärte, Nitrat und Leitfähigkeit zeigen langfristig eine steigende Tendenz.

Figur 6.11 Wasserqualität der Urtenen, Chemiekampagnen 1987-1990  
 Biochemischer Sauerstoffbedarf, Nitrit, DOC, Ammonium



Figur 6.12 Wasserqualität der Urtenen; 1974-1976 und 1987-1990  
Gesamtposphat, Phosphat, Gesamthärte, Nitrat und Leitfähigkeit



In der Verordnung über Abwassereinleitung [35] sind Qualitätsziele für Fliessgewässer und Flusstau angeben. Sie gelten für eine Wasserführung, die während 347 Tagen erreicht oder überschritten ist.

Von den dargestellten Parameter sind folgende in der Verordnung aufgeführt :

Tabelle 6.15 Qualitätsziele und -angaben für Fliessgewässer

Parameter	Qualitätsziele und -angaben
Ammoniak/Ammonium	0.5 mg N/l (als Summe von $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ). Von Fall zu Fall höhere Werte, wenn keine Trinkwassernutzung zu berücksichtigen ist.
Nitrate	25 mg $\text{NO}_3^-$ /l. Von Fall zu Fall höhere Werte, wenn keine Trinkwassernutzung zu berücksichtigen ist.
Nitrite	Keine Toxizität
Phosphor (gesamt)	Im Einzugsgebiet der Seen möglichst niedrige Werte
Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)	2 mg C/l (Membranfilter 0.45 $\mu\text{m}$ )
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB5)	4 mg $\text{O}_2$ /l Durch Abwassereinleitung soll der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB5) nicht über 4 mg $\text{O}_2$ /l ansteigen. Bei Gewässern, die unmittelbar zur Speisung von nutzbaren Grundwasservorkommen dienen, sollen die Anforderungen verschärft werden.

Eindeutige Qualitätsziele existieren für den gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) und für den biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB5). Beim DOC überschreiten 14 von 15 Proben das Qualitätsziel. Beim BSB5 liegen 11 von 15 Proben über dem Qualitätsziel. Bei beiden Parametern zeigt die in Urtenen-Schönbühl liegende Probenahmestelle URQ48 eine leicht rückläufige Tendenz. Das Wasser der Urtenen muss bezüglich gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) und biochemischem Sauerstoffbedarf als belastet betrachtet werden.

Der Gehalt an Ammoniak in der Urtenen wurde nicht bestimmt. Ammonium besteht zu knapp 80 % aus Stickstoff. Schon der Stickstoffgehalt aus dem Ammonium überschreitet das Qualitätsziel von 0.5 mg N/l um ein mehrfaches. Die Nitratwerte liegen grösstenteils über 25 mg/l. Für Ammonium und Nitrat sind Werte über dem Qualitätsziel erlaubt, falls keine Trinkwassernutzung zu berücksichtigen ist. Die gesamte Stickstofffracht in der Urtenen ist relativ gross (vgl. Abschnitt 7.2.2)

Die maximalen Nitritgehalte in der Urtenen von 0.8 mg  $\text{NO}_2^-$ /l erreichen nahezu den Grenzwert von 1 mg  $\text{NO}_2^-$ /l, der bei Trockenwetter jederzeit von Einleitungen in ein Gewässer eingehalten werden muss.

Das Ansteigen der Leitfähigkeit deutet auf eine zunehmende Versalzung der Urtenen mit Magnesium, Calcium, Chlorid, Sulfat, Natrium, Kalium usw. hin. Wobei die Härtebildner Magnesium, Calcium ebenfalls die Gesamthärte bestimmen, welche zwischen 1987 und 1990 ungefähr konstant geblieben ist.

### 6.3.9 Gesamtbeurteilung der Qualität des Grundwassers

In keiner der 11 untersuchten Proben konnten Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und leichtflüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffe nachgewiesen werden.

Die festgestellten Mengen an Atrazin, Desethylatrazin und Simazin lagen unter dem Toleranzwert von 0.1 µg/l für Trinkwasser. Andere Pestizide wurden keine nachgewiesen.

Eisengehalte traten hin und wieder in den meisten Probenahmestellen, vielfach bei trübem Pumpwasser, auf. Besonders hohe Eisengehalte ergaben sich für die Messstelle MRB51 in der auch Mangan über der Nachweisgrenze festgestellt wurde.

In der folgenden Tabelle sind die Gehalte bzw. Streubereiche von Nitrat, Sulfat, Chlorid, Gesamthärte, Sauerstoffsättigung und Leitfähigkeit gebietsweise zusammengestellt.

Tabelle 6.16 Vergleich einiger Parameter

Grundwasserleiter	Urtenental		Mündungsbereich		Emmental	
	HBB50, HBB51, JEB50, MRB51, USB50, ZAB01, ZAB50	MTB51, MTF01	FRB46, ZAB02	KEB48	KEB50	Wasserversorgung Vennersmühle
Gebiet	Hauptgrundwasserleiter	Mattstettenmoos	direkt neben der Urtenen		Fraubrunnenwald	Rumiwald
Nitrat	41.6 - 53.7	22.0	35.5 - 42.5	39.0	23.3	22.6
Sulfat	18.2 - 26.3	14.3 - 15.0	24.2 - 27.0	19.3	15.0	13.9
Chlorid	16.0 - 19.3	6.3 - 7.0	19.2 - 20.0	16.2	10.8	10.3
Gesamthärte	31.9 - 38.2	29.3 - 30.2	35.6 - 35.9	33.8	32.4	31.0
Sauerstoffsättigung	56.4 - 86.8	65.0 - 68.8	30.0 - 37.7	66.3	62.3	-
Leitfähigkeit	568.7 - 678.5	502.0 - 523.0	634.0 - 634.5	596.8	559.8	560.0

Auf die gebietsspezifischen Eigenheiten der einzelnen Parameter wurde grösstenteils bereits in Abschnitt 6.3.2 eingegangen.

Im Hauptgrundwasserleiter des Urtenentals und im Mündungsgebiet in den Messstellen direkt neben der Urtenen fallen die hohen Nitratwerte auf. Aber auch die Sulfat- und Chloridgehalte sind relativ hoch.

Im Gebiet Mattstettenmoos ist die Grundwasserqualität nicht zu beanstanden und entspricht ungefähr derjenigen des Emmentals.

Die Messstellen direkt neben der Urtenen weisen eine besonders kleine Sauerstoffsättigung auf. Die übrigen Parameter sind mehr oder weniger erhöht. Dies bestätigt die beschriebene Belastung des Urtenenwassers.

Den hohen Nitratwerten im Grundwasser des Urtenentals und der Qualität des Urtenenwassers muss besondere Beachtung geschenkt werden.

Obwohl im Vergleich zur Grundwassermenge im Emmental (bei Kirchberg ca. 2000 l/s) der Zufluss aus dem Urtenental mit ungefähr 400 l/s eher gering ist, darf vor allem die qualitative Beeinträchtigung der linken Flanke des Emmentalgrundwasserstroms nicht ausser Acht gelassen werden.

## 7 NUTZUNGS- UND SCHUTZKONZEPT (R.V. Blau)

### 7.1 Grundlagen für die künftige Trinkwassergewinnung aus dem Grundwasser

Grundwasservorkommen und Quellen, die ihnen entspringen, decken heute im Kanton Bern über 98 % des Trink- und Brauchwasserbedarfes. Gesamtschweizerisch gesehen sind es 82 %; davon müssen 46 % nicht, 40 % nur einstufig aufbereitet werden, wobei es sich dabei oft nur um eine vorbeugende Massnahme handelt, um bei Betriebsstörungen und Unfällen eine Verkeimung in den Leitungsnetzen zu verhindern [57]. Zunehmend haben wir in der Schweiz Schwierigkeiten, eine hygienisch einwandfreie, preisgünstige Trinkwasserversorgung sicherzustellen, weil immer mehr chemische Schadstoffe — vor allem Nitrate, Pflanzenschutzmittel, leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe — unser Grundwasser qualitativ beeinträchtigen. Dies ist eine Folge unseres in erster Linie auf wirtschaftlichen Erfolg ausgerichteten Denkens und Handelns sowie des fehlenden Willens, uns für den Schutz dieses kostbaren Gutes einzusetzen. Ein Überdenken der Lage ist dringend nötig, eine wirksame Schutzstrategie ist zu entwickeln, die für alle in irgendeiner Form Betroffenen handlungsanweisend werden muss.

Für die meisten Gewässerschutz-Fachleute steht heute fest: **Das schweizerische Schutz-zonenkonzept von 1977/82 [36] kann nicht verhindern, dass chemische Schadstoffe das Grundwasser beeinträchtigen. Künftig müssen neben den Schutz-zonen auch die ganzen Zuströmbereiche besser geschützt werden [37, 38, 39, 40]. Die wichtigsten, unbedingt notwendigen Schutzmassnahmen in den Zuströmbereichen:**

- Die landwirtschaftliche Nutzung des Landes ist ordnungsgemäss und umweltgerecht zu betreiben, damit weder Dünger noch andere Hilfsstoffe in Mengen ausgeschwemmt werden, die das Grundwasser beeinträchtigen.
- Anlagen, in denen wassergefährdende Stoffe hergestellt, gelagert, umgeschlagen oder verwendet werden, müssen besser gesichert, unterhalten und überwacht werden. Es wird noch diskutiert werden müssen, ob nicht einzelne Produktionszweige einzuschränken oder zu verbieten sind.
- Die Inhaber dieser Anlagen wie auch die Betreiber von Verkehrswegen haben zudem geeignete Überwachungs- und Alarmanlagen einzurichten und zu unterhalten, Einsatzpläne für den Störfall aufzustellen und dafür zu sorgen, dass ein effizientes Eingreifen zu jedem Zeitpunkt möglich ist. Dies im Sinne der eidgenössischen Störfallverordnung [50, 51, 52].

Dies wird von den verantwortlichen kantonalen Amtsstellen, vor allem aber von Gemeinden und Wasserversorgungen ein Umdenken und gewaltige Anstrengungen erfordern. Dessen war sich die Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern bewusst, als sie in ihrem **Leitbild 1994** festhielt [41]:

"Die Versorgung der Bevölkerung mit einwandfreiem Trinkwasser ist in normalen Zeiten und in Notlagen sicherzustellen, indem

- die nutzbaren Grundwasservorkommen in Menge und Qualität erhalten werden,
- in Zusammenarbeit mit den Trägern der Wasserversorgung regionale Nutzungskonzepte und Wasserversorgungspläne erstellt und umgesetzt werden,
- die Planung der Wasserversorgung in Notlagen vorangetrieben wird."

Dass dieser Entscheid politisch brisant ist, liegt auf der Hand. Die zahlreichen Interessenkollisionen, die sich ergeben zwischen einem wirksamen Grundwasserschutz und der Nutzung des Landes durch Landwirtschaft, Siedlungen, Gewerbe, Industrie und Verkehr sind offensichtlich. **Das Wasser- und Energiewirtschaftsamt ist daher von der Bau-, Verkehrs- und Energie Direktion beauftragt worden, gemeinsam mit dem Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft, mit Regionalplanungsverbänden, Gemeinden und Wasserversorgungen Nutzungs- und Schutzkonzepte zu entwickeln.**

Die Nutzungskonzepte müssen sich nach dem künftigen regionalen, allenfalls dem überregionalen Wasserbedarf richten. Das bereits vorhandene oder mögliche Gefahrenpotential für die einzelnen Fassungsgebiete ist mit in die Überlegungen einzubeziehen. Grundsätzlich gilt: Die übrigen bestehenden und künftig möglichen Nutzungen des Landes sind so wenig als möglich einzuschränken.

## 7.2 Grundwassernutzung und Grundwasserschutz

### 7.2.1 Öffentliche Grundwasserfassungen

Aus dem Hauptgrundwasserleiter des Urtenentales zwischen Urtenen-Schönbühl und Kernenried/Zauggenried wird lediglich in der Grundwasserfassung **Mattstettenmoos der Wasserverbund Grauholz AG (WAGRA)** Trinkwasser für die öffentliche Versorgung gewonnen (Lage vgl. Beilagen 1 und 2, MTF01, WEA Nr. 606/208.039). Die konzessionierte Leistung beträgt 3000 l/min. Die Qualität des geförderten Wassers ist in Abschnitt 6.3 beschrieben. Es erfüllt alle Qualitätsansprüche an Trinkwasser [29]. Eine Schutzzone ist rechtsgültig ausgeschieden [36, 58].

Die Fassungen der öffentlichen Trink- und Brauchwasserversorgung der Gemeinden Münchenbuchsee und Moosseedorf fördern Wasser aus lokalen kleinern Grundwasservorkommen, welche nicht oder nicht direkt mit dem Hauptgrundwasserleiter verbunden sind.

Die Grundwasserfassungen Mattstettenmoos, Moosseedorf und Münchenbuchsee versorgen vor allem den oberen Teil des Urtenentals mit Trink- und Brauchwasser. Der untere Teil bis hinauf nach Münchringen und Jegenstorf wird versorgt vom **Gemeindeverband Vennersmühle Wasserversorgung**. Dieser besitzt mit den Grundwasserfassungen im **Fraubrunnenwald** und in Altwyden (nördlich der Emme; vgl. Beilage 2) sowie mit der Quell- und der Grundwasserfassung in Rüderswil [oberes Emmental, 48] genügend Wasserbezugsorte, die auf Jahrzehnte eine güte- und mengenmässig einwandfreie Versorgung sicherstellen sollten.

Die beiden Fassungen der Vennersmühle-Wasserversorgung im Fraubrunnen-Rüetligenwald liegen unmittelbar unterhalb des Mündungsbereiches des Urtenental-Grundwasserstromes. Die konzessionierte Entnahmemenge beträgt total 8000 l/min. Die rechtsgültig ausgeschiedene Schutzzone reicht bis hinauf nach Kernenried/Zauggenried. Bei den gegenwärtigen Grundwasserständen und Strömungsverhältnissen sowie wegen der geringen mittleren Entnahmemenge (1995: 53 l/min; 1994: 167 l/min) werden diese Fassungen durch das mit Nitrat belastete Urtenental-Grundwasser nicht schwerwiegend beeinflusst.

### 7.2.2 Mögliche Gefahren für die Grundwasserqualität

#### Landwirtschaftszone

Mehr als 50 % der Böden (Braun- und Parabraunerden) über dem Hauptgrundwasserleiter des Urtenentales und in seinen Einzugsgebieten werden landwirtschaftlich intensiv genutzt. Angebaut werden vor allem Getreide, Mais, Kartoffeln, Rüben und Raps sowie Kunstwiesen. Auf eine ha Nutzfläche entfallen im Mittel nur 1,8 Düngergrossvieheinheiten (das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer lässt 3 DGVE zu; vgl. 1.1). Von den verwendeten wassergefährdenden Stoffen, wie Pflanzenbehandlungsmittel, Hof- und Kunstdünger, **beeinträchtigt einzig das aus den Düngern stammende Nitrat (NO<sub>3</sub>) das Grundwasser grossräumig und stark** (vgl. 6.3.2, 6 und 7). Die räumliche Nitratverteilung im Grundwasser zeigt für die Jahre 1987 bis 1993 im zentralen Bereich des Hauptgrundwasserleiters eine relativ schmale Zone mit Mittelwerten zwischen 30 und 45 mg/l, am westlichen Rand und bei Hindelbank liegen diese zwischen 37 und 70 mg/l. Das heisst: Das Grundwasser weist im allgemeinen nicht mehr Trinkwasser-Qualität auf (Qualitätsziel kleiner 25 mg/l [29]; Toleranzwert, Höchstkonzentration bei dessen Ueberschreitung das Trinkwasser als verunreinigt gilt, 40 mg/l [30]). Einzig südöst-

lich Mattstetten und im Grenzbereich zum Grundwasserstrom des unteren Emmentales liegen die Mittelwerte unter 25 mg/l.

Die Agrarstrategie 2000 des Kantons Bern [45] strebt für das Jahr 2000 vorwiegend **Integrierte Produktion** [IP; 46, 47] an. BALMER [15, 16, 42] hat daher untersucht, wie weit die Vorschriften der IP mithelfen können, die Nitratproblematik zu lösen, welche Schlüsse für einen verbesserten Schutz und eine optimale Bewirtschaftung des Grundwassers im Urtenental zu ziehen sind. Er konnte zeigen: Die verschiedenen in der IP vorgesehenen Bewirtschaftungsänderungen — z.B. weniger Fruchtfolgeflächen, dafür mehr Dauergrünland nutzen; zusätzlich ökologische Ausgleichsflächen ausscheiden — verringern bei gleichbleibenden klimatischen Verhältnissen bis ins Jahr 2000 den die Grundwasserqualität beeinträchtigenden Stickstoffverlust unter Ackerland um maximal 20 %, unter Dauergrünland um 5 bis 10 %. Eine weitergehende Senkung darf nicht erwartet werden.

Obwohl das Reduktionspotential der IP auf den ersten Blick gering erscheint, ist die in der Agrarstrategie 2000 des Kantons vorgesehene flächendeckende Verbreitung bis ins Jahr 2000 unbedingt voranzutreiben. Verbunden mit weitergehenden Massnahmen, (z.B. — extensivere Nutzung des Bodens in Schutzzonen und Zuströmbereichen von Trinkwasser-Fassungen; — Förderung des Bio-Landbaus [45]) kann die IP ein **ökonomisch tragbarer erster Schritt sein, die Qualität des Grundwassers soweit zu verbessern, dass es den Anforderungen an Trinkwasser wieder genügt [29].**

#### **Siedlungsgebiete**

Über dem Hauptgrundwasserleiter liegen teilweise oder ganz die dicht besiedelten Ortschaften Urtenen-Schönbühl, Mattstetten, Hindelbank, Münchringen, Kernenried und Zauggenried. In seinem Einzugsgebiet finden sich weitere grössere Dörfer wie z.B. Münchenbuchsee, Moosseedorf, Bärswil und Jegenstorf.

**In allen Siedlungsgebieten herrschen Wohnbauten vor, daneben finden sich wenige Dienstleistungs-, Gewerbe- und Industriebauten. Nur einzelne Gewerbe- und Industriebetriebe könnten bei einem Störfall das Grundwasser in mittlerem oder grossem Ausmasse beeinträchtigen [43].** Im Altlastkataster [44] werden verschiedene Verdachtsflächen aufgeführt, d.h. bestehende oder ehemalige Industrie- sowie Gewerbestandorte und Lagerplätze unter denen grundwassergefährdende Altlasten verborgen sein könnten. Für einzelne werden dringliche Untersuchungen gefordert, für andere ist eine vertiefte Abklärung nötig, wenn das Land umgenutzt wird.

Die Abwässer werden in den Kläranlagen Holzmühle, nordwestlich Hindelbank, (ARA-Verband Moossee-Urtenenbach) oder Aefligen (ARA Region Burgdorf-Fraubrunnen) gereinigt. Der Zustand der Kanalisationen ist im allgemeinen nicht bekannt. Mehrere Gemeinden planen heute im Rahmen der Erarbeitung ihres generellen Entwässerungsplanes (GEP) mit Kanal-Fernsehen zu prüfen, ob die Abwasserleitungen Risse, Brüche, Korrosionen oder anderweitige Schäden aufweisen. Diese Aufnahmen bilden eine wichtige Grundlage, um die Werterhaltung der Anlagen sicherzustellen und um eine allfällige Belastung des Grundwasser durch versickernde Abwässer zu vermeiden.

**Die gereinigten Abwässer der ARA Holzmühle beeinträchtigen die Qualität der Urtenen** (vgl. Fig. 6.11 und 12). Untersuchungen in den Jahren 1987 bis 1991 haben gezeigt, dass z.B. der Stickstoffgehalt in der Urtenen im Mittel um 3 mg N/l ansteigt [13]. Seit der Stilllegung der Hefefabrik Hindelbank in den Jahren 1994/95 wird die ARA entscheidend geringer belastet. Der vorher geplante massive Ausbau erübrigt sich. Die Leistungsfähigkeit der Anlage wird gegenwärtig überprüft, Optimierungsversuche laufen. Der Schlussbericht wird Mitte 1996 vorliegen. Auf die in Erwägung gezogene Denitrifikation soll verzichtet werden, unter anderem weil die Grundwasserspeisung durch die Urtenen (Infiltration) klein ist (vgl. Abschnitte 3.5.2 und 3).

## **Verkehrsachsen**

Über dem Hauptgrundwasserleiter finden sich Abschnitte der Nationalstrasse N1 Bern-Zürich, der Kantonsstrassen von Urtenen-Schönbühl nach Kirchberg und nach Jegenstorf, von verschiedenen Gemeindestrassen, der SBB Bahnlinie Bern-Burgdorf, der im Bau befindlichen SBB Bahn 2000 Bern-Zürich sowie der Bahnlinie des Regionalverkehrs Bern-Solothurn (RBS). Unfälle mit Strassen- und Bahn-Zisternenwagen, in denen wassergefährdende Flüssigkeiten transportiert werden, wie auch versickernde Abwässer von Strassen und Bahnlinien können das Grundwasser gütemässig mehr oder weniger gefährden. Die Störfallverordnung (StfV) von 1991 [50] fordert heute von den Inhabern der Verkehrswege, dass die Risiken für Bevölkerung und Umwelt ermittelt und wenn nötig die geeigneten Massnahmen getroffen werden, um sie zu verringern. Das Handbuch III zur StfV [52] legt dar, dass vorerst ein Kurzbericht zu erstellen ist, gestützt auf den die Behörde dann entscheidet, ob eine umfassende Risikoermittlung verlangt werden muss, die aufzuzeigen hat, ob das Risiko tragbar ist oder ob zusätzliche Sicherheitsmassnahmen verfügt werden müssen.

Kurzberichte liegen heute vor für die N1 [53], die SBB-Linie Bern-Burgdorf [54] und die RBS-Linie [55]. Das zuständige Kantonale Laboratorium (Abt. Umweltschutz und Gifte) hat im Frühjahr 1996 noch nicht entschieden, ob für einzelne Anlagen eine Risikoermittlung gefordert werden muss.

Die Kurzberichte zeigen folgendes Bild:

### **Nationalstrasse N1 [53]**

Von Strassenkilometer 7,7 bis 8,1 südöstlich Mattstetten grenzt die N1 an die rechtsgültige Schutzzone der WAGRA Grundwasserfassung. Der Schutzzonenbericht [58] zeigt: Bei einer Entnahme von 3500 l/min liegt die untere Kulmination des Grundwassers nordwestlich der Strasse, d.h. Grundwasser strömt auch unter der Strasse durch zur Fassung. Der Grundwasserspiegel liegt in ung. 30 m Tiefe. Südlich der Fassung liegt über dem von der WAGRA genutzten Grundwasserleiter ein höheres Grundwasserstockwerk, das diesen schützt. Ob dies im Bereich der N1 auch der Fall ist, wissen wir nicht.

Da das Schutzzonenverfahren erst Ende 1993 abgeschlossen worden ist, wird dieses im Kurzbericht nicht erwähnt. Die Strasse verfügt bis zu km 8,0 nur auf der Nordseite über eine Leitschranke; sie wird über eine Kanalisation in die Urtenen entwässert. Ob die Fassung bei einem Unfall mit einer Strassenzisterne gefährdet würde, kann nicht beurteilt werden. Die Bedeutung der Grundwasserfassung für die regionale Trinkwasserversorgung erfordert, dass mit den nötigen Untersuchungen diese Unsicherheit ausgeräumt wird.

Von Strassenkilometer 12 bei der ARA Holzmühle bis ung. zu km 15,5, Ausfahrt Kirchberg, führt die Strasse durch den Zuströmbereich [40] der Grundwasserfassungen des Gemeindeverbandes Wasserversorgung Vennersmühle im Fraubrunnen-Rüetligenwald. Unmittelbar vor der Ausfahrt Kirchberg grenzt die rechtsgültige Weitere Schutzzone (S 3) auf einer Länge von ung. 500 m an die Strasse (vgl. Beilage 2). 60 % der Strecke — linker und/oder rechter Rand der Autobahn betrachtet — sind mit Leitplanken oder mit mindestens 1 m hohen Dämmen gegen das "Abirren" von Fahrzeugen geschützt. Die Strecke km 12 bis km 13,543 wird über eine Kanalisation in die Urtenen entwässert, Oelabscheider ist keiner vorhanden; der restliche Strassenabschnitt entwässert in die Emme, drei Oelabscheider sind zwischengeschaltet. Die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Störfalles mit schweren Schädigungen des Grundwassers liegt für diese Strecke bei ung.  $1,75E - 05$ . Die Eintretenswahrscheinlichkeit ist zweifellos klein. Sollte aber ein Strassenzisternen-Zug, beladen z.B. mit leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen, verunfallen und das Ladegut versickern, wären die Fassungen stark gefährdet.

Chemische Schadstoffe können durch die Kanalisationen ungehindert — abgesehen vom Bereich Mattstetten, wo bei km 8,130 ein Oelabscheider zwischengeschaltet ist — in die Urtenen fliessen. Das gleiche gilt auch für die Emme, abgesehen von Mineralölen, die in den verschiedenen Oelabscheidern zurückgehalten werden. Die infiltrierenden Oberflächengewässer könnten daher das Grundwasser im Störfall beeinträchtigen. Die Urtenen gibt nur wenig Wasser in den Untergund ab, die Emme aber speist das Grundwasser im Unteren Emmental mit ung. 1500 l/s [1, 2]. Dies ist beunruhigend.

Mit dem kantonalen Tiefbauamt ist, wie im Kurzbericht vorgeschlagen, die Lage zu besprechen und zu prüfen, wie die Risiken vermindert, wie Alarm- und Bereitschafts-Dispositive aufgebaut und einsatzbereit erhalten werden könnten.

#### **SBB-Linie Bern-Burgdorf [54]**

Über dem Hauptgrundwasserleiter liegt der Streckenabschnitt Schönbühl bis nordöstlich Hindelbank. 56 Güterzüge befahren ihn im Tag, im Jahr werden ung. 0.5 Mio Tonnen gefährlicher Güter befördert (Mineralölanteil 62 bis 78 %). Um das Störfallrisiko herabzusetzen, wird für Güterzüge eine Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h festgelegt.

Die Bahn quert zwei Zuströmbereiche [40]: — **Grundwasserfassungen im Fraubrunnen-Rüetligenwald der Vennersmühle Wasserversorgung.** Auf die Schutzzone wird im Störfallbericht hingewiesen, nicht aber auf die Fassungen und deren Bedeutung für die Trinkwasserversorgung. Sie liegen ausserhalb des betrachteten Fernbereiches von 2 km. Ein Unfall mit einem Zisternenzug, beladen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten würde aber, wie das für die Nationalstrasse erwähnt worden ist, diese Fassungen gefährden, wenn auch die Fliessstrecke zu den Fassungen einige hundert Meter länger ist als bei der N1, damit auch die Zeitspanne für wirkungsvolle Sanierungen grösser. — **Grundwasserfassung Mattstettenmoos der WAGRA.** Die Bahnlinie verläuft unmittelbar nördlich der N1. Für die Bahn ist das Gleiche festzuhalten wie für die Strasse. Dies gilt auch für die neue Bahnlinie Bern-Grauholztunnel-Mattstetten, die Fortsetzung der Bahn 2000 nach Süden. Sie durchquert die Schutzzone südöstlich der Fassung.

Es liegt auf der Hand: Auch mit den SBB sind die Fragen der Risikoverminderung sowie der Alarm- und Bereitschaftsdispositive zu besprechen.

#### **RBS-Linie Bern-Solothurn [55]**

Auf dem Streckenabschnitt Zollikofen-Jegenstorf werden keine Güter transportiert. Die Strecke Jegenstorf-Fraubrunnen verläuft im seitlichen Einzugsgebiet des Hauptgrundwasserleiters, ist, abgesehen vom Dorfbereich Jegenstorf, ung. 1 km von dessen westlichem Rand entfernt (vgl. Beilage 1). Das Grundwasservorkommen kann im Störfall kaum beeinträchtigt werden.

#### **Abschliessend noch einige Worte zur SBB Bahn 2000, Linie Bern-Zürich**

Der Abschnitt Mattstetten-Koppigen ist im Frühjahr 1996 vom eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement zum Bau frei gegeben worden. Das Projekt sieht auch hier vor, dass unter den Geleisen eine bituminöse Heissmischtragschicht (HMT) eingebracht wird, die aufwuchshemmend für das Unkraut wirkt, das langfristig die Stabilität der Geleise beeinträchtigen würde. Damit kann die zur Unkrautvertilgung nötige Herbizidmenge noch einmal verringert werden, wie dies bereits die eidgenössischen Verordnung über umweltgefährdende Stoffe von 1986 [56] forderte.

Das auf der HMT sich sammelnde Wasser, wird vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und den SBB als Sauberwasser im Sinne des Gewässerschutzgesetzes von 1991 (vgl. 1.1) gewertet, muss daher versickert werden. Ein Sickerschacht ist z.B. vorgesehen bei der ARA Holzmühle, im Zuströmbereich der Fassungen der Vennersmühle Wasserversorgung. Die SBB haben sowohl das Verhalten des heute allein eingesetzten

Blattherbizides Round-up mit dem Wirkstoff Glyphosat im Untergrund untersuchen wie auch Sickerwässer analysieren lassen. Die beobachteten Abbau- und Adsorptionsmechanismen des Herbizides zeigen, dass eine Gefährdung von Trinkwasser kaum zu befürchten ist, wenn auch noch einige Widersprüche bestehen. Die in einem Sickerwasser festgestellten Gehalte an gelöstem Kohlenstoff (DOC), Blei (Pb), Kupfer (Cu) und Eisen (Fe) liegen aber z.T. massiv über den Qualitätszielen und Toleranzwerten für Trinkwasser [29, 30] sowie über den heute von verschiedenen Arbeitsgruppen des BUWAL diskutierten Qualitätszielen und Interventionswerten für Grundwasser. Das Argument, die festgestellten Gehalte seien niedriger als die in der Verordnung über Abwassereinleitungen [35] aufgeführten, vermag nicht zu überzeugen. Die Verordnung regelt das Einleiten in ein Oberflächengewässer, für das Versickern ins Grundwasser müssen andere Massstäbe angelegt werden. Der ganze Fragenkomplex "Einleiten der Bahnsickerwässer ins Grundwasser" muss daher noch einmal von SBB, Gewässerschutz-Fachstelle und Wasserversorgungen besprochen werden, eine Überwachung der Grundwasserqualität unterstrom von wichtigen Sickerstellen wird, wenigstens für einige Jahre, unumgänglich sein.

### Altlasten

Der Altlastkataster [44] zeigt:

- Über dem Hauptgrundwasserleiter sind im Laufe der Zeit 25 Deponien betrieben worden. Einzelne sind heute noch nicht ganz aufgefüllt und rekultiviert. In 12 Gruben sind nur Aushub- und Ausbruchmaterialien sowie Bauschutt, in 11 weiteren zudem auch noch Siedlungsabfälle abgelagert worden. Einzig in 2 Deponien im Grenzbereich der Urtenental/Emmental-Grundwasserströme finden sich ausserdem auch noch Sonderabfälle, vor allem Schwermetalle. Vom zu schützenden Grundwasser her gesehen, sind die 2 Deponien mit Sonderabfällen in der Gemeinde Lyssach vordringlich eingehender zu untersuchen, für 11 weitere, sie liegen in den Gemeinden Hindelbank, Kernenried, Lyssach und Münchringen, sind zusätzliche Abklärungen erforderlich, um den Gefährdungsgrad zuverlässig abschätzen zu können. Für 4 weitere Ablagerungen werden Untersuchungen nötig werden, wenn der Boden umgenutzt wird.
- Im Einzugsgebiet des Grundwasservorkommens finden sich 15 meist aufgelassene Deponien, die ein Grundwasservorkommen beeinträchtigen könnten. In 14 sind neben Aushubmaterialien und Bauschutt auch Siedlungsabfälle eingelagert, in einer einzigen finden sich auch noch Sonderabfälle. Nur für 3 Ablagerungen (in den Gemeinden Moosseedorf, Diemerswil und Grafenried) werden zusätzliche Untersuchungen gefordert, um den Gefährdungsgrad zuverlässiger beurteilen zu können. Bei allen andern sind weitere Abklärungen erst nötig, wenn der Boden umgenutzt werden sollte.

### 7.2.3 Nutzbares Grundwasserdargebot

Das in einem Grundwasserleiter fliessende Wasser kann nie voll genutzt werden. Verschiedene Gründe sind dafür verantwortlich, z.B.

- **Ökologische Forderungen:** — Die Erträge land- und forstwirtschaftlicher Kulturen können sinken, es sind auch grössere Einbussen möglich, Biotope werden geschädigt, wenn die Grundwasserspiegel zu tief absinken. — Die Restwassermengen in den Flüssen müssen gewährleistet bleiben, damit Fauna und Flora nicht Schäden erleiden (GschG 1991; vgl. 1.1); das Emme/Urtenensystem ist sehr empfindlich.
- **Bestehende Rechte:** — Quell- und Grundwassernutzungen, Fischenzen usw. dürfen nicht beeinträchtigt werden. — Die Hoheitsrechte des Nachbarkantons am Grundwasser sind zu respektieren.
- **Einschränkungen der Landnutzung, die wirtschaftlich für eine Region nicht tragbar sind:** Oben ist dargelegt worden, dass wir künftig auch die ganzen Zuströmbereiche der Grundwasserfassungen schützen müssen, wenn wir unsere Wasserversorgung langfristig sicherstellen wollen. Umnutzungen müssen unter Umständen gefordert werden, Verbote sind auszusprechen, die geplante Entwicklung kann schwerwiegend gehemmt werden.

- **Beeinträchtigte Grundwasserqualität:** Altlasten, die mit einem vertretbaren Aufwand nicht zu sanieren sind, ausgedehnte Verschmutzungen, hervorgerufen z.B. durch die landwirtschaftliche Nutzung, können die Nutzungsmöglichkeiten mittel- oder langfristig einschränken.

Der Anteil am strömenden Grundwasser, der für die Versorgung gewonnen werden kann, das sogenannte "nutzbare Grundwasserdargebot", ist regional gesehen unterschiedlich gross und kann sich im Laufe der Zeit auch ändern. Welche Grundwassermenge genutzt werden kann, hängt ab von der momentanen Gewichtung der einzelnen Faktoren in der Region, vom Deckungsgrad der Versorgung, von der Entwicklung der Wasserqualität, von der Wechselwirkung Oberflächenwasser - Grundwasser usw.

Wie ist das nutzbare Grundwasserdargebot im Hauptgrundwasserleiter zwischen Urtenen-Schönbühl und dem Emmental zu beurteilen, ausgehend von den Strömungs- und Abflussverhältnissen im Bilanzierungszeitraum 1988/89? Die fließende Grundwassermenge steigt zwischen Urtenen-Schönbühl und Kernenried/Zauggenried von ung. 40 l/s auf 300 bis 400 l/s an (vgl. Fig. 6.4 und 6.5). Mengemässig und fassungstechnisch gesehen könnten im mittleren und unteren Teil des Urtenentales mit Vertikalfilterbrunnen im Jahresmittel 50 bis 100 l/s zusätzlich zur heutigen Nutzung entnommen werden. Wegen der kleinen Grundwassergefälle würden die Entnahmebereiche und damit die zu schützenden Gebiete relativ gross. Die Entnahmen würden sich, abhängig vom Fassungsstandort, mehr oder weniger ausgeprägt auf die Wechselbeziehungen mit der Urtenen und die Grundwasserströmungs-Verhältnisse im angrenzenden unteren Emmental auswirken.

Wie wir gesehen haben, ist gütemässig der grösste Teil dieses Grundwassers heute nicht unmittelbar nutzbar für die Trinkwasserversorgung. Es müsste aufbereitet, d.h. denitrifiziert oder mit weniger belastetem Grundwasser, z.B. aus dem Unteren Emmental, gemischt werden.

### 7.3 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse unserer hydrogeologischen Untersuchungen im Urtenental und im Unteren Emmental [1,2,11] erlauben die 3 wichtigsten Fragen zu beantworten:

**Wie bedeutend ist das Grundwasservorkommen im Urtenental für**

- die Trink- und Brauchwasserversorgung sowie die Wärmeengewinnung,
- die Grundwasserverhältnisse im Unteren Emmental,
- das Ökosystem Urtenental-Emmental?

**7.3.1 Das Grundwasservorkommen im Urtenental ist bedeutend für die regionale Trink- und Brauchwasserversorgung. Neben den bewilligten Entnahmen (konzessionierte Leistung 105 l/s) verfügt es über nutzbare Reserven (50 bis 100 l/s) für einen künftigen Bedarf. Es eignet sich auch für die Wärmeengewinnung mit Grundwasser-Wärmepumpen und für die landwirtschaftliche Bewässerung. Wir müssen es schützen!**

Die Verhältnisse bei der regionalen Trink- und Brauchwasserversorgung haben sich, seitdem wir 1986 die Untersuchungen aufgenommen haben, entscheidend geändert. Der Wasserverbund Region Bern AG konnte die geplanten Grundwasserfassungen in der Belpau im Aaretal südlich Bern bauen, die Grosspumpversuche sind erfolgreich abgeschlossen worden, die Anlagen können in absehbarer Zeit an das Versorgungsnetz angeschlossen werden. Damit wird die Versorgungssicherheit für die ganze Region langfristig gesehen bedeutend verbessert. Die Frage ist daher sicher berechtigt: Benötigen wir das Grundwasservorkommen im Urtenental langfristig gesehen für unsere Wasserversorgung, sind besondere Schutzvorkehrungen überhaupt nötig?

Wie wir gesehen haben, gibt es in den Zuströmbereichen der Fassungen der öffentlichen Versorgungs Vennersmühle und WAGRA mehrere Gefahrenherde, die das genutzte Grundwasser qualitativ beeinträchtigen könnten. Dies gilt natürlich in unserem dicht besiedelten Land für fast alle Grund- und Quellwasserfassungen. Im Kanton Bern mussten bereits mehrere Fassungen aufgegeben werden, weil es mit einem vertretbaren finanziellen Aufwand nicht möglich war, eine Verschmutzung zu sanieren oder, bei zu vielen Interessenkollisionen, sie ausreichend zu schützen. Diese Unsicherheit, mit der wir leben müssen, aber auch das Bestreben des Kantons [41], den Trink- und Brauchwasserbedarf weiterhin vorwiegend mit Grundwasser zu decken, verpflichten uns, ein Grundwasservorkommen wie das des Urtenentales ausreichend zu schützen, damit es jederzeit genutzt werden kann, soweit dadurch nicht andere Interessen zu stark eingeschränkt werden. Die Intensität der Landnutzung im Urtenental lässt sich zweifellos vereinbaren mit einer Grundwasserförderung.

**Betrachten wir die wichtigsten Aufgaben, die an die Hand genommen werden müssen, damit es möglich bleibt, im Urtenental Grundwasser zu nutzen:**

- Die Bemühungen, die Nitratkonzentrationen des Grundwassers 5 bis 10 mg/l unter den Toleranzwert (40 mg/l [29] ) für das Trinkwasser zu senken, müssen fortgesetzt werden, damit die bestehenden Fassungen qualitativ nicht beeinträchtigt werden und eine künftige, weitergehende Trinkwassernutzung möglich wird [13 bis 16, 42, 59, 60]. Das im Sinne der "Agrarstrategie 2000 des Kantons Bern" [45] angestrebte Ziel, flächendeckend integriert zu produzieren, ist weiter zu verfolgen. Nötig sind aber auch weitere flankierende Massnahmen, insbesondere eine extensivere Nutzung des Bodens in einzelnen Bereichen des Talbodens und der Einzugsgebiete. Leider ist wegen des finanziellen Engpasses beim Kanton die ausserordentlich fruchtbare Zusammenarbeit mit den Landwirten der Region nicht mehr in der bisherigen Form gewährleistet. Gewässerschutzamt und Bodenschutzfachstelle werden sich bemühen, das zwischen ihnen und den Landwirten aufgebaute Vertrauensverhältnis zu erhalten, und mit ihnen versuchen, die Nitratauswaschungen zu reduzieren, im Hinblick auf unser aller Ziel, die Erde, die wir von unsern Kindern nur geliehen haben, ordentlich zurückzugeben ("Ich jedenfalls verleihe nie wieder etwas", HORST HAITZINGER [61]).
- Gestützt auf die im Rahmen des Untersuchungsprojektes erarbeiteten hydrogeologischen Grundlagen ist ein Fassungsstandort zu bestimmen, ein Pumpversuch durchzuführen und, ausgehend von den Ergebnissen, ein Schutzareal im Sinne von GschG 1991, Art. 21 (vgl. 1.1) festzulegen. Gleichzeitig ist auch der Zuströmbereich [40] zu bestimmen, unabhängig davon, ob dieser in der seit Jahren erwarteten eidgenössischen Gewässerschutzverordnung verankert worden ist oder nicht. Es geht darum klar zu erkennen, welche bestehenden oder möglichen Gefahrenherde die Fassung beeinträchtigen könnten und sich zu überlegen, wie die Risiken möglichst klein zu halten sind. Einen Zuströmbereich rechtlich zu verankern, ist zudem gestützt auf die heutige Gesetzgebung ohne weiteres möglich. Federführend muss das Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons sein.
- Die rechtsgültig ausgeschiedenen Schutzzonen sind im Lichte der heutigen Vorstellungen über einen ausreichenden Schutz von Grundwasserfassungen auf ihre Tauglichkeit zu überprüfen, Zuströmbereiche sind auszuscheiden. Federführend muss das WEA sein.
- Das Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons muss zusammen mit den Wasserversorgungen versuchen, die verschiedenen qualitativen Risiken ausgehend von Industriebetrieben, Verkehrsachsen, Altlasten usw. möglichst klein zu halten, für Störfälle sind Alarm- und Bereitschaftsdispositive aufzubauen und einsatzbereit zu erhalten.
- Das hydrometrische Messstellennetz, unterhalten vom Wasser- und Energiewirtschaftsamt, ist vom Gewässerschutzamt zu ergänzen durch eine Güteüberwachung des Grundwassers, die auch die bestehenden Gefahrenherde mit berücksichtigt.

**7.3.2 Das Grundwasservorkommen des Urtenentales gehört zum Zuströmbereich [40] im weiteren Sinne des Grundwasserleiters im Unteren Emmental, der heute von verschiedenen Trink- und Brauchwasserversorgungen, aber auch für die Wärme Gewinnung und für die landwirtschaftliche Bewässerung intensiv genutzt wird. Wir müssen es schützen!**

Gefährdet sind vor allem die Grundwasserfassungen der Wasserversorgung Gemeindeverband Vennersmühle im Fraubrunnen-Rüetligewald. Da 1994/95 im Mittel nur 1 bis 2 % der konzessionierten Leistung abgepumpt worden sind (vgl. 7.2.1), ist es nicht verwunderlich, dass die Nitratbelastung des Urtenentalgrundwassers sich nicht bemerkbar macht. Das geförderte Wasser stammt zum grössten Teil aus dem Emmental-Grundwasserstrom. Wenn zeitweilig die konzessionierte Leistung von 8000 l/min abgepumpt würde, muss befürchtet werden, dass Nitrat oder eine andere Verschmutzung im Urtenental-Grundwasser die Qualität des geförderten Wassers beeinträchtigen würde. Der Zuströmbereich, der hinaufreicht bis Holzmühle-Hindelbank, muss, wie oben erwähnt, geschützt werden.

**7.3.3 Das Urtenental-Grundwasser ist ein Glied des erhaltenswerten, reichhaltigen Ökosystems Urtenen-Emme. Wir sind verpflichtet es zu schützen!**

Wie leicht verletzbar dieses Ökosystem ist, haben verschiedene Untersuchungen und Beobachtungen in den letzten Jahren deutlich gezeigt. Ein Beispiel: Ein Tieferlegen der Urtenensohle um 1 m würde z.B. den Abfluss der Emme und der reizvollen Quellbäche um das Wasserschloss Landshut verringern, damit auch Flora und Fauna mindestens zeitweilig beeinträchtigen [1,2,11].

**Die Amtstellen, die Wasserversorgungen, die Gemeinden und die Bürger werden durch diese anspruchsvollen Aufgaben gefordert. Das kostbare Gut Grundwasser, unser Trinkwasser, und das reichhaltige, erhaltenswerte Ökosystem Urtenen-Emme lohnen den Einsatz!**

#### **7.4 Datenbank**

Alle im Rahmen dieser Untersuchungen gewonnenen Daten (Höhe der Grundwasserspiegel, Lage des Grundwasserstauers, Durchlässigkeiten des Grundwasserleiters, Chemismus des Grundwassers usw.) werden wie auch das numerische Grundwassermodell (2-dimensional, horizontal-eben, finite Elemente; gekoppelt mit dem des Unteren Emmentals) in das Wasserwirtschaftliche Informationssystem des Kantons Bern (WAWIS) integriert. Sie stehen allen Interessierten zur Verfügung.

## LITERATURVERZEICHNIS

- [1] BLAU, R.V., EGGEN, B., MUCHENBERGER, F., WANNER, J., WERNER, A. [1981]: Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern, Hydrogeologie Emmental, Teil III: Unteres Emmental. - Bern (WEA).
- [2] BLAU, R.V., TRÜEB, E., FISCH, W., WERNER, A., HUFSCHMIED, P. [1983]: Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern, Hydrogeologie Emmental, Teil IV: Modellstudie zur Bestimmung des Grundwasserdargebots im Testgebiet Emmental; erarbeitet im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes Wasserhaushalt. - Bern (WEA).
- [3] WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSAMT DES KANTONS BERN [jährlich]: Hydrographisches Jahrbuch des Kantons Bern. - Bern (WEA).
- [4] SCHWEIZERISCHE METEOROLOGISCHE ANSTALT [monatlich]: Monatstabellen der meteorologischen Stationen der Schweiz.- Zürich (SMA).
- [5] BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (BUWAL) [jährlich]: Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz. - Bern (Landeshydrologie und -geologie).
- [6] INGENIEUR- UND STUDIENBUERO ALFRED WERNER, BURGDORF [1989]: Neubau Sumpf, Hydrogeologische Untersuchungen, erarbeitet im Auftrag der Hefefabriken AG, Hindelbank. - Nicht veröffentlicht.
- [7] INGENIEUR- UND STUDIENBUERO A. WERNER AG, BURGDORF [1991]: Hydrogeologische Untersuchungen im bestehenden Fabrikareal, erarbeitet im Auftrag der Hefefabriken AG, Hindelbank. - Nicht veröffentlicht.
- [8] KELLERHALS, P., HAEFELI, CH. [1988]: SBB Grauholzlinie Bern/Löchligut - Erschliessung von Ersatzwasser für die Quellen bei Mattstetten. - Nicht veröffentlicht.
- [9] GEOTECHNISCHES INSTITUT AG, BERN [1987]: SBB Bahn 2000, Neue Linie Mattstetten Rothrist, Hydrogeologie Emmequerung: Grundwassermodellstudie. - Nicht veröffentlicht.
- [10] MÜLLER, I. [1983]: Field Measurements in Geomechanics. Anisotropic Properties of Rocks detected with Electromagnetic VLF Measurements. - International Symposium on Field-Measurements in Geomechanics, Zurich, Sept. 5-8.
- [11] BLAU, R.V., MUCHENBERGER, F., TRÜEB, E., WERNER, A., WUERSTEN, M. [1984]: Quantitative Erkundung von Lockergesteins-Grundwasserleitern am Beispiel Emmental; Handbuch, erarbeitet im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes Wasserhaushalt. - Gas Wasser Abwasser 64/5: 249-388.
- [12] HUFSCHMIED, P. [1983]: Die Ermittlung der Durchlässigkeit von Lockergesteins-Grundwasserleitern, eine vergleichende Untersuchung verschiedener Feldmethoden. - Diss. ETH - Zürich Nr. 7397; in [2].
- [13] BALMER, W. [1992]: Nitratbelastung des Grundwassers im Urtenental: Ursachen-Wirkungen-Verbesserungsvorschläge, Zwischenbericht 1991/92. - Uni Bern/WEA. - Nicht veröffentlicht.

- [14] BALMER, W. [1993]: Nitratbelastung des Grundwassers im Urtenental: Ursachen-Wirkungen-Verbesserungsvorschläge, Zwischenbericht 1993. - Uni Bern/WEA. - Nicht veröffentlicht.
- [15] BALMER, W. [in Vorbereitung]: Nitratbelastung des Grundwassers im Urtenental: Stickstoffbilanzen, Transportmodellierung, Prognose. - Dissertation Uni Bern.
- [16] BALMER, W. [1993]: Nitratbelastung des Grundwassers im Urtenental. - Gas Wasser Abwasser 93/12: 958-970.
- [17] BIGLER, R., BLAU, R.V., WERNER, A., [1988]: Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern, Hydrogeologie Urtenental, Zwischenbericht 1987. - Bern (WEA).
- [18] BIGLER, R., BLAU, R.V., WERNER, A., [1989]: Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern, Hydrogeologie Urtenental, Zwischenbericht 1988. - Bern (WEA).
- [19] KOLL, J. & MÜLLER, I. [1989]: Elektromagnetische Very Low Frequency-Resistivity-(VLF-R) - Prospektion zur Erkundung von Grundwasserleitern im paläozoischen Mittelgebirge am Beispiel des Oberharzes. - Steir. Beiträge zur Hydrogeologie 40, 103-122. - Graz.
- [20] MÜLLER, I. [1989]: Rapport sur la prospection géophysique sismique réflexion (Auftraggeber: WEA). - Nicht veröffentlicht.
- [21] GERBER, ED. (1950): Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25000. Blatt 22: Fraubrunnen-Wynigen-Hindelbank- Burgdorf. - Bern (Kümmerly & Frey AG).
- [22] SEVRUK, B. [1981]: Methodische Untersuchungen des systematischen Messfehlers der Hellmann-Regenmesser im Sommerhalbjahr in der Schweiz.- Mitt. VAW 52, ETH-Zürich.
- [23] PENMAN, H.L. [1948]: Natural evaporation from open water, bare soil and grass. - Proc. Roy. Soc. London Ser. A, 193.
- [24] BUNDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (BUS) [1982]: Handbuch für die Abflussmengenmessung. Mitteilung Nr. 4.- Bern (Landeshydrologie).
- [25] MUCHENBERGER, F. [1979]: Abflussmessungen in Oberflächengewässern für Grundwasserbilanzierungen.- Gas Wasser Abwasser 59/9: 401-407.
- [26] HOERLER, A. [1966]: Kanalisation. - In Ingenieur Handbuch II. - Zürich (Schweizer Verlagshaus).
- [27] DARCY, H.P.G. [1856]: Les fontaines publiques de la ville de Dijon. - Paris (Victor Dalmont).
- [28] TRÖSCH, J. [1975]: Numerische Simulation Dupuit'scher Grundwasserströmungen.- Mitt. VAW 14 und 15, ETH Zürich.
- [29] Eidg. Lebensmittelbuch-Kommission [1985, Nachtrag 1988]: Schweizerisches Lebensmittelbuch, Kapitel 27: Trinkwasser und Mineralwasser. - Bern (EDMZ).

- [30] EIDG. DEPARTEMENT DES INNERN [1995]: Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln. - Bern (EDMZ).
- [31] ROHMANN, U. & SONTHEIMER, H. [1985]: Nitrat im Grundwasser. - Karlsruhe (DVGW Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität).
- [32] KERNDORFF, H. et al [1985]: Erfassung grundwassergefährdender Altablagerungen. Ergebnisse hydrogeochemischer Untersuchungen. - Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes Berlin (WaBoLu-Hefte 5/1985).
- [33] KOCH, R. [1989]: Umweltchemikalien, physikalisch-chemische Daten, Toxizitäten, Grenz- und Richtwerte. - Basel (VCH).
- [34] KUMMERT, R. & STUMM, W. [1989]: Gewässer als Oekosystem, Grundlagen des Gewässerschutzes. 2. überarbeitete Auflage. - Zürich (VDF).
- [35] SCHWEIZ. BUNDESRAT [1975, Stand 1. Oktober 1991]: Verordnung über Abwasser-einleitungen. - Bern (EDMZ).
- [36] BUNDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ [1977/82]: Wegleitung zur Ausscheidung von Gewässerschutzbereichen, Grundwasserschutzzonen und Grundwasserschutzzonen. - Bern (BUS).
- [37] BLAU, R.V. [1992]: Nutzungs -und Schutzkonzepte, Grundlagen für die Trinkwassergewinnung aus Grundwasservorkommen. - Gas Wasser Abwasser 4/92: 248-252.
- [38] DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES [1995]: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, 1. Teil Schutzgebiete für Grundwasser; Arbeitsblatt W 101, - Bonn (DVGW).
- [39] HARTMANN, D. & MICHEL, P. [1992]: Grundwasserschutz in der Schweiz. - Gas Wasser Abwasser 3/93, 167-173.
- [40] HOEHN, E. et al [1994]: Der Zuströmbereich als Element eines zeitgemässen Grundwasserschutzes. - Gas Wasser Abwasser 3/94, 187 - 193.
- [41] BVE [1994]: Leitbild der Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern. - Bern (BVE).
- [42] BALMER, W. [1995]: Nitratbelastung des Grundwassers im Urtenental 1987 bis 1993 - Ist die Integrierte Produktion eine Sanierungsmöglichkeit? - Eclogae geol. helv. 88,2: 435 - 449.
- [43] KANTONALES LABORATORIUM BERN [1995]: Geographischer Chemie-Risikokataster. - Bern (Kant. Laboratorium). - Nicht veröffentlicht; alle Angaben unterstehen dem Amtsgeheimnis.
- [44] AMT FÜR GEWÄSSERSCHUTZ UND ABFALLWIRTSCHAFT [1995]: Altlasten- und Verdachtsflächenkataster des Kantons Bern (1:10'000), Blätter 1146.2 und 4; 1147.1 und 3; mit Erhebungs- und Beurteilungsberichten für die einzelnen Gemeinden.- Bern (Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern. - Nicht veröffentlicht; nur für dienstlichen Gebrauch.

- [45] REGIERUNGSRAT DES KANTONS BERN [1994]: Bernische Agrarstrategie 2000. - Bericht des Regierungsrates vom 12. Januar 1994.
- [46] SCHWEIZ. VEREINIGUNG INTEGRIERT PRODUZIERENDER BÄUERINNEN UND BAUERN [1993]: Richtlinien für die Integrierte Produktion.
- [47] BUNDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT [1996]: Weisungen über die Mindestanforderungen für die Anerkennung von Regeln der Integrierten Produktion im Feldbau. - id. in den Spezialkulturen (Reben, Obst, Beeren, Gemüse, Heil- und Gewürzpflanzen). - Bern (BLW).
- [48] BLAU, R.V., HUONDER, N. & WERNER, A. [1975]: Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern, Hydrogeologie Emmental, Teil I: Oberes Emmental. - Bern (WEA).
- [49] EIDG. FORSCHUNGSANSTALT FÜR OBST-, WEIN- UND GARTENBAU ET AL. [1995]: Pflanzenbehandlungsmittel, Verzeichnis 1994/95. - Bern (EDMZ).
- [50] SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT [1991]: Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV). - Bern (EDMZ).
- [51] BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT [1991]: Handbuch I zur Störfallverordnung StFV, Richtlinien für Betriebe mit Stoffen, Erzeugnissen oder Sonderabfällen. - Bern (EDMZ).
- [52] BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT [1992]: Handbuch III zur Störfallverordnung StFV; Richtlinien für Verkehrswege. - Bern (EDMZ).
- [53] TIEFBAUAMT DES KANTONS BERN [1993]: Kurzbericht Verkehrswege (gemäss Störfallverordnung Art. 5), Nationalstrasse N1, Teilstrecke Schönbühl-Koppigen. - Nicht veröffentlicht.
- [54] EMCH + BERGER AG [1993]: Kurzbericht der SBB im Rahmen der Störfallverordnung; Teil II: Ortsbezogene Aspekte Kanton Bern. - erarbeitet im Auftrage der Schweiz. Bundesbahnen, Kreisdirektion I, Hauptabteilung Betrieb. - Nicht veröffentlicht.
- [55] REGIONALVERKEHR BERN-SOLOTHURN [1994]: Kurzbericht gemäss Störfallverordnung. - Nicht veröffentlicht.
- [56] SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT [1986, Stand 1994]: Verordnung über umweltgefährdende Stoffe (Stoffverordnung, StoV). - Bern (EDMZ).
- [57] BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT [1994]: Daten zum Gewässerschutz in der Schweiz; Umweltmaterialien Nr. 22. - Bern (BUWAL).
- [58] KELLERHALS + HAEFELI AG [1992]: Schutzzonenausscheidung Grundwasserfassung Mattstettenmoos; erarbeitet im Auftrage des Wasserverbundes Grauholz AG (WAGRA). - Nicht veröffentlicht.
- [59] FACHKOMMISSION NITRATBEKÄMPFUNG, PROJEKT NITRAT [1993]: Programm zur Ursachenbekämpfung der Nitratauswaschung im Kanton Bern 1989-1995. 3. Zwischenbericht. - Bern (Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern, Koordinationsstelle für Umweltschutz).

- [60] FACHKOMMISSION NITRATBEKÄMPFUNG, PROJEKT NITRAT [1996]: Programm zur Ursachenbekämpfung der Nitrat Auswaschung im Kanton Bern 1989-1995. Schlussbericht. - Bern (Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern, Koordinationsstelle für Umweltschutz).
- [61] HAITZINGER, H. [1989]: Globetrottel-Karikaturen zur Umwelt. - München (Bruckmann).

## **ANHANGVERZEICHNIS**

**Profile der Bohrungen HBB50, HBB51, JEB50, KEB50, MRB50, MRB51, MTB50, MTB51, USB50, ZAB50**

**(mit WEA-Ordnungsnummern)**



HYDROGEOLOGIE UR TENENTAL

BOHRKAMPAGNE 1987

HBB50

<b>Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern</b>		608/211.017
<b>Bohrfirma:</b> Grund- und Tiefbau AG, Bern		Situation:
<b>Bohrverfahren:</b> Rotationskernbohrung		Logs:
<b>Bohrmeister:</b> Fava		<b>Bohrgerät:</b> UB 130 Schäfer
ausgeführt vom 26.3. bis 2.4.1987		
Koordinaten: 608260/211798 OK Terrain 508.90 m ü. M. OK Rohr 509.86 m ü. M. (Limnigraph) 509.10 (PVC)		
Geol. Aufnahme: Prof. Matter, Dr. Blau, Schneuwly, Lüthi		1:100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernaubeute %	Beobachtungsrohr $\phi$ 6"	Filter	m ü. M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	USCS		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters	Bemerkungen
								Feld	Labor			
		100			508.60	± 0.30	Waldboden, hellbraun-beige					
					507.70	1.20	Sand, leicht siltig bis siltig, vereinzelte Gerölle bis $\phi$ 2 cm, mit humosen Resten (Wurzeln), braun			Stillwasser-sedimente	$k_P = 2.0 \cdot 10^{-3}$	Eingebaute Filter- und Vollrohre: PVC $\phi$ 6"
					507.30	1.60	Fein- bis Mittelsand, vorwiegend siltig, stellenweise stark siltig, vereinzelte Gerölle bis $\phi$ 6 cm, braun					Fabrikat Stüwa-Bospi
					506.60	2.30	Sand, siltig, vereinzelte Gerölle bis $\phi$ 2 cm, mit organ. Beimengungen, okker-beige-grau			?		SW: 1.0 mm
					506.00	2.90	Sand, leicht siltig, gegen die Basis siltig, vereinzelte Gerölle bis $\phi$ 3 cm, Schichtung erkennbar, beige-braun			alter Boden ??		
					505.30	3.60	Sand, siltig bis stark siltig, Gerölle bis $\phi$ 4 cm, beige					
					504.10	4.80	Sand, leicht siltig, stellenweise siltig mit vereinzelten, stellenweise zahlreichen Komponenten der Kies- und Steinfraction bis $\phi$ 11 cm, beige-grau					
					503.60	5.30	Fein- bis Mittelsand, mit zahlreichen Komponenten der Kies- und Steinfraction bis $\phi$ 9 cm, kompakt gelagert, dunkelbraun-schwarz				Gwsp. am 6.5.1987	
27.0					499.90	9.00	Sand, sauber, untergeordnet leicht siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kies- und Steinfraction bis $\phi$ 8 cm, grau-braun					
					499.40	9.50	Kies, sandig, leicht siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 19 cm, (7.10) beige-grau					
					498.90	10.00	Sand, sauber, mit vereinzelten Geröllen bis $\phi$ 5 cm, braun-grau					
					497.70	11.20	Kies, sandig, leicht siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 6 cm, okker-braun					
					496.40	12.50	Kies, sandig, sauber, Steine bis $\phi$ 9 cm, braun-grau			Schotter		
							Kies, sandig, leicht siltig bis siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 7 cm, okker					
							Kies, sandig, leicht siltig, untergeordnet sauber, vereinzelte Steine bis $\phi$ 13 cm, grau-braun					
							Kies, sandig, siltig, stellenweise leicht siltig, vereinzelte Steine und Blöcke (11.0-11.20) bis $\phi$ 21 cm, grau-beige					
							Kies, sandig, siltig bis stark siltig, Steine bis $\phi$ 14 cm, beige-grau					
							Kies, sandig, vorwiegend siltig bis stellenweise stark siltig, zahlreiche Steine bis $\phi$ 18 cm, grau					
24.0					484.30	24.60	Kies, sandig, stellenweise stark sandig, siltig, gegen die Basis stark siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 12 cm, grau					
					480.50	28.40	Silt, sandig, mit Komponenten der Kiesfraction, beige-grau			Übergangsschicht zur Molasse		
					480.20	28.70	Mergel, sandig, bunt					
					479.50	29.40	Sandstein, braungrau-blaugrau			Molasse		
16.8					477.90	31.00						

HYDROGEOLOGIE URTEMENTAL

BOHRKAMPAGNE 1987

HBB51

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		606 / 209.017
Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern		Situation:
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung		Logs:
Bohrmeister: Fava		Bohrgerät: UB 130 Schäfer
ausgeführt vom 22.5. bis 4.6.1987		
Koordinaten: 606740/209750	OK Terrain 520.75 m ü. M. OK Rohr	521.36 m ü. M. OK Schutzrohr 521.76
Geol. Aufnahme: Prof. Matter, Dr. Blau, Schneuwly, Bigler		1: 100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernaubeute %	Beob- achtungs- rohr $\phi$ 6"	Filter	m ü. M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	USCS		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters k in m/s	Bemerkungen
								Feld	Labor			
		100			520.45	0.30	Waldboden, humos, braun					
					518.35	2.40	Mittel- bis Feinsand, gegen die Basis Sandgehalt zunehmend, leicht siltig bis siltig, vereinzelte organische Komponenten, vereinzelte Gerölle bis $\phi$ 1 cm, im Hangenden vereinzelte Steine bis $\phi$ 17 cm, braun			?	$k_p = 1.7 \cdot 10^{-3}$	Eingebaute Filter- und Vollrohre: PVC $\phi$ 6"
					517.55	3.20	Mittel- bis Feinsand mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion, siltig bis gegen die Basis stark siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 8 cm, beige-braun					Fabrikat: Stüwa-Bospi
					516.75	4.00	Silt, leicht sandig, leicht tonig, vereinzelte Gerölle bis $\phi$ 4 cm, vereinzelte Steine (geritzt) bis $\phi$ 15 cm, beige					SW: 1.0 mm
					514.75	6.00	Feinsand, leicht siltig bis siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kies- und Steinfraktion bis $\phi$ 7 cm, teilweise geritzt, beige					
					512.45	8.30	Kies, sandig (Feinsand), stellenweise stark sandig, siltig, stellenweise zahlreiche Steine bis $\phi$ 17 cm, teilweise geritzt, kompakt gelagert, beige					
27.0					511.25	9.50	Kies, sandig (mittel- bis grobkörnig), leicht siltig, Steine bis $\phi$ 12 cm, grau-beige			Moräne		
					507.75	13.00	Kies, sandig, siltig, Steine bis $\phi$ 19 cm, beige (11.20-11.40 Blöcke grösser $\phi$ 25 cm)					
					503.65	17.10	Kies, sandig, leicht siltig, untergeordnet siltig, zahlreiche Steine bis $\phi$ 15 cm, beige					
					502.75	18.00	Kies, leicht sandig, stark siltig, leicht tonig, Steine bis $\phi$ 19 cm, beige-braun					Gwsp. am 27.7.1987
					501.15	19.60	Kies, sandig, sauber bis leicht siltig, gegen die Basis leicht siltig, Steine bis $\phi$ 19 cm, grau					
					499.65	21.10	Kies, sandig, leicht siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 14 cm, grau					
					498.75	22.00	Kies, leicht sandig, gegen die Basis sandig, siltig bis stark siltig, Mittel- bis Grobkieskomponenten teilweise zurücktretend, stellenweise zahlreiche Steine bis $\phi$ 15 cm, beige-braun					
24.0												
					485.15	35.60	Kies, sandig bis stark sandig, siltig, stellenweise stark siltig, vereinzelte, untergeordnet zahlreiche Steine bis $\phi$ 16 cm, grau					
					484.55	36.20						
					483.95	36.80	Sandstein zerreibbar, beige-grünlich					
					483.05	37.70	Sandstein, brechbar bis schlagbar, beige-grünlich, gegen die Basis grau-blau					
14.5												
					481.75	39.00	Mergel, sandig, bunt			Molasse		
							Siltstein, beige					

HYDROGEOLOGIE URTENENTAL

BOHRKAMPAGNE 1987

JEB50

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		606/211.004
Bohrfirma:	Grund- und Tiefbau AG, Bern	Situation:
Bohrverfahren:	Rotationskernbohrung	Logs:
Bohrmeister:	Fava	Bohrgerät: UB 130 Schäfer
ausgeführt vom 23.6. bis 8.7.1987		
Koordinaten: 606275/211810 OK Terrain 522.15 m ü. M. OK Rohr 522.00 m ü. M.		
Geol. Aufnahme: Dr. Blau, Schneuwly, Bigler		1:100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernaubeute %	Beobachtungsrohr $\phi$ 6"	Filter	m ü. M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	USCS		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters k in m/s	Bemerkungen
								Feld	Labor			
27.0		100%	Tonabdichtung		521.75	± 0	Humus, braun					Eingebaute Filter- und Vollrohre: PVC $\phi$ 6" Fabrikat: Stüwa-Bospi SW: 1.0 mm
					521.45	0.40	Fein- bis Mittelsand, leicht siltig, mit wenig Feinkies bis $\phi$ 4 cm, braun				kP = $11.9 \cdot 10^{-3}$	
					520.35	0.70	Feinsand, siltig, mit Feinkies bis $\phi$ 5 cm, geschichtet, braun					
						1.80	Fein- bis Mittelsand, leicht siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion, vereinzelte Steine bis $\phi$ 12 cm geritzt, beige-braun			Moräne		
						6.90	Kies, sandig, untergeordnet stark sandig, leicht siltig, untergeordnet stark siltig, zahlreiche Steine bis $\phi$ 19 cm, zahlreiche Kieskomponenten schlecht gerundet bis kantig, beige-braun					
						11.60	Kies, sandig, sauber, grau					
						12.00	Kies, stark sandig (Feinsand), stark siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 9 cm, grau					
						13.00	Kies, stark sandig, siltig bis stark siltig, zahlreiche Steine bis $\phi$ 19 cm, grau					
						16.00	Kies, stark sandig, sauber, untergeordnet leicht siltig, zahlreiche Steine bis $\phi$ 15 cm, grau					
						20.00	Kies, sandig, siltig, zahlreiche Steine bis $\phi$ 18 cm, vereinzelte Blöcke bis $\phi$ 21 cm, grau					
24.0					500.35	21.80	Kies, sandig, stark siltig, Mittel- bis Feinkieskomponenten zurücktretend, zahlreiche Steine bis $\phi$ 15 cm, vereinzelte Blöcke bis $\phi$ 21 cm, beige			Schotter	Gwsp. am 28.7.1987	
					499.25	22.90	Kies, sandig, stark siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 16 cm, grau					
					498.45	23.70	Kies, sandig, untergeordnet leicht sandig, leicht siltig bis siltig, stellenweise zahlreiche Steine bis $\phi$ 19 cm, grau					
						34.60	Bunte Mergel, vermischt mit sandigem, siltigem Kies (Nachfall)					
16.8					487.05	35.10	Siltstein, sandig, grau-beige			Molasse		
					486.75	35.40	Mergel, bunt					
					484.55	37.60	Sandstein mit siltigen Lagen, beige-grünlich					
					483.15	39.00						

HYDROGEOLOGIE URTENENTAL

BOHRKAMPAGNE 1988

KEB50

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern 609/213.042

Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern

Situation:

Bohrverfahren: Rotationskernbohrung

Logs:

Bohrmeister: R. Zwyer

Bohrgerät: E + M UH1

ausgeführt vom 31.10. bis 11.11.1988

Koordinaten: 609245/213320 OK Terrain 506.00 m ü. M. OK Rohr 506.23 m ü. M. OK Schutzrohr 506.98

Geol. Aufnahme: Dr. Blau, Bigler

1: 100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernaubeute %	Beob- achtungs- rohr $\phi$ 6"	Filter	Tiefe m ab OK Terrain m ü. M.	Lithologie	Feld Labor		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters	Bemerkungen
							USCS				
		100			506.00						
					505.80	Humus, dunkelbraun					
					504.70	Sand, sauber bis gegen die Basis leicht siltig, mit organ. Komp. und zahlr. Komp. der Kiesfrakt., vereinz. Steine bis $\phi$ 12 cm, braun				kP = $2.8 \cdot 10^{-3}$	Eingebaute Filter- und Vollrohre: PVC $\phi$ 6"
					503.10	Kies, stark sandig, sauber, vereinz. Steine bis $\phi$ 8 cm, beige					Fabrikat: Stüwa-Bospi
27.0					501.80	Kies, sandig bis leicht sandig, sauber bis leicht siltig, vereinz. Steine bis $\phi$ 10 cm, beige					SW = 1.0 mm
					501.00	Kies, stark sandig, sauber, Steine bis $\phi$ 10 cm, beige					
					499.60	Kies, sandig bis stark sandig, sauber, zahlr. Steine bis $\phi$ 11 cm, Mittel- und Feinkieskomp. zurücktretend, beige					
					498.60	Kies, sandig, leicht siltig, zahlr. Steine bis $\phi$ 12 cm, vereinz. Blöcke bis $\phi$ 20 cm, grau-beige				Gwsp. am 14.02.1989	
						Kies, sandig, leicht siltig, Steine bis $\phi$ 14 cm, beige			Schotter		
					496.50	Kies, sandig, siltig, Steine bis $\phi$ 10 cm, beige					
					495.30	Kies, sandig, siltig bis stark siltig, Steine bis $\phi$ 7 cm, beige					
					493.50	Kies, sandig, gegen die Basis stark sandig, leicht siltig, zahlr. Steine bis $\phi$ 14 cm, grau					
					492.00	Sand, sauber, mit Komp. der Kiesfrakt., grau					
					491.50	Kies, leicht sandig bis sandig, siltig, Steine bis $\phi$ 12 cm, grau					
24.0					490.50	Kies, sandig bis unterm. stark sandig, siltig bis leicht siltig, vereinz. Steine bis $\phi$ 11 cm, grau					
					488.60	Kies, stark sandig, sauber bis leicht siltig, Steine bis $\phi$ 12 cm, grau			Schotter		
					486.30	Fein- bis Mittelkies, sandig, leicht siltig, grau					
					485.90						
						Kies, sandig bis stellenweise stark sandig, leicht siltig, stellenweise siltig, Steine bis $\phi$ 8 cm, beige					
					478.00	Kies, stark sandig, leicht siltig, vereinz. Steine bis $\phi$ 8 cm, beige					
					477.40	Kies, sandig bis stark sandig, leicht siltig bis siltig, vereinz. Steine bis $\phi$ 12 cm, beige					
					476.50	Sand, leicht siltig, Schichtung erkennbar, grau			Stillwasserablagerung		
22.0					476.30	Silt, Schichtung erkennbar, beige			Schotter		
					476.20	Sand, leicht siltig, Schichtung erkennbar, vereinz. Gerölle bis $\phi$ 3 cm, grau					
					476.00	Kies, sandig bis stark sandig, leicht siltig, Steine bis $\phi$ 8 cm, beige			Stillwasserablagerung		
					474.20	Mittel- bis Feinsand, leicht siltig, Schichtung erkennbar, beige					
					473.50	Kies, sandig bis stark sandig, siltig, Steine bis $\phi$ 10 cm, kompakt gelagert, grau			Schotter		
					469.60	Kies, sandig, leicht siltig bis siltig, vereinz. Steine bis $\phi$ 15 cm, kompakt gelagert, grau					
					467.90	Kies, sandig bis stark sandig, siltig, vereinz. Steine bis $\phi$ 8 cm, kompakt gelagert, grau-blau			Schotter?		
					467.00	Mergel, sandig, bunt			Molasse		
					466.20	Mergel, sandig, rot					
					466.00						

HYDROGEOLOGIE URTENENTAL

BOHRKAMPAGNE 1987

MRB50

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern 607/211.030

Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern

Situation:

Bohrverfahren: Rotationskernbohrung

Logs:

Bohrmeister: Fava

Bohrgerät: UB 130 Schäfer

ausgeführt vom 6.4. bis 16.4.1987

Koordinaten: 607053/211513 OK Terrain 512.40 m ü. M. OK Rohr 513.39 m ü. M. (Schutzrohr) 512.72 (PVC)

Geol. Aufnahme: Prof. Matter, Dr. Blau, Schneuwly, Lüthi

1: 100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernaubeute %	Beobachtungsrohr $\phi$ 6" Voll- Filter	Filter	m ü. M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	USCS		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters k in m/s	Bemerkungen
								Feld	Labor			
		100			512.10	± 0	Waldboden, humos, braun					
					509.60	0.30	Fein- bis Mittelsand, vorwiegend siltig, untergeordnet leicht siltig, vereinzelte Gerölle bis $\phi$ 3 cm, stellenweise organ. Beimengungen, Schichtung erkennbar, braun-beige			Stillwasser-sedimente	$k_p = 1.9 \cdot 10^{-3}$	Eingebaute Filter- und Vollrohre: PVC $\phi$ 6"
					508.70	2.80	Sand, sauber, gegen die Basis leicht siltig, vereinzelte Gerölle bis $\phi$ 1 cm, beige			ver-schwemmte Moräne?		Fabrikat Stüwa-Bospi
					506.20	3.70	Fein- bis Mittelsand, siltig, untergeordnet leicht siltig, mit vereinzelten, gegen die Basis zahlreichen Komponenten der Kies- und Steinfraktion bis $\phi$ 15 cm, beige-grau					SW = 1.0 mm
					506.00	6.20	Blocklage, grau					
27.0							Kies, sandig bis stellenweise schwach sandig, siltig, stellenweise und gegen die Basis stark siltig, zahlreiche Steine und Blöcke bis $\phi$ 22 cm, verkit-tete Partie bei 7.2 m, braun-grau			Moräne?		
					499.50	12.90	Kies, sandig, sauber, untergeordnet leicht siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 8 cm, grau				Gwsp. am 6.5.1987	
					499.00	13.40						
							Kies, sandig, stellenweise schwach sandig, stark siltig, stellenweise siltig, zahlreiche Steine bis $\phi$ 17 cm, grau-beige			Schotter		
24.0					487.50	24.90	Kies, sandig, siltig, grau					
					485.90	26.50	Kies, stark sandig, stark siltig, vereinzelte, stellenweise zahlreiche Steine bis $\phi$ 14 cm, grau-beige					
					482.40	30.00	Kies, sandig, siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 12 cm, grau			Uebergangsschicht zur Molasse		
					481.50	30.90	Sand, siltig, mit Komponenten der Kiesfraktion, beige-grau					
					481.20	31.20						
16.8							Mergel, sandig, bunt			Molasse		
					479.40	33.00						

HYDROGEOLOGIE URTENENTAL

BOHRKAMPAGNE 1987

MRB51

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern 606 / 210.013

Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern

Situation:

Bohrverfahren: Rotationskernbohrung

Logs:

Bohrmeister: Fava

Bohrgerät: UB 130 Schäfer

ausgeführt vom 9.7. bis 22.7.1987

Koordinaten: 606020/210080 OK Terrain 512.50 m ü. M. OK Rohr 512.81 m ü. M. OK Schutzrohr 513.61

Geol. Aufnahme: Dr. Blau, Biedermann

1: 100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernaubeute %	Beobachtungsrohr $\phi$ 6" Filter	Filter	m ü. M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	Feld Labor		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters k in m/s	Bemerkungen	
								USCS					
27.0		100	Tonabdichtung		512.50	± 0	Humus, sandig, siltig mit wenig Komponenten der Kiesfraktion			Humus	kP = $1.9 \cdot 10^{-3}$	Eingebaute Filter- und Vollrohre: PVC $\phi$ 6" Fabrikat: Stüwa-Bospi SW : 1.0 mm	
					511.90	0.60	Sand, siltig, zahlreiche Komponenten der Kiesfraktion, vereinzelte Steine bis $\phi$ 15 cm, mit organischen Resten, graubraun			Stillwasserablagerung?			
					511.50	1.00	Sand, siltig bis leicht siltig mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion, vereinzelte Steine bis $\phi$ 8 cm, z.T. geschichtet						
					509.60	2.90	Sand, siltig, stellenweise stark siltig, untergeordnet leicht siltig mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion, vereinzelte Steine bis $\phi$ 20 cm, Komponenten teilweise geritzt, beige						
					506.90	5.60	Sand, siltig bis stark siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kies- und Steinfraktion, Steine bis $\phi$ 19 cm, kompakt gelagert bis 8.10, beige						
					503.70	8.80	Sand, stark siltig, mit Komponenten der Kiesfraktion, einzelne Steine bis $\phi$ 15 cm, beige						
					501.80	10.70	Sand, vorwiegend Grobkorn, leicht siltig mit Komponenten der Kiesfraktion, beige			Moräne			Gwsp. am 27.7.1987
					501.50	11.00	Kies, sandig, siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 17 cm, teilweise geritzt, beige						
					499.90	12.60	Kies, sandig, siltig bis stark siltig, untergeordnet leicht siltig, mit Komponenten der Steinfraktion bis $\phi$ 13 cm, grau						
					493.80	18.70	Kies, schwach sandig, leicht siltig, Steine bis $\phi$ 15 cm, braun						
24.0					492.90	19.60	Kies, sandig, leicht siltig, Steine bis $\phi$ 15 cm, stellenweise treten Grobkieskomponenten zurück, grau bis braungrau			Moräne ? ev. Schotter			
					489.60	22.90	Kies, sandig bis stark sandig, sauber bis leicht siltig, Grobkieskomponenten zurücktretend, beige			Schotter			
					489.00	23.50	Kies, sandig untergeordnet stark sandig, leicht siltig bis siltig, mit zahlreichen Steinen bis $\phi$ 15 cm, grau						
					486.50	26.00	Kies, sandig bis stark sandig, leicht siltig gegen die Basis siltig, Grobkieskomponenten zurücktretend, vereinzelte Steine bis $\phi$ 10 cm, grau			Moräne ? Schotter ?			
					482.00	30.50	Sandstein (Feinkorn)						
					481.70	30.80	Siltstein						
16.8					481.50	31.00	Bunte Mergel			Molasse			
					479.80	32.70	Siltstein						
					478.50	34.00							

HYDROGEOLOGIE URTESENTAL

BOHRKAMPAGNE 1987

MTB50

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		605/208.006
Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern		Situation:
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung		Logs:
Bohrmeister: Fava	Bohrgerät: UB 130 Schäfer	
ausgeführt vom 10.6. bis 22.6.1987		
Koordinaten: 605790/208565	OK Terrain 517.90	m ü.M. OK Rohr 517.995 OK Schutzrohr 518.93
Geol.Aufnahme: Dr. Blau, Schneuwly, Bigler		1:100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernausbeute %	Beob- achtungs- rohr $\phi$ 6"	Filter	m ü.M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	Feld Labor		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters	Bemerkungen
								USCS				
		100				± 0	Humus, stark sandig gegen die Basis siltig, braun				kP = $4.1 \cdot 10^{-3}$	Eingebaute Filter- und Vollrohre: PVC $\phi$ 6" Fabrikat: Stüwa-Bospi SW: 1.0 mm
					516.90	1.00	Mittel- bis Feinsand, siltig, vereinzelte Gerölle bis $\phi$ 1 cm, braun			?		
					516.50	1.40	Mittel- bis Feinsand, siltig bis stark siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion, vereinzelte Steine bis $\phi$ 8 cm, beige-braun					
					515.90	2.00	Mittel- bis Feinsand, leicht siltig, mit vereinzelten Komponenten der Kiesfraktion beige, dunkelbraun gefleckt (Mangan?)					
					515.10	2.80	Kies, stark sandig, siltig, Steine bis $\phi$ 11 cm, (vereinzelte geritzt), beige-braun					
					514.40	3.50	Kies, stark sandig, leicht siltig, Mittel- bis Feinkieskomponenten zurücktretend, zahlreiche Steine bis $\phi$ 19 cm, schlecht gerundet bis kantig, braun			Moräne		
					512.70	5.20	Kies, sandig bis stark sandig, leicht siltig bis siltig, Steine bis $\phi$ 10 cm, schlecht gerundet bis kantig, beige					
					511.70	6.20	Kies, sandig, leicht siltig bis gegen die Basis siltig, stellenweise zahlreiche Steine bis $\phi$ 19 cm, vereinzelte Blöcke bis $\phi$ 21 cm, beige					
27.0			Tonabdringung		508.10	9.80	Kies, leicht sandig, stark siltig bis leicht tonig, zahlreiche Steine bis $\phi$ 19 cm, beige					
					506.40	11.50	Kies, sandig, siltig bis stark siltig, zahlreiche Steine bis $\phi$ 18 cm, beige			Moräne ?		
					504.60	13.30	Kies, sandig bis stark sandig, sauber bis leicht siltig, zahlreiche Steine bis $\phi$ 17 cm, beige					
					502.20	15.70	Kies, sandig, leicht siltig, im Hangenden siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 19 cm, beige				Gwsp. am 28.7.1987	
					500.40	17.50	Kies, sandig, leicht siltig bis siltig, untergeordnet stark siltig, Steine bis $\phi$ 17 cm, vereinzelte Blöcke bis $\phi$ 22 cm, beige-grau					
					494.70	23.20	Kies, sandig, siltig bis untergeordnet stark siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 19 cm, grau			Schotter		
					491.80	26.10	Kies, sandig, im Hangenden stark sandig, sauber bis stellenweise leicht siltig, grau					
24.0					488.40	29.50	Kies, sandig, siltig bis untergeordnet leicht siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 14 cm, grau					
					485.70	32.20	Sand, sauber, mit Komponenten der Kiesfraktion, grau					
					485.40	32.50	Kies, stark sandig, leicht siltig, Steine bis $\phi$ 10 cm, grau					
					483.60	34.30	Sandstein, stark verwittert, grau					
					483.10	34.80	Mergel, brechbar, grau					
					482.50	35.40	Siltstein, beige-grau					
					481.10	36.80	Sandstein, beige-grau			Molasse		
14.5					480.70	37.20	Mergel, bunt					
					479.90	38.00						

HYDROGEOLOGIE URTENENTAL

BOHRKAMPAGNE 1987

MTB51

SBB-Ersatzbrunnenbohrung

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		606/208.041
Bohrfirma: Stump AG, Bern		Situation:
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung		Logs:
Bohrmeister:		Bohrgerät:
ausgeführt vom 26.5. bis 17.6.1987		
Koordinaten: 606060/208080 OK Terrain 528.11 m ü.M. OK Rohr 528.43 m ü.M.		
Geol.Aufnahme: Dr. Blau, Schneuwly		1:100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernaubeute %	Beobachtungsrohr $\phi$ 6"	Filter	m ü. M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	USCS		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters k in m/s	Bemerkungen
								Feld	Labor			
		100			± 0	0.40	Humus					
					527.41	0.70	Sand, siltig mit wenig Kies sowie vereinzelt Steinen bis $\phi$ 19 cm und organ. Beimengungen, braun				kP = $2.1 \cdot 10^{-3}$	Eingebaute Filter- und Vollrohre: PVC $\phi$ 6"
					525.61	2.50	Sand (vorwiegend mittel-grobkörnig), sauber, untergeordnet leicht siltig, verwittert, hellbraun					Fabrikat: Stüwa-Bospi
					525.11	3.00	Sand, vorwiegend mittel-grobkörnig, sauber, mit feinen Siltschichten und vereinzelt Feinkies, gelb-grau					SW: 1.0 mm
					524.51	3.60	Sand, mittel-feinkörnig, sauber, beige					
					523.21	4.90	Sand, mittel-grobkörnig, sauber, mit wenig Feinkies und vereinzelt Steinen an der Basis bis $\phi$ 20 cm, beige, zart-braunes Niveau an der Basis					
					521.91	6.20	Sand, feinkörnig, stellenweise feinkörnig, leicht siltig, stellenweise siltig, mit vereinzelt Komponenten der Kiesfraktion bis $\phi$ 4 cm, beige					
33.0					520.51	7.60	Sand, feinkörnig, stellenweise feinkörnig, leicht siltig, grau-beige					
					520.41	7.70	Sand, feinkörnig, stellenweise feinkörnig, leicht siltig, grau-beige					
					519.91	8.20	Sand, feinkörnig, stellenweise feinkörnig, leicht siltig, grau-beige					
					519.51	8.60	Sand, feinkörnig, stellenweise feinkörnig, leicht siltig, grau-beige					
					519.01	9.10	Silt, leicht tonig, z.T. sandig (Schichtung z.T. erkennbar), stellenweise Sand, feinkörnig, stark siltig, grau-beige			Moräne		
					518.51	9.60	Silt, leicht tonig, z.T. sandig (Schichtung z.T. erkennbar), stellenweise Sand, feinkörnig, stark siltig, grau-beige					
					517.81	10.30	Kies in sandiger, stark siltiger Matrix mit Steinen bis $\phi$ 8 cm, grau-beige					
					517.31	10.80	Sand (fein-mittelkörnig) leicht siltig, beige					
					516.81	11.30	Kies, in stark sandiger, siltiger Matrix mit einigen Steinen bis $\phi$ 8 cm, z.T. gekritz, grau					
					516.51	11.60	Kies, stark siltig mit Steinen bis $\phi$ 13 cm, wird an der Basis von einer sandig-siltigen Matrix umgeben, beige z.T. mit gekritztem Geschiebe					
					516.11	12.00	Kies, stark sandig, siltig bis leicht siltig, mit Steinen und einzelnen Blöcken z.T. gekritz, grau					
					515.81	12.30	Kies, sandig, sauber, mit zahlreichen Steinen, grau					
							Stein- und Blocklage, fehlende Feinfraktion					
							Kies, sandig, siltig, an der Basis stark siltig, grau					
							Sand, mittel-grobkörnig, sauber bis leicht siltig, grau-beige					
28.0							Kies, stark sandig, sauber, mit Steinen bis $\phi$ 15 cm, grau			Schotter		
							Steinlage bis $\phi$ 12 cm, leicht sandig (fein-mittelkörnig), siltig					
					506.11	22.00	Kies, sandig, stellenweise stark sandig (vorwiegend mittel-grobkörnig), leicht siltig, stellenweise siltig, mit z.T. zahlreichen Steinen und Blöcken bis $\phi$ 24 cm, braun-grau, im Hangenden grau					
					505.31	22.80	Kies, stark sandig (mittel-grobkörnig) leicht siltig, grau					
					504.81	23.30	Kies, stark sandig, leicht siltig, mit zahlreichen Steinen bis $\phi$ 12 cm					
					503.81	24.30	Kies, sandig, leicht siltig bis siltig, mit Steinen bis $\phi$ 15 cm, grau					
					503.61	24.50	Kies, stark sandig, sauber, grau					
							Kies, sandig, leicht siltig im Hangenden wird darunter zunehmend siltiger, an der Basis zahlreiche Steine bis $\phi$ 15 cm, grau					
					502.11	26.00	Kies, sandig, stellenweise stark sandig, leicht siltig bis siltig, mit Steinen bis $\phi$ 20 cm, grau					
							Kies, stark sandig, leicht siltig, stellenweise siltig mit vereinzelt Steinen bis $\phi$ 18 cm, grau					
							Kies, stark sandig, leicht siltig, stellenweise siltig mit vereinzelt Steinen bis $\phi$ 18 cm, grau					
							Kies, sandig, untergeordnet leicht sandig leicht siltig bis sauber, mit wenigen Steinen bis $\phi$ 20 cm, grau					
24.5					495.11	33.00	Kies, stark sandig, leicht siltig, mit zahlreichen Steinen bis $\phi$ 12 cm					
					494.31	33.80	Kies, sandig, leicht siltig im Hangenden wird darunter zunehmend siltiger, an der Basis zahlreiche Steine bis $\phi$ 15 cm, grau					
					493.21	34.90	Kies, sandig, stellenweise stark sandig, leicht siltig bis siltig, mit Steinen bis $\phi$ 20 cm, grau					
					491.61	36.50	Kies, sandig, stellenweise stark sandig, leicht siltig bis siltig, mit Steinen bis $\phi$ 20 cm, grau					
							Kies, stark sandig, leicht siltig, stellenweise siltig mit vereinzelt Steinen bis $\phi$ 18 cm, grau					
							Kies, stark sandig, leicht siltig, stellenweise siltig mit vereinzelt Steinen bis $\phi$ 18 cm, grau					
					485.61	42.50	Kies, sandig (vorwiegend grobkörnig) + sauber mit Steinen bis $\phi$ 14 cm					
					485.11	43.00	Kies, leicht siltig, leicht sandig					
20.3					484.61	43.50	Kies, sandig, stellenweise wenig sandig, leicht siltig, mit Steinen bis $\phi$ 15 cm, an der Basis grau					
					483.31	44.80	Bunte Mergel vermischt mit Kieskomponente					
					482.51	45.60	Bunte Mergel					
					482.31	45.80	Bunte Mergel					
					481.71	46.40	Siltstein, grau-gelb					
					481.11	47.00	Sandstein, grau					
					480.91	47.20	Siltstein, grau-gelb					

Gwsp. am 27.7.1987

HYDROGEOLOGIE UR TENENTAL

BOHRKAMPAGNE 1988

USB50

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern 604 / 208.009

Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern

Situation:

Bohrverfahren: Rotationskernbohrung

Logs:

Bohrmeister: Fava

Bohrgerät: UB 130 Schäfer

ausgeführt vom 10.2. bis 25.2.1988

Schutzrohr 528.49

Koordinaten: 604700/208945 OK Terrain 527.50 m ü. M. OK Rohr 528.40 m ü. M.

Geol. Aufnahme: Prof. Matter, Dr. Blau, Schneuwly, Biedermann

1:100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernaussbeute %	Boob- achtungs- rohr $\phi$ 6	m ü. M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	USCS		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters	Bemerkungen
							Feld	Labor			
		100		527.50	± 0				Humus		
				526.30	1.20	Sand, feinkörnig, siltig, im Hangenden stark siltig, mit wenigen Komponenten der Kiesfraktion, mit vereinzelt Steinen bis $\phi$ 11 cm, im Hangenden organische Reste (humos), z.T. verwittert, dunkelbraun			Moräne	kP = $7.4 \cdot 10^{-3}$	Eingebaute Filter- und Vollrohre: PVC $\phi$ 6" Fabrikat Stüwa-Bospi SW = 1.0 mm
				520.90	6.60	Sand, feinkörnig, untergeordnet mittelkörnig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion, siltig, mit vereinzelt, stellenweise zahlreichen Steinen bis $\phi$ 19 cm, Komponenten im oberen Teil z.T. verwittert, beige					
				518.90	8.60	Kies, stark sandig, leicht siltig bis siltig, mit vereinzelt Steinen bis $\phi$ 8 cm, grau-braun			Schotter	Gwsp. am 25.2.1988	
				517.90	9.60	Sand, fein- bis mittelkörnig, mit vielen Komponenten der Kiesfraktion, siltig bis stark siltig, mit vereinzelt Steinen bis $\phi$ 10 cm, Komponenten teilweise geritzt, grau					
27.0						Kies, stark sandig, leicht siltig, mit vereinzelt Steinen bis $\phi$ 11 cm, grau					
				515.00	12.50	Kies, sandig (Grobkorn vorherrschend), sauber, mit vereinzelt Steinen bis $\phi$ 18 cm, grau-beige					
				514.20	13.30	Kies, sandig, stellenweise leicht sandig, leicht siltig, gegen die Basis siltig, mit zahlreichen Steinen bis $\phi$ 19 cm, grau-beige					
				510.50	17.00	Kies, sandig, leicht siltig, mit zahlreichen Steinen und einzelnen Blöcken, grau					
				508.60	18.90	Kies, sandig, im Hangenden feinkörnig, siltig, stellenweise wenig Feinanteile, mit vereinzelt, gegen die Basis zahlreichen Steinen bis $\phi$ 20 cm, braun-grau					
				504.50	23.00	Kies, sandig, leicht siltig, gegen die Basis siltig, mit vereinzelt Steinen bis $\phi$ 15 cm, braun-grau					
				502.90	24.60	Kies, sandig, leicht siltig, mit Steinen bis $\phi$ 13 cm, braun-grau					
				501.90	25.60	Kies, sandig, siltig, braun-grau					
				501.50	26.00	Kies, leicht sandig, siltig, mit zahlreichen Steinen bis $\phi$ 16 cm, braun-grau					
				500.50	27.00	Kies, sandig bis stark sandig, siltig, mit Steinen bis $\phi$ 17 cm, grau					
				498.00	29.50	Kies, stark sandig, stellenweise sandig, siltig, mit Steinen, im hangenden vereinzelt Steinen bis $\phi$ 11 cm, grau					
24.0				493.90	33.60	Sandstein, z.T. leicht siltig, stellenweise siltig, grau bis grünlich, bunt					
				492.30	35.20	Sandstein, grau			Molasse		
14.5				491.10	36.40	Mergel, bunt					
				490.50	37.00						

HYDROGEOLOGIE URTENENTAL

BOHRKAMPAGNE 1987

ZAB50

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		606/212.003
Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern		Situation:
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung		Logs:
Bohrmeister: Fava		Bohrgerät: UB 130 Schäfer
ausgeführt vom 21.4. bis 6.5.1987		
Koordinaten: 606629/212954 OK Terrain 519.60 m ü.M. OK Rohr 519.65 m ü.M. OK Schutzrohr 520.77		
Geol. Aufnahme: Dr. Blau, Schneuwly, Lüthi		1:100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernaubeute %	Beobachtungsrohr $\phi$ 6"	Filter	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	USCS		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters k in m/s	Bemerkungen
							Feld	Labor			
		100			± 0	Waldboden, hellbraun					
					0.20	Feinsand, siltig, stellenweise stark siltig, humos (Wurzelreste), vereinzelte Gerölle bis $\phi$ 6 cm, braun				kP = $5.5 \cdot 10^{-3}$	Eingebaute Filter- und Vollrohre: PVC $\phi$ 6"
					2.10	Kies, stark sandig (Feinsand), vorwiegend siltig, untergeordnet leicht siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 7 cm, beige-grau					Fabrikat Stüwa-Bospi
					3.50						SW = 1.0 mm
					516.10	Feinsand, siltig bis stellenweise leicht siltig, mit vereinzelten, stellenweise zahlreichen Komponenten der Kies- und Steinfraction bis $\phi$ 8 cm, Geschiebe teilweise gekritzelt, Schichtung erkennbar, beige			Moräne		
					510.70	8.90	Kies, sandig, leicht siltig bis siltig, mit zahlreichen Steinen bis $\phi$ 20 cm, Kies- und Steinkomponenten von der feinkörnigen Matrix umgeben, grau-beige			Schotter?	
					506.70	12.90	Kies, schwach sandig, leicht siltig, Fein- und Grobkieskomponenten zurücktretend, vereinzelte Steine bis $\phi$ 10 cm, grau				
					505.80	13.80	Kies, sandig, leicht siltig, zahlreiche Steine bis $\phi$ 19 cm, grau				
					503.60	16.00	Kies, sandig, sauber, Steine bis $\phi$ 20 cm, grau-braun				
					502.90	16.70	Kies, sandig, leicht siltig, untergeordnet sauber, zahlreiche Steine bis $\phi$ 16 cm, grau				
					501.60	18.00	Kies, sandig, sauber, Steine bis $\phi$ 12 cm, grau-braun				
					501.00	18.60					
							Kies, sandig, vorwiegend leicht siltig, stellenweise siltig, mit Steinen und Blöcken bis $\phi$ 25 cm, grau-beige			Gwsp. am 3.6.1987	
					496.50	23.10	Kies, sandig, leicht siltig bis siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 17 cm, braun-grau				
					494.20	25.40	Kies, sandig, vorwiegend siltig, stellenweise stark siltig, mit vereinzelten, stellenweise zahlreichen Steinen und Blöcken bis $\phi$ 28 cm, (Blocklagen: 25.5, 26.5, 27.7 m), grau-braun			Schotter	
					489.60	30.00	Kies, sandig bis stark sandig, stark siltig, mit vereinzelten Steinen bis $\phi$ 13 cm, grau-beige				
					486.30	33.30	Kies, sandig, stellenweise stark sandig, vorwiegend siltig, stellenweise leicht siltig, Steine bis $\phi$ 12 cm, braun-grau				
					481.10	38.50	Kies, sandig, leicht siltig, untergeordnet siltig, Steine bis $\phi$ 16 cm, braun-grau				
					479.60	40.00	Kies, stark sandig, stark siltig, Steine bis $\phi$ 13 cm, beige-grau				
					478.10	41.50					
					475.60	44.00	Mergel, bunt			Molasse	

# Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

## Hydrogeologische Karte Urtenental

Isohypsen des Grundwasserspiegels vom 16. 8. 1988  
Oberfläche des Grundwasserstauers 1 : 25 000  
Geologische Profile L ~ 1 : 25 000 H ~ 1 : 1 000 25 fach überhöht



**WEA**  
Leitung:  
Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern  
Bearbeitung:  
Ingenieur- und Studienbüro Werner + Partner AG, Burgdorf

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern (BVED)

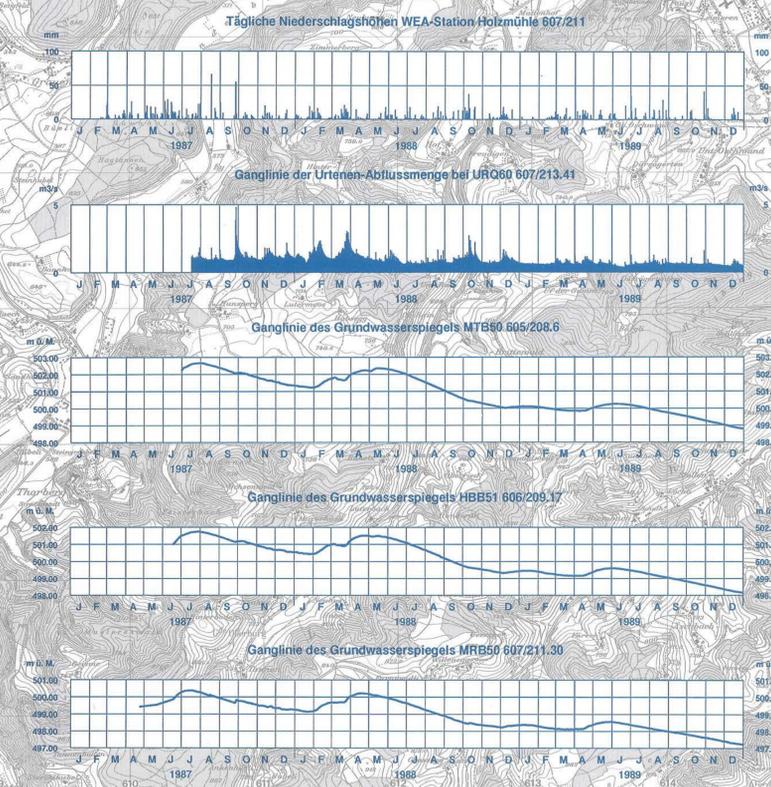


- Allgemeine Angaben**
- Oberflächengewässer
  - ..... Seitliche Begrenzung des gesättigten Schotter-Grundwasserleiters vom 16. 8. 1988
  - 21 Fortlaufende Ordnungsnummer einer Beobachtungsstelle eines künstlichen Aufschlusses innerhalb eines km<sup>2</sup> des Landeskoordinatensystems, vgl. Grundlegendes (GLD) WEA/Geologie
  - o Messstelle für physikalisch-chemische Untersuchungen
  - Niederschlags-Messstation (SMA)
  - Niederschlags-Messstation (WEA)
  - Lage eines geologischen Profils
  - Grundwasser-Fließrichtung
  - ▭ Exfiltrationsgebiet (Grundwasseraustritte)
- Isohypsen des Grundwasserspiegels vom 16. 8. 1988\***
- 497 — 1 m Grundwasserspiegel-Isohypse mit Kote in m ü. M.
- Grundwasser-Beobachtungsstellen\***
- Vertikalfilterbrunnen
  - Schacht- oder Sodbrunnen
  - Peilrohr
  - Grundwasser-Messstation
  - 487.62 Grundwasserspiegellänge vom 16. 8. 1988 in m ü. M.
- Oberflächengewässer-Beobachtungsstellen\***
- ▽ Abfluss-Messstation (WEA)
  - ▽ Wasserstands-Abstichpunkt mit periodischen Messungen
  - o Einzelne Abflussmessung
  - 488.70 Spiegellänge vom 16. 8. 1988
- Isohypsen der Oberfläche des Grundwasserstauers\***
- 496 — 5 m Grundwasserstauer-Isohypse mit Kote in m ü. M.
- Sondierungen**
- o Bohrung
  - 483.00 Grundwasserstauer-Oberfläche in m ü. M.

\* Bei den Isohyphen darstellungen ist darauf verzichtet worden, einen nachgewiesenen und vermutlichen Verlauf zu unterscheiden. Die Anordnung der Beobachtungsstellen erlaubt dem Benutzer, die Zuverlässigkeit der Karte selbst einzuschätzen.  
\* Aus darstellerischen Gründen konnten nicht alle Messstellen wiedergegeben werden.

- Geologische Profile**
- Bohrung, auf oder bis 50 m neben der Profilinie liegend
  - Bohrung, bis 300 m neben der Profilinie liegend
  - Projektion des Lagerungsverhältnisses im Profil angepasst
  - Grundwasserspiegel vom 16. 8. 1988
  - Gesättigter Teil des Schotter-Grundwasserleiters vom 16. 8. 1988
- Lithologie**
- Fluviatile Ablagerung; fein- bis grobkörnige, leicht siltige Sande (f), z. T. mit organischen Beimengungen geschichtet (a)
  - (Grund-) Moräne; sandig-siltiger Kies mit zahlreichen Steinen und Blöcken, z. T. mit stark sandigen Lagern; Komponenten oft gekürzt (qm)
  - Schotterkomplex; sandiger bis stark sandiger, leicht siltiger bis siltiger Kies mit wenigen bis vereinzelt Steinen; wird z. T. durch eine Stein- und Blocklage unterteilt (qs)
  - Lithologische Grenze
  - Untere Süswassermolasse (USM, «Aquitane»); vorwiegend bunte Mergel, wechsellagernd mit grauen, feinkörnigen Sandsteinen; bildet die Stauer-Oberfläche (m1)

Weitere Karten dieses Gebietes:  
Blatt 5 - Grundwasser-Fluss- und Schotterkarte  
Kartographische Darstellung und Fachinfo:  
WEA / Carto- und Messtechnik / 3. Schotter, Rote Karte  
Satz und Bezeichnung: Cassini AG, Bern  
Reproduziert in Gütli AG, Bern  
Druck: Sennreich AG, Länggasse/Bern  
Reproduziert mit Genehmigung des Bundesamtes für Umwelt und Landschaft vom 04. 1. 1993  
Ausgabe 1988



# Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

## Grundwasser- Nutzungs- und Schutz-Karte Urtenental 1:25 000



**WEA**

Leitung:  
Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern  
Bearbeitung:  
Ingenieur- und Studienbüro Werner + Partner AG, Burgdorf

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern  
(BVED)

### Allgemeine Angaben

- Oberflächengewässer
- ..... Begrenzung des untersuchten Schotter-Grundwasserleiters am 16. 8. 1988
- 482— 2 m Grundwasserspiegel-Isopyche vom 16. 8. 1988 mit Kote in m u. M.
- 1— 1 m Grundwasserspiegel-Isopyche
- Grundwasser-Fließrichtung
- Hydrogeologisches Teilzugsgebiet, bezogen auf die Abfluss-Messstation km<sup>3</sup> 607/213 Ord.-Nr. 41
- Hydrogeologisches Teilzugsgebiet, bezogen auf die Abfluss-Messstation km<sup>3</sup> 606/215 Ord.-Nr. 21
- Abfluss-Messstation (WEA)
- Gemeindegrenze

### Wichtige Fassungen der Trink- und Brauchwasserversorgung

- Quelle gefasst
- +—+— Sickerleitungs-Fassung, über 50 m lang
- <— Stollen-Fassung, unter 50 m lang
- <— Stollen-Fassung, über 50 m lang
- Zahl: Schüttung in l/min
- Filterbrunnen
- Oberflächenwasser-Fassung
- Grund- oder Quellwasserfassung mit rechtsgültiger Schutzzone (Zone S)

### Konzessionierte Entnahmemengen und Schüttungen in l/min

- |               |                     |
|---------------|---------------------|
| □ ○ unbekannt | □ ○ 251 - 1 000     |
| □ ○ < 5       | □ ○ 1001 - 5 000    |
| □ ○ 5 - 25    | □ ○ 5001 - 10 000   |
| □ ○ 26 - 100  | □ ○ 10 001 - 50 000 |
| □ ○ 101 - 250 | □ ○ > 50 000        |

### Bestehende konzessionierte Nutzungen des Grundwassers

- Trinkwasser
- Brauchwasser (Industrie und Gewerbe; Kühlwasser; Warmwassergewinnung; Schwimmbäder; Fischzuchtanstalten, Zierteiche und dergleichen)

### Mögliche, künftige Grundwasser-Nutzungen

- Bereich für Trinkwassergewinnung vorbehalten
- Bereich für Trinkwassergewinnung nur bedingt geeignet (Bestehende Verunreinigung durch Nitrate, stellenweise mögliche Verunreinigung durch andere chemische Schadstoffe)
- Bereich für Trinkwassergewinnung nur wenig geeignet (Bestehende oder mögliche Verunreinigung durch chemische Schadstoffe, beschränkte Erergiebigkeit, geringe Durchlässigkeit des Vorkommens)
- Bereich für Brauchwassergewinnung nur bedingt geeignet (Beschränkte Erergiebigkeit, geringe Durchlässigkeit des Vorkommens)

### Grundwasser-Schutz

- Grundwasser-Schutzzone (Zone S); rechtsgültig

Weitere Karten dieses Gebietes:  
Beilage 1: höchstes des Grundwasserspiegels vom 16. 8. 1988  
Oberfläche des Grundwasserleiters 1:25 000  
Geologische Profile 1:1 25 000 H 1:1 000 25fach überhöht  
Kartographische Gestaltung und Technik:  
WEA, S. E. Schmitt  
EDV-gestützte Kartographie: Batzari & Schudel AG-Invet AG, Bern  
Satz und Bindung: Doser AG, Bern  
Druck: Anni-Leuch AG, Liebfeld / Bern  
Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopografie vom 30. 6. 1993  
Ausgabe 1994

