

NEU!  
Grundwasser-  
zungs- u. Schutz-Karte  
Rotbachtal u. Ob. Langetetal  
1:25 000

# Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

## Hydrogeologie Rotbachtal und Oberes Langetetal



Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern  
(WEA)

Bearbeitung: Ingenieur- und Studienbüro A. Werner AG,  
Burgdorf



Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern  
(VEWD)

# Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

## Hydrogeologie Rotbachtal und Oberes Langetetal



**Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern  
(WEA)**

Bearbeitung: Ingenieur- und Studienbüro A. Werner AG,  
Burgdorf



Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern  
(VEWD)

**Bericht:**

Hydrogeologie Rotbachtal und Oberes Langetetal

**Ausgabe:** 1992

**Herausgeber:**

Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern (VEWD)

**Leitung:**

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)  
Dr. R. V. Blau

**Bearbeitung:**

Ingenieur- und Studienbüro A. Werner AG, Burgdorf

**Druck, Einband:**

Aerni-Leuch AG, Liebefeld / Bern

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

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

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
BEILAGENVERZEICHNIS	6
FIGURENVERZEICHNIS	6
TABELLENVERZEICHNIS	7
ANHANGVERZEICHNIS	8
ZUSAMMENFASSUNG	9
1. EINLEITUNG	17
1.1 Veranlassung und Ziel der Untersuchungen	17
1.2 Kredite, Subventionen	18
1.3 Untersuchungsgebiet	18
1.4 Untersuchungsablauf	19
1.4.1 Einbezug vorhandener Untersuchungen	19
1.4.2 Generelles Vorgehen	19
1.5 Bearbeiter	20
1.6 Dokumentation der Untersuchungsergebnisse	21
2. HYDROGEOLOGIE	22
2.1 VLF - Messungen	22
2.2 Sondierbohrungen	22
2.2.1 Bestehende Sondierbohrungen	23
2.2.2 Neue Sondierbohrungen	24
2.3 Verlauf des Grundwasserstauers	26
2.4 Deckschicht und Grundwassermächtigkeit	26
2.5 Geologische Querprofile	29
2.6 Durchlässigkeitsverhältnisse	31

	Seite
3. HYDROMETRIE UND HYDROGRAPHIE	34
3.1 Messstellennetz	34
3.1.1 Messstellen-Typen	34
3.1.2 Umfang und Aufbau	36
3.2 Ermittlung der Hydrologischen Grundlegendaten	37
3.2.1 Niederschlag	37
3.2.2 Verdunstung	44
3.3 Messungen an Oberflächengewässern	46
3.3.1 Wasserstände	46
3.3.2 Abflussmengen	47
3.3.3 Oberflächenwasserqualität	51
3.4 Messungen im Grundwasser	52
3.4.1 Grundwasserstände	52
3.4.2 Entnahmemengen	54
3.4.3 Chemische Untersuchungen	54
3.5 Beziehung zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser	56
3.5.1 Infiltration Wyssachen	56
3.5.2 Exfiltration Rotbach	58
3.5.3 Exfiltration Langete	59
4. ERMITTLUNG DER GRUNDWASSERZU- UND -WEGFLÜSSE	60
4.1 Grundwasserzuflüsse	61
4.1.1 Zufluss durch die Bilanzierungsprofile Schweinbrunnen und Wyssachen	61
4.1.2 Direkte Grundwasserneubildung aus Niederschlag	62
4.1.3 Indirekte Grundwasserneubildung aus Niederschlag	63
4.1.4 Infiltration aus Oberflächengewässern	65
4.2 Grundwasserwegflüsse	66
4.2.1 Grundwasserexfiltration	66
4.2.2 Grundwassernutzung	66
5. NUMERISCHES GRUNDWASSERMODELL	67
5.1 Aufbau des Grundwassermodells	67
5.2 Eichung des Grundwassermodells	69

	Seite
6. BESCHREIBUNG DES GRUNDWASSERVORKOMMENS	72
6.1 Grundwasserverhältnisse am 30. September 1988	72
6.1.1 Isohypsen des Grundwasserspiegels	72
6.1.2 Grundwassermächtigkeit	73
6.1.3 Flurabstand	75
6.1.4 Stationäre Grundwasserbilanz	77
6.2 Grundwasserverhältnisse 1985 bis 1990	81
6.2.1 Grundwasserspiegelbewegungen	81
6.2.2 Grundwassermächtigkeit und Flurabstand	84
6.2.3 Grundwasserbilanz 1988 - 1990	84
6.2.4 Wasserbilanz	87
6.3 Grundwasserqualität	89
6.3.1 Uebersicht über die untersuchten Parameter	89
6.3.2 Wesentliche Standardparameter	92
6.3.3 Leitparameter	106
6.3.4 Polycyclische Aromaten	108
6.3.5 Schwermetalle	108
6.3.6 Leichtflüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffe	110
6.3.7 Pestizide	110
6.3.8 Oberflächenwasserqualität	112
6.3.9 Beurteilung	114
7. NUTZUNGS- UND SCHUTZKONZEPT	116
7.1 Nutzungs- und Schutzkonzepte-Grundlagen für die künftige Trinkwassergewinnung aus Grundwasservorkommen	116
7.2 Grundwassernutzung und -schutz im Rotbachtal	117
7.2.1 Grundwasserfassung Fiechte	117
7.2.2 Bekannte Gefahrenherde und Altlasten	120
7.2.3 Nutzbares Grundwasserdargebot	124
7.2.4 Neue Grundwasserfassung im Huttwilwald Nord	125
7.2.5 Vorschlag für Nutzungs- und Schutzkonzept	128
7.3 Grundwassernutzung und -schutz im Eriswiltal	129
7.3.1 Grundwasserfassung Tschäppelmatte	129
7.3.2 Vorschlag für Nutzungs- und Schutzkonzept	130
LITERATURVERZEICHNIS	131

## BEILAGENVERZEICHNIS

- 1 Hydrographie, 1 : 25 000
- 2 Isohypsen des Grundwasserspiegels vom 30.09.1988 und des Grundwasserstauers, 1 : 10 000
- 3 Grundwasser-, Nutzungs- und Schutz-Karte, 1 : 25 000

## FIGURENVERZEICHNIS

- 2.0 Schematischer Schnitt durch ein Lockergesteins-Grundwasservorkommen
- 2.1 Profil-k-Werte in mm/s der neuerstellten Sondierbohrungen
- 3.1 Vergleich der Stationshöhen in m ü.M. mit den Niederschlagssummen der vier Stationen, Jahreswerte für 1988 und für 1989, Jahresmittelwerte für 1972 bis 1990
- 3.2 Niederschlagssummen der Klimastation Huttwil für die Jahre 1972 - 1990 (Stufen-diagramm), gleitendes Mittel über 5 Jahre (Ganglinie)
- 3.3 Häufigkeitsverteilung der Niederschlagssummen für die Jahre 1972 - 1990 der Klima-station Huttwil
- 3.4 Monatliche Niederschlagssummen für die Jahre 1988, 1989 und Mittelwerte für 1985 bis 1989 der Klimastation Huttwil
- 3.5 Monatssummen der potentiellen Verdunstung für die Jahre 1988 und 1989 der Klima-station Huttwil
- 3.6 Temperaturganglinien der Wyssachen und verschiedener Grundwassermessstellen
- 4.1 Schematischer Bilanzierungskörper mit Grundwasserzu- und -wegflüssen im Grund-wasserleiter des Rotbachtals
- 4.2 Hauptgrundwasserleiter Schweinbrunnen - Huttwil; Teileinzugsgebiete und abgrenzen-de Bilanzierungsprofile
- 5.1 Grundwassermodell Rotbachtal: Netzeinteilung
- 5.2 Grundwassermodell Rotbachtal: Durchlässigkeitsverteilung aufgrund der Element-k-Werte in mm/s
- 6.1 Grundwassermächtigkeit: Isolinien für 20 m und 40 m Mächtigkeit und Einzelwerte in m bei den Bohrpunkten und der Fassung Fiechte
- 6.2 Flurabstände: Isolinien und Einzelwerte in m bei den Sondierpunkten
- 6.3 Bilanzierungsprofile Huttwilwald Süd, Huttwilwald Nord, Schwarzenbach und Neuhus
- 6.4 Bilanzierungsschlange für den Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil, Mengen in l/s
- 6.5 Ganglinien der Grundwasserstände
- 6.6 Zustand des Bodenwasserspeichers aufgrund der Daten von Tabelle 3.12:  
1984 bis 1987 Einzugsgebiet von LANQ1  
1988 bis 1990 Einzugsgebiet von ROTQ1
- 6.7 Wasserbilanz: Verknüpfung der Jahresmittelwerte 1988 der Grundwasserbilanz, Ober-flächenwasserbilanz und Hydrologischen Bilanz, Mengen in l/s
- 6.8 Nitratgehalte  $\text{NO}_3^-$  in [mg/l] des Grund- und Oberflächenwassers  
Streubereiche der 4 Untersuchungskampagnen 1988/1990

- 6.9 Sulfatgehalte  $\text{SO}_4^{2-}$  in [mg/l]  
Streubereiche der 4 Untersuchungskampagnen 1988/1990
- 6.10 Chloridgehalte  $\text{Cl}^-$  in [mg/l]  
Streubereiche der 4 Untersuchungskampagnen 1988/1990
- 6.11 Gesamthärte in [°f]  
Streubereiche der 4 Untersuchungskampagnen 1988/1990
- 6.12 Sauerstoffsättigung in %  
Streubereiche der 4 Untersuchungskampagnen 1988/1990
- 6.13 Leitfähigkeit in [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]  
Streubereiche der 4 Untersuchungskampagnen 1988/1990
  
- 7.1 Schutzzone Grundwasserfassung Fiechte Huttwil Situation 1 : 4000
- 7.2 Bekannte Gefahrenherde im Bereich des Grundwasserleiters zwischen  
Schweinbrunnen und Huttwil
- 7.3 Grube Schwarzenbach Situation 1 : 5000
- 7.4 Berechnete Absenkung im Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil  
bei einer konstanten Entnahme von 45 l/s im Nordteil des Huttwilwaldes
- 7.5 Berechneter Grundwasserspiegel bei einer konstanten Entnahme von 45 l/s im  
Nordteil des Huttwilwaldes

#### TABELLENVERZEICHNIS

- 2.1 Huttwil, Fiechte, Zusammenstellung der wichtigsten Bohrresultate
- 2.2 Eriswital, Tschäppelmatte, Zusammenstellung der wichtigsten Bohrresultate
- 2.3 Daten der WEA-Bohrungen
- 2.4 Daten des Grundwasserleiters
- 2.5 Zusammenstellung der wichtigsten Resultate der Kleinpumpversuche und Flowmeter-  
messungen
  
- 3.1 Anzahl Messstellen
- 3.2 Niederschlagsstationen (N) und Klimastation (K) im Untersuchungsgebiet
- 3.3 Jährliche Niederschlagssummen der Stationen Affoltern i.E., Eriswil, Ahorn und Huttwil  
1972 bis 1990
- 3.4 Gewichtung der Niederschlagsstationen
- 3.5 Monatliche Niederschlagssummen für die Jahre 1985 bis 1989 der Klimastation Huttwil
- 3.6 Niederschlagssummenkorrekturen nach SEVRUK und korrigierte Niederschlags-  
summen für die Jahre 1988 und 1989 der Klimastation Huttwil
- 3.7 Berechnete potentielle Verdunstung nach PENMAN für die Jahre 1988 und 1989,  
ausgehend von den Daten der Klimastation Huttwil
- 3.8 Messstellen und -stationen an Oberflächengewässern (Situation vgl. Beilage 2)
- 3.9 Messperioden der Abflussmengenmessstationen mit Wasserstands-Schreibpegeln
- 3.10 Mittlere und maximale Abflussmengen
- 3.11 Mittlere Abflussmengen aus Einzelmessungen
- 3.12 Vergleich der Abflussmengen der Stationen LANQ1 und ROTQ1 mit der Differenz aus  
Niederschlag und Verdunstung für die Jahre 1984 bis 1990
- 3.13 Qualitätsuntersuchungen in Oberflächengewässern
- 3.14 Messperiode der Grundwasser-Schreibpegel
- 3.15 Standorte der Piezometer
- 3.16 Grundwasserfassungen der öffentlichen Wasserversorgungen
- 3.17 Qualitätsuntersuchungen im Grundwasser
- 3.18 Infiltrationsmenge Wyssachen

- 3.19 Messstellen für Temperaturvergleich
- 3.20 Exfiltrationsmengen Fiechte
- 3.21 Exfiltrationsmengen Langete
  
- 4.1 Profilzufluss durch die Bilanzierungsprofile Schweinbrunnen und Wyssachen, Jahresmittelwerte 1988
- 4.2 Direkte Grundwasserneubildung, Jahresmittelwert 1988
- 4.3 Indirekte Grundwasserneubildung, Jahresmittelwerte 1988
- 4.4 Entnahmemengen Grundwasserfassung Fiechte
  
- 6.1 Grundwasserbilanz 1988
- 6.2 Grundwasserbilanz 1988-1990
- 6.3 Untersuchte Parameter der physikalisch-chemischen Standarduntersuchungen
- 6.4 Leitparameter- und Spezialuntersuchungen
- 6.5 Nitratgehalte der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990
- 6.6 Sulfatgehalte der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990
- 6.7 Chloridgehalte der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990
- 6.8 Gesamthärte in [mmol/l] und [°fr] mit den dazugehörigen Bezeichnungen
- 6.9 Gesamthärte der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990
- 6.10 Sauerstoffsättigung der 4 Messkampagnen 1988-1990
- 6.11 Leitfähigkeit der 4 Messkampagnen 1988-1990
- 6.12 Bor (Leitparameter Hausmüll) (Situation vgl. Figur 6.13)
- 6.13 Qualitätsziele, Toleranz- und Grenzwerte der untersuchten Schwermetalle [11, 12]
- 6.14 Untersuchungsumfang der Pestizid-Analysen und Nachweisgrenzen des Kantonalen Laboratoriums
- 6.15 Untersuchungsergebnisse der Pestiziduntersuchungen
- 6.16 Nitratgehalte in den Oberflächengewässern des Rotbachtals
- 6.17 Enterokokken- und Gesamtkeimeinheiten der beiden Untersuchungskampagnen 1988
  
- 7.1 Entnahmemengen in der Grundwasserfassung Fiechte von 1973 - 1990
- 7.2 Entnahmemengen der Grundwasserfassung Tschäppelmatte von 1986 - 1990

## ANHANGVERZEICHNIS

Profile der Bohrungen DUB50, HUB50, HUB51, HUB52, HUB53, HUB54, HUB55, HUB56, HUB57  
(mit WEA - Ordnungsnummern)

## ZUSAMMENFASSUNG

### Ziele

Die Nutzung der öffentlichen Gewässer ist ein Hoheitsrecht des Staates. Er hat den Schutz der Gewässer zu vollziehen und die wirtschaftliche Verwendung des ober- und unterirdischen Wassers sicherzustellen. Diese Aufgaben erfordern gute Kenntnisse der Grundwasserleiter. Aus ihnen werden heute über 90% des Trink- und Brauchwasserbedarfs des Kantons gefördert.

Einzelne Wasserversorgungen der Region vermögen den Trink- und Brauchwasserbedarf heute nur knapp zu decken, weil nicht genügend Quell- und Grundwasser erschlossen ist. Im weitern sind verschiedene Fassungen gütemässig bedroht, da Gefahrenherde im Zuströmbereich liegen. Die langfristige Sicherstellung der regionalen Versorgung erforderte daher, dass die beiden Grundwasservorkommen des Langete- und des Rotbachtals untersucht werden. Sie werden heute bereits genutzt von den Wasserversorgungen Eriswil und Huttwil.

Unser Trinkwasser soll auch künftig vorrangig aus dem Grundwasser gewonnen werden (Leitbild VEWD 1989). Die zahlreichen in den letzten Jahren entdeckten grossräumigen Grundwasserverschmutzungen mit chemischen Schadstoffen (vor allem Nitrate, Pflanzenschutzmittel, leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe) zeigen klar: Wenn wir dieses Ziel erreichen wollen, müssen wir unsere Grundwasservorkommen bedeutend besser schützen als bisher. Für beide Grundwasserleiter ist daher ein Nutzungs- und Schutzkonzept zu entwerfen.

Die Untersuchungen konzentrierten sich vor allem auf das Rotbachtal mit dem regional wichtigsten Grundwasservorkommen. Im Langetetal zwischen Huttwil und Eriswil, beschränkten sich die Arbeiten lediglich auf wenige Erhebungen.

### Grundwasservorkommen

Das Grundwasservorkommen im Rotbachtal zwischen Schweinbrunnen und Huttwil ist 3 km lang und weist eine Gesamtfläche von 0.8 km<sup>2</sup> auf. Die Breite variiert zwischen 0.05 und 0.6 km. Oberhalb Schweinbrunnen bis Weier sind keine nennenswerten Grundwasservorkommen vorhanden.

Die heutige Form des Rotbachtals zeugt von der mehrphasigen eiszeitlichen Erosion. Durch Gletscherabtrag wurde in der Molasse ein Trogtal gebildet, durch das während der Risseiszeit die randlichen Schmelzwasser abflossen. Sie frassen sich in den Trogggrund ein und bildeten eine übertiefte Rinne. Beim nachfolgenden Vorstoss des Gletschers wurde diese zuerst mit feinkörnigen Sedimenten und verschwemmter Moräne und später beim Gletscherrückzug mit Schottern (Zellerschotter) aufgefüllt, die den Grundwasserleiter bilden.

In der Mitte des Grundwasserleiters erreicht die Grundwassermächtigkeit über 40 m. Sie nimmt seitlich rasch ab. Der Grundwasserspiegel liegt im Huttwilwald in 18 bis 36 m Tiefe, im Quellgebiet Fiechte tritt er an die Erdoberfläche.

Im Rotbachtal und im Langetetal betragen die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte (Profil-k-Werte) im Durchschnitt 0.6 mm/s. Sie sind im Vergleich zu denjenigen von benachbarten Grundwasservorkommen (z.B. Mittleres und Unteres Langetetal, Emmental) klein, jedoch recht einheitlich.

Im Rotbachtal fliesst das Grundwasser in nordöstlicher Richtung gegen Huttwil mit einem Gefälle zwischen 0.3 und 2.7 %. Im Gebiet Neuhaus biegt der Grundwasserstrom ab gegen

Nordwesten in Richtung Fiechte und tritt mit grossem Gefälle in den Rotbach aus. Die Fließgeschwindigkeiten variieren, abgesehen vom Austrittsgebiet, zwischen 3 und 10 m/Tag.

Im westlichen Teil des Siedlungsgebietes von Huttwil findet sich ein unbedeutendes Grundwasservorkommen, das in die Langete austritt.

Das Grundwasservorkommen im Langetetal ist 2.8 km lang, 0.01 bis 0.17 km breit und erstreckt sich über 0.27 km<sup>2</sup>. Wir kennen Grundwassermächtigkeiten bis 18.5 m, der Grundwasserspiegel liegt in 4 bis 7 m Tiefe. Wie es sich ins Gebiet von Huttwil fortsetzt, ist nicht ermittelt worden. Bohrresultate zeigen, dass ein Verlauf nach Norden (Hindermoos) ausgeschlossen werden kann.

#### Grundwasserhaushalt im Rotbachtal (Schweinbrunnen bis Huttwil)

In Jahren mit normalen Niederschlägen (1986/1987/1988) sinken die Grundwasserstände im Grundwasserleiter bis Anfang März. In den folgenden 3 bis 5 Monaten steigen sie kontinuierlich an und erreichen im Juli den Höchstwert. Obwohl normalerweise im Winter anteilmässig am meisten Niederschlagswasser versickert, reagieren die Grundwasserstände verzögert. Dies deutet auf die wichtigen unterirdischen Zuflüsse aus den seitlichen Einzugsgebieten hin, deren Speichervermögen gross ist. Sie bilden 50 % des Grundwassers.

Im Frühling und Sommer 1989 weitgehend aber auch 1990 stiegen die Grundwasserstände nicht an: Eine Folge des extrem trockenen Jahres 1989.

Im Nordteil des Huttwilwaldes betrug der Schwankungsbereich zwischen Minimal- und Maximalstand des Grundwasserspiegels während der fünfeinhalbjährigen Messperiode 1986 bis 1990 knapp 1.9 m, derjenige im Jahr 1990 lediglich 0.23 m.

Bei mittleren hydrologischen Verhältnissen (z.B. 1988), fallen auf das Einzugsgebiet des Grundwasserleiters im Jahresmittel ca. 1600 l/s Niederschläge. Davon verdunsten 720 l/s (45 %). 85 l/s (ung. 5 %) speisen das Grundwasservorkommen; folgende Anteile sind zu unterscheiden: - Grundwasserzuflüsse in den Profilen Schweinbrunnen und Wyssachen; - Niederschläge, die über dem Grundwasserleiter versickern (direkte Neubildung); - Niederschläge, die in den seitlichen Einzugsgebieten versickern und unterirdisch in den Grundwasserleiter fließen (indirekte Neubildung). 22 l/s (ung. 1.5 %) sickern aus der Wyssachen in den Grundwasserleiter (Infiltration). 16 l/s werden von der Wasserversorgung dem Grundwasser entnommen, 90 l/s treten in den Rotbach aus. Unterhalb dieser Austritte fließen im Rotbach ungefähr 54 % der Niederschlagsmenge ab.

Im nördlichen Teil des Huttwilwaldes strömen knapp 50 l/s Grundwasser (Profilzuflüsse Schweinbrunnen 5 l/s und Wyssachental 3 l/s, direkte Grundwasserneubildung 10 l/s, indirekte 30 l/s). Die Infiltration von Wyssachenwasser (22 l/s) steigert anschliessend den Grundwasserfluss beachtlich. Er erreicht bei Schwarzenbach 81 l/s (zusammen mit der weiteren indirekten und direkten Grundwasserneubildung von 11 l/s). Bis Neuhus vergrössert er sich auf 100 l/s (direkte 5 l/s, indirekte 14 l/s). Unterhalb Neuhus bis zum Exfiltrationsgebiet beim Rotbach beträgt die Grundwasserneubildung noch 6 l/s, massgebend ist hier jedoch die Grundwasserentnahme in der Fiechte von durchschnittlich ca. 16 l/s.

## Grundwasserqualität im Rotbachtal

Die mit den physikalisch-chemischen Standarduntersuchungen erfassten Parameter variieren räumlich und zeitlich teilweise sehr stark. Das Grundwasser erfüllt aber grösstenteils die Qualitätsziele für Trinkwasser.

Die grosse Variationsbreite lässt sich auf die in ihrem Chemismus sehr unterschiedlichen Zuflüsse sowie auf anthropogene Verunreinigungen zurückführen.

Das aus dem Wyssachtal zuströmende Grundwasser und das aus der Wyssachen infiltrierende Wasser weisen Nitratgehalte auf, die grösstenteils über dem Qualitätsziel liegen und auf eine Überdüngung im Einzugsgebiet der Wyssachen hinweisen.

Das von Schweinbrunnen zufließende Wasser ist relativ sulfatreich, dasjenige aus dem Wyssachtal hingegen sulfatarm. Dies führt, zusammen mit dem aus der Wyssachen infiltrierenden Wasser zu einer relativ kleinen Sulfatkonzentration oberhalb der Deponie Schwarzenbach. Umso auffälliger ist deshalb der unterhalb der Deponie festgestellte markante Anstieg, der auf Sickerwässer der Deponie Schwarzenbach zurückzuführen ist. Da auch die Borgehalte unterhalb der Deponie signifikant höher liegen, ist eine Beeinträchtigung der Grundwasserqualität durch Bauschutt und Hausmüll anzunehmen.

Ein Anstieg der Chloridgehalte, teilweise begleitet mit höheren Kalziumwerten, unterhalb des am Eingang des Wyssachtals liegenden, 1975 aufgehobenen Wasenplatzes, dürfte auf dort eingesetzte, desinfizierende Chemikalien zurückzuführen sein.

Das Grundwasser aus dem Wyssachtal und aus der Wyssachen ist etwas härter und auch leitfähiger als bei Schweinbrunnen. Markant grösser sind die Gesamthärte und die elektrische Leitfähigkeit unterhalb des Wasenplatzes und unterhalb der Deponie Schwarzenbach. Damit werden die bereits aufgezeigten anthropogenen Verschmutzungen bestätigt.

Im Zufluss Schweinbrunnen ist die Sauerstoffsättigung sehr klein. Da aber keine Anzeichen von Nitrit und/oder Ammonium vorliegen, Eisen und Mangan meistens die Qualitätsziele einhalten, dürfte kein reduziertes Grundwasser vorhanden sein. Der Grundwasserzufluss aus dem Wyssachtal und die Infiltration der Wyssachen verbessern die Sauerstoffsättigung wesentlich. Unterhalb der Deponie Schwarzenbach sind die Sauerstoffwerte wieder kleiner, was auf die reduzierende Wirkung der aus der Grube Schwarzenbach austretenden Sickerwasser zurückzuführen ist.

Keine der mit Leitparametern nach organischen Kontaminationen untersuchten Wasserproben zeige eine nachweisbare qualitative Beeinträchtigung durch Chemieabfälle (inkl. Mineralöl und organische Lösungsmittel).

Polyzyklische Aromate (PAK) konnten in keiner Wasserprobe nachgewiesen werden.

Die Untersuchungen auf Schwermetall Zink, Blei und Cadmium zeigen: Die Zinkgehalte erreichen oder überschreiten das Qualitätsziel nie auch nur annähernd. Wenige Bleigehalte liegen über dem Qualitätsziel, aber immer deutlich unter dem Toleranzwert. Cadmium konnte in keiner der untersuchten Proben nachgewiesen werden.

Alle Analysen auf leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe waren negativ.

Die Untersuchungen auf Pestizide waren grösstenteils negativ. Die nachgewiesenen Gehalte lagen nur knapp über der Nachweisgrenze, aber deutlich unter dem Toleranzwert.

Die Grundwasserqualität im Hauptgrundwasserleiter des Rotbachtals kann in grossen Bereichen als gut bezeichnet werden. Erkannte Gefahrenherde sind die nitratreichen Zuflüsse aus dem Wüssachental, die Abströmbereiche der Grube Schwarzenbach und des Wasenplatzes.

### Nutzungs- und Schutzkonzept

Wir wollen im Kanton Bern auch künftig unser Trinkwasser vor allem aus dem Grundwasser fördern. Um dieses Ziel zu erreichen, das zeigen die zahlreichen grossräumigen Grundwasserverschmutzungen mit chemischen Schadstoffen, müssen wir die Zuströmbereiche zu den Fassungen besser schützen. Das WEA wird mit einigen unterschiedlich schwierigen Pilotstudien das Vorgehen im Einzelnen erarbeiten. Auf erste Schritte im Langete- und Rotbachtal wird hingewiesen. Damit soll die Diskussion eingeleitet werden.

Aus dem Grundwasserleiter Rotbach wird einzig von der Wasserversorgung Huttwil in der Fassung Fichte Wasser gefördert (Konzession 3500 l/min, mittlere Förderrate 972 l/min). Eine rechtsgültige Schutzzone liegt vor. Durch die Ueberbauung und die Verkehrswege im Nahbereich der Fassung ist das Grundwasser qualitativ gefährdet. Zudem liegt die Fassung unterhalb der Deponie Schwarzenbach. Folgende Massnahmen sind zu beachten:

- Mit regelmässigen Wasseranalysen ist die Entwicklung der Wasserqualität zu verfolgen.
- Das Einhalten der Schutzzonenvorschriften muss überwacht werden.
- Eine Alarmorganisation ist für die Unfallsituation aufzubauen, Sanierungsmassnahmen sind vorzubereiten.

Der Brunnen Fichte sollte möglichst bald aufgegeben, eine neue Fassung oberhalb der bedenklichsten Gefahrenherde im Huttwilwald erstellt werden. Die nutzbare Grundwassermenge beträgt hier ungefähr 2700 l/min, mehr als das Doppelte des heutigen Wasserbedarfs von Huttwil. Der Fassungsstandort ist regional bedeutend. Um die Fassungsstelle zu schützen, ist ein Schutzareal auszuscheiden und vom Regierungsrat genehmigen zu lassen. Der Zuströmbereich ist mit einzubeziehen. Die ungefähren Begrenzungen sind in Beilage 3 eingezeichnet.

Im Langetetal ist für die Fassung Tschäppelmatt der WV Eriswil die rechtsgültige Schutzzone ebenfalls zu erweitern, der Zuströmbereich ist zu schützen. Die erteilte Konzession von 300 l/min schöpft das nutzbare Grundwasserdargebot nahezu aus.

## RÉSUMÉ

### Objectifs

L'utilisation des eaux publiques est un droit régalién de l'Etat. L'Etat doit veiller à la protection des eaux et assurer l'utilisation économique de l'eau de surface et souterraine. Pour ce faire il faut disposer de bonnes connaissances des aquifères. On en tire actuellement plus de 90 % des besoins en eau potable et en eau d'usage du canton.

Certains réseaux de distribution d'eau potable de la région ont actuellement de la peine à couvrir les besoins en eau potable et en eau d'usage, car les apports d'eau souterraine ou de source sont insuffisants. En outre la qualité de l'eau de différents captages est menacée, vu qu'il existe dans leur zone d'appel des foyers de pollution. La garantie à long terme de l'approvisionnement en eau potable requérait donc que les deux aquifères des vallées de la Langete et du Rotbach soient examinés à fond. Ces deux aquifères sont d'ailleurs déjà exploités par les réseaux d'Eriswil et de Huttwil.

Les aquifères sont appelés à livrer aujourd'hui et à l'avenir la plus grande partie de l'eau potable requise (Principes directeurs DTEEH 1989). Ces dernières années on a découvert de nombreuses pollutions de grande envergure, pollutions dues à des polluants chimiques, principalement des nitrates, des produits phytosanitaires, des hydrates de carbone chlorés volatils; cela prouve que nous devons mieux protéger nos gisements aquifères. C'est pourquoi nous devons mettre au point pour ces deux régions un concept d'utilisation et de protection.

Les recherches se sont concentrées surtout sur la vallée du Rotbach dans laquelle se trouve l'aquifère le plus important de la région. Dans la vallée de la Langete entre Eriswil et Huttwil on s'est contenté d'effectuer quelques levés.

### Gisements d'eau souterraine

Le gisement d'eau souterraine dans la vallée du Rotbach entre Schweinbrunnen et Huttwil a une longueur de 3 km et une surface totale de 0.8 km<sup>2</sup>. Sa largeur varie entre 0.05 et 0.6 km. En amont de Schweinbrunnen jusqu'à Weier il n'existe pas de gisement digne de mention.

La forme actuelle de la vallée du Rotbach témoigne d'une érosion glaciaire en plusieurs phases. Cette érosion a creusé dans la molasse une vallée en auge par laquelle s'écoulaient pendant l'époque glaciaire de Riss les eaux de fonte bordières qui formèrent dans le fond de l'auge un profond chenal. Lors de l'avancée successive du glacier ce chenal se remplit d'abord de sédiments à granulométrie fine et de moraine remaniée. Lors du retrait du glacier ce sont des graviers (Zellerschotter) qui achevèrent de remblayer le chenal et ce sont eux qui forment l'aquifère.

Au milieu de l'aquifère la couche saturée atteint plus de 40 m d'épaisseur. Latéralement elle s'amincit rapidement. Dans la vallée de Huttwil le niveau piézométrique se trouve à une profondeur variant de 18 à 36 m, dans la zone sourcière de Fiechte la nappe atteint la surface.

Dans les vallées de la Langete et du Rotbach les perméabilités déterminées (perméabilités en profil) atteignent des valeurs moyennes de 0.6 mm/s. Elles sont assez faibles si on les compare à celles de gisements voisins, p. ex. de la vallée moyenne et inférieure de la Langete ou de la vallée de l'Emme, mais en revanche elles sont homogènes.

Dans la vallée du Rotbach l'eau souterraine s'écoule en direction nord-est vers Huttwil avec un gradient variant entre 0.3 et 2.7 %. Dans la région de Neuhus l'écoulement se dirige vers le

nord-ouest en direction de Fiechte et aboutit avec un gradient important dans le Rotbach. Sauf à la résurgence les vitesses d'écoulement varient entre 3 et 10 m/d.

Dans la partie occidentale de la zone habitée de Huttwil se trouve un aquifère insignifiant qui aboutit dans la Langete.

Le gisement aquifère de la vallée de la Langete a une longueur de 2.8 km, une largeur variant entre 0.01 et 0.17 km et occupe une surface de 0.27 km<sup>2</sup>. La zone saturée atteint 18.5 m, la surface piézométrique se trouve à une profondeur de 4 à 7 m. Il n'a pas été déterminé de quelle façon cet aquifère se poursuit dans la région de Huttwil. Des forages ont prouvé qu'il ne s'écoule en tout cas pas en direction septentrionale (Hindermooß).

#### Bilan de l'eau souterraine dans la vallée du Rotbach (de Schweinbrunnen à Huttwil)

Dans les années à précipitations normales (1986/1987/1988) le niveau de la nappe s'abaisse jusqu'au début du mois de mars. Dans les trois à cinq mois suivants ce niveau ne cesse de monter pour atteindre un maximum en juillet. Quoique ce soit en hiver que la plus grande partie des précipitations s'infilte, les niveaux de la nappe ne réagissent qu'avec retard, ce qui signale l'importance des apports souterrains en provenance des bassins versants latéraux, dont la capacité d'emmagasinement est considérable. A eux seuls ils forment 50 % de l'eau souterraine.

Pendant le printemps et l'été 1989 et 1990 les niveaux ne montèrent pas du tout, en conséquence de l'extrême sécheresse de l'année 1989.

Dans la partie septentrionale de la forêt d'Huttwil la fourchette de variation des niveaux maximaux et minimaux de la nappe pendant les cinq années d'observation (1986 à 1990) ne fut que de 1.9 m, pendant l'année 1990 que de 0.23 m.

Par des conditions hydrologiques moyennes, p. ex. en 1988, le bassin versant de l'aquifère reçoit en moyenne annuelle quelque 1600 mm/s de précipitations. L'évapotranspiration enlève 45 %; 85 l/s (environ 5 %) alimentent l'aquifère; cet apport se décompose comme suit: - apports d'eau souterraine dans les profils Schweinbrunnen et Wyssachen; - précipitations qui s'infiltrèrent dans les bassins versants latéraux et qui par sous-écoulement gagnent l'aquifère (recharge indirecte). 22 l/s (environ 1.5 %) s'infiltrèrent à partir de la Wyssachen dans l'aquifère. Le réseau d'alimentation en eau potable prélève 16 l/s dans la nappe, 90 l/s s'écoulent dans le Rotbach. En aval de ces résurgences environ 54 % des précipitations s'écoulent dans le Rotbach.

Dans la partie nord de la forêt de Huttwil s'écoulent à peine 50 l/s d'eau souterraine (apport de profil Schweinbrunnen 5 l/s et vallée de la Wyssachen 3 l/s, recharge directe de l'eau souterraine 10 l/s, recharge indirecte 30 l/s). La Wyssachen contribue également à l'alimentation de la nappe par l'infiltration de son eau (22 l/s). A Schwarzenbach, l'écoulement total de la nappe atteint 81 l/s, la recharge directe et indirecte de la nappe y contribuant pour une quantité de 11 l/s. Jusqu'à Neuhus l'écoulement augmente encore pour atteindre 100 l/s. Sur ce tronçon il faut compter encore 5 l/s provenant de la recharge directe et 14 l/s de la recharge indirecte de la nappe. En aval de Neuhus jusqu'à la zone d'exfiltration du Rotbach la recharge de la nappe s'élève à 6 l/s; cependant, ce qui compte le plus c'est le prélèvement de 16 l/s dans la nappe à Fiechte.

## La qualité de l'eau souterraine dans la vallée du Rotbach

Les paramètres déterminés par les analyses physico-chimiques standards sont très variables, tant dans le temps que dans l'espace. Cependant, les objectifs en matière de qualité fixés pour l'eau potable sont presque toujours atteints.

L'importante fourchette de variations est causée par la qualité chimique très différente des nombreux apports ainsi que par les pollutions anthropogènes.

L'eau souterraine provenant de la vallée de la Wyssachen ainsi que l'eau infiltrée à partir de la Wyssachen présentent des teneurs en nitrates qui sont en grande partie supérieures aux objectifs de qualité et qui sont dues à la fumure exagérée pratiquée dans le bassin versant de la Wyssachen.

L'eau provenant de Schweinbrunnen est relativement riche en sulfates, l'eau de la vallée de la Wyssachen est pauvre en sulfates, de même que l'eau d'infiltration de la Wyssachen, de sorte que les concentrations en sulfates en amont de la décharge de Schwarzenbach sont relativement faibles. C'est pourquoi l'augmentation importante de ces teneurs en aval de la décharge est d'autant plus remarquable; elle est due aux eaux de suintement de la décharge. Au même endroit on constate des teneurs en bore élevées, ce qui signale une atteinte à la qualité de l'eau causée par les ordures ménagères et les matériaux de démolition.

Une augmentation des teneurs en chlorures, en partie accompagnées de valeurs en calcium plus élevées, en aval de la place d'équarrissage située à l'embouchure de la vallée de la Wyssachen, est probablement due aux produits chimiques de désinfection qu'on y utilise.

L'eau de la vallée de la Wyssachen ainsi que celle de la Wyssachen sont plus dures et ont une conductivité plus élevée qu'à Schweinbrunnen. La dureté totale et la conductivité électrique sont sensiblement plus élevées en aval de la place d'équarrissage (abandonnée en 1975) et de la décharge de Schwarzenbach. Cela confirme les pollutions anthropogènes signalées plus haut.

La saturation en oxygène est très réduite dans l'apport de Schweinbrunnen. Cependant on ne constate pas de trace de nitrites et d'ammonium, et les teneurs en fer et en manganèse sont dans les limites, on n'est donc pas en présence d'une eau à caractéristiques de réduction. Les apports de la vallée de la Wyssachen et de la Wyssachen elle-même améliorent de façon significative la saturation en oxygène. En aval de la décharge de Schwarzenbach les teneurs en oxygène sont de nouveau diminuées à cause des effets reducteurs des eaux de suintement de cette décharge.

Dans un certain nombre d'échantillons d'eau on rechercha au moyen de paramètres-directeurs la présence de contaminations d'origine organique. On ne put déceler aucune atteinte de la qualité par des déchets chimiques, en tenant compte également des huiles minérales et des solvants organiques.

Des aromates polycycliques ne furent décelés dans aucun échantillon.

La recherche des métaux lourds zinc, plomb et cadmium a donné les résultats suivants: Les teneurs en zinc ne dépassent et n'approchent pas, et de loin, les objectifs de qualité. Un nombre réduit de teneurs en plomb dépasse les objectifs de qualité, mais reste inférieur aux valeurs tolérées. Dans aucun des échantillons analysés on ne put déceler du cadmium.

On ne décela dans aucun échantillon des hydrates de carbone chlorés volatils.

La recherche de pesticides fut presque toujours négative. Les concentrations décelées furent toujours légèrement supérieures au seuil de détection, mais largement inférieures aux valeurs tolérées.

La qualité de l'eau souterraine de l'aquifère principal de la vallée du Rotbach est en général bonne. Cependant il existe des foyers de pollution: les apports riches en nitrates de la vallée de la Wyssachen ainsi que les effluents de la décharge de Schwarzenbach et de la place d'équarrissage.

#### Concept d'utilisation et de protection

Dans le canton de Berne nous souhaitons tirer notre eau potable en grande partie des nappes souterraines et ceci aujourd'hui aussi bien qu'à l'avenir. Les nombreuses pollutions par des produits chimiques que nous avons constatées nous obligent à mieux protéger les zones d'appel des captages. L'OEHE mettra au point les détails de la procédure en effectuant des travaux pilotes sur quelques cas de difficultés différentes. Nous signalons les premières étapes dans les vallées de la Langete et du Rotbach. Cela servira à amorcer la discussion pour que le but visé puisse être atteint en temps utile.

Dans l'aquifère du Rotbach il n'y a qu'un seul point d'exploitation: c'est le puits Fiechten, dans lequel on puise l'eau pour le réseau de Huttwil (concession: 3500 l/min, exploitation moyenne: 972 l/min). Il existe une zone de protection qui est en vigueur. La qualité de la nappe est menacée d'un côté par les zones construites et de l'autre par les voies de communication à proximité du captage. En outre ce dernier est situé en aval de la décharge de Schwarzenbach. Les mesures suivantes doivent être respectées:

- Il faut surveiller l'évolution de la qualité de l'eau en effectuant des analyses régulières.
- Il faut veiller à l'application du règlement de la zone de protection.
- Il faut mettre sur pied une organisation d'alarme pour une situation d'accident et préparer des mesures d'assainissement.

Il faudra abandonner le plus vite possible le puits de Fiechten et en construire un nouveau dans la forêt de Huttwil, en amont des foyers de pollution les plus menaçants. La quantité d'eau souterraine disponible atteint en cet endroit 2700 l/min, ce qui est plus du double de ce dont a besoin Huttwil actuellement. Le site du captage est d'importance régionale. Pour le protéger il faudra établir un périmètre de protection et le faire approuver par le Conseil Exécutif. La zone d'appel doit y être incluse. La délimitation approximative figure dans l'annexe 3.

Dans la vallée de la Langete il faudra agrandir la zone de protection du captage Tschäppelmatt du réseau d'Eriswil pour inclure la zone d'appel. La concession accordée de 300 l/min épuise pratiquement les ressources existantes en cet endroit.

# GRUNDLAGEN FÜR SCHUTZ UND BEWIRTSCHAFTUNG DER GRUNDWASSER DES KANTONS BERN

## Hydrogeologie Oberes Langetetal und Rotbachtal

---

### 1. EINLEITUNG

#### 1.1 Veranlassung und Ziel der Untersuchungen

Die Nutzung der öffentlichen Gewässer (Seen, Flüsse, Bäche und Grundwasser) ist ein Hoheitsrecht des Staates 1). Er hat den Schutz der Gewässer zu vollziehen 2) und die wirtschaftliche Verwendung des ober- und unterirdischen Wassers sicherzustellen 3). Diese Aufgaben erfordern gute Kenntnisse der grundwasserleitenden Gesteine, des in ihnen fließenden Wassers sowie der Grundwasser-Neubildung durch versickernde Niederschläge und einsickerndes Oberflächenwasser (Infiltration). Die gesetzlich geforderte 3) systematische Erforschung der Grundwasser-Vorkommen ist vom Wasser- und Energiewirtschaftsamt 1968 aufgenommen worden

Einzelne Wasserversorgungen der Region vermögen den Trink- und Brauchwasserbedarf heute nur knapp zu decken, weil nicht genügend Quell- und Grundwasser erschlossen ist. Im weitern sind verschiedene Fassungen gütlich bedroht, da Gefahrenherde im Zuflussbereich liegen (Beispiel: Grundwasserfassung Fiechte der WV Huttwil; im nahen Einzugsbereich finden sich gewerbliche und industrielle Betriebe, Verkehrsträger und Altlasten). Die langfristige Sicherstellung der regionalen Versorgung erforderte daher, dass die beiden Grundwasservorkommen des Langete- und des Rotbachtals untersucht werden. Sie werden heute bereits genutzt in den Fassungen Fiechte (konzessionierte Leistung 3500 l/min) der WV Huttwil, Tschäppelmatte (300 l/min) der WV Eriswil und eines Privaten (60 l/min) in Eriswil.

Im Leitbild der kantonalen Direktion für Verkehr, Energie und Wasser von 1989 wird festgehalten: "Unser Trinkwasser soll auch künftig vorrangig aus dem Grundwasser gewonnen werden". Die zahlreichen in den letzten Jahren entdeckten grossräumigen Grundwasserverschmutzungen mit chemischen Schadstoffen (vor allem mit Nitraten, Pflanzenbehandlungsmitteln und leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen) zeigen klar: Wenn wir dieses Ziel erreichen wollen, müssen wir unsere Grundwasservorkommen bedeutend besser schützen als bisher. Für beide Grundwasserleiter ist daher ein Schutz- und Nutzungskonzept zu entwerfen (vgl. Kap. 7), das nach Abschluss der Arbeiten mit den Gemeinden bereinigt und vom Regierungsrat genehmigt werden soll.

1) Kantonales Gesetz über die Nutzung des Wassers (WNG) vom 03.12.1950 und Änderungen 1964/68/70/71/89; 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

Im Juni 1982 bewilligte der Regierungsrat einen ersten Kredit von Fr. 176'500.-- für die hydrogeologischen Untersuchungen im Langetentalabschnitt Eriswil-Huttwil

In der Novembersession 1984 beschloss der Grosse Rat die hydrogeologischen Verhältnisse in der Talung Dürrenroth-Huttwil mit einem Kredit von Fr. 492'000.- untersuchen zu lassen. Die ersten Abklärungen zeigten: Der Grundwasserleiter, bekannt war nur sein östlicher Teil südlich Huttwil [4], erstreckt sich weiter nach Osten und ist vor allem bedeutend mächtiger als erwartet. Der angeforderte Kredit reichte nicht aus, um die unbedingt nötigen Grundlagen für seinen Schutz und seine Bewirtschaftung zu erarbeiten. Altlasten erforderten zudem erweiterte chemische Analysen. Ein ergänzendes Untersuchungsprogramm ist ausgearbeitet, der nötige Kredit von Fr. 625'000.-- vom Grossen Rat in der Maisession 1987 bewilligt worden. Die Teuerung erforderte 1992 einen Zusatzkredit von Fr. 164'000.--, den der Regierungsrat bewilligte.

Das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft hat an die Gesamtkosten von Fr. 1'457'500.- Beiträge in der Höhe von Fr. 398'292.-- (27.3 %) ausgerichtet.

## 1.3 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet zeigt Beilage 1. Es umfasst entsprechend den hydrologischen Fragestellungen im wesentlichen die Grundwasservorkommen im Rotbach- und im Eriswiltal mit ihren Einzugsgebieten, beides Teile des Einzugsgebietes der Langete oberhalb der Abflussmessstation Häberenbad der Landeshydrologie.

Von Häberenbad aus folgt seine Grenze der Wasserscheide ca. 0.5 km nördlich von Huttwil bis Dälechnubel, Räberhof, biegt nach Süden, folgt ungefähr der Kantonsgrenze bis nördlich Ahorn, biegt nach Westen, verläuft über Fritzenflue, Sagerloch, Büelfeld (ca. 1 km südlich Affoltern), biegt nach Norden, verläuft durch Affoltern i.E., Eggerdingen bis Schmidigen, biegt nach Osten, verläuft über Mühleweg, Rotberg bis Chaltenegg, weiter in nordöstlicher Richtung über den Fiechteberg zurück nach Häberenbad. Im Untersuchungsgebiet liegen die Ortschaften Huttwil, Dürrenroth, Häusermoos, Affoltern i.E., Weier, Dürrenbüel, Wyssachen und Eriswil.

Die gesamte Fläche des Untersuchungsgebietes beträgt 60 km<sup>2</sup>, die Waldfläche 11 km<sup>2</sup> (18 %), die Siedlungsfläche ca. 1.3 km<sup>2</sup> (2.5 %). Der höchste Punkt befindet sich in der Nähe von Ahorn auf 1119 m ü.M., der tiefste Punkt beim Häberenbad auf ca. 597 m ü.M.

Die Untersuchungen wurden hauptsächlich im Rotbachtal zwischen Dürrenroth und Huttwil und im Eriswiltal zwischen Huttwil und Eriswil durchgeführt.

## 1.4 Untersuchungsablauf

### 1.4.1 Einbezug vorhandener Untersuchungen

Der grösste Teil der von der Geologischen Dokumentationsstelle des WEA gesammelten umfangreichen Unterlagen bezieht sich auf oberflächennahe Baugrunduntersuchungen im überbauten Bereich des Untersuchungsgebiets. Für die Untersuchungen im Rahmen der Hydrogeologie Oberes Langetal und Rotbachtal waren daher nur wenige Bohrresultate und Baugrundaufschlüsse von öffentlichen und privaten Bauten, vor allem aber die hydrogeologischen Untersuchungsergebnisse von öffentlichen Wasserversorgungen und die Messdaten öffentlicher Institutionen von Bedeutung. Insbesondere zu erwähnen sind:

- Elektrizitäts- und Wasserwerke Huttwil, Schutzzonenvorschlag für die Grundwasserfassung "Fiechten" in Huttwil [4]
- Wasserversorgung der Gemeinde Affoltern i. E., Bericht über die Grundwasserprospektion bei Häusernmoos [5]
- Wasserversorgung der Gemeinde Eriswil, Grundwasserfassung Tschäppelmatte, Zwischenbericht [6] und Schlussbericht [7]
- Klima- und Niederschlagsdaten der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt [8]
- Abflussdaten der Messstation Häberenberg (Langete) der Landeshydrologie [9]
- Daten von öffentlichen und privaten Wasserversorgungen über Grundwasserentnahmemengen, Quellschüttungen und Wasserstände.

Herr Dr. J. Wanner, Geologe, bearbeitet im Auftrage der Landeshydrologie und -geologie seit einigen Jahren das Blatt Sumiswald für den Geologischen Atlas der Schweiz [25]. Seine bisherigen geologischen Aufnahmen und Erkenntnisse konnten in verdankenswerter Weise in die Untersuchungen einbezogen werden.

### 1.4.2 Generelles Vorgehen

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

Mit umfangreichen elektromagnetischen VLF-Messungen (VLF: Very low frequency; vgl. [18]) im Gebiet zwischen Weier und Huttwil wurden vorerst der Grundwasserleiter generell abgegrenzt und erste Bohrstandorte festgelegt. Dabei zeigte sich, dass mit sehr tiefen Sondierbohrungen gerechnet, die Zahl der Bohrungen daher aus Kostengründen reduziert und die Abgrenzung des Grundwasserleiters über weite Strecken mit VLF-Messungen relativ generell vorgenommen werden musste.

Die Sondierbohrungen ermöglichten, Daten über den Grundwasserleiter und den Grundwasserstauer zu erheben und Messstellen zu schaffen für

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

Im Bereich kleiner Flurabstände (Mächtigkeit der Sedimente zwischen Terrainoberfläche und Grundwasserspiegel < ca. 8 m) wurden Piezometerrohre gerammt und die Grundwasserstände periodisch gemessen.

Mit Abstichpunkten und 3 Abflussmessstationen wurden die Oberflächenwasserstände und Abflussmengen vor allem der Wyssachen und des Rotbaches erfasst, mit Temperatur- sowie Differenzabflussmessungen die In- und Exfiltrationsstrecken abgegrenzt, d.h. die Wechselbeziehungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser erfasst.

Der Aufbau des Messstellennetzes erfolgte parallel zu den Feldarbeiten, Feldversuchen, Messungen und Zwischenauswertungen. Die kontinuierliche Erhebung von Messwerten an Grund- und Oberflächengewässern konzentrierte sich vor allem auf die Jahre 1987/88.

Das Grundwassermodell Rotbachtal wurde für die Jahresmittelwerte 1988 und die Simultanmessung vom 30. September 1988 stationär geeicht.

Die massgebenden vier physikalisch-chemischen Untersuchungskampagnen fanden zwischen März 1988 und Januar 1990 statt. Die Probenahmen erfolgten vor allem in den neuerstellten Bohrungen und der Grundwasserfassung Fiechte der Gemeinde Huttwil.

Anfang 1990 übernahm das WEA die Schreibpegel der zwei Grundwasserstands-Messstationen HUB51 und HUB53 sowie der Abflussmengenmessstation ROTQ1 in das Netz der permanenten hydrometrischen Stationen des Kantons Bern [22].

## 1.5 Bearbeiter

Die Untersuchungen wurden geleitet von Dr. R.V. Blau, Stabsstelle Geologie des kantonalen Wasser- und Energiewirtschaftsamtes (WEA). Er bearbeitete auch die geologischen Fragen. Für den Programmablauf, die Bauleitung der Fremdarbeiten, die Erstellung der Messstellen, die Feldversuche, die Datenerhebung und -verarbeitung, den Aufbau des numerischen Grundwassermodells, die übrigen hydrologischen Auswertungen und Darstellungen war das Ingenieur- und Studienbüro A. Werner, dipl. Ing. ETH zuständig, vor allem: A. Werner und M. Oberholzer (seit 1989 im kantonalen Gewässerschutzamt St. Gallen), dipl. Ing. ETH-Z; F. Lüthi, P. Biedermann, R. Bigler, dipl. Ing. HTL; W. Balmer, dipl. Geologe; R. Ryser, R. Marx sowie Frau S. Nolte und L. Suter.

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

Die physikalisch-chemischen Analysen besorgte grösstenteils das Kantonale Laboratorium für Lebensmittel- und Trinkwasserkontrolle teilweise auch das Kantonale Gewässerschutzlaboratorium und das Labor Dr. Meyer AG, Bern.

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

## 1.6 Dokumentation der Untersuchungsergebnisse

Während der Untersuchungsperiode wurde in drei Zwischenberichten periodisch über wichtige Teilergebnisse berichtet [1], [2], [3]. Insbesondere wurden in den Zwischenberichten folgende Untersuchungsbereiche detailliert behandelt:

- Zwischenbericht 1985 [1]: VLF-Messungen, Seismische Messungen, Sondierbohrungen HUB50, HUB51, HUB52
- Zwischenbericht 1986 [2]: Abfluss- und Differenzmessungen
- Zwischenbericht 1987 [3]: Sondierbohrungen HUB53, HUB54, HUB55, DUB50, Gefahrenherde

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

Bekanntlich erhält für die hydrogeologische Dokumentation des Wasser- und Energiewirtschaftsamtes jedes Feldobjekt (Messstelle, Bohrung, Fassung usw.) eine koordinatenbezogene WEA-Nummer, z.B. 625.231/1 (letzte Zahl als fortlaufende Ordnungsnummer). Die in die Untersuchungen einbezogenen Objekte werden zudem mit einer fünfstelligen Feld- bzw. Kurzbezeichnung versehen, z.B. HUB51. Im Textteil des Berichtes wird die Kurzbezeichnung verwendet, in den Beilagen 1, 2 jeweils die Ordnungsnummer der WEA-Bezeichnung. In den Tabellen werden die Objekte mit der Kurzbezeichnung und teilweise auch mit der WEA-Nummer angegeben oder es wird auf Tabellen verwiesen, aus denen der Bezug der beiden Bezeichnungen ersehen werden kann.

## 2. HYDROGEOLOGIE

### 2.1 VLF - Messungen

Das 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 [18]. 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 Empfängerantenne 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 vor allem im Rotbachtal zwischen Huttwil und Häusermoos, im Mündungsbereich der südlich angrenzenden Täler von Huebbach, Fluebach und Wyssachen, im Eriswital und östlich von Huttwil vorgenommen. Im dicht überbauten Gebiet von Huttwil blieben die VLF-Messungen sehr lückenhaft.

Eine lokale Ergänzung der VLF-Messungen mit Hammer-Seismik drängte sich vor allem im Huttwilwald auf, um bessere Hinweise auf die Schichtgrenze zwischen Fest- und Lockergesteinen bei späteren Bohrstandorten zu erhalten. Mit einem Hammerschlag auf eine Stahlplatte, die satt auf der Erdoberfläche aufliegt, wird im Untergrund ein Schallimpuls erzeugt, der sich je nach Material mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ausbreitet. An Schichtgrenzen wird ein Teil der Schallwellen Richtung Erdoberfläche reflektiert. Mit einer in Reihe ausgelegten Serie von Geophonen (sehr empfindliche Mikrophone) lässt sich die Laufzeit des Schallimpulses im Boden messen und daraus auf den Aufbau des Untergrundes und die Schichtgrenzen schliessen.

Auf die Messverfahren, Messergebnisse, Auswertungen und Interpretation wird an dieser Stelle nicht mehr näher eingegangen. In den Zwischenberichten [1], [2], [3] und in der entsprechenden Literatur [18] sind sie grösstenteils detailliert beschrieben. Die Abgrenzung des Grundwasserleiters in Beilage 2 basiert zu einem wesentlichen Teil auf diesen Resultaten.

### 2.2 Sondierbohrungen

Sondierbohrungen bilden die wichtigste Quelle für detaillierte Informationen über den Profilaufbau des Untergrundes und die Oberfläche des Grundwasserstauers. Sie ermöglichen zudem massgebende Messstellen zur Ermittlung der Grundwasserstände, der Strömungsverhältnisse und der Eigenschaften des Grundwasservorkommens zu erhalten.

Im Untersuchungsgebiet gab es nur wenige Sondierbohrungen, die in die Untersuchungen einbezogen werden konnten. Neue Bohrungen mussten infolge der grossen erforderlichen Bohrtiefe auf 9 Stück beschränkt werden. Im folgenden werden vorerst die wichtigsten Daten der interessantesten bestehenden Bohrungen und anschliessend der neuen zusammengestellt.

### 2.2.1 Bestehende Sondierbohrungen

Für die Ausarbeitung der Schutzzone der Grundwasserfassung Fiechte der Gemeinde Huttwil wurden 1970 3 Sondierbohrungen abgetieft [4]. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Bohrresultate. Die Standorte der Bohrungen sind in Beilage 1 und 2, einzelne Bezeichnungen in Figur 2.0 ersichtlich.

Tabelle 2.1 Huttwil, Fiechte, Zusammenstellung der wichtigsten Bohrresultate

Feld- bezeichnung	WEA- Nummer	Erstellungsjahr	Bohr- Koordinaten	OK Terrain	UK Deck- schicht	OK Stauer	OK Molasse	UK Bohrung
			[m]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]
RB1	629/218.3	1970	629832/218050	628.7	626.0	586.2	n.e.	570.7
RB2	629/218.4	1970	629751/218036	629.2	626.5	n.e.	n.e.	616.7
RB3	629/218.5	1970	629720/218125	615.8	613.4	597.7	588.65	582.7

n.e. = nicht erreicht

Die Grundwasserprospektion für die Gemeinde Affoltern i.E. [5] in den Jahren 1973 und 1974 im Gebiet Häusernmoos führte u.a. zur Abtiefung von zwei Bohrungen. Bohrung 1 (623/213.3) wurde bis 77 m unter Terrain vorgetrieben, ohne die Molasse zu erreichen. Die durchfahrenen Seeablagerungen und Moränen waren schlecht durchlässig und führten nicht oder nur bedingt Wasser. Die zweite, bis 33 m abgetieft Bohrung (623/213.4) gab mit einer ca. 13 m mächtigen siltigen Kiesschicht zwischen ca. 7 und 20 m unter Terrain und Durchlässigkeitsbeiwerten von 0.05 bis 0.07 mm/s Hoffnung für eine Grundwassernutzung. Die Grundwasserqualität liess eine Nutzung als Trinkwasser jedoch nicht zu.

Für die Grundwasserprospektion der Wasserversorgung der Gemeinde Eriswil wurden 1982 im Eriswital 3 Sondierbohrungen abgetieft [6], [7]. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Bohrresultate. Die Lage der Bohrungen geht aus den Beilagen 1 und 2 hervor.

Tabelle 2.2 Eriswiltal, Tschäppelmatt, Zusammenstellung der wichtigsten Bohrresultate

Feld- bezeichnung	WEA- Nummer	Erstellungsjahr	Bohr- Koordinaten	OK Terrain	UK Deck- schicht	OK Stauer	OK Molasse	UK Bohrung
			[m]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]
EHB01	631/215.16	1982	631370/215890	700.70	698.60	680.70	676.50	674.70
EHB02	631/216.10	1982	631505/216815	679.40	675.30	656.70.	652.70	651.40
EHB03	631/215.15	1982	631410/215625	706.10	705.40	684.10	684.10	681.10

### 2.2.2 Neue Sondierbohrungen

Von 1985 bis 1988 wurden 9 Sondierbohrungen mit dem Rotationskern-Bohrverfahren abgetieft. Ihre Standorte sind aus den Beilagen 1 und 2 ersichtlich. Alle liegen im Grundwasserleiter zwischen Dürrenroth und Huttwil. Die sieben bis 1987 erstellten Bohrungen HUB50, HUB51, HUB52, HUB53, HUB54, HUB55 und DUB50 wurden bereits in den Zwischenberichten 1985 und 1987 [1], [3] eingehend dokumentiert. Ihre Bohrprofile sind wie auch diejenigen der beiden 1988 erstellten Bohrungen HUB56 und HUB57 im Anhang abgebildet und werden in der Dokumentationsstelle des WEA archiviert.

Die Tabelle 2.3 gibt einen Überblick über die wichtigsten Bohrresultate.

Tabelle 2.3 Daten der WEA-Bohrungen

Feld- bezeichnung	WEA- Nummer	Erstellungsjahr	Bohr- Koordinaten	OK Terrain	UK Deck- schichten	OK Stauer	OK Molasse	UK Bohrung
			[m]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]
HUB50	629/217.28	1985	629605/217030	637.60	keine	571.80	n.e.	564.80
HUB51	629/216.12	1985	629435/216875	654.50	653.70	n.e.	n.e.	584.50
HUB52	628/216.17	1986	628885/216555	653.40	619.20	586.60	n.e.	582.40
HUB53	629/217.32	1987	629780/217645	640.10	637.80	577.60	n.e.	561.10
HUB54	629/216.14	1987	629600/216760	655.90	654.10	619.50	n.e.	601.90
HUB55	629/216.11	1987	629270/216980	650.70	keine	623.60	621.90	616.70
HUB56	629/217.31	1988	629625/217460	644.00	639.20	610.40	609.70	605.00
HUB57	629/216.13	1988	629440/216405	667.70	663.50	623.20	n.e.	617.70
DUB50	628/216.15	1987	628175/216025	656.20	624.40	592.20	n.e.	585.20

n.e. = nicht erreicht

Die einzelnen Bereiche, die in Figur 2.0 ersichtlich und deren Höhenbegrenzungen in Tabelle 2.3 aufgeführt sind, lassen sich generell wie folgt charakterisieren:

- Deckschichten:** vorwiegend sandige Stillwassersedimente, vereinzelt durchsetzt mit Schotterschichten (im allgemeinen Kies, sandig, leicht siltig mit vereinzelt Steinen) (Oberkante Terrain bis Unterkante Deckschichten),
- Grundwasserleiter:** sandiger bis stark sandiger, leicht siltiger bis siltiger Kies im allgemeinen mit Komponenten der Steinfraktion (Schotter), (UK Deckschicht bis OK Stauer),
- Grundwasserstauer:** hauptsächlich feinkörnige, sehr schlecht durchlässige siltige bis stark siltige Sande oder Feinsande, stellenweise mit zahlreichen Komponenten der Kies- und Steinfraktion (Moräne, Stillwassersedimente), sowie Sandsteine (Molasse)

Die Bohrung HUB51 erreichte den Grundwasserstauer nicht.

### 2.3 Verlauf des Grundwasserstauers

Die Oberfläche des Grundwasserstauers, im folgenden kurz auch Stauerfläche 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 punktuell mit Sondierungen, vor allem mit kostspieligen Bohrungen, in günstigen Fällen generell mit geophysikalischen Methoden (z.B. VLF-Messungen) und vor allem an den Talflanken mit geologischen Feldaufnahmen erfolgen. Die entsprechenden Resultate werden normalerweise zu sog. Stauerkarten verarbeitet, in denen mit Höhenkurven, sog. Isohypsen, die Oberfläche des Grundwasserstauers nachgebildet wird.

Die seitliche Begrenzung des Grundwasservorkommens ist vor allem aufgrund der VLF-Messungen, einer Molassekartierung [1], des bestehenden [26] und in Ausarbeitung befindlichen geologischen Kartenmaterials [25] bestimmt worden. Für tiefe Bereiche der Staueroberfläche konnten lediglich generelle Hinweise aus den VLF-Messungen und die exakten Koten der wenigen Bohrpunkte herangezogen werden.

Die Unterlagen reichten nur für das Hauptgrundwasservorkommen des Untersuchungsgebietes im Rotbachtal zwischen Schweinbrunnen und Huttwil aus, einigermaßen gesicherte Isohypsen der Staueroberfläche zu konstruieren. Das Grundwasservorkommen ist ca. 3 km lang und weist eine Gesamtfläche von ca. 0.8 km<sup>2</sup> auf. Die Breite variiert zwischen 0.05 und 0.6 km. Beilage 2 zeigt die seitliche Begrenzung des Grundwasserleiters, die Isohypsen der Staueroberfläche und drei geologische Querprofile (vgl. Abschnitt 2.5) für dieses Gebiet.

Oberhalb Schweinbrunnen bis Weier sind den VLF-Messungen zufolge keine nennenswerten Grundwasservorkommen vorhanden [1].

Für das Eriswiltal wurde in Beilage 2 lediglich die seitliche Begrenzung des Grundwasserleiters angegeben. Punktuelle Stauerkoten sind bei den Standorten der drei Bohrungen [6], [7] ersichtlich. Das Grundwasservorkommen im Eriswiltal ist ca. 2.8 km lang, ca. 0.01 bis 0.17 km breit und erstreckt sich über ca. 0.27 km<sup>2</sup>.

Die Fortsetzung des Grundwasserleiters aus dem Eriswiltal ins Gebiet von Huttwil konnte mit dem möglichen Untersuchungsaufwand nicht exakt bestimmt werden. Aufgrund der VLF-Messungen ist ein Verlauf nach Norden (Hindermoos) auszuschliessen. Somit dürfte sich der Grundwasserleiter des Eriswiltals mit demjenigen des Rotbachtals vereinen.

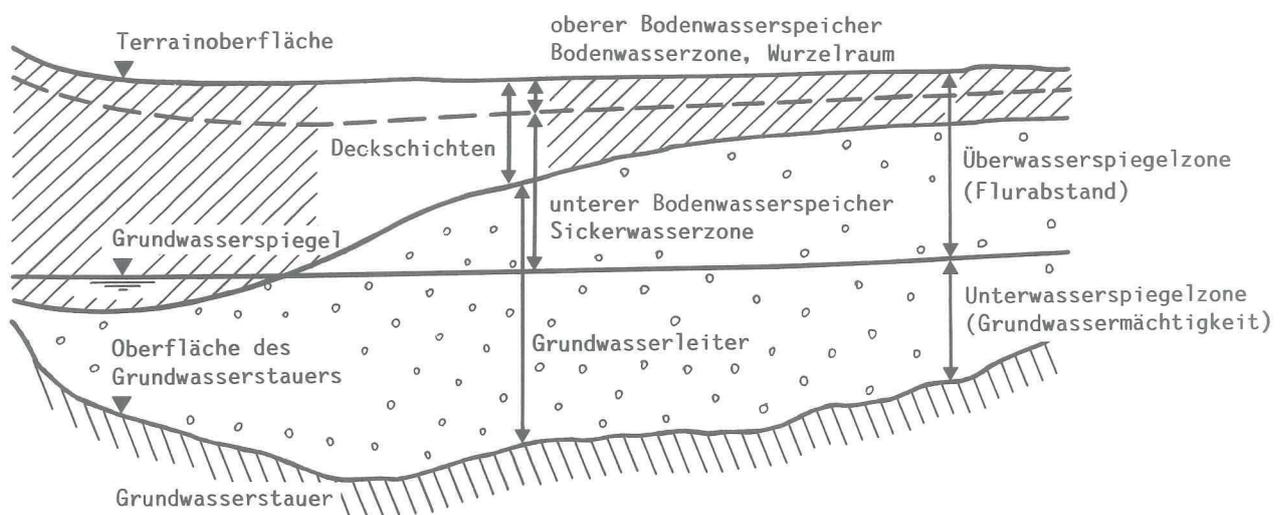
### 2.4 Deckschicht und Grundwassermächtigkeit

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, ungefähr 1 m mächtige Bodenwasserzone entspricht dem von der Vegetation durchwurzelten Bereich. Im Zusammenhang mit der Speicherung der Niederschläge wird sie als oberer Bodenwasserspeicher bezeichnet. Deckschichten werden die feinkörnigen Schichten des Untergrundes genannt, die 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 2.0 zeigt schematisch einen Schnitt durch ein Lockergesteins-Grundwasservorkommen und die kurz beschriebenen Begriffe.

Figur 2.0 Schematischer Schnitt durch ein Lockergesteins-Grundwasservorkommen



Die oberflächennahen feinkörnigen und daher schlecht durchlässigen Deckschichten können den Eintrag einzelner Schadstoffe von der Oberfläche ins Grundwasser teilweise verhindern oder zeitlich verzögern und dämpfen. Damit ihre Schutzfunktion bedeutungsvoll ist, sollten sie jedoch mindestens einige Meter mächtig sein.

Die Mächtigkeit der Deckschichten im Hauptgrundwasservorkommen des Untersuchungsgebietes zwischen Schweinbrunnen und Huttwil ist sehr unterschiedlich (vgl. Tab. 2.1, 2.3 und 2.4). Bei den Bohrungen DUB50 und HUB52 beträgt sie mehr als 30 m, bei den übrigen Bohrungen weniger als 5 m. Im oberen Teil des Grundwasservorkommens tauchen die Deckschichten somit wesentlich unter den Grundwasserspiegel.

Im Eriswiltal liegt die Mächtigkeit der Deckschichten bei den drei Bohrpunkten zwischen 0.7 m und 4.1 m (vgl. auch Tab. 2.2).

Bei den Bohrpunkten im Rotbachtal beträgt die grösste Mächtigkeit des grundwasserführenden Schotterkörpers über 50 m und ist damit ausserordentlich gross. Im Eriswiltal variiert sie zwischen ca. 17 und 18 m.

Die Flurabstände sind im Rotbachtal grösstenteils ebenfalls gross; im unteren Teil des Grundwasservorkommens örtlich teilweise jedoch sehr klein (vgl. Abschnitte 6.1.3). Im Eriswiltal betragen sie bei den Bohrpunkten ca. 3 m bis 6 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	GW-Stand 30.09.88*  [m ü.M.]	Deckschicht- mächtigkeit  [m]	Flur- abstand  [m]	GW- Mächtigkeit  [m]
HUB50	629/217.28	626.10	0.0	11.5	54.3
HUB51	629/216.12	629.09	0.8	25.4	>44.6
HUB52	628/216.17	633.47	34.2	19.9	46.9
HUB53	629/217.32	622.45	2.3	17.7	44.9
HUB54	629/216.14	629.60	1.8	26.3	10.1
HUB55	629/216.11	630.94	0.0	19.8	7.3
HUB56	629/217.31	623.75	4.8	20.3	13.4
HUB57	629/216.13	632.05	4.2	35.7	8.9
DUB50	628/216.15	638.26	31.8	17.9	46.1
RB1	629/218.3	(620.5)	2.7	8.3	34.3
RB2	629/218.4	(620.2)	2.7	9.0	> 3.0
RB3	629/218.5	(615.5)	2.4	0.3	17.8
EHB01	631/215.16	(698.0)	2.1	2.7	17.3
EHB02	631/217.10	(673.5)	4.1	5.9	16.8
EHB03	631/215.15	(702.5)	0.7	3.6	18.4

\* Werte in Klammern aus Bohrprofilen

## 2.5 Geologische Querprofile

Nähere Angaben über die generell beschriebenen Stauer-, Deckschicht- und Grundwasserleitungsverhältnisse werden im folgenden für 3 Querprofile gegeben; vgl. Profilkonstruktionen, Masstab 1:10000/2000, 5-fach überhöht, in Beilage 2.

Die Achsen der Querprofile wurden nach hydrogeologischen Gesichtspunkten ausgewählt. Das geologische Profil I Huttwilwald fällt mit dem Bilanzierungsprofil zusammen (vgl. Abschnitt 6.1.4). Die Beschreibung stützt sich auf Bohrungen bis maximal 100 m neben den Profillinien, die Isohypsenkarte des Stauers und des Grundwasserspiegels (vgl. Beilage 2), die im Rahmen der Grundlagenbeschaffung durchgeführten elektromagnetischen Messungen und Molassekartierungen [1] sowie auf Aufnahmen für den geologischen Atlas der Schweiz [25, 26].

Die heutige Talform des Rotbachtals spiegelt die mehrphasige fluvio-glaziale Erosionstätigkeit während den Eiszeiten wider. In einer ersten Phase wurde durch glaziale Erosion in den Molasseablagerungen ein Trogtal gebildet. In der Risseiszeit übernimmt dieses Tal die SW-NE gerichtete randglaziale Entwässerung. Es bildete sich am Grunde dieses Troges durch fluviale Erosion eine übertiefte Rinne, welche sich von Huttwil bis Dürrenroth erstreckt. Beim nachfolgenden Vorstoss des Gletschers wurde diese Rinne zuerst mit feinkörnigen Sedimenten und verschwemmter Moräne und später beim Gletscherrückzug mit Schottern (Zellerschotter) aufgefüllt. Während der Würmeiszeit war das ganze Gebiet eisfrei. Der Rotbach wurde im Laufe der Zeit immer weiter gegen Nordwesten in seine heutige Position gedrängt [25].

### Geologisches Querprofil I: Huttwilwald

Das Profil I wurde aufgrund der Interpretation der Gesteinskerne der Bohrungen HUB55 (629/216.11), HUB51 (629/216.12) und HUB54 (629/216.14) konstruiert. Zusätzlich sind die weiteren verfügbaren Informationen (vgl. oben) berücksichtigt worden.

Die Molasse (Sandsteine und Nagelfuh der Oberen Meeresmolasse/m3) ist im Bereich der Profillinie sowohl am nordwestlichen (Schwarzenbachberg) als auch südwestlichen Talrand (Buelmatte/Gummen), sowie im Bachbett des Rotbaches bzw. der Wyssachen entweder aufgeschlossen oder von geringmächtigen postglazialen Sedimenten bedeckt. Im Bereich des Grundwasserleiters, welcher vollständig unter dem Huttwilwald liegt, wurde sie nur in der Bohrung HUB55 (629/216.11) angebohrt. Dort wirkt sie auch lokal als Grundwasserstauer. Sie bildet die Sohle des bis 1000 m breiten Trogtales. In dieses ist eine Rinne einerodiert, sie misst an ihrer breitesten Stelle etwa 500 m und weist eine Tiefe von mehr als 60 m auf. Die fluvio-glazialen Ablagerungen, deren Mächtigkeit weit über 75 m beträgt, füllen die ganze Rinne aus und überdecken zusätzlich noch Teile der Trogschultern.

Über der Molasse (m3) folgen im Bereich der Rinne eiszeitliche Sande (q3m) von unbestimmter Mächtigkeit, vorwiegend bestehend aus Fein- bis Mittelsand, sauber bis siltig mit vereinzelt bis zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion und vereinzelt Steinen; stellenweise ist eine Schichtung zu erkennen. Es handelt sich wahrscheinlich um verschwemmte Moränen wechsellagernd mit Stillwassersedimenten. Aufgrund ihres hohen Feinanteils wirken sie als Grundwasserstauer.

Der Grundwasserleiter besteht, abgesehen von einer lokal ausgebildeten geringmächtigen sandig-siltigen Deckschicht (Bohrungen 629/216.12 und 14), aus heterogenen Schottern (Zellerschotter/q3sz). Überwiegend handelt es sich dabei um Kies, der sandig bis stark sandig, sauber bis siltig sein kann und Steine der verschiedensten Durchmesser bis maximal 20 cm enthält. Untergeordnet treten im Hangenden vereinzelt geringmächtige Sandlagen auf.

Beim Rotbach wie auch bei der Wyssachen, welche direkt auf der Molasse fließen, sind diese Schotter bis auf die Molasse wegerodiert. Die Talrinnen sind teilweise mit geringmächtigem alluvialen Schwemmaterial, vorwiegend siltige, feinsandige Schotter mit Silteinlagerungen (a), bedeckt.

#### Geologisches Querprofil II: Schwarzenbach

Wie in Querprofil I, Huttwilwald, ist die Molasse auch hier an den Talrändern und im Bett des Rotbaches bzw. der Wyssachen aufgeschlossen. Bei der innerhalb des Grundwasserleiters abgeteufte Bohrung HUB53 (629/217.32) wurde sie selbst auf Kote 561.1 m ü. M nicht erbohrt. Die Molasseoberfläche wurde deshalb gestützt auf die elektromagnetischen Messungen und anlehnend an Profil I konstruiert. Die übertiefte fluvioglaziale Rinne ist hier maximal 300 m breit und über 60 m tief. Die quartären Ablagerungen sind mehr als 80 m mächtig.

Über den Molassesedimenten (m3) folgen in der Rinne eiszeitliche Sande (q3m), vorwiegend Feinsand, leicht siltig bis siltig, mit Komponenten der Kiesfraktion und vereinzelt gekritzten Geröllen und Nagelfluhblöcken (? Schutt von den angrenzenden Hängen). Sie füllen den tiefsten Bereich der Rinne aus und entsprechen in Alter und Genese den verschwemmten Moränen und Stillwassersedimenten in Profil I. Sie besitzen eine maximale Mächtigkeit von über 17 m und wirken auch hier als Grundwasserstauer.

Diese eiszeitlichen Sedimente werden von maximal 60 m mächtigen, heterogenen Zellerschottern (q3sz) überlagert. Diese Schotter bestehen hauptsächlich aus sandigem bis stark sandigem, leicht siltigem, stellenweise auch sauberem Kies, der Steine mit Durchmesser bis maximal 20 cm enthält. Wiederum treten im Hangenden feinkörnige geringmächtige Sandlagen auf.

Über den Zellerschottern liegt im Bereich der Bohrung 629/217.32 eine geringmächtige Deckschicht (a), bestehend aus stellenweise geschichtetem Fein- bis Mittelsand.

Wie auch im Querprofil I, Huttwilwald, wurden im nordwestlichen Teil des Tales die mächtigen Schotter (q3sz) bis auf die Molasse aberodiert und durch alluviales Schwemmaterial (a) des Rotbaches und der Wyssachen ersetzt.

#### Geologisches Querprofil III: Fiechte

Es zeigt die geologischen Verhältnisse in der Umgebung der Fassung "Fiechte" (629/218.22), und im südöstlich anschliessenden Trogtal sowie im Quellgebiet beim Rotbach.

Der Verlauf der Molasseoberfläche ist nur vom Widisberg im NW bis zur Bohrung 629/218.5 bekannt. Im SE ist die Molasse erst ausserhalb des Profilsbereiches am Schlüechi wieder aufgeschlossen. Die Trogtalform ist wie bei den beiden vorhergehenden Profilen gut zu erkennen. Im Gegensatz zu ihnen ist hier die später eingefressene Rinne aber breiter (500 m) und weniger tief (30 - 40 m). Die Mächtigkeit der quartären Ablagerungen beträgt noch über 50 m.

Aufgrund der beiden im Bereich der "Fiechte" abgeteufte Bohrungen 629/218.3 und 629/218.5 lässt sich der geologische Bau wie folgt beschreiben:

Bei der Fassung folgen über den auf Kote 575.7 m ü.M erbohrten miozänen Sandsteinen und Mergeln (m3) mächtige Silt-Sande (q3m?). Sie wirken als Grundwasserstauer. Darüber folgen bis 22 m mächtige (Bohrung 629/218.5) Zellerschotter (q3sz), bestehend aus Kies, der sandig, siltig bis stark siltig ist und vereinzelt Steine führt. Untergeordnet treten Lagen von Fein- bis Mittelsanden, sauber bis siltig, mit Komponenten der Kiesfraktion auf. Der Rotbach hat im Nordwesten diese Schotter abgetragen; es finden sich an ihrer Stelle geringmächtige holozäne Ablagerungen.

## 2.6 Durchlässigkeitsverhältnisse

Der Durchlässigkeitsbeiwert bzw. k-Wert ist das Mass für die Wasserdurchlässigkeit des Grundwasserleiters. Er entspricht der Grundwassermenge, welche pro Zeiteinheit [ $m^3/s$ ] durch die Fläche von  $1 m^2$  bei einem hydraulischen Gefälle von 1 fließt und hat damit die Dimension von m/s oder mm/s.

Die Bestimmung der Durchlässigkeitsverhältnisse im Grundwasserleiter erfolgt am zuverlässigsten mit Kleinpumpversuchen, kombiniert mit Flowmetermessungen in verfilterten Sondierbohrungen [10], [16], [24]. Kleinpumpversuche ermöglichen die Erfassung des Profil-k-Wertes, zusammen mit Flowmetermessungen können die k-Werte bereichsweise bestimmt werden. Bereichs-k-Werte zeigen die vertikale Verteilung der horizontalen Durchlässigkeiten. Im weiteren werden die Vertikalströmungen im Filterrohr erfasst und daraus Druckunterschiede im Grundwasserleiter errechnet.

Mit Ausnahme der Bohrung HUB55 wurden in allen neuerstellten Bohrungen sowie in der verfilterten bestehenden im Eriswital (EHB01) Kleinpumpversuche kombiniert mit Flowmetermessungen durchgeführt. Die detaillierten Auswertungen können den Zwischenberichten 1985 und 1987 [1], [3] entnommen werden. Die wichtigsten Resultate dieser Versuche sind in Tabelle 2.5 zusammengefasst.

Tabelle 2.5 Zusammenstellung der wichtigsten Resultate der Kleinpumpversuche und Flowmetermessungen

Feld- bezeichnung	WEA- Nummer	GW-Stand	mass- gebende GW- Mächtigkeit	max. Bereichs- k-Wert	Profil- k-Wert	Trans- missivität	max. Vertikal- strömung	max. Druck- unter- schied
		[m ü.M.]	[m]	[mm/s]	[mm/s]	[ $10^{-3}m^2/s$ ]	[l/s]	[m]
HUB50	629/217.28	625.84	41.7	7.0	0.67	28.0	-4.1	2.17
HUB51	629/216.12	628.92	>33.1	3.1	0.59	>19.5	-2.4	1.41
HUB52	628/216.17	632.49	47.3	4.8	0.55	25.8	+0.8	0.32
HUB53	629/217.32	622.50	44.9	9.6	1.07	47.9	-1.5	0.35
HUB54	629/216.14	629.93	10.4	1.2	0.49	5.1	0.0	0.00
HUB55	629/216.11	630.94	7.5	k.F	0.02	0.2	k.F	k.F
HUB56	629/217.31	623.88	13.1	3.9	0.50	6.7	-0.6	0.78
HUB57	629/216.13	632.93	9.3	1.8	0.64	6.0	-0.4	0.30
DUB50	628/216.15	638.28	>47.4	2.7	0.47	>22.5	+0.6	0.44
EHB01	631/215.16	697.95	17.3	3.7	0.65	11.3	+0.2	0.32

k.F: keine Flowmetermessungen möglich

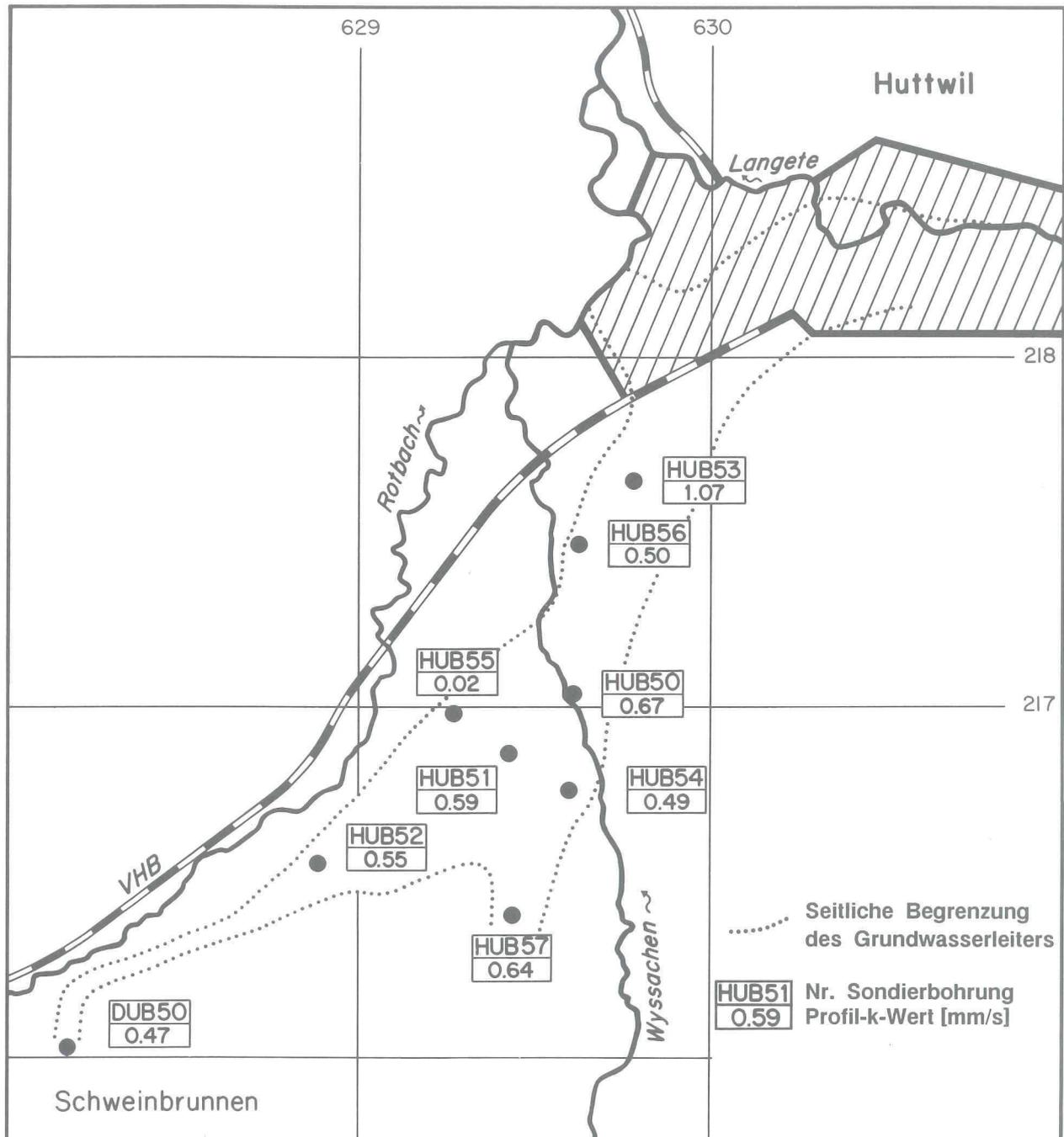
Im folgenden werden die einzelnen Spalten von Tabelle 2.5 kurz erläutert:

- GW-Stand: Grundwasserstand unmittelbar vor der Durchführung des Kleinpumpversuchs
- massgebende GW-Mächtigkeit: Mächtigkeit der Unterwasserspiegelzone innerhalb des verfilterten Bereiches
- 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 Ruhedruckes im Grundwasserleiter aufgrund der Flowmetermessungen

Die Bereichs- und die Profil-k-Werte sind im Vergleich zu denjenigen von benachbarten Grundwasservorkommen (z.B. Mittleres und Unteres Langetetal, Emmental) klein. Im Hauptgrundwasservorkommen erreichen die Profil-k-Werte, die am schlechtesten durchlässige Bohrung HUB55 ausgenommen, lediglich ca. 0.5 bis 1 mm/s. Im Eriswiltal liegt der entsprechende Wert bei 0.65 mm/s. Die Durchlässigkeitsverhältnisse sind damit recht einheitlich.

Die Figur 2.1 gibt einen Überblick über die lagemässige Verteilung der Profil-k-Werte im Hauptgrundwasservorkommen zwischen Schweinbrunnen und Huttwil.

Figur 2.1 Profil-k-Werte in mm/s der neuerstellten Sondierbohrungen



### 3. HYDROMETRIE UND HYDROGRAPHIE

#### 3.1 Messstellennetz

Das hydrologische Messstellennetz besteht aus Messstellen zur Erhebung von Niederschlagssummen, Klimadaten, Grund- und Oberflächenwasserständen, Abflussmengen und zur Entnahme von Wasserproben für physikalisch-chemische Untersuchungen.

Bei der Messart wird unterschieden zwischen Einzelmessungen, Simultanmessungen 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 [10] 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 und mit horizontal-ebenen Grundwassermodellen berechnet wird [10]. Im Untersuchungsgebiet besteht praktisch kein Unterschied zwischen dem mittleren Potential und dem Grundwasserspiegel (bekannte Abweichungen grösstenteils kleiner als 5 cm).

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 [10]. Vertikalströmungen können ab einer gewissen Grösse mit Flowmetermessungen erfasst werden.

### 3.1.2 Umfang und Aufbau

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 viel zu klein. Vorerst wurden die wenigen 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 Messstellen ist aus der Beilage 2 ersichtlich.

Das gesamte Messstellennetz umfasste:

Tabelle 3.1 Anzahl Messstellen

Messstellen-Typ		Anzahl	vgl.Kap.
Meteorologie	Niederschlagsstationen	3	3.2.1
	Klimastationen	1	3.2.2
Oberflächenwasser	Wasserstandsabstichpunkte	16	3.3.1
	Abflussmengen-Messstellen	7	3.3.2
	Abflussmengen-Messstationen	4	3.3.2
Grundwasser	Piezometer	26	3.4.1
	Bohrungen	9	3.4.1



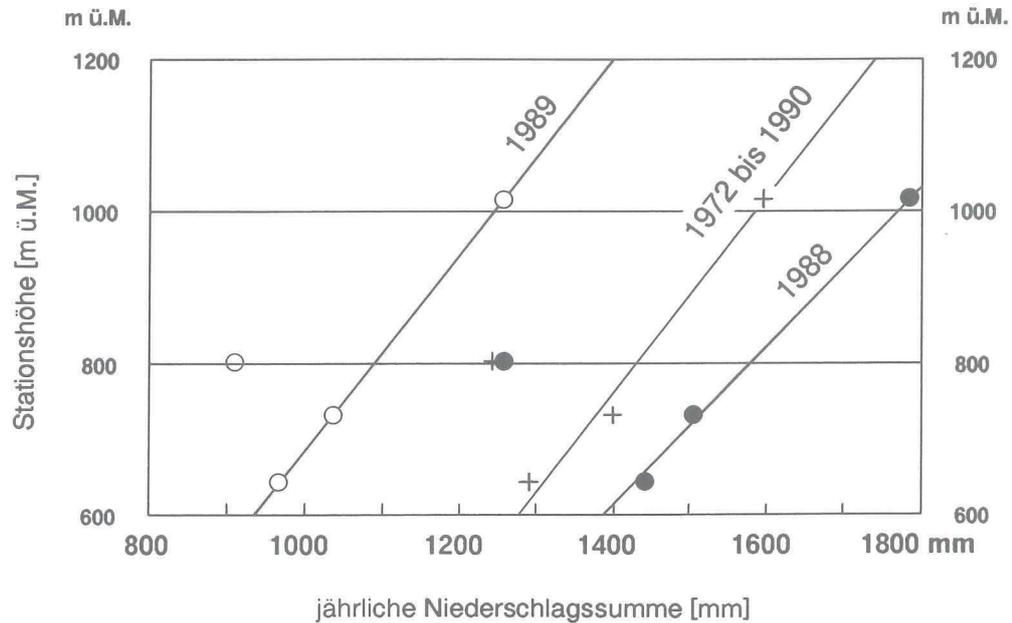
Die SMA-Klimastation Huttwil wird seit Mitte 1971 betrieben. In Tabelle 3.3 sind die Jahresniederschlagssummen der vier Stationen seit 1972 ersichtlich.

Tabelle 3.3 Jährliche Niederschlagssummen der Stationen Affoltern i.E., Eriswil, Ahorn und Huttwil 1972 bis 1990

Jahr	Jahresniederschlagssummen [mm]				
	Affoltern i.E.	Eriswil	Ahorn	Huttwil	Mittel
1972	1031	1219	1513	1162	1231
1973	979	1258	1505	1187	1232
1974	1080	1305	1486	1195	1266
1975	1223	1322	1494	1264	1325
1976	875	1050	1158	918	1000
1977	1308	1601	1746	1437	1523
1978	1294	1655	1706	1296	1487
1979	1408	1611	1855	1475	1587
1980	1408	1502	1746	1310	1491
1981	1590	1652	1812	1498	1638
1982	1432	1659	1664	1416	1542
1983	1278	1344	1440	1267	1332
1984	1353	1335	1555	1267	1377
1985	1129	1132	1442	1073	1194
1986	1464	1564	1839	1611	1619
1987	1367	1385	1705	1397	1463
1988	1258	1515	1784	1439	1498
1989	912	1037	1260	965	1043
1990	1288	1490	1739	1333	1462
Mittel	1246	1402	1603	1290	1385

Die Figur 3.1 zeigt einen Vergleich der Stationshöhen mit den Jahresniederschlagssummen für die Periode 1972 bis 1990, das relativ niederschlagsreiche Jahr 1988 und das niederschlagsarme Jahr 1989. Deutlich ist eine gewisse Höhenabhängigkeit der Niederschlagssummen zu erkennen, wobei jedoch die Station Affoltern i.E. im Vergleich zu ihrer Höhe eine zu kleine Niederschlagssumme aufweist. Die Station Affoltern i.E. liegt im Gegensatz zur Station Ahorn im Westwindschatten. Ihre relativ kleinen Niederschlagssummen deuten darauf hin, dass grosse Teile des Untersuchungsgebietes infolge der am Westrand verlaufenden Hügelzüge verhältnismässig niederschlagsarm sind.

Figur 3.1 Vergleich der Stationshöhen in m ü.M. mit den Niederschlagssummen der vier Stationen, Jahreswerte für 1988 (•) und für 1989 (o), Jahresmittelwerte für 1972 bis 1990 (+).



Als Grundlage für die Berechnungen in den Kapiteln 4 bis 6 müssen die Gebietsniederschläge für das gesamte Untersuchungsgebiet und für das Einzugsgebiet von Rot und Wyssachen bekannt sein (vgl. Beilage 1). Ihre Berechnung erfolgt für das niederschlagsreiche Jahr 1988 und das niederschlagsarme Jahr 1989. Dazu werden die Messwerte der einzelnen Stationen aufgrund der Standorte und Einflussbereiche gemäss den in der Tabelle 3.4 zusammengestellten Prozentpunkten gewichtet.

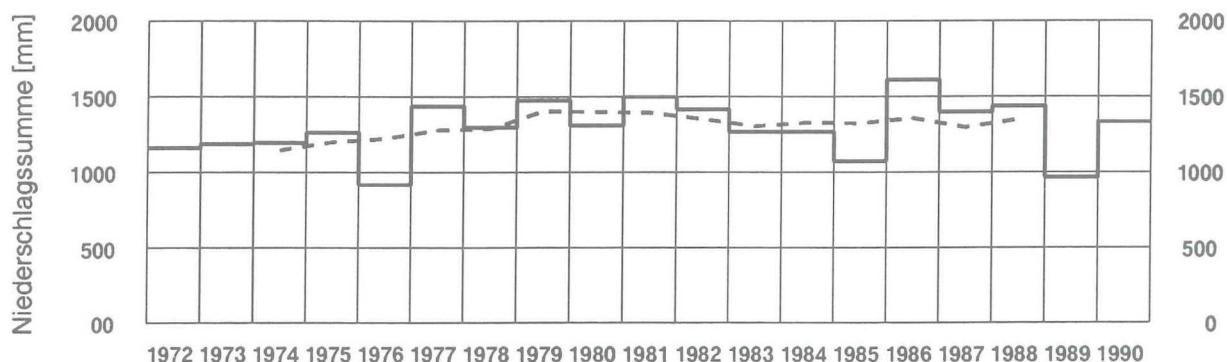
Tabelle 3.4 Gewichtung der Niederschlagsstationen

Niederschlagsstation	Gesamtes Untersuchungsgebiet (59.9 km <sup>2</sup> oberhalb LANQ1)	Einzugsgebiet von Rot und Wyssachen (39.5 km <sup>2</sup> , oberhalb ROTQ1)
Affoltern i.E.	60 %	10 %
Ahorn	-	-
Eriswil	20 %	10 %
Huttwil	20 %	80 %

Für die Berechnung der Grundwasserzu- und -wegflüsse und die stationäre Eichung des Grundwassermodells für das wichtigste Grundwasservorkommen im Untersuchungsgebiet (vgl. Kap. 4 und 5) sind vor allem die Niederschlagsmengen der Station Huttwil von Bedeutung. Im folgenden wird das Niederschlagsgeschehen der Klimastation Huttwil speziell analysiert. Die täglichen Niederschlagshöhen der Jahre 1985 bis 1990 der Station Huttwil wurden in Beilage 1 dargestellt.

Die Figur 3.2 zeigt die Niederschlagssummen der Klimastation Huttwil für die Jahre 1972 bis 1990, sowie das gleitende Mittel über 5 Jahre. Die Jahreswerte variieren zwischen ca. 1000 und 1500 mm. Auffallend sind die relativ kleinen Niederschlagssummen der Jahre 1972 bis 1976. Mittels Regressionsanalyse (lineare Regression) ergibt sich von 1972 bis 1990 ein durchschnittlicher Anstieg um 6.4 mm pro Jahr. Für diesen Trend dürften in erster Linie die bereits erwähnten Jahre 1972 bis 1976 verantwortlich sein. Allerdings ist die Messreihe zu kurz, um abgesicherte Aussagen über langfristige Veränderungen zu machen.

Figur 3.2 Niederschlagssummen der Klimastation Huttwil für die Jahre 1972 - 1990 (Stufendiagramm), gleitendes Mittel über 5 Jahre (Ganglinie)



Die Figur 3.3 zeigt die Häufigkeitsverteilung der jährlichen Niederschlagssummen (1972 bis 1990) der Station Huttwil. Die in die Untersuchungsperiode fallenden Bereiche wurden mit den entsprechenden Jahreszahlen markiert. Wie in Figur 3.2 sind die beachtlichen Unterschiede der Niederschlagssummen der beiden Jahre 1988 und 1989 auch hier zu erkennen.

Figur 3.3 Häufigkeitsverteilung der Niederschlagssummen für die Jahre 1972 - 1990 der Klimastation Huttwil.

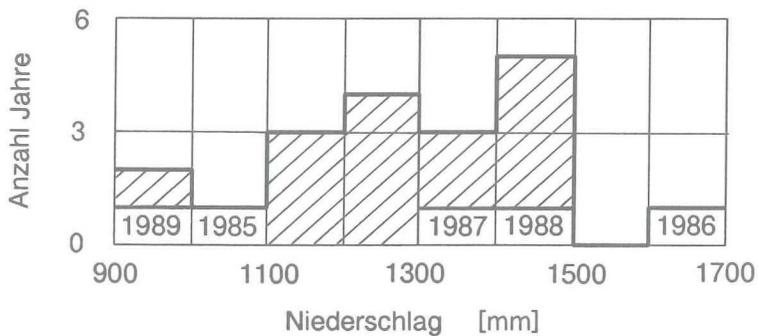


Tabelle 3.5 Monatliche Niederschlagssummen für die Jahre 1985 bis 1989 der Klimastation Huttwil

Monat	Monatliche Niederschlagssummen Klimastation Huttwil [mm]					
	1985	1986	1987	1988	1989	Mittel
Januar	102	181	81	104	14	97
Februar	62	54	116	107	59	79
März	72	104	112	254	75	123
April	148	194	79	47	174	128
Mai	150	212	169	116	48	139
Juni	127	200	273	112	79	158
Juli	45	132	131	123	148	116
August	106	179	78	140	112	123
September	50	36	142	100	49	75
Oktober	11	119	57	164	122	95
November	123	59	99	56	22	72
Dezember	77	141	60	116	63	92
Jahr	1073	1611	1397	1439	965	1297

Die Tabelle 3.5 zeigt die monatlichen Niederschlagssummen 1985 bis 1989 für die Klimastation Huttwil.

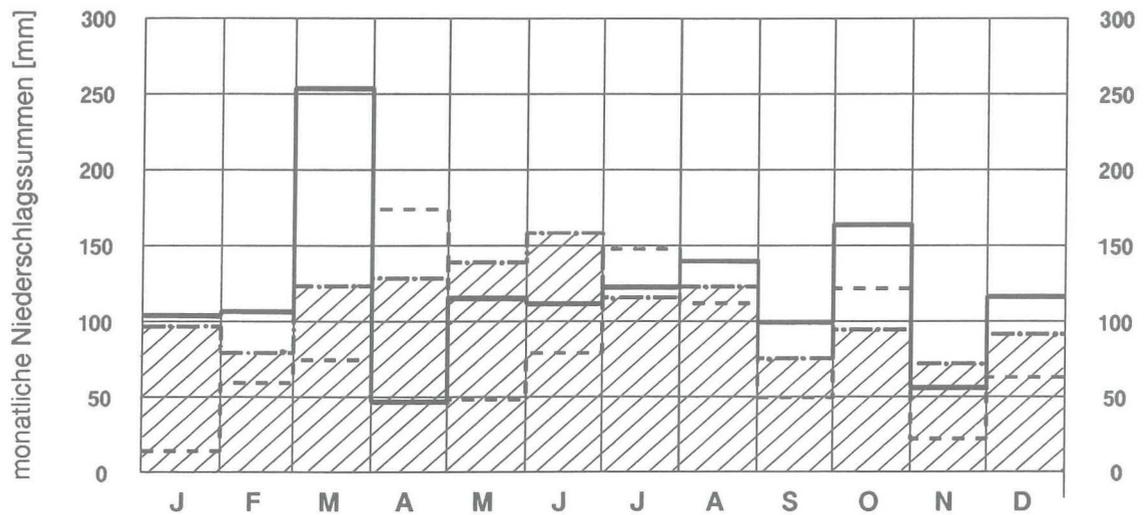
Die Monatswerte schwanken innerhalb der einzelnen und über die vier Jahre zum Teil beträchtlich. Eine Gesetzmässigkeit ist nicht ersichtlich. Im Mittel der fünf Jahre sind die Monatssummen von September bis Februar relativ klein, am kleinsten im November, von März bis August relativ gross, am grössten im Juni.

In Figur 3.4 werden die Monatsniederschlagssummen der Klimastation Huttwil für 1988 und 1989 mit den Mittelwerten von 1985 bis 1989 verglichen.

Die Monatssummen für 1988 weichen vor allem in den Monaten März, April und Oktober relativ erheblich von den Mittelwerten ab und sind für 8 Monate überdurchschnittlich. Der niederschlagsreichste Monat war der März. Am wenigsten Niederschlag fiel im April und November. Die sehr grossen Niederschlagssummen im März werden durch die sehr kleinen im April praktisch ausgeglichen.

Die Monatssummen für 1989 weichen vor allem in den Monaten Januar, Mai und Juni relativ stark von den Mittelwerten ab. Sie sind für 9 Monate unterdurchschnittlich und liegen in 10 Monaten unter den entsprechenden Monatswerten für 1988. Der niederschlagsreichste Monat war der April. Am wenigsten Niederschläge fielen im Januar und November.

Figur 3.4 Monatliche Niederschlagssummen für die Jahre 1988 (—), 1989 (---) und Mittelwerte für 1985 bis 1989 (—) der Klimastation Huttwil



Bei allen Niederschlags-Messgeräten treten systematische Fehler auf. Die gemessenen Niederschlagssummen sind bedingt durch Wind, Verdunstung, Benetzungsverluste usw. zu klein und müssen korrigiert werden. In der Schweiz hat sich SEVRUK [21], ausführlich mit dieser Problematik beschäftigt und Korrekturformeln entwickelt. Für die Berechnung der Niederschlagssummenkorrekturen werden meteorologische Daten wie Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur benötigt. Im weiteren werden der Abschirmungswinkel und die Standorthöhe in die Berechnung miteinbezogen. Die entsprechenden Daten für die Klimastation Huttwil lauten:

Höhe der Klimastation [m ü.M.]	638.0
Abschirmungswinkel gemäss SEVRUK [°]	13.0
logarithmischer Koeffizient gemäss SEVRUK	0.62

Die Tabelle 3.6 gibt eine Übersicht über die daraus berechneten Niederschlagssummenkorrekturen und die korrigierten Niederschlagssummen für 1988 und 1989 der Klimastation Huttwil.

Tabelle 3.6 Niederschlagssummenkorrekturen nach SEVRUK und korrigierte Niederschlagssummen für die Jahre 1988 und 1989 der Klimastation Huttwil

Monate 1988 1989	Niederschlags- summen gemessen  [mm]	Korrektur- faktor nach SEVRUK	Niederschlags- summen- korrektur  [mm]	Niederschlags- summen korrigiert  [mm]
Januar	104.4	1.116	12.1	116.5
Februar	106.8	1.137	14.6	121.4
März	253.8	1.107	27.2	280.9
April	47.0	1.105	4.9	51.9
Mai	115.7	1.060	6.9	122.6
Juni	111.8	1.054	6.0	117.8
Juli	122.9	1.061	7.5	130.3
August	140.0	1.042	5.9	145.9
September	99.6	1.054	5.4	105.0
Oktober	164.0	1.049	8.0	172.0
November	56.5	1.113	6.4	62.9
Dezember	116.4	1.093	10.8	127.3
Jahr 1988	1438.9	1.083	115.7	1554.5
Januar	14.0	1.048	0.7	14.7
Februar	59.3	1.124	7.4	66.7
März	74.4	1.096	7.1	81.5
April	173.8	1.081	14.1	187.9
Mai	48.5	1.074	3.6	52.1
Juni	79.1	1.077	6.1	85.2
Juli	147.6	1.045	6.6	154.2
August	111.8	1.048	5.4	117.2
September	49.4	1.088	4.3	53.7
Oktober	121.5	1.049	6.0	127.5
November	22.2	1.136	3.0	25.2
Dezember	63.0	1.116	7.3	70.3
Jahr 1989	964.6	1.082	71.6	1036.2

Die durchschnittliche Niederschlagskorrektur beträgt 8.3 %. In den Wintermonaten ist sie deutlich grösser als in den Sommermonaten.

### 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 [27] berechnet. Diese Methode hat sich bisher verschiedentlich bewährt [10], [24], [28]. In der PENMAN-Formel Eingang finden die in der SMA-Klimastation gemessenen Daten, Luftdruck, Lufttemperatur, Dampfdruck, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer. Sie 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 den klimatischen Verhältnissen im schweizerischen Mittelland ist die aktuelle Verdunstung im allgemeinen nur geringfügig kleiner als die potentielle. Für die weiteren Betrachtungen wird daher lediglich die potentielle Verdunstung berechnet. (vgl. Tab. 3.7).

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

Die Tabelle 3.7 zeigt die Monatswerte der nach SEVRUK korrigierten Niederschlagssummen und der nach PENMAN berechneten potentiellen Verdunstung der Station Huttwil für die Jahre 1988 und 1989. Die Monatswerte der Verdunstung werden zusätzlich in Figur 3.5 dargestellt.

Tabelle 3.7 Berechnete potentielle Verdunstung nach PENMAN für die Jahre 1988 und 1989, ausgehend von den Daten der Klimastation Huttwil

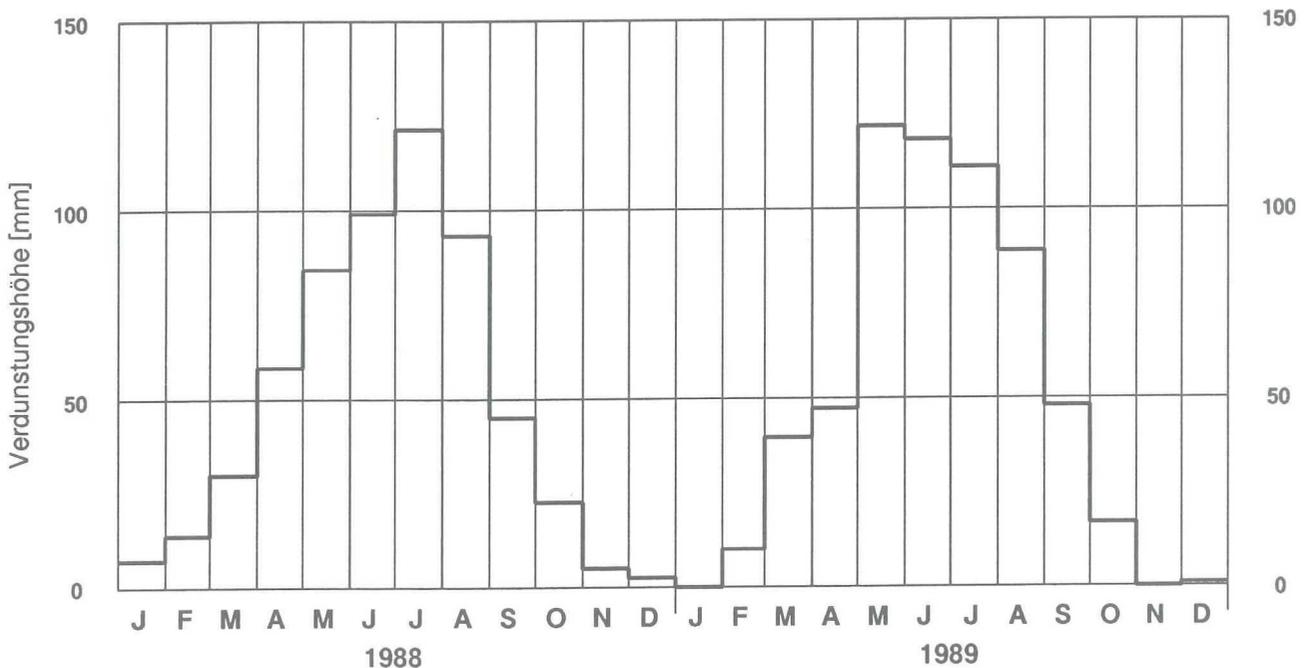
Monat	Niederschlags- summe 1988 korrigiert nach SEVRUK [mm]	potentielle Verdunstung nach PENMAN [mm]	Niederschlags- summe 1989 korrigiert nach SEVRUK [mm]	potentielle Verdunstung nach PENMAN [mm]
Januar	116.5	7.3	14.7	0.0
Februar	121.4	13.9	66.7	10.1
März	280.9	30.0	81.5	39.7
April	51.9	58.8	187.9	47.3
Mai	122.6	84.3	52.1	121.8
Juni	117.8	99.0	85.2	118.2
Juli	130.3	121.3	154.2	111.0
August	145.9	93.2	117.2	88.8
September	105.0	45.1	53.7	48.0
Oktober	172.0	22.7	127.5	17.0
November	62.9	5.1	25.2	0.0
Dezember	127.3	2.6	70.3	1.0
Jahr [mm] [%]	1554.5 100.0	583.2 37.5	1036.2 100.0	602.9 58.2

Die Monatswerte der potentiellen Verdunstung schwankten im Jahr 1988 zwischen 2.6 und 121.3 mm, im Jahr 1989 zwischen 0.0 und 121.8 mm. Naturgemäss werden die grossen Verdunstungshöhen im Sommer-, die kleinen im Winterhalbjahr erreicht.

Im Jahr 1988 beträgt die potentielle Verdunstung ca. 37.5 % der Niederschläge, im Sommerhalbjahr (April bis September) ca. 74.5 %, in den Monaten Januar bis März und Oktober bis Dezember ca. 9.2 %. Der kleine Verdunstungsüberschuss im April kann durch den sehr nassen Vormonat kompensiert werden.

Für das Jahr 1989 ergibt sich eine potentielle Verdunstung von 58.2 % der Niederschläge, im Sommerhalbjahr ca. 82.3 %, in den Monaten Januar bis März und Oktober bis Dezember ca. 17.6 %, im Winterhalbjahr Oktober 1988 bis März 1989 ca. 15.3 %.

Figur 3.5 Monatssummen der potentiellen Verdunstung für die Jahre 1988 und 1989 der Klimastation Huttwil



### 3.3 Messungen an Oberflächengewässern

#### 3.3.1 Wasserstände

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

- zusammen mit den simultan durchgeführten Grundwasserspiegelmessungen (vgl. Abschnitt 3.4.1), die Wechselbeziehungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser zu beurteilen, die In- und Exfiltrationsstrecken auszuscheiden
- zusammen mit Pegel-Abflussbeziehungen die Abflussmengen zu bestimmen.

Die Oberflächenwasserstände im Untersuchungsgebiet wurden in 12 Messstellen mit einzelnen oder periodischen Messungen, in 4 Messstationen kontinuierlich erhoben. Soweit es sinnvoll war, wurden die Wasserstandsmessstellen mit den Abflussmessstellen vereint. In Tabelle 3.8 werden daher die Wasserstands-Abstichpunkte, die Abflussmengenmessstationen (beide mit den Messpunkthöhen) und die Abflussmengenmessstellen zusammengestellt.

Tabelle 3.8 Messstellen und -stationen an Oberflächengewässern (Situation vgl. Beilage 2)

Feldbezeichnung	WEA-Nummer	Koordinaten		Messpunkthöhe	Gewässer
LANO1	630/218.18	630280.00	218510.00	621.95	Langete
LANO2	630/218.20	630300.00	218375.00	618.97	Langete
LANO3	630/218.26	630460.00	218350.00	621.74	Langete
LANO4	630/218.28	630590.00	218385.00	627.50	Langete
LANO5	630/218.30	630690.00	218360.00	629.70	Langete
LANQ1*	629/219.4	629560.00	219135.00	597.00	Langete, Häberenbad
LANQ2	630/218.19	630295.00	218480.00		Langete
LANQ3	630/218.29	630670.00	218360.00		Langete
MEIQ1	628/216.14	628170.00	216245.00		Meibach
ROTO1	629/218.20	629670.00	218170.00	612.69	Rotbach
ROTO2	629/218.19	629660.00	218160.00	614.74	Rotbach
ROTO3	629/218.17	629530.00	218100.00	617.80	Rotbach
ROTQ1*	629/218.15	629775.00	218300.00	612.26	Rotbach
ROTQ2*	629/217.22	629305.00	217895.00	621.87	Rotbach
ROTQ3	629/218.18	629575.00	218060.00		Rotbach
SWAQ1	629/217.25	629550.00	217530.00		Schwarzenbach
SWEQ1	628/216.16	628520.00	216515.00		Schweinbrunnenbach
WYSO1	629/217.23	629520.00	217170.00	634.24	Wyssachen
WYSO2	629/217.27	629600.00	217030.00	636.13	Wyssachen
WYSO3	629/216.15	629680.00	216840.00	638.84	Wyssachen
WYSQ1*	629/217.26	629555.00	217315.00	633.64	Wyssachen
WYSQ2	629/216.16	629695.00	216730.00	643.92	Wyssachen

\* Abflussmengenmessstationen (Kontinuierliche Aufzeichnung)

Schreibpegel für kontinuierliche Wasserstandsmessungen standen an der Langete, am Rotbach und an der Wyssachen im Einsatz.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Messperioden der Abflussmengenmessstationen mit Wasserstands-Schreibpegeln. Die Station ROTQ1 wurde ab 1991 ins Netz der permanenten hydrometrischen Stationen des Kantons Bern integriert. Die Messstation LANQ1 ist identisch mit der Eidgenössischen Messstation der Langete, Häberenbad. Sie wird seit 1965 betrieben und ausgewertet. Die Ganglinien der Wasserstände werden, zusammen mit den Jahrbuchblättern der Abflussmengen in [9] jährlich publiziert.

Die Wasserstandsaufzeichnungen der übrigen Stationen wurden grösstenteils ebenfalls digitalisiert, zu Jahrbuchblättern (Tabelle mit Tagesmittel- und Extremwerten sowie Ganglinien) verarbeitet und in die weiteren Auswertungen einbezogen.

Tabelle 3.9 Messperioden der Abflussmengen-Messstationen mit Wasserstands-Schreibpegeln

Feldbezeichnung	WEA-Nummer	1985	1986	1987	1988	1989	1990
LANQ1	629/219.4	←-----	-----	-----	-----	-----	-----→
ROTQ1	629/218.15		=====	=====	=====	=====	=====→
ROTQ2	629/217.22		=====	=====	=====	=====	=====
WYSQ1	629/217.26		=====	=====	=====	=====	=====

### 3.3.2 Abflussmengen

Abflussmengen wurden gemessen bzw. berechnet um :

- den oberirdischen Abfluss aus den seitlichen Einzugsgebieten und aus dem ganzen Untersuchungsgebiet zu ermitteln
- ex- bzw. infiltrierende Gewässerabschnitte mit Differenzmessungen detailliert zu erfassen.

In der Messstation Häberenbad der Landeshydrologie (LANQ1) kann die gesamte Oberflächenwasser-Abflussmenge des Untersuchungsgebietes gemessen werden. In Beilage 1 wird sie für die Jahre 1985 bis 1990 als Ganglinie der Tagesmittelwerte dargestellt.

Die Messungen der Abflussmengen erfolgten an Langete, Meibach, Rotbach, Schwarzenbach, Schweinbrunnenbach und Wyssachen, vor allem im Gebiet des Grundwasserleiters zwischen Dürrenroth und Huttwil in 4 Messstationen und in 7 Messstellen (vgl. Tab. 3.8, Feldbezeichnung 4. Buchstabe Q).

Sowohl bei den Abflussmengen-Messstellen wie bei den -Messstationen sind pro Jahr zwei bis sechs Abflussmessungen vorgenommen worden, bei letzteren als sog. Eichmessungen, um mit Hilfe der Pegel-Aufzeichnungen das zeitliche Abflussgeschehen bestimmen zu können.

In der Langete und im Rotbach wurden die Abflussmessungen durchwegs mit dem hydrometrischen Flügel nach dem Handbuch der Landeshydrologie [17] durchgeführt, in den übrigen Gewässern zum Teil auch mit dem Tauchstab [10], [19].

Mit den Abflussmessungen liess sich für die Station ROTQ1 eine Pegel-Abfluss-Beziehung für die Berechnung der kontinuierlichen Abflussmengen konstruieren. Für die Stationen ROTQ2 und WYSQ1 konnten infolge der starken Sohlenveränderungen lediglich sehr generelle Pegel-Abfluss-Beziehungen ermittelt werden.

In der folgenden Tabelle sind die mittleren und maximalen Abflussmengen der beiden Messstationen Langete, Häberenbad (LANQ1) und Rotbach, Fichte (ROTQ1) für die Jahre 1986 bis 1990 zusammengestellt. In den Abflussmengen der Langete sind gemäss [9] die Werte der ARA-Ableitung berücksichtigt.

Tabelle 3.10 Mittlere und maximale Abflussmengen (WEA-Nr. vgl. Tabelle 3.8)

Messstation	Abflussmengen [m <sup>3</sup> /s]			
	LANQ1		ROTQ1	
Jahr	Mittel	Max.	Mittel	Max.
1986	1.49	24.0	1.02*	16.4*
1987	1.47	15.2	0.93	10.8
1988	1.39	45.0	0.90	15.4
1989	0.83	7.1	0.61	5.8
1990	1.18	14.5	0.79	9.8
Durchschnitt Spez.Abfl.[l/s km <sup>2</sup> ]	1.27 21.2		0.85 21.5	

\* Die Station ROTQ1 wurde 1986 in Betrieb genommen

Weitere Abflussmessungen, ohne die in Abschnitt 3.5 speziell aufgeführten Differenzmessungen, erfolgten am Rotbach (ROTQ3), Meibach (MEIQ1), Schwarzenbach (SWAQ1) und Schweinbrunnenbach (SWEQ1). Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über diese Einzelmessungen.

Tabelle 3.11 Mittlere Abflussmengen aus Einzelmessungen (WEA-Nr. vgl. Tabelle 3.8)

Abflussmessstellen	Gewässer	Anzahl Abflussmessungen (1986 bis 1988)	Mittlere Abflussmenge [l/s]
ROTD2	Rotbach	11	583.0
MEIQ1	Meibach	6	22.8
SWAQ1	Schwarzenbach	9	16.6
SWEQ1	Schweinbrunnenbach	9	10.9

Der Oberflächenwasserabfluss aus dem gesamten Untersuchungsgebiet wird in der Abflussmessstation der Langete, LANQ1, gemessen. Das Einzugsgebiet dieser Station beträgt 59.9 km<sup>2</sup>. Die Station ROTQ1 am Rotbach erfasst den Oberflächenabfluss für das Einzugsgebiet von 39.5 km<sup>2</sup> in welchem der Hauptgrundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil liegt. Die Entwässerung der beiden Einzugsgebiete erfolgt praktisch vollständig durch die Langete bzw. den Rotbach. Wesentliche unterirdische Grundwasserzu- oder -wegflüsse existieren nicht, da die oberen und seitlichen Ränder der Grundwasserleiter durch schlecht durchlässige Sedimente gebildet werden und die beiden Oberflächengewässer bei den Messstationen auf Molassefels fließen.

In der Tabelle 3.12 werden die Abflussmengen der Messstationen LANQ1 und ROTQ1 mit der Differenz zwischen Niederschlag und Verdunstung verglichen.

Die Niederschlagshöhen der einzelnen Niederschlagsstationen werden gemäss Tabelle 3.4 gewichtet. Für die Verdunstung wird die potentielle der Klimastation Huttwil eingesetzt. Nicht berücksichtigt bleibt die Sevruckorrektur, die im Mittel die Niederschlagssumme um ca. 8 % erhöht, die aktuelle Verdunstung, welche etwas kleiner ist als die potentielle, und der grosse Waldanteil, welcher die Verdunstung um ca. 5-6 % erhöht. Sevruckorrektur und Mehrverdunstung des Waldes heben sich im Oberflächenabfluss etwa auf.

Für den Vergleich wurden die Abflussmengen der beiden Einzugsgebiete auf mm umgerechnet und diejenige der Station ROTQ1 um 12 mm erhöht, um die Pumpmenge der Grundwasserfassung Fiechte Huttwil zu berücksichtigen.

Tabelle 3.12 Vergleich der Abflussmengen der Stationen LANQ1 und ROTQ1 mit der Differenz aus Niederschlag und Verdunstung für die Jahre 1984 bis 1990 (WEA-Nr. vgl. Tabelle 3.8)

Jahr	Abflussmenge der Langete in LANQ1 [mm]	Gebiets-Niederschlag abzüglich Verdunstung [mm]	Abflussmenge des Rotbachs in ROTQ1 [mm]	Gebiets-Niederschlag abzüglich Verdunstung [mm]
1984	706	1332 - 610 = 722		
1985	612	1118 - 647 = 471		
1986	826	1513 - 579 = 934		
1987	814	1377 - 542 = 835	757	1372 - 542 = 830
1988	773	1346 - 583 = 763	730	1302 - 583 = 719
1989	483	948 - 603 = 345	497	930 - 603 = 327
1990	662	1337 - 602 = 735	629	1313 - 602 = 711
Mittel 87 - 90	683	1252 - 582 = 670	653	1229 - 583 = 646
Mittel 84 - 90	697	1282 - 595 = 686	-	-

Im langjährigen Mittel muss für die beiden Einzugsgebiete die Differenz aus Niederschlag und Verdunstung gleichgross sein wie die entsprechende Abflussmenge. Die Mittelwerte der relativ kurzen Perioden 1987 - 1990 bzw. 1984 - 1990 zeigen lediglich kleine Abweichungen und bestätigen damit die berechneten mittleren Verdunstungshöhen. Für die einzelnen Jahre ist die Übereinstimmung zwischen Oberflächenabfluss und Differenz aus Niederschlag und Verdunstung infolge der Speichervorgänge im Boden und im Grundwasserleiter naturgemäss kleiner. Vor allem in niederschlagsarmen Jahren wie 1985 und 1989 ist der Oberflächenwasserabfluss grösser als die Differenz aus Niederschlag und Verdunstung. In beiden Jahren floss erheblich mehr Wasser ab, als durch Niederschlag abzüglich Verdunstung neu hinzukam und der unterirdisch gespeicherte Wasservorrat ging zurück. In den anschliessenden Jahren (1986, 1990) wurden die unterirdischen Speicher wieder aufgefüllt. Deutlich ist ersichtlich, dass die natürliche Untergrundspeicherung die mittleren Abflussmengen wesentlich ausgleicht.

Die Resultate der Differenz-Abflussmessungen werden in Abschnitt 3.5 zusammengestellt und behandelt.

### 3.3.3 Oberflächenwasserqualität

Das Kantonale Gewässerschutzamt untersucht periodisch die Wasserqualität der Oberflächengewässer im Kanton Bern. Probenahmestellen im Untersuchungsgebiet befinden sich an der Langete ober- und unterhalb Huttwil, in Uech und in Häberenbad. Die Untersuchungsergebnisse werden seit 1986 teilweise im Hydrographischen Jahrbuch des Kantons Bern veröffentlicht [22].

Im Rahmen der Qualitätsuntersuchungen des Grundwassers (vgl. Abschnitt 3.4.3) wurden an 6 Abflussmessstellen im Rotbachtal ebenfalls Wasserproben entnommen und physikalisch-chemisch im Kantonalen Laboratorium (Trinkwasserkontrolle) und vom Kantonalen Gewässerschutzamt untersucht. Tabelle 3.13 gibt über die Probenahmestellen und -daten Auskunft. Die Standorte sind aus Beilage 1 ersichtlich. Die Untersuchungsergebnisse werden in Abschnitt 6.3 beschrieben.

Tabelle 3.13 Qualitätsuntersuchungen in Oberflächengewässern (WEA-Nr. vgl. Tabelle 3.8)

Feldbez.	Datum der Probenahme/Untersuchungsziel			
	3.88	10.88	5.89	1.90
ROTQ1	CBa	CBa	C	C
ROTQ2	CBa	CBa	C	C
MEIQ1	CBa	CBa		
SWAQ1	CBa	CBa		
SWEQ1	CBa	CBa		
WYSQ1	CBa	CBa	C	C

C = Physikalisch - chemische Untersuchungen (vgl. Abschnitt 6.3.1)  
Ba = 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 wenigen repräsentativen Messstellen mit Schreibpegeln aufgezeichnet.

Mit Ausnahme der Bohrungen HUB54, HUB55 und HUB56 waren alle im Rahmen des Projektes Rotbachtal erstellten Bohrungen zeitweise mit Schreibpegeln für die kontinuierliche Aufzeichnung der Grundwasserstände ausgerüstet. Die Tabelle 3.14 gibt einen Überblick über die Dauer ihres Betriebes. Die beiden Messstellen HUB51 und HUB53 wurden Anfang 1990 ins Netz der permanenten hydrometrischen Stationen des Kantons Bern integriert. Beilage 1 zeigt die Ganglinien der Messstationen HUB51, 52 und 53, welche in Abschnitt 6.2.1 speziell beschrieben werden.

Tabelle 3.14 Messperiode der Grundwasser-Schreibpegel

Feld-bezeichnung	WEA-Nummer	1985	1986	1987	1988	1989	1990
DUB50	628/216.15				=====		
HUB50	629/217.28	=====					
HUB51	629/217.12	=====					----->
HUB52	628/216.17		=====				
HUB53	629/217.32				=====		----->
HUB57	629/216.13				=====		

Neben der kontinuierlichen Aufzeichnung der Grundwasserstände gemäss Tabelle 3.14 erfolgten periodische, ungefähr monatliche Messungen in den übrigen Bohrungen, im sukzessiv mit 26 Piezometern ergänzten Grundwasser- (vgl. Tabelle 3.15) und im gesamten Oberflächengewässer-Messstellennetz (vgl. Tabelle 3.8). Im Rahmen dieser Messtouren wurden zeitweise und gezielt auch Grund- und Oberflächenwassertemperaturen erhoben (vgl. Abschnitt 3.5.1).

Die im Abschnitt 5 beschriebene stationäre Eichung des numerischen Grundwassermodells Rotbachtal basiert auf der Messtour vom 30. September 1988, ebenfalls die in Beilage 2 mit Höhenkurven bzw. Isohypsen dargestellte Grundwasserspiegelfläche. Im Abschnitt 6.1 werden die Grundwasserverhältnisse für dieses Datum detailliert beschrieben.

Tabelle 3.15 Standorte der Piezometer

Feld- bezeichnung	WEA- Nummer	Koordinaten		Messpunkt- höhe	Terrain- höhe
HUP09	631/216.14	631445.00	216275.00	690.43	689.43
HUP13	631/217.04	631540.00	217070.00	672.88	672.08
HUP15	631/217.06	631790.00	217530.00	661.73	660.73
HUP41	630/218.24	630400.00	218425.00	622.70	621.97
HUP42	630/218.23	630355.00	218415.00	621.75	620.95
HUP43	630/218.22	630320.00	218425.00	620.30	619.70
HUP50*	629/217.29	629605.00	217030.00	638.25	637.60
HUP51	629/218.25	629901.00	218104.00	628.38	627.92
HUP52	629/218.21	629760.00	218017.00	630.71	630.09
HUP53	629/217.33	629865.00	217989.00	631.64	631.04
HUP54	629/217.34	629996.00	217887.00	636.47	636.04
HUP56	629/217.30	629611.00	217258.00	637.12	636.35
HUP57	629/217.24	629525.00	217178.00	636.05	635.28
HUP58	630/218.13	630010.00	218067.00	629.14	628.36
HUP59	630/218.15	630166.00	218212.00	631.24	630.78
HUP60	630/218.16	630230.00	218105.00	635.41	634.98
HUP61	630/218.25	630457.00	218357.00	623.56	622.66
HUP63	630/218.31	630703.00	218336.00	629.93	629.25
HUP64	630/218.32	630888.00	218267.00	634.45	633.70
HUP65	631/218.05	631356.00	218168.00	642.48	641.80
HUP66	631/218.06	631766.00	218057.00	649.57	649.00
HUP68	631/216.15	631593.00	216870.00	677.22	676.60
HUP71	630/218.17	630250.00	218340.00	628.83	628.00
HUP72	630/218.21	630313.00	218224.00	634.79	633.80
HUP73	630/218.27	630533.00	218333.00	626.84	625.80
WYP50	629/215.03	629550.00	215760.00	671.54	670.60

\* neben Bohrung HUB50 629/217.28

### 3.4.2 Entnahmemengen

Die öffentlichen Grundwasserfassungen gehen aus der Tabelle 3.16 hervor. Die Standorte sind in den Beilagen 2 und 3 ersichtlich.

Tabelle 3.16 Grundwasserfassungen der öffentlichen Wasserversorgungen

Feld-bezeichnung	WEA-Nummer	Fassungs-anlage	Standort-gemeinde	Wasser-versorgung	Konz. Entnahme [l/min]
HUF01	629/218.22	PW Fiechte	Huttwil	Huttwil	3500
EHF01	631/216.14	PW Tschäppelmatte	Huttwil	Eriswil	300

Die gepumpten Grundwassermengen und der Grundwasserstand in der Fassung Fiechte der Gemeinde Huttwil werden kontinuierlich aufgezeichnet. Im Mittel werden aus dieser Fassung ca. 16 l/s (960 l/min) Trink- und Brauchwasser entnommen. Detaillierte Entnahmemengen sind in Abschnitt 7.1.1 zusammengestellt.

### 3.4.3 Chemische Untersuchungen

Die Qualität des in den öffentlichen Fassungsanlagen geförderten Grundwassers wird durch das Kantonale Laboratorium (Trinkwasserkontrolle) überwacht. Dazu werden jährlich in jeder Fassung mehrere Wasserproben entnommen, bakteriologisch und zum Teil auch physikalisch-chemisch untersucht. Die dabei normalerweise untersuchten Parameter sind in Tabelle 6.3 als sog. 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 Oberes Langetetal und Rotbachtal beschränkten sich die Qualitätsuntersuchungen des Grundwassers, wie beim Oberflächenwasser gemäss Abschnitt 3.3.3, auf das Rotbachtal. Vorerst wurden aus den neu erstellten Bohrungen, jeweils kurz nach ihrer Fertigstellung, Wasserproben auf die Standardparameter untersucht. Die eigentlichen Untersuchungskampagnen erfolgten nach Abschluss der Bohrarbeiten zwischen März 1988 und Januar 1990. Das Messstellennetz umfasste dabei die neuen Bohrungen, die Grundwasserfassung Fiechte (HUF01) und den gefassten Grundwasseraustritt FIE01 im Exfiltrationsgebiet Fiechte (vgl. Beilage 1).

Die Beprobung der Bohrungen erfolgte in den Gebieten mit einer grossen Grundwassermächtigkeit in zwei Tiefenlagen (oberer bzw. unterer Bereich des Grundwasserleiters). Neben den Standard- sind auch mehrere Spezialuntersuchungen durchgeführt worden.

Tabelle 3.17 gibt Auskunft über die Probenahmestellen, die generellen Zeitpunkte und Tiefen (unter der Terrainoberfläche) der Probenahmen und die untersuchten Parameter.

Die Probenahme erfolgte in den Bohrungen mit einer Unterwasserpumpe nach einer Vorpumpmenge von minimal 3 m<sup>3</sup>, im Pumpwerk Fiechte ab Hahn. Die Analysen wurden im Kantonalen Laboratorium, Bern, und im Labor Dr. Meyer AG, Bern, durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse werden in Abschnitt 6.3 besprochen.

Tabelle 3.17 Qualitätsuntersuchungen im Grundwasser (WEA-Nr. vgl. Tabelle 2.3 und 3.16)

Feld- bez.	Entnahme- tiefe	Datum der Probenahme									
		Untersuchungsziel (vgl. Legende)									
	[m UKT]	5.85	6.85	4.86	9.87	11.87	3.88	5.88	10.88	5.89	1.90
HUB50	15/45	C					CBSGF		CBSGF	CBS	CBSA
HUB51	30/60	C	C				CBSGF		CBSFG	CBSPFG	CBSAG
HUB52	25/65			C			CBSGF		CBSFG	CBS	CBSA
HUB53	20/65				C		CBSGF		CBSPFG	CBSPFG	CBSAG
HUB54	30				C		CS		CF	C	C
HUB55	25					C	CS		CF	C	C
HUB56	25							CBSF	CBSPFG	CBSPFG	CBSAG
HUB57	40							CBSF	CBSPFG	CBS	CBSA
DUB50	30/60					C	CBSGF		CBSFG	CBS	CBSA
HUF01							CBSGF		CBSPFG	CBSPFG	CBSAG
FIEO1							C		C	C	C

- C = Physikalisch - chemische Standardparameter
- B = Bor (Leitparameter)
- G = ECD- und FID-Fingerprints (Leitparameter)
- A = Polycyclische Aromaten
- S = Schwermetalle (Blei, Cadmium, Zink)
- F = Leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe
- P = Pestizide

### 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.

Mit Hilfe von Wasserstands-, Temperatur- und Abflussmessungen, chemischen Analysen u.a. können die In- und Exfiltrationsverhältnisse abgeklärt werden. Im folgenden wird vorerst, basierend auf Wasserstandsmessungen, qualitativ aufgezeigt, entlang welchen Gewässerabschnitten In- bzw. Exfiltrationsverhältnisse vorliegen. Mit Differenzabflussmessungen wurden die entsprechenden Mengen quantifiziert. Die Lage der Abflussmessstellen ist aus der Beilage 2 ersichtlich.

#### 3.5.1 Infiltration Wyssachen

Die Wyssachen fließt von Wyssachen nordwärts und quert unterhalb des Huttwilwaldes den Hauptgrundwasserleiter. Der Grundwasserspiegel liegt überall und jederzeit deutlich unter dem Wasserspiegel in der Wyssachen. Höhenmässig sind somit die Voraussetzungen für eine Infiltration gegeben.

Mit Differenzmessungen zwischen den Messstellen WYSQ1 und WYSQ2 (Situation vgl. Beilage 2) konnte eine Infiltrationsstrecke von 650 m erfasst werden. In der folgenden Tabelle sind die durchgeführten Differenzmessungen mit den Messwerten aufgeführt. Der Mittelwert der gemessenen Infiltrationsmengen beträgt 28 l/s. Die Infiltrationsstrecke dürfte sich unterhalb WYSQ2 noch weiter fortsetzen. Die Infiltrationsmenge dürfte somit noch etwas grösser als die Messwerte sein.

Tabelle 3.18 Infiltrationsmenge Wyssachen

Datum	Messgerät	Abflussmenge WYSQ2 [l/s]	Abflussmenge WYSQ1 [l/s]	Differenz [l/s]
23.07.86	Tauchstab	213	205	8
1.10.86	Flügel	136	118	18
17.10.86	Tauchstab	156	119	37
28.11.86	Tauchstab	227	202	25
8.09.87	Tauchstab	178	155	23
11.11.87	Tauchstab	176	138	38
21.01.88	Tauchstab	224	183	41
8.03.88	Tauchstab	286	233	53
8.12.88	Flügel	379	369	10
Mittel		219	191	28

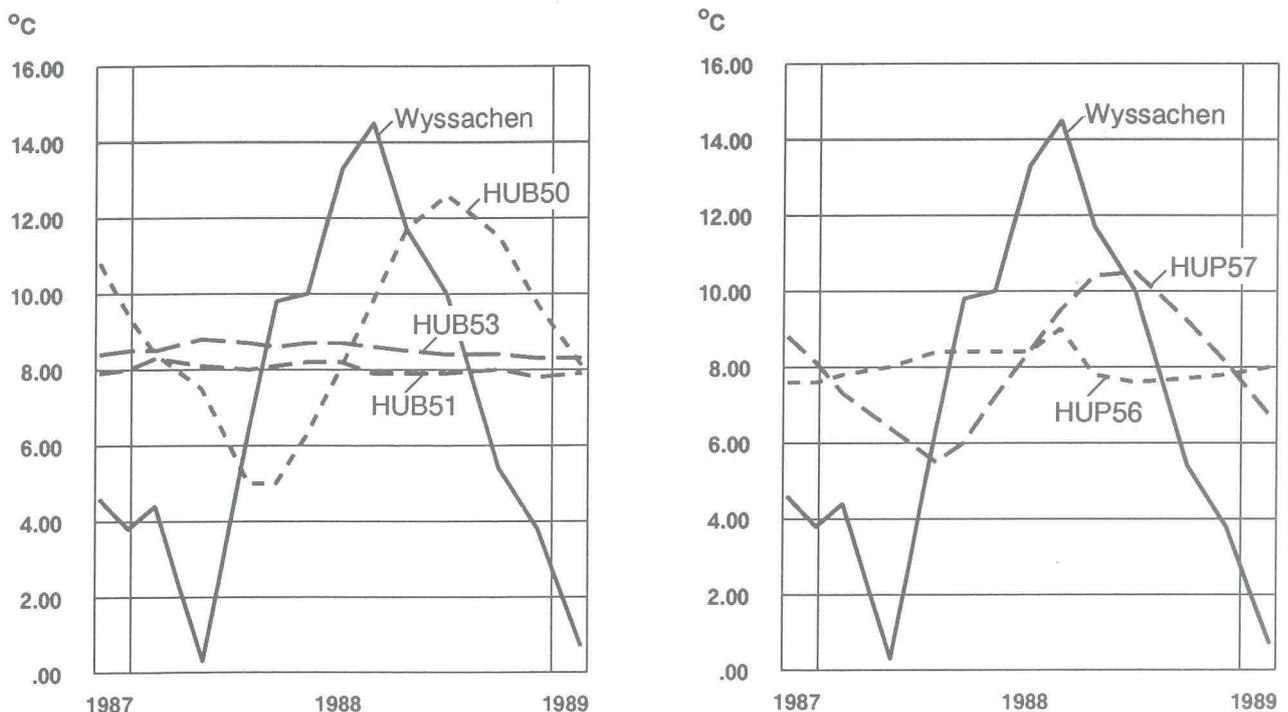
Auf die Infiltration der WYSSACHEN deuten auch die Temperaturen in fünf Grundwassermessstellen im Nahbereich der WYSSACHEN hin (vgl. Fig. 3.6). Die Temperaturmessungen erfolgten ungefähr monatlich in verschiedenen Messlagen (Tiefenstufen). In Tabelle 3.19 werden die Messstellen, berücksichtigten Messlagen (0.1 m UK Grundwasserspiegel) und mittleren Flurabstände angegeben.

Tabelle 3.19 Messstellen für Temperaturvergleich (WEA-Nr. vgl. Tabelle 2.8 und 3.8)

Messstellen	Feldbez.	Messlage [m ü.M]	Flurabstand [m]
WYSSACHEN	WYSQ1	ca. 633.3	
Grundwasser	HUB51	ca. 528.0	24.4
	HUB50	ca. 625.0	11.5
	HUB53	ca. 621.5	17.6
	HUP56	ca. 624.0	11.3
	HUP57	ca. 625.0	9.4

Die Figur 3.6 zeigt links die Temperaturganglinien der Bohrungen HUB51, HUB53, HUB50 und der WYSSACHEN bei WYSQ1. Die Temperaturen der unmittelbar neben der WYSSACHEN liegenden Bohrung HUB50 sind eindeutig von Oberflächenwasser beeinflusst, während die ober- bzw. unterhalb von HUB50 gelegenen Bohrungen HUB51 und HUB53 praktisch konstante Temperaturen aufweisen. Rechts in Figur 3.6 wurde der Temperaturverlauf in HUP56, HUP57 und der WYSSACHEN dargestellt. Im nahe der WYSSACHEN gelegenen Piezometer HUP57 sind die Infiltrationseinflüsse ebenfalls deutlich zu erkennen.

Figur 3.6 Temperaturganglinien der WYSSACHEN und verschiedener Grundwassermessstellen



### 3.5.2 Exfiltration Rotbach

Der Rotbach fließt entlang des Grundwasservorkommens zwischen Schweinbrunnen und Huttwil vielfach auf Molassefels neben bzw. am nördlichen Rand des Grundwasserleiters. Im mittleren und oberen Teil liegt der Wasserspiegel im Rotbach über dem Grundwasserspiegel. Soweit ein Zusammenhang zwischen Rotbach und Grundwasser besteht, wäre somit eine bescheidene Infiltration möglich, die unterhalb der Messgenauigkeit der durchgeführten Differenzmessungen liegen müsste. Im untersten Teil des Grundwasservorkommens liegt der Grundwasserspiegel über dem Wasserspiegel des Rotbachs. Sein Gefälle nimmt gegen den Rotbach stark zu. Praktisch die gesamte Grundwassermenge aus dem Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil exfiltriert in diesem Gebiet.

Die Exfiltration erfolgt durch den Überlauf der alten Brunnstube, mehrere sichtbare und teilweise eingedeckte kleinere Quellbäche und dispers in den Rotbach, bzw. in den Oberwasserkanal der Sägerei.

Die Exfiltrationsmenge wird zwischen den beiden Messstellen ROTQ3 und ROTQ1, die ca. 350 m voneinander entfernt sind, mit Differenzmessungen erfasst. Das Bachbett liegt bei beiden Stationen auf dem Molassefels.

Tabelle 3.20 Exfiltrationsmengen Fiechte

Datum	Messgerät	Abflussmenge ROTQ3 [l/s]	Abflussmenge ROTQ1 [l/s]	Differenz [l/s]
2.07.86	Tauchstab	733	845	112
22.07.86	Tauchstab	571	684	113
30.09.86	Flügel	370	456	86
17.10.86	Tauchstab	373	482	109
28.11.86	Tauchstab	522	649	127
8.09.87	Tauchstab	484	617	133
11.11.87	Tauchstab	457	560	103
21.01.88	Tauchstab	524	676	152
2.02.88	Flügel	1421	1511	90
8.12.88	Flügel	979	1132	153
Mittel		643	761	118

In den gemessenen Differenzmengen sind aus seitlichen Oberflächenwasserzuflüssen im Mittel ca. 5 l/s enthalten. Zudem wurde tagsüber gemessen, während das im Exfiltrationsgebiet liegende Pumpwerk Fiechte stillstand. Nachts, während dem Betrieb der Fassungsanlage, dürfte die Exfiltrationsmenge kleiner sein als tagsüber (mittlere Entnahme im Pumpwerk ca. 16 l/s; vgl. 3.4.2). Die mittlere Exfiltrationsmenge dürfte demnach ca. 100 l/s betragen.

### 3.5.3 Exfiltration Langete

Ausserhalb des Hauptgrundwasserleiters liegt die Exfiltrationsstrecke an der Langete. Aufgrund der mit Piezometern festgestellten Grundwasserspiegellage beim Spital Huttwil konnte angenommen werden, dass Grundwasser in die Langete exfiltrieren muss. Differenzmessungen zwischen LANQ3 und LANQ2 (Situation vgl. Tabelle 3.8, Beilage 2) bestätigten dies. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in der folgenden Tabelle 3.21 zusammengestellt.

Bei der Berechnung wurden die kleinen seitlichen Zuflüsse von ca. 2 l/s mitberücksichtigt. Die Exfiltration erfolgt grösstenteils dispers in die Langete.

Tabelle 3.21 Exfiltrationsmengen Langete

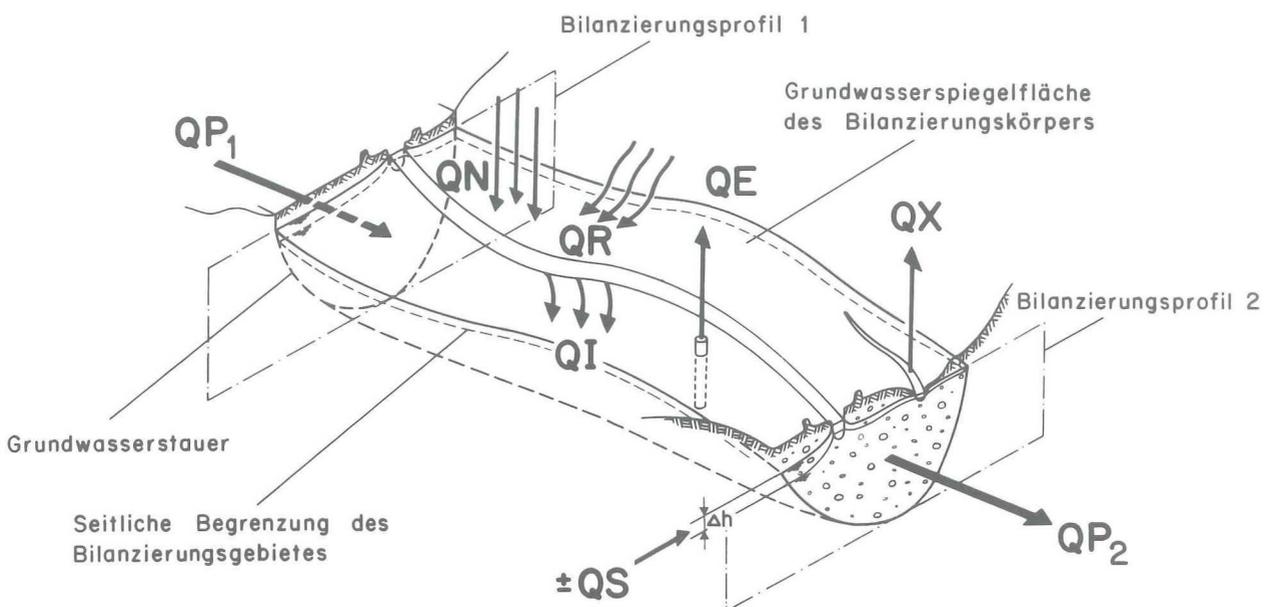
Datum	Messgerät	Abflussmenge LANQ3 [l/s]	Abflussmenge LANQ2 [l/s]	Differenz [l/s]
1.10.86	Flügel	124	147	23
17.10.86	Tauchstab	100	136	36
28.11.86	Tauchstab	224	249	25
8.09.87	Tauchstab	128	168	40
2.11.87	Tauchstab	131	156	25
11.11.87	Tauchstab	146	201	55
21.01.88	Tauchstab	189	230	41
8.03.88	Tauchstab	260	298	38
28.07.88	Flügel	215	271	56
Mittel		169	206	38

Aus den 9 Differenzmessungen ergibt sich ein Mittelwert von 38 l/s. Das exfiltrierende Wasser dürfte vor allem aus dem oberen Langetetal (oberhalb Huttwil) sowie aus kleinen randlichen Einzugsgebieten stammen.

#### 4. ERMITTLUNG DER GRUNDWASSERZU- UND -WEGFLÜSSE

Grundwasser-Dargebotsstudien, Nutzungs- und Schutzkonzepte erfordern, dass die Grundwasserzu- und -wegflüsse des Grundwasservorkommens 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 im Grundwasserleiter des Rotbachtals.



##### Zuflüsse

- QP1 = Zufluss durch Bilanzierungsprofil (z.B. Schweinbrunnen)
- QN = direkte Grundwasserneubildung aus Niederschlag
- QR = indirekte Grundwasserneubildung (Randzufluss)
- QI = Infiltration aus Oberflächengewässer (vorwiegend Wyszache)

##### Wegflüsse

- QP2 = Wegfluss durch das Bilanzierungsprofil (z.B. Huttwil)
- 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 [10] 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 berechnet werden, entspricht der Unterwasserspiegelzone des Hauptgrundwasserleiters des Rotbachtals zwischen Schweinbrunnen und Huttwil. Er wird begrenzt durch die Bilanzierungsprofile Schweinbrunnen, Wyssachen, Huttwil und die seitliche Berandung (vgl. Figur 4.2).

Im Bereich des Bilanzierungsprofils Huttwil sind die Grundwasserstände in mehreren Piezometerrohren recht gut erfasst worden. Detaillierte Kenntnisse über die Grundwassermächtigkeit und die Durchlässigkeit fehlen jedoch. Die Isohypsen der Grundwasserstände vom 30. September 1988 deuten auf eine Grundwasserscheide hin (vgl. Beilage 2). Es dürfte kein oder nur sehr wenig Grundwasser aus dem Rotbachtal Richtung Huttwil oder umgekehrt fliessen. Für die Grundwasserbilanzierung und das Grundwassermodell wird angenommen, durch das Bilanzierungsprofil fliesse kein Grundwasser. Es ist aber möglich, dass bei veränderten Grundwasserständen Wasser von Huttwil Richtung Fiechte oder aus dem Rotbachtal Richtung Huttwil fliesst. Allerdings dürften die Mengen unwesentlich sein.

Im folgenden werden die mittleren Grundwasserzu- und -wegflüsse für das relativ niederschlagsreiche Jahr 1988 bestimmt. Die Jahresmittel von 1988 bilden auch eine Grundlage für die stationäre Eichung des Grundwassermodells Rotbachtal.

#### 4.1 Grundwasserzuflüsse

##### 4.1.1 Zufluss durch die Bilanzierungsprofile Schweinbrunnen und Wyssachen

Profilflüsse in Bilanzierungsprofilen, welche senkrecht zur Strömungsrichtung des Grundwassers liegen, lassen sich nach dem Gesetz von DARCY [10] berechnen:

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

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>]

Aus den höherliegenden Talabschnitten der beiden oben erwähnten Bilanzierungsprofile strömt Grundwasser in den Bilanzierungskörper als sog. Profilzuflüsse Schweinbrunnen bzw. Wyssachen.

In beiden Bilanzierungsprofilen liegt je eine Sondierbohrung in der Durchlässigkeitsversuche durchgeführt wurden. Für die Berechnung der Flüsse wurden die Profil-k-Werte dieser Bohrungen (vgl. Figur 2.1), die Stauer- und Spiegelisohypsen von Beilage 2 verwendet. Die folgende Tabelle 4.1 gibt einen Überblick über die verwendeten Daten und die entsprechenden Resultate.

Beide Profilflüsse sind relativ klein. Allfällige Ungenauigkeiten, Unsicherheiten und die natürliche Variation der Berechnungsgrössen wirken sich mengenmässig nur unbedeutend aus.

Tabelle 4.1 Profilzufluss durch die Bilanzierungsprofile Schweinbrunnen und Wyssachen, Jahresmittelwert 1988

Bilanzierungsprofil	Schweinbrunnen	Wyssachen
Durchflussfläche [m <sup>2</sup> ]	2100	800
k-Wert [mm/s]	0.47	0.64
Spiegelgefälle [%]	0.5	0.6
Profilzufluss [l/s]	5.0	3.0

#### 4.1.2 Direkte Grundwasserneubildung aus Niederschlag

Der Anteil des Niederschlags, der direkt auf den Grundwasserleiter fällt und über eine kurze, mehr oder weniger vertikale Sickerstrecke (im Bilanzierungsgebiet hauptsächlich ca. 7 bis 35 m) den Grundwasserspiegel erreicht, entspricht der sogenannten direkten Grundwasserneubildung GN (bezogen auf Einheitsfläche) bzw. QN (bezogen auf den ganzen Grundwasserleiter oder auf einen Teil). GN und QN können für einen gewissen 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 4.1.3 beschriebenen indirekten Grundwasserneubildung wurden folgende Parameter berücksichtigt :

- Niederschläge (N, nach SEVRUK korrigiert; vgl. 3.2.1)
- potentielle Verdunstung (V; vgl. 3.2.2)
- Oberflächenwasserabfluss des betrachteten Bilanzierungsgebietes (AO; vgl. 3.3.2)

Im langzeitlichen Mittel berechnet sich die direkte Grundwasserneubildung zu:

$$QN = N - AO - V$$

Die klimatische Bodenwasserbilanz (vgl. [10], [24]) wurde nicht berücksichtigt, da lediglich ein stationär mit Jahresmittelwerten geeichtes Grundwassermodell aufzubauen war (vgl. Kapitel 5).

Die Berechnung der direkten und indirekten Grundwasserneubildung im Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil basiert auf dem Niederschlag und der potentiellen Verdunstung der Klimastation Huttwil. Die entsprechenden Daten sind in den Kapiteln 3.2.1 und 3.2.2 detailliert beschrieben und dargestellt.

Die Niederschlagssumme der Klimastation Huttwil betrug 1988 1555 mm, die Verdunstung 583 mm. Für Versickerung und Oberflächenwasserabfluss stehen somit 972 mm zur Verfügung. Dies entspricht 30.8 l/skm<sup>2</sup>.

Der Oberflächenabfluss kann aufgrund der abflusswirksamen Flächen, Überbauungsdichte, Geländebeziehungen und Bewirtschaftung über entsprechende Abflussbeiwerte ermittelt werden [20]. Der Abflussbeiwert gibt an, wieviel des Niederschlags oberflächlich abfließt und

damit weder für die Verdunstung noch für die Versickerung zur Verfügung steht. Es sind wie für die Hydrogeologie Mittleres und Unteres Langetetal [29] folgende Beiwerte berücksichtigt worden:

- Siedlungsgebiet                    0.35
- Landwirtschaftszone            0.03
- Wald                                    0.00

Für den Grundwasserleiter mit einem Siedlungsgebietsanteil von ca. 7 % ergibt sich ein mittlerer Abflussbeiwert von ca. 0.035.

Tabelle 4.2    Direkte Grundwasserneubildung, Jahresmittelwert 1988

Jahr	Fläche Grundwasserleiter [km <sup>2</sup> ]	Niederschlag abzüglich Verdunstung [l/s]	Oberflächenwasserabfluss [l/s]	Direkte Grundwasserneubildung [l/s]
1988	0.789	24.3	1.3	23

#### 4.1.3    Indirekte Grundwasserneubildung aus Niederschlag

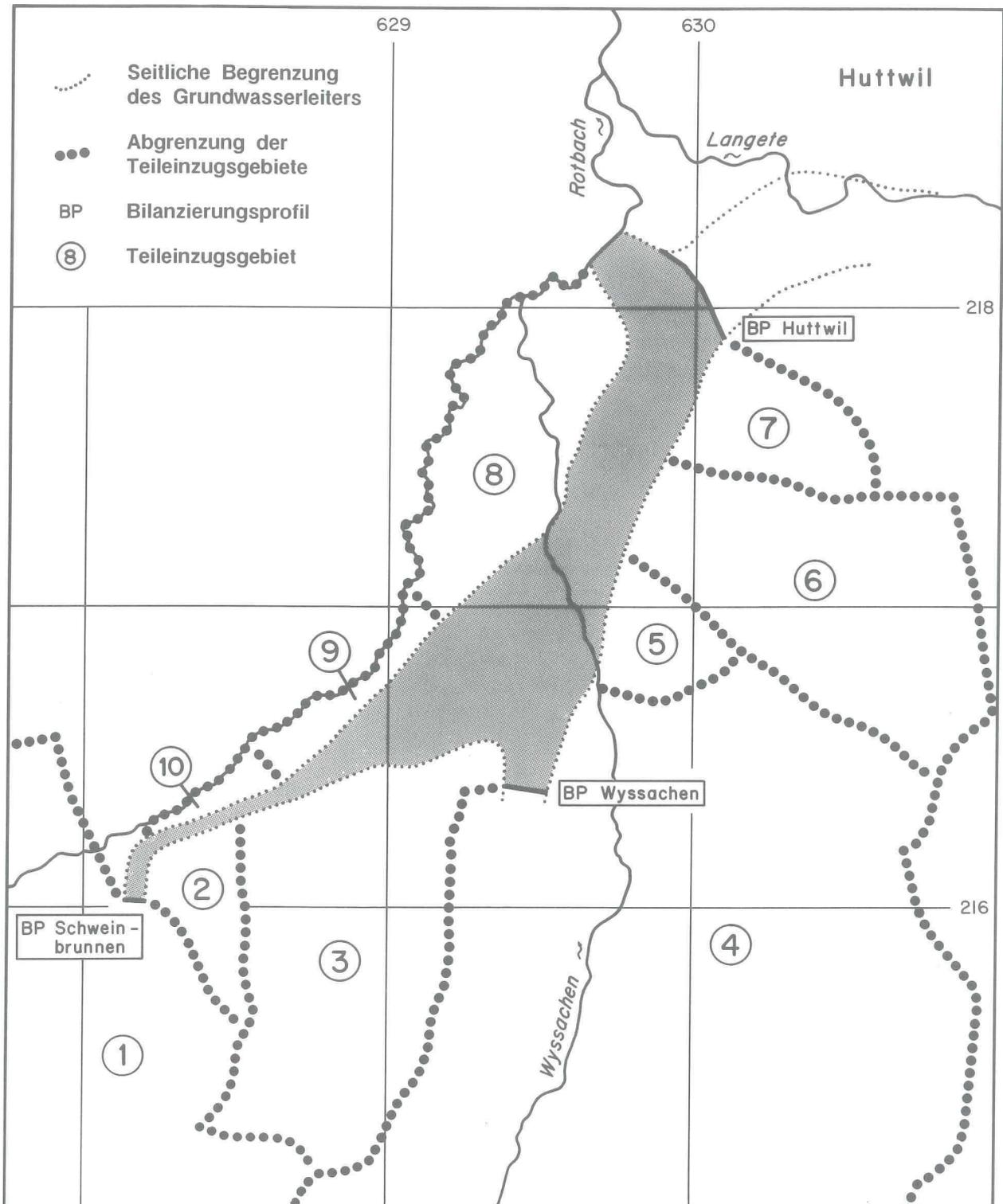
Als indirekte Grundwasserneubildung QR werden die Zuflüsse bezeichnet, die dem betrachteten Grundwasservorkommen über die seitlichen Ränder zusickern, entweder konzentriert aus Grundwasserleitern der Seitentäler und/oder dispers auf Grundwasserstauern der angrenzenden Talflanken. Sie werden durch Niederschlagswasser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

Der Grundwasserleiter zwischen den Bilanzierungsprofilen Schweinbrunnen und Huttwil wird aus den 10 in Figur 4.2 ersichtlichen Teileinzugsgebieten gespeist.

Das westlich von Schweinbrunnen liegende, grosse Teileinzugsgebiet 1 wird praktisch vollständig durch den Rotbach entwässert. Lediglich eine kleine Wassermenge fliesst konzentriert durch das Bilanzierungsprofil Schweinbrunnen in den betrachteten Grundwasserleiter (vgl. Abschnitt 4.1.1). Die Entwässerung des Teileinzugsgebietes 4 erfolgt hauptsächlich durch die Wyssachen. In den betrachteten Grundwasserleiter fliesst eine relativ kleine Wassermenge konzentriert durch das Bilanzierungsprofil Wyssachen (vgl. Abschnitt 4.1.1) und bis zum Teileinzugsgebiet 5 dispers vor allem aus der Wyssachen infiltrierendes Wasser. In den übrigen 8 seitlichen Teileinzugsgebieten dürfte die disperse indirekte Grundwasserneubildung überwiegen. Sie wird in Tabelle 4.3 als Jahresmittel 1988 analog berechnet wie die direkte Grundwasserneubildung.

Das Gebiet nordwestlich des Grundwasserleiters dürfte grösstenteils direkt in den Rotbach entwässern. Der Rotbach fliesst in diesem Bereich praktisch immer auf der Molasse. Somit ist lediglich aus den kleinen Teileinzugsgebieten zwischen Rotbach und Grundwasserleiter eine geringe randliche Grundwasserneubildung zu erwarten.

Figur 4.2 Hauptgrundwasserleiter Schweinbrunnen - Huttwil;  
 Teileinzugsgebiete und abgrenzende Bilanzierungsprofile



Die Tabelle 4.3 gibt einen Überblick über die Berechnungsgrößen der einzelnen Teileinzugsgebiete. Für die Teilgebiete 3 und 6 wurde der oberflächliche Abfluss aufgrund von je 9 Abflussmessungen, für die Teilgebiete 2, 5, 7 bis 10 aufgrund von Hangneigung, Wald- und Siedlungsanteilen bestimmt. Die dargestellten Mengen sind Jahresmittelwerte.

Tabelle 4.3 Indirekte Grundwasserneubildung\*, Jahresmittelwerte 1988

Einzugsgebiet Nr.	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Niederschlag abzüglich Verdunstung [l/s]	Oberflächen- wasserabfluss [l/s]	Indirekte Grundwasser- neubildung [l/s]
1				5*
2	0.150	4.6	0.9	3.7
3	0.806	24.8	10.9	13.9
4				8 / 3*
5	0.113	3.5	0.7	2.8
6	0.719	22.1	16.6	5.5
7	0.206	6.4	1.3	5.1
8	0.438	13.5	2.9	10.6
9	0.106	3.3	0.7	2.6
10	0.031	1.0	0.2	0.8
Total	2.569	79.2	34.2	53 / 8*

\* Profilzuflüsse gemäss Abschnitt 4.1.1

#### 4.1.4 Infiltration aus Oberflächengewässern

Die Differenzmessungen an der Wyssachen haben gezeigt, dass im untersuchten Gewässerabschnitt, von welchem ca. 80 % direkt über dem Grundwasserleiter liegen, ca. 28 l/s infiltrieren (vgl. Abschnitt 3.5). Der mittlere direkte Grundwasserzufluss beträgt (wie auch die Modelleichung in Kapitel 5 bestätigt) ca. 22 l/s.

Allfällige Schwankungen der Infiltrationsmenge, z.B. infolge veränderter Wasserführung und Temperatur der Wyssachen oder Sohlenbewegungen des Gerinnes nach Hochwasserereignissen, lassen sich mit Differenzmessungen nicht ermitteln. Sie dürften aber die angegebenen Mittelwerte nur unbedeutend beeinflussen.

Es ist anzunehmen, dass die Infiltrationsmenge örtlich in gewissen Grenzen variiert. Für die Gesamtbilanz (vgl. Kapitel 6) darf die Infiltrationsleistung jedoch ortsunabhängig angenommen werden.

Meibach, Schweinbrunnenbach und Schwarzenbach queren den Grundwasserleiter praktisch durchwegs in Leitungen. Eine wesentliche Infiltrationsmenge ist daher von diesen Gewässern nicht zu erwarten.

## 4.2 Grundwasserwegflüsse

### 4.2.1 Grundwasserexfiltration

Einleitend wurde darauf hingewiesen, dass, abgesehen von der Grundwassernutzung, praktisch die gesamte wegfließende Grundwassermenge in die Rot exfiltriert. Die Differenzmessungen für die Bestimmung der Exfiltrationsmenge wurden detailliert in Abschnitt 3.5 behandelt und die durchschnittliche Exfiltrationsmenge zu ca. 100 l/s ermittelt.

### 4.2.2 Grundwassernutzung

Aus der Grundwasserfassung Fiechte bezieht die Gemeinde Hutwil seit 1978 ihren gesamten Wasserbedarf. Die Entnahme erfolgt in einem Horizontalfilterbrunnen mit 3 Strängen von 17 bis 29 m Länge auf 606 m ü. M. (ca. 20 m UK Terrain). Das benötigte Wasser wird regelmässig während der Niedertarifzeit (22<sup>00</sup> bis 06<sup>00</sup>) bei einer Pumpenleistung von ca. 50 l/s innert 6 - 8 Stunden in die Reservoirs gefördert. Der Betrieb mit dieser Entnahmemenge bewirkt im Brunnen eine Absenkung des Grundwasserspiegels um ca. 1.5 - 2.0 m, der sich anschliessend relativ rasch wieder erholt. Die folgende Tabelle 4.4 gibt einen Überblick über die Grundwasserförderung in der Fassung Fiechte.

Tabelle 4.4 Entnahmemengen Grundwasserfassung Fiechte

Jahr	Entnahme- menge	Entnahme- menge
	[m <sup>3</sup> /Jahr]	[l/s]
1985	570'730	18.1
1986	445'530	14.1
1987	485'130	15.4
1988	489'490	15.5
1989	479'120	15.2
1990	476'692	15.1
Mittel	491'115	15.6

## 5. NUMERISCHES GRUNDWASSERMODELL

### 5.1 Aufbau des Grundwassermodells

Das Grundwasser-Strömungsmodell, kurz Grundwassermodell Rotbachtal genannt, basiert auf den an der VAW [23] entwickelten, im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms ergänzten [10] und erfolgreich eingesetzten Computerprogrammen für die numerischen Simulationen der 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, da die horizontale Ausdehnung wesentlich grösser ist als die vertikale und weil für rein mengenmässige Betrachtungen der mittlere Grundwasserfluss der gesamten Mächtigkeit interessiert und Geschwindigkeitsunterschiede des Wassers innerhalb der Grundwasser-mächtigkeit nicht relevant sind.

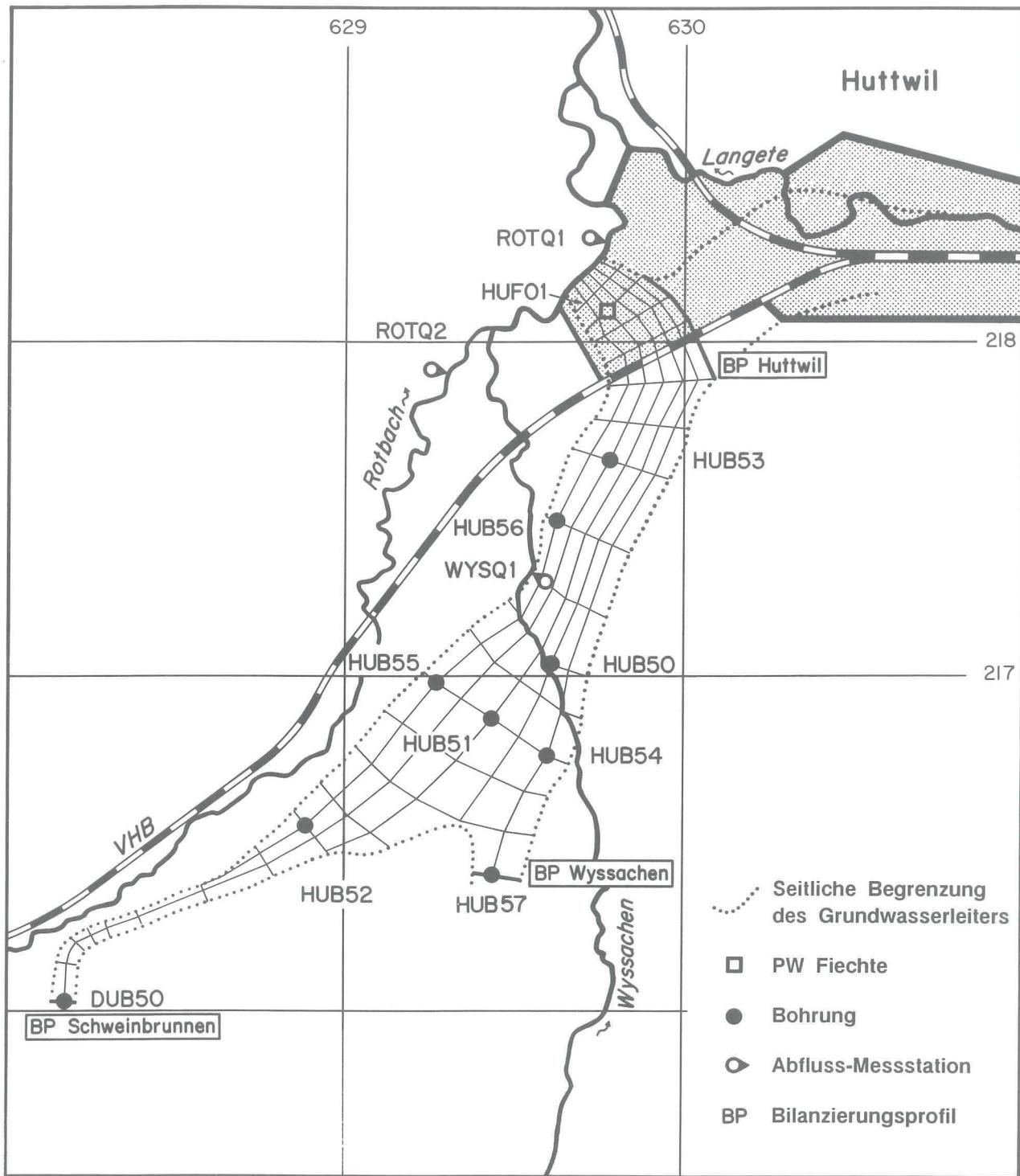
Figur 5.1 zeigt die Diskretisierung bzw. Netzeinteilung des untersuchten Grundwasserleiters für die Modellberechnungen. Das Modellnetz umfasst 112 Elemente und 151 Knoten. Der seitliche Modellrand entspricht relativ gut der mittels VLF-Messungen (vgl. Abschnitt 2.1) ermittelten, mittleren seitlichen Begrenzung des Grundwasserleiters gemäss den Beilagen 1 und 2. Die Netzeinteilung ist so vorgénommen worden, dass die Längsseiten der Elemente generell der Strömungsrichtung des Grundwassers folgen und die Querseiten senkrecht dazu verlaufen. Zudem wurde beachtet, dass die Knoten möglichst auf bestehende Aufschlüsse (Piezometer, Bohrungen und Grundwasserfassungen) oder das Gewässernetz zu liegen kamen.

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 Grundwasserstauer-Koten sind aus dem Situationsplan mit den Isohypsen des Grundwasserstauers (Beilage 2) entnommen worden. Die definitiven  $k$ -Werte gehen aus der Modellgleichung (vgl. Abschnitt 5.2) hervor. Als Randbedingung wurden in den Profilen Schweinbrunnen, Wyssachen und Huttwil die Grundwasserstände, entlang der seitlichen Ränder als Zufluss die indirekte Grundwasserneubildung vorgegeben. Die direkte Grundwasserneubildung wirkt als Flächenfluss auf das Modellgebiet. Die Grundwasserin- und -exfiltrationen und die Entnahmemenge in der Fassung Fiechte wurden als Knotenfluss berücksichtigt.

Aufgrund der lediglich rudimentären Kenntnisse über die Fortsetzung des Grundwasserleiters Richtung Huttwil wurde das Grundwassermodell östlich der Fassung Fiechte mit dem Bilanzierungsprofil Huttwil abgeschlossen. Für das Grundwassermodell wird kein Zu- oder Wegfluss über dieses Profil vorgegeben; der Grundwasserstand wird in diesem Profil jedoch festgehalten.

Figur 5.1 Grundwassermodell Rotbachtal: Netzeinteilung



Für den stationären Betrieb des Grundwassermodells Rotbachtal müssen folgende Angaben vorliegen:

Wasserstände: - Grundwasserstand in den Profilen Schweinbrunnen, Wyssachen und Huttwil

Grundwasserflüsse : - Direkte und indirekte Grundwasserneubildung  
- Infiltrationsmenge der Wyssachen  
- Exfiltrationsmenge in die Rot  
- Grundwasserentnahmen

Im stationären Fall sind Grundwasserzu- und -wegflüsse gleich gross; es wird weder Grundwasser gespeichert noch gezehrt und es treten keine Schwankungen des Grundwasserspiegels auf. Dies trifft in Wirklichkeit am ehesten zu während ausgedehnten Trockenwetterperioden mit nur noch geringfügigen Grundwasserspiegelrückgängen. Quasi stationäre Verhältnisse lassen sich jedoch simulieren, wenn die Grundwasserspiegeländerungen kompensiert werden mit flächenhaften Grundwasserzu- bzw. -wegflüssen.

## 5.2 Eichung des Grundwassermodells

Mit Hilfe der stationären Eichung werden die k-Werte für das Grundwassermodell elementweise bestimmt. Ausgehend von den versuchsmässig bestimmten 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 [10]. Als Kontrolldaten dienen z.B. gemessene Grundwasserstände, In- und Exfiltrationsmengen oder gut abgesicherte Profilzuflüsse. 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 lokal stark unterschiedlichen Spiegelgefällen mit teilweise ausgeprägten Gefällsstufen, wie sie im Rotbachtal vorliegen, mehrere Dezimeter erreichen.

Als Resultat liefern die numerischen Berechnungen für jeden Knoten einen Grundwasserstand (Potential) und einen -fluss, soweit diese nicht vorgegeben wurden, sowie für jedes Element einen Durchlässigkeitsbeiwert.

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.

Das Grundwassermodell wurde mit den Jahresmittelwerten 1988 der berechneten direkten und indirekten Grundwasserneubildung, mit den Mittelwerten der gemessenen In- und Exfiltrationsmengen (vgl. Abschnitt 4) und den Grundwasserständen vom 30. September 1988 stationär geeicht. Die Jahresmittelwerte 1988 der Grundwasserzu- und -wegflüsse charakterisieren relativ gut stationäre Verhältnisse, und die berücksichtigten Grundwasserstände entsprechen ungefähr den Jahresmittelwerten.

Der Grundwasserspiegelrückgang betrug am 30. September 1988 0.33 cm/Tag. Bezogen auf den Grundwasserleiter ergibt dies eine Zehrmenge von ca. 3 l/s.

Am Eichdatum wurden die Grundwasserstände in allen 16 Messstellen des Modellgebietes gemessen und direkt einem Modellknoten zugeordnet. Drei Wasserstände dienten als Eingabedaten, die restlichen 13 als Kontrolldaten. Als weitere Kontrolldaten wurden die Profilzuflüsse in den Profilen Schweinbrunnen, Wyssachen und Huttwil (Fluss Null) einbezogen.

Der Vergleich zwischen den gemessenen und den mit dem Grundwassermodell berechneten Grundwasserständen zeigte folgende Abweichungen:

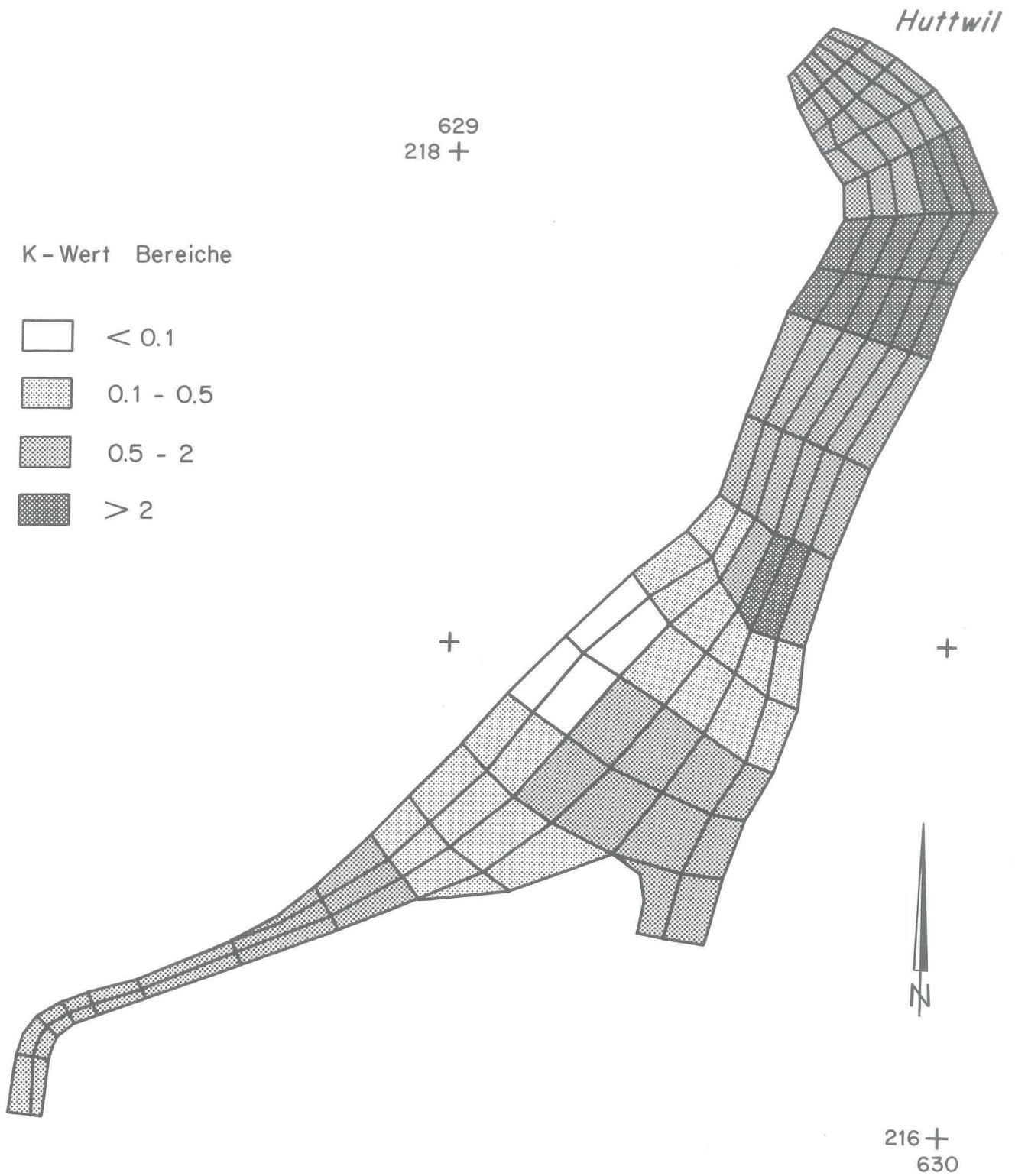
0.0 bis 1.0 cm	10 Messstellen
1.0 bis 5.0 cm	1 Messstelle
5.0 bis 50.0 cm	2 Messstellen

Die beiden Messstellen mit den grössten Abweichungen liegen in randlichen Gebieten mit grossen bzw. unklaren Gefälls- und Zuflussverhältnissen.

Die Unterschiede zwischen den nach DARCY berechneten Profilflüssen (vgl. Abschnitt 4.2) und den entsprechenden Modellergebnissen liegen zwischen 0.2 und 0.4 l/s und sind damit ebenfalls unbedeutend. Diese guten Uebereinstimmungen zeigen, dass das Modell für die Simulation von Bewirtschaftungsszenarien eingesetzt werden kann.

In Figur 5.2 wurden die mit der Modelleichung erhaltenen Element-k-Werte dargestellt. Ihr arithmetisches Mittel beträgt 1.26 mm/s und bestätigt die bereits in Abschnitt 2.6 beschriebene, relativ mässige Durchlässigkeit des Grundwasserleiters.

Figur 5.2 Grundwassermodell Rotbachtal: Durchlässigkeitsverteilung aufgrund der Element-k-Werte in mm/s



## 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, Durchlässigkeitsverhältnisse)
- der Grundwasserbilanz (Grundwasserzu- und -wegflüsse, im Grundwasserleiter strömende Wassermengen)
- der Grundwasserqualität (physikalisch-chemische, bakteriologische Eigenschaften).

Im folgenden wird für den Zeitschnitt 30. September 1988 und den Zeitraum 1985 bis 1990 vor allem das Grundwasservorkommen des Rotbachtals zwischen Schweinbrunnen und Huttwil (das mit dem Grundwassermodell Rotbachtal erfasste sog. Modellgebiet) beschrieben. Auf die übrigen untergeordneten Grundwasservorkommen kann nur generell eingetreten werden.

### 6.1 Grundwasserverhältnisse am 30. September 1988

Die Grundwasserstände vom 30. September 1988 entsprechen etwa einem mittleren Grundwasserstand für das Jahr 1988. Die beschriebenen 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 ähnlich wie bei mittleren. Die für den 30. September 1988 erläuterten Verhältnisse haben deshalb generell Gültigkeit.

Da am 30. September 1988, unmittelbar vor- und nachher die Grundwasserqualität nicht untersucht wurde, werden die qualitativen Verhältnisse mit den während des Untersuchungszeitraums erhobenen chemisch-bakteriologischen Daten in Abschnitt 6.3 eingehend erörtert.

#### 6.1.1 Isohypsen des Grundwasserspiegels

Auf die Bedeutung der Simultanmessung vom 30. September 1988 für die stationäre Eichung des Grundwassermodells und die gute Übereinstimmung der gemessenen und mit dem Modell berechneten Grundwasserstände, 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. Im Rotbachtal sind die festgestellten Abweichungen zwischen dem Grundwasserspiegel, den gemessenen und den berechneten Wasserständen klein (vgl. Abschnitt 5.2).

Der Grundwasserspiegel kann anschaulich mit Höhenkurven, sogenannten Isohypsen, dargestellt werden. Das Grundwasser strömt im Bereich des Grundwasserspiegels senkrecht zu den Isohypsen. Die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers variiert infolge des heterogenen Aufbaus des Grundwasserleiters normalerweise nicht nur von Ort zu Ort, sondern auch über die Tiefe relativ stark. 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 und berücksichtigen eine mittlere durchflusswirksame Porosität von 10 % [10], [28].

In der Beilage 2 sind die Isohypsen der Grundwasserspiegel für das Modellgebiet zwischen Schweinbrunnen und dem Bilanzierungsprofil Huttwil aufgrund der Wasserspiegelmessungen vom 30.9.1988 und der Modellresultate, für die übrigen Gebiete aufgrund der Messungen in den Piezometerrohren vom 30.9.1988 dargestellt worden. Sie lassen auf folgende Strömungsverhältnisse schliessen:

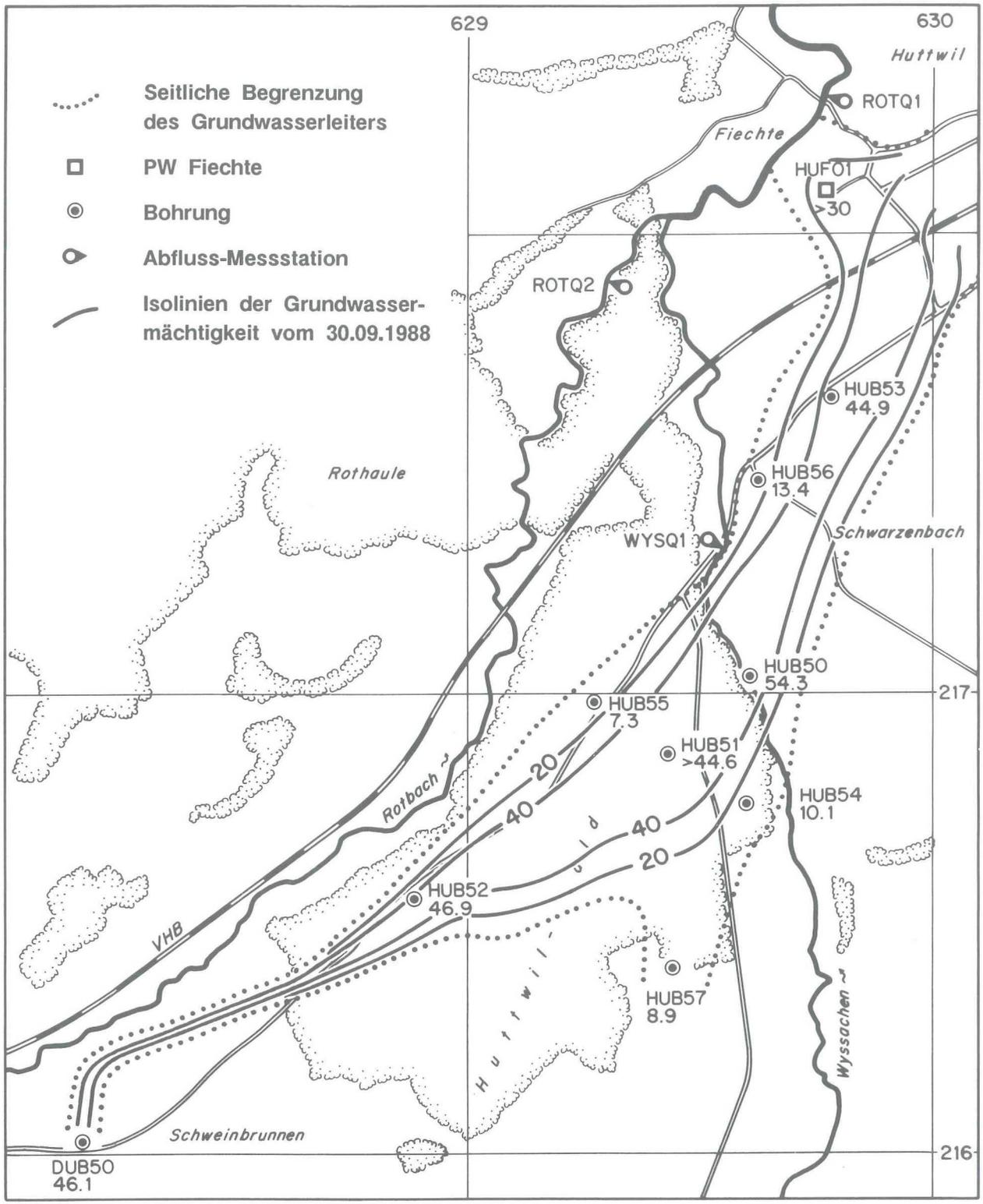
- Im Grundwasserleiter des Modellgebietes fliesst das Grundwasser in nordöstlicher Richtung unter dem Huttwilwald, den Gruben von Schwarzenbach gegen Huttwil mit einem Gefälle zwischen ca. 0.3 und 2.7 %, biegt im Gebiet Neuhaus gegen Nordwesten in Richtung Fiechte und exfiltriert mit grossem Gefälle in den Rotbach. Die Fliessgeschwindigkeiten variieren, abgesehen vom Exfiltrationsgebiet, zwischen 3 und 10 m/Tag. Ein Wasserteilchen benötigt, wenn es im mittleren Teil des Huttwilwaldes versickert, bis zur Exfiltration in den Rotbach etwa 200 Tage, wenn es aus der Wyssachen infiltriert, etwa 140 Tage. Im Bereich der Bohrung HUB55 (629/216.11) ist der randliche Zufluss deutlich erkennbar, allerdings sind die Durchlässigkeitsbeiwerte hier sehr klein.
- Im westlichen Teil von Huttwil, unmittelbar anschliessend an das Modellgebiet ist das Spiegelgefälle, abgesehen vom Nahbereich der Langete, sehr klein; die Strömungsrichtung lässt sich nicht durchwegs eindeutig bestimmen. Entlang der Langete im Bereich des Spitals Huttwil wird mit den Isohypsen des Grundwasserspiegels jedoch die mit den Differenzabflussmessungen nachgewiesene Exfiltration bestätigt.
- Im Eriswiltal, im östlichen und mittleren Teil von Huttwil sind die Piezometer weit voneinander entfernt, so dass über weite Strecken nur sehr generelle Aussagen über den Spiegelverlauf und die Gefällsverhältnisse möglich sind. Im Eriswiltal strömt das Grundwasser mit einem Gefälle von ca. 2-3 % talabwärts, unter Huttwil hindurch und exfiltriert ebenfalls im Bereich des Spitals in die Langete.

### 6.1.2 Grundwassermächtigkeit

Die Grundwassermächtigkeit als Differenz zwischen dem Grundwasserspiegel und dem Grundwasserstauer (vgl. Figur 2.0) kann regional am einfachsten veranschaulicht werden mit Linien gleicher Mächtigkeit (= Isolinien der Grundwassermächtigkeit) und den damit abgegrenzten Mächtigkeitsbereichen. In Figur 6.1 werden, basierend auf dem in Beilage 2 gezeigten Grundwasserspiegel vom 30. September 1988 und der Lage des Grundwasserstauers, die Mächtigkeitsverhältnisse im Modellgebiet generell gezeigt.

- In der Mitte des Grundwasserleiters zwischen Schweinbrunnen und Huttwil erreicht die Grundwassermächtigkeit über 40 m. Sie nimmt an den seitlichen Rändern schnell ab (vgl. Geologische Profile I bis III).
- Im Gebiet von Huttwil können aufgrund der fehlenden Angaben über den Verlauf der Stauer-oberfläche keine Aussagen über die Grundwassermächtigkeit gemacht werden. Dies gilt auch für weite Teile des Eriswiltals, wo die Grundwassermächtigkeiten lediglich im Bereich der Bohrungen EHB01, EHB02 und EHB03 bekannt sind und ca. 17.0 - 18.5 m betragen (vgl. Tab. 2.4).

Figur 6.1 Grundwassermächtigkeit: Isolinien für 20 m und 40 m Mächtigkeit und Einzelwerte in m bei den Bohrpunkten und der Fassung Fiechte



### 6.1.3 Flurabstand

Der Flurabstand als Differenz zwischen der Terrainoberfläche und dem Grundwasserspiegel entspricht der Mächtigkeit der Überwasserspiegelzone (vgl. Figur 2.0). Er zeigt, wie tief das Grundwasservorkommen unter Terrain liegt. Er kann analog wie die Grundwassermächtigkeit mit Isolinien veranschaulicht werden und geht für das Modellgebiet im Detail aus Figur 6.2 hervor. Der für die Darstellung massgebende Grundwasserspiegel entspricht demjenigen in Beilage 2. Die Höhenangaben der Terrainoberfläche sind einerseits den Stammdaten der Messstellen und andererseits den Uebersichtsplänen 1 : 10 000 des Kantonalen Vermessungsamtes ( 5 und 10 m Höhenkurven) entnommen worden.

Grosse Flurabstände in der Grössenordnung von ca. 10 bis 20 m bewirken, dass das versickerte Niederschlagswasser und die mit ihm transportierten Stoffe zeitlich verzögert und die Stoffkonzentrationen gedämpft ins Grundwasser gelangen: Die Grundwasserstände weisen meistens einen typischen Jahresgang auf (im Winter und Frühling steigende, im Sommer und Herbst fallende Wasserstände). Der Chemismus des Grundwassers ist relativ ausgeglichen. Bei kleinen Flurabständen (bis ca. 5 m) treten dagegen auch kurzfristige Schwankungen der Grundwasserstände und des Chemismus auf, die Voraussetzungen sind häufig gegeben, dass Grund- und Oberflächenwasserspiegel zusammenhängen können (Exfiltration oder direkte Infiltration).

Die Überwasserspiegelzone ist, abgesehen von den oberflächennahen, feinkörnigen Deckschichten, ebenfalls Bestandteil des Grundwasserleiters und vermag dementsprechend Grundwasser zu speichern oder zu leiten. Grosse Flurabstände begünstigen meistens das Speichervermögen bei künstlicher Grundwasseranreicherung und den qualitativen Schutz des Grundwassers.

Die Flurabstände lassen sich im Untersuchungsgebiet generell wie folgt beschreiben:

- Im Grundwasserleiter des Modellgebietes schwanken sie zwischen praktisch Null und 36 m. Am grössten sind sie im Huttwilwald, zwischen 18 und 36 m. Im Exfiltrationsgebiet Fiechte nehmen sie gegen Null ab.
- Im Gebiet von Huttwil betragen sie zwischen ca. 0.7 m (im Exfiltrationsgebiet) und 15 m, im Eriswiltal zwischen ca. 4 m und 7 m.



#### 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.

Wie bereits in Kapitel 5 erwähnt, wurde für die stationäre Modelleichung der Grundwasserstand vom 30. September 1988 sowie die Jahresmittelwerte der Flüsse für 1988 verwendet. Die massgebenden Daten erlauben für das Modellgebiet eine stationäre Grundwasserbilanz gemäss Tabelle 6.2. Der Grundwasserspiegel fällt am Eichdatum um ca. 0.33 cm/Tag. Dies entspricht einer Zehrmenge von ca. 3 l/s. Die Differenz der Grundwasserstände zwischen Anfang und Ende 1988 ist ebenfalls sehr klein und ergibt für die Bilanzierung auch keine nennenswerte Zehr- oder Speichermenge. Die in Tabelle 6.2 angegebene Bilanz kann daher als Mittel für 1988 betrachtet werden.

Die Grundwasserzu- und -wegflüsse wurden in Abschnitt 4 detailliert beschrieben. Sie sind, wie oben angegeben wurde, für die bilanzierten Verhältnisse etwa gleichgross. Die Zuflüsse von etwas über 100 l/s umfassen vor allem die indirekte (disperse) und die direkte Grundwasserneubildung (zusammen ca. 75 %), die Infiltration der Wyssachen (ca. 20 %) und die relativ bescheidenen Profilzuflüsse.

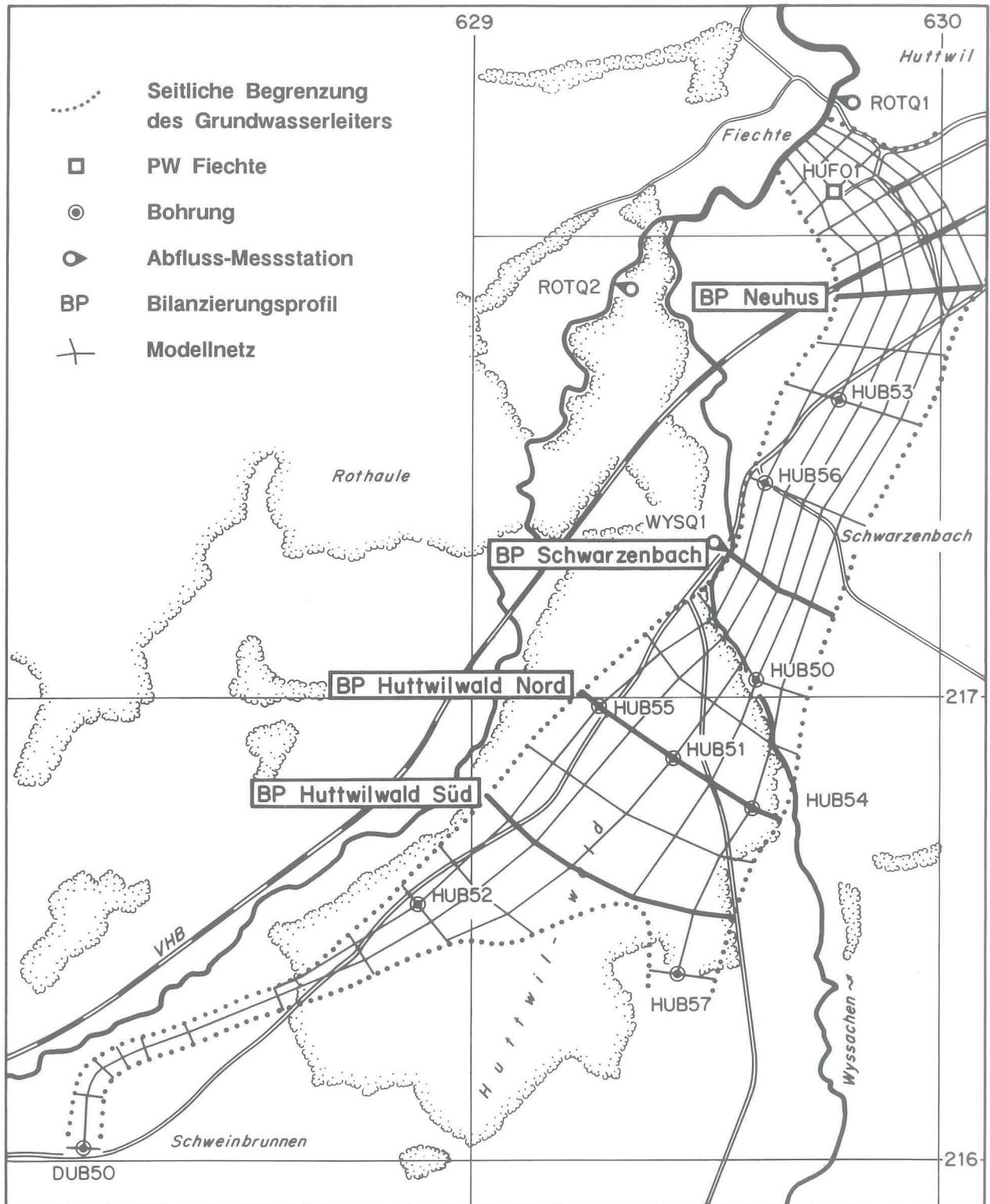
Aus dem Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil exfiltrieren knapp 90 % im Exfiltrationsgebiet Fiechte. Für die Trink- und Brauchwasserversorgung werden in der Grundwasserfassung Fiechte ca. 10 % des strömenden Grundwassers entnommen. In Richtung Huttwil fliesst höchstens wenig und zeitweise Grundwasser aus dem Huttwilwald.

Aus der beschriebenen Grundwasserbilanz für das ganze Grundwasservorkommen als Einzelmodell gehen mit Ausnahme der Zu- und Wegflussprofile (Schweinbrunnen, Wyssachen und Huttwil) die örtlich im Grundwasserleiter strömenden Wassermengen nicht hervor. Um hier Einblick zu erhalten, muss der untersuchte Grundwasserleiter mit zusätzlichen Profilen ungefähr senkrecht zur Strömungsrichtung aufgeteilt werden. Für diese Profile lassen sich die durchströmenden Wassermengen berechnen. Mit dem Grundwassermodell kann für jede der 23 Elementreihen, d.h. für Abstände in Fliessrichtung von ca. 130 m, der Grundwasserfluss berechnet werden. Im folgenden werden für vier Profile (Huttwilwald Süd, Huttwilwald Nord, Schwarzenbach und Neuhus) die Grundwassermengen angegeben. Die Profilsuren der vier Bilanzierungsprofile sind aus der Figur 6.3 ersichtlich. Mittels einer sogenannten Bilanzierungsschlange werden in der Figur 6.4 die Grundwassermengen in den vier Bilanzierungsprofilen zusammen mit den mittleren Zu- und Wegflüssen im Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil dargestellt. Die Breite der Strömungsbalken sind massstäblich gezeichnet und ermöglichen damit einen raschen visuellen Vergleich. Die in der Figur 6.4 verwendeten Bilanzierungskennziffern sind in der Tabelle 6.1 aufgeführt.

Tabelle 6.1 Grundwasserbilanz 1988

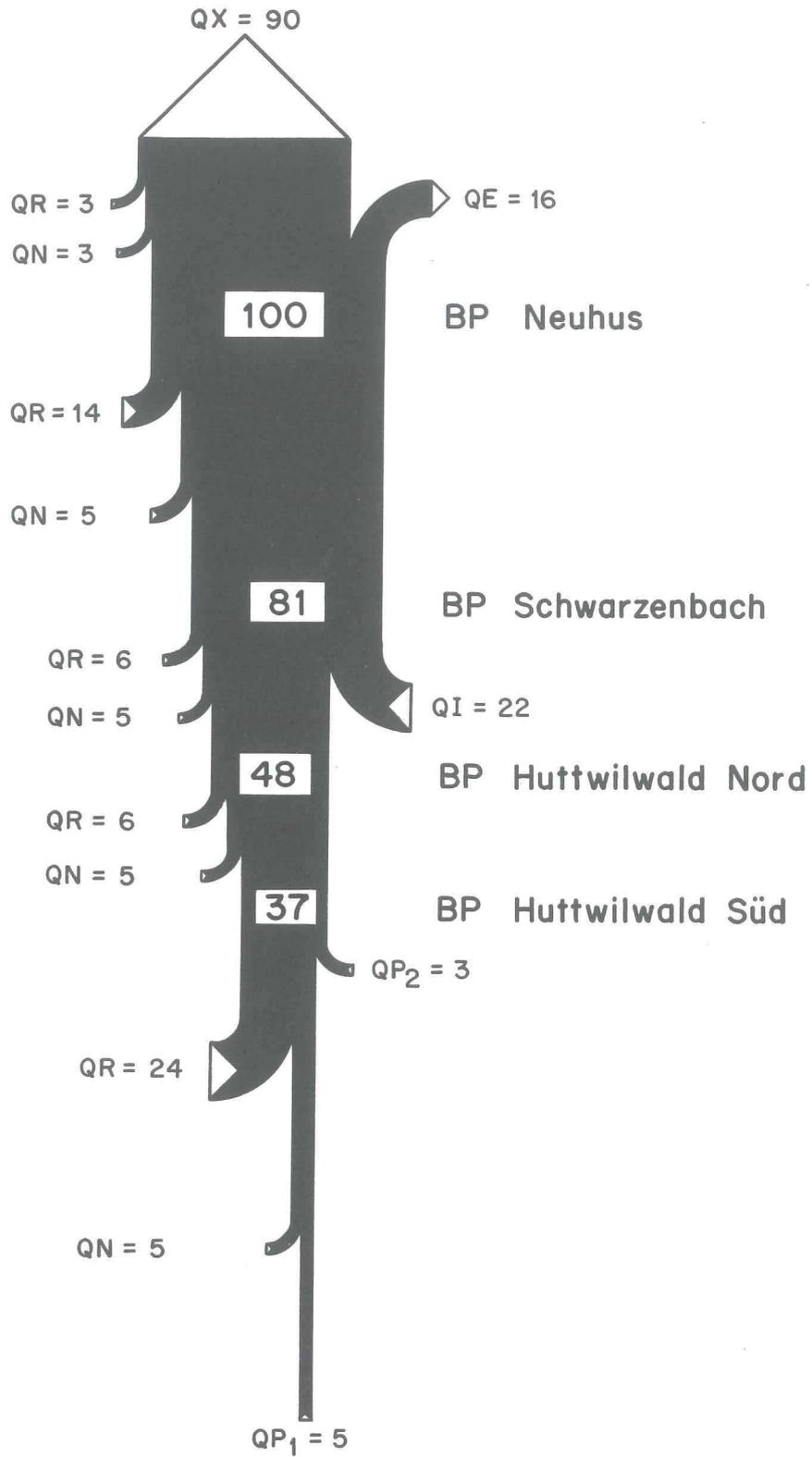
Bilanzierungskennzifferen	Symbol	Grundwasserfluss [l/s]
<b>Grundwasserzuflüsse</b>		
Zufluss durch Bilanzierungsprofil Schweinbrunnen	QP1	5
Zufluss durch Bilanzierungsprofil Wyssachen	QP2	3
Direkte Grundwasserneubildung	QN	23
Indirekte Grundwasserneubildung	QR	53
Infiltration aus der Wyssachen	QI	22
<b>Grundwasserwegflüsse</b>		
Exfiltration Fiechte	QX	90
Grundwasserentnahme	QE	16
<b>Summe der Zuflüsse</b>		106
<b>Summe der Wegflüsse</b>		106
<b>Speicher- oder Zehrmenge aus Grundwasserstandsänderungen</b>	QS	0

Figur 6.3 Bilanzierungsprofile Huttwilwald Süd, Huttwilwald Nord, Schwarzenbach und Neuhus



Figur 6.4

Bilanzierungsschlange für den Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil, Mengen in l/s



## 6.2 Grundwasserverhältnisse 1985 bis 1990

Die Grundwasserzu- und -wegflüsse und damit auch die Grundwasserstände können zeitlich sehr stark variieren. Basierend auf den Daten der Periode 1985 bis 1990 werden im folgenden die zeitlichen Veränderungen im Grundwasservorkommen aufgezeigt. Da die hydrologischen Verhältnisse im Mittel und innerhalb der fünf Jahre recht unterschiedlich waren, wird mit diesem Zeitraum ein breites Spektrum der möglichen Grundwasserverhältnisse abgedeckt und die instationären hydrologischen Vorgänge lassen sich generell zu einem grossen Teil beschreiben.

### 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 gemessenen Grundwasserständen, das instationäre Verhalten. 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.

Bis 1985 lagen im Untersuchungsgebiet keine kontinuierlichen Messungen von Grundwasserständen vor, abgesehen von der Grundwasserfassung Fiechte. Da die Fassung jedoch im Exfiltrationsgebiet liegt, sind die aufgezeichneten Schwankungen naturgemäss gering und geben keine Rückschlüsse auf langfristige Veränderungen der Grundwasserstände des Fassungsgebietes.

Nach dem Abtiefen der ersten Sondierbohrungen konnte mit der kontinuierlichen Aufzeichnung der Grundwasserstände zwischen Schweinbrunnen und Huttwil begonnen werden. Während kürzerer oder längerer Zeit waren insgesamt 6 Sondierbohrungen mit Aufzeichnungsgeräten versehen (vgl. Tab. 3.14).

Die aufgezeichneten Grundwasserstände der 6 Messstationen sind in Figur 6.5, von 3 Messstationen in Beilage 1 als Ganglinien dargestellt worden. Sie verlaufen generell sehr ähnlich, vor allem diejenigen von HUB52, HUB51, HUB50, HUB53. Lediglich die Aufzeichnungen der Limnigraphen in den beiden Zuströmprofilen Schweinbrunnen und Wyssachen (DUB50, HUB57) zeigen gewisse, wahrscheinlich örtlich bedingte, leicht unterschiedliche Charakteristiken.

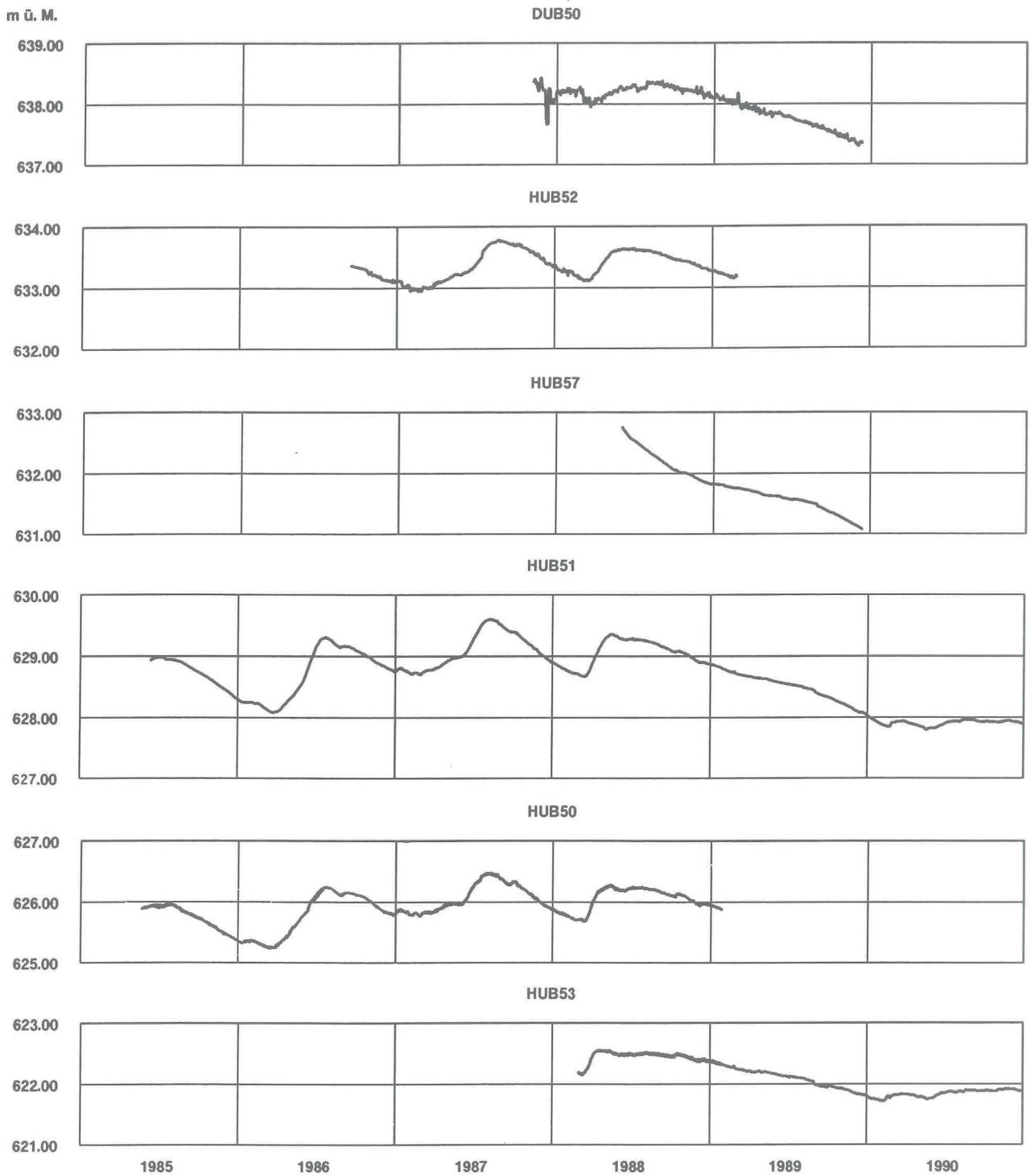
In Jahren mit normalen Niederschlägen (1986/1987/1988) sinkt der Grundwasserstand bis ca. Anfang März. In den folgenden 3 bis 5 Monaten steigt er dann kontinuierlich an und erreicht ca. im Juli den Höchststand. Obwohl normalerweise im Winter der Anteil des versickernden Niederschlagswassers am grössten ist, treten die höchsten Grundwasserstände erst einige Monate später ein. Diese Verzögerung deutet auf den grossen Einfluss der randlichen Grundwasserneubildung aus den seitlichen Einzugsgebieten hin, deren Speichervermögen gross ist und die mit 50 % an der gesamten Grundwasserneubildung beteiligt sind (vgl. Abschnitt 6.2.3).

Wie die Ganglinien von HUB51 und HUB53 zeigen, blieb der Anstieg der Grundwasserstände im Frühling und Sommer 1989 und weitgehend auch 1990 aus. Dies widerspiegelt die äusserst geringe Grundwasserneubildung vor allem im extrem trockenen Jahr 1989.

Bei der Messstation HUB51 mit der längsten Messdauer betrug der Schwankungsbereich zwischen Minimal- und Maximalwert während der fünfeinhalbjährigen Messperiode knapp 1.9 m, derjenige im Jahr 1990 lediglich 0.23 m.

In den knapp 3 Jahren, von welchen für die beiden Messstationen HUB51 und HUB53 Aufzeichnungen vorliegen, betrug die Differenz zwischen Minimum und Maximum bei HUB51 1.6 m, bei HUB53 nur 0.85 m. Bei HUB57 im Bilanzierungsprofil Wyssachen dürfte der Schwankungsbereich grösser sein als bei HUB51. Zwischen Mitte 1988 und Ende 1989 sank der Grundwasserstand dort um 1.7 m, in HUB51 um 1.2 m, in HUB53 nur um 0.7 m. Die Messstation HUB57 wird aufgrund ihrer randlichen Lage stark von der indirekten Grundwasserneubildung beeinflusst. HUB53 liegt am nächsten beim Exfiltrationsgebiet Fiechte und bestätigt den gegen Exfiltrationsgebiete natürlicherweise abnehmenden Schwankungsbereich der Grundwasserstände.

Figur 6.5 Ganglinien der Grundwasserstände



### 6.2.2 Grundwassermächtigkeit und Flurabstand

Die Grundwassermächtigkeiten und die Flurabstände in Abschnitten 6.1.2 und 6.1.3 beschrieben, entsprechen ungefähr den Verhältnissen bei Mittelwasserstand. Da die Grundwasserspiegelbewegungen im ganzen Grundwasserleiter relativ ähnlich sind, verändern sich zeitlich auch die Grundwassermächtigkeiten und Flurabstände ähnlich. Die grössten Schwankungen treten, wie in Abschnitt 6.2.1 beschrieben wurde, bei der Bohrung HUB57 auf, die kleinsten im Exfiltrationsgebiet.

### 6.2.3 Grundwasserbilanz 1988 - 1990

Obwohl auf die instationäre Eichung des Grundwassermodells verzichtet wurde, wird im folgenden eine generelle instationäre Jahresbilanz für die Jahre 1988 bis 1990 aufgestellt.

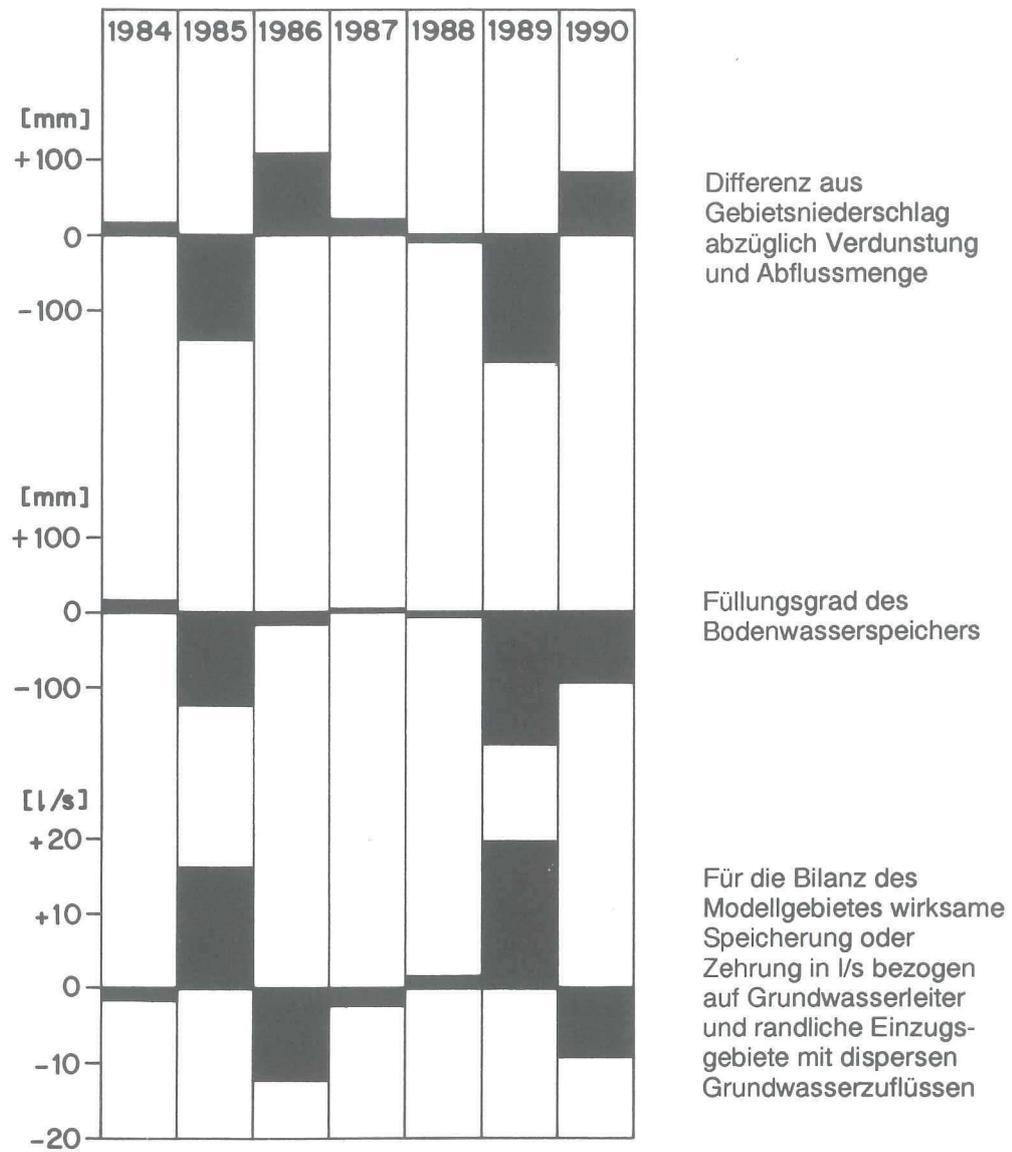
Damit die Speichervorgänge für diese drei Jahre einigermaßen richtig erfasst werden können, muss sozusagen als Vorlauf für die Abschätzung des Speicherverhaltens das Niederschlags- und Verdunstungsgeschehen für einige Vorjahre analysiert werden. Wie bereits in Kapitel 3.3.2 erwähnt wurde, müssen im langjährigen Mittel die Abflussmengen aus den beiden Einzugsgebieten oberhalb LANQ1 und ROTQ1 mit der Differenz aus Niederschlag und Verdunstung übereinstimmen (vgl. Tabelle 3.12). Wird ein Zeitschnitt oder ein einzelnes Jahr isoliert für sich betrachtet, wie im Kapitel 6.1.4, kann eine Bilanz nur aufgehen, wenn die Zehr- und die Speichermengen gleich gross sind, was normalerweise eintritt, wenn im vorangehenden und im Bilanzierungsjahr eine durchschnittliche Niederschlagsmenge fällt. Fällt im betrachteten oder im vorangehenden Jahr zuviel oder zuwenig Niederschlag, wird Wasser im Boden gespeichert oder gezehrt. Die Speicherung oder Zehrung wirkt sich auf die Grundwasserspiegelbewegungen, die direkte und die indirekte Grundwasserneubildung aus.

Damit der Füllungsgrad der Jahre 1988 bis 1990 des Bodenwasserspeichers als Einzellenmodell für das Modellgebiet abgeschätzt werden kann, werden in Figur 6.6 oben die Differenzen aus Gebietsniederschlag abzüglich Verdunstung und Abflussmenge (vgl. Tabelle 3.12) dargestellt. Da die für das Modellgebiet massgebende Abflussmessstation ROTQ1 erst ab 1987 zur Verfügung stand, werden für die Vorperiode 1984 bis 1987 die Daten für LANQ1 berücksichtigt. Die dargestellten Differenzen stehen zur Speicherung oder Zehrung zur Verfügung und bestimmen den Füllungsgrad des Bodenwasserspeichers (Figurmitte).

Die für die Bilanz des Modellgebietes wirksamen Mengen in l/s bezogen auf den Grundwasserleiter und die randlichen Einzugsgebiete mit dispersen Grundwasserzuflüssen sind in Figur 6.6 unten ersichtlich. Sie müssen für die Bilanzierung noch um die Speicherung oder Zehrung infolge der Grundwasserspiegelschwankung zwischen Anfang und Ende Jahr reduziert bzw. vergrössert werden, wenn letztere getrennt ausgewiesen werden.

Figur 6.6

Zustand des Bodenwasserspeichers aufgrund der Daten von Tabelle 3.12:  
 1984 bis 1987 Einzugsgebiet von LANQ1  
 1988 bis 1990 Einzugsgebiet von ROTQ1



Die Tabelle 6.2 zeigt die Grundwasserbilanzen von 1988 bis 1990. Die Bilanz für 1988 entspricht der stationären Bilanz aus Tabelle 6.1. Die direkte und indirekte Grundwasserneubildung erreichte 1989 aufgrund der geringen Niederschlagsmenge nur 40 % derjenigen von 1988. Kompensiert wird die geringe Grundwasserneubildung z.T. durch die Zehrung des Bodenwasserspeichers (QBS) sowie zu einem kleinen Teil durch das Absinken des Grundwasserstandes im Grundwasserleiter (QS). Trotzdem liegen die Zu- und Wegflüsse erheblich unter den Vorjahreswerten. 1990 nimmt die direkte und indirekte Grundwasserneubildung wieder deutlich zu und erreicht fast die Werte von 1988. Ein Teil der Neubildung verbleibt aber im Bodenwasserspeicher (QBS) und kompensiert so die Zehrung aus dem Vorjahr. Die Summe der Zu- und der Wegflüsse liegen nur knapp über den tiefen Werten von 1989. Die Infiltration aus der Wyssachen, die Zuflüsse durch die Bilanzierungsprofile sind konstant bzw. ändern sich nur wenig.

Tabelle 6.2 Grundwasserbilanz 1988 - 1990

Bilanzierungskennzifferen	Symbol	Grundwasserfluss [l/s]		
		1988	1989	1990
<b>Jahr</b>				
<b>Grundwasserzuflüsse</b>				
Zufluss durch Bilanzierungsprofil Schweinbrunnen	QP1	5	5	5
Zufluss durch Bilanzierungsprofil Wyssachen	QP2	3	2	2
Direkte Grundwasserneubildung	QN	23	10	20
Indirekte Grundwasserneubildung	QR	53	22	46
Aenderung des Bodenwasserspeicher-Gehaltes	QSB	0	+20	-9
Infiltration aus der Wyssachen	QI	22	22	22
<b>Grundwasserwegflüsse</b>				
Exfiltration Fichte	QX	90	68	71
Grundwasserentnahme	QE	16	15	15
<b>Summe der Zuflüsse</b>		106	81	86
<b>Summe der Wegflüsse</b>		106	83	86
<b>Speicher- oder Zehrmenge aus Grundwasserstandsänderung</b>	QS	-	-2	-

#### 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.

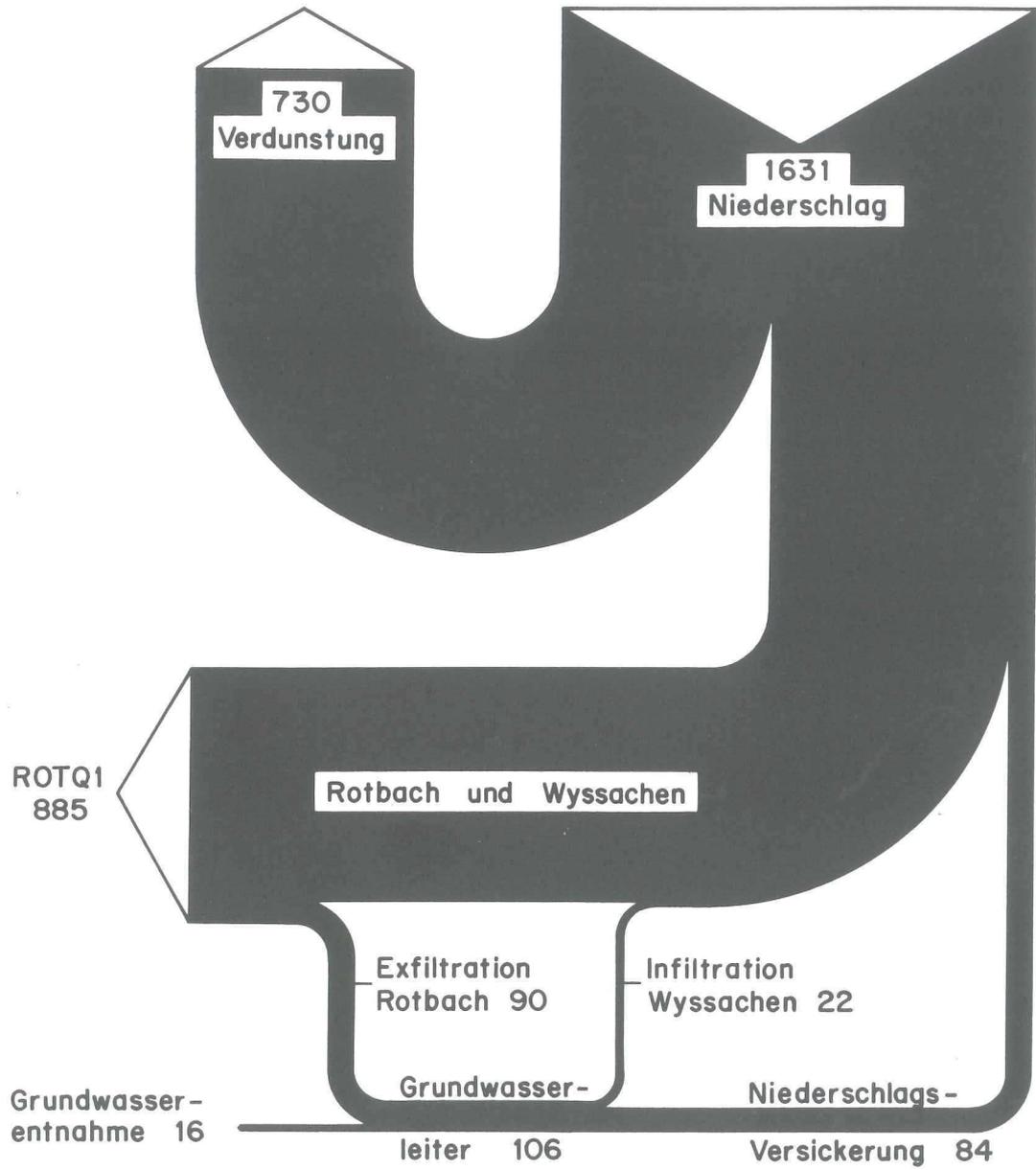
In Figur 6.7 wurden für die Mittelwerte der Jahre 1988, welche etwa den heutigen mittleren hydrologischen Verhältnissen entsprechen, die Verknüpfung der drei Bilanzen für den Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil als Einzellenmodell bildlich dargestellt. Auf den Teil des Untersuchungsgebietes oberhalb der Abflussmessstation ROTQ1 am Rotbach fielen 1988 im Jahresmittel ca. 1630 l/s Niederschläge. Davon verdunsteten ca. 45 %; etwas über 5 % d.h. 84 l/s gelangten als Profilzuflüsse, direkte und indirekte Grundwasserneubildung, etwa 1.5 % d.h. 22 l/s als Wyssacheninfiltrat in den Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil (Modellgebiet). Die Grundwasserentnahme verminderte den Grundwasserfluss und die Grundwasserexfiltration von ca. 90 l/s speiste den Rotbach. Der Abfluss im Rotbach bei ROTQ1 betrug ca. 885 l/s, d.h. ca. 54 % der Niederschlagsmenge. Das Jahresmittel für 1988 der gemessenen Abflussmengen betrug in der Messstation ROTQ1 900 l/s (vgl. Tabelle 3.10) und ist somit praktisch identisch mit der bilanzierten Mengen.

Veränderungen in der Grundwassernutzung bzw. -bewirtschaftung, in der Oberflächenwassernutzung und/oder am Oberflächenwasserabfluss verändern die dargestellten Zusammenhänge und können je nach Gesichtspunkt zu Verbesserungen oder Verschlechterungen führen.

Der Zusammenhang zwischen den einzelnen Flüssen wirkt sich auch qualitativ aus. Mit dem grossen Anteil von versickertem Niederschlagswasser können bedeutende Mengen von Schadstoffen aus dem Boden ins Grundwasser eingetragen werden (vgl. Abschnitt 6.3); verschmutztes Wyssachenwasser könnte infolge der Infiltration das Grundwasser ebenfalls in einem gewissen Umfang gefährden.

Figur 6.7

Wasserbilanz : Verknüpfung der Jahresmittelwerte 1988 der Grundwasserbilanz, Oberflächenwasserbilanz und Hydrologischen Bilanz, Mengen in l/s



### 6.3. Grundwasserqualität

#### 6.3.1. Uebersicht über die untersuchten Parameter

Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Grundwassers 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 des Grundwassers generell beschrieben werden. Zugleich können sie erste Hinweise geben, ob anthropogene Einflüsse vorliegen. Allerdings lassen sich mit den Standarduntersuchungen nicht alle Grundwasserverunreinigungen erkennen. So werden vor allem die synthetischen, die schwer abbaubaren organischen Stoffe und wesentliche Schwermetalle nicht erfasst, die zum Teil bereits in sehr kleinen Konzentrationen die Grundwasserqualität erheblich beeinträchtigen. Sie müssen mit speziellen Untersuchungsverfahren nachgewiesen werden (vgl. Tab. 6.4).

Im Schweizerischen Lebensmittelbuch (LMB) [11] im Kapitel "Trinkwasser" werden für die einzelnen Untersuchungsparameter sog. Qualitätsziele und Toleranzwerte, in der Fremd- und Inhaltsstoffverordnung [12] Toleranz- und Grenzwerte angegeben.

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.

Tabelle 6.3 Untersuchte Parameter der physikalisch-chemischen Standarduntersuchungen

Bezeichnung	Abkürzung	Einheit
Aussehen		TE/F
Trübung		°f
Gesamthärte		mg/l
Calcium	Ca	mg/l
Magnesium	Mg	mg/l
Säureverbrauch (pH 4.3)		mmol/l
Chlorid	Cl	mg/l
Nitrat	NO <sub>3</sub>	mg/l
Sulfat	SO <sub>4</sub>	mg/l
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	KMnO <sub>4</sub>	mg/l
Nitrit	NO <sub>2</sub>	mg/l
Ammonium	NH <sub>4</sub>	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

Tabelle 6.4 Leitparameter- und Spezialuntersuchungen

Bezeichnung	Abkürzung	Einheit
<b><u>Leitparameteruntersuchungen</u></b> anorganische Summenparameter organische Summenparameter (Fingerprints)	B, SO <sup>4</sup> ECD, FID, GC/MS	mg/l
<b><u>Schwermetalle</u></b> Zink Blei Cadmium	Zn Pb Cd	mg/l mg/l mg/l
<b><u>Flüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffe</u></b> Summenparameter	FOCL	µgCl/l
<b><u>Polycyclische Aromaten</u></b> Summenparameter der ringförmigen organischen Kohlenwasserstoffe	PAK	µg/l
<b><u>Pestizide</u></b> Atrazin Simazin Bromacil Carbofuran Chlortoluron Diuron Desethylatrazin Isoproturon Terbutylazin Metalaxyl		µg/l µg/l µg/l µg/l µg/l µg/l µg/l µg/l µg/l µg/l

ECD : Elektroneneinfangdetektion  
 FID : Flammenionisationsdetektion  
 GC/MS : Gaschromatographie/Massenspektrometrie  
 FOCL : 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 Untersuchungsergebnisse der physikalisch-chemischen Untersuchungen an den Oberflächengewässern werden hier in Abschnitt 6.3.8 angeführt und in der Gesamtbeurteilung der Grundwasserqualität in Abschnitt 6.3.9 berücksichtigt.

Die Tabellen 3.13 und 3.17 in den Abschnitten 3.3.3 und 3.4.3 geben einen generellen Überblick über den Umfang und den Zeitpunkt der Untersuchungen. Beilage 2 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 Analysenergebnisse der vier Untersuchungskampagnen 1988-1990 werden in Tabellenform zusammengestellt. Bei den mit einem Stern bezeichneten Messstellen (HUB50 bis HUB53 und DUB50) sind in den Tabellen die Mittelwerte der Analysenergebnisse der zwei unterschiedlichen Entnahmetiefen aufgeführt (vgl. Tab. 3.17), da keine signifikanten Unterschiede in den Konzentrationen der untersuchten Parameter auftraten. Auf die Wiedergabe der übrigen erhobenen physikalisch-chemischen Standardparameter wird verzichtet.

Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) Qualitätsziel: < 25 mg/l, Toleranzwert: 40 mg/l [11, 12]

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 (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 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 [29].

Ein erhöhter Nitratgehalt deutet meist auf eine Ueberlastung des Bodens mit Hof- und Kunstdünger hin. Sofern kein oder höchstens in Spuren Ammonium und Nitrit vorhanden sind (wie im Rotbachtal) 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 6.5 Nitratgehalte der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990.

NITRAT Fassungsdatum Messstelle	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]					Zeit- mittel
	3.88	5.88	10.88	5.89	1.90	
HUB50*	24		23	23	22	23
HUB51*	13		14	17	19	16
HUB52*	6		8	7	8	7
HUB53*	16		17	16	17	16
HUB54	29		32	27	30	30
HUB55	3		7	7	8	6
HUB56		30	24	23	21	25
HUB57		33	31	28	29	30
DUB50*	4		7	5	5	5
FIE01	20		18	16	19	18
HUF01	16		17	15	16	16
Gebietsmittel	18		18	17	18	17

\* Messwert = Mittelwert der Analysenresultate zweier Proben aus verschiedenen Tiefen.

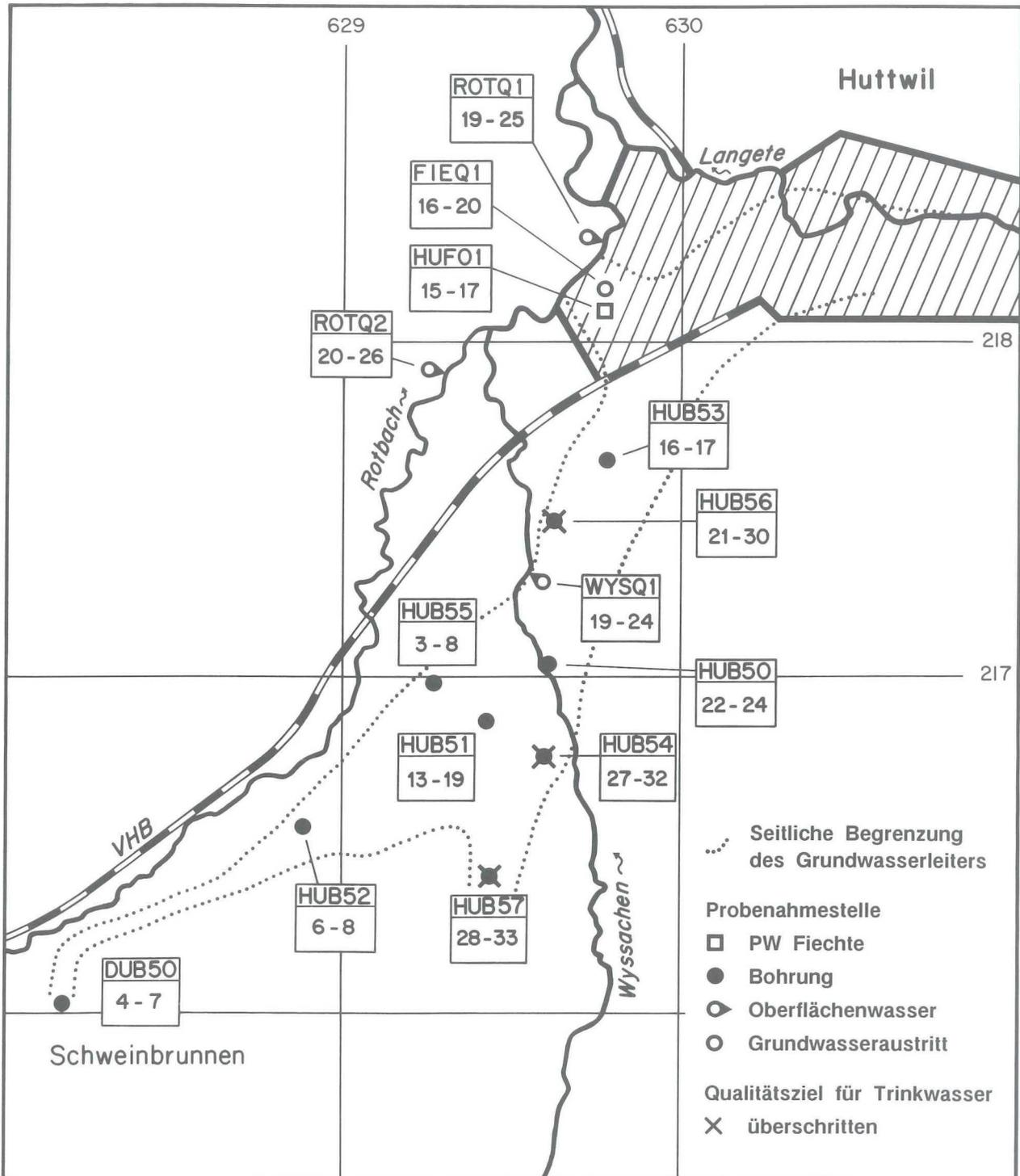
Von den 44 in Tabelle 6.5 aufgeführten Untersuchungsergebnissen erfüllen 35 das Qualitätsziel mit einem Nitratgehalt kleiner 25 mg/l. 9 Werte liegen zwischen 27 und 33 mg/l. Die Toleranzgrenze von 40 mg/l wird bei keiner Messstelle überschritten. Bei einem Gesamtmittel von 17 mg/l variieren die Nitratgehalte zwischen 3 und 33 mg/l.

Die räumliche Verteilung der Nitratgehalte zeigt Figur 6.8. Deutlich unter dem Gesamtmittelwert liegen die Nitratgehalte in den Messstellen DUB50, HUB52 und HUB55 (Mittelwerte bis 7 mg/l). Knapp unter bzw. über dem Qualitätsziel (QZ) liegen die Nitratgehalte in den Messstellen HUB50, HUB54, HUB56 und HUB57 (Mittelwerte bis 30 mg/l). Bei HUB57, HUB54, HUB50 und HUB56 dürfte vor allem der Grundwasserzufluss aus dem Wyssachental und die Infiltration der Wyssachen (vgl. Tabelle 6.16) die höheren Nitratgehalte bewirken.

Die Nitratwerte des in der Grundwasserfassung Fiechte (HUF01) geförderten Trinkwassers und des in ihrem Nahbereich bei FIE01 exfiltrierenden Grundwassers erfüllen durchwegs das Qualitätsziel bei Mittelwerten von 16 bzw. 18 mg/l.

Figur 6.8

Nitratgehalte  $\text{NO}_3^-$  [mg/l] des Grund- und Oberflächenwassers  
 Streubereiche der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990



Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) Qualitätsziel: 10 bis 50 mg/l, Toleranzwert: 200 mg/l [11]

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

Der Toleranzwert nimmt Rücksicht auf die erhöhte Korrosionsanfälligkeit von Leitungen und Beton. Gesundheitlich sind höhere Werte unbedenklich, falls sie auf einem calciumsulfathaltigen Untergrund beruhen und der Magnesiumgehalt gleichzeitig 50 mg/l nicht überschreitet. Die Magnesiumgehalte, die hier nicht speziell aufgeführt sind, liegen unter 16 mg/l.

Tabelle 6.6 Sulfatgehalte der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990

SULFAT		$\text{SO}_4^{2-}$ [mg/l]				
Fassungsdatum Messstelle	3.88	5.88	10.88	5.89	1.90	Zeit- mittel
HUB50*	8		8	8	9	8
HUB51*	5		4	6	8	6
HUB52*	17		17	17	18	17
HUB53*	13		13	12	14	13
HUB54	7		8	7	9	8
HUB55	6		9	10	11	9
HUB56		44	21	27	20	28
HUB57		8	81	8	10	9
DUB50*	18		19	17	20	19
FIE01	11		11	11	11	11
HUF01	12		13	10	12	12
Gebietsmittel	14		12	12	13	13

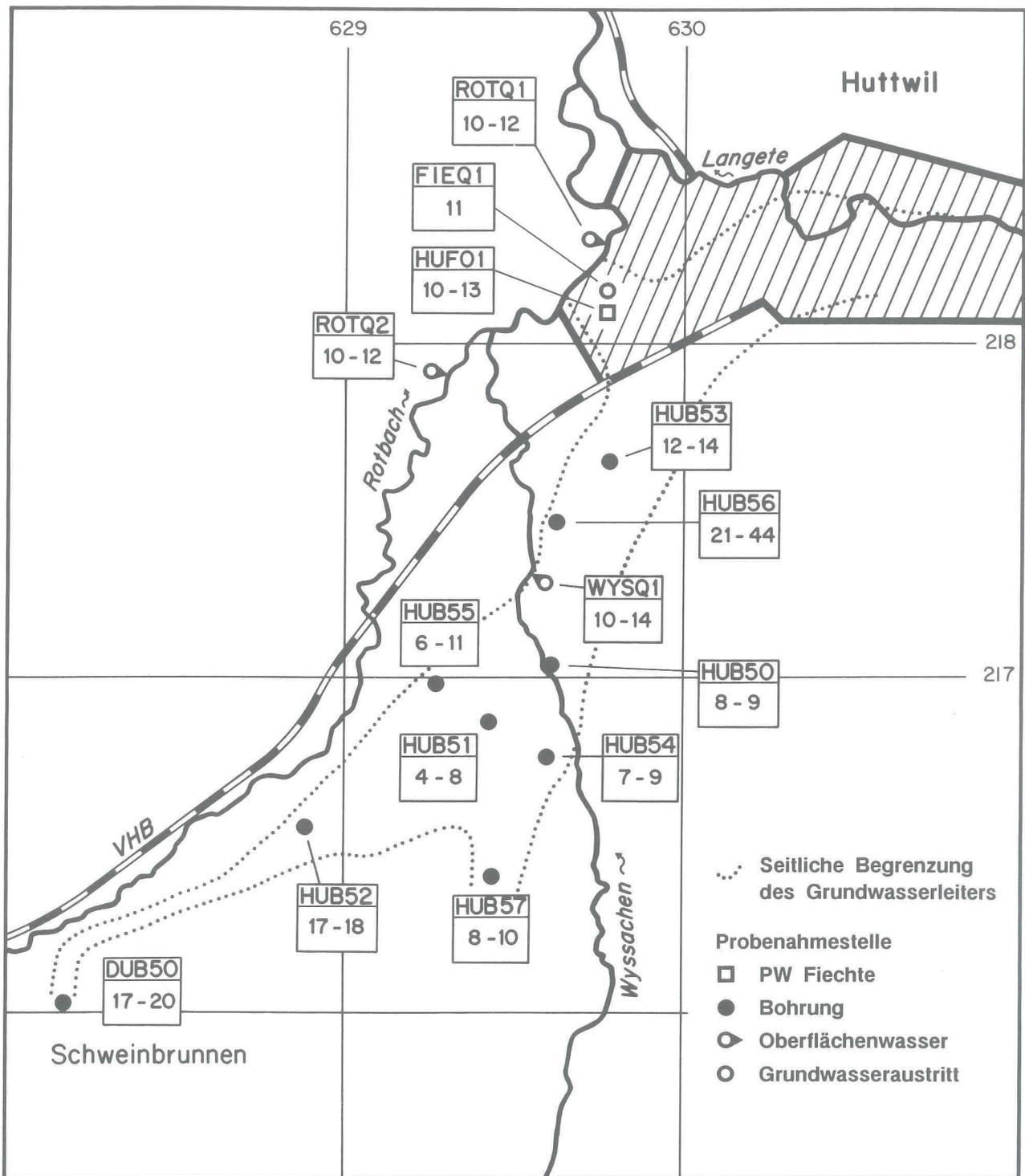
\* Messwert = Mittelwert der Analysenresultate zweier Proben aus verschiedenen Tiefen.

Von den 44 in Tabelle 6.6 aufgeführten Sulfatwerten liegen alle unterhalb der oberen, 17 unterhalb der unteren Grenze des Qualitätsziels. Der Gebietsmittelwert beträgt 13 mg/l. Die Variationsbreite liegt zwischen 4 und 44 mg/l.

Die räumliche Verteilung der Sulfatwerte ist aus Figur 6.9 ersichtlich. Bei den drei Messstellen HUB52, HUB56 und DUB50 treten im Vergleich zum Gesamtmittel immer höhere Sulfatgehalte auf, klar die höchsten bei HUB56. Die Bohrung HUB56 liegt im Abströmbereich der Deponie Schwarzenbach. Hier dürfte Bauschutt die Quelle der relativ hohen Sulfatgehalte sein. Die erhöhten Werte bei DUB50 und HUB52 im südwestlichen Teil des Grundwasserstroms dürften ebenfalls anthropogenen Ursprungs sein (vgl. Abschnitt 6.3.9).

Figur 6.9

Sulfatgehalte  $\text{SO}_4^{2-}$  [mg/l]  
 Streubereiche der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990



Chlorid (Cl<sup>-</sup>) Qualitätsziel: < 20 mg/l, Toleranzwert: 200 mg/l [11]

Erhöhte Chloridgehalte, die nicht geologisch 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 machen sich im Geschmack bemerkbar.

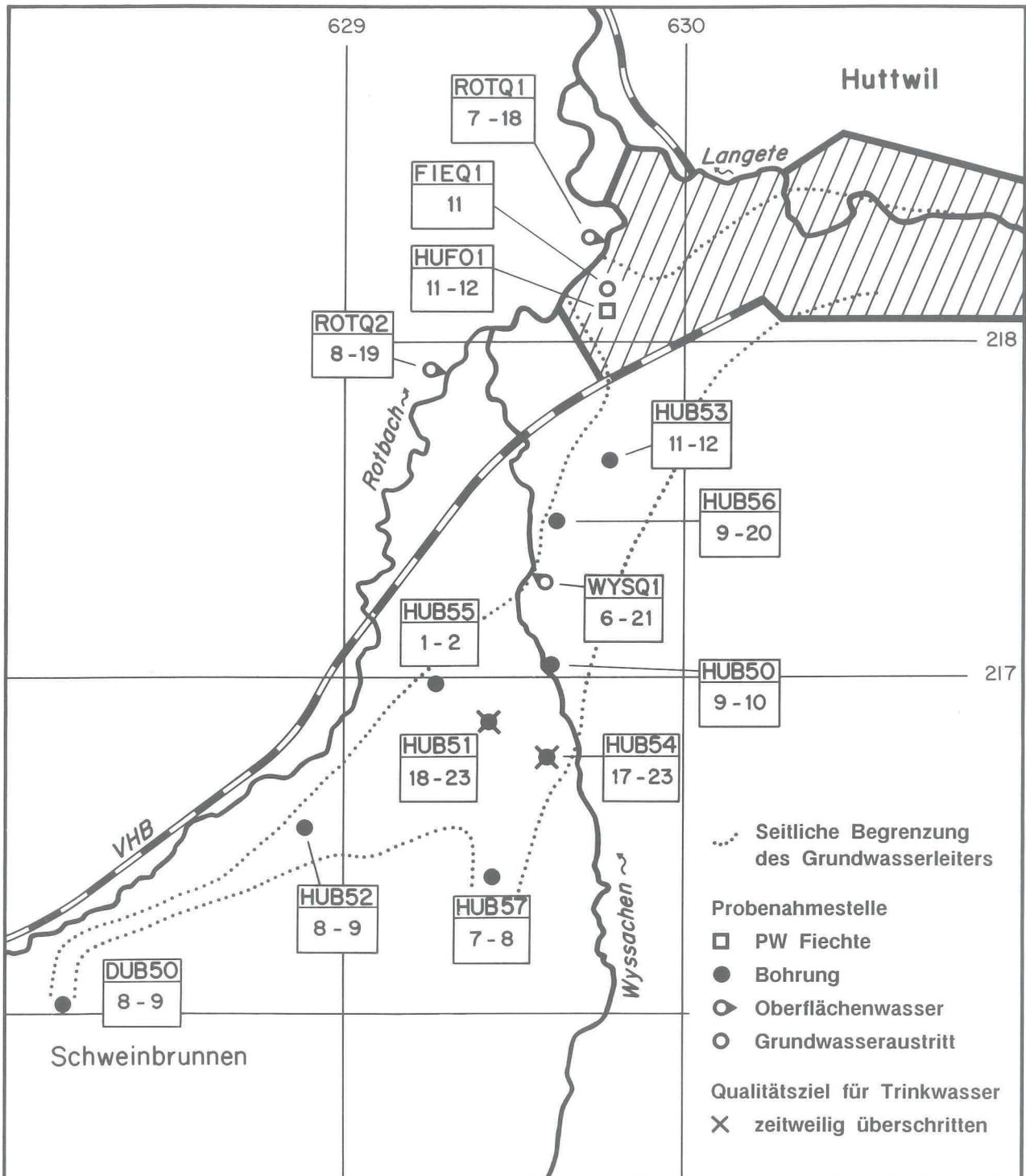
Tabelle 6.7 zeigt die generell tiefen Chloridgehalte der Messkampagnen 1988 bis 1990. Das Gesamtmittel liegt bei 11 mg/l; die Einzelwerte variieren zwischen 1 und 23 mg/l. Drei Werte sind etwas grösser als das Qualitätsziel (QZ). Die höchsten Chloridgehalte zeigen die Messstellen HUB51 und HUB54 (Standorte vgl. Figur 6.10). Die gegenüber dem Gesamtmittel bis doppelten Chloridgehalte dieser Bohrungen könnten von dem im Anströmbereich liegenden Wasenplatz herrühren (vgl. Abschnitt 6.3.9).

Tabelle 6.7 Chloridgehalte der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990

Fassungsdatum Messstelle	CHLORID Cl <sup>-</sup> [mg/l]					Zeit- mittel
	3.88	5.88	10.88	5.89	1.90	
HUB50*	10		9	19	10	10
HUB51*	18		19	19	23	20
HUB52*	8		8	8	9	8
HUB53*	12		12	11	12	12
HUB54	22		23	19	17	20
HUB55	1		1	1	2	1
HUB56		20	9	11	11	13
HUB57		8	8	7	8	8
DUB50*	9		8	8	9	9
FIE01	11		11	11	11	11
HUF01	12		12	11	12	12
Gebietsmittel	12		11	10	11	11

\* Messwert = Mittelwert der Analysenresultate zweier Proben aus verschiedenen Tiefen.

Figur 6.10 Chloridgehalte Cl<sup>-</sup> [mg/l]  
 Streubereiche der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990



Gesamthärte Qualitätsziel: 1.5 bis 2.5 mmol/l bzw. 15 bis 25 °f, Toleranzwert: - [11]

Die Gesamthärte vermittelt ein Bild über den Gehalt an Erdalkalien. Sie wird in mmol/l oder z.B. in franz. Härtegraden [°f] angegeben. Im Volksmund sind Bezeichnungen weich, hart etc. üblich. Die Zusammenhänge gehen aus Tabelle 6.8 hervor.

Tabelle 6.8 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

In gesundheitlicher Hinsicht haben weder hartes noch weiches Wasser eine Bedeutung. Jedoch in vielen technischen Bereichen, z.B. bei Wasch- und Reinigungsprozessen, bei Mischvorgängen von Wasser unterschiedlicher Härte sind die Härteeigenschaften bedeutsam.

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 gebunden, ohne die Reinigung der Wäsche zu fördern, lediglich als erheblicher Mehrverbrauch.

Mischwasser mit stark unterschiedlicher Härte der Komponenten, z.B. die Vermischung von hartem Grund- mit weichem Seewasser, sind in der Regel aggressiv und fördern die Korrosion.

Tabelle 6.9 Gesamthärte der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990

GESAMTHÄRTE		[°f]				
Fassungsdatum Messstelle	3.88	5.88	10.88	5.89	1.90	Zeit- mittel
HUB50*	26.7		26.3	26.6	25.7	26.2
HUB51*	24.2		23.7	25.5	26.3	24.9
HUB52*	24.0		24.3	24.2	24.5	24.2
HUB53*	27.3		27.3	26.5	27.0	27.1
HUB54	31.2		32.9	31.0	30.3	31.4
HUB55	17.6		18.0	18.0	18.4	18.0
HUB56		37.2	30.8	32.1	31.0	32.8
HUB57		25.1	25.7	25.6	25.5	25.5
DUB50*	23.9		24.0	24.2	24.4	24.1
FIE01	24.1		23.9	23.8	24.0	24.0
HUF01	26.3		26.2	26.4	26.3	26.3
Gebietsmittel	26.1		25.7	25.8	25.8	25.9

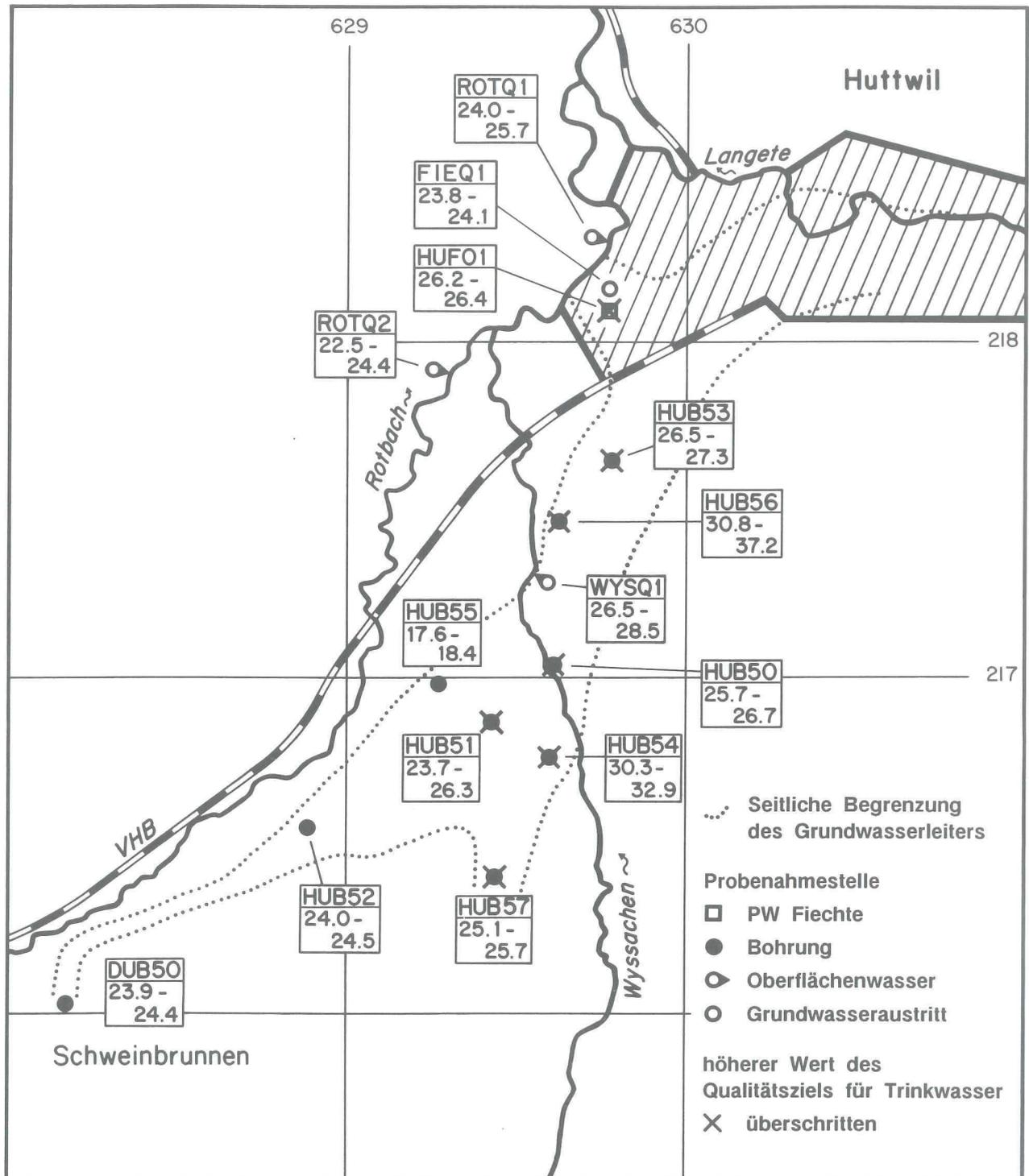
\* Messwert = Mittelwert der Analysenresultate zweier Proben aus verschiedenen Tiefen.

Im Mittel beträgt die Gesamthärte der gemäss Tabelle 6.9 untersuchten Grundwasserproben 2.59 mmol/l oder 25.9 franz. Härtegrade und liegt im Uebergangsbereich zwischen mittelhartem und ziemlich hartem Wasser.

Die Gebietsverteilung der Messresultate ist aus Figur 6.11 ersichtlich. Die drei Messstellen HUB54, HUB55 und HUB56 liefern deutlich von den Mittelwerten abweichende Messresultate. Während HUB54 und HUB56 mit einem Zeitmittel von 31.4 bzw. 32.8 °f den Mittelwert überschreiten (ziemlich hart bis hart), liegt HUB55 mit durchschnittlich 18.0 °f deutlich darunter, im unteren Bereich der mittelharten Wasser.

Die hohen Gesamthärten in der Bohrung HUB54 dürften auf den in ihrem Anströmbereich liegenden Wasenplatz, diejenigen in der Bohrung HUB56 (und auch die relativ hohen Werte in HUB53) auf die Deponie Schwarzenbach zurückzuführen sein (vgl. Abschnitt 6.3.9).

Figur 6.11 Gesamthärte in [°f]  
 Streubereiche der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990



Sauerstoffsättigung Qualitätsziel: > 60 %, Toleranzwert: - [11]

Der Gehalt an gelöstem Sauerstoff ist vom hygienischen Standpunkt aus 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. Aus der Sauerstoffsättigung kann bei bekannter Grundwassertemperatur der Sauerstoffgehalt in mg/l berechnet werden. Bei den im Grundwasservorkommen des Rotbachtals herrschenden Wassertemperaturen von 9.0 bis 11.6 °C beträgt der Sauerstoffgehalt bei 100% Sättigung 11 bis 11.6 mg O<sub>2</sub> /l.

In Tabelle 6.10 sind die Sauerstoffsättigungen der vier Kampagnen zusammen-, in Figur 6.12 die Streubereiche dargestellt. Die Variationsbreite von 5 % bis 85 % ist relativ gross. Unter dem Qualitätsziel (QZ) von 60 % liegen die Zeitmittel der Messstellen HUB52, HUB53, HUB56 DUB50 und HUF01 (Grundwasserfassung Fiechte). Im unteren Bereich von HUB52 (untere Messlage) ist die Sauerstoffsättigung noch etwas tiefer als im oberen. Der Sauerstoffmangel kann sowohl natürlich (organisches Material wie Torf), als auch anthropogen (Kehrichtdeponien) bedingt sein.

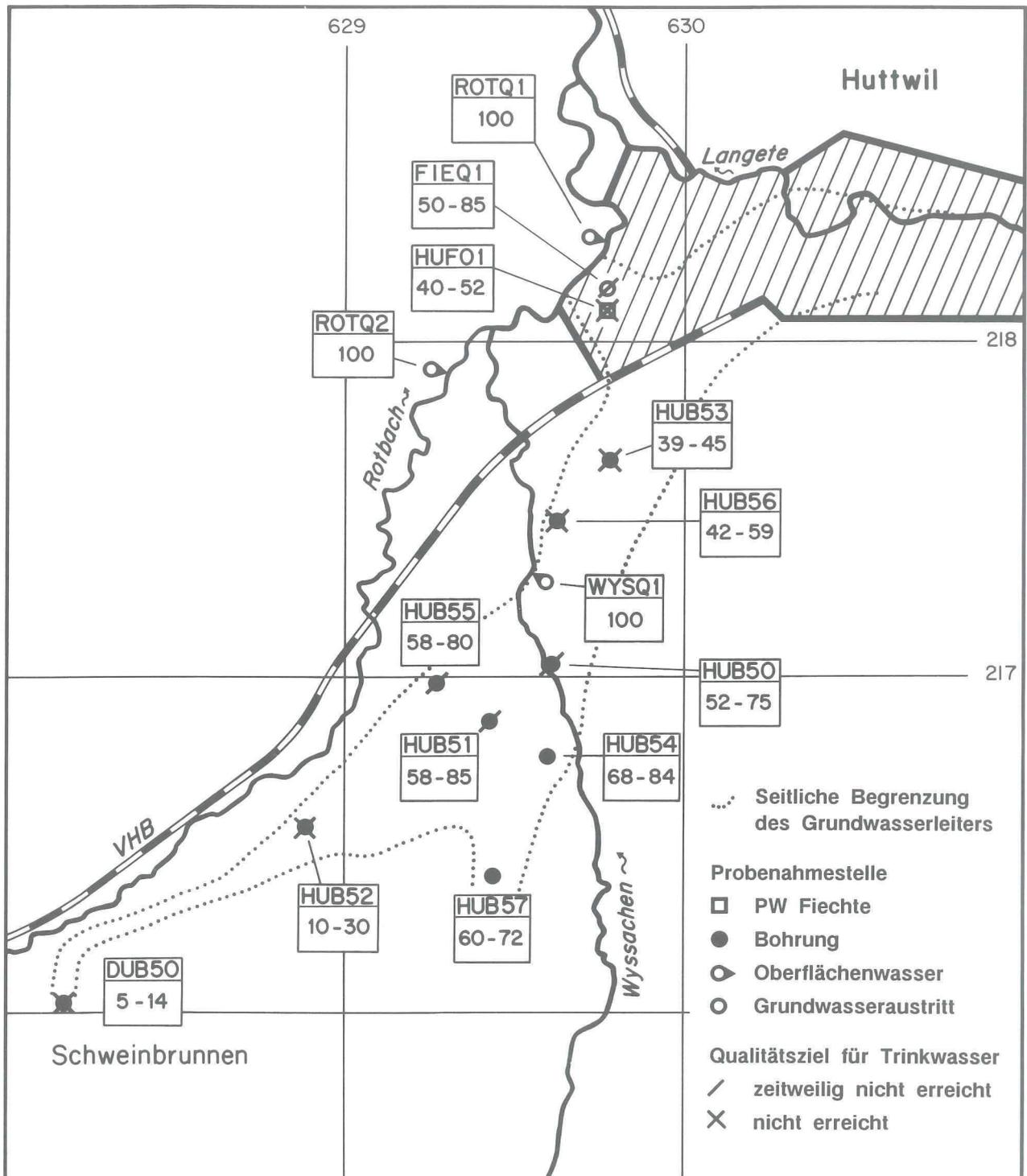
In sauerstoffarmem Grundwasser können Redox-Reaktionen auftreten, die vor allem Nitrate, Eisen- und Manganverbindungen beeinflussen. Es kann sich dabei Nitrit, Ammonium und gelöstes Eisen bzw. Mangan bilden. In 4 Proben wurden Gesamteisengehalte, in 2 Proben Gesamtmanganengehalte über dem Toleranzwert festgestellt (vgl. Abschnitt 6.3.5). Ammonium war nie nachweisbar und Nitrit nur in 2 Proben, wobei einmal das Qualitätsziel leicht überschritten wurde. Eine örtliche und zeitliche Abhängigkeit des Auftretens dieser Stoffe bzw. Konzentrationen mit den tiefen Sauerstoffsättigungen in den oben erwähnten Messstellen besteht jedoch nicht.

Tabelle 6.10 Sauerstoffsättigung der 4 Messkampagnen 1988-1990

SAUERSTOFFSAETTIGUNG		O <sub>2</sub> [%]				
Fassungsdatum Messstelle	3.88	5.88	10.88	5.89	1.90	Zeit- mittel
HUB50*	52		71	70	75	67
HUB51*	74		85	68	58	71
HUB52*	10		11	10	30	15
HUB53*	45		43	39	39	42
HUB54	84		68	78	75	76
HUB55	58		67	65	80	68
HUB56		50	42	59	48	50
HUB57		60	72	72	60	66
DUB50*	7		6	5	14	8
FIE01			52	85	50	62
HUF01	52		42	40	45	45
Gebietsmittel	49		51	54	52	52

\* Messwert = Mittelwert der Analysenresultate zweier Proben aus verschiedenen Tiefen.

Figur 6.12 Sauerstoffsättigung in [%]  
 Streubereiche der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990



Leitfähigkeit Qualitätsziel: -, Toleranzwert: -

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  $\mu\text{S/cm}$  angegeben und entsprechen annähernd dem gelösten Feststoffinhalt in mg/l.

In Tabelle 6.11 sind die Analysenresultate der Leitfähigkeitsmessungen zusammengestellt. Figur 6.13 zeigt die Standorte der Messstellen und die Streubereiche.

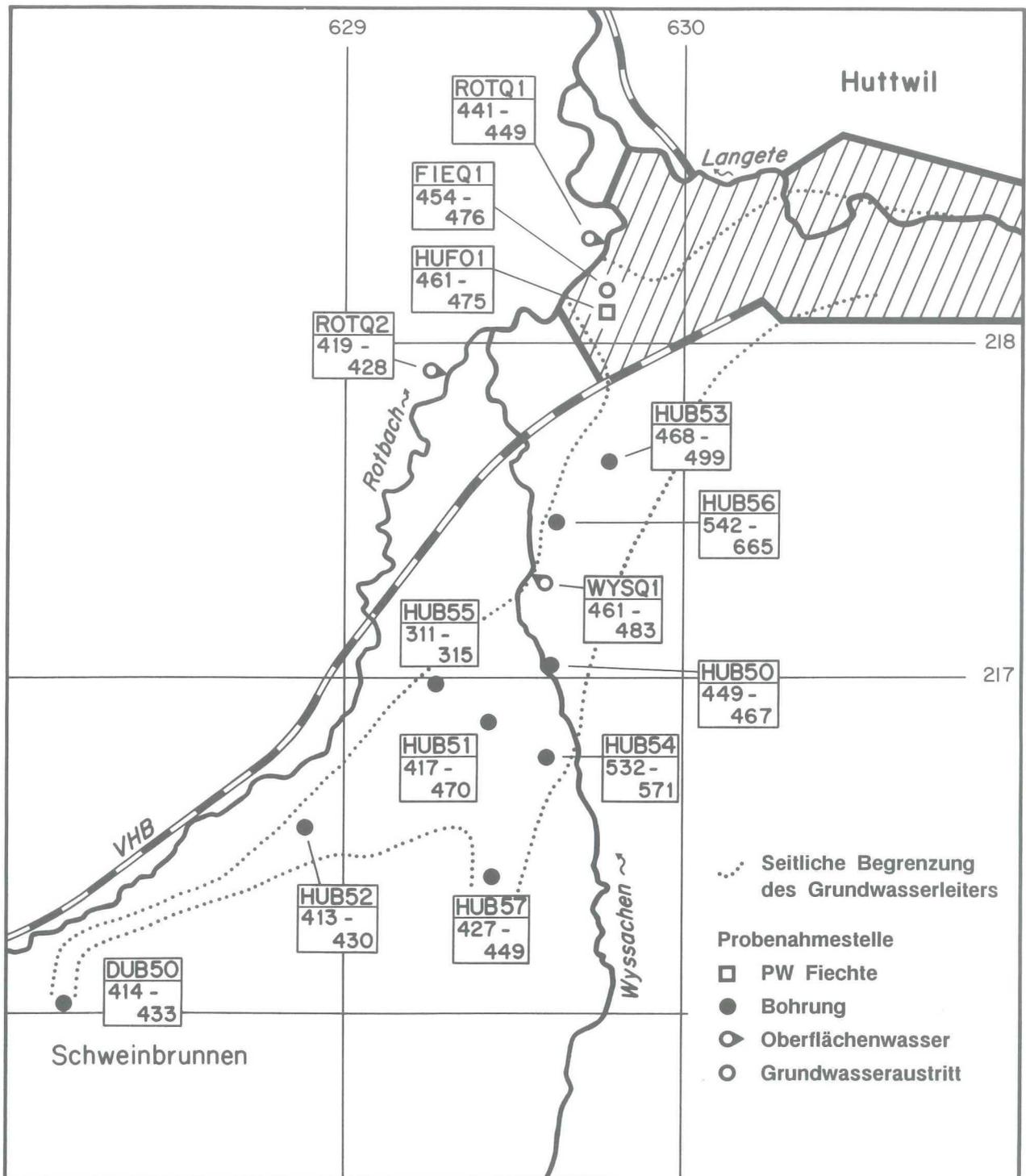
Der Mittelwert aller Proben liegt bei 460  $\mu\text{S/cm}$ . Die Messwerte schwanken zwischen 311 und 665  $\mu\text{S/cm}$ . Während bei den sechs Messstellen HUB50, HUB51, HUB53, HUB57, FIE01 und HUF01 die Zeitmittel relativ nahe beim Gesamtmittel liegen, weichen diejenigen der übrigen fünf Messstellen gegen unten oder oben teilweise signifikant davon ab. Diese Abweichungen können natürlichen (versickerndes Regen- und Bachwasser) als auch anthropogenen Ursprungs (Kehrichtdeponie) sein, da sich in beiden Fällen die Konzentration der Inhaltsstoffe verändert. Sichere Aussagen sind jedoch nur zusammen mit weiteren spezifischen Indikatoren möglich (vgl. Abschnitt 6.3.3 Leitparameter).

Tabelle 6.11 Leitfähigkeit der 4 Messkampagnen 1988-1990

LEITFÄHIGKEIT	[ $\mu\text{S/cm}$ ]					
Fassungsdatum Messstelle	3.88	5.88	10.88	5.89	1.90	Zeit- mittel
HUB50*	458		464	467	449	460
HUB51*	449		417	464	470	450
HUB52*	430		413	423	417	421
HUB53*	499		483	478	468	482
HUB54	562		571	549	532	554
HUB55	315		311	315	311	313
HUB56		665	546	580	542	583
HUB57		449	427	446	440	441
DUB50*	433		419	414	417	421
FIE01	476		470	475	454	469
HUF01	474		468	475	461	470
Gebietsmittel	474		454	462	459	460

\* Messwert = Mittelwert der Analysenresultate zweier Proben aus verschiedenen Tiefen.

Figur 6.13 Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]  
 Streubereiche der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990



### 6.3.3 Leitparameter

Deponien können gefährliche Stoffe enthalten, die über das Sickerwasser ins Grundwasser gelangen und somit möglicherweise die Grundwasserqualität erheblich beeinträchtigen. Die auch im Rotbachtal vorhandenen Altdeponien (z.B. Grube Schwarzenbach) stellen daher eine potentielle Gefährdung des Grundwassers und somit des Trinkwassers dar.

Wie aus Abschnitt 6.3.2 hervorgeht, deuten einige der untersuchten Standardparameter wegen ihrer örtlich signifikant unterschiedlichen Analysenwerte auf anthropogene Grundwasserverunreinigungen hin. Deshalb wurden spezielle Leitparameteruntersuchungen auf Deponiesickerwasser vorgenommen.

Bei den Leitparameteruntersuchungen werden bestimmte chemische Stoffe oder Stoffgruppen gesucht, die entweder charakteristisch für anorganische oder organische Schadstoffe sind. Sie sind im Prinzip der erste Analytischritt zur Abschätzung des Einflusses einer Deponie auf das Grundwasser und erlauben rasch und relativ kostengünstig abzuklären, ob und in welchem Masse eine Beeinträchtigung des Grundwassers vorliegt.

Als Leitparameter für anorganische Schadstoffe haben sich z.B. Bor und Sulfat bewährt, sie werden als Indikatoren für Hausmüll bzw. Bauschutt verwendet. Hausmüll und Bauschutt bilden einen grossen Teil des anfallenden Abfalls und kommen in fast jeder Altdeponie vor [13].

Als Leitparameter für organische Stoffe lassen sich die sog. ECD-, FID- Fingerprints verwenden (vgl. Tabelle 6.4). Es kann damit ein qualitativer Ueberblick über die Anzahl der extrahierbaren organischen Stoffe im Grundwasser gewonnen werden. Die ECD-Nachweisreaktion eignet sich für die Bestimmung polarer Substanzen wie z.B. chlor- oder sauerstoffhaltiger organischer Verbindungen. Die Nachweisgrenze liegt bei dieser Methode bei 0.01 µg/l. Mit den FID-Fingerprints werden alle Substanzen erfasst, die mindestens eine C-H-Bindung aufweisen; die Nachweisgrenze beträgt ca. 5 µg/l [13].

Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass mit den Leitparameteruntersuchungen "Summenparameter" gemessen werden. Bor erfasst summarisch "Hausmüll", Sulfat summarisch "Bauschutt" und die "Fingerprints" erlauben summarische Aussagen über eine organische Gesamtkontamination, aufgeteilt nach halogenhaltigen und halogenfreien Substanzen. Eine entsprechende quantitative Beurteilung des Grundwassers erfordert gezielte Detailuntersuchungen (Problemstoffanalytik) beispielsweise GC/MS-Fingerprints [13] (vgl. Tabelle 6.4).

#### Bor und Sulfat (anorganische Leitparameter)

Die Sulfatgehalte wurden im Rahmen der Standarduntersuchungen in allen Chemiemessstellen erfasst (vgl. Tabelle 6.6, Fig. 6.9). Die Beprobung auf Bor beschränkte sich auf 7 Bohrungen und die Grundwasserfassung Fiechte. Tabelle 6.12 zeigt die Analysenresultate.

Tabelle 6.12 Bor (Leitparameter Hausmüll) (Situation vgl. Fig. 6.13)

BOR Fassungsdatum Messstelle	B [mg/l]				
	3.88	5.88	10.88	5.89	1.90
HUB50	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01
HUB51	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01
HUB52	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01
HUB53	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01
HUB56		0.06	<0.01	<0.01	0.03
HUB57		<0.01	<0.01	<0.01	0.02
DUB50	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01
HUF01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01

Lediglich drei Borgehalte liegen über der Nachweisgrenze von 0.01 mg/l. In der Bohrung HUB56, die unmittelbar im Abströmbereich der Deponie Schwarzenbach liegt, wurden zweimal erhöhte Borgehalte festgestellt: Im Mai 1988 0.06 mg/l, im Januar 1990 0.03 mg/l. Im Januar 1990 lag der Borgehalt der Bohrung HUB57 ebenfalls leicht über der Nachweisgrenze.

Wie aus Abschnitt 6.3.2 bekannt ist, liegt der mittlere Sulfatgehalt des gesamten Grundwasservorkommens bei 13 mg/l. Die Sulfatwerte der Bohrung HUB56 unterstromwärts der Grube Schwarzenbach überschreiten mit maximal 44 mg/l das Gesamtmittel am stärksten. Zwischen der oberstromwärts der Deponie Schwarzenbach liegenden Bohrung HUB50 und der Bohrung HUB56 erhöht sich der Sulfatgehalt im Mittel auf das 3.5-fache.

Die signifikant höheren Bor- und Sulfatwerte im Abströmbereich der Grube Schwarzenbach lassen somit eine deutliche Beeinflussung der Grundwasserqualität durch Hausmüll und Bauschutt erkennen. Sie wird zusätzlich durch die weiteren Standardparameter Gesamthärte und Leitfähigkeit bestätigt, welche zwischen den Bohrungen HUB50 und HUB56 ebenfalls signifikant unterschiedlich sind (vgl. Abschnitt 6.3.2).

#### Fingerprints (Organische Leitparameter):

Fingerprints wurden mit 22 Wasserproben aus 8 Messstellen durchgeführt (vgl. Tab. 3.17). Lediglich die analysierten Proben vom Januar 1990 der Bohrungen HUB51 und HUB53 wiesen geringste Spuren (< 1 µg/l) halogenhaltiger organischer Substanzen auf, die teilweise auch vom Probenahmeschlauch stammen könnten.

Halogenfreie organische Verunreinigungen konnten in keiner einzigen Probe festgestellt werden.

#### 6.3.4 Polyzyklische Aromaten

Im Rahmen der Messkampagne vom Februar 1990 wurde vom Kantonalen Laboratorium erstmals gezielt in einem Grundwasservorkommen nach polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) gesucht. Das Grundwasservorkommen des Rotbachtals wurde dabei in 8 Messstellen beprobt (vgl. Tab. 3.17).

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 karzinogen bzw. mutagen bekannt. Bedingt durch ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften haben sie zudem eine grosse Bio- bzw. Geoakkumulationstendenz [14].

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.

#### 6.3.5 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.

Die Quellen dieser Schwermetalle sind Industrie und Wasserleitungsrohre für Zink. Beim Blei spielen neben dem Industrieanteil auch die Abschwemmungen aus Strassen- und Siedlungsflächen eine Rolle. Beim Cadmium können neben der Textil, Papier- und Elektroindustrie auch Spitäler als Verunreiniger auftreten [15].

Im Rahmen der physikalisch-chemischen Standarduntersuchungen wurden die Gehalte an den Schwermetallen Eisen (Fe) und Mangan (Mn) bestimmt und die Analysenwerte in Abschnitt 6.3.2 im Zusammenhang mit der Sauerstoffsättigung kurz erläutert. Die zusätzlichen Analysen auf Zink (Zn), Blei (Pb) und Cadmium (Cd) (vgl. Tab. 3.17) brachten weitere Ergebnisse über das Auftreten von Schwermetallen.

In Tabelle 6.13 werden die Qualitätsziele, Toleranz- und Grenzwerte der untersuchten Schwermetalle angegeben [11, 12].

Tabelle 6.13 Qualitätsziele, Toleranz- und Grenzwerte der untersuchten Schwermetalle [11, 12]

SCHWERMETALL	Qualitätsziel	Toleranzwert	Grenzwert
Gesamteisen (Fe)	0.05 mg Fe/l	0.3 mg Fe/l	
Gesamt-mangan (Mn)	0.02 mg Mn/l	0.05 mg Mn/l	
Zink (Zn)	0.1 mg Zn <sup>2+</sup> /l	5.0 mg Zn <sup>2+</sup> /l	
Blei (Pb)	0.001 mg Pb <sup>2+</sup> /l		0.05 mg Pb <sup>2+</sup> /l
Cadmium (Cd)	0.0005 mg Cd <sup>2+</sup> /l		0.005 mg Cd <sup>2+</sup> /l

Im folgenden werden die Untersuchungsergebnisse kurz beschrieben:

#### Gesamteisen

Von 52 Analysen variieren die Gehalte bei einem Mittelwert von 0.13 mg Fe/l zwischen <0.01 mg/l und 2.10 mg/l. Dabei liegen 31 Untersuchungsergebnisse unter dem Qualitätsziel, 17 zwischen dem Qualitätsziel und dem Toleranzwert. In 4 Analysen wird der Toleranzwert überschritten, in HUB57 im Mai 1989 und im Januar 1990 knapp (0.42 bzw. 0.37 mg Fe/l), in HUB51, HUB52 im Januar 1990 in der tiefen Messlage mit 1.30 bzw. 2.10 mg Fe/l relativ stark.

#### Gesamt-mangan

Beim Gesamt-mangan fällt die Nachweisgrenze mit dem Toleranzwert von 0.05 mg/l zusammen. 50 der 52 Analysen liefern Werte unterhalb der Nachweisgrenze. Die beiden Werte darüber mit 0.25 bzw. 0.19 mg Mn/l fallen mit den Eisengehalten in HUB51 und HUB52 im Januar 1990 zusammen.

#### Zink

Für Zink variiert die Nachweisgrenze, bedingt durch Methodenverfeinerungen und apparative Bedingungen, zwischen 0.001 und 1 mg/l. Die Zinkwerte der untersuchten Proben lagen immer weit unter dem Toleranzwert und erreichten bei der tiefsten Nachweisgrenze Werte zwischen 0.004 bis 0.091 mg/l.

#### Blei

Bei 6 von 31 Proben liegen die Bleigehalte über der Nachweisgrenze von 0.002 mg/l, erreichen aber mit 0.002 bis 0.012 mg Pb<sup>2+</sup>/l den Grenzwert von 0.05 mg/l deutlich nie.

#### Cadmium

Bei sämtlichen Wasserproben ausser einer (Mai 1989) aus der Grundwasserfassung Fiechte (HUF01), welche einen Cadmiumwert knapp unter dem Qualitätsziel zeigte, wurde die Nachweisgrenze von 0.0002 mg Cd<sup>2+</sup>/l nicht erreicht.

### 6.3.6 Leichtflüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffe

Leichtflüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffe (CKW) u.a. werden in grossen Mengen als Lösungs- und Oberflächenreinigungsmittel in Industrie, Gewerbe und Haushalt verwendet. Die gebräuchlichsten sind Trichlorethen, Tetrachlorethen (PER), 1,1,1 - Trichlorethan.

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) [15].

Als akute Gefährdung der Gesundheit können u.a. Reizungen der Atemwege, Leber- und Nierenschäden sowie Schädigungen des Zentralen Nervensystems auftreten. Im Hinblick auf chronische Wirkungen reicht die wissenschaftliche Erkenntnis zwar noch nicht aus, die in Grundwasser vorkommenden 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, als kanzerogen erwiesen haben [14], [15].

Zur Bestimmung der leichtflüchtigen Chlor-Kohlenwasserstoffe wird eine Summenmethode angewendet, bei welcher der Chlorgehalt in diesen Verbindungen bestimmt wird (FOCL). Die Nachweisgrenze liegt bei etwa 4 µg Cl/l, der Grenzwert im Trinkwasser zwischen 10 und µg/l für die genannten Stoffe (Bundesamt für Gesundheitswesen, Hauptabteilung Lebensmittel und Gifte, Kreisschreiben Nr. 19, 16. Juli 1992).

Im Untersuchungsgebiet wurde das Grundwasser (dreimal, vgl. Tab. 3.17) grossflächig nach leichtflüchtigen Chlor-Kohlenwasserstoffen untersucht. Bei keiner der Proben konnten nachweisbare FOCL-Gehalte festgestellt werden.

### 6.3.7 Pestizide

Nach der Fremd- und Inhaltsstoffverordnung und dem Schweizerischen Lebensmittelbuch sollten Pestizide und ähnliche Substanzen im Trinkwasser nicht nachweisbar sein. Werden Pestizide festgestellt, so ist den Ursachen nachzugehen. Der Toleranzwert für den Gehalt eines bestimmten Pestizides oder einer ähnlichen Substanz liegt für Trinkwasser bei 0.1 µg/l. Insgesamt dürfen nicht mehr als 0.5 µg Pestizide im Wasser vorliegen [12].

Im Oktober 1988 und Mai 1989 wurden in den Messstellen HUB51, HUB53, HUB56, HUB57 und HUF01 das Grund- bzw. Trinkwasser auf die gebräuchlichsten Pestizide untersucht.

Tabelle 6.14 gibt eine Uebersicht über den Untersuchungsumfang der Pestizidanalysen und zeigt deren Nachweisgrenzen.

Tabelle 6.14 Untersuchungsumfang der Pestizid-Analysen und Nachweisgrenzen des Kantonalen Laboratoriums

Pestizid	Nachweisgrenze [µg/l]
Atrazin	0.01
Simazin	0.01
Bromacil	0.03
Carbofuran	0.03
Chlortoluron	0.03
Diuron	0.03
Isoproturon	0.03
Terbutylazin	0.03
Metalaxyl	0.05
Desethylatrazin	0.01

Im Oktober 1988 und teilweise im Mai 1989 wurden in den Messstellen HUB53, HUB56 und in der Trinkwasserfassung Fiechte (HUF01) Spuren von Atrazin gefunden (vgl. Tabelle 6.15). In HUB56 wurde im Oktober 1988 ausserdem noch Desethylatrazin (0.01 µg/l) nachgewiesen. Andere Pestizide konnten nicht festgestellt werden. Atrazin und Desethylatrazin werden im Strassen-, Geleiseunterhalt und in der Landwirtschaft (Maisanbau, Spargelzucht, Rebbau) als Herbizid verwendet.

Tabelle 6.15 Untersuchungsergebnisse der Pestiziduntersuchungen  
( Kantonschemiker, Bern: Nachweisgrenze 0.01 µg/l,  
\* Labor Dr. Meyer, Bern: Nachweisgrenze 0.1 µg/l)

ATRAZIN	[µg/l]	
Fassungsdatum Messstelle	10.88	*5.89
HUB51	-	<0.1
HUB53	0.02	0.1
HUB56	0.01	<0.1
HUF01	0.02	0.1

Die im Oktober 1988 gemessenen Atrazinwerte liegen knapp über der Nachweisgrenze und deutlich unter dem Toleranzwert für Einzelstoffe. Die Analysenergebnisse des Labors Dr. Meyer zeigen im Mai 1989 Werte von 0.1 µg/l für die Bohrung HUB53 und die Fassung HUF01. Da aber die Nachweisgrenze bei 0.1 µg/l liegt, sind die Untersuchungsergebnisse quantitativ nicht schlüssig. Auf Grund der sieben Analysenergebnisse kann jedoch angenommen werden, dass Spuren von Atrazin und Desethylatrazin im Grundwasser des Rotbachtals vorhanden sind. Genauere Aussagen über den Grad einer allfälligen Verunreinigung des Grundwassers durch Pestizide bedürften einer umfangreichen, statistisch signifikanten Untersuchungsreihe.

### 6.3.8 Oberflächenwasserqualität

Wie einleitend erwähnt, werden die in Abschnitt 3.3 (Tab. 3.13) angegebenen Qualitätsuntersuchungen an den Oberflächengewässern hier kurz erörtert und die Ergebnisse in die Gesamtbeurteilung der Grundwasserqualität in Abschnitt 6.3.9 einbezogen.

Aus den physikalisch-chemischen Untersuchungen werden die Nitratwerte der Oberflächenwassermessstellen in Tabelle 6.16 aufgelistet. In den Figuren 6.8 bis 6.13 wurden für die Messstellen am Rotbach (ROTQ1 und ROTQ2) sowie an der Wyssachen (WYSQ2) bereits die Streubereiche der Parameter Nitrat, Sulfat, Chlorid, Gesamthärte, Sauerstoffsättigung und Leitfähigkeit zusammen mit den Grundwasserwerten angegeben.

Die relativ wenigen Analysenresultate (auch diejenigen der bakteriologischen Untersuchungen) sind als Einzelwerte zu betrachten und repräsentieren naturgemäss nicht umfassend die Qualität der Oberflächengewässer. Diese unterliegt räumlich und zeitlich grossen Schwankungen, welche mit den erhobenen Einzelwerten nicht erfasst werden konnten. Die Analysenresultate zeigen aber, dass zeitweise Verschmutzungen der Oberflächengewässer durch Fäkalien auftreten.

In der Tabelle 6.16 sind die Nitratgehalte des Rotbaches (ROTQ1 und ROTQ2), der Wyssachen (WYSQ1), sowie der drei Seitenbäche, Schwarzenbach (SWAQ1), Schweinbrunnenbach (SWEQ1) und Meibach (MEIQ1) zusammengestellt.

Tabelle 6.16 Nitratgehalte in den Oberflächengewässern des Rotbachtals.

NITRAT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]				
	Fassungsdatum Messstelle	3.88	10.88	5.89	1.90
ROTQ1	25	22	19	20	22
ROTQ2	26	24	20	22	23
WYSQ1	24	23	19	20	22
SWAQ1	30	30	-	-	(30)
SWEQ1	29	33	-	-	(31)
MEIQ1	27	24	-	-	(26)
Gebietsmittel	27	26	19	21	22*

\* Gesamtmittel ohne Klammerwerte

Der mittlere Nitratgehalt des Rotbaches bzw. der Wyssachen beträgt 22 mg/l. Die Nitratgehalte der Seitenbäche sind höher und variieren zwischen 24 und 33 mg/l. Das Gesamtmittel des Grundwassers liegt mit 17 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l tiefer, d.h. das Qualitätsziel für Fließgewässer (25 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l) sind im allgemeinen eingehalten [30].

Im Rahmen der Qualitätsuntersuchungen wurden an den Oberflächengewässern im März sowie im November 1988 (vgl. Tab. 3.13) auch Wasserproben für bakteriologische Analysen entnommen und im Kantonalen Gewässerschutzlaboratorium, Bern, untersucht.

Mit den standardmässigen bakteriologischen Untersuchungen wird geprüft, wieviele Kolonien bildende Einheiten (KBE) von aeroben mesophilen Keimen der Bakterienart *Escherichia coli* und der Bakteriengruppe Enterokokken im Wasser vorhanden sind. Die beiden letzten Bakteriengruppen gedeihen unter den gleichen Wachstumsverhältnissen wie die Krankheitserreger verschiedener epidemischer Darmkrankheiten (Cholera, Typhus, Sommerruhr usw.). Enterokokken sind etwas resistenter als *Escherichia coli* und lassen sich deshalb auch noch ein paar Wochen nach der Kontaminierung des Wassers mit Darmkeimen (z.B. Gülle) nachweisen. Auf den Nachweis von Kolibakterien wurde daher verzichtet.

Tabelle 6.17 gibt eine Uebersicht über die ermittelten Enterokokken- und Gesamtkeimeinheiten.

Tabelle 6.17 Enterokokken- und Gesamtkeimeinheiten der beiden Untersuchungskampagnen 1988

Fassungsdatum Messstelle	Enterokokken-KBE in 100 ml		Gesamtkeim-KBE in 1 ml	
	3.88	10.88	3.88	10.88
ROTDQ1	360	1'900	8'900	10'100
ROTDQ2	530	3'700	11'100	9'000
WYSQ1	290	1'300	7'400	12'500
SWAQ1	1'250	4'600	75'000	30'000
SWEQ1	50'000	3'700	19'800	21'000
MEIQ1	1'150	13'000	89'000	290'000

Die Enterokokken-KBE des Rotbaches, der Wyssachen und des Schwarzenbaches schwanken zwischen 290 und 4600 pro 100 ml Wasser. Dies sind für Oberflächengewässer übliche Werte. Der Schweinbrunnenbach und der Meibach, beides kleine Seitenbäche des Rotbaches, waren mit 50'000 KBE im März und 13'000 KBE im November 1988 akut verschmutzt durch Fäkalien.

Der Rotbach und die Wyssachen zeigen Gesamtkeim-KBE zwischen 7'400 und 12'500 pro 1 ml Wasser. Die Gesamtkeimbelastung des Schwarzenbaches, des Schweinbrunnenbaches und des Meibaches liegt zwischen 19'800 und 290'000 KBE pro 1 ml Wasser und ist somit wesentlich grösser.

Die Resultate der bakteriologischen Untersuchungen bestätigen diejenigen der Nitratanalysen (vgl. Tab. 6.16): Die drei Seitenbäche sind zeitweise stark verschmutzt durch Fäkalien. Den Ursachen ist nicht nachgegangen worden.

### 6.3.9 Beurteilung

Die beschriebenen Untersuchungskampagnen und -ergebnisse geben bezüglich der Wasserqualität im Rotbachtal in physikalisch-chemischer Hinsicht und über anthropogene Verschmutzungen generell folgende Erkenntnisse:

- Die mit den physikalisch-chemischen Standarduntersuchungen erfassten Parameter variieren in ihrem Gehalt innerhalb des Grundwasservorkommens räumlich und zeitlich teilweise sehr stark und erfüllen grösstenteils die vorgeschriebenen Qualitätsziele. Die Toleranzwerte werden lediglich beim nicht gesundheitsgefährdenden Eisen und Mangan zeitweise überschritten (vgl. Abschnitt 6.3.5).
- Die grosse Variationsbreite der physikalisch-chemischen Eigenschaften des Grundwassers lässt sich auf die in ihrem Chemismus sehr unterschiedlichen Zuflüsse sowie auf gewisse anthropogene Verunreinigungen zurückführen. Die örtlich relativ konzentrierten Grundwasserzuflüsse können bezüglich Nitrat-, Sulfat-, Chloridgehalt, Sauerstoffsättigung-Gesamthärte und Leitfähigkeit mit den Mittelwerten der 4 Untersuchungskampagnen 1988-1990 wie folgt charakterisiert werden:

Bilanzierungsprofil : Schweinbrunnen (DUB50)	- nitratarm	5	mg/l
	- relativ sulfatreich	19	mg/l
	- chloridarm	9	mg/l
	- mittelhart	24.1	°f
	- sauerstoffarm	8	%
	- wenig leitfähig	421	µS/cm

Bilanzierungsprofil : Wyssachen (HUB57)	- nitratreich	30	mg/l
	- sulfatarm	9	mg/l
	- chloridarm	8	mg/l
	- ziemlich hart	25.5	°f
	- relativ sauerstoffreich	66	%
	- relativ wenig leitfähig	441	µS/cm

Infiltration Wyssachen : (WYSQ1)	- relativ nitratreich	22	mg/l
	- relativ sulfatarm	12	mg/l
	- relativ chloridarm	11	mg/l
	- ziemlich hart	28	°f
	- sauerstoffgesättigt	>100	%
	- relativ stark leitfähig	473	µS/cm

- Das aus dem Wyssachental zuströmende Grundwasser und das aus der Wyssachen infiltrierende Wasser weisen Nitratgehalte auf, die grösstenteils über dem Qualitätsziel liegen. Die wahrscheinliche Ursache ist die Ueberdüngung des Bodens im Einzugsgebiet der Wyssachen.
- Die räumliche Verteilung der Sulfatgehalte zeigt naturgemäss ein gegenüber der Verteilung der Nitratgehalte abweichendes Bild. Durch das Bilanzierungsprofil Schweinbrunnen fliesst relativ sulfatreiches Wasser, durch das Profil Wyssachen hingegen sulfatarms. Dies führt, zusammen mit dem aus der Wyssachen infiltrierenden Wasser zu einer mittleren Sulfatkonzentration oberhalb der Deponie Schwarzenbach von knapp 8 mg/l. Umso auffallender ist

deshalb der unterhalb der Deponie in der Messstelle HUB56 festgestellte mittlere Sulfatgehalt von 28 mg/l. Diese hohen Sulfatgehalte sind auf Sickerwässer der Deponie Schwarzenbach zurückzuführen. Da auch die Borgehalte unterhalb der Deponie signifikant höher liegen, ist eine Beeinträchtigung der Grundwasserqualität durch Bauschutt und Hausmüll anzunehmen.

- Die Chloridgehalte in den beiden Zuflussprofilen Schweinbrunnen und Wyssachen sind klein und unterscheiden sich kaum. Die Gehalte der Wyssachen variieren relativ stark, sind im Mittel jedoch ebenfalls relativ klein. Signifikant grössere Chloridgehalte treten in den Messstellen HUB51 und HUB54 auf, in der Messstelle HUB54 begleitet mit höheren Kalziumgehalten. Der am Eingang des Wyssachtals liegende Wasenplatz dürfte diese Verhältnisse verursachen, da anzunehmen ist, dass dort Chlor und Kalk eingesetzt wurden.
- Der Grundwasserzufluss aus dem Wyssachtal und aus der Wyssachen ist etwas härter und auch leitfähiger als bei Schweinbrunnen. Markant grösser sind die Gesamthärte und die elektrische Leitfähigkeit unterhalb des Wasenplatzes und unterhalb der Deponie Schwarzenbach (HUB54 und HUB56). Damit werden die bereits aufgezeigten anthropogenen Verschmutzungen bestätigt.
- Im Zufluss Schweinbrunnen ist die Sauerstoffsättigung sehr klein. Da aber keine Anzeichen von Nitrit und/oder Ammonium vorliegen und Eisen und Mangan meistens die Qualitätsziele einhalten, kann davon ausgegangen werden, dass kein reduziertes Grundwasser vorliegt. Der Grundwasserzufluss aus dem Wyssachtal und die Infiltration der Wyssachen verbessern die Sauerstoffsättigung wesentlich. Unterhalb der Deponie Schwarzenbach sind die Sauerstoffwerte wieder kleiner, was auf die reduzierende Wirkung der aus der Grube Schwarzenbach austretenden Sickerwasser zurückzuführen ist.
- Keine der mit Leitparametern nach organischen Kontaminationen untersuchten Probeentnahmestellen zeigte eine nachweisbare qualitative Beeinträchtigung der Wasserqualität durch Chemieabfälle (inkl. Mineralöl und organische Lösungsmittel).
- Polyzyklische Aromaten (PAK) konnten in keiner Wasserprobe nachgewiesen werden.
- Die Untersuchungen nach den Schwermetallen Zink, Blei und Cadmium zeigen: Die Zinkgehalte erreichen oder überschreiten das Qualitätsziel nie auch nur annähernd. Wenige Blei- und Cadmiumgehalte liegen über dem Qualitätsziel, aber immer deutlich unter dem Toleranzwert. Cadmium konnte in keiner der untersuchten Proben nachgewiesen werden.
- Alle Analysen auf leichtflüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffe waren negativ.
- Die Untersuchungen auf Pestizide waren grösstenteils negativ, in zwei Probeentnahmestellen (HUB53 und HUB56) sowie in der Fassung Fiechte konnten Spuren von Atrazin, in HUB53 auch Desethylatrazin nachgewiesen werden. Die Gehalte lagen aber nur knapp über der Nachweisgrenze und deutlich unter dem Toleranzwert.
- Die Oberflächengewässer Rotbach und Wyssachen, vor allem aber die untersuchten Seitenbäche weisen beachtliche bis sehr hohe Nitratgehalte auf. Die Ammonium- und Nitritgehalte überschreiten die Toleranzwerte regelmässig. Analog dazu zeigen auch die bakteriologischen Untersuchungen sehr deutlich hohe Verschmutzungen durch fäkalisches Abwasser.

Die Grundwasserqualität im Hauptgrundwasserleiter des Rotbachtals kann in grossen Bereichen als gut bezeichnet werden. Erkannte Gefahrenherde sind die nitratreichen Zuflüsse aus dem Wyssachtal, die Abströmbereiche der Grube Schwarzenbach und des Wasenplatzes.

## 7. NUTZUNGS- UND SCHUTZKONZEPT

### 7.1 Nutzungs- und Schutzkonzepte-Grundlagen für die künftige Trinkwassergewinnung aus Grundwasservorkommen [33]

Ueber 90 % des Trink- und Brauchwassers werden heute im Kanton Bern aus Grundwasservorkommen gewonnen (Schweiz: 82 %). Wir haben aber zunehmend Schwierigkeiten eine hygienisch einwandfreie, preisgünstige Trinkwasserversorgung sicherzustellen, weil immer mehr chemische Schadstoffe, vor allem Nitrate, Pflanzenschutzmittel, leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe, unser Grundwasser qualitativ beeinträchtigen. Eine Folge unseres in erster Linie auf wirtschaftlichen Erfolg ausgerichteten Denkens und Handelns sowie des fehlenden Einsatzes für das kostbare Gut Trinkwasser. Ein Ueberdenken der Lage ist dringend nötig, eine wirksame Schutzstrategie ist zu entwickeln.

Im federführenden Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) ist man sich heute im klaren, dass das schweizerische Schutzzonenkonzept von 1977/82 [34], nicht verhindern kann, dass chemische Schadstoffe das Grundwasser beeinträchtigen. Künftig müssen die ganzen Zuströmbereiche besser geschützt werden [33, 35]. Beilage 3 zeigt diese Bereiche für die Fassung Tschäppelmatt der WV Eriswil und für eine künftige Fassung im Huttwilwald. Als wichtigste Schutzmassnahmen sind zu nennen:

- Eine ordnungsgemässe, umweltgerechte Landwirtschaft ist zu betreiben, die weder ein Ausschwemmen von Düngern noch von anderen Hilfsstoffen ins Grundwasser mit sich bringt.
- Anlagen, die wassergefährdende Stoffe herstellen, lagern, umschlagen oder verwenden, müssen besser gesichert und überwacht werden.
- Die Inhaber dieser Anlagen haben zudem geeignete Ueberwachungs-, Alarm- und Bereitschaftsdispositive zu erstellen.

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 Ende 1989 [32] festhielt: "Unser Trinkwasser soll auch in Zukunft vorrangig aus dem Grundwasser gewonnen werden; die nutzbaren Grundwasservorkommen sind in Menge und Güte zu erhalten, wo nötig sind Sanierungen durchzuführen, die Kenntnisse über das Grundwasser, die Grundwasserleiter und ihre Einzugsgebiete sind zu vertiefen, die mengen- und gütemässigen Veränderungen im Raum und Zeit zu erfassen, sowie die Gefahrenpotentiale zu ermitteln".

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 Direktion beauftragt worden, gemeinsam mit dem Gewässerschutzamt, mit Regionalplanungsverbänden, Gemeinden und Wasserversorgungen Nutzungs- und Schutzkonzepte zu entwickeln.

Die Nutzungskonzepte müssen sich nach dem künftigen regionalen, allenfalls dem überregionalen Wasserbedarf richten, die übrigen Nutzungen des Landes sind so wenig als möglich einzuschränken.

Das WEA wird mit einigen unterschiedlich schwierigen Pilotstudien (u.a. im Oenztal) das Vorgehen im Einzelnen erarbeiten. Auf erste Schritte im Langeten- und Rotbachtal wird in den Abschnitten 7.2 und 7.3 hingewiesen. Damit soll die Diskussion eingeleitet werden, damit das gesteckte Ziel auch hier in absehbarer Zeit erreicht werden kann.

## 7.2. Grundwassernutzung und -schutz im Rotbachtal (vgl. Beilage 3)

### 7.2.1 Grundwasserfassung Fiechte

Aus dem Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil wird lediglich in der Grundwasserfassung Fiechte der Wasserversorgung Huttwil, Grundwasser gewonnen. Diese Grundwassernutzung basiert auf der Konzessionsnummer 2 von 1973 für eine Grundwassermenge von 3500 l/min (58.3 l/s).

Die Wasserversorgung Huttwil deckt aus der Fassung Fiechte seit 1978 praktisch den ganzen Wasserbedarf von Huttwil. Sie führt eine Statistik über die geförderten Wassermengen. Die folgenden Daten sind dieser Statistik entnommen worden.

Tabelle 7.1 Entnahmemengen in der Grundwasserfassung Fiechte von 1973 - 1990

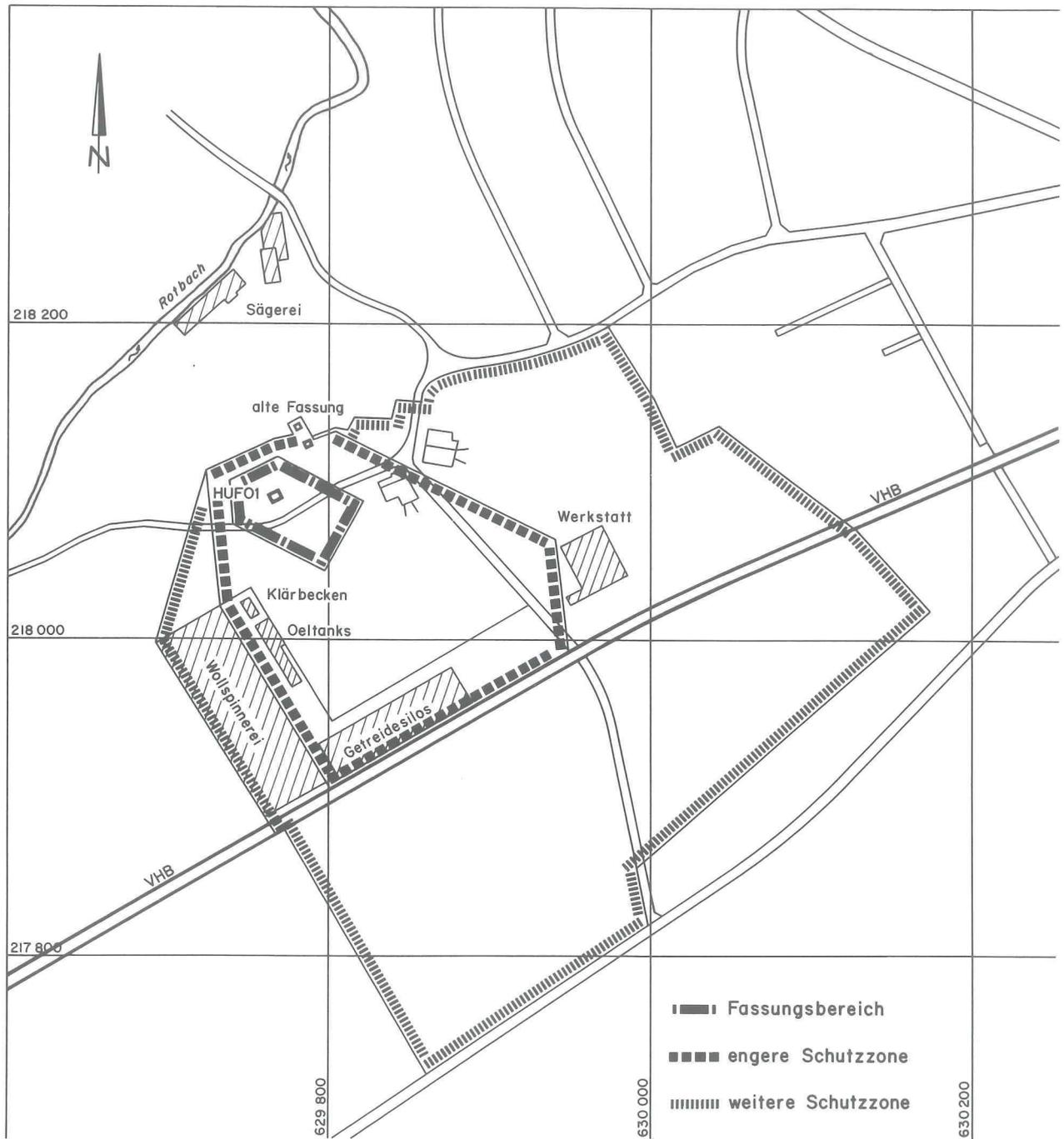
Jahr	Entnahmemenge Grundwasserfassung Fiechte	
	m <sup>3</sup> /Jahr	l/s
1973	600000	19.0
1974	411000	13.0
1975	410000	13.0
1976	415000	13.2
1977	640000	20.3
1978	587970	18.6
1979	514670	16.3
1980	465430	14.8
1981	528560	16.8
1982	513050	16.3
1983	550090	17.4
1984	520620	16.5
1985	570730	18.1
1986	445530	14.1
1987	485130	15.4
1988	489490	15.5
1989	479120	15.2
1990	476692	15.1
Mittel	510054	16.2

Die Qualität des geförderten Wassers geht aus den Fig. 6.8 bis 13 hervor. Abgesehen von einer etwas zu hohen Härte und einer zu niedrigen Sauerstoffsättigung erfüllt das Wasser alle Qualitätsziele, ist einwandfreies Trinkwasser. Beeinträchtigungen durch Stoffe, die aus Altlasten stammen, sind keine festgestellt worden.

In der Sitzung vom 21. Februar 1973 genehmigte der Regierungsrat des Kantons Bern, basierend auf [4] die Errichtung einer Schutzzone für die Grundwasserfassung Fiechte. Als Rechtsgrundlage diente Artikel 50 der Kantonalen Gewässerschutzverordnung vom 27. September 1972.

Figur 7.1 zeigt schematisch einen Ausschnitt des Schutzzonenplanes [4] mit dem Fassungs-bereich der engeren und der weiteren Schutzzone und den wesentlichen Bauten im Nahbereich der Fassung. Die potentielle qualitative Gefährdung des Trinkwassers durch die bestehende Ueberbauung war bereits 1973 nicht zu übersehen.

Figur 7.1 Schutzzone Grundwasserfassung Fiechte Huttwil  
 Situation 1 : 4000



## 7.2.2 Bekannte Gefahrenherde und Altlasten

Im folgenden werden die uns bekannten Gefahrenherde im Nahbereich des Grundwasserleiters zwischen Schweinbrunnen und Huttwil kurz beschrieben und in Figur 7.3 grösstenteils schematisch angegeben. Die qualitativen Auswirkungen sind, soweit sie einzelnen Gefahrenherden zugeordnet werden können, in Abschnitt 6.3 beschrieben worden.

### Bauzone

Im Gebiet Fichte-Neuhus-Huttwil liegt der Grundwasserleiter grösstenteils im Bereich der Bauzone von Huttwil.

Unmittelbar oberstromwärts der Grundwasserfassung Fichte befinden sich eine Wollspinnerei, die Getreidesilos der Eidg. Getreideverwaltung sowie eine Werkstätte für Landmaschinen. Die Betriebskläranlage der Wollspinnerei liegt beispielsweise weniger als 50 m von den Horizontalsträngen der Grundwasserfassung entfernt.

### Land- und Forstwirtschaftszone

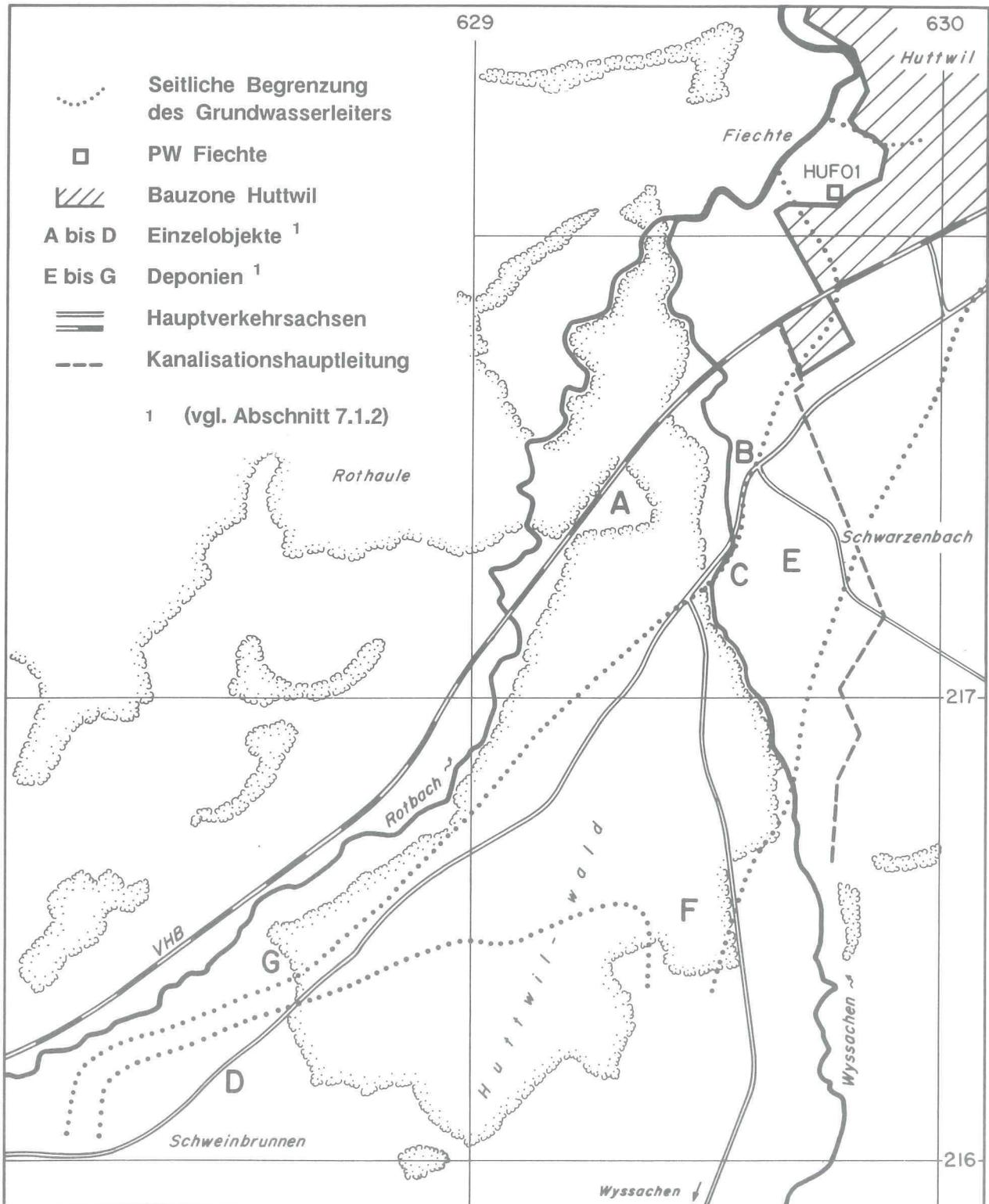
Nahezu 80 % des Grundwasserleiters liegen unter land- und forstwirtschaftlich genutzten Gebieten. Als wassergefährdende Stoffe können hier vor allem Hof- und Kunstdünger sowie Pestizide ins Grundwasser gelangen. Durch eine verantwortungsbewusste Bewirtschaftung (z.B. Vermeidung von Winterbrache, Düngergabe nur während der Vegetationsperiode abgestimmt auf den Pflanzenbedarf, massvolle Dosierung, usw.) lässt sich eine Beeinträchtigung des Grundwassers weitgehend vermeiden.

In der Land- und Forstwirtschaftszone befinden sich auch mehrere grössere Gewerbebetriebe und Anlagen:

- |   |  |
|---|--|
| - Tanklager Huttwilwald (A):              | grosses Brenn- und Treibstofflager der CARBURA |
| - Tankstelle Schwarzenbach (B):           | Treibstofftank                                 |
| - Schweinemästerei Schwarzenbach (C):     | Jauche von ca. 400 Schweinen                   |
| - Gastrocknungsanlage Schweinbrunnen (D): | Brennstofftank                                 |

Neben diesen aufgeführten Einzelobjekten, sie sind in Figur 7.2 mit grossen Buchstaben bezeichnet, befinden sich im Bereich des Grundwasserleiters noch weitere Bauten, vor allem landwirtschaftliche Siedlungen im Raum Schwarzenbach.

Figur 7.2 Bekannte Gefahrenherde im Bereich des Grundwasserleiters zwischen Schweinbrunnen und Huttwil (Beschreibung siehe S. 120, 122 und 123)



## Verkehrsachsen

Im Bereich des Grundwasserleiters liegen die Eisenbahnlinie der VHB, die Hauptstrassen Schweinbrunnen-Huttwil und Wyssachen-Huttwil. Hier können vor allem Unfälle mit wassergefährdenden Flüssigkeiten und die Unkrautbekämpfung mit Herbiziden die Wasserqualität gefährden.

Als kleine Verbindungsstrasse von der Fiechte zum Huttwilwald führt der Buchenweg direkt über die Horizontalstränge der Grundwasserfassung Fiechte.

## Kanalisationsleitungen

Der Hauptsammelkanal zwischen Wyssachen und Huttwil überquert den Grundwasserleiter bei Schwarzenbach. Im Bereich der Bauzone von Huttwil besteht ein Kanalisationsnetz. Allfällige Lecks bleiben häufig unbemerkt und bilden, je nach Art und Menge des versickernden Abwassers, eine schleichende bis akute Gefahr für das Grundwasser.

## Deponien (Altlasten); vgl. Fig. 7.2

Im Bereich des Grundwasserleiters Schweinbrunnen-Huttwil sind drei Standorte ehemaliger Deponien bekannt.

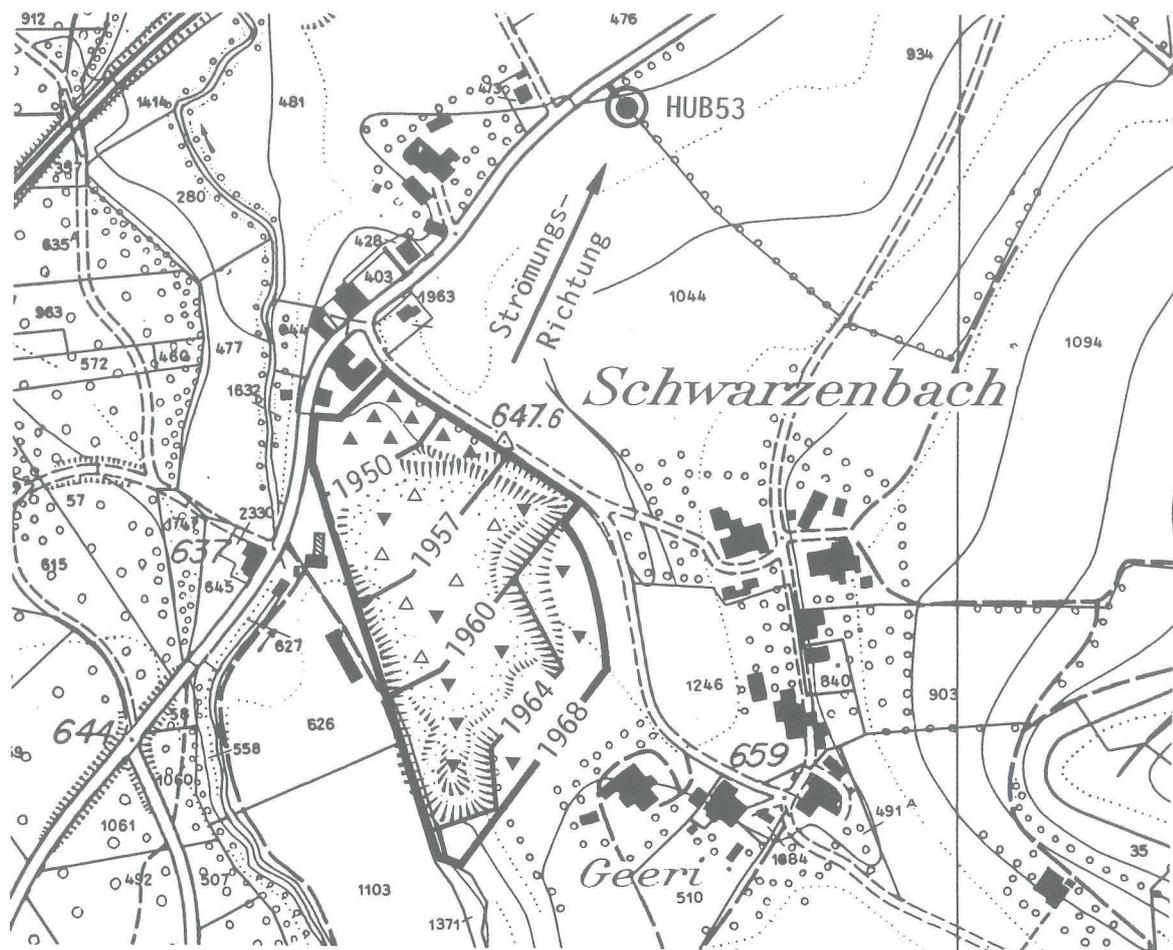
### Grube Schwarzenbach (E)

In den 30-er Jahren wurde mit dem Abbau des Kiessporns entlang der östlichen Talflanke des Wyssachentales bei Schwarzenbach begonnen. Der Kiesabbau erfolgte etappenweise von Norden nach Süden und innerhalb der Etappen von Westen nach Osten. Der Abbau wurde eingestellt, weil gegen Süden die feinkörnige Deckschicht zunehmend mächtiger wurde und ca. 8 m erreichte. Die Grubensohle soll jeweils knapp über dem Grundwasserspiegel gelegen haben.

Ungefähr zwischen 1940 und 1955 diente die Grube Schwarzenbach der Gemeinde Huttwil als Kehrichtdeponie. In den nachfolgenden Jahren wurde vorwiegend Aushubmaterial und Bauschutt abgelagert, wobei auch wilder Kehricht in die Grube gelangte. Aufgrund der Deponiegeschichte und der Aussagen von Anwohnern lassen sich vereinfacht drei Teilgebiete mit unterschiedlichem Deponiematerial abgrenzen (vgl. Figur 7.3).

- Teilgebiet "Nord": nördlich der Abbaulinie 1950, eigentlicher Kern der Deponie, vorwiegend Haushaltabfälle.
- Teilgebiet "Mitte": zwischen den Abbaulinien 1950 und 1960, vorwiegend Aushubmaterial und Bauschutt, vereinzelt wilde Kehrichtablagerung, vor allem im nordöstlichen Teil entlang der Flurstrasse.
- Teilgebiet "Süd": südlich der Abbaulinie 1960, ausschliesslich Aushubmaterial. Beim Deponiematerial von Teilgebiet "Süd" kann eine Grundwassergefährdung praktisch ausgeschlossen werden.

Figur 7.3 Grube Schwarzenbach Situation 1 : 5000



Deponiegut:

- ▼ Aushubmaterial
- ▲ Kehricht
- △ Bauschutt

#### Wasenplatz Huttwilwald (F)

Im südöstlichen Teil des Huttwilwaldes wurden bis ca. 1975 Tierkadaver und Metzgereiabfälle vergraben. Die je nach Bedarf ausgehobenen Gruben (ca. 3 m tief und 6 m im Durchmesser) sind eingedeckt und nicht mehr genau lokalisierbar.

#### Deponie Schweinbrunnenbach-Graben (G)

In den 60-er Jahren diente der Graben des Schweinbrunnenbaches am westlichen Rand des Huttwilwaldes als Kehrichtdeponie für die Gemeinde Huttwil.

### 7.2.3 Nutzbares Grundwasserdargebot

Aus fassungs- und schutztechnischen, rechtlichen, politischen und oekologischen Gründen ist es unmöglich, die im Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil strömenden Grundwassermengen gemäss Figur 6.4 vollständig zu nutzen. Das sogenannte nutzbare Grundwasserdargebot ist kleiner und je nach der persönlichen Gewichtung, der sich zeitlich ändernden versorgungstechnischen und politischen Beurteilung der einzelnen Aspekte keineswegs eine unveränderliche Grösse. Zudem können allfällige künstliche Eingriffe in den Wasserkreislauf das nutzbare Grundwasserdargebot mengen- und gütemässig wesentlich beeinflussen. Im folgenden wird aus hydrogeologischer Sicht das nutzbare Grundwasserdargebot im Rotbachtal bzw. zwischen Schweinbrunnen und Huttwil beurteilt. Die gemachten Angaben gelten naturgemäss für die Strömungs- und Abflussverhältnisse im Bilanzierungsjahr 1988.

Vom fassungstechnischen Gesichtspunkt her gesehen, sind die Entnahmemöglichkeiten im Grundwasserleiter relativ günstig. Zwar sind die Flurabstände vorwiegend gross und die strömenden Grundwassermengen verglichen mit anderen Grundwasserströmen eher klein; der Grundwasserleiter weist jedoch trotz seiner relativ geringen seitlichen Ausdehnung grosse Grundwassermächtigkeiten (bis ca. 45 m) auf. Somit ist es fassungstechnisch möglich, mit einem einzelnen Vertikalfilterbrunnen relativ bedeutende Grundwassermengen zu gewinnen und grosse Grundwasserabsenkungen infolge kurzer Entnahmespitzen oder während langen Trockenwetterperioden in Kauf zu nehmen.

Oberhalb des Bilanzierungsprofils (BP) Huttwilwald Süd (vgl. Figur 6.3 und 4) erlaubt das kleine Grundwasserdargebot keine bedeutende Grundwassernutzung.

Im BP Huttwilwald Süd fliessen ca. 35 l/s (vgl. Figuren 6.3 und 6.4). Davon kommt ca. ein Drittel aus dem Wyssachtal (Profilzufluss und die randlichen Zuflüsse). Das nutzbare Grundwasserdargebot beträgt ca. 20 l/s.

Im Bereich des BP Huttwilwald Nord fliessen ca. 50 l/s Grundwasser. Das nutzbare Grundwasserdargebot liegt etwa bei 30 l/s. Es kann auf ca. 45 l/s gesteigert werden, wenn ca. 15 l/s Infiltrat der Wyssachen in Kauf genommen wird.

Unterhalb des BP Huttwilwald Nord vergrössert sich die strömende Grundwassermenge, hauptsächlich bedingt durch die Infiltration aus der Wyssachen, bis zum Profil Schwarzenbach auf etwa 80 l/s. Wegen der Grube Schwarzenbach ist eine Nutzung des Grundwassers als Trinkwasser hier nur mit Vorbehalt möglich (vgl. Beilage 3).

Vom BP Schwarzenbach bis zum BP Neuhus und der Grundwasserfassung Fiechte (HUF01) wird der Grundwasserstrom nochmals grösser und erreicht ca. 100 l/s. In schutztechnischer Hinsicht (vgl. 7.1.1 und 2) ist die Trinkwassergewinnung in diesem Gebiet problematisch.

Die Grundwasserneubildung kann wegen der hydrogeologischen Randbedingungen im Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil durch eine Grundwasserentnahme nur unbedeutend gesteigert werden. Praktisch alles Wasser, das dem Grundwasserleiter entzogen wird, fehlt im Exfiltrationsgebiet Fiechte bzw. im Rotbach.

Der Grundwasserleiter-Bereich im westlichen Siedlungsgebiet von Huttwil, er entwässert (exfiltriert) teilweise direkt in die Langeten, ist nur für die Brauchwassergewinnung geeignet, weil er nicht geschützt werden kann. Die vorliegenden Ergebnisse von Untersuchungen erlauben nicht, die hier verfügbaren Mengen zu beziffern (vgl. Beilage 3).

#### 7.2.4 Neue Grundwasserfassung im Huttwilwald Nord

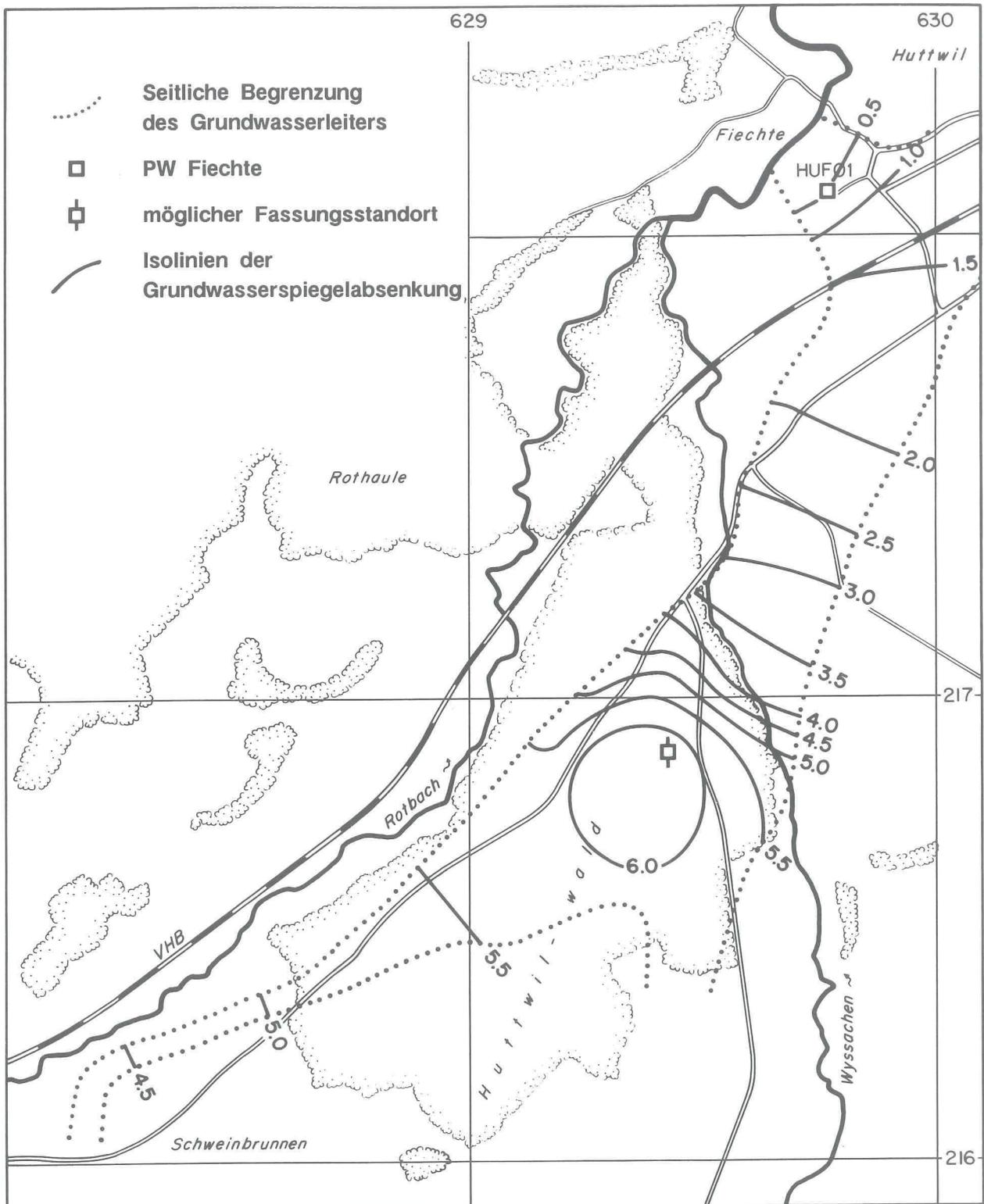
Ausgehend vom nutzbaren Grundwasserangebot wurde mit dem in Kapitel 5 beschriebenen Strömungsmodell eine Grundwasserentnahme im Huttwilwald Nord mit 45 l/s simuliert. Dabei wurde angenommen, dass in der Fiechte kein Grundwasser gefördert wird. Aus modelltechnischen Gründen kann lediglich eine permanente Entnahme simuliert werden. Für einen Pumpbetrieb von täglich 8 Stunden (nachts) könnte bei etwa gleichbleibenden Absenk- und Zuflussverhältnissen ausserhalb des Brunnenbereiches ungefähr das Dreifache gepumpt werden.

Die berechneten Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel bei einer Entnahme im Bereich der Bohrung HUB51 (629/217.32, vgl. Beilage 2 und 3) mit einem relativ tiefen, fachgerecht dimensionierten Vertikalfilterbrunnen sind aus den Figuren 7.4 und 7.5 ersichtlich.

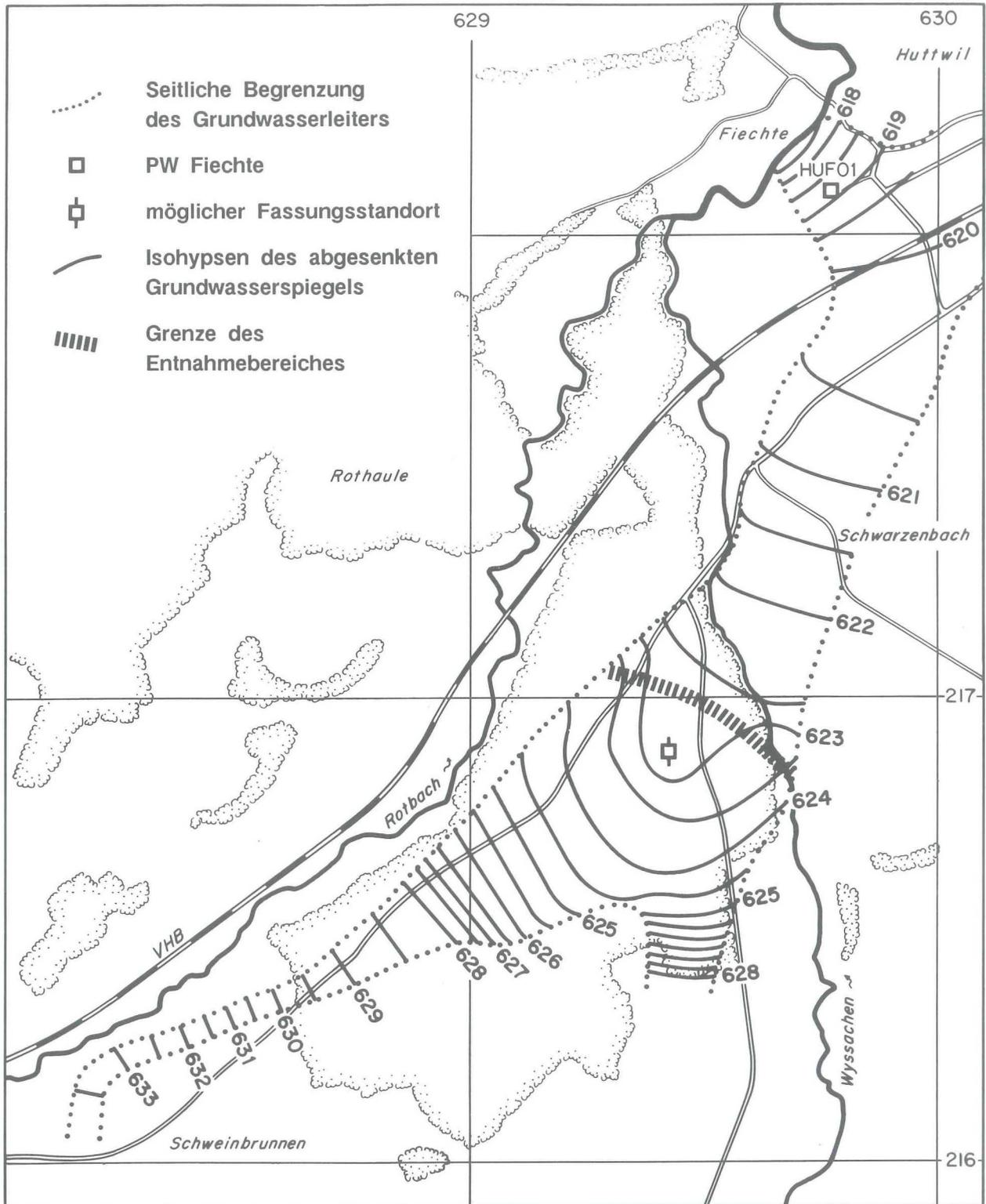
In Brunnennähe würde die Grundwasserentnahme zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels von über 6 m führen. Bei Schweinbrunnen müsste mit ca. 4.5 m, im Bereich der heutigen Grundwasserfassung Fiechte mit ca. 0.5 m gerechnet werden.

Die berechneten Isohypsen bzw. Linien gleicher Höhe des Grundwasserspiegels in Figur 7.5 zeigen die Gefälls- und Strömungsverhältnisse. Das aus der Grundwasserfassung geförderte Wasser würde aus dem Grundwasserleiter oberhalb der eingezeichneten Grenze des Entnahmebereiches zuströmen und auch Infiltrat der Wyssachen (20-30 %) enthalten.

Figur 7.4 Berechnete Absenkung in m im Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil bei einer konstanten Entnahme von 45 l/s im Nordteil des Huttwilwaldes



Figur 7.5 Berechneter Grundwasserspiegel in m ü.M. bei einer konstanten Entnahme von 45 l/s im Nordteil des Huttwilwaldes



### 7.2.5 Vorschlag für Nutzungs- und Schutzkonzept

Die Gemeinde Huttwil deckt gegenwärtig ihren gesamten Bedarf an Trink- und Brauchwasser aus der Grundwasserfassung Fiechte. Eine rechtskräftige Schutzzone besteht seit anfangs der 70-er Jahre (vgl. 7.1.1). Sie umfasst zu einem grossen Teil Gewerbe- und Wohngebiete und kann deshalb langfristig keinen wirksamen Schutz gewährleisten. Die Grundwasserfassung Fiechte liegt zudem unterstromwärts der übrigen in Abschnitt 7.1.2 aufgeführten Gefahrenherde. Sie muss deshalb als gefährdet beurteilt werden. Kurzfristig drängen sich daher folgende Massnahmen auf:

- Regelmässige Probeentnahme und Beurteilung der Wasserqualität in der Grundwasserfassung Fiechte und im Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil
- Periodische Kontrollen über die Einhaltung der Schutzzonenvorschriften, verbunden mit einer entsprechenden Aufklärung der Grundeigentümer und Pächter im Bereich der Schutzzone über ihre Verantwortung gegenüber der Trinkwasserversorgung der Gemeinde Huttwil sowie ihre allfällige Haftpflicht.
- Erarbeitung einer Alarmorganisation und eines Massnahmenkataloges (z.B. Notwasserzufuhr von Quellen) im Hinblick auf einen unfallbedingten Ausfall der Wasserfassung.

Die regelmässigen Untersuchungen der Wasserqualität im Grundwasserleiter zwischen Schweinbrunnen und Huttwil kann auf die Bohrungen HUB51, HUB56 und HUB53 sowie die Fassung Fiechte beschränkt werden. Die Proben müssten hinsichtlich der sogenannten physikalisch-chemischen Standardparameter des Kantonalen Laboratoriums (vgl. 6.3.1) vor allem auf Nitrat, Sulfat, Chlorid analysiert werden. Im weiteren sind (nach Rücksprache mit dem Kantonalen Gewässer- und Bodenschutzlabor, GBL) zusätzliche Untersuchungen z.B. auf Bor, Schwermetalle (Pb, Cd, Zn), Pestizide und sogenannte Leitparameter (ECD- und FID-Fingerprints) notwendig. Um langfristige Veränderungen des Grundwasservorkommens in quantitativer Hinsicht erkennen zu können, sind mindestens halbjährliche Untersuchungen in den gleichen Messstellen erforderlich. Bei Veränderungen sind die Proben in zeitlich kürzeren Abständen zu entnehmen, den Ursachen nachzugehen sowie das Messprogramm hinsichtlich der untersuchten Parameter und der Messstellen auszudehnen.

Der Brunnen Fiechte sollte möglichst bald aufgegeben, eine neue Fassung oberhalb der bedenklichsten Gefahrenherde gebaut werden. Um die künftige Fassungsstelle zu schützen ist ein Schutzareal im Sinne von Art. 21 des neuen Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer vom 24.01.1991 vom Regierungsrat genehmigen zu lassen. Einzubeziehen ist dabei auch der Zuströmbereich (vgl. 7.1) wie er auf Beilage 3 dargestellt ist.

Die nutzbare Grundwassermenge im Nordteil des Huttwilwaldes beträgt mehr als das Doppelte des heutigen Wasserbedarfes der Wasserversorgung Huttwil. Somit erhält das Grundwasservorkommen im Huttwilwald regionale Bedeutung für die Trink- und Brauchwassergewinnung und muss auch unter diesem Gesichtswinkel umgehend geschützt werden.

### 7.3 Grundwassernutzung und -schutz im Eriswiltal

#### 7.3.1 Grundwasserfassung Tschäppelmatte

Das Grundwasservorkommen im Eriswiltal wird durch die Fassung Tschäppelmatte der Gemeinde Eriswil genutzt. Die Grundwasserentnahme basiert auf der Konzession Nr. 6 vom 13. November 1984 für eine Grundwassermenge von 300 l/min (5 l/s). Eine Uebersicht über die Entnahmemengen gibt Tabelle 7.2.

Tabelle 7.2 Entnahmemengen der Grundwasserfassung Tschäppelmatte von 1988 - 1990

Jahr	Entnahmemenge Grundwasserfassung Tschäppelmatte	
	m <sup>3</sup> /Jahr	l/s
1988	22 996	0.73
1989	12 490	0.40
1990	31 962	1.01
Mittel	22 483	0.71

Im Grundwasserleiter des Eriswiltals fließen im Bereich der Grundwasserfassung Tschäppelmatte ca. 15 l/s [6], [7]. Mit der Konzession der Grundwasserfassung Tschäppelmatte von 5 l/s dürfte das nutzbare Grundwasserdargebot nahezu ausgeschöpft sein.

Die Qualität des Trinkwassers aus der Grundwasserfassung Tschäppelmatte entspricht den gesetzlichen Anforderungen.

Die während den Untersuchungen gewonnenen Daten deuten darauf hin, dass zwischen Tschäppelmatte und Huttwil keine bedeutenden Grundwasservorkommen mehr genutzt werden können.

### 7.3.2 Vorschlag für Nutzungs- und Schutzkonzept

Die Fassung Tschäppelmatte der Gemeinde Eriswil entspricht den Anforderungen an eine moderne Grundwasserfassung.

Am 19. Dezember 1984 genehmigte der Regierungsrat des Kantons Bern den auf [7] basierenden Schutzzonenplan und das zugehörige Schutzzonenreglement. Wenn die im Schutzzonenreglement festgelegten Nutzungsvorschriften eingehalten werden, dürfte eine erste Voraussetzung für weiterhin einwandfreies Trinkwasser erfüllt sein. Die Schutzmassnahmen sollten aber (vgl. 7.1) möglichst bald auf den Zuströmbereich der Grundwasserfassung oder mindestens auf den massgebendsten Teil ausgedehnt werden. Der theoretische Zuströmbereich würde das ganze Eriswital oberhalb der Fassung umfassen. Es dürfte jedoch genügen, wenn bis auf weiteres der fassungsnächste Teil, wie er in Beilage 3 abgegrenzt wurde, besser geschützt wird.

## LITERATURVERZEICHNIS

- [ 1] BLAU, R.V., OBERHOLZER, M., WERNER, A. [1986]: Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern. Hydrogeologie Oberes Langetental und Rotbachtal. Zwischenbericht 1985. - Bern (WEA).
- [ 2] BLAU, R.V., OBERHOLZER, M., WERNER, A. [1987]: Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern. Hydrogeologie Oberes Langetental und Rotbachtal. Zwischenbericht 1986. - Bern (WEA).
- [ 3] BLAU, R.V., OBERHOLZER, M., WERNER, A. [1988]: Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern. Hydrogeologie Oberes Langetental und Rotbachtal. Zwischenbericht 1987. - Bern (WEA).
- [ 4] GEOTECHNISCHES INSTITUT AG BERN [1970]: Schutzzonenvorschlag für die Grundwasserfassung "Fiechten" in Huttwil; erarbeitet im Auftrage der Gemeinde Huttwil.
- [ 5] KELLERHALS, P. et al [1974]: Wasserversorgung der Gemeinde Affoltern i.E. Bericht über die Grundwasserprospektion bei Häusernmoos; erarbeitet im Auftrage der Gemeinde Affoltern.
- [ 6] WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSAMT DES KANTONS BERN [1983]: Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern. Hydrologische Untersuchungen Eriswil/Huttwil. Zwischenbericht über das Fassungsgebiet Tschäppelmatte. - Bern (WEA).
- [ 7] INGENIEUR- UND STUDIENBÜRO A. WERNER, BURGDORF [1986]: Gemeinde Eriswil Wasserversorgung. Grundwasserfassung Tschäppelmatte. Hydrologische Untersuchungen, Brunnenbau und Grosspumpversuch; erarbeitet im Auftrage der WV Eriswil.
- [ 8] SCHWEIZ. METEOROLOGISCHE ANSTALT [monatlich]: Monatstabellen der meteorologischen Stationen der Schweiz.- Zürich (SMA).
- [ 9] LANDESHYDROLOGIE [jährlich]: Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz. - Bern (Landeshydrologie).
- [10] BLAU, R.V., MUCHENBERGER, F., TRUEB, E., WERNER, A., WUERSTEN, M. [1984]: Quantitative Erkundung von Lockergesteins-Grundwasserleitern am Beispiel Emmental, Handbuch; erarbeitet im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms Wasserhaushalt. - GWA 64/5,\* 249-388.
- [11] SCHWEIZERISCHES LEBENSMITTELBUCH [1985]: Kapitel 27: Trinkwasser und Mineralwasser. - Bern (Eidg. Lebensmittelbuch-Kommission).
- [12] EIDG. DEPARTEMENT DES INNERN [1986]: Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln. - Bern (EDMZ).
- [13] KERNDORFF, H. et al [1985]: Erfassung grundwassergefährdender Altablagerungen. Ergebnisse hydrogeochemischer Untersuchungen. - Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes Berlin (WaBoLu-Hefte 5/1985).
- [14] KOCH, R. [1989]: Umweltchemikalien, physikalisch-chemische Daten, Toxizitäten, Grenz- und Richtwerte. - Basel (VCH).

- [15] KUMMERT, R. & STUMM, W. [1989]: Gewässer als Oekosystem, Grundlagen des Gewässerschutzes. 2. überarbeitete Auflage. - Zürich (VDF).
- [16] HUFSCHMIED, P. [1983]: Die Ermittlung der Durchlässigkeit von Lockergesteins-Grundwasserleitern, eine vergleichende Untersuchung verschiedener Feldmethoden.- Diss. ETH-Zürich Nr. 7397; in [24].
- [17] LANDESHYDROLOGIE [1982]: Handbuch über die Abflussmengenmessungen.- Bern (Landeshydrologie).
- [18] 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.
- [19] MUCHENBERGER, F. [1979]: Abflussmessungen in Oberflächengewässern für Grundwasserbilanzierungen.- GWA 59/9, 401-407.
- [20] HOERLER, A. [1966]: Kanalisation. - In Ingenieur Handbuch II. - Zürich (Schweizer Verlagshaus).
- [21] SEVRUK, B. [1981]: Methodische Untersuchungen des systematischen Messfehlers der Hellmann-Regenmesser im Sommerhalbjahr in der Schweiz.- Mitt. VAW 52, ETH-Zürich.
- [22] WEA [Periodisch]: Hydrographisches Jahrbuch des Kantons Bern. - Bern (WEA).
- [23] TRÖSCH, J. [1975]: Numerische Simulation Dupuit'scher Grundwasserströmungen.- Mitt. VAW 14 und 15, ETH Zürich.
- [24] BLAU, R.V., TRUEB, E., FISCH, W., WERNER, A. & HUFSCHMIED, P. [1983]: Grundlagen für den Schutz und die Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern, Hydrogeologie Emmental, Teil IV, Modellstudie zur Bestimmung des Grundwasserdargebotes im Testgebiet Emmental. - Bern (WEA).
- [25] WANNER, J. [in Vorbereitung]: Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25000, Blatt 1148 Sumiswald. - Bern (Landeshydrologie und -geologie).
- [26] GERBER, M.E., WANNER, J. [1984]: Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25000, Blatt 1128 Langenthal, inkl. Erläuterungen. - Basel (Schweizerische Geologische Kommission).
- [27] PENMAN, H.L. [1948]: Natural evaporation from open water, bare soil and grass. - Proc. Roy. Soc. London Ser. A, 193.
- [28] BLAU, R.V., WERNER, A. et al [1991]: Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern, Hydrogeologie Mittleres und Unteres Langetental. - Bern (WEA).
- [29] ROHMANN, U. & SONTHEIMER, H. [1985]: Nitrat im Grundwasser. - Karlsruhe (DVGW Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität).
- [30] SCHWEIZ. BUNDESRAT [1975]: Verordnung über Abwassereinleitungen. - Bern (EDMZ).

- [31] DARCY, H.P.G. [1856]: Les fontaines publiques de la ville de Dijon. - Paris (Victor Dalmont).
- [32] VEWD [1989]: Leitbild der Kantonalen Direktion für Verkehr, Energie und Wasser. - Bern (VEWD).
- [33] BLAU, R.V. [1992]: Nutzungs -und Schutzkonzepte, Grundlagen für die Trinkwassergewinnung aus Grundwasservorkommen. - GWA 4/92, 248-252.
- [34] BUNDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ [1977/82]: Wegleitung zur Ausscheidung von Gewässerschutzbereichen, Grundwasserschutz zonen und Grundwasserschutzarealen. - Bern (BUS).
- [35] DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES [1992]: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, 1. Teil Schutzgebiete für Grundwasser; Arbeitsblatt W 101, Entwurf September 1992.



## ANHANGVERZEICHNIS

Profile der Bohrungen DUB50, HUB50, HUB51, HUB52, HUB53, HUB54, HUB55, HUB56,  
HUB57

(mit WEA-Ordnungsnummern)



HYDROGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNG  
DUERRENROTH - HUTTWIL  
ROTBACHTAL

BOHRKAMPAGNE 1985

ROTATIONSKERNBOHRUNG HUB50

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

629/217.28

Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern

Situation:

Bohrverfahren: Rotationskernbohrung

Logs:

Bohrmeister: Lochet

Bohrgerät: E + M

ausgeführt vom 25.4. bis 13.5.1985

Koordinaten: 629605/217030 OK Terrain 637,60 m ü.M. OK Rohr 638,25 m ü.M.

Geol. Aufnahme: Dr. Blau, Lüthi, Stämpfli

1:100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernaussbeute %	Beob- achtungs- rohr $\phi$ 6 cm Filter	m ü.M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	USCS		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters	Bemerkungen
							Feld	Labor			
		100		637.30	+ 0	Humus, braun, an der Basis mit Steinen			Boden		
				637.10	0.50	Steine bis $\phi$ 8 cm, mit humosem Sand, braun-grau					
				636.20	1.40	Kies, sandig, sauber, untergeordnet leicht siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 12 cm, braun-beige					
				635.90	1.70	Sand, leicht siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kies- und Steinfraction bis $\phi$ 10 cm, beige					
				635.40	2.20	Kies, sandig, sauber, untergeordnet leicht siltig, braun					
				634.40	3.20	Kies, sandig, leicht siltig, gegen die Basis siltig, Steine bis $\phi$ 10 cm, beige			Schotter		
				633.70	3.90	Sand, leicht siltig, untergeordnet sauber, mit Komponenten der Kiesfraction bis $\phi$ 5 cm, grau-beige					
				632.20	5.40	Kies, sandig bis stark sandig, vorwiegend sauber, stellenweise leicht siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 8 cm, beige					
				628.90	8.70	Kies, sandig, vorwiegend leicht siltig, untergeordnet sauber, Steine bis $\phi$ 12 cm, beige-grau				Gwsp. am 14.05.1985	
				627.90	9.70	Kies, sandig, siltig, Steine bis $\phi$ 8 cm, grau-beige					
				627.30	10.30	Kies, sandig, sauber, ungerordnet leicht siltig, Steine bis $\phi$ 9 cm, grau-beige			Stillwasser-sedimente		
				627.00	10.60	Sand, leicht siltig bis siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraction, beige					
				626.00	11.60	Sand, leicht siltig, gegen die Basis siltig, stellenweise Tonlagen, Schichtung erkennbar, mit vereinzelten Geröllen bis $\phi$ 2 cm, beige				Gwsp. am 14.05.1985	
				623.90	13.70	Kies, stark sandig, siltig, stellenweise leicht siltig, Steine bis $\phi$ 8 cm, beige-grau					
				623.60	14.00	Sand, siltig bis stark siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraction, beige					
				622.10	15.50	Kies, sandig, stellenweise stark sandig (Sandlagen), vorwiegend siltig, untergeordnet leicht siltig, Steine bis $\phi$ 11 cm, beige					
				621.60	16.00	Sand, leicht siltig bis siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kies- und Steinfraction bis $\phi$ 10 cm, beige-grau					
				619.60	18.00	Kies, sandig, leicht siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 8 cm, grau-beige					
				618.50	19.10	Kies, schwach sandig, leicht siltig, Steine bis $\phi$ 8 cm, grau					
				617.10	20.50	Kies, sandig bis stark sandig, siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 8 cm, grau-beige					
				616.00	21.60	Kies, sandig, leicht siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 8 cm, grau					
				614.60	23.00	Kies, sandig, leicht siltig bis untergeordnet siltig, Steine bis $\phi$ 10 cm, beige					
				612.40	25.20	Kies, sandig, sauber, vereinzelte Steine bis $\phi$ 9 cm, braun					
				611.10	26.50	Kies, sandig, leicht siltig bis siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 11 cm, braun					
				608.50	29.10	Kies, sandig, siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 9 cm, braun			Schotter		
				605.00	32.60	Kies, sandig, leicht siltig bis untergeordnet siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 9 cm, grau					
				603.30	34.30	Kies, sandig, leicht siltig, stellenweise siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 8 cm, grau					
				600.30	37.30	Kies, sandig, siltig, stellenweise leicht siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 8 cm, grau					
				598.80	38.80	Kies, sandig, siltig, gelbgrau					
				598.20	39.40	Kies, sandig, siltig, gegen die Basis schwach siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 13 cm, grau					
				597.20	40.40	Kies, leicht sandig, siltig, gelbgrau					
				596.70	40.90	Kies, stark sandig, siltig, Komponenten bis $\phi$ 2 cm, grau					
				596.50	41.10	Kies, sandig, stellenweise schwach sandig, leicht siltig, Steine bis $\phi$ 12 cm, gelbgrau					
				593.60	44.00	Kies, stark sandig, leicht siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 8 cm, gelblich-grau					
				592.10	45.50	Kies, stark sandig, leicht siltig bis siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 11 cm, grau					
				583.10	54.50	Kies, leicht sandig, sauber, gelblich-grau					
				582.60	55.00	Kies, sandig, siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 12 cm, grau					
				581.00	56.00	Kies, sandig, stark siltig, grau					
				581.00	56.60	Kies, stark sandig, siltig, grau					
				580.30	57.30	Kies, sandig, sauber, vereinzelte Steine bis $\phi$ 13 cm, grau					
				579.60	58.00	Kies, stark sandig, siltig bis leicht siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 10 cm, grau					
				574.00	63.60	Kies, sandig, siltig, mit vereinzelten Sand- und Siltlagen, grau bis beige-grau					
				571.80	65.80	Sand, siltig bis stark siltig, mit vereinzelten, stellenweise zahlreichen Komponenten der Kies- und Steinfraction bis $\phi$ 9 cm, grau			? Moräne		
				566.10	71.50	Kies, sandig, stark siltig, grau			? Schotter		
				564.80	72.80						

HYDROGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNG  
DUERRENROTH - HUTTWIL  
ROTBACHTAL

BOHRKAMPAGNE 1985

ROTATIONSKERNBOHRUNG HUB51

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

629/216.12

Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern

Situation:

Bohrverfahren: Rotationskernbohrung

Logs:

Bohrmeister: Lochet

Bohrgerät: E + M

ausgeführt vom 14.5. bis 5.6.1985

Koordinaten: 629435/216875 OK Terrain 654.50 m ü.M. OK Rohr 655.02 m ü.M.

Geol. Aufnahme: Dr. Blau, Stämpfli

1:100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernausbeute %	Beob- achtungs- rohr $\phi$ 6 cm	Filter	m ü.M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	USCS	Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters	Bemerkungen
30.0		100			654.30	0.20	Waldboden				
					653.70	0.80	Silt, sandig, mit vereinzelt		Stillwasser	Sediment	Eingebaute
					652.80	1.70	Kies, sandig, mit vereinzelt				Piezometerrohre:
					651.50	3.00	hellbraun				Typ Stüwa
					651.00	3.50	Kies, sandig, leicht siltig,				Schlitzweite:
					650.50	4.00	mit vereinzelt				1.0 mm
							Steinen bis $\phi$ 10 cm, braun				
							Kies, stark sandig, sauber,				
							vereinzelt Steine bis $\phi$ 7 cm, dunkelbraun				
							Kies, stark sandig, leicht siltig bis				
27.0							untergeordnet sauber, vereinzelte				
							Steine bis $\phi$ 8 cm, hellbraun				
							Kies, stark sandig, leicht siltig bis				
							untergeordnet sauber, vereinzelte				
							Steine bis $\phi$ 9 cm, hellbraun				
							Kies, sandig, stellenweise stark				
							sandig, sauber, untergeordnet leicht				
							siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 9 cm,				
							hellbraun bis graubraun				
							Kies, stark sandig, leicht siltig bis				
24.0							untergeordnet sauber, vereinzelte				
							Steine bis $\phi$ 10 cm, graubraun				
							Block				
							Kies, sandig, sauber, Steine bis $\phi$ 10 cm,				
							grau				
							Kies, sandig, leicht siltig bis				
							untergeordnet sauber, Steine bis $\phi$ 11 cm, grau				
							Kies, sandig, leicht siltig, untergeordnet				
							sauber, vereinzelte Steine bis $\phi$ 8 cm, grau				
							Kies, stark sandig, leicht siltig bis				
22.0							siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 8 cm,				
							braungrau				
							Kies, stark sandig, leicht siltig bis				
							untergeordnet sauber, grau				
							Kies, sandig, leicht siltig bis siltig,				
							vereinzelt Steine bis $\phi$ 7 cm, grau				
							Kies, leicht sandig, leicht siltig,				
							Steine bis $\phi$ 12 cm, braungrau				
							Kies, leicht sandig, stellenweise				
							sandig, sauber, Steine bis $\phi$ 15 cm, grau				
19.4							Kies, leicht sandig, siltig, vereinzelte				
							Steine bis $\phi$ 11 cm, grau				
							Kies, stark sandig, stark siltig, stellen-				
							weise vereinzelte Steine bis $\phi$ 8 cm, grau				
							Kies, sandig, leicht siltig, untergeordnet				
							sauber, vereinzelte Steine bis $\phi$ 7 cm,				
							grau				
							Kies, stark sandig, leicht siltig,				
							vereinzelt Steine bis $\phi$ 9 cm, grau				
							Kies, sandig, sauber, grau				
16.8							Kies, sandig, siltig, grau				
							Kies, sandig, gegen die Basis stark				
							sandig, sauber bis untergeordnet leicht				
							siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 11 cm,				
							grau				
							Sand, sauber, mit zahlreichen Komponenten				
							der Kiesfraktion bis $\phi$ 4 cm, grau				
							Kies, sandig, siltig, stellenweise stark				
							siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 14 cm,				
							grau				
						Kies, leicht sandig, leicht siltig, ver-					
16.8							einzelte Steine bis $\phi$ 12 cm, braun				
							Kies, leicht sandig, leicht siltig, grau				
							Kies, sandig, siltig, vereinzelte Steine				
							bis $\phi$ 12 cm, grau				
							Kies, sandig, stellenweise stark sandig,				
							sauber, gegen das Hangende leicht siltig,				
							gegen die Basis untergeordnet leicht				
							siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 9 cm,				
							grau				
							Kies, sandig bis stark sandig, siltig,				
16.8							vereinzelt Steine bis $\phi$ 15 cm, braun				
							bis beigebraun				
							Kies, stark sandig, sauber, vereinzelte				
							Steine bis $\phi$ 8 cm, grau				
							Kies, sandig, siltig, stellenweise stark				
							siltig, vereinzelte Steine bis $\phi$ 11 cm,				
							gelbbraun				
							Kies, sandig, leicht siltig, mit verein-				
							zelten Steinen bis $\phi$ 7 cm, Feinkiesfrak-				
							tion herrscht vor, braungrau				
						Kies, sandig, siltig, mit vereinzelt					
16.8							Steinen bis $\phi$ 10 cm, grau				
							Kies, sandig, siltig, dunkelbraun				
							Kies, sandig, stark siltig, vereinzelte				
							Steine bis $\phi$ 10 cm, gelblich-grau				
							Kies, sandig, siltig, stellenweise stark				
							siltig, Steine bis $\phi$ 11 cm, dunkelgrau				
							Kies, sandig, leicht siltig, vereinzelte				
							Steine bis $\phi$ 13 cm, grau				
							Kies, leicht sandig, stark siltig,				
							Steine bis $\phi$ 11 cm, grau				
						Kies, sandig, stark siltig, vereinzelte					
16.8							Steine bis $\phi$ 10 cm, dunkelbraun				
							Kies, sandig, siltig, vereinzelte Steine				
							bis $\phi$ 9 cm, braungrau				
							Kies, sandig, siltig, dunkelbraun				
							Kies, sandig, siltig, vereinzelte Steine				
							bis $\phi$ 9 cm, braungrau				
							Kies, sandig, siltig, dunkelbraun				
							Kies, sandig, siltig, dunkelbraun				
							Kies, sandig, siltig, dunkelbraun				
							Kies, sandig, siltig, dunkelbraun				

Gwsp. am  
06.06.1985

HYDROGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNG  
DUERRENROTH - HUTTWIL  
ROTBACHTAL

BOHRKAMPAGNE 1986

ROTATIONSKERNBOHRUNG HUB52

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

628/216.17

Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern

Situation:

Bohrverfahren: Rotationskernbohrung

Logs:

Bohrmeister: Lochet

Bohrgerät: Schäfer UB160

ausgeführt vom 20.2. bis 18.4.1986

Koordinaten: 628885/216555 OK Terrain 653,40 m ü.M. OK Rohr 654,21 m ü.M.

Geol.Aufnahme: Dr. Blau, Oberholzer

1:100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernaussbeute %	Beob- achtungsröh- rohr #64 Filter	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters	Bemerkungen
		100		0.20	Humus, an der Basis sandig bis siltig, schwarz-braun	Waldboden		
				1.60	Feinsand, leicht siltig bis siltig, mit organischen Resten, gegen die Basis	Stillwasser-sedimente		Eingebaute Piezometerrohre: Typ Stüwa-Bospi Schlitzweite: 1.0 mm
				2.00	Fein- bis Mittelsandig, geschichtet, braun-beige	Schotter		
				2.50	Sand, leicht siltig, mit vereinzelt Komponenten der Kies- und Steinfraction bis Ø 17 cm, braun-beige	Stillwasser-sedimente		
				3.00	Kies, sandig, leicht siltig, mit Steinen bis Ø 10 cm, braun	Schotter		
				3.30	Sand, leicht siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraction, braun-beige	Stillwasser-sedimente		
				3.90	Silt, leicht tonig, mit organischen Resten, geschichtet, grünlich-beige	Schotter		
				4.20	Sand, sauber, mit einzelnen, wenig mächtigen Siltlagen, braun	Stillwasser-sedimente		
				5.20	Feinsand, siltig, geschichtet, grünlich-grau	Schotter		
				6.50	Sand, siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraction und vereinzelt Steinen bis Ø 11 cm, braun	Stillwasser-sedimente		
				7.90	Sand, sauber, gegen die Basis zunehmend leicht siltig, mit vereinzelt Komponenten der Kiesfraction bis Ø 6 cm, beige-braun	Schotter		
32.3				12.00	Feinsand, leicht siltig, stellenweise geschichtet, beige-grau	Stillwasser-sediment(?)		
					Sand, sauber, untergeordnet leicht siltig mit einzelnen, wenig mächtigen Siltlagen stellenweise Schichtung erkennbar, ganz vereinzelte Komponenten der Kiesfraction bis Ø 2 cm, braun-beige			
					Sand, sauber, untergeordnet leicht siltig, gegen die Basis mit vereinzelt verkitteten Partien (brechbar), grau-beige			
				21.20	Sand, leicht siltig bis siltig, untergeordnet sauber, Schichtung stellenweise gut erkennbar, beige-grau		Gwsp. am 09.05.1986	
				26.50	Sand, leicht siltig bis siltig, untergeordnet stark siltig (deutliche Schichtung erkennbar), untergeordnet sauber, mit vereinzelt, gegen die Basis zahlreichen Komponenten der Kiesfraction bis Ø 3 cm, grau-beige	Stillwasser-sedimente		
				30.70	Sand, sauber bis leicht siltig, mit vereinzelt Komponenten der Kiesfraction bis Ø 2 cm, grau-beige	Stillwasser-sediment(?)		
				31.60	Sand, leicht siltig, mit vereinzelt Komponenten der Kiesfraction bis Ø 3 cm und vereinzelt Steinen bis Ø 9 cm, grau-beige	Schotter(?)		
				34.20	Sand, siltig, mit vereinzelt, gegen die Basis zahlreichen Komponenten der Kiesfraction bis Ø 6 cm, grau-beige	Stillwasser-sediment(?)		
				35.70	Sand, leicht siltig, mit vereinzelt Komponenten der Kiesfraction bis Ø 3 cm und vereinzelt Steinen bis Ø 9 cm, grau-beige	Schotter(?)		
24.4				40.80	Kies, sandig, leicht siltig bis siltig, mit vereinzelt Steinen bis Ø 14 cm, beige-grau			
				44.00	Kies, sandig, sauber bis leicht siltig, mit vereinzelt, stellenweise zahlreichen Komponenten der Steinfraction bis Ø 15 cm, beige-grau			
				45.40	Kies, sandig, sauber, mit Steinen bis Ø 8 cm, grau-beige			
				47.60	Kies, sandig, sauber bis leicht siltig, mit Steinen bis Ø 15 cm, beige-grau			
				49.20	Kies, sandig bis stark sandig, leicht siltig bis siltig, mit Steinen bis Ø 14 cm, beige-grau	Schotter		
				50.00	Kies, sandig, leicht siltig, mit Steinen bis Ø 9 cm, beige-grau			
				51.50	Kies, stark sandig, leicht siltig bis siltig, mit vereinzelt Steinen, bis Ø 8 cm, beige			
				52.00	Kies, stark sandig, leicht siltig bis siltig, mit zahlreichen Steinen bis Ø 12 cm, beige			
				54.00	Kies, sandig bis stark sandig, siltig, mit stellenweise zahlreichen Steinen bis Ø 16 cm, beige-grau			
				55.60	Kies, sandig, sauber bis leicht siltig, mit vereinzelt Steinen bis Ø 13 cm, beige-grau, untergeordnet beige-braun			
				58.00	Kies, sandig bis stark sandig, leicht siltig, untergeordnet sauber, mit vereinzelt Steinen bis Ø 13 cm, beige-grau			
				58.70	Sand, sauber, beige			
20.3				59.20	Sand, sauber bis leicht siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraction, einzelne Steine geritzt, beige-grau	Moräne		
				59.60	Kies, sandig, siltig bis stark siltig, leicht verkittet, mit Steinen bis Ø 9 cm, beige	?Schotter ?verschwemmte Moräne		
				60.40	Kies, sandig bis stark sandig, leicht siltig, mit Steinen bis Ø 9 cm, beige-grau			
				63.10	Kies, sandig, untergeordnet stark sandig, siltig, untergeordnet stark siltig, mit Steinen bis Ø 14 cm, beige-grau	Moräne		
				64.20	Sand, sauber, stellenweise leicht siltig, mit Komponenten der Kiesfraction und vereinzelt Steinen bis Ø 9 cm, Komponenten der Kies- und Steinfraction schlecht gerundet, einzelne Molasse-Sandsteine, grünlich-grau	Stillwasser-sediment		
				64.50	Sand, sauber, mit einzelnen, wenig mächtigen Feinsandlagen, grau-beige	?Schotter ?verschwemmte Moräne		
				64.80	Kies, sandig, leicht siltig, grau-beige			
				65.20	Kies, sandig, stark siltig, mit vereinzelt Steinen bis Ø 8 cm, beige			
				66.00	Kies, sandig, leicht siltig, untergeordnet sauber, mit vereinzelt Steinen bis Ø 8 cm, grau-beige	Moräne		
				66.80	Feinkies, schwach sandig, leicht siltig untergeordnet sauber, grau-beige			
					Kies, sandig, stellenweise stark sandig, leicht siltig bis siltig, mit vereinzelt Steinen bis Ø 10 cm, beige-grau bis braun-gelb			
16.8								
13.3				71.00				





HYDROGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNG  
DUERRENROTH-HUTTIL  
ROTBACHTAL

BOHRKAMPAGNE 1987

ROTATIONSKERNBOHRUNG HUB55

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		629/216. II
Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern		Situation:
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung		Logs:
Bohrmeister: Fava	Bohrgerät: UB 130 Schäfer	
ausgeführt vom 21.9. bis 30.9.1987		OK Schutzrohr 651.64
Koordinaten: 629270/216980	OK Terrain 650.70	m ü. M. OK Rohr (PVC) 651.39 m ü. M.
Geol. Aufnahme: Dr. Blau, Oberholzer		1: 100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernaussbeute %	Beob- achtungs- rohr $\phi$ 6"	Filter	m ü. M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	USCS		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters	Bemerkungen
								Feld	Labor			
		100			650.60	± 0	Waldboden, dunkelbraun					
					649.10	1.60	Sand, im Hangenden vorwiegend Fein- und Mittelsand, leicht siltig bis untergeordnet siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion, an der Basis Steine bis $\phi$ 14 cm, braun			Schotter		Eingebaute Filter- und Vollrohre: PVC $\phi$ 6"
					648.70	2.00	Quarzit-Block					Fabrikat: Stüwa-Bospi
					648.00	2.70	Kies, stark sandig, leicht siltig, mit Steinen bis $\phi$ 8 cm, braun					Schlitzweite: 1.0 mm
					647.30	3.40	Kies, stark sandig, leicht siltig, mit Steinen bis $\phi$ 8 cm, dunkelbraun-grau					
					645.20	5.50	Kies, sandig bis stark sandig, sauber bis leicht siltig, mit Steinen bis $\phi$ 17 cm, beige-grau					
					644.70	6.00	Feinsand, leicht siltig, mit vereinzelt Komponenten der Kiesfraktion, teilweise Schichtung erkennbar, grau-beige			Stillwasser-sediment(?)		
					643.20	7.50	Kies, sandig bis stark sandig, leicht siltig, mit Steinen bis $\phi$ 18 cm, beige-grau					
					642.30	8.40	Kies, stark sandig, leicht siltig, grau-beige					
30.0					641.60	9.10	Sand (vorwiegend Fein- und Mittelsand), sauber, untergeordnet leicht siltig, mit vereinzelt Komponenten der Kiesfraktion bis $\phi$ 3 cm, grau-beige					
					640.70	10.00	Sand, leicht siltig, untergeordnet sauber, mit stellenweise zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion und Steinen bis $\phi$ 9 cm, beige-grau					
					639.70	11.00	Sand, sauber, mit Komponenten der Kiesfraktion, gegen die Basis vereinzelt Steine bis $\phi$ 19 cm, braun-grau					
					638.70	12.00	Kies, sandig bis stark sandig, leicht siltig, mit Steinen bis $\phi$ 13 cm, untergeordnet verkittete Partien, beige-grau			Schotter		
					637.50	13.20	Kies, sandig bis stark sandig, sauber, mit Steinen bis $\phi$ 20 cm, grau-braun					
					634.70	16.00	Kies, sandig bis stark sandig (vorwiegend Fein- und Mittelsand), leicht siltig, mit Steinen und Blöcken bis $\phi$ 25 cm, beige-grau					
							Kies, sandig bis stark sandig (vorwiegend Fein- und Mittelsand), siltig, mit Steinen bis $\phi$ 20 cm, Nagelfluhblock $\phi$ 70 cm bei 17.40 m, beige-grau				Gwsp. am 4.11.1987	631.10
					630.70	20.00	Fein- und Mittelsand, leicht siltig bis untergeordnet siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion und Steinen bis $\phi$ 11 cm, stellenweise trocken, beige-grau					
					628.70	22.00	Kies, stark sandig (vorwiegend Fein- und Mittelsand), stark siltig, mit Steinen bis $\phi$ 14 cm, beige-grau					
27.0					626.00	24.70	Fein- und Mittelsand, leicht siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion und Steinen bis $\phi$ 7 cm, beige-grau					
					625.30	25.40	Kies, stark sandig, siltig bis stark siltig, mit Steinen bis $\phi$ 14 cm, beige-grau					
					623.60	27.10	Sand, leicht siltig, mit Komponenten der Kiesfraktion und Steinen bis $\phi$ 10 cm, grau-beige, stellenweise dunkelgrau			Uebergangsschicht zur Molasse		
					621.90	28.80	Sandstein (brechbar), grau			Molasse		
16.9					616.70	34.00						

HYDROGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNG  
DUERRENROTH - HUTTWIL  
ROTBACHTAL

BOHRKAMPAGNE 1988

ROTATIONSKERNBOHRUNG HUB56

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		629 / 217. 31
Bohrfirma:	Grund- und Tiefbau AG, Bern	Situation:
Bohrverfahren:	Rotationskernbohrung	Logs:
Bohrmeister:	Fava	Bohrgerät: UB 130 Schäfer
ausgeführt vom 6.4. bis 14.4.1988		Schutzrohr 644.91
Koordinaten:	629625/217460 OK Terrain	644.00 m ü. M. OK Rohr (PVC) 644.00 m ü. M.
Geol. Aufnahme:	Dr. Blau, Oberholzer	1:100

Bohrdurchmesser cm	Spülgut	Kernaussbeute %	Beobachtungsrohr $\phi$ 6" Vollfilter	m ü. M.	Tiefe m ab OK Terrain	Lithologie	USCS		Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters	Bemerkungen
							Feld	Labor			
30.0		100		644.00	+ 0						
				643.30	0.70	Sand (vorwiegend Fein- und Mittelsand), leicht siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion und Steinen bis $\phi$ 12 cm, mit organischen Resten, braun-grau mit rostbraunen Flecken			Auffüllung		Eingebaute Filter- und Vollrohre: PVC $\phi$ 6" Fabrikat: Stüwa-Bospi Schlitzweite: 1.0 mm
				642.80	1.20	Sand, leicht siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion und Steinen bis $\phi$ 14 cm, z.T. Ziegelbruch, mit organischen Resten, schwarz-braun			Auffüllung?		
				641.70	2.30	Sand (vorwiegend Fein- und Mittelsand), leicht siltig, mit Komponenten der Kiesfraktion und vereinzelt Steinen bis $\phi$ 8 cm, mit organischen Resten, braun-grau					
				640.70	3.30	Sand, leicht siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion und vereinzelt Steinen bis $\phi$ 14 cm, braun					
				639.80	4.20	Kies, stark sandig, leicht siltig bis siltig, mit Steinen bis $\phi$ 10 cm, braun, stellenweise gelbbraune Flecken					
				639.20	4.80	Kies, sandig, leicht siltig, untergeordnet sauber, mit Steinen bis $\phi$ 12 cm, beige-braun					
				638.40	5.60	Kies, sandig, sauber bis leicht siltig, mit Steinen bis $\phi$ 10 cm, beige					
				636.50	7.50	Kies, sandig, sauber bis leicht siltig, mit Steinen bis $\phi$ 14 cm, beige-grau					
				633.40	10.60	Kies, sandig, sauber, untergeordnet leicht siltig, mit zahlreichen Steinen bis $\phi$ 17 cm, beige-grau					
				632.70	11.30	Kies, sandig bis stark sandig, sauber bis untergeordnet leicht siltig, mit Steinen bis $\phi$ 17 cm, beige-braun					
				630.00	14.00	Kies, sandig bis stark sandig, siltig, untergeordnet leicht siltig, mit vereinzelt Steinen bis $\phi$ 14 cm, beige-grau					
				628.30	15.70	Kies, sandig bis stark sandig, siltig, untergeordnet leicht siltig, mit vereinzelt Steinen bis $\phi$ 9 cm, beige-grau					
				625.60	18.40	Kies, sandig bis stark sandig, siltig, untergeordnet leicht siltig, mit vereinzelt Steinen bis $\phi$ 14 cm, beige-grau					
				624.30	19.70	Kies, stark sandig, leicht siltig, beige-grau					
27.0				623.10	20.90	Kies, stark sandig, siltig, beige-grau					
				619.50	24.50	Kies, stark sandig, leicht siltig, beige-grau					
				616.60	27.40	Kies, stark sandig, leicht siltig, beige-grau					
				616.00	28.00	Kies, stark sandig, leicht siltig, beige-grau					
				613.90	30.10	Kies, sandig bis stark sandig, leicht siltig, mit vereinzelt Steinen bis $\phi$ 15 cm, beige					
14.5				612.60	31.40	Kies, stark sandig, leicht siltig, beige-grau					
				611.40	32.60	Sand, leicht siltig, mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion bis $\phi$ 4 cm, beige-grau					
				610.40	33.60	Sand, leicht siltig, mit Komponenten der Kiesfraktion und vereinzelt Steinen bis $\phi$ 16 cm, beige-grau					
				609.70	34.30	Sandstein, beige-grau, zerreibbar, stellenweise schlagbar					
				605.00	39.00						

Gwsp. am 16.5.1988

623.88



# Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

## Hydrogeologische Karte Rotbachtal und Oberes Langetal 1:25 000

Hydrographie

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)  
Bearbeitung: Ingenieur- und Studienbüro A. Werner AG, Burgdorf



Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern (VEWD)

**Allgemeine Angaben**

- Bach, Fluss
- ..... Seitliche Begrenzung des wassergesättigten Teils des Grundwasserleiters vom 30.9.1988, mit elektromagnetischen Messungen (VLF-Methode) ermittelt
- 7 Fortlaufende Ordnungsnummer einer Messstelle innerhalb eines km<sup>2</sup> des Landeskoordinatensystems, vgl. Grundlegendat WEA/Geologie

630/218 km<sup>2</sup> des Landeskoordinatensystems

- Hydrogeologisches Einzugsgebiet
- Teil Einzugsgebiet, bezogen auf die Abflussmessstation 629/218.24 (ROT1)

**Niederschlags-Messstationen**

- Klimastation, Schweiz, Meteorologische Anstalt Zürich (SMA)
- Niederschlags-Messstelle (Pluviograph) SMA

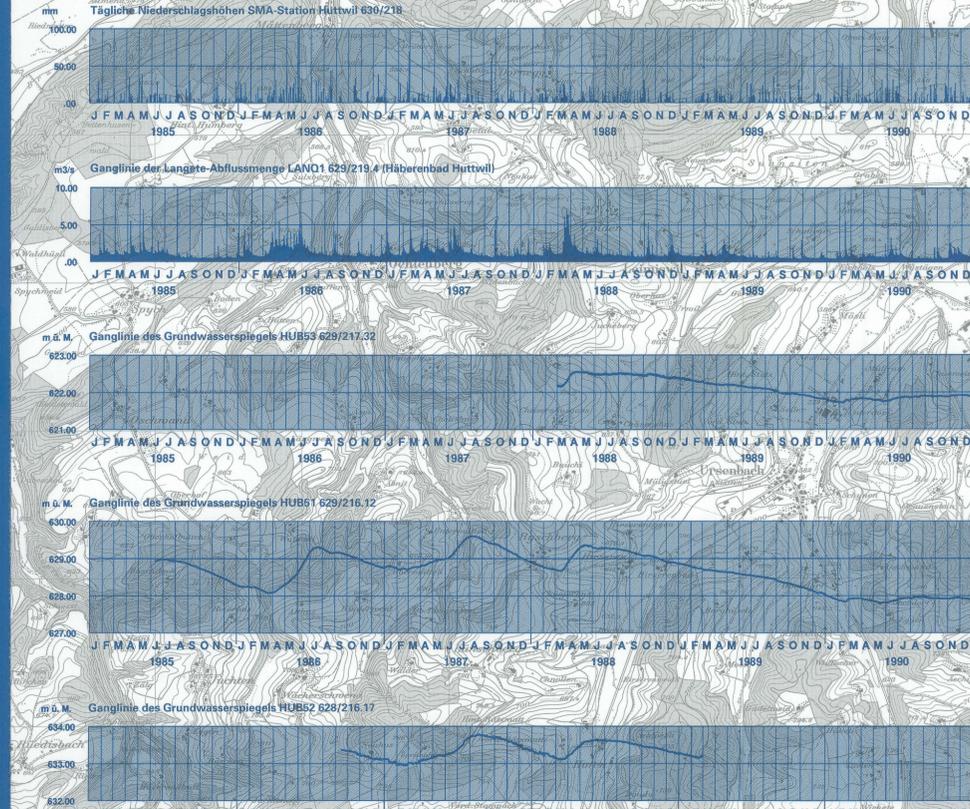
**Oberflächenwasser-Messstationen**

- ⚡ Abfluss-Messstation, eidg. Landeshydrologie und -geologie (LHG)
- ♀ Abfluss-Messstation (Limnigraph) (WEA)

**Grundwasser-Messstationen**

- Grundwasser-Messstation (Limnigraph)

Weitere Karten dieses Gebietes vgl. Text  
Kartographische Gestaltung und Technik:  
WES P. Eichweid  
EDV-gestützte Kartographie: Topo AG, Bern  
Satz und Belichtung: Diester AG, Bern  
Reprographie: P. Gattari, Bern  
Druck: Aerni-Lauch AG, Liebfeld/Bern  
Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes  
für Landestopographie vom 31.5.1991  
Ausgabe 1992



# Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

## Hydrogeologische Karte Rotbachtal und Oberes Langetetal 1:10 000

Isohypsen des Grundwasserspiegels vom 30.9.1988 und des Grundwasserstauers

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)  
Bearbeitung: Ingenieur- und Studienbüro A. Werner AG, Burgdorf

Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern (VEWD)

### Allgemeine Angaben

- Bach, Fluss
- Seitliche Begrenzung des wassergesättigten Teils des Grundwasserleiters vom 30.9.1988, mit elektromagnetischen Messungen (VLF-Methode) ermittelt
- Fortlaufende Ordnungsnummer einer Messstelle innerhalb eines km<sup>2</sup> des Landeskoordinatensystems, vgl. Grundlagendaten WEA/Geologie
- Lage eines geologischen Profils
- Messstelle für physikalisch-chemische Untersuchungen

**Isohypsen des Grundwasserspiegels vom 30.9.1988**  
630 1 m und 5 m Grundwasserspiegel-Isohypsen mit Kote in m ü. M.  
Grundwasser-Fliessrichtung

### Grundwasser-Messstellen

- Vertikalfilterbrunnen
- Horizontalfilterbrunnen
- Peilrohr
- Grundwasser-Messstation (Limnigraph)
- 621.42 Grundwasserspiegellöhe vom 30.9.1988 in m ü. M.

### Oberflächenwasser-Messstationen

- Abfluss-Messstation, eidg. Landeshydrologie und -geologie (LHG)
- Abfluss-Messstation (Limnigraph) (WEA)
- Wasserstands-Abstichpunkt mit periodischen Messungen
- Einzelne Abflussmessungen

**Isohypsen der Oberfläche des Grundwasserstauers**  
690 10 m Grundwasserstauer-Isohypse mit Kote in m ü. M.<sup>a</sup>

### Sondierungen

- Bohrung
- 619.50 Grundwasserstauer-Oberfläche in m ü. M.<sup>a</sup>

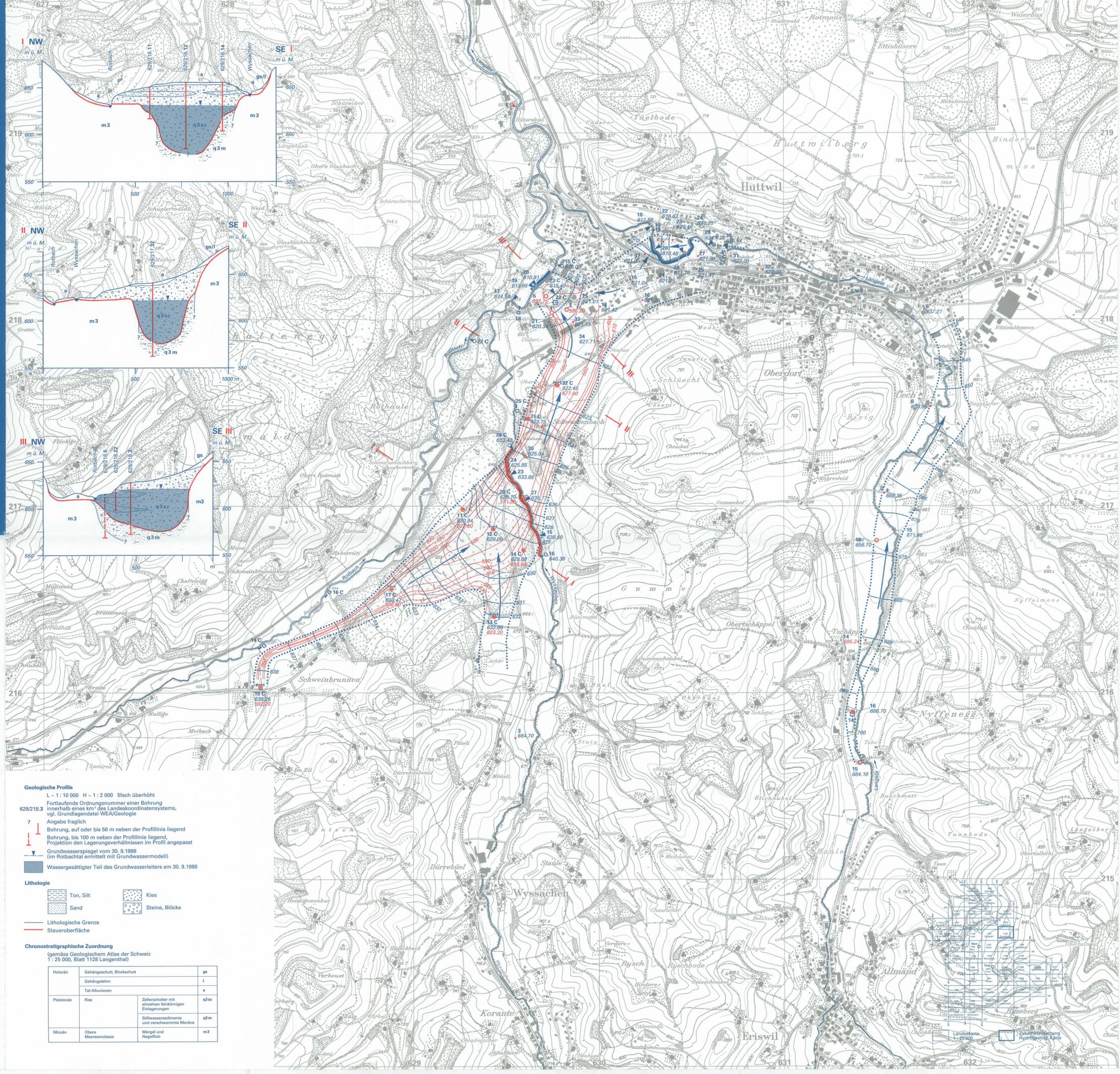
### Infiltrationsverhältnisse am 30.9.1988

- Nachgewiesene Infiltrationsstrecke, Speisung des Grundwassers durch Oberflächenwasser

### Exfiltrationsverhältnisse am 30.9.1988

- Nachgewiesene Exfiltrationsstrecke, Austritt des Grundwassers ins Oberflächenwasser

<sup>a</sup> Bei den Isohypsenanstellungen ist darauf verzichtet worden, einen nachgewiesenen und vermutlichen Verlauf zu unterscheiden. Die Anordnung der Beobachtungsstellen erlaubt dem Benutzer, die Zuverlässigkeit der Karte selbst einzuschätzen.



**Geologische Profile**  
L - 1:10 000 H - 1:2 000 5fach überhöht  
Fortlaufende Ordnungsnummer einer Bohrung innerhalb eines km<sup>2</sup> des Landeskoordinatensystems, vgl. Grundlagendaten WEA/Geologie  
Angabe fraglich  
Bohrung, auf oder bis 50 m neben der Profilinie liegend  
Bohrung, bis 100 m neben der Profilinie liegend, Projektion den Lagerungsverhältnissen im Profil angepasst  
Grundwasserspiegel vom 30.9.1988 (im Rotbachtal ermittelt mit Grundwassermodell)  
Wassergesättigter Teil des Grundwasserleiters am 30.9.1988

- Lithologie**
- Ton, Silt
  - Sand
  - Kies
  - Steine, Blöcke
  - Lithologische Grenze
  - Stauer Oberfläche

**Chronostratigraphische Zuordnung**  
(gemäss Geologischem Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 1126 Langenthal)

Holocän	Gehängeschutt, Blockschutt	gs
	Gehängetelem	l
	Tal-Alluvionen	a
Pliozän	Riss	q3sz
	Zellerschotter mit einzelnen feinkörnigen Einlagerungen	q3m
	Siltessensandmoräne und verwesene Moräne	q3m
Miozän	Oberer Meeresmolasse	m3
	Mergel und Nagelfluh	m3

Weitere Karten dieses Gebietes vgl. Text  
Kartographische Gestaltung und Technik: WEA/P. Eichwald; Mitarbeit: D. Hofstetter, Rossens  
Satz und Belichtung: Diastet AG, Bern  
Reprographie: P. Gattari, Bern  
Druck: Aerni-Leuch AG, Liebfeld/Bern  
Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 1.5.1999  
Ausgabe 1992

# Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

## Grundwasser-Nutzungs- und Schutz-Karte Rotbachtal und Oberes Langetetal 1: 25 000



Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)  
 Bearbeitung: Ingenieur- und Studienbüro A. Werner AG, Burgdorf



Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern (VEWD)

### Allgemeine Angaben

- Bach, Fluss
- ..... Begrenzung des untersuchten Lockergesteins-Grundwasserleiters (vgl. Beilage 2)
- 5 m Grundwasserspiegel-Isopleth vom 30. 9. 1988 mit Kote in m ü. M.
- Grundwasser-Fließrichtung
- Gemeindegrenze

### Wichtige Fassungen der Trink- und Brauchwasserversorgung

- Quelle gefasst
- Stollenleitung über 50 m
- Stollen unter 50 m
- 203 Zahl = Schüttung in l/min
- Brunnen (Vertikal- und Horizontalfilterbrunnen)
- Oberflächenwasser

### 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; Wärmegewinnung; Bewässerung; Schwimmbäder, Fischzuchtanstalten, Zierteiche und dergleichen)

### Mögliche, künftige Grundwasser-Nutzung

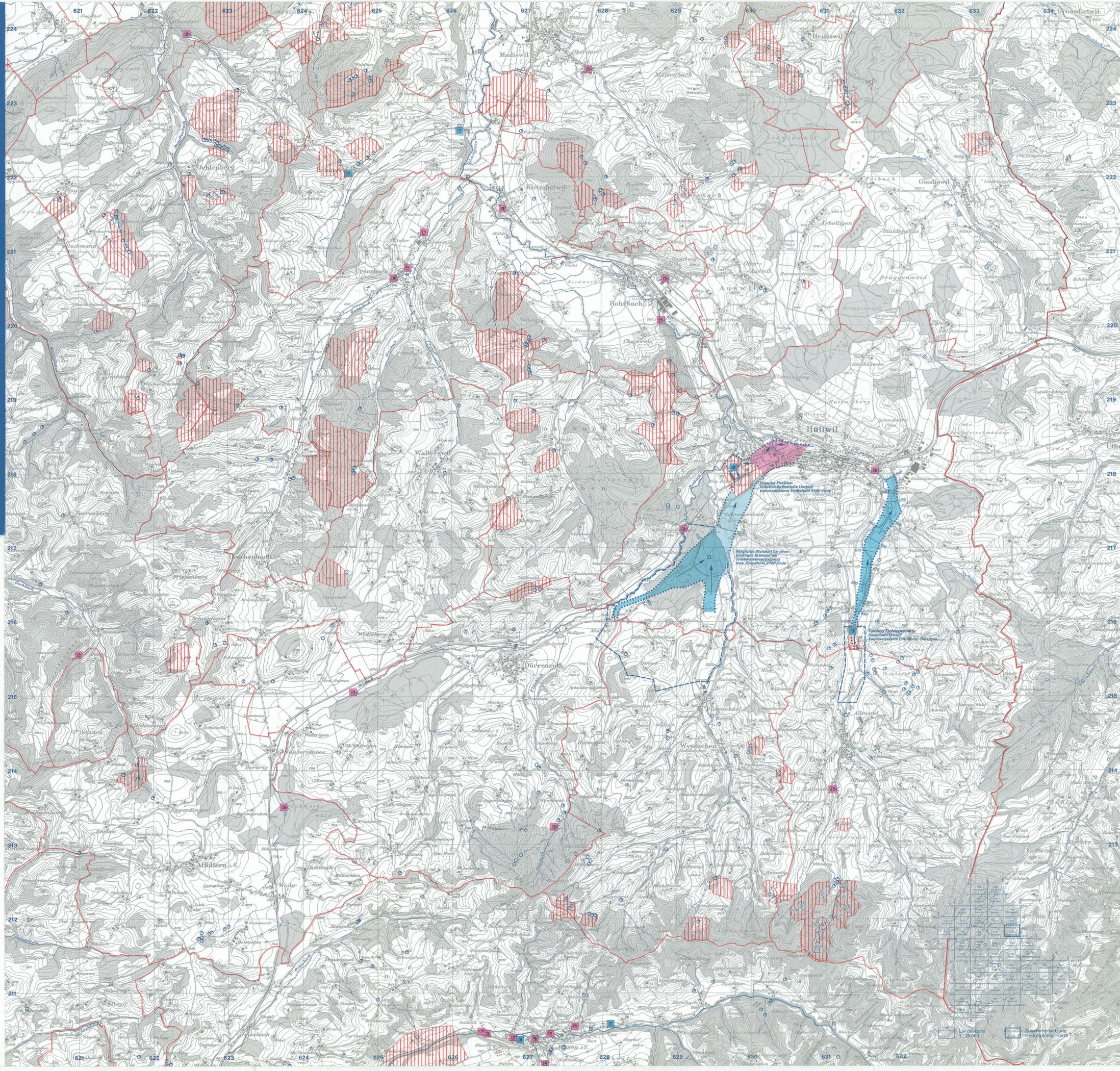
- Bereich für Trinkwassergewinnung vorbehalten
- Bereich für Trinkwassergewinnung mit Vorbehalt geeignet\*
- Bereich für Brauchwassergewinnung geeignet (Grundwasserqualität beeinträchtigt oder gefährdet)

\* Vorbehalt: Mögliche Verunreinigung durch chemische Schadstoffe

### Grundwasser-Schutz

- Grundwasser-Schutzzone, -Schutzareal; rechtsgültig (Zone S)
- Zustrombereich (Bereich AS) zu einer bestehenden oder künftigen Fassung innerhalb des untersuchten Lockergesteins-Grundwasserleiters (ungefähre Begrenzung), der eines besonderen Schutzes bedarf; er ist rechtlich abzusichern

Weitere Karten dieses Gebietes vgl. Text  
 Kartographische Gestaltung und Technik:  
 WEA / F. Ederwald  
 EDV-gestützte Kartographie: Topo AG, Bern  
 Satz und Belichtung: Diest AG, Bern  
 Reprographie: P. Guffin, Bern  
 Druck: Aerni-Lauch AG, Liebfeld/Bern  
 Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 31.8.1991  
 Ausgabe 1992



Landkarte 1:25 000  
 Zusammenfassung Hydrolog. Karte