

Grundwasser-
nutzung und -schutz
siehe Textfigur

Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

Hydrogeologie Bipperramt



WEA

Leitung:

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

Bearbeitung:

Werner + Partner AG, Burgdorf

Kellerhals + Haefeli AG, Bern

Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

Hydrogeologie Bipperramt



WEA

Leitung:

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern

Bearbeitung:

Werner + Partner AG, Burgdorf

Kellerhals + Haefeli AG, Bern



Bericht:
Hydrogeologie Bipperamt

Ausgabe: 1984/97

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

Bearbeitung:
Werner + Partner AG, Burgdorf
Kellerhals + Haefeli AG, Bern

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

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

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

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
ZUSAMMENFASSUNG	11
RESUME	13
1. EINLEITUNG	15
1.1 Aufgabe und Zielsetzung	15
1.2 Untersuchungsablauf, Bearbeiter	15
1.3 Untersuchungsgebiet	16
1.4 Unterlagen	17
2. GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE	18
2.1 Allgemeiner Ueberblick zur Talgeschichte	18
2.2 Der Felsuntergrund	21
2.2.1 Juragebirge	21
2.2.2 Tertiär	21
2.2.3 Sackung von Wiedlisbach	21
2.3 Die Felsoberfläche	21
2.4 Gliederung der quartären Ablagerungen	22
2.5 Geologische Profile	24
3. HYDROMETRIE UND HYDROGRAPHIE	26
3.1 Allgemeines	26
3.2 Das Untersuchungsgebiet	26
3.3 Aufbau des Messstellennetzes	28
3.4 Erhebung und Auswertung der Messdaten	29
3.4.1 Niederschlag	29
3.4.2 Klimadaten	34
3.4.3 Oberflächengewässer	37
3.4.4 Grundwasser	38
4. GRUNDWASSERBILANZIERUNG	50
4.1 Problemstellung, Zielsetzung	50
4.2 Infiltration aus Oberflächengewässern, Q_I	51
4.3 Grundwasserzufluss durch das Profil Klus, Q_1	52
4.4 Grundwasserwegfluss durch das Profil Oberbuchsiten, Q_2	53
4.5 Grundwasser-Entnahmen, Q_E	53
4.6 Speicher- bzw. Zehrmenge im Grundwasserbecken, Q_S	54
4.7 Exfiltration von Grundwasser, Q_X	54

	Seite
4.8 Grundwasserwegfluss im Teilgebiet West, Q_W (West)	55
4.8.1 Mittlere Verhältnisse des Grundwasserwegflusses	55
4.8.2 Zeitliche Variation des Grundwasserwegflusses, Einzellinearspeicher	56
4.8.3 Speicherkoeffizient	62
4.9 Direkte Grundwasserneubildung aus Niederschlägen, Q_N	63
4.9.1 Klimatische Bodenwasserbilanz	63
4.9.2 Ganglinienanalyse	66
4.9.3 Vergleich der Ergebnisse	69
4.9.4 Flurabstand und zeitliche Abfolge der direkten Grundwasserneubildung	70
4.10 Randzuflüsse aus indirekter Grundwasserneubildung, Q_R	74
4.10.1 Klimatische Bodenwasserbilanz	74
4.10.2 Instationäre Grundwasserbilanz 1976 - 1980	75
4.10.3 Instationärer Verlauf der indirekten Grundwasserneubildung	77
4.11 Statistische Untersuchungen zur Grundwasserneubildung aus Niederschlag	77
4.12 Zusammenhang zwischen Niederschlag und Grundwasserneubildung für Jahressummen	78
5. GRUNDWASSERHYDRAULIK	81
5.1 Kleinpumpversuche	81
5.2 Grosspumpversuche	83
5.3 Diskussion der Resultate	85
6. GRUNDWASSERMODELL	87
6.1 Allgemeines	87
6.2 Modellaufbau	87
6.3 Modellgrössen	89
6.4 Stationäre Eichung vom 4.1.1979	90
6.4.1 Berechnete Durchlässigkeiten	90
6.4.2 Berechnete Potentiale	92
6.4.3 Modellkennziffern vom 4.1.1979	95
6.5 Instationäre Eichung 1979 - 1980	96
6.5.1 Speicherkoeffizient	96
6.5.2 Berechnete Grundwasserpotentiale	96
6.5.3 Modellkennziffern 1979 - 1980	101
6.5.4 Güte der instationären Modelleichung	106
6.6 Diskussion zur Modellrechnung	106

	Seite
7. GRUNDWASSERDARGEBOT UND PROGNOSEN	108
7.1 Allgemeines	108
7.2 Jährliche Aenderungen	108
7.3 Kurzfristige Speicheränderungen	108
7.4 Nutzbares Grundwasserangebot	109
7.5 Grundwasserentnahme von 5'000 l/min im Längswald	111
8. GRUNDWASSERQUALITÄT	118
8.1 Allgemeines	118
8.2 Physikalische Eigenschaften	118
8.2.1 Temperatur	118
8.2.2 Leitfähigkeit	118
8.3 Chemische Eigenschaften	119
8.3.1 Karbonathärte	119
8.3.2 Sulfate	120
8.3.3 Nitrate	120
8.3.4 Chloride	123
8.3.5 Oxidierbarkeit	125
8.3.6 Sauerstoffsättigung, Eisen, Mangan, Nitrit, Ammonium	125
9. NUTZUNG UND SCHUTZ DES GRUNDWASSERS	126
9.1 Bestehende Nutzung	126
9.2 Nutzungsbereiche	126
9.3 Grundwasserschutz	130
VERZEICHNIS DER ZITIERTEN LITERATUR	131

VERZEICHNIS DER FIGUREN

	Seite
2.1 Geologische Uebersicht	19
3.1 Gebietseinteilung	27
3.2 Bestimmung des Gebietsniederschlages anhand der hypsometrischen Kurve	32
3.3 Isolinien der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen 1979 - 1980	33
3.4 Isohypsen des Grundwasserspiegels im Exfiltrationsgebiet von Walliswil b. Niederbipp	38
3.5 Lage der Wasserscheide bei Hochständen	41
3.6 Ganglinien des Pumpwerkes Niederbipp (619/235.1), 1951 - 1980	46
3.7 Dauerkurve des Grundwasserstandes im Pumpwerk Niederbipp (619/235.1), 1951 - 1980	47
4.1 Zu- und Wegflüsse in einem Schotter-Grundwasserleiter	50
4.2 Beziehung zwischen dem Grundwasserstand h im Pumpwerk Niederbipp und der Exfiltrationsmenge Q_X (Mühlebach)	55
4.3 Einzellinearspeicher	57
4.4 Ganglinie der Exfiltrationsmenge Q_X (Mühlebach) 1976 - 1980	58
4.5 Abhängigkeit der Rückgangsgeschwindigkeit des Grundwasserstandes in Trockenzeiten v_{Rmax} vom aktuellen Grundwasserstand h für das Pumpwerk Niederbipp	60
4.6 Entwässerungskurve des Grundwasserbeckens; Grundlage: Schreibpegelaufzeichnung Pumpwerk Niederbipp 1951 - 1980	61
4.7 Schema zur Bestimmung der direkten Grundwasserneubildung aus der klimatischen Bodenwasserbilanz	64
4.8 Klimatische Bodenwasserbilanz 1979 - 1980, Grundwasserbecken Bipperamt	65
4.9 Direkte Grundwasserneubildung G_N 1979 - 1980 aus der Ganglinienanalyse der Messstelle 619/235.1	68
4.10 Direkte Grundwasserneubildung aus Niederschlag: Vergleich der Neubildungsraten aus der klimatischen Bodenwasserbilanz und aus den Ganglinienanalysen	71
4.11 Die zeitliche Abfolge der direkten Grundwasserneubildung: Abhängigkeit der Parameter Δt_1 und Δt_2 vom Flurabstand	72
4.12 Isolinien des Flurabstandes vom 4.1.1979	73
4.13 Verteilung der Bereiche gleichen Flurabstandes	74
4.14 Bestimmung der indirekten Grundwasserneubildung Q_R aus der instationären Grundwasserbilanz 1976 bis 1980	76

	Seite	
4.15	Ganglinie der indirekten Grundwasserneubildung 1976 - 1980	77
4.16	Zusammenhang zwischen Grundwasserneubildung und Niederschlag im Winterhalbjahr (Periode 1951 - 1980)	79
6.1	Diskretisierung des Grundwasserbeckens	88
6.2	Verteilung der Elementdurchlässigkeiten nach der Modelleichung	91
6.3	Elementdurchlässigkeiten im Modellgebiet	92
6.4	Simulierte Grundwasserspiegel-Isohypsen vom 4.1.1979	94
6.5	Modellkennziffern vom 4.1.1979	97
6.6	Berechnete und gemessene Ganglinien bei sechs Grundwassermessstellen mit Schreibpegeln im Kanton Bern	99
6.7	Eingegebene und diskretisierte Ganglinien bei zwei, berechnete und gemessene Ganglinien bei vier Grundwassermessstellen mit Schreibpegeln im Kanton Solothurn	100
6.8	Modellkennziffern der instationären Eichung	103
7.1	Speicheränderungen 1979 bis 1980 (tägliche Werte)	109
7.2	Absenkung des Grundwasserspiegels beim Profil Oberbuchsiten in Abhängigkeit der genutzten Grundwassermenge	110
7.3	Auswirkungen einer dauernden Grundwasserentnahme von 5'000 l/min in Wiedlisbach/Dälenbaan	113
7.4	Auswirkungen einer dauernden Grundwasserentnahme von 5'000 l/min in Niederbipp/Tubeboden	114
7.5	Isohypsen des abgesenkten Grundwasserspiegels bei einer Entnahme von 5'000 l/min beim Standort Wiedlisbach/Dälenbaan	115
7.6	Isohypsen des abgesenkten Grundwasserspiegels bei einer Entnahme von 5'000 l/min beim Standort Niederbipp/Tubeboden	116
8.1	Hydrochemie Karbonathärte, Sulfate, Sauerstoffsättigung	121
8.2	Hydrochemie Nitrate	122
8.3	Hydrochemie Chloride	124
9.1	Grundwassernutzung und -schutz (Kanton Bern)	127

VERZEICHNIS DER TABELLEN

	Seite	
3.1	Niederschlags-Messstationen	29
3.2	Jährliche Niederschlagssummen	30
3.3	Jahressummen des Gebietsniederschlags in den Randgebieten	31
3.4	Monatskoeffizienten für die Verdunstungsbestimmung	35
3.5	Jährliche potentielle Verdunstungshöhen	35
3.6	Bilanzierung des Oberflächenabflusses	36
3.7	Abfluss-Messstationen	37
3.8	Grundwasserspiegel-Messkampagnen	39
3.9	Grundwasser-Schreibpegel Bipperamt	42
3.10	Jahresmittel der Grundwasserstände aus den Schreibpegel- aufzeichnungen 1976 - 1980	44
3.11	Extremwerte der Grundwasserstände während der Messperioden	45
3.12	Langfristige Mittel- und Extremwerte des Grundwasserstandes im Pumpwerk Niederbipp	46
3.13	Jährlicher Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels	48
3.14	Summen der jährlichen Grundwasserspiegelanstiege	49
4.1	Mittlere Grundwasser-Entnahmen	53
4.2	Grundwasserwegfluss aus dem Teilgebiet West	56
4.3	Mittlere jährliche Exfiltrationsmengen Q_X (Mühlebach) 1976 - 1980	58
4.4	Speicherkoefizienten in Abhängigkeit von h	62
4.5	Jahressummen des Sickerwassers S_N aus der klimatischen Bodenwasserbilanz in mm	66
4.6	Jahressummen der direkten Grundwasserneubildung G_N aus der Ganglinienanalyse der Messstelle 619/235.1 in mm	69
4.7	Direkte Grundwasserneubildung aus Niederschlag	69
4.8	Instationäre Grundwasserbilanz für das Grundwasserbecken Bipperamt 1976 bis 1980	75
5.1	Kleinpumpversuche in Bohrungen des WEA	82
5.2	Kleinpumpversuche in Vertikalfilterbrunnen	83
5.3	GPV Niederbipp, Kieswerk Iff	83
5.4	GPV KKW Graben	84
5.5	GPV Walliswil b. Niederbipp	85

	Seite	
6.1	Differenzen zwischen den berechneten Potentialen und den gemessenen Wasserständen vom 4.1.1979	93
6.2	Modellkennziffern in l/s vom 4.1.1979	95
6.3	Durchschnittliche Abweichungen zwischen berechneten und gemessenen Tageswerten für die Jahre 1979 und 1980	98
6.4	Durchschnittliche Abweichungen zwischen berechneten und gemessenen Tageswerten	98
6.5	Modellkennziffern 1979 - 1980 (instationäre Eichung)	102
6.6	Durchschnittliche Niederschläge und berechnete direkte Grundwasserneubildung G_N in mm	104
6.7	Konservative Grundwasserbilanz für das Grundwasserbecken Bipperamt	107
7.1	Reduktion der Wegflüsse infolge einer Grundwasserentnahme für $F = 1.0$	110
7.2	Veränderungen der Zu- und Wegflüsse bei einer Entnahme von 5'000 l/min in den Standorten Wiedlisbach/Dälenbaan und Niederbipp/Tubeboden	117
8.1	Extremwerte Karbonathärte	119
8.2	Extremwerte Sulfate	120
8.3	Extremwerte Nitrate	123
8.4	Extremwerte Chloride	123
9.1	Konzessionierte Grundwasserfassungen im Grundwasserbecken (ohne Bewässerungsanlagen, Stand Juni 1997)	128

VERZEICHNIS DES ANHANGES

(mit WEA-Ordnungsnummern)

- 1 Bohrprofile **GAB 1**, 620/231.13 und **GAB 14**, 621/235.6; 1 : 200
- 2 Bohrprofile **GAB 2**, 619/236.2 und **GAB 11**, 619/235.2; 1 : 200
- 3 Bohrprofile **GAB 5**, 617/234.16 und **GAB 9**, 617/233.30; 1 : 200
- 4 Bohrprofile **GAB 6**, 618/233.34 und **GAB 10**, 618/234.5; 1 : 200
- 5 Bohrprofile **GAB 8**, 619/233.2 und **GAB 12**, 619/232.4; 1 : 200
- 6 Bohrprofile **GAB 13**, 618/232.9 und **GAB 22**, 621/237.3; 1 : 100
- 7 Bohrprofile **GAB 18**, 618/234.6 und **GAB 21**, 620/237.2; 1 : 100
- 8 Bohrprofile **GAB 20**, 621/236.25 und **GAB 23**, 622/236.1; 1 : 200
- 9 Bohrprofile **GAB 24**, 623/237.1 und **GAB 26**, 618/237.67; 1 : 200

VERZEICHNIS DER BEILAGEN

- 1 Isohypsen des Grundwasserspiegels vom 4.1.1979 (Mittelwasserstand),
Oberfläche des Grundwasserstauers, Mächtigkeit des Grundwasserleiters
1 : 25 000
- 2 Geologische Profile L ~ 1 : 25 000 H ~ 2 500 10fach überhöht

ZUSAMMENFASSUNG

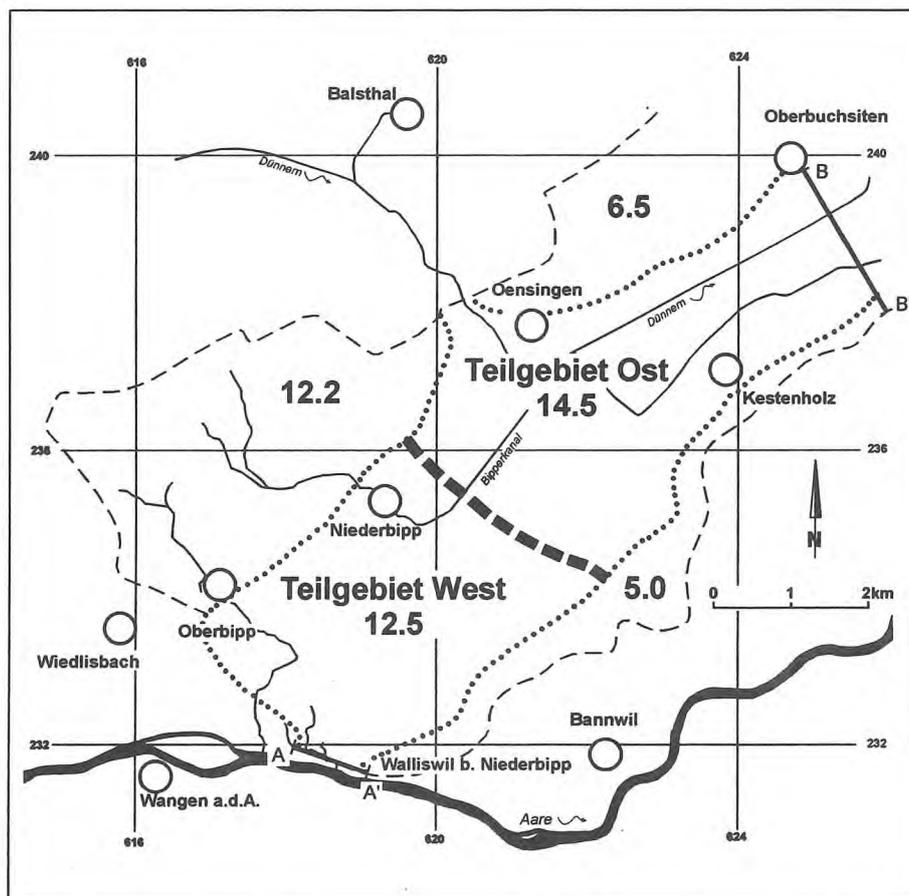
1. Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen ist das am Jurasüdfuss zwischen Wiedlisbach und Oberbuchsiten gelegene Grundwasserbecken, welches eine Ausdehnung von ca. 27 km² besitzt. Nach unten wird der Grundwasserleiter vorwiegend durch die bis ca. 80 m unter der Oberfläche liegenden und als Stauer wirkenden Molasseablagerungen und alten Seesedimente begrenzt.
2. Der Grundwasserleiter wird überwiegend durch Schotterablagerungen aus der "Riss"- und "Würm"-Zeit" gebildet. Der Grundwasserspiegel liegt zu über 80 % 20 - 60 m unter Terrain (Flurabstand). Die Mächtigkeit des wassergesättigten Aquifers beträgt entlang der Südwest - Nordost gerichteten Rinnenachse ca. 40 - 50 m.
3. Die Durchlässigkeit des Grundwasserleiters ist im allgemeinen hoch bis sehr hoch und beträgt im Mittel (50 % - Wert) etwa $4 \cdot 10^{-3}$ m/s, wobei in einigen Gebieten, namentlich zwischen Oensingen und Oberbuchsiten, der Durchlässigkeitsbeiwert $1 \cdot 10^{-2}$ m/s übersteigt. Der mittlere Speicherbeiwert liegt in der Grössenordnung von 14 %.
4. Als Folge der Stauerlage und der unterschiedlichen Grundwasserspeisung resultiert zwischen Niederbipp und Oensingen eine Talwasserscheide des Grundwassers, die sich wegen des geringen Spiegelgefälles von < 0.5 ‰ und infolge der bis zu 8 m betragenden jährlichen Grundwasserspiegelschwankungen um bis zu 1.5 km verschiebt. Je tiefer der Grundwasserspiegel sinkt, umso mehr verschiebt sich die Wasserscheide nach Südwesten, d.h. ins bernische Kantonsgebiet. Die Abströmung erfolgt einerseits nach Nordosten gegen Kestenholz und Olten und andererseits nach Südsüdwesten gegen Walliswil b. Niederbipp.
5. Für die Periode 1976 - 1980, die auch langfristig (1951 - 1980) ziemlich repräsentativ ist, wurden folgende durchschnittliche Grundwasserbilanzgrössen in l/s errechnet (A = eher optimistisch, B = konservativ):

	A	B
Direkte Grundwasserneubildung durch Niederschläge	410 l/s	350 l/s
Infiltration aus Gewässern	160 l/s	140 l/s
Grundwasserzufluss Profil Klus	110 l/s	80 l/s
Randzuflüsse	310 l/s	200 l/s
Grundwasserwegfluss bei Walliswil b. Niederbipp	-445 l/s	-350 l/s
Grundwasserwegfluss Profil Oberbuchsiten	-500 l/s	-375 l/s
Grundwassernutzung (Entnahmen)	-45 l/s	-45 l/s

Das gesamte Grundwasserdargebot beträgt somit im Untersuchungsgebiet ca. 990 l/s bzw. 770 l/s.

6. Mittels eines Computermodells (Grundwasserbecken mit 169 Knoten und 128 finiten Elementen diskretisiert) wurden Grundwasserströmungen und Grundwasserdarangebote berechnet sowie Grundwasserentnahmen prognostiziert. Die Eichung des Modells erfolgte für stationäre und instationäre Verhältnisse anhand der erhobenen Messdaten. Dabei wurde die Grundwasserbilanzierung für verschiedene Wasserstände vollzogen. Für 1979 (nasses Jahr) und 1980 (\pm durchschnittliches Jahr) wurden folgende Extremwerte berechnet: Zuflüsse gesamthaft 480 bis 3'690 l/s, Wegflüsse gesamthaft -875 bis -1'380 l/s. Die berechneten Grundwasserstände lagen durchschnittlich 35 cm unter den gemessenen (Stichtag 19.03.1980).

7. Die maximale Entnahmemenge, die im Grundwasserbecken langfristig ohne Nachteil entnommen werden kann (= nutzbares Grundwasserdargebot), beträgt ca. 150 - 200 l/s im optimistischen Fall (siehe oben) und ca. 75 - 80 % davon im konservativen Fall. Als potentiellies Fassungsgebiet im Kanton Bern kommt in erster Linie der Längswald in Frage, wo ca. 80 l/s entnommen werden könnten (Standorte Dälenbaan in der Gemeinde Wiedlisbach und Tubeboden in der Gemeinde Niederbipp).
8. Ueber das gesamte Gebiet verteilt wurden an 12 Stellen im Jahr 1985 mehrere Probekampagnen durchgeführt. Das vorgefundene Grundwasser weist überall Trinkwasserqualität auf. In der Regel handelt es sich um ein ziemlich hartes Wasser mit einem durchschnittlichen Nitratgehalt um 20 - 30 mg/l, mit einer Sauerstoffsättigung von meist > 80 %. (Eisen- und Nitritgehalt liegen unter dem Toleranzwert, Mangan und Ammonium können nicht nachgewiesen werden.) Die Oxidierbarkeit übersteigt das Qualitätsziel von 3 mg/l nicht.
9. Gemessen am nutzbaren Grundwasserdargebot von ca. 9 - 12'000 l/min betrug die Entnahmemenge 1996 5'338 l/min (ohne Bewässerung), wobei die konzessionierte Leistung 23'320 l/min (Stand Juni 1997) betrug. Im Gebiet Längswald, das sich vorzüglich für weitere Grundwassernutzungen eignet, wurde 1988 ein Grundwasser-Schutzareal ausgeschieden.



RESUME

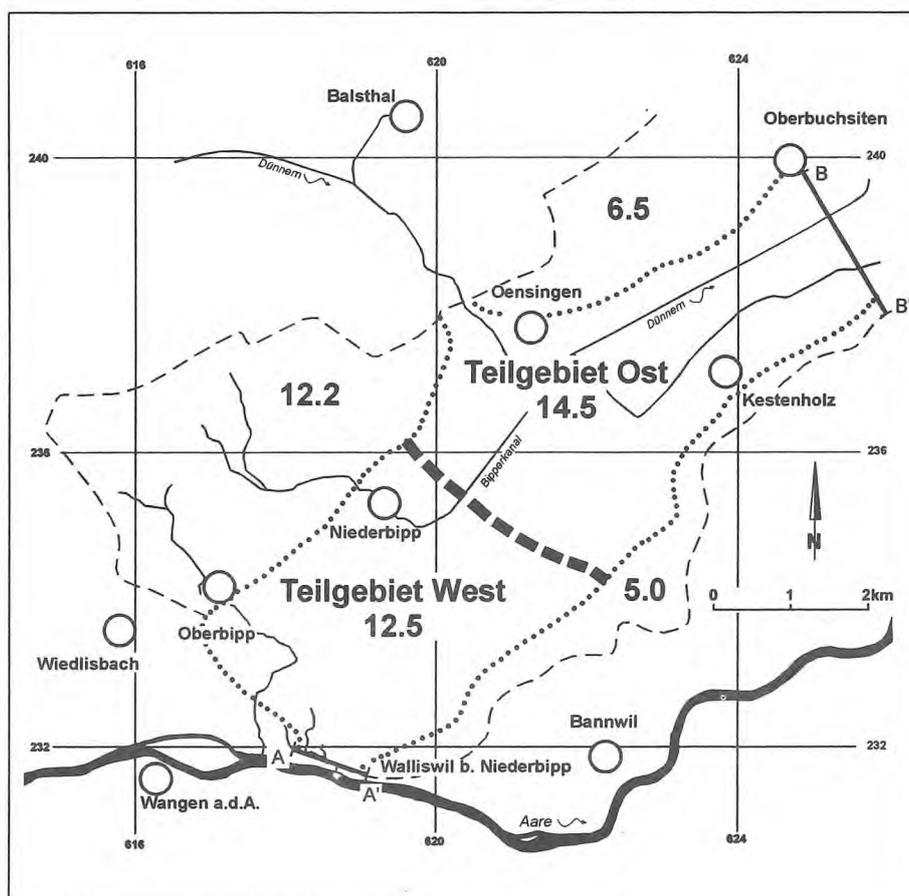
1. La présente étude porte sur le bassin d'eaux souterraines situé au pied sud du Jura entre Wiedlisbach et Oberbuchsiten. Sa superficie est d'environ 27 km². La limite inférieure de l'aquifère est formée principalement par des dépôts morainiques et de vieux sédiments lacustres allant jusqu'à 80 m de profondeur et ayant l'effet d'un mur.
2. L'aquifère est formé surtout par des cailloutis datant des glaciations de "Riss" et de "Würm". Le niveau des eaux souterraines se situe à plus de 80 % entre 20 et 60 m sous terre (épaisseur des terrains non saturés). L'épaisseur de l'aquifère saturé en eau est d'environ 40 à 50 m de long de l'axe sud-ouest - nord-est du sillon.
3. La perméabilité de l'aquifère est généralement élevée à très élevée, sa valeur moyenne (50 %) étant de $4 \cdot 10^{-3}$ m/s, pouvant toutefois dépasser $1 \cdot 10^{-2}$ m/s en certains endroits, notamment entre Oensingen et Oberbuchsiten. Le coefficient moyen d'emmagasinement est de l'ordre de 14 ‰.
4. La situation du mur et la variabilité de l'alimentation entraînent entre Niederbipp et Oensingen une ligne de partage des eaux souterraines qui, en raison d'une déclivité de niveau inférieure à 0.5 ‰ et des variations annuelles du niveau des eaux souterraines pouvant atteindre 8 m, se déplace jusqu'à 1.5 km. Plus ce niveau s'abaisse, plus la ligne de partage des eaux se déplace vers le sud-ouest, soit vers l'intérieur du territoire bernois. L'écoulement se fait d'une part vers le nord-est en direction de Kestenholz et Olten et d'autre part vers le sud-sud-ouest en direction de Walliswil près de Niderbipp.
5. Pour la tranche 1976 - 1980, qui est assez représentative d'une période plus longue (1951 - 1980), les bilans moyens suivants ont été calculés en l/s (A = valeur plutôt optimiste, B = valeur plus prudente).

	A	B
Renouvellement direct des eaux souterraines par les précipitations	410 l/s	350 l/s
Infiltrations en provenance des cours d'eau	160 l/s	140 l/s
Apport d'eau souterraine, profil de Klus	110 l/s	80 l/s
Affluents marginaux	310 l/s	200 l/s
Écoulement d'eau souterraine près de Walliswil	-445 l/s	-350 l/s
Écoulement d'eau souterraine, profil d'Oberbuchsiten	-500 l/s	-375 l/s
Utilisation d'eau souterraine (prélèvements)	-45 l/s	-45 l/s

L'apport total d'eau souterraine s'élève ainsi à environ 900 ou 770 l/s dans la zone étudiée.

6. Un modèle informatisé (bassin d'eau souterraine de 169 noeuds et 128 éléments finis discrétisés) a été utilisé pour calculer les écoulements et les apports et estimer les prélèvements. Son étalonnage s'est fait pour des situations stationnaires et non stationnaires à l'aide des données relevées. Dans ce cadre, le bilan de l'eau souterraine a été dressé pour différents niveaux d'eau. Les valeurs extrêmes suivantes ont été calculées pour 1979 (année humide) et 1980 (année plus ou moins normale): apports totaux de 480 à 3'690 l/s, écoulements totaux de -875 à -1'380 l/s. Les niveaux d'eau souterraine calculés ont été en moyenne de 35 cm inférieurs aux niveaux mesurés (date de référence: 19 mars 1980).

7. La quantité maximale pouvant être prélevée sans dommage à long terme dans le bassin d'eau souterraine (apport utilisable) est estimée à environ 150 à 200 l/s dans l'hypothèse optimiste (voir plus haut) et à 75 à 80 % de ces chiffres dans l'hypothèse plus prudente. Le Längwald constitue la principale région potentielle de prélèvement dans le canton de Berne, permettant d'y puiser quelque 80 l/s (lieux de captage: Dälenbaan, commune de Wiedlisbach, et Tubeboden, commune de Niederbipp).
8. Plusieurs séries d'échantillons ont été prélevés en 12 endroits en 1985. L'eau souterraine recueillie a la qualité d'eau potable. Elle est en général assez dure, d'une teneur en nitrates de 20 à 30 mg/l environ, d'un taux de saturation en oxygène de > 80 % (les teneurs en fer et en nitrites sont inférieures aux valeurs de tolérance, aucune trace de manganèse et d'ammonium n'a été décelée). L'oxydabilité ne dépasse pas l'objectif 'qualité' de 3 mg/l.
9. Face aux apports utilisables de 9 à 12'000 l/s, les quantités prélevées en 1996 se sont élevées à 5'338 l/min (sans les irrigations), la puissance concédée étant de 23'320 l/s (situation en juin 1997). Un périmètre de protection des eaux a été délimité dans la zone du Längwald, qui se prête admirablement bien à des utilisations supplémentaires d'eau souterraine.



1. EINLEITUNG

1.1 Aufgabe und Zielsetzung

Im Kanton Bern besitzt der Staat das Hoheitsrecht über die öffentlichen Gewässer. Er ist daher von Gesetzes wegen verpflichtet, ober- und unterirdische Gewässer güte- und mengenmässig zu schützen. Diese Aufgabe kann jedoch nur erfüllt werden, wenn die Wasservorkommen ausreichend erforscht sind. Erst die detaillierten Kenntnisse der hydrogeologischen und hydraulischen Zusammenhänge erlauben einen zweckmässigen Schutz bzw. eine Bewirtschaftung der Wasserressourcen. Dies gilt vor allem für die Grundwasservorkommen, die zum grössten Teil die Versorgung mit Trink- und Brauchwasser sicherstellen.

Das Grundwasservorkommen des Bipperamtes gehört zum grossen Grundwasserstrom des Dünern-Gäu. Dieser erstreckt sich über ca. 18 km bei einer mittleren Breite von 2 km von Wiedlisbach - Oberbipp - Längwald im Südwesten bis in das Gebiet von Olten im Nordosten. Der flache Grundwasserstrom ist im Gebiet Niederbipp - Aebisholz - Oensingen eher als Grundwassersee anzusprechen. Er entwässert in zwei Richtungen: Der Hauptabfluss gegen Nordosten (Richtung Olten), der kleinere Abfluss gegen Südwesten (Richtung Walliswil b. Niederbipp). Je nach Grundwasserstand (Amplitude des Grundwasserspiegels bis ca. 8 m (!)) verschiebt sich die Grundwasserscheide. Da die Grundwasserscheide im Bereich der Kantongrenze Bern/Solothurn liegt, verlangt ein Bewirtschaftungskonzept genaue Kenntnisse der Abflussverhältnisse, damit u.a. nicht in das Hoheitsrecht des Kantons Solothurn eingegriffen wird.

Das Wasser- und Energiewirtschaftsamt (WEA) des Kantons Bern begann 1969 die drei Hauptgrundwasserleitersysteme in quartären Schottern in der Planungsregion Oberaargau, Langetental - Oenzthal - Bipperamt generell zu untersuchen. Die Grundwasserverhältnisse erwiesen sich in dieser Region als recht komplex, so dass Resultate erst 1981 im zusammenfassenden Bericht "Hydrogeologie Oberaargau" veröffentlicht werden konnten (WEA 1981). Namentlich im Bipperamt zeigte es sich, dass die Schwierigkeiten, dieses in einem mächtigen Schotterkomplex liegende Grundwasservorkommen zu erfassen, unterschätzt worden waren.

Es wurde deshalb beschlossen, eine separate detaillierte Grundwasserstudie im Bipperamt auszuführen. Entsprechende Kredite wurden vom Grossen Rat 1975 und 1977 bewilligt. Die Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Kanton Solothurn durchgeführt.

1.2 Untersuchungsablauf, Bearbeiter

Mit den Feldarbeiten für die Detailabklärungen wurde 1975 mit der Erstellung eines umfassenden Messstellennetzes begonnen. 1978 konnte gemeinsam mit dem Amt für Wasserwirtschaft (AfWW) des Kantons Solothurn ein Bohrprogramm mit insgesamt 12 Rotationskernbohrungen (8 Kanton Bern, 4 Kanton Solothurn) ausgeführt werden. Zwei ergänzende Bohrungen im Exfiltrationsgebiet Walliswil b. Niederbipp wurden im Frühjahr 1980 abgeteuft. Anschliessend fand eine intensive Auswertungsphase statt, die 1984 zu einem Berichtsentwurf (ohne geologische Abhandlung) führte. 1985 wurde bei ausgewählten Bohrungen eine zusätzliche, umfangreiche Chemiekampagne durchgeführt.

Das Bipperramt war in den 80er Jahren immer wieder Gegenstand universitärer Studien (u.a. Dissertation PASQUIER 1986, Diplomarbeit HILDBRAND 1990). Zudem wurde das Blatt Murgenthal 1:25'000, auf dem ein Grossteil des fraglichen Gebietes liegt, im Auftrag der Landeshydrologie und -geologie in den letzten Jahren neu kartiert (GERBER, in Vorb.). Diese Arbeiten führten immer wieder zu neuen Erkenntnissen, was den Abschluss der WEA-Studie wiederholt verzögerte.

Obschon weitere Untersuchungen noch im Gange waren (u.a. REGLI 1997), beschloss das Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern anfangs 1997, die Arbeiten abzuschliessen. Die Basis dazu stellte der Entwurf 1984 dar, der vollständig überarbeitet wurde, wobei die wesentlichsten neuen Erkenntnisse möglichst widerspruchlos zu integrieren waren. Die geologischen Abhandlungen mit den dazugehörigen Beilagen wurden von Grund auf neu erarbeitet.

Die Arbeiten standen unter der Leitung des Wasser- und Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern. Für die Betreuung war Herr Dr. R.V. Blau zuständig. Die Untersuchungen wurden durch das Ingenieur- und Studienbüro A. Werner, Burgdorf, durchgeführt, das auch den Berichtsentwurf 1984 ausarbeitete und die Zusatzarbeiten 1985 ausführte. Für die Ausführung der Kernbohrungen inkl. Pumpversuche wurde vorwiegend die Firma Grund- und Tiefbau AG beigezogen. Bei den hydrometrischen Messungen waren in erster Linie WEA-eigene Messgeräte im Einsatz.

Mit den Schlussarbeiten wurde 1997 Dr. Jürg Wanner vom Geologiebüro Kellerhals und Haefeli AG unter der Leitung des zuständigen Kantonsgeologen Dr. G. della Valle betraut. Dr. Wanner hatte seinerzeit als Doktorand an diesem Projekt mitgearbeitet und kannte deshalb die Problematik der Region bestens.

1.3 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich von Rumisberg - Wiedlisbach - Wangen a.d.A. im Westen bis nach Oberbuchsiten - Niederbuchsiten im Osten. Die Nordgrenze bildet der Kamm der ersten Jurakette, während im Süden die Aare das Gebiet abschliesst. Die grundwasserführende Talsohle hat eine Ausdehnung von ca. 27 km². Das dazugehörige Einzugsgebiet ist vor allem im Norden schwer abzuschätzen, da es wegen der teilweisen Verkarstung der jurassischen Kalkgesteine nicht rein geographisch abgegrenzt werden kann.

Die Arbeiten haben sich fast ausschliesslich auf das Grundwasservorkommen im Talboden konzentriert. Nur zur Abklärung der Grundwasserneubildung (randliche Zuflüsse) und Oberflächenwasserinfiltration wurden auch die Randgebiete in die Untersuchungen einbezogen.

Im Untersuchungsgebiet liegen nachfolgende Gemeinden:

Kanton Bern	Niederbipp	
	Oberbipp	
	Rumisberg	
	Walliswil b. Niederbipp	Amtsbezirk Wangen
	Wangen a.d.A.	
	Wiedlisbach	
	Wolfisberg	

	Bannwil Schwarzhäusern	Amtsbezirk Aarwangen
Kanton Solothurn	Kestenholz Niederbuchsiten Oberbuchsiten Oensingen	Bezirk Balsthal-Gäu

1.4 Unterlagen

Der vorliegende Schlussbericht ist eine Zusammenfassung aller Untersuchungsergebnisse. Diese einzeln zu veröffentlichen würde den üblichen Rahmen sprengen.

Alle im Untersuchungsgebiet bisher durchgeführten Sondierungen, geologische und geotechnische Gutachten, hydrometrische Messungen etc. wurden so weit als möglich gesammelt. Nach erfolgter Auswertung wurden sie gemäss den Auflagen des WEA in der Grundlagendatei (GLD) erfasst. Alle Detailresultate und geologischen Dokumente können - mit Ausnahme eines kleinen Teils, der durch Eigentümer oder Inhaberrechte für die öffentliche Einsichtnahme gesperrt ist - beim Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern, Abteilung Geologie "Hydrogeologische Dokumentation (HDOK)" eingesehen werden.

Das Auffinden und Sammeln einer derart grossen Anzahl geologischer Dokumente von Einzel- und Regionaluntersuchungen war nur möglich dank dem weitgehenden Entgegenkommen und der Mitarbeit zahlreicher Privatpersonen, Baubehörden, Ingenieurbüros und Bohrfirmen. Allen die in uneigennützigter Art Informationen und geologische Dokumente zur Verfügung stellten, sei herzlich gedankt.

2. GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Allgemeiner Ueberblick zur Talgeschichte (Fig. 2.1)

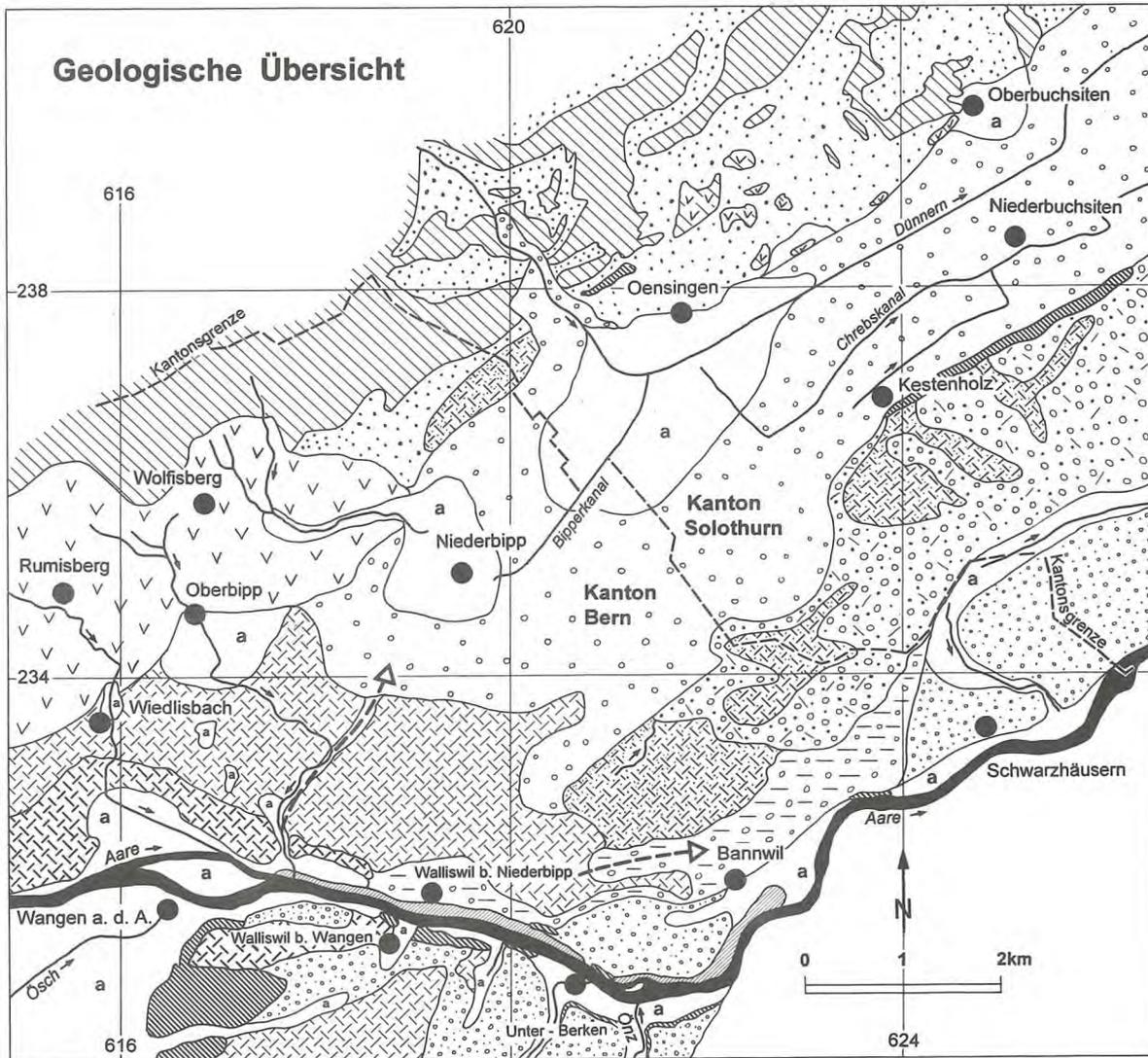
Eine möglichst genaue Rekonstruktion der Talgeschichte des Bipperamtes ist von entscheidender Bedeutung für die Beurteilung der Grundwasserverhältnisse im Untersuchungsgebiet. Dabei bilden die Abtragungen der verschiedenen Gletschervorstösse und der Flussläufe einerseits, das durch Gletscher und Flüsse gelieferte Schuttmaterial andererseits die bedeutendsten Faktoren für die Entwicklung dieses Troges am Jurasüdfuss.

Eine der wichtigsten Phasen in der erosiven Uebertiefung der Talrinne im Bipperamt ergab sich im Verlauf der grossen, vorletzten Eiszeit, der "Riss"-Zeit. Damals erreichte der Rhonegletscher bekanntlich seine maximale Ausdehnung, und das ganze Mittelland lag unter Eisbedeckung. Zu diesem Zeitpunkt wurde auch die Rinne in der darunterliegenden Unteren Süsswassermolasse angelegt. Wichtigste "riss"-zeitliche Ablagerungen im Untersuchungsgebiet sind die randlich des Bipperamt-Gäu-Troges auf den angrenzenden Talrändern abgelagerten Grundmoränen und die sogenannten Hochterrassenschotter.

Nach dem Rückzug des "riss"-zeitlichen Rhonegletschers bildete sich entlang des Jurasüdfusses durch Flusserosion eine vermutlich recht tiefe Rinne - dies war der Lauf einer Ur-Aare. Durch die Hangfussentlastung nach dem Rückzug der Gletschermassen und die Tiefenerosion der Ur-Aare kam es in der Folge (d.h. noch vor der nächsten Vergletscherung) zwischen Attiswil im Westen und Niederbipp im Osten zu einer gewaltigen Sackung, die von WIEDENMAYER (1923) als Sackung von Wiedlisbach bezeichnet worden ist. Die Sackungsmasse besteht vorwiegend aus Doggerkalk- und untergeordnet auch aus Malmkalk-Paketen, die aus dem Südschenkel der Weissenstein-Antiklinale stammen. Diese abgeglittenen Massen haben den alten Aarelauf aus seinem Bett in Richtung Wangen a.d.A. verdrängt. Zwischen Walliswil b. Niederbipp und Berken stiess der Fluss allerdings auf eine Molasseschwelle und wurde erneut in Richtung Nordosten ins Bipperamt bzw. Gäu abgelenkt.

In der nachfolgenden interglazialen Warmphase (Eem-interglazial) kam es entlang des Jurasüdfusses, eventuell auch im Becken von Wangen a.d.A. (vgl. FURRER 1949), zu einer Seebildung mit feinkörnigen, z.T. feingeschichteten Seeablagerungen. Der nächste bedeutende Gletschervorstoss fällt, wie neuere pedologische Untersuchungen gezeigt haben (HILDBRAND 1990), entgegen der heute üblichen Vorstellung wahrscheinlich in eine Zeit, die noch vor der letzten grossen Vergletscherung - der "Würm"-Zeit - zu situieren ist. Der grosse Moränenkomplex zwischen Niederbipp und Walliswil b. Niederbipp wird demzufolge in seinem östlichen Teil nicht mehr dem Wangener Stadium der "würm"-zeitlichen Vergletscherung, sondern einer älteren Eiszeit zugerechnet, die stratigraphisch zwischen die klassischen "Würm"- und "Riss"-Ablagerungen zu liegen kommt. Die unter dieser Moräne liegende, mächtige Schotterabfolge hat demzufolge ein prä-"würm"-zeitliches Alter. Diese neue Deutung lässt die Talgeschichte des Bipperamtes in einem etwas anderen Licht erscheinen. Der Gletscher dieser Prä-"Würm"-Eiszeit stiess demnach in das erwähnte, interglaziale Seebecken am Jurasüdfuss vor. Dabei fand vor allem im Gebiet des Bipperamt- bzw. Gäu-Troges eine starke Aufschotterung statt, welche die bestehenden Seeablagerungen in weiten Teilen des Troges wieder ausräumte. Der anschliessende Rückzug des Gletschers erfolgte in verschiedenen Etappen und wird durch eine Staffel von Endmoränenwällen sowie von Grundmoränenablagerungen dokumentiert, die über den erwähnten Vorstoss-Schottermassen im Bipperamt liegen. Da infolge des erwähnten Felsriegels zwischen Walliswil b. Niederbipp und Berken ein fluvioglazialer Abfluss nach Osten nur lokal bzw. zeitweise stattfand (z.B. westlich von

Figur 2.1: Geologische Uebersicht



- | | | | |
|---|--|---|---|
|  | Künstliche Auffüllung |  | Schotter einer Prä-"Würm"-Eiszeit |
|  | Alluvionen, Bachschutt, Verlandungsbildungen |  | Sackung von Wiedlisbach (Prä-"Würm") |
|  | Gehängeschutt (inkl. Rutschungen) |  | Hochterrassenschotter der grössten Eiszeit ("Riss") |
|  | Rückzugsschotter, spätglaziale Schotter |  | Moräne der grössten Eiszeit ("Riss") |
|  | Moräne der letzten Eiszeit ("Würm") |  | Molasse |
|  | Niederterrassenschotter ("Würm") |  | Jura (z.T. versackt) |
|  | Moräne einer Prä-"Würm"-Eiszeit |  | Glaziale Abflussrinne |

Bannwil), bahnte sich das Wasser einen Weg durch die verschiedenen Moränenkomplexe. Diese Abflussrinne - sie ist auch in der letzten Eiszeit von Bedeutung - lag im Wesentlichen im Bereich der heutigen Eisenbahnlinie Wangen a.d.A. - Niederbipp (vgl. auch WEA-Bohrung 618/233.34).

In der letzten Eiszeit, der "Würm"-Zeit, erreichte der Rhonegletscher nur noch bei seinem letzten, wichtigsten Vorstoss das Untersuchungsgebiet. Die mit diesem Vorstoss verbundenen Schottermassen gelangten durch die erwähnte Abflussrinne in den offenen Bereich des heutigen Bipperamt- bzw. Gäu-Beckens, wo sie - als Niederterrassenschotter - diesen Trog langsam auffüllten. Der Gletscher stiess bei seiner maximalen Ausdehnung bis zu den prä-"würm"-zeitlichen Moränenablagerungen vor, wurde von diesen gestoppt und bildete dabei nördlich und östlich von Wangen a.d.A. einen Endmoränenkranz. Vermutlich erst nach der Aufschotterung des Beckens bzw. bei der Auffüllung der Rinne, d.h. nach dem endgültigen Rückzug des Gletschers, hat sich die Aare in die Molasseschwelle zwischen Walliswil b. Niederbipp und Berken eingeschnitten und ihren heutigen Lauf nach Osten in Richtung Aarwangen gefunden.

2.2 Der Felsuntergrund

2.2.1 Juragebirge

Im Nordwesten des Untersuchungsgebietes finden sich die steil nach Südosten einfallenden Formationen des Südschenkels der Weissenstein-Antiklinale, die gebietsweise direkt den Felsuntergrund der Lockergesteinsschichten bilden. Es handelt sich dabei vorwiegend um massige, gut durchlässige Malmkalke, welche lokal auch versackt sind.

2.2.2 Tertiär

In weiten Teilen des Untersuchungsgebietes besteht der Felsuntergrund aus der flachliegenden mittelländischen Molasse. Es handelt sich dabei um die beiden Stufen "Chattien" (im Liegenden) und "Aquitainen", die beide der Unteren Süsswassermolasse zuzuordnen sind.

Im ganzen Untersuchungsgebiet finden sich allerdings nur wenige, zumeist schlechte Molasseaufschlüsse. Hingegen wurden in zahlreichen Bohrungen diese Schichten erreicht. Eine Zuweisung der Gesteine in eine der Molassestufen ist, je nach Ort der Erkundung und nach Lithologie, aus diesen Gründen recht schwierig, zumal sich die Grenzziehung der beiden Stufen fast nur mit mikroskopischen Methoden lösen lässt. Es folgt daher nur eine zusammenfassende Beschreibung der wichtigsten Gesteinseinheiten: Es handelt sich um Wechsellagerungen von grauen, kompakten Sandsteinen mit grauen und bunten, oft roten Mergeln. Je nach Lage können die Sandsteine auch mergelig oder knauring ausgebildet sein. Untergeordnet treten auch Süsswasserkalke auf.

2.2.3 Sackung von Wiedlisbach

Am nordwestlichen Talhang zwischen Wiedlisbach und Niederbipp befindet sich die vor der letzten Eiszeit abgerutschte Masse der Sackung von Wiedlisbach. Es handelt sich vorwiegend um kompakte und mächtige Felspakete aus Dogger- und untergeordnet auch Malmkalken.

2.3 Die Felsoberfläche

Im Untersuchungsgebiet ist die ursprüngliche Erosionsform der Molasse dank einer grösseren Anzahl von bis auf die Felsoberfläche abgeteuften Bohrungen in der Regel recht gut bekannt. Daraus geht hervor, dass sich zwischen dem Längswald nördlich Walliswil b. Niederbipp und Oensingen ein breiter, vorwiegend flacher Trog gebildet hat, dessen Felsoberfläche im zentralen Beckenbereich auf einer Kote zwischen ca. 385 und 400 m ü.M. liegt. Markante Rinnenstrukturen sind in diesem Bereich nach den heutigen Kenntnissen keine vorhanden. Eine etwas ausgeprägtere Uebertiefung im Molassefels wurde jedoch von Oensingen, d.h. ausgangs des Dünnerntales, in Richtung Nordosten gefunden. In der WEA-Bohrung 621/237.3 bei der Autobahnausfahrt von Oensingen wurde die Felsoberfläche bis in eine Tiefe von 95 m, d.h. ca. Kote 365 m ü.M., nämlich nicht erbohrt. Die Rinne zieht von Oensingen direkt am Jurasüdfuss nach Nordosten. Zwischen Oberbuchsiten und Niederbuchsiten liegt nach den heutigen Kenntnissen eine relativ tiefe und schmale Rinnenstruktur vor: In einer im Dorf Niederbuchsiten, d.h. im zentralen Bereich des heutigen Beckens abgeteuften Spülbohrung (625/238.2) liegt der Molassefels auf ca. Kote 398 m ü.M., d.h. bedeutend höher als bei Oensingen.

Die nordwestliche Felsberandung des Beckens wird vorwiegend durch steil talwärts fallende Malmkalke bzw. den diesen Kalken teilweise aufliegenden Molasseschichten gebildet. Im Bereich der Sackung von Wiedlisbach können die z.T. mächtigen Dogger- und Malmkalk-Pakete ebenfalls als Felsoberfläche betrachtet werden.

Der südöstliche Rand des Beckens wird generell durch einen Molasserücken gebildet, der von Kestenholz - dort als westlicher Ausläufer der Born-Antiklinale z.T. sogar aufgeschlossen - unter leichtem Abtauchen nach Südwesten zieht. Im Bereich des Längwaldes wird die Molasse durch teilweise recht mächtige "riss"-zeitliche Schotter- und Moränenablagerungen überdeckt und ist oberflächlich nicht aufgeschlossen. Die Felsoberfläche liegt jedoch, wie eine im östlichen Waldchilchenfeld abgeteufte Bohrung mit einer Felskote von ca. 427 m ü.M. zeigt (622/234.1), in diesem Abschnitt nicht sehr tief.

Weiter im Südwesten tritt der Fels erst wieder in der Gegend zwischen Walliswil b. Niederbipp und Berken an die Oberfläche. Die Molasse bildete hier, wie in Kapitel 2.1 bereits erwähnt, während langer Zeit, d.h. bis nach dem endgültigen Rückzug des "würm"-zeitlichen Rhonegletschers, eine Abflussbarriere. Der Felsrücken zieht von dieser Stelle nach Westen zum Gensberg südlich von Wangen a.d.A..

2.4 Gliederung der quartären Ablagerungen (vgl. geologische Profile, Beilage 2)

Bei der Gliederung der quartären Ablagerungen konnte teilweise auf frühere, z.T. allerdings nicht veröffentlichte Arbeiten zurückgegriffen werden (FURRER 1949, FRÖHLICHER 1966 b, JÄCKLI 1968, WEA 1981 und 1989, HILDBRAND 1990, GERBER in Vorb.). Vor allem bei älteren Ablagerungen sind jedoch nicht immer eindeutige Alterszuweisungen möglich, da im Untersuchungsgebiet keine aussagekräftigen Datierungen bestehen.

Wie im Kapitel 2.1 bereits ausgeführt, wurde das ganze Untersuchungsgebiet durch die verschiedenen Gletschervorstösse stark geprägt.

Vom grossen Eisvorstoss in der "Riss"-Zeit ist im nordöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes auf den randlichen Bereichen noch verbreitet Moränenmaterial zu finden ("**Riss**"-Moräne, q3m). Teilweise zieht die Moräne noch tief in das Becken hinab (vgl. geologische Profile auf Beilage 2). Ueber dieser Moräne, teilweise allerdings auch von ihr überdeckt, befinden sich auf dem Hügelzug Kestenholz-Längwald die oft gut verkitteten, stellenweise matrixlosen, "riss"-zeitlichen **Hochterrassenschotter** (q3-4s).

Verschiedene Ablagerungen im Untersuchungsgebiet sind in einem Zeitraum zwischen den klassischen "Würm"- und "Riss"-Zeiten abgelagert worden (vgl. Kapitel 2.1 und Legende auf Beilage 2) und werden in der Folge als prä-"würm"-zeitlich bezeichnet.

In einen solchen Zeitraum fällt die bereits erwähnte **Sackung von Wiedlisbach** (q3-4w). Nebst den riesigen Paketen von Dogger- und untergeordnet auch Malmkalken treten darin, wie z.B. die WEA-Bohrung 617/234.16 zeigt, auch viele einzelne Blöcke auf, die in Sand und Kies eingebettet sind.

Als **interglaziale Seeablagerungen** (q3-4l) werden die feinkörnigen Ablagerungen im Liegenden von prä-"würm"-zeitlichen Schottern gedeutet, wie sie z.B. im Gebiet von Oensingen in grösserer Tiefe erbohrt worden sind (WEA-Bohrung 621/237.3) und möglicherweise, als von

der Erosion verschonte Ueberreste in der Molasserinne am Jurasüdfuss, weit nach Nordosten ins Gäu ziehen. In den übrigen Gebieten des Bipperamt-Troges wurden diese zwischeneiszeitlichen Ablagerungen durch die nachfolgende Aufschotterung in weiten Teilen wieder abgeräumt. Möglicherweise ebenfalls in diesen Zeitraum (FURRER 1949), eher jedoch erst in eine spätere, interstadiale Phase einer Prä-"Würm"-Eiszeit (vgl. unten) sind die teils sandigen, teils siltigen Seeablagerungen im Becken von Wangen a.d.A. einzuordnen.

Im Bereich des heutigen Dünnerndeltas bei Oensingen wurden in mehreren Bohrungen in grösseren Tiefen mächtige, relativ gut durchlässige Schotterabfolgen mit praktisch ausschliesslich Jurageröllen erbohrt (vgl. z.B. WEA-Bohrungen 620/237.2 und 621/237.3). Diese Ablagerungen verzahnen sich mit den Schottern der erwähnten Prä-"Würm"-Eiszeit oder sind von diesen überlagert und werden deshalb als prä-"würm"-zeitliche **Deltaablagerungen der Dünnern** (q3-4bs) interpretiert.

Der untere Teil der Schotterauffüllung im Bipperamt- und Gäu-Trog besteht, wie bereits aus den Ausführungen zur Talgeschichte in Kapitel 2.1 hervorgegangen ist, aus gut durchlässigen, teilweise verkitteten **Schottern** eines vorstossenden Gletschers einer **Prä-"Würm"-Eiszeit** (q3-4s). Die Abgrenzung zu den darüberliegenden, "würm"-zeitlichen Niederterrassenschottern kann in den Sondierbohrungen in der Regel nicht vorgenommen werden. Ein möglicher Hinweis auf eine solche Altersabgrenzung findet sich jedoch in der neuen Brunnenbohrung für die Grundwasserfassung Niederbipp (619/235.1): In einer Tiefe von ca. 28 m, d.h. auf ca. Kote 435 m ü.M., wurde hier ein stark lehmiger Horizont festgestellt, der möglicherweise auf eine interglaziale bzw. interstadiale Phase hinweisen könnte. (Diese Kote stimmt auch mit den in der knapp 3 km südwestlich gelegenen WEA-Bohrung 618/233.34 festgestellten oberen Seeablagerungen überein.) Die Ausbreitung der Schotter im Südwesten reicht nach dem vorliegenden Modell der Talgeschichte möglicherweise bis in den Bereich des würmzeitlichen Endmoränenkranzes bei Chleihölzli südöstlich von Wiedlisbach (vgl. Profil V auf Beilage 2), ist jedoch durch Bohrungen nur sehr schlecht dokumentiert.

Weite Teile des westlichen Bipperamtes sind von einer **prä-"würm"-zeitlichen Moräne** (q3-4m) überdeckt, deren nordöstliche Grenze ungefähr auf einer Linie Oberbipp-Holzhäusern-Bannwil liegt. Sie überlagert überall die oben erwähnten Schotter. Beim Rückzug hat der Gletscher mehrere hintereinander gestaffelte Moränenwälle hinterlassen. Die Mächtigkeit dieser Ablagerungen ist deshalb sehr unterschiedlich. Das Moränenmaterial ist vorwiegend feinkörnig mit Kiesgeröllen und groben Blöcken.

Die **Niederterrassenschotter** (q4s) werden als "würm"-zeitliche Vorstoss-Schotter des Rhonegletschers interpretiert, dessen letzteiszeitliches Maximum bis in den Raum unmittelbar nördlich bzw. östlich von Wangen a.d.A. reichte. Durch Erosion wurden allfällig frühere Stillwasserablagerungen, mit wenigen Ausnahmen (Bohrung 618/233.34), weitgehend abgetragen. Teilweise überdecken diese Schotter auch die prä-"würm"-zeitlichen Moränenablagerungen (WEA-Bohrung 620/232.2; Profil II auf Beilage 2). Bei den Niederterrassenschottern handelt es sich um meist sandige bis leicht siltige, selten etwas verkittete Kiese, welche gebietsweise jedoch auch tonig-siltig ausgebildet sein können und dann einen moränenartigen Charakter aufweisen.

Die **Würmmoräne** (q4m) am nördlichen Rand des Wangener Beckens zwischen Wiedlisbach und Walliswil b. Niederbipp zeigt dort mit dem auffälligen Endmoränenkranz die maximale Gletscherausdehnung des letzten und zugleich auch grössten Gletschervorstosses in der "Würm"-Zeit.

Typische Rückzugsschotter dieser Vergletscherung wurden im engeren Untersuchungsgebiet keine festgestellt, da sich der Gletscher nach seinem Rückzug vermutlich zuerst vorwiegend randlich über das Oenztal entwässerte und erst anschliessend der Durchbruch der Molasse-schwelle zwischen Walliswil b. Niederbipp und Berken gelang. Die **Schotter des jüngeren Wangener Stadiums** (q4swll), welche auf Profil II (Beilage 2) eingetragen sind, werden der randglazialen Entwässerung im Oenztal in diesem Zeitraum zugeordnet (vgl. auch WEA 1989).

Aus der jüngsten erdgeschichtlichen Zeit, dem Holocaen, sind im Untersuchungsgebiet folgende Bildungen bekannt: **Bachschuttablagerungen** u.a. der Dünnern (bs), **Gehängeschutt** (gs) in den angrenzenden Hügelgebieten, sehr selten **Verlandungsbildungen** (v) und feinkörnige bis grobkörnige **Alluvionen** (a) z.B. im zentralen Teil des Bipperamt-Troges oder im Bereich des jungen Aarefluslaufes zwischen Wangen a.d.A. und Berken.

2.5 Geologische Profile

Die Lagerungsverhältnisse der in Kapitel 2.4 beschriebenen Lockergesteinsschichten können aus den **in Beilage 2 dargestellten Profilerien** entnommen werden. Die Achsen der Profile I bis IV wurden generell quer zur Beckenachse dort gelegt, wo am meisten gesicherte Daten vorliegen. Damit soll ein möglichst vollständiges hydrogeologisches Uebersichtsbild vermittelt werden. In einem Längsprofil (Profil V), welches ungefähr im zentralen Beckenbereich ebenfalls entlang von Bohrungen gelegt worden ist, wird die geologische Entwicklung im ganzen Beckenbereich veranschaulicht. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird in der Regel die lithologische Zusammensetzung der einzelnen Ablagerungseinheiten nur einmal beschrieben.

Profil I (Niederbipp - Walliswil b. Niederbipp)

Die Sackung von Wiedlisbach im Norden des Profils ist in eine relativ tiefe, ehemalige Talrinne abgeglitten, welche auf dem Profil noch angedeutet ist und in der WEA-Bohrung 617/234.16 am Hangfuss zwischen Wiedlisbach und Niederbipp dokumentiert ist. Aus dem Profil ist ersichtlich, dass die prä-"würm"-zeitlichen Schotter (q3-4s) in das ganze ursprüngliche Bipperamt-Becken geschüttet worden sind, d.h. auch unter dem mit Moräne bedeckten Längswald liegen und somit bis nach Walliswil b. Niederbipp ziehen. Die Schotter weisen z.T. eine Mächtigkeit von bis zu 70 m auf. Die Ablagerungen der Niederterrassenschotter, im unteren Teil mit erosivem, z.T. rinnenförmigem Kontakt, erfolgten in erster Linie im Gebiet des heutigen Bipperamt- bzw. Gäu-Beckens. Die relativ tiefe Lage der Felsoberfläche im Süden ermöglicht einen Abfluss des Grundwasserstromes aus dem Bipperamt in Richtung Walliswil b. Niederbipp.

Profil II (Niederbipp - Berken)

Dieses Profil zeigt generell ähnliche Verhältnisse wie das Profil I. Markant ist hier das breite, flache Becken ohne bedeutende Rinnenstrukturen. Die Lage der Felsoberfläche im Chällerrain im südlichen Längswald liegt über dem Grundwasserspiegel und bildet eine klare Abgrenzung des Grundwasserbeckens. Die Niederterrassenschotter im zentralen Beckenbereich weisen hier einen erhöhten Feinanteil auf.

Profil III (Oensingen - Längwald)

Im Gebiet von Oensingen ist die durch die WEA-Bohrung 621/237.3 belegte Uebertiefung im Molassefels ersichtlich, welche mit vermutlich interglazialen Seeablagerungen aufgefüllt worden ist. Der Einfluss der Dünnern bzw. ihrer Deltaablagerungen wird durch die prä-"würm"-zeitlichen, relativ gut durchlässigen Kiese in grösseren Tiefen sowie die nacheiszeitlichen, etwas tonig-siltigeren Ablagerungen im obersten Lockergesteinsbereich dokumentiert. Im Südosten bildet die "Riss"-Moräne den Stauer bzw. die südöstliche Begrenzung des Grundwasserbeckens.

Profil IV (Oberbuchsiten - Niederbuchsiten)

Die relativ tiefe Rinne im Profil bei Oberbuchsiten ergibt sich aus den Ergebnissen der Bohrung 625/238.2 und der Lage der im Profil III vermuteten Felsoberfläche. Es ist denkbar, dass hier in dieser Rinne ebenfalls noch Ueberreste von interglazialen Seeablagerungen bestehen.

Profil V (Wiedlisbach - Niederbuchsiten)

Im Gebiet zwischen Wiedlisbach und Walliswil b. Niederbipp sind die geologischen Verhältnisse relativ schlecht bekannt. Die südwestliche Abgrenzung des Bipperamt-Beckens kann aus diesem Grund nicht eindeutig festgelegt werden. Die im Profil V dargestellte Interpretation geht davon aus, dass die prä-"würm"-zeitlichen Moränen bis ins Gebiet Chleihölzli reichen und dort durch den Moränenwall des "würm"-zeitlichen Rhonegletschers begrenzt werden. Die südöstlich von Wiedlisbach eingezeichnete Molasseschwelle ist wegen der unmittelbar östlich von Wiedlisbach auf Kote 438 m ü.M. erbohrten Molasse (WEA-Bohrung 616/233.5) eingezeichnet worden.

Das weitgehend im zentralen Teil des Beckens angelegte Profil veranschaulicht gut die mächtige Füllung des Troges mit Schottern aus zwei verschiedenen Zeitepochen sowie die ab Oensingen in Richtung Nordosten in den Molassefels angelegte, mit interglazialen Seeablagerungen aufgefüllte Rinne.

3. HYDROMETRIE UND HYDROGRAPHIE

3.1 Allgemeines

Im Rahmen der hydrometrischen Arbeiten für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung Bipperramt wurden in den Jahren 1976 bis 1980 die zeitlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels gemessen, Wasserstands- und Abflussmengen an Oberflächengewässern durchgeführt und Klimadaten erhoben, mit dem Ziel, zusammen mit den hydrogeologischen Grundlagen das Grundwasservorkommen abzugrenzen, die Strömungsverhältnisse im Grundwasserleiter, die Zu- und Wegflüsse stationär und instationär zu erkunden. Dabei konnten zahlreiche Mess- und Auswertmethoden aus dem Nationalen Forschungsprogramm Wasserhaushalt, Modellstudie Emmental, vergleichend angewandt werden (BLAU et al. 1983 b und WEA 1983).

Künftige Grundwassernutzungen im Bipperramt können sich sowohl auf Gebiete des Kantons Bern wie des Kantons Solothurn auswirken. Die hydrometrischen Untersuchungen und die meteorologisch-klimatischen Auswertungen erstreckten sich deshalb auch auf solothurnisches Kantonsgebiet. Vor allem ging es darum, die Grundwasserzuflüsse der Jurarandkette und aus der Klus bei Oensingen, die direkte Infiltration aus Niederschlägen, die Dünnerninfiltration sowie den Grundwasserwegfluss nach Osten flankierend zu erfassen. Das Wasserwirtschaftsamt des Kantons Solothurn unterstützte in verdankenswerter Weise die hydrometrischen Untersuchungen mit Vorarbeiten (FRÖHLICHER 1966 a und b) sowie mit Messstellen und Messdaten (AfWW Solothurn 1979).

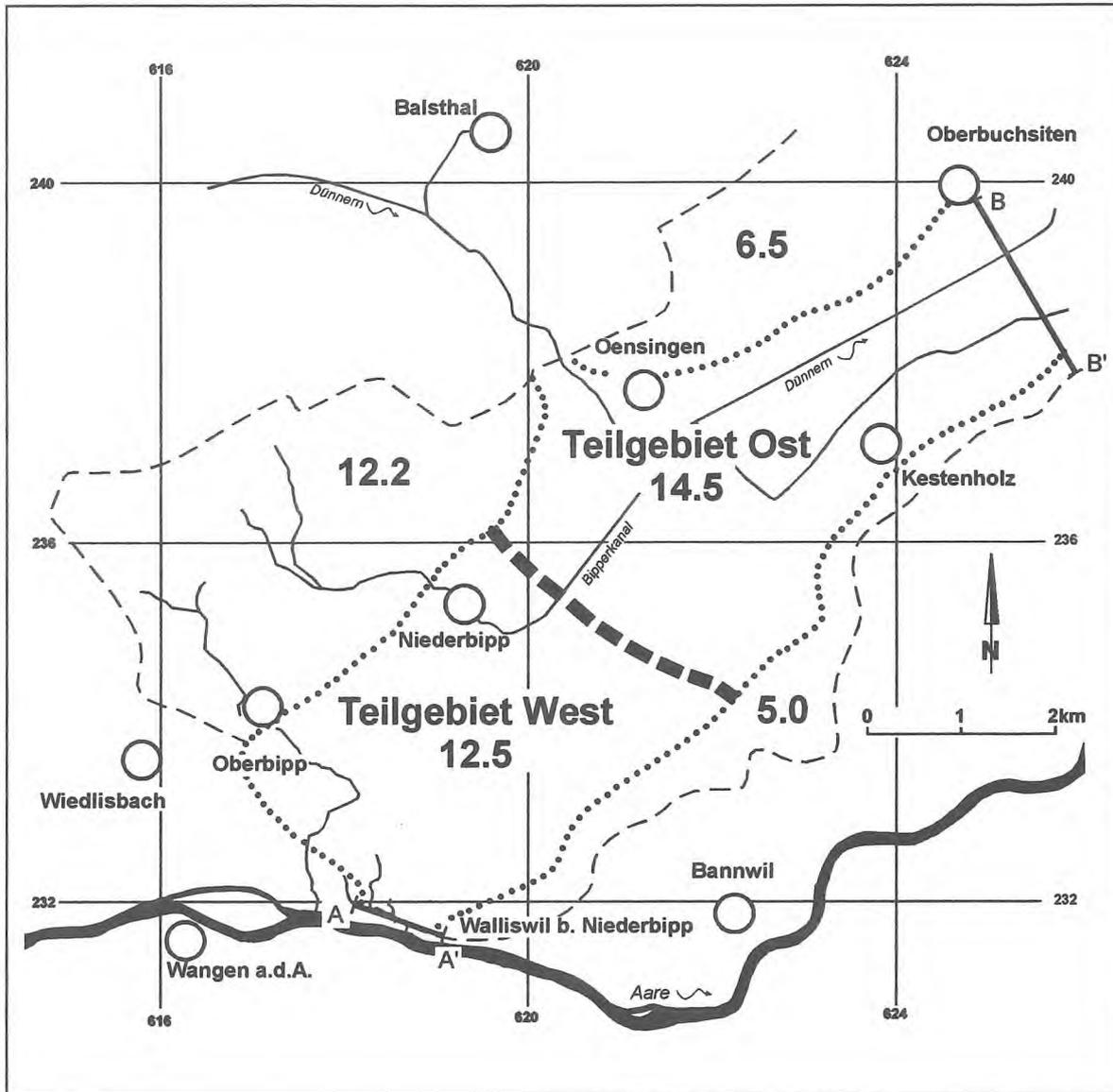
Die Beilage 1 enthält die wichtigsten hydrogeologischen Angaben sowie die Lage der wichtigsten Messstellen.

3.2 Das Untersuchungsgebiet

Ursprünglich waren hydrometrische Untersuchungen im Gebiet zwischen Attiswil im Westen, dem Grenzgebiet Solothurn/Bern im Osten, zwischen dem Kamm des ersten Jura-Ausläufers im Norden und der Aare im Süden vorgesehen. Nachdem die seitlichen Begrenzungen des Grundwasserleiters anhand der geologischen Erkundungen generell festgelegt waren, konzentrierten sich die Arbeiten auf den Grundwasserleiter in der Talebene zwischen Wiedlisbach und Oberbuchsiten/Kestenholz sowie im Hinblick auf die unterirdischen Randzuflüsse auf die seitlichen Einzugsgebiete. Die hydrologischen Einzugsgebiete lassen sich nicht überall definitiv abgrenzen. Es ist wahrscheinlich, dass sie nicht durchwegs mit den topographischen übereinstimmen. Färbversuche und überregionale Bilanzierungen haben gezeigt (PASQUIER 1986, HEROLD 1997), dass Karstwasserzirkulationen in der ersten Jura-Kette die orographischen Wasserscheiden durchqueren.

Der untersuchte Grundwasserleiter, im folgenden auch als Grundwasserbecken bezeichnet, und die seitlichen topographischen Einzugsgebiete, kurz Randgebiete genannt, sind schematisch in Figur 3.1 dargestellt. Die hier dargestellte Grenze des Grundwasserbeckens entspricht der für das Grundwassermodell (vgl. Kap. 6) verwendeten Umgrenzung. Sie wurde auch für die Darstellung der Kärtchen auf den folgenden jeweiligen Figuren verwendet. Die auf den Beilagen 1 und 2 dargestellte Begrenzung des Grundwasserleiters entspricht in einigen Gebieten nicht dieser Modellgrenze, da diese Beilagen aufgrund von neueren geologischen Erkenntnissen von Grund auf neu erarbeitet wurden.

Figur 3.1: Gebietseinteilung



- Modellgrenze (Grundwasserleiter)
- SW - und NE- Begrenzung des Grundwasserbeckens mit Querprofilen
- - - - - Begrenzung der seitlichen topografischen Einzugsgebiete (Randgebiete)
- Wasserscheide im Grundwasserbecken am 4.1.1979
- 12.2** Fläche in km²

Durch die unterirdische Wasserscheide bei Niederbipp teilt sich das Grundwasservorkommen in ein Teilgebiet West und ein Teilgebiet Ost (vgl. Kap. 3.4.4). Diese Unterteilung hat sich vor allem für die Berechnung einzelner Zu- und Wegflüsse als zweckmässig erwiesen. Aus der Figur 3.1 können im weiteren die Flächen der Teil- und ihrer Randgebiete entnommen werden.

3.3 Aufbau des Messstellennetzes

Der Aufbau des Messstellennetzes erfolgte unter der Leitung des Wasser- und Energiewirtschaftsamtes (WEA) des Kantons Bern sowie unter Mithilfe des Amtes für Wasserwirtschaft (AfWW) des Kantons Solothurn. Zu diesem Zweck wurden folgende Arbeiten bzw. Installationen vorgenommen:

WEA Kanton Bern

- 22 Rotationskernbohrungen mit 4 ½" - bzw. 6" - Filterrohren
- 17 Piezometer
- 11 Grundwasser-Schreibpegel
- 5 Niederschlags-Messstationen; 2 bestehende konnten zusätzlich in das Untersuchungsprogramm integriert werden.
- 18 Abfluss-Messstationen
- 32 Wasserstandsabstichpunkte

AfWW Kanton Solothurn

- 1 Niederschlags-Messstation
- 2 Grundwasser-Schreibpegel
- 4 Rotationskernbohrungen mit 4 ½" - bzw. 6" - Filterrohren
- 3 Abfluss-Messstationen

Zusätzlich konnten 25 bestehende Bohrungen und Brunnen (teilweise mit Schreibpegel ausgerüstet) ins Messstellennetz eingegliedert werden.

Für Vergleichszwecke wurden namentlich auch die jüngeren, d.h. die bis zum Erscheinen des vorliegenden Berichtes neu erstellten Grundwasseraufschlüsse, berücksichtigt.

Das gesamte Messstellennetz ist aus der Beilage 1 ersichtlich.

3.4 Erhebung und Auswertung der Messdaten

3.4.1 Niederschlag

Erhobene Messdaten

Innerhalb des Untersuchungsgebietes sind keine Niederschlags-Messstationen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt Zürich (SMA) vorhanden. In unmittelbarer Nähe befinden sich jedoch die SMA-Stationen Balsthal (seit 1901), Balmberg (seit 1974) und Wynau (seit 1979), die alle mit Tagestotalisatoren ausgerüstet sind. Weil diese Stationen nicht ohne weiteres für das Untersuchungsgebiet repräsentativ sind, wurden einige zusätzliche Messstationen eingerichtet. Die besonderen topographischen Verhältnisse machten es nötig, das Niederschlagsgeschehen nicht nur im Gebiet des Grundwasserbeckens, sondern auch in den Randgebieten, vor allem an den Jurahängen, zu erfassen.

Tabelle 3.1: Niederschlags-Messstationen

Ort	Koordinaten	WEA- Ordnungs- nummer.	Höhe	Beobachtungsdauer
Balmberg (SMA)	607.750/234.980	K	1075	1974-
Balsthal (SMA)	619.250/240.860	619/240.1 D	497	1883-
Wynau (SMA)	626.400/233.860	K	422	1979-
Olten (SMA)	634.530/243.750	K	412	1968-1985
Hintere Schmiedenmatt	611.270/236.400	611/236.1M	971	22.12.1977-
Attiswil/Im Guggel	614.300/232.250	614/232.1P	465	03.10.1976-
Rumisberg	615.410/234.800	615/234.3P	635	30.01.1976-21.05.1979
Schwängimatt	617.950/237.970	617/237.7M	1000	02.04.1976-01.08.1976
Niederbipp/Guggelhof	618.060/235.880	618/235.5M	620	17.02.1976-
Niederbipp/Ränkholz	619.290/234.460	619/234.14M	460	17.02.1976-
Oensingen, Hinterberg	621.350/238.180	621/238.4P	535	1974-

K = Klimastation
D = Tagestotalisator

M = Monatstotalisator
P = Pluviograph

Tabelle 3.1 gibt eine Uebersicht über die Niederschlags-Messstationen. Einige Messreihen weisen während der Untersuchungsperiode, vor allem in den Jahren 1976 - 1978, z.T. erhebliche Lücken auf.

In Tabelle 3.2 sind die jährlichen Niederschlagssummen der wichtigsten Stationen angegeben (Situation Fig. 3.3). Wie erwartet zeigt sich, dass an den Jurahängen (Balmberg, Niederbipp/Guggelhof und Oensingen) im allgemeinen höhere Niederschlagssummen verzeichnet werden als in den tieferen ebenen Gebieten (Balsthal, Wynau, Attiswil/Im Guggel und Niederbipp/Ränkholz).

Tabelle 3.2: Jährliche Niederschlagssummen

Niederschlags- Messstation	Höhe (m ü.M.)	Niederschlagssumme (mm)						
		1976	1977	1978	1979	1980	1976-1980	1977-1980
Balsthal	497	871	1209	889	1193	1055	1043	1087
Balmberg	1075	1077	1618	1452	1558	1516	1444	1536
Wynau	422	-	-	-	1177	1134	-	-
Olten	412	746	1224	1060	1224	1136	1078	1161
Attiswil/Im Guggel	465	730 ²⁾	1170	1071	1203	1091	1053	1134
Niederbipp/Guggelhof	620	1)	1)	970	1230	1192	-	-
Niederbipp/Ränkholz	460	730	1221	1001	1157	1112	1044	1123
Oensingen/Hinterberg	535	-	1337	1101	1208	1158	-	1201

1) Messreihe lückenhaft

2) Wert von Niederbipp/Ränkholz eingesetzt

Langjährige Mittelwerte

Die durchschnittliche Niederschlagssumme der SMA-Station Balsthal weicht in der Untersuchungsperiode 1976 - 1980 mit 1043 mm wenig von den langjährigen Durchschnittswerten ab.

- SMA-Norm (1901 - 1960) : 1047 mm
- 1901 - 1980 : 1039 mm
- 1951 - 1980 : 1016 mm

Der 5-Jahresdurchschnittswert entspricht somit dem langjährigen Mittel. Zieht man alle Stationen in Betracht, so weisen das Jahr 1976 sehr trockene, das Jahr 1978 trockene, das Jahr 1980 durchschnittliche und die Jahre 1977 und 1979 dagegen sehr nasse Verhältnisse auf.

Kurzfristige Schwankungen

Für kurzfristige Betrachtungen müssen Daten aus einem im Untersuchungsgebiet stationierten Tagestotalisator oder Pluviographen vorliegen. Die instationäre Grundwasserbilanzierung in 6.5 basiert deshalb auf den Aufzeichnungen des Pluviographen Attiswil/Im Guggel (614/232.1P).

Korrelationsrechnungen zeigten eine enge Beziehung zwischen dem Niederschlagsgeschehen im Grundwasserbecken der Jahre 1979 und 1980 und der SMA-Station Wynau. Diese Station dürfte das Niederschlagsgeschehen für das Grundwasserbecken auch in Zukunft genügend genau repräsentieren, so dass auf die kantonalen Niederschlagsmessstationen verzichtet werden kann.

Gebietsniederschlag im Grundwasserbecken

Für die Grundwasserneubildung aus Niederschlag interessiert vor allem die massgebende mittlere Niederschlagshöhe, der sogenannte Gebietsniederschlag. Die Niederschlagshöhen im Grundwasserbecken weichen während der Untersuchungsperiode (1976 - 1980) nur geringfügig von denjenigen der SMA-Station Balsthal ab. Der Mittelwert 1976 - 1980 für die Stationen Niederbipp/Ränkholz und Attiswil/Im Guggel ist etwa gleich gross wie für Balsthal (Abweichung - 3 %). Ein langfristiger Vergleich mit den Niederschlagsmessungen der seit 1979 bestehenden SMA-Station Wynau ist aufgrund der erst kurzen Beobachtungsdauer vorerst noch nicht möglich.

Gebietsniederschlag in den Randgebieten

Von den zahlreichen Verfahren, mit denen der Gebietsniederschlag in den Randgebieten ermittelt werden kann, drängt sich dasjenige der hypsometrischen Kurven auf, weil der überwiegende Teil der Randgebiete grosse Höhenunterschiede aufweist und einheitlich exponiert ist (Südosten). Die hypsometrische Kurve ist eine Summenkurve und gibt an, wie die Fläche eines Gebietes über die einzelnen Höhenstufen verteilt ist. Figur 3.2 A zeigt die hypsometrischen Kurven für das Grundwasserbecken, für die Randgebiete sowie für das gesamte Untersuchungsgebiet.

Im weiteren ist es notwendig, die Niederschlagsverteilung über die einzelnen Höhenstufen zu kennen. Wie Figur 3.2 B zeigt, lassen sich die vorhandenen Niederschlagsmessungen in linearer Abhängigkeit zur Meereshöhe darstellen. Bei ca. 620 m ü.M., was der mittleren Höhe der Randgebiete entspricht, ist eine Änderung des Gefälles zu verzeichnen. Bei dieser Höhe erreicht der Niederschlag etwa 1210 mm/Jahr. Ein Vergleich mit anderen Autoren (SCHUEPP et al. 1978) zeigt, dass die Korrelation Niederschlag/Höhe je nach Lage ändern kann (Fig. 3.2 C). Die Grössenordnung der Niederschlagskorrektur (Zusatz zu den gemessenen Werten) ist nach Lage auch angegeben. Die Lage der Messstationen ist somit sehr wichtig. Für den Gebietsniederschlag in den Randgebieten kann eine entsprechende Variationsbreite von ca. $\pm 15\%$ angenommen werden.

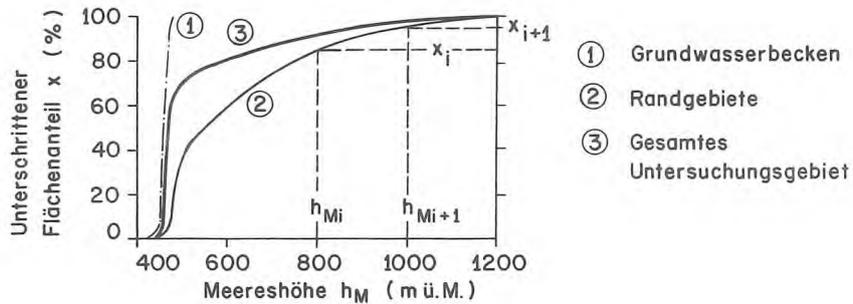
Tabelle 3.3: Jahressummen des Gebietsniederschlages in den Randgebieten

Jahr	1976	1977	1978	1979	1980	1976-1980
Gebietsniederschlag Randgebiete (mm)	846	1317	1084	1265	1194	1141

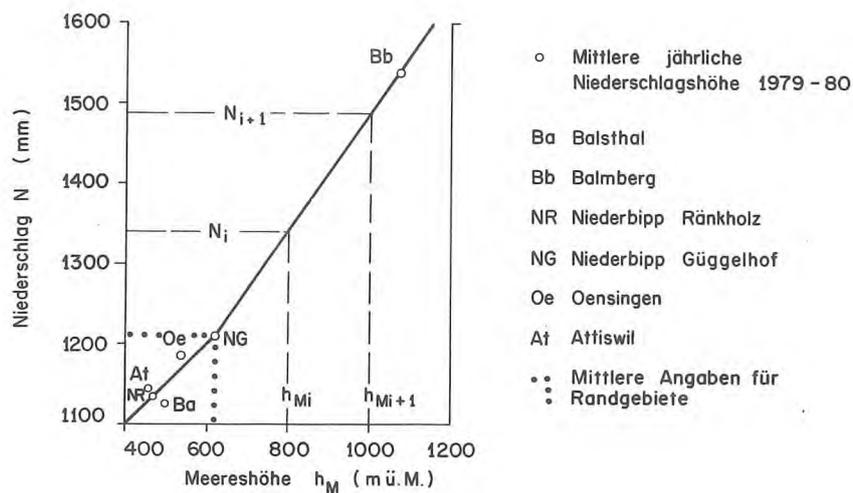
Tabelle 3.3 gibt die Jahressummen des Gebietsniederschlages in den Randgebieten wieder. Der Mittelwert für die Jahre 1976 - 1980 ist gegenüber demjenigen von Balsthal (vgl. Tab. 3.2) um 70 mm (rund 7 %) grösser, gegenüber demjenigen von Balmberg um 300 mm (rund 21 %) kleiner. Näherungsweise liegt der Gebietsniederschlag in den Randgebieten 10 % über der Niederschlagshöhe von Balsthal.

Figur 3.2: Bestimmung des Gebietsniederschlages anhand der hypsometrischen Kurve

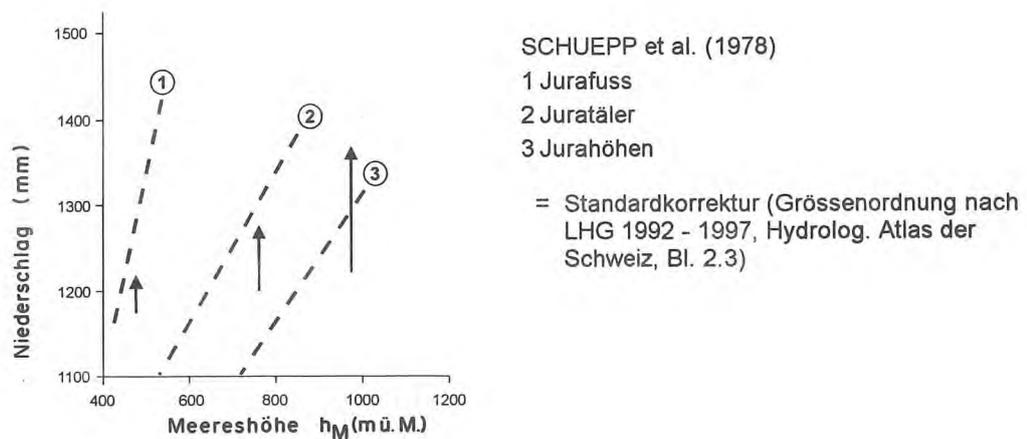
A) Hypsometrische Kurven



B) Abhängigkeit des Niederschlages von der Meereshöhe



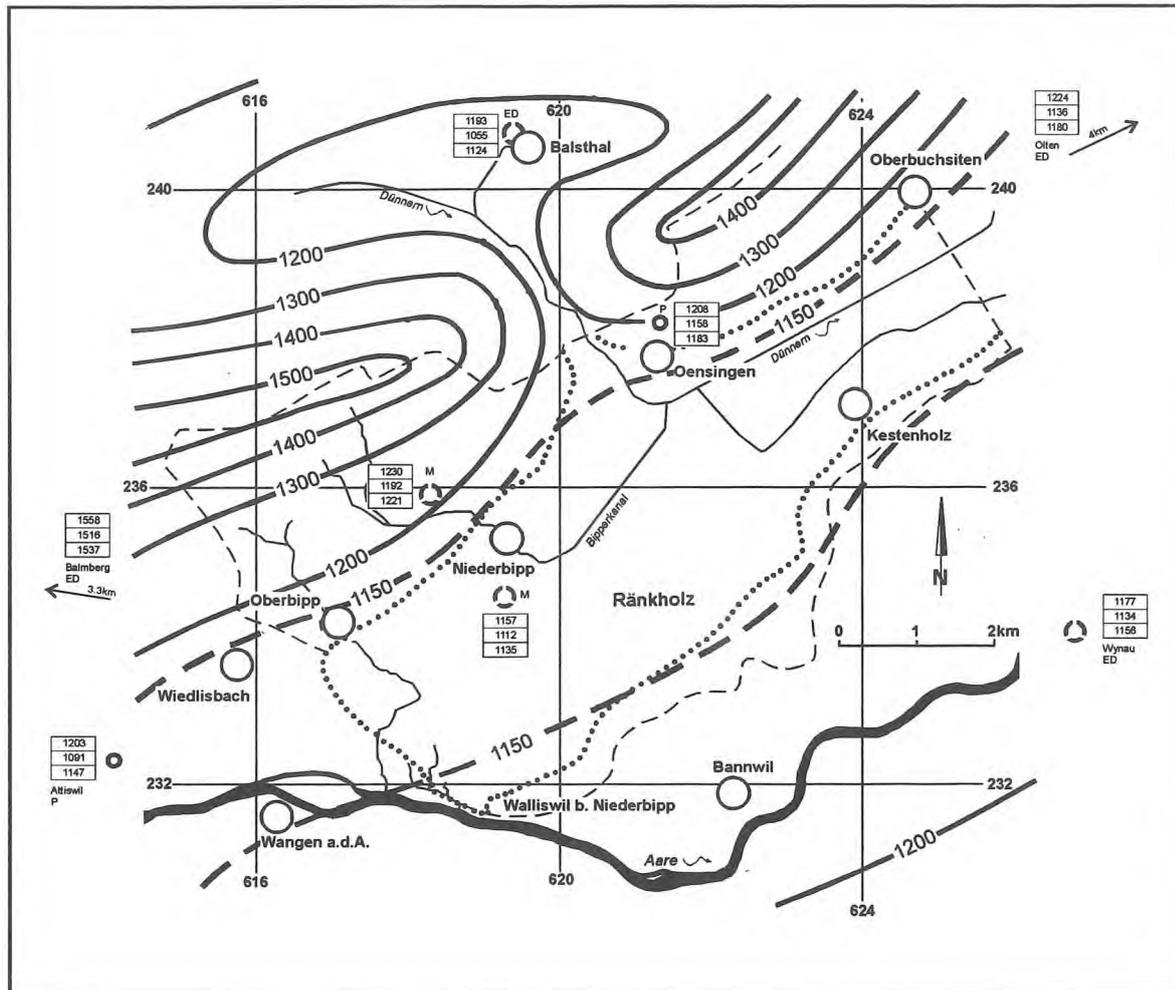
C) Abhängigkeit des Niederschlages von der Meereshöhe



Isohyetenkarte

Für die Bilanzierungsperiode 1979 - 1980 wurden die Isolinien der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen in Figur 3.3 als sogenannte Isohyetenkarten dargestellt. Die Isohyeten verlaufen mehr oder weniger entlang der topographischen Höhenkurven. Sie verdeutlichen nochmals die signifikante Zunahme der Niederschlagshöhe mit der Meereshöhe im Juragebirge.

Figur 3.3: Isolinien der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen 1979 - 1980
(vgl. auch langjährige Isohyeten des Hydrologischen Atlas der Schweiz in LHG 1992 - 1997)



Niederschlagsmessstationen:

- D Tagestotalisator
- M Monatstotalisator
- P Pluviograph
- E Eidg. Messstation (SMA)

— Linie gleicher Niederschläge
 — Gemessene Jahressummen

1157	1979
1112	1980
1135	Mittelwert

3.4.2 Klimadaten

Klimadaten mussten vor allem im Hinblick auf die direkte und indirekte Grundwasserneubildung (vgl. Kap. 4.9 und 4.10) bereitgestellt werden. Insbesondere wurden Grundlagendaten benötigt, um die Verdunstung zu berechnen. Zusätzlich waren weitere Angaben wie z.B. Rücklage und Aufbrauch der Schneedecke erforderlich. Da im Untersuchungsgebiet selbst keine Klimastation betrieben wurde, musste auf die benachbarten SMA-Klimastationen Olten und Balmsberg zurückgegriffen werden. Die klimatischen Verhältnisse von Olten dürften zumindest aufgrund der ähnlichen topographischen Lage und des Niederschlagsgeschehens als repräsentativ auch für die ebenen Gebiete des Bipperramtes/Gäu betrachtet werden. In den Randgebieten sind die klimatischen Verhältnisse - wie beim Niederschlag - stark abhängig von der Meereshöhe. Sie mussten aus den Aufzeichnungen der Stationen Olten und Balmsberg hergeleitet werden, welche etwa den Grenzwerten der Randgebiete entsprechen dürften.

Bestimmung der Verdunstung

Bei der Verdunstung (Summe aus Evaporation, Transpiration und Interzeption) ist bekanntlich zu unterscheiden zwischen potentieller (grösstmöglicher) und aktueller (tatsächlicher) Verdunstung. Weil aus den Berechnungsformeln in der Regel potentielle Verdunstungshöhen resultieren, müssen diese für die Grundwasserneubildung aus Niederschlag auf aktuelle umgerechnet werden. Dies geschieht zweckmässig dadurch, dass der Bodenwasserhaushalt in die Verdunstungsrechnung mit einbezogen wird (vgl. Kap. 4.9).

Die potentielle Verdunstung V_{pot} wurde mit der Formel von HAUDE (1952) ermittelt, weil diese einfach zu handhaben ist und zumindest langfristig gute Resultate liefert.

$$V_{pot} = x P_{14} \left(1 - \frac{U_{14}}{100} \right) \quad (\text{mm})$$

- x : Monatskoeffizient (Tab. 3.4)
- P_{14} : Sättigungsdampfdruck der Luft um 14 h (mm Hg)
- U_{14} : Relative Luftfeuchtigkeit um 14 h (%)

Für die Schweiz können anstelle der Werte von 14 h die von der SMA publizierten Werte von 13 h verwendet werden (die Formel von HAUDE wurde für die Verhältnisse in Deutschland abgeleitet).

Die Erfahrung im Emmental (WEA 1983) hat gezeigt, dass im Schweizer Mittelland die Klimaverhältnisse anders sind als in Deutschland. Daher wurde die Formel von HAUDE (1952) modifiziert, indem für die Sommermonate Mai, Juni, Juli eine erhöhte Verdunstung mit je $x = 0.44$ angesetzt wurde.

Tabelle 3.4: Monatskoeffizienten für die Verdunstungsbestimmung nach HAUDE (1952)

Monat	Monatskoeffizient x
Oktober - Februar	0.26
März	0.33
April	0.39
Mai	0.39
Juni	0.37
Juli	0.35
August	0.33
September	0.31

Gebietsverdunstung

Analog zum Gebietsniederschlag ist die Gebietsverdunstung definiert als mittlere Verdunstungshöhe eines Gebietes. Die Gebietsverdunstung wurde wiederum gesondert für das Grundwasserbecken bzw. für die Randgebiete berechnet.

Gebietsverdunstung im Grundwasserbecken

Die potentielle Gebietsverdunstung im Grundwasserbecken wurde mit der modifizierten Formel von HAUDE, basierend auf den Klimadaten der SMA-Station Olten, berechnet. Die jährlichen Verdunstungshöhen 1976 bis 1980 sind in Tabelle 3.5 angegeben.

Gebietsverdunstung in Randgebieten

Vorerst wurde die potentielle Verdunstung je für die SMA-Station Olten und Balmberg wie oben berechnet. Für die mittlere Höhe der Randgebiete (620 m ü.M.) lässt sich unter der Annahme, dass die mittlere Lufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit mit der Meereshöhe linear ändern, die mittlere, potentielle Verdunstungshöhe linear interpolieren (vgl. Tab. 3.5).

Tabelle 3.5: Jährliche potentielle Verdunstungshöhen

	Höhe (m ü.M.)	Verdunstungshöhen (mm/a)					
		1976	1977	1978	1979	1980	1976-1980
Grundwasserbecken	416	614	483	553	574	476	540
Randgebiete	620	558	436	513	507	426	488

Die WEA-Untersuchungen (WEA 1983) im Emmental haben gezeigt, dass die Formel von HAUDE grössere Werte für die Verdunstung liefert als die Formeln von PENMANN (- 12 %) und PRIMAULT (- 40 %). PASQUIER (in Vorb.) erwähnt, dass die Formel von PRIMAULT eher zu tiefe Werte für die Region Olten liefert (ca. - 25 % gegenüber der aktuellen Verdunstung).

Die aktuelle Verdunstung, V, wurde in Kap. 4.8 berechnet (Tab. 4.5).

Tabelle 3.6: Bilanzierung des Oberflächenabflusses

Oberflächen- gewässer ¹⁾	Ort	WEA- Bezeich- nung	Datum	Abfluss- menge l/s	Infil- trations- menge l/s												
Dorfbach, Oberbipp	Oberbipp, Dorf	616/234.11				22.06.76	4		14.10.76	5		10.03.77	77		29.06.77	66	
Ueberlauf in Naturschutz- teich	Oberbipp, Erlimoos	616/233.6				22.06.76	3		14.10.76	0		10.03.77	3		29.06.77	0	
Dorfbach, Oberbipp	Oberbipp, Siechenmatte	616/234.12	08.04.76	31		22.06.76	2	+ 1 ²⁾	14.10.76	7	+ 2 ²⁾	10.03.77	103	+ 23 ²⁾	29.06.77	66	0
Dorfbach, Oberbipp	Oberbipp, Pfaffental	618/233.37	08.04.76	22	-9		0	+ 2		0	-7	10.03.77	78	-25	29.06.77	54	-12
Bipperkanal	Niederbipp	619/234.14	09.04.76	12		22.06.76	5		14.10.76	0		10.03.77	63		29.06.77	26	
Einlauf ARA Niederbipp	Niederbipp, Vor em Ban	620/235.20	09.04.76	~ 17		22.06.76	16		14.10.76	20		10.03.77	25		29.06.77	18	
Einlauf TELA Niederbipp	Niederbipp, Moosmatten	620/235.21	09.04.76	3		22.06.76	1		14.10.76	10		10.03.77	1		29.06.77	8	
Bipperkanal	Oensingen, Dünnern	621/237.2	09.04.76	17	~ -15	22.06.76	8	-14	14.10.76	14	-16	10.03.77	72	-17	29.06.77	37	-15

1) Dünnern - Messkampagne siehe Kap. 4.2

2) Ueberschuss vermutlich durch einen nicht erfassten Schmutzwassereinlauf bedingt

3.4.3 Oberflächengewässer

Wasserstands-Abstichpunkte

Wasserstands-Abstichpunkte wurden an den kleinen Bächen, die von den Jurahängen ins Grundwasserbecken fließen, sowie an den Grundwasseraustritten im Gebiet Walliswil b. Niederbipp erstellt. Als Pegelmessstellen dienten sie dazu, den Wasserspiegel der Oberflächengewässer im Zusammenhang mit Abfluss-Messungen zu beobachten. Bei Simultanmessungen des Grundwasserspiegels wurden sie einbezogen, um Aufschluss über den Verlauf der Spiegelisohypsen im Bereich der Quellbäche zu erhalten. Die Lage der Wasserstands-Abstichpunkte im Exfiltrationsgebiet Walliswil b. Niederbipp geht aus Figur 3.4 hervor. Die Abstichpunkte an den Jurabächen sind im Zwischenbericht (WEA 1978) dokumentiert.

Abfluss-Messstellen

Im Untersuchungsgebiet wurden 14 Abfluss-Messstellen (in Kombination mit einem Wasserstands-Abstichpunkt, vgl. WEA 1978), an den Bächen der Jurahänge und am Bipperkanal errichtet. Während der Untersuchungsperiode wurden an diesen Bächen insgesamt 5 Abfluss-Messkampagnen (Flügel- und Tauchstabmessungen) durchgeführt. Ziel dieser Messungen war ausschliesslich, die Infiltration der Oberflächengewässer festzustellen. Die gemessenen Abflüsse sind in der Tabelle 3.6 bilanziert.

Abfluss-Messstationen

Die während der Untersuchungsperiode betreuten Abfluss-Messstationen sind in Tabelle 3.7 zusammengestellt bzw. in Beilage Nr. 1 eingezeichnet.

Tabelle 3.7: Abfluss-Messstationen

Gemeinde, Flurname	WEA- Ordnungs- nummer	Koordinaten		Pegel- Nullpunkt (m ü.M.)	Kontinuierliche Aufzeichnungen	Betreuung/ Dokumentation
		Y (m)	X (m)			
Mühlebach, Walliswil b. Niederbipp	618/231.64	618.655/231.650		-	01.01.-31.12.1978	Werner
Dünnern, Balsthal	618/239.3	618.890/239.600		477.57	01.01.1979-	AfWW Solothurn
Augstbach, Balsthal	619/240.2	619.120/240.310		489.01	01.01.1979-	AfWW Solothurn
Mittelgäubach, Oensingen	622/236.2	622.300/236.720		451.65	01.01.1979-	AfWW Solothurn

Die einzige Abfluss-Messstation auf bernischem Gebiet wurde am Mühlebach, Walliswil b. Niederbipp (618.321/64) betrieben. Trotz anfänglicher Schwierigkeiten infolge intermittierender Wasserführung war es möglich, den Wasserstand im Jahre 1978 störungsfrei aufzuzeichnen und die Ganglinie der Abflussmenge zu ermitteln (vgl. Kap. 4.8).

Die Wasserstände der drei Messstationen im Kanton Solothurn werden seit 1979 kontinuierlich aufgezeichnet, zu Jahrbuchblättern verarbeitet und im Hydrographischen Jahrbuch des Kantons Solothurn veröffentlicht (vgl. AfWW 1979). Seit 1980 werden auch die Abflussmengen tabellarisch dargestellt.

3.4.4 Grundwasser

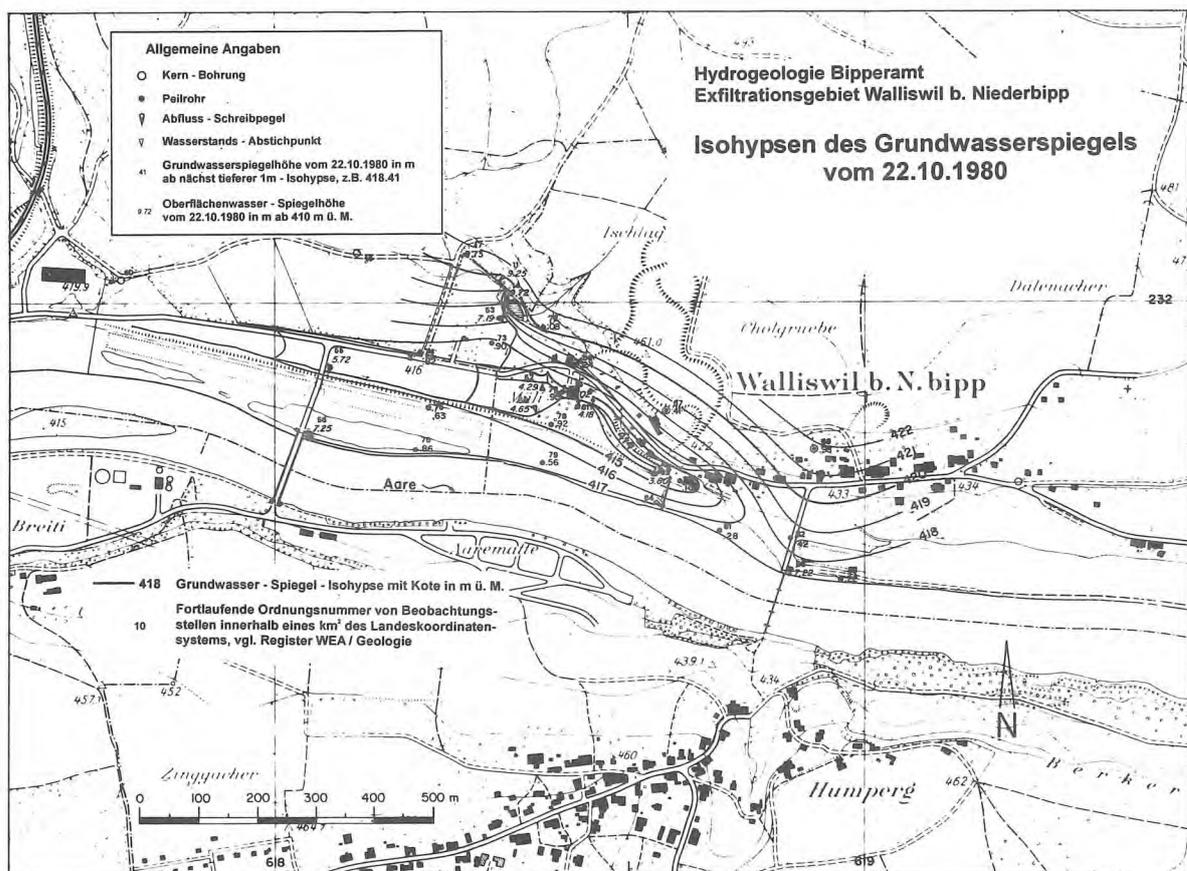
Beobachtungspunkte

Der Aufbau des Grundwasser-Messstellennetzes (vgl. **Beilage 1 Isohypsen des Grundwasserspiegels vom 4.1.1979 (Mittelwasserstand)** und Kap. 3.3) erfolgte unter Berücksichtigung folgender Kriterien:

- Gleichmässige Verteilung der Beobachtungspunkte
- Einbezug aller geeigneten, bestehenden Anlagen
- Verdichtung des Messstellennetzes in Gebieten, wo die Grundwasserspiegelfläche genauer erfasst werden muss (Walliswil b. Niederbipp und Klus Balsthal).

Das Netz der Beobachtungspunkte im Grundwasserbecken umfasste 1980 über 35 Bohrungen und 15 Schacht- oder Vertikalfilterbrunnen. Im Exfiltrationsgebiet Walliswil b. Niederbipp wurde die Grundwasser-Spiegelfläche zusätzlich mit 15 Peilrohren und 18 Wasserstands-Abstichpunkten erschlossen. Die Lage der Beobachtungspunkte geht aus Beilage 1 und Figur 3.4 hervor.

Figur 3.4: Isohypsen des Grundwasserspiegels im Exfiltrationsgebiet von Walliswil b. Niederbipp vom 22.10.1980



Simultanmessungen

Die insgesamt 9 Simultankampagnen (vgl. Tab. 3.8) dienten der Abklärung folgender Fragen:

- Konstruktion der Isohypsen des Grundwasserspiegels
- Erweiterung und Verdichtung des Messstellennetzes
- Lokale Untersuchungen
- Ausgangspotentiale für die stationäre Modelleichung

Tabelle 3.8: Grundwasserspiegel-Messkampagnen

Datum	Ort	Grundwasserspiegelstand	Anzahl Beobachtungspunkte
23.06.1976	Bipperamt	tief	29
13.10.1976	Bipperamt	tief	33
24.02.1977	Bipperamt	tief	32
04.03.1977	Bipperamt	Anstieg	28
27.04.1977	Bipperamt	mittel	28
04.01.1979	Bipperamt/Gäu	tief-mittel	72
20.04.1979	Bipperamt/Gäu	mittel-hoch	70
09.10.1980	Walliswil b. Niederbipp	mittel	28
22.10.1980	Walliswil b. Niederbipp	mittel-hoch	28

Die ersten 5 Simultanmessungen beschränkten sich auf den Raum des Bernischen Bipperamtes. Die Isohypsenkarten vom 13.10.1976 und 04.03.1977 sind in den Zwischenberichten erschienen (WEA 1976 und 1977). Nach der Erweiterung des Messstellennetzes (vor allem im Kanton Solothurn) wurden 1979 im gesamten Untersuchungsgebiet nochmals zwei Simultanmessungen vorgenommen. Diejenige vom 04.01.1979 bildete die Grundlage für die stationäre Modelleichung (vgl. Kap. 6). Beilage 1 zeigt die Isohypsen des mittleren Grundwasserspiegels, welche auf dieser Simultanmessung basieren.

Strömungsverhältnisse

Die Isohypsen des Grundwasserspiegels zeigen: Das Grundwasservorkommen wird, abgesehen von der direkten Regeninfiltration, vorwiegend aus Nordwesten (Jurahänge, Wiedlisbacher Sackungsgebiet, Klus Balsthal) und untergeordnet aus Südosten (Längwald) gespeist. Die Abströmung erfolgt in zwei Richtungen: Nach Nordosten gegen Kestenholz und Olten und nach Süden gegen Walliswil b. Niederbipp.

Die Spiegelgefälle sind im allgemeinen, besonders aber im zentralen Teil des Grundwasserleiters, sehr klein ($< 0.5 \text{ ‰}$) und variieren jahreszeitlich. Sie erschweren stellenweise, die Strömungsrichtung eindeutig festzulegen.

Im Gebiet der Kantonsgrenze verläuft der Grundwasserspiegel meist horizontal und teilt damit, als Wasserscheide, das Grundwasservorkommen.

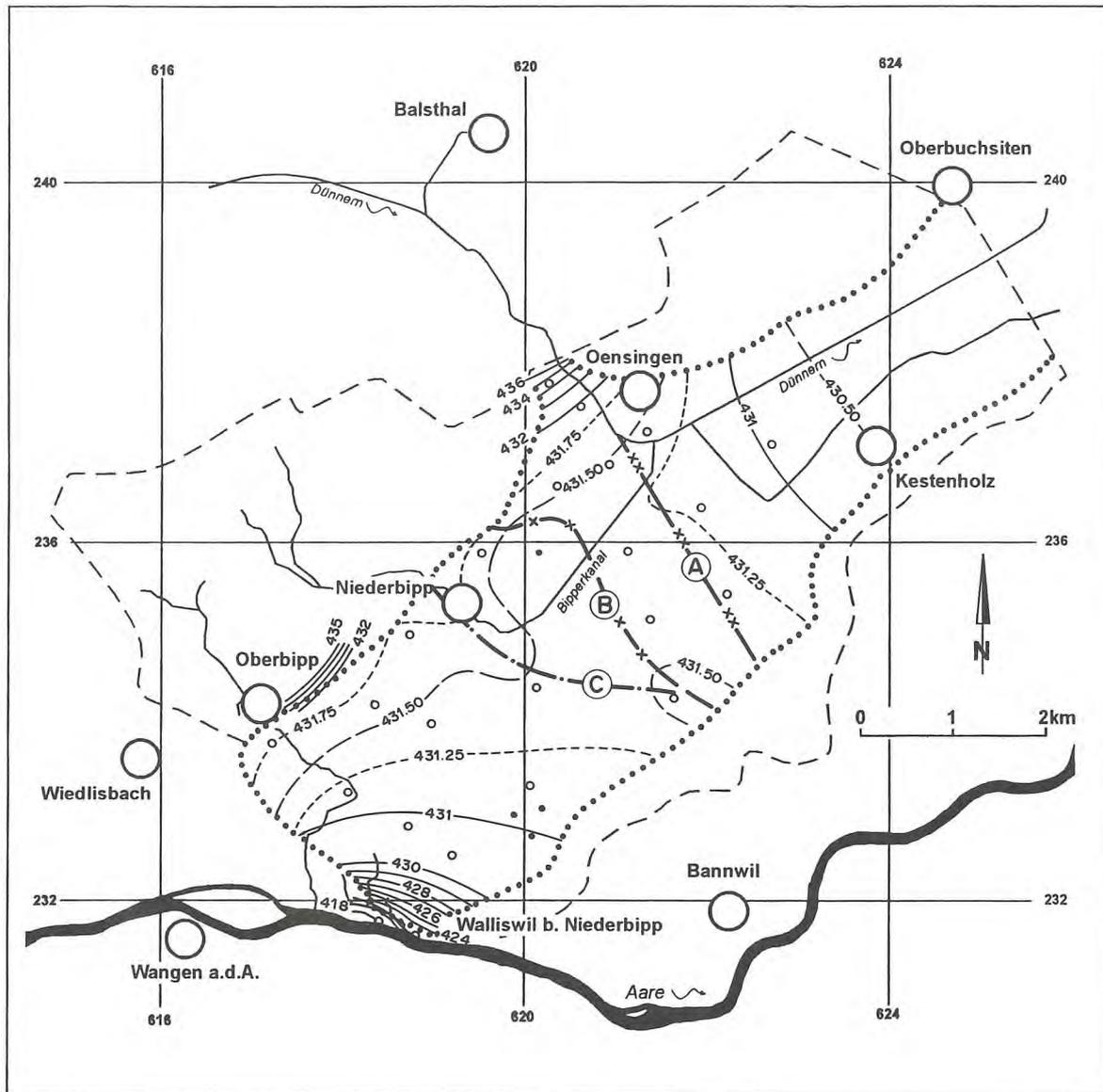
Das Grundwasservorkommen wird dadurch in die Teilgebiete West und Ost aufgeteilt, welche als unabhängige Bilanzierungskörper betrachtet werden können. Die Lage der Wasserscheide ändert je nach Grundwasser-Spiegelstand. Je tiefer der Grundwasserspiegel sinkt, umso mehr verschiebt sich die Wasserscheide in das Bernische Kantonsgebiet hinein. Zwischen Hoch- und Tiefstand bewegt sich die Wasserscheide innerhalb eines Streifens von etwa 700 m Breite im Südostteil und von etwa 1500 m Breite im Nordwestteil (Niederbipp-Holzhäusern). Die Lage der Wasserscheide variiert je nach hydrologischen Verhältnissen (Fig. 3.5). Für die Bilanzierung (Kap. 4) wurde eine Wasserscheide nördlich vom neuen Pumpwerk Niederbipp (619/235.1) zugrunde gelegt (hoher Mittelstand). Die Beilage 1 zeigt dagegen eine Wasserscheide südlich des genannten Pumpwerkes bei tiefem Mittelstand.

Im weiteren wird die Grundwasser-Spiegelfläche durch zwei markante Gefällswechsel charakterisiert. Aus der Klus Balsthal fliesst das Grundwasser mit einem Gefälle von über 80 ‰ in das gefällsarme Grundwasserbecken des Gäu. Im Südwesten des Grundwasserbeckens strömt Grundwasser mit zunehmendem Gefälle (bis 30 ‰) gegen die Aare bei Walliswil b. Niederbipp und exfiltriert teilweise in die Quellbäche.

Die Grundwasseraustritte bei Walliswil b. Niederbipp bilden die Schlüsselstelle für die Bestimmung des Grundwasserabstroms aus dem Teilgebiet West. Die Grundwasser-Strömungsverhältnisse in diesem komplexen Exfiltrationsgebiet mussten deshalb mit einem dichten Messstellennetz erfasst werden. Am 9.10. und 22.10.1980 wurden an 28 Messstellen (16 Grundwasser, 12 Oberflächengewässer) zwei Simultanmessungen vorgenommen. Eine Uebersicht über die Grundwasserspiegelfläche vom 22.10.1980 vermittelt Figur 3.4. Die Grundwasserkarte unterstreicht auch die - bisher nur vermutete - Infiltration von Aarewasser in den linksufrigen Grundwasserleiter (vgl. Kap. 4.7). Aus dem Verlauf der Grundwasserisohypsen ist weiter zu erkennen, dass ein Teil des Grundwasserstroms östlich an der Mühlebach-Senke vorbeifliesst und in die Aare exfiltriert oder diese evtl. teilweise unterströmt. Die Grundwasserströmungen werden in Kapitel 4 quantifiziert.

Im Rahmen von hydrologischen Untersuchungen für eine neue Grundwasserfassung in Walliswil b. Niederbipp wurden in diesem Gebiet umfangreiche hydrogeologische Untersuchungen durchgeführt (WERNER + PARTNER AG 1992 - 1994). Für die vorliegende Berichterstattung wurden die Ergebnisse nur insofern verwendet, als dass die Isohypsen des Grundwasserspiegels auf der Beilage 1 in diesem Gebiet neu angepasst worden sind.

Figur 3.5: Lage der Wasserscheide bei Hochständen (nach PASQUIER 1986, modifiziert)



- (A)—xx— Anstiegsphase (14.3.1977, WEA 1977)
- (B)—x— Früh-Hochstand (19.3.1980, WEA 1980)
- (C)—...— Spät-Hochstand (8.4.1980, PSAQUIER 1986)
- mit Isohypsen vom 8.4.1980
- Werte gemessen
- Werte interpoliert

Tabelle 3.9: Grundwasser-Schreibpegel Bipperamt

	WEA- Ordnungs- nummer	Feld-Bez.	Koordinaten		Abstich- punkt (m ü.M.)	Beobachtungs- dauer	Betreuung
			Y (M)	X (M)			
Oberbipp, Lerchen, am Bach	617/233.30	GAB09	617395/233780		469.14	04.06.76-31.12.81	WEA
Oberbipp, Säget	617/234.16	GAB05	617515/234460		480.27	30.04.76-	WEA
Walliswil b. Niederbipp, Oberli	618/231.65	GAB15	618910/231745		439.11	08.02.79-	WEA
Walliswil b. Niederbipp, Mühli	618/231.66	GAB25	618510/231900		419.54	08.02.79-31.12.81	WEA
Oberbipp, Längwald, Dälenbaan	618/232.9	GAB13	618790/232845		487.63	14.10.76-	WEA
Oberbipp, Pfaffental	618/233.34	GAB06	618190/233250		445.36	30.04.76-31.12.81	WEA
Oberbipp, Pfaffental	618/233.35	GAB07	618187/233250		445.24	30.04.76-31.12.81	WEA
Niederbipp, Unterführung	618/234.5	GAB10	618780/234915		465.18	22.06.76-31.12.81	WEA
Oberbipp, Ränkholz	618/234.6	GAB18	618460/234185		468.90	08.02.79-31.12.81	WEA
Oberbipp, Längwald	619/232.4	GAB12	619290/232545		489.40	16.09.76-31.12.81	WEA
Niederbipp, Linisacher	619/233.2	GAB08	619060/233970		468.99	19.05.76-	WEA
Niederbipp, Neues PW	619/235.1	GAF01	619830/235440		463.90	51-	WV Niederbipp
Niederbipp, Bahndamm, SE Niderfeld	619/235.2	GAB11	619605/235805		466.10	09.09.76-	WEA
Niederbipp, TELA	619/236.1	GAF11	619995/236065		462.45	11.03.75-	TELA
Oensingen, PW Gärbimatt	619/238.3	GAF09	619975/238555		472.26	09.08.76-	WV Oensingen
Oberbipp, Längwald	620/233.12	GAB57	620140/233290		474.07	16.07.75-	BKW
Niederbipp, Holzhäusern Ausfahrt Autobahn	620/234.25	GAB53	620240/234370		464.68	30.01.76-31.12.81	WEA
Niederbipp, Rotboden	620/236.14	GAB17	620445/236540		457.97	08.02.79-31.12.81	WEA
Oensingen, Pumpwerk Minder	620/237.1	GAF07	620712/237404		460.77	06.09.76-	AfWW SO
Oensingen, Von Roll	620/237.2	GAB21	620375/237660		464.51	08.04.79-	AfWW SO
Oensingen, PW Badmatt	620/238.2	GAF08	620248/238042		465.81	52-	WV Oensingen
Niederbipp, Waldkilchenfeld	621/234.1	GAB61	621660/234235		459.53	04.06.76-31.12.81	WEA
Niederbipp, Walkmatt	621/235.6	GAB14	621200/235840		456.09	14.12.76-	WEA
Niederbipp, Martisacher	621/235.7	GAB19	621445/235100		457.73	08.02.79-31.12.81	WEA
Oensingen, PW Moos	621/236.1	GAF03	621003/236790		458.10	09.04.78-	WV Oensingen
Oensingen, Gmeinmatten	621/236.25	GAB20	621960/236320		454.38	08.02.79-31.12.81	WEA
Oensingen, Werkhof	621/237.3	GAB22	621390/237130		460.46	01.01.79-	AfWW SO
Oensingen, VEBO	621/237.4	OEVB1	621110/237255		458.11	14.01.81-	WERNER
Oensingen, Grube Aspisholz	622/235.2	GAP01	622220/235370		438.55	12.04.76-	AfWW SO
Oensingen, Breifeld	622/236.1	GAB23	622690/236985		451.47	01.01.79-	AfWW SO
Kestenholz, Länggassacher	623/237.1	GAB24	623820/237680		447.35	01.01.79-31.12.81	AfWW SO
Niederbuchsiten, PW	625/238.1	GAF13	625100/238700		441.49	01.01.77-	WV Niederbuchsiten
Oberbuchsiten, PW	625/239.1	GAF14	625000/239350		442.12	45-	WV Oberbuchsiten

Schreibpegelaufzeichnungen

Praktisch auf sämtlichen WEA-Bohrungen, welche den Grundwasserspiegel erschliessen, und den Bohrungen des AfWW Solothurn, wurden Schreibpegel installiert. Zusätzliche Schreibpegel sind teilweise schon seit längerer Zeit in den Pumpwerken Niederbipp (neues PW), Oensingen (Moos, Minder, Badmatt, Gärbimatt, Grube Aebisholz), Kestenholz, Nieder- und Oberbuchsiten sowie auf früher abgetieften Bohrungen vorhanden. Die Beobachtungsdauer der Schreibpegel geht aus Tabelle 3.9 hervor.

Die Messstreifen sämtlicher Schreibpegel wurden laufend digitalisiert, mit dem Computer ausgewertet und zu Jahrestabellen und Ganglinien verarbeitet.

Im folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der Auswertungen dargestellt.

Ganglinien

Einige Ganglinien, welche gewisse Teilgebiete des Grundwasserleiters repräsentativ charakterisieren, sind in Fig. 6.6 und Fig. 6.7 abgebildet. Der jahreszeitliche Verlauf in den Jahren 1977 - 1980 ist geprägt von einem massiven Grundwasserspiegelanstieg im Spätwinter/Frühjahr und einer anschliessenden, kontinuierlichen Grundwasserspiegelabsenkung bis zum Jahresende. Der Spiegelrückgang ist meistens etwa gleich gross wie der Spiegelanstieg und beträgt generell 2 - 3 m. Einzig im Trockenjahr 1976 konnte praktisch kein Anstieg festgestellt werden. Im Anschluss an den ausgedehnten Spiegelrückgang wurden im Winter 1976/1977 die tiefsten Grundwasserstände der Beobachtungsperiode gemessen.

Zu beachten ist, dass östlich von Oensingen die Grundwasseranstiege eher früher einsetzen und kumulieren als westlich. Die zeitliche Verschiebung variiert zwischen 3 und 10 Wochen und hängt u.a. vom Flurabstand ab (vgl. Kap. 4.9.4).

Bei den Ganglinien, die den Grundwasserspiegelverlauf in der Klus Balsthal charakterisieren, treten Extremwerte häufiger und zu anderen Zeiten auf als im Grundwasserbecken. Ausserdem sind die Ganglinienamplituden etwa doppelt so gross. Die Gangliniencharakteristik weist u.a. auf eine Infiltration aus der Dünnern hin, allerdings kann auch eine Direktspeisung aus dem Jurakarst nicht ausgeschlossen werden.

Mittel- und Extremwerte

In den Tabellen 3.10 und 3.11 sind die Jahresmittel der Grundwasserstände bzw. die Extremwerte für die angegebenen Messperioden dargestellt.

Aus der Tabelle 3.10 ist zu entnehmen, dass die Jahresmittel der Grundwasserstände während der fünfjährigen Untersuchungsperiode 1976 - 1980 ständig zugenommen haben und 1980 beinahe 2.5 m höher liegen als 1976. Dank der Schreibpegel-Aufzeichnungen im Pumpwerk Niederbipp (619.235/1), die seit 1951 vorliegen und das Spiegelverhalten weitester Teile des Grundwasserleiters repräsentativ wiedergeben (Fig. 3.6), ist es möglich, die beobachteten Mittel- und Extremwerte in das langfristige Spiegelverhalten einzuordnen. Die wichtigsten Resultate sind in Tabelle 3.12 zusammengefasst. Man beachte, dass der Mittelwert der Periode 1976 - 1980 (429.5 m ü.M.) etwa gleich ist wie der Mittelwert 1951 - 1980. Die Niederschläge der Periode 1976 - 1980 liegen ebenfalls sehr nah an der SMA-Norm (1901 - 1960).

Der Mittelwert 1976 - 1980 kann also als Norm für Grundwasserstände (langfristiger Mittelwert) dienen. Gegenüber diesem Wert kann das Jahr 1979 als durchschnittlich betrachtet werden (Tab. 3.10).

Tabelle 3.10: Jahresmittel der Grundwasserstände aus den Schreibpegelaufzeichnungen 1976 - 1980

Gemeinde, Flurname	WEA- Ordnungsnummer	Jahresmittel der Grundwasserstände (m ü.M.)				
		1976	1977	1978	1979	1980
Oberbipp, Lerchen	617/233.30		429.14	430.47	430.00	430.73
Oberbipp, Säget	617/234/16		456.15	456.09	456.00	456.16
Walliswil b. Niederbipp, Oberli	618/231/65					422.06
Walliswil b. Niederbipp, Mühl	618/231.66					417.26
Oberbipp, Längwald	618/232.9		428.31	429.56	429.16	429.80
Oberbipp, Pfaffental	618/233.34		429.32	430.50	429.83	430.29
Oberbipp, Pfaffental	618/233.35		431.51	432.69	432.33	433.04
Niederbipp, Unterführung	618/234.5		429.13	430.43	429.96	430.67
Oberbipp, Ränkholz	618/234.6					430.64
Oberbipp, Längwald	619/232.4		428.01	429.21	428.81	429.42
Niederbipp, Linisacher	619/233.2		428.93	430.23	429.77	430.47
Niederbipp, Neues PW	619/235.1	428.00	428.98	430.25	429.74	430.47
Niederbipp, Bahndamm	619/235.2		429.12	430.44	429.98	430.68
Oensingen, PW Gärbimatt	619/238.3		467.61	466.73	467.53	466.92
Oberbipp, Längwald	620/233.12	427.81	428.66	429.96	429.50	430.19
Niederbipp, Holzhäusern	620/234.25		429.00	430.29	429.83	430.53
Niederbipp, Rotboden	620/236.14					430.66
Oensingen, PW Minder	620/237.1		429.75	430.83	430.42	431.06
Oensingen, Von Roll	620/237.2					433.29
Oensingen, PW Badmatt	620/238.2	460.75	462.57	462.04	462.42	-
Niederbipp, Waldkilchenfeld	621/234.1		429.13	430.41	429.93	430.67
Niederbipp, Walkmatt	621/235.6		428.99	430.25	429.81	430.49
Niederbipp, Martisacher	621/235.7					430.50
Oensingen, PW Moos	621/236.1	427.99	429.11	430.34	429.89	430.47
Oensingen, Gmeinmatten	621/236.25					430.33
Oensingen, Werkhof	621/237.3				429.84	430.49
Oensingen, Grube Aebisholz	622/235.2		428.89	430.15	429.72	430.38
Oensingen, Breitfeld	622/236.1				429.43	430.05
Kestenholz, Länggassacher	623/237.1				428.93	429.46
Oberbuchsiten, PW	625/239.1	426.14	427.38	428.28	428.07	428.50

Tabelle 3.11: Extremwerte der Grundwasserstände während der Messperioden

Gemeinde, Flurname	WEA- Ordnungs- nummer	Beobachtungszeit	Gemessener Wasserstand 04.01.1979 (m ü.M.)	Gemessener Wasserstand 19.03.1980 (m ü.M.)	Maximaler Wasserstand (m ü.M.)	Datum	Minimaler Wasserstand (m ü.M.)	Datum
Oberbipp, Lerchen	617/233.30	04.06.76-31.12.80	429.19	431.83	431.86	21.03.80	426.92	01.02.77
Oberbipp, Säget	617/234/16	30.04.76-31.12.80	455.57	456.76	547.64	31.03.78	455.16	08.11.76
Walliswil b. Niederbipp, Oberli	618/231/65	08.02.79-31.12.80	421.47	422.31	422.37	03.04.80	421.47	04.01.79
Walliswil b. Niederbipp, Mühli	618/231.66	08.02.79-31.12.80	417.24	417.28	417.48	18.08.79	417.23	0.01.80
Oberbipp, Längwald, Dälenbaan	618/232.9	14.06.76-31.12.80	428.52	430.72	430.76	23.03.80	426.28	10.01.77
Oberbipp, Pfaffental	618/233.34	30.04.76-31.12.80	428.95	431.27	431.61	22.05.78	427.32	29.11.76
Oberbipp, Pfaffental	618/233.35	30.04.76-31.12.80	431.72	433.71	434.08	05.02.80	429.01	29.11.76
Niederbipp, Unterführung	618/234.5	22.06.76-31.12.80	429.14	431.74	431.77	15.03.80	426.88	26.01.77
Oberbipp, Ränkholtz	618/234.6	08.02.76-31.12.80	429.12	431.70	431.73	21.03.80	429.01	08.02.79
Oberbipp, Längwald	619/232.4	16.09.76-31.12.80	428.20	430.33	430.35	29.03.80	426.08	24.01.77
Niederbipp, Linisacher	619/233.2	19.05.76-31.12.80	429.03	431.52	431.54	22.03.80	426.75	03.01.77
Niederbipp, Neues PW	619/235.1	01.01.51-31.12.80	428.98	431.48	434.50	20.03.67	426.66	14.12.76
Niederbipp, Bahndamm	619/235.2	09.07.76-31.12.80	429.13	431.75	431.76	08.03.80	426.90	26.01.77
Oensingen, PW Gärbimatt	619/238.3	09.08.76-31.12.80	469.61	466.96	470.25	30.01.77	460.70	13.10.76
Oberbipp, Längwald	620/233.12	16.07.75-31.12.80	428.80	431.21	431.22	24.03.80	426.60	31.01.77
Niederbipp, Holzhäusern	620/234.25	30.01.76-31.12.80	429.05	431.57	431.57	14.03.80	426.78	01.01.77
Niederbipp, Rotboden	620/236.14	08.02.79-31.12.80	429.09	431.73	431.76	09.03.80	429.09	11.11.79
Oensingen, PW Minder	620/237.1	06.09.76-31.12.80	429.52	432.17	432.25	07.03.80	427.45	06.12.76
Oensingen, Von Roll	620/237.2	08.04.79-31.12.80	431.41	434.20	434.30	08.04.80	430.82	15.11.79
Oensingen, PW Badmatt	620/238.2	01.01.73-31.12.80	463.51		464.40	10.02.77	458.58	08.11.76
Niederbipp, Waldkilchenfeld	621/234.1	04.06.76-31.12.80	429.15	431.73	431.76	15.03.80	426.84	01.01.77
Niederbipp, Walkmatt	621/235.6	14.12.76-31.12.80	428.95	431.59	431.59	15.03.80	426.77	01.01.77
Niederbipp, Martisacher	621/235.7	08.02.79-31.12.80	428.97	431.57	431.58	09.03.80	428.93	08.02.79
Oensingen, PW Moos	621/236.1	01.01.74-31.12.80	428.98	431.54	431.65	24.04.78	426.60	06.12.76
Oensingen, Gmeinmatten	621/236.25	08.02.79-31.12.80	428.77	431.40	431.45	08.03.80	428.77	04.01.79
Oensingen, Werkhof	621/237.3	01.01.79-31.12.80	428.98	431.59	431.64	05.03.80	428.98	01.02.79
Oensingen, Grube Aspisholz	622/235.2	12.04.76-31.12.80	428.85	431.48	431.52	08.02.80	426.60	31.01.77
Oensingen, Breitfeld	622/236.1	01.01.79-31.12.80	428.52	431.12	431.22	01.03.80	428.52	03.01.79
Kestenholz, Länggassacher	623/237.1	01.01.79-31.12.80	428.00	430.47	430.66	04.03.80	427.62	02.01.79
Oberbuchsiten, PW	625/239.1	01.01.76-31.12.80	427.30	429.39	429.80	14.02.80	424.88	28.11.76

Figur 3.6: Ganglinien des Pumpwerkes Niederbipp (619/235.1), 1951 - 1980

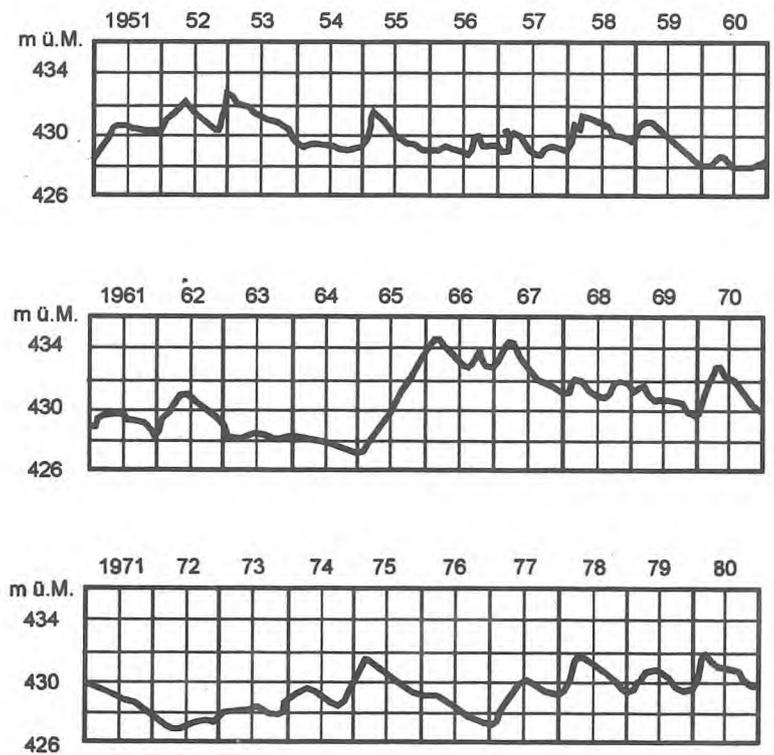


Tabelle 3.12: Langfristige Mittel- und Extremwerte des Grundwasserstandes im Pumpwerk Niederbipp

Grundwasserstände im Pumpwerk Niederbipp 619/235.1 (m ü.M.)							
Periode 1951 - 1980			Periode 1976 - 1980			04.01.1979	19.03.1980
Mittel	Maximum	Minimum	Mittel	Maximum	Minimum	(Beilage 1)	
429.8	434.6 (20.03.1967)	426.7 (14.12.1976)	429.5	431.5 (23.03.1980)	426.7 (14.12.1976)	429.0	431.5

Der maximale Schwankungsbereich von 1951 bis 1980 liegt zwischen 426.7 und 434.6 m ü.M. und beträgt rund 8 m. In der Untersuchungsperiode 1976 - 1980 variierten die Grundwasserstände zwischen 426.7 und 431.5 m ü.M. um etwa 5 m. Während dieser 5jährigen Beobachtungsdauer wurde demnach der tiefste Grundwasserstand der letzten 30 Jahre gemessen. Der Hochstand vom März 1980 lag dagegen immer noch 3 m tiefer als der Hochstand vom März 1967. Wie aus der Dauerkurve in Figur 3.7 zu entnehmen ist, wurde 1951 - 1980 der Hochstand vom März 1980 insgesamt während einer Zeit von etwas mehr als 3 Jahren überschritten. Ein langfristiger Trend auf Anstieg oder Rückgang des Grundwasserspiegels ist nicht festzustellen.

Im weiteren werden die mittleren Grundwasserstände betrachtet. Tabelle 3.12 zeigt, dass der mittlere Grundwasserstand von 1976 - 1980 mit 429.5 m ü.M. nur 0.3 m tiefer liegt als derjenige von 1951 - 1980 und damit den langfristigen Zustand gut wiedergibt. Das Gleiche ist der Dauerkurve 1951 - 1980 (Fig. 3.7) zu entnehmen.

Die Angaben in Tabelle 3.12 ermöglichen auch den Vergleich mit den Grundwasserständen vom 04.01.1979 und 19.03.1980, welche innerhalb der Bilanzierungsperiode 1979 - 1980 den tiefsten bzw. höchsten Grundwasserstand repräsentieren.

Der Stand vom 04.01.1979 ist sowohl mittelfristig (1976 - 1980) als auch langfristig (1951 - 1980) als tieferer Mittelstand zu interpretieren.

Der Stand vom 19.03.1980 ist als mittelfristiger Hochstand zu betrachten, langfristig beträgt die Ueberschreitungshäufigkeit 12 %. Er ist repräsentativ am Ende einer Anstiegsphase.

Jährliche Schwankungen und Anstiege

In Tabelle 3.13 sind die Differenzen zwischen den jährlichen Höchst- und Tiefstständen ersichtlich. Bedingt durch den meist stetigen Charakter der Ganglinien entsprechen die Schwankungsbereiche mit Ausnahme der Beobachtungspunkte in der Klus und bei 618/233.35 (Pfaffental) den Summen der jährlichen Grundwasserspiegel-Anstiege, welche in Tabelle 3.14 zusammengestellt sind. Auffallend ist die Diskrepanz zwischen den geringen Anstiegssummen im Trockenjahr 1976 (0 bis 0.5 m) und den massiven Anstiegssummen in den Nassjahren 1977 - 1980 (2 - 3.5 m). Dies weist darauf hin, dass die Grundwasserneubildung vorwiegend aus direkt versickernden Niederschlägen und randlich unterirdischen Zuflüssen (indirekte Grundwasserneubildung) erfolgt.

Figur 3.7: Dauerkurve des Grundwasserstandes im Pumpwerk Niederbipp (619/235.1) 1951 - 1980

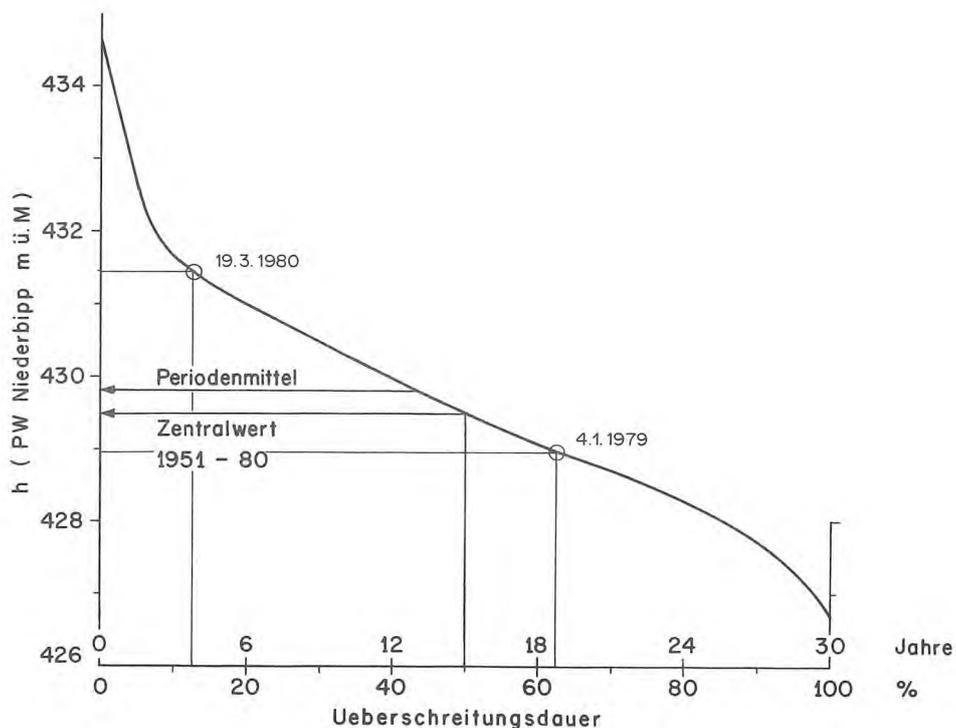


Tabelle 3.13: Jährlicher Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels

Gemeinde, Flurname	WEA- Ordnungs- nummer	Jährlicher Schwankungsbereich (m)				
		1976	1977	1978	1979	1980
Oberbipp, Lerchen	617/233.30		3.27	2.66	1.89	2.47
Oberbipp, Säget	617/234/16			2.35	1.54	2.00
Walliswil b. Niederbipp, Oberli	618/231/65					0.78
Walliswil b. Niederbipp, Mühi	618/231.66					0.08
Oberbipp, Längwald	618/232.9		3.01	2.38	1.54	2.23
Oberbipp, Pfaffental	618/233.34		2.85	2.36	2.04	2.28
Oberbipp, Pfaffental	618/233.35		2.34	2.56	1.86	2.16
Niederbipp, Unterführung	618/234.5		3.25	2.60	1.82	2.35
Oberbipp, Ränkholz	618/234.6					2.40
Oberbipp, Längwald	619/232.4		2.86	2.24	1.57	2.15
Niederbipp, Linisacher	619/233.2		3.20	2.55	1.77	2.36
Niederbipp, Neues PW	619/235.1	2.31	3.34	2.60	1.79	2.35
Niederbipp, Bahndamm	619/235.2		3.26	2.78	1.84	2.24
Oensingen, PW Gärbimatt	619/238.3		5.39	6.80	5.08	5.10
Oberbipp, Längwald	620/233.12	1.97	3.03	2.49	1.73	2.33
Niederbipp, Holzhäusern	620/234.25		3.23	2.54	1.78	2.30
Niederbipp, Rotboden	620/236.14					2.24
Oensingen, PW Minder	620/237.1		3.10	2.72	1.93	2.40
Oensingen, Von Roll	620/237.2					2.24
Oensingen, PW Badmatt	620/238.2	5.27	4.37	5.50	4.05	
Niederbipp, Waldkilchenfeld	621/234.1		3.34	2.62	1.81	2.41
Niederbipp, Walkmatt	621/235.6		3.26	2.59	1.80	2.25
Niederbipp, Martisacher	621/235.7					2.24
Oensingen, PW Moos	621/236.1	2.37	3.30	2.65	1.83	2.34
Oensingen, Grmeinmatten	621/236.25					2.26
Oensingen, Werkhof	621/237.3				1.75	2.32
Oensingen, Grube Aebisholz	622/235.2		3.32	2.61	1.76	2.29
Oensingen, Breitfeld	622/236.1				1.79	2.32
Kestenholz, Länggassacher	623/237.1				1.79	2.31
Oberbuchsiten, PW	625/239.1		3.19	2.75	2.15	2.40

Tabelle 3.14: Summen der jährlichen Grundwasserspiegelanstiege

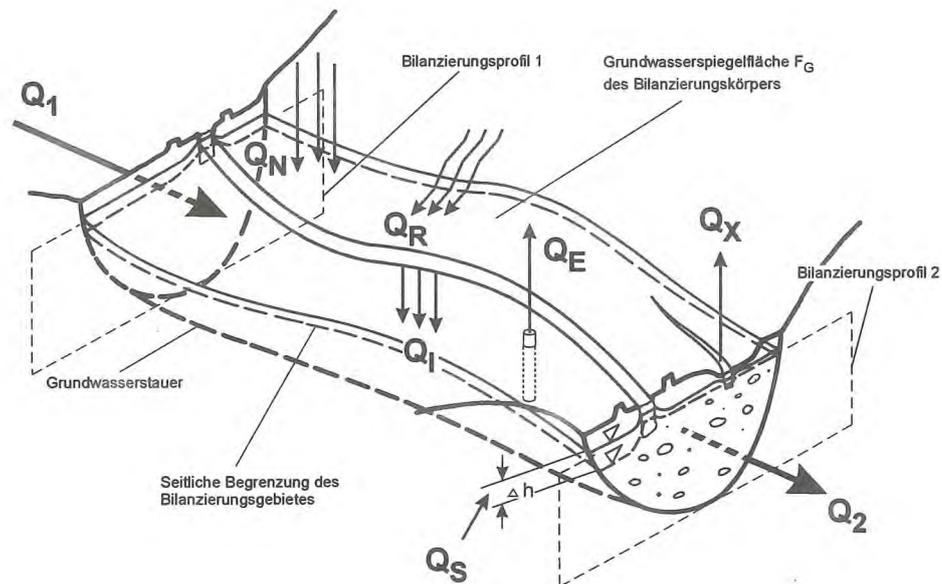
Gemeinde, Flurname	WEA- Ordnungs- nummer	Summen der jährlichen Grundwasserspiegelanstiege (m)				
		1976	1977	1978	1979	1980
Oberbipp, Lerchen	617/233.30		3.31	2.67	2.08	2.62
Oberbipp, Säget	617/234/16		2.50	2.06	2.76	2.40
Walliswil b. Niederbipp, Oberli	618/231/65					1.05
Walliswil b. Niederbipp, Mühli	618/231.66					0.33
Oberbipp, Längwald	618/232.9		3.01	2.41	1.65	2.25
Oberbipp, Pfaffental	618/233.34		3.04	2.51	2.02	2.40
Oberbipp, Pfaffental	618/233.35		3.33	6.25	10.74	9.53
Niederbipp, Unterführung	618/234.5		3.32	2.61	2.10	2.42
Oberbipp, Ränkholtz	618/234.6					249
Oberbipp, Längwald	619/232.4		2.86	2.24	1.66	2.18
Niederbipp, Linisacher	619/233.2		3.51	2.58	1.96	2.38
Niederbipp, Neues PW	619/235.1	0.08	3.49	2.67	2.11	2.44
Niederbipp, Bahndamm	619/235.2		3.32	2.82	2.27	2.45
Oensingen, PW Gärbimatt	619/238.3		12.88	22.10	16.75	27.09
Oberbipp, Längwald	620/233.12	0.00	3.03	2.49	1.94	2.34
Niederbipp, Holzhäusern	620/234.25		3.30	2.58	2.04	2.40
Niederbipp, Rotboden	620/236.14					2.40
Oensingen, PW Minder	620/237.1		3.36	2.63	2.75	2.41
Oensingen, Von Roll	620/237.2					3.70
Oensingen, PW Badmatt	620/238.2	9.59	10.68	9.40	9.17	-
Niederbipp, Waldkilchenfeld	621/234.1		3.38	2.65	2.08	2.57
Niederbipp, Walkmatt	621/235.6		3.35	2.61	2.19	2.45
Niederbipp, Martisacher	621/235.7					2.44
Oensingen, PW Moos	621/236.1	0.36	3.47	2.60	2.27	2.47
Oensingen, Gmeinmatten	621/236.25					2.36
Oensingen, Werkhof	621/237.3				2.24	2.27
Oensingen, Grube Aebisholz	622/235.2		3.41	2.61	2.14	2.49
Oensingen, Breitfeld	622/236.1				2.53	2.30
Kestenholz, Länggassacher	623/237.1				2.88	2.27
Oberbuchsiten, PW	625/239.1		3.73	2.76	3.23	2.27

4. GRUNDWASSERBILANZIERUNG

4.1 Problemstellung, Zielsetzung

Um ein Grundwasservorkommen sowohl strömungs- als auch bilanzmässig überblicken zu können, ist es notwendig, neben dem Aufbau des Grundwasserleiters und den hydrologischen Kennziffern auch detailliert die Zu- und Wegflüsse zu erkunden. Die einzelnen Zu- und Wegflüsse (sog. Bilanzierungskennziffern) sind messtechnisch oder rechnerisch zu ermitteln und in einfachen Bilanzen einander gegenüberzustellen. Figur 4.1 zeigt schematisch die Zu- und Wegflüsse in einem Schotter-Grundwasserleiter.

Figur 4.1: Zu- und Wegflüsse in einem Schotter-Grundwasserleiter



Legende:

- Q_1 = Zufluss durch Bilanzierungsprofil 1
- Q_2 = Wegfluss durch Bilanzierungsprofil 2
- Q_N = Direkte Grundwasserneubildung (Regeninfiltration)
- Q_R = Indirekte Grundwasserneubildung (unterirdische Speisung aus Randgebieten)
- Q_I = Infiltration aus Oberflächengewässern
- Q_X = Exfiltration von Grundwasser
- Q_E = Grundwasserentnahmen
- $h_{1, 2}$ = Grundwasserpotential im Bilanzierungsprofil 1 resp. 2
- Δh = Änderung des Grundwasserpotentials
- Q_S = Speicher- bzw. Zehrmenge

Der Grundwasserhaushalt wird bilanziert, indem die Bilanzierungskennziffern wie folgt miteinander verknüpft werden:

$$Q_1 + Q_I + Q_N + Q_R - Q_2 - Q_X - Q_E - Q_S = 0 \quad (4.1)$$

Die ersten vier Parameter der Gleichung (4.1) bilden die Summe der Grundwasserzuflüsse (Q_Z). Die letzten vier Parameter bilden die Summe der Grundwasserwegflüsse (Q_W).

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Zu- und Wegflüsse, die für den Grundwasserhaushalt im Bipperamt bedeutend sind, beschrieben. Es wird erläutert, wie sie quantitativ bestimmt wurden, und die massgebenden Resultate und Schlussfolgerungen werden aufgezeigt.

Die Auswertungen beziehen sich auf die Untersuchungsperiode 1976 bis 1980. Im Hinblick auf die Eichung des Grundwassermodells (vgl. Kap. 6) wird besonderes Gewicht auf die Jahre 1979 und 1980 gelegt.

4.2 Infiltration aus Oberflächengewässern, Q_I

In der Dünnern, im Dorfbach Oberbipp und im Bipperkanal wurden in den Jahren 1980 und 1981 insgesamt 5 Abflusskampagnen durchgeführt, um die Infiltrationsverhältnisse zu untersuchen. Zwischen der Aeusseren Klus (Oensingen) und westlich Oberbuchsiten wurden auf einer Strecke von 7.5 km jeweils mehrere Messprofile mit dem Tauchstab (nach JENS 1968) aufgenommen. Die Abfluss-Differenzmessungen fanden bei Niederwasser- und tiefen Mittelwasserabflüssen statt. Die auf Flussabschnitten zwischen 1 bis 5 km mit jeweils 3 - 5 Querprofilen ermittelten Differenzmengen führen auf eine durchschnittliche Infiltrationsleistung von $3.4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ pro Laufmeter Flussstrecke. Die Standardabweichung der Infiltrationsrate ist mit $\pm 0.35 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ jedoch relativ gross. Aus den Messungen geht nicht eindeutig hervor, ob die Streuung auf Messungenauigkeiten oder auf unterschiedliche Infiltrationsraten bei den einzelnen Flussabschnitten zurückzuführen ist.

Die Dünnerninfiltration zwischen Oensingen und Oberbuchsiten wurde auf mindestens 50 l/s geschätzt. Die Tabelle 3.6 zeigt die Bilanzierung der fünf an den Oberflächengewässern durchgeführten Messkampagnen. Daraus geht hervor, dass auch der Dorfbach Oberbipp und der Bipperkanal infiltrieren. Die Infiltrationsmengen schwanken im Dorfbach Oberbipp je nach Wasserführung zwischen 0 und 30 l/s. Im Bipperkanal ist die Infiltrationsmenge praktisch konstant und beträgt in Trocken- und Nassjahren 15 l/s.

Hinweise auf eine Infiltration der Aare ergaben die Untersuchungen im Exfiltrationsgebiet Walliswil b. Niederbipp.

Aare

Die aus der Aare stammende Wassermenge kann nicht exakt gemessen werden. Leitfähigkeitsmessungen im Oberflächengewässernetz des Quellgebietes zeigen jedoch den räumlichen Einflussbereich des Aareinfiltrates. Die Leitfähigkeit des Aarewassers liegt gegenüber dem Grundwasser aus dem Bipperamt um etwa $150 \mu\text{Scm}^{-1}$ tiefer. Daraus kann abgeleitet werden, dass zum Beispiel der Bach, der parallel zur Strasse Wangen a.d.A. gegen Walliswil b. Niederbipp im Gebiet des alten Kraftwerkkanals fliesst, wohl ausschliesslich von Aareinfiltrat

gespiesen wird. Aufgrund von Abflussmengen-Messungen, die am 02.09.1980 durchgeführt wurden, beträgt die Menge ca. 60 - 100 l/s. Bezogen auf die gleichzeitig in der Messstation 618/231.64 gemessene Abflussmenge von 400 l/s entspricht dies einem Anteil von 15 - 25 %. Dieser Zufluss aus der Aare darf als konstant angesehen werden, weil sich der Aarespiegel im Rückstaubereich des Kraftwerkes Bannwil befindet und nur im Zentimeterbereich schwankt, d.h. grundsätzlich ein Festpotential darstellt. Im Mittel infiltriert die Aare mit ca. 80 l/s. Die gesamte Infiltration aus Oberflächengewässern beträgt somit durchschnittlich ca. 160 l/s.

4.3 Grundwasserzufluss durch das Profil Klus, Q_1

Die Grundwasserflüsse wurden nach DARCY bestimmt:

$$Q_i = k \cdot J \cdot H_m \cdot B \quad (4.2)$$

- i = Nummer des Bilanzierungsprofils
- k = Durchlässigkeitsbeiwert nach DARCY
- J = Grundwasser-Spiegelgefälle
- H_m = Mittlere durchflossene Mächtigkeit
- B = Massgebende Breite des Grundwasserleiters

Das Durchflussprofil liegt parallel zur Grundwasserspiegel-Isohypse zwischen den Messstellen 620/237.2 und 620/237.1. Bei einer Breite B von ca. 780 m und einer mittleren Mächtigkeit H_m von 33 m bis 36 m variiert die Durchflussfläche F zwischen ca. 26'000 und 28'000 m². Lediglich aus einem Kleinpumpversuch (620/237.2) ist ein Durchlässigkeitsbeiwert k von $0.4 \cdot 10^{-3}$ m/s bekannt. Betrachten wir diesen k -Wert als unteren Grenzwert (siehe Kap. 5.3) und setzen als oberen Wert $1.2 \cdot 10^{-3}$ m/s ein, resultiert bei mittleren Gefällsverhältnissen ($J = 5.5 \text{ ‰}$) lediglich eine Durchflussmenge Q_1 zwischen 55 und 165 l/s.

Bei einem Mittelwert von $Q_1 = 110$ l/s variierte die Zuflussmenge zwischen 1976 bis 1980 aufgrund der Gefällsverhältnisse (Messstellen 620/237.1 und 620/237.2) zwischen 90 und 130 l/s.

Berechnungen bzw. Schätzungen weiterer Autoren:

In seiner Dissertation über die Hydrologie des Dünnerntales gibt LUESCHER (1977) als Resultat von Abflussbilanzrechnungen für den unterirdischen Abfluss durch die Schotterauffüllungen der Klus einen Höchstwert von $Q_1 = 95$ bis 120 l/s an.

PASQUIER (1986) hat beim Eichen seines Modells seine erste Schätzung (135 l/s) auf 58 l/s reduziert (89 l/s bei Hochwasser).

REGLI (1997) erwähnt Q_1 -Schätzungen von weiteren Autoren (84 - 160 l/s) und schätzt selbst, je nach Umfang der Karstwasserzufuhr aus der Weissensteinkette, Q_1 zwischen 90 und 382 l/s (mit k -Werten um $5 \cdot 10^{-4}$ m/s).

4.4 Grundwasserwegfluss durch das Profil Oberbuchsiten, Q_2

Im Durchflussprofil Oberbuchsiten befinden sich die beiden Filterbrunnen der Pumpwerke Ober- und Niederbuchsiten. Der Durchflussquerschnitt wurde nach (WEA 1976) ermittelt (vgl. Profil IV, Beilage 2). Diese Untersuchungen geben auch Hinweise auf sehr grosse Durchlässigkeitsbeiwerte von über $10 \cdot 10^{-3}$ m/s. Grosse kP-Werte weist der Grundwasserleiter auch bei den Messstellen 621/236.25, 622/236.1 und 623/237.1 auf (vgl. Tab. 5.1). Für das Durchflussprofil wird ein Durchlässigkeitsbeiwert in einer Bandbreite von 9 bis $13 \cdot 10^{-3}$ m/s angenommen.

Die Gefällsverhältnisse im Grundwasserleiter wurden zwischen der Bohrung Kestenholz, Länggassacher (623/237.1) und dem Pumpwerk Oberbuchsiten (625/239.1) untersucht. In der Untersuchungsperiode 1976 bis 1980 betrug der Mittelwert $J = 0.48$ ‰. Durch die je nach Grundwasserstand variierenden Querschnittsflächen, Gefälle und k-Werte resultiert ein Grundwasserdurchfluss Q_2 von 360 - 640 l/s. Frühere Arbeiten weisen auf eher kleinere Mengen hin (165 - 270 l/s; vgl. PASQUIER 1986).

Instationäre Betrachtungen zeigen, dass das Grundwassergefälle zwischen ungefähr 0.3 und 0.6 ‰ variiert. Kurzfristig treten noch kleinere bzw. grössere Gefälle auf. Dadurch schwankt auch die Durchflussmenge beträchtlich. Bei einem Mittelwert von 500 l/s kann die Durchflussmenge aufgrund der Gefällsunterschiede zwischen 260 und 740 l/s variieren!

4.5 Grundwasser-Entnahmen, Q_E

Die Grundwasser-Entnahmen innerhalb des Untersuchungsgebietes sind für die Jahre 1976 - 1980 aus der Tabelle 4.1 ersichtlich. Neben den Jahresmitteln von 1976, 1979 und 1980 sind auch die durchschnittlichen Nutzungsmengen aufgeführt.

Bei den Pumpwerken Niederbipp, bei der Fassung TELA sowie beim Pumpwerk Oensingen (Moos) konnten die Entnahmemengen aufgrund von Messuhren ermittelt werden. Die Nutzungsmengen der kleineren Anlagen (Iff und Rathgeb) mussten aufgrund von mündlichen Angaben abgeschätzt werden.

Tabelle 4.1: Mittlere Grundwasser-Entnahmen

Gebiet	Benützer	WEA- Ordnungsnummer	Mittlere Entnahmemenge l/s			
			1976	1979	1980	1976-1980
West	PW Niederbipp	619/235.1	12	12	11	12
	Rathgeb	619/234.16	-	2	0.5	1
	Iff, Kiesgrube	620/233.2	2	2	2	2
Ost	TELA	619/236.1	7	14	14	9
	PW Oensingen (Moos)	621/236.1	19	22	22	21
Total						45

Seit den Untersuchungen in den Jahren 1976 - 1980 haben die Grundwasser-Entnahmen zahlenmässig stark zugenommen. In Kap. 9.1 wird näher auf die heutigen Nutzungen eingegangen und auf Tab. 9.1 die konzessionierten Grundwasserfassungen (ohne Bewässerungsanlagen) aufgelistet.

4.6 Speicher- bzw. Zehrmenge im Grundwasserbecken, Q_S

Für eine stationäre Bilanzierung ist keine Speicheränderung zu beachten. Über die betrachtete Zeitperiode sollten die in den Bilanzierungskörper fliessenden Wassermengen gleich gross sein wie die wegfliessenden. Für eine instationäre Bilanzierung ist aus der Grundwasserspiegeldifferenz und dem Speicherkoeffizienten die mittlere Speicher- bzw. Zehrmenge zu berechnen und zu berücksichtigen.

Für eine bestimmte Zeitperiode und ein bestimmtes Gebiet gilt

$$Q_S = \Delta h \cdot S \cdot F \quad (4.3)$$

Δh = Änderung in Grundwasserspiegelhöhe

S = Speicherkoeffizient

F = Fläche des Gebietes

Für die Bilanzierungsperiode 01.01.1976 - 31.12.1980 ist Q_S sehr klein, bei einer Wasserspiegeldifferenz im Grundwasserbecken von 0.41 m und einem Speicherkoeffizienten von 14 % (siehe Kap. 4.8.3) ergeben sich lediglich 10 l/s.

4.7 Exfiltration von Grundwasser, Q_X

Abschätzung der Exfiltrationsmenge, Q_X (Mühlebach):

Das Pumpwerk am Mühlebach wird in der Regel intervallweise betrieben (kritischer Pegelstand im Pumpensumpf). Dies führt dazu, dass der Pegelstand dauernd und in starkem Masse schwankt. Die Schätzung einer mittleren Abflussmenge ist deshalb mit ziemlich grossen Unsicherheiten verbunden. Dank ununterbrochenem Pumpbetrieb konnte jedoch im Jahr 1978 (nasse Verhältnisse) die Abfluss-Messstation 618/231.64 problemlos betrieben und die Abflussganglinie bestimmt werden. Der Abfluss variierte 1978 zwischen 360 und 470 l/s und betrug im Mittel 420 l/s. Er ist abhängig von der Lage des Grundwasserspiegels im Grundwasserbecken.

Die Monatsmittel der 1978 gemessenen Exfiltrationsmengen Q_X (Mühlebach) und des Grundwasserstandes h im PW Niederbipp (619/235.1) wurden in Figur 4.2 gegeneinander aufgetragen. Daraus resultiert ein signifikanter linearer Zusammenhang:

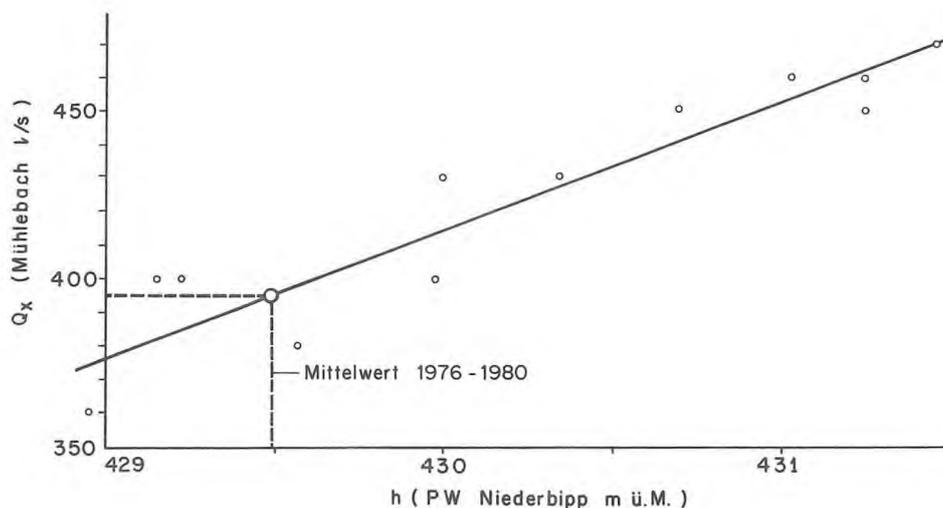
$$Q_X \text{ (Mühlebach)} = 0.03693 \cdot (h - 418.771) \quad (4.4)$$

Q_X in m^3/s

h in m ü.M.

bei einem Korrelationskoeffizienten von 0.933.

Figur 4.2 Beziehung zwischen dem Grundwasserstand h im Pumpwerk Niederbipp und der Exfiltrationsmenge Q_X (Mühlebach) der Monatsmittel 1978 (mit abgeleitetem Mittelwert für die Periode 1976 - 1980)



Für mittlere Grundwasserverhältnisse (1976 - 1980) beträgt nach Fig. 4.2 die Exfiltrationsmenge $Q_X = 395 \text{ l/s} \pm 85 \text{ l/s}$.

Dieser Wert erscheint sehr hoch gegenüber früheren Schätzungen (185 - 335 l/s in WEA 1981, 275 l/s PASQUIER 1986). Diese beruhen auf Daten aus den Jahren 1974 - 1975 (CSD 1975), einer Periode mit einem tieferen Mittelstand, der sich nach 3 trockenen Jahren einstellte.

Abschätzung der Exfiltrationsmenge, Q_X (Aare):

Der Anteil Q_X (Aare) am Gesamtwegfluss Q_W konnte mit der Methode des Querschnitt-Durchflusses nach DARCY gemäss Gleichung 4.2 (Q_X (Aare) = $k \cdot J \cdot H_m \cdot B$) abgeschätzt werden.

Während für J (21 ‰), H_m (10.0 m) und B (200 m) relativ gesicherte Angaben vorliegen (vgl. Beilagen 1 und 2), ist k lediglich aus einem Kleinpumpversuch in der Messstelle 618/231.65 bekannt ($k_P = 0.4 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$). Die effektive mittlere Durchlässigkeit im Durchflussprofil dürfte höher liegen, jedoch $2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ kaum übersteigen (HUFSCHMIED 1983). Q_X (Aare) ergibt sich damit zu 50 l/s innerhalb einer Bandbreite von $\pm 30 \text{ l/s}$. Ob diese Wassermenge gesamthaft in die Aare exfiltriert oder teilweise die Aare unterströmt, kann aufgrund der Untersuchungen nicht beurteilt werden.

4.8 Grundwasserwegfluss im Teilgebiet West, Q_W (West)

4.8.1 Mittlere Verhältnisse des Grundwasserwegflusses

Grundwasseraustritte und Quellbäche sind, bedingt durch die grossen Trockentiefen (Flurabstände) im Untersuchungsgebiet, nur im Raum Walliswil b. Niederbipp zu finden. Die detaillierten Untersuchungen (vgl. Kap. 3.4.4 und Fig. 3.4) hatten vor allem zum Ziel, den

Grundwasserabfluss aus dem Teilgebiet West strömungs- und mengenmässig zu bestimmen. Wie aus den Grundwasserspiegel-Isohypsen und dem Querprofil des Grundwasserleiters (vgl. Beilagen 1 und 2) hervorgeht, strömt das Grundwasser zum überwiegenden Teil in die Senke westlich von Walliswil b. Niederbipp, wo es in zahlreichen Quellbächen austritt und oberflächlich abfließt. Diese Quellbäche, welche zum Teil auch von infiltrierendem Aarewasser gespeisen werden, münden bei der Mühle Walliswil in den Mühlebach. Die anfallende Exfiltrationsmenge muss, seitdem der alte Kraftwerkkanal aufgehoben ist, mit einem Schneckenpumpwerk ca. 3.5 m angehoben werden, um in die Aare abfließen zu können.

Der Grundwasserwegfluss aus dem Teilgebiet West, Q_W (West) setzt sich wie folgt zusammen:

$$Q_W \text{ (West)} = Q_X \text{ (Mühlebach)} - Q_I \text{ (Aare)} + Q_X \text{ (Aare)} + Q_E \text{ (West)} \quad (4.5)$$

- Q_X (Mühlebach): Gesamte, vom Mühlebach abgeführte Exfiltrationsmenge (Grundwasser und Aareinfiltrat, siehe Kap. 4.7)
- Q_I (Aare): Aus der Aare stammende, im Mühlebach abgeführte Exfiltrationsmenge (siehe Kap. 4.2)
- Q_X (Aare): Östlich des Quellgebietes vorbeiströmendes Grundwasser (vom Grundwasserbecken direkt in die Aare, siehe Kap. 4.7)
- Q_E (West): Grundwasser-Entnahmen (PW Niederbipp, Rathgeb, Iff, vgl. Kap. 4.5)

Somit ergibt sich ein Grundwasserwegfluss aus dem Teilgebiet West für mittlere Verhältnisse (1976 - 1980):

$$Q_W \text{ (West)} = 395 - 80 + 50 + 15 = 380 \text{ l/s}$$

Tabelle 4.2: Grundwasserwegfluss aus dem Teilgebiet West

Q_X (Mühlebach)	-	395	±	40 l/s
Q_I (Aare)	+	80	±	20 l/s
Q_X (Aare)	-	50	±	30 l/s
Q_E (West)	-	15	±	0 l/s
Q_W (West) total	-	380	±	90 l/s

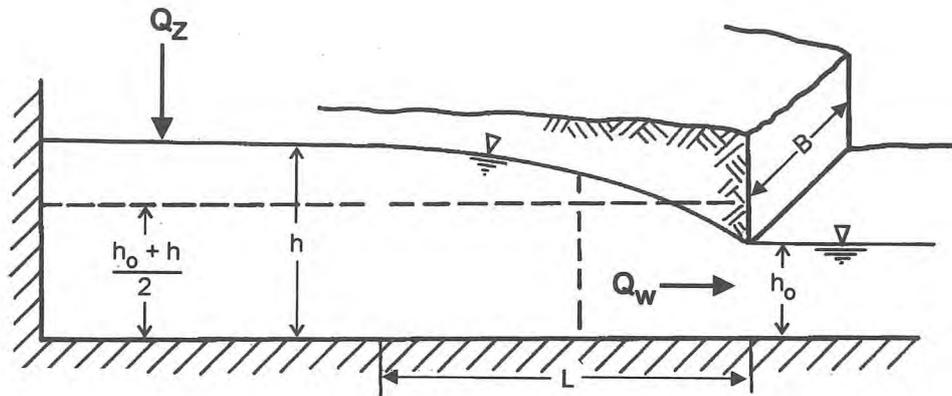
4.8.2 Zeitliche Variation des Grundwasserwegflusses, Einzellinearspeicher

Im Hinblick auf die instationäre Bilanzierung war es notwendig, den Grundwasserwegfluss Q_W (West) für die Jahre 1976, 1977, 1978, 1979 und 1980 zu ermitteln. Diese Aufgabe konnte gelöst werden, indem das Teilgebiet West als Einzellinearspeicher idealisiert wurde.

Einzellinearspeicher:

Der Einzellinearspeicher ist ein Modell, um die Entwässerung eines Grundwasserleiters in eine Liniensenke mit konstantem Potential zu beschreiben.

Figur 4.3: Einzellinearspeicher



Q_Z : Zufluss

Q_W : Wegfluss

Stationäres Verhalten:

Für das in Figur 4.3 dargestellte System folgt aus dem DARCY-Gesetz:

$$Q_W = k \cdot \frac{h - h_0}{L} \cdot F \quad (4.6)$$

k Durchlässigkeitswert

$\frac{h - h_0}{L}$ Mittlerer Gradient

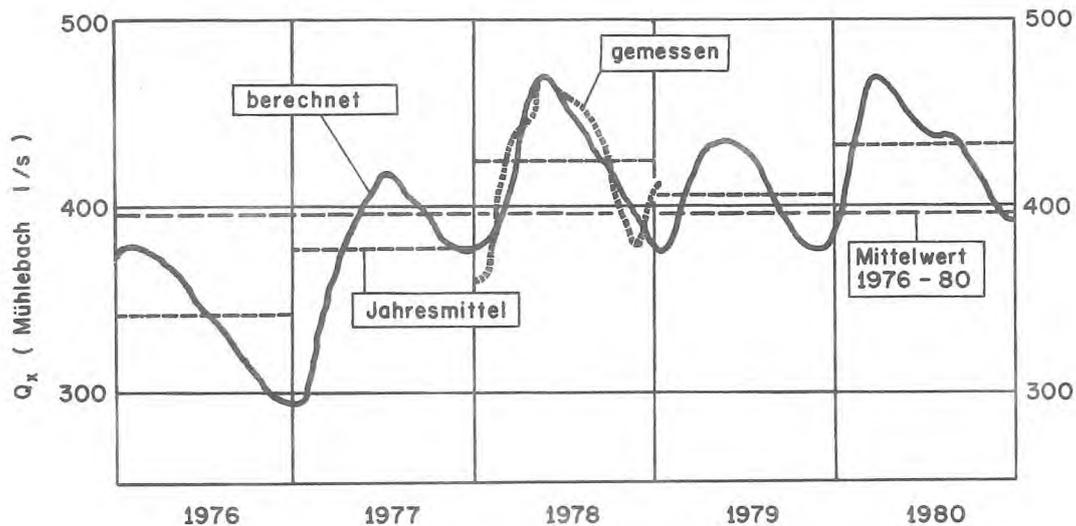
F Mittlere Durchflussfläche

Falls k und F konstant sind, dann ist Q_W linear proportional zum Gradient (oder zu h). Dies ist näherungsweise beschrieben durch Figur 4.2 und Gleichung 4.4. Mit dieser Gleichung wurden die mittleren Abflussmengen Q_X (Mühlebach) der Jahre 1976 bis 1980 geschätzt (Tab. 4.3) und die Q_X -Ganglinie während dieser Periode approximiert (Fig. 4.4). Weil k und F als Konstante betrachtet werden und keine Speicheränderungen in Rechnung gestellt werden, handelt es sich hier um eine relativ grobe Annäherung.

Tabelle 4.3: Mittlere jährliche Exfiltrationsmengen Q_X (Mühlebach)

Jahr	1976	1977	1978	1979	1980	1976-1980
Q_X (Mühlebach) (l/s)	340	380	420	410	430	395

Figur 4.4: Ganglinie der Exfiltrationsmenge Q_X (Mühlebach) 1976 - 1980



Analog Q_X lässt sich der Grundwasserwegfluss Q_W (West) in Abhängigkeit vom Grundwasserstand approximieren (Q_I , Q_X und Q_E sind konstant gehalten).

$$Q_W \text{ (West)} = 0.03693 \cdot (h - 419.18) \quad (4.7)$$

Q_W in m^3/s

h in m ü.M. (PW Niederbipp, 619/235.1)

Damit kann Q_W (West) für den gesamten Schwankungsbereich des Grundwasserstandes im Pumpwerk Niederbipp (619/235.1) geschätzt werden:

$$Q_W = 550 \text{ l/s bei } h = 434 \text{ m ü.M.}$$

$$Q_W = 250 \text{ l/s bei } h = 426 \text{ m ü.M.}$$

Instationäres Verhalten:

Die Entwässerung des Grundwasserleiters lässt sich nach der MAILLET-Formel (in: RICHTER & LILLICH 1975) beschreiben.

$$Q_W(t) = Q_W(t_0) \cdot e^{\alpha(t-t_0)} \quad (4.8)$$

Die sogenannte Entwässerungskonstante α ist abhängig von der Durchlässigkeit, der Speicherkapazität und der Geometrie des Grundwasserleiters.

$$\alpha = \frac{k \cdot F}{L \cdot S \cdot F_G} \quad [T^{-1}] \quad (4.9)$$

Sie muss jedoch in der Regel empirisch ermittelt werden. Hierzu können aus Analysen von geeigneten Grundwasserganglinien wertvolle Informationen gewonnen werden (vgl. Kap. 4.9.2).

Mit dem Einzellinearspeichermodell ist es auch möglich, das Entwässerungsverhalten des Grundwasserleiters zu analysieren. Ausgehend von der mit Ganglinienanalysen ermittelten Entwässerungskonstanten α lassen sich die Entwässerungskurve, der Speicherkoeffizient (4.8.3) und der instationäre Verlauf der direkten Grundwasserneubildung (4.9) berechnen.

Dabei wird folgendes vorausgesetzt:

- Die Fläche des Teilgebietes West bleibt konstant
- Der Aquifer ist homogen in vertikaler Richtung
- Der Referenzpegel (PW Niederbipp) repräsentiert das Spiegelverhalten im Grundwasserleiter
- Die Grundwasserstandsanstiege werden ausschliesslich von der direkten und indirekten Grundwasserneubildung aus Niederschlägen verursacht. Die übrigen Zuflüsse, die Infiltration aus der Aare sowie aus den kleinen Bächen sind konstant, ebenso die Exfiltration in die Aare und die Grundwasserentnahmen.

Die auf den Einzellinearspeicher bezogene Bilanzierungsgleichung kann dann vereinfacht werden, indem die stationären und die instationären Terme zusammengefasst werden, d.h.:

stationär:

$$Q_O = Q_I (\text{Bäche}) + Q_I (\text{Aare}) - Q_X (\text{Aare}) - Q_E \quad (4.10)$$

instationär:

$$Q_{Z^*} = Q_N + Q_R \quad \text{und} \quad Q_{W^*} = Q_X (\text{Mühlebach}); \text{ es resultiert} \\ Q_{Z^*} + Q_S = Q_{W^*} - Q_O \quad (4.11)$$

Für Zeiten ohne Grundwasserneubildung aus Niederschlag ($Q_{Z^*} = 0$) ergibt sich aus (4.11):

$$Q_S = Q_{W^*} - Q_O = - \frac{dh}{dt} \cdot S \cdot F_W \quad (4.12)$$

F_W : Fläche des Teilgebietes West

Nach Einsetzen von (4.8) sowie mit Division durch $S \cdot F_W$ folgt unter Berücksichtigung von (4.9):

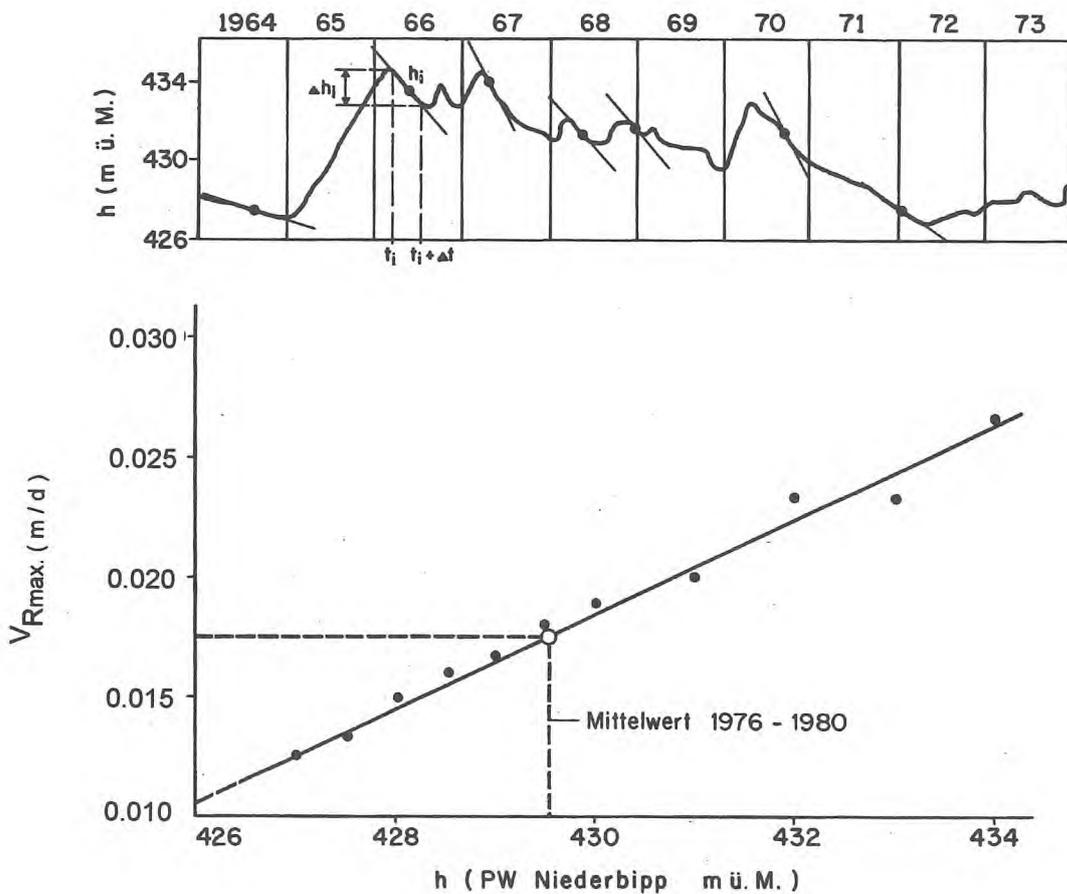
$$v_{Rmax} = - \frac{dh}{dt} = \alpha (h - h_0) - \frac{Q_0}{S \cdot F_W} \quad (4.13)$$

Dies bedeutet, dass die Rückgangsgeschwindigkeit des Grundwasserspiegels in Trockenzeiten (maximale Rückgangsgeschwindigkeit) linear abhängig ist vom jeweiligen Grundwasserstand h . Die Gleichung (4.13) lässt sich vereinfacht als lineare Gleichung formulieren:

$$v_{Rmax} = \alpha \cdot h + \delta \quad (4.14)$$

wobei
$$\delta = -\alpha h_0 - \frac{Q_0}{S \cdot F_W}$$

Figur 4.5: Abhängigkeit der Rückgangsgeschwindigkeit des Grundwasserstandes in Trockenzeiten v_{Rmax} vom aktuellen Grundwasserstand h für das Pumpwerk Niederbipp



Angewendet auf das Teilgebiet West wurden gemäss Figur 4.5 die maximalen Rückgangsgeschwindigkeiten der Ganglinie 619/235.1 mit dem aktuellen mittleren Grundwasserstand h in Beziehung gesetzt. Der gefundene, lineare Zusammenhang für $426 < h < 434$ m ü.M.

$$v_{Rmax} = 0.0019833h - 0.83433 \quad (4.15)$$

v_{Rmax} in m/d (Meter pro Tag), h in m ü.M.

mit dem Korrelationskoeffizienten $r = 0.990$ ist trotz vereinfachenden Voraussetzungen signifikant.

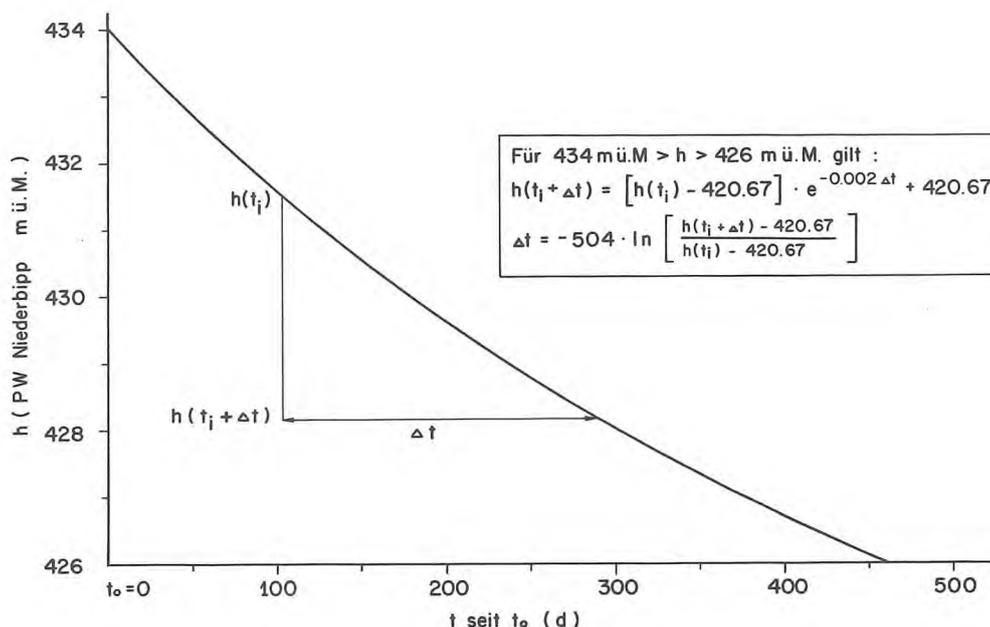
Die Regression zeigt, dass das zugrundegelegte Modell des Einzellinearspeichers zumindest für den Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels von 434 bis 426 m ü.M. angewendet werden kann.

Die eigentliche Entwässerungskurve, welche die maximale Absenkung des Wasserstandes abhängig von der Zeit wiedergibt, kann mit Einsetzen von (4.14) in (4.13) mittels separieren bzw. integrieren gefunden werden:

$$t = - \frac{1}{\alpha} \cdot \ln (\alpha \cdot h + \delta) + C \quad (4.16)$$

Die Entwässerungskurve und die Beziehungen, welche das Entwässerungsverhalten charakterisieren, sind aus Figur 4.6 ersichtlich.

Figur 4.6: Entwässerungskurve des Grundwasserbeckens;
Grundlage: Schreibpegelaufzeichnung Pumpwerk Niederbipp 1951 - 1980



Aus der Entwässerungskurve ist z.B. zu entnehmen, dass im Lauf einer 6-monatigen Trockenperiode ($\Delta t = 183$ d) der Grundwasserspiegel - je nach Ausgangslage - bis zu 4 m fallen kann.

4.8.3 Speicherkoeffizient

Der Speicherkoeffizient lässt sich nach (4.12) und (4.13) berechnen zu:

$$S = \frac{Q_{W^*} - Q_0}{v_{Rmax} \cdot F_W} \quad (4.17)$$

Da Q_{W^*} und v_{Rmax} abhängig von h sind, kann S in Funktion von h bestimmt werden. Setzen wir die in Tabelle 4.2 und Kapitel 4.6 gefundenen Flüsse mit ihren Genauigkeitsbereichen sowie die aus Figur 4.5 ersichtlichen v_{Rmax} ein, ergeben sich, je nach Grundwasserstand, die in Tabelle 4.4 angegebenen Werte. Die Werte in Klammern sind Annäherungswerte für extreme Hoch- und Tiefstände.

Die aus (4.7) berechnete Q_{W^*} für Hoch- und Tiefstand sind wegen den Flächenänderungen des Einzugsgebietes minimale resp. maximale Werte. Entsprechende $Q_{W^*} - Q_0$ Werte in Tab. 4.4 sind somit Annäherungswerte (in Klammern eingeführt). F_W (12.5 km²) sollte grösser bei Hochstand (ca. 14 km²) und kleiner bei Tiefstand (ca. 11 km²) sein. Beide Fehler kompensieren sich einigermaßen bei der Berechnung des S -Wertes. Daraus folgt, dass die errechnete Ungenauigkeit für Hoch- und Tiefstand kaum grösser ist als diejenige für den Mittelstand.

Tabelle 4.4: Speicherkoeffizienten in Abhängigkeit von h , ermittelt aus der Entwässerungskurve

Grundwasserstand	h 619/235.1 m ü.M.	$[Q_{W^*} - Q_0]$ (l/s)	v_{Rmax} (m/d)	F_W (km ²)	S %
Hoch	434	(530 ± 40)	0.0265	(12.5)	(14.8 ± 1.1)
Tief	426	(230 ± 40)	0.0106	(12.5)	(15.0 ± 2.6)
Mittel 1976 - 1980	429.5	360 ± 40	0.0175	12.5	14.2 ± 1.6

S ist mit ca. 14 % innerhalb des Schwankungsbereiches des Grundwasserspiegels praktisch konstant. Berücksichtigt man einen $Q_{W^*} - Q_0$ aus Tab. 4.2 und (4.10) bestimmten Genauigkeitsbereich von ± 40 l/s, folgt aus (4.17) für S ein Bereich von rund 12 - 16 %. Berücksichtigt man aber die vereinfachenden Voraussetzungen (siehe oben), kann ein Bereich von 9 - 20 % resultieren.

4.9 Direkte Grundwasserneubildung aus Niederschlägen, Q_N

Das echte Grundwasser entsteht aus den direkt über dem Aquifer versickernden Niederschlägen, welche das Grundwasservorkommen erreichen (direkte Grundwasserneubildung Q_N) sowie den unterirdischen Zuflüssen, welche aus den Randgebieten dem Grundwasserbecken zusickern (indirekte Grundwasserneubildung Q_R ; BLAU et al. 1983a). Die indirekte Grundwasserneubildung wird in Kapitel 4.10 behandelt.

Für die Bestimmung der direkten Grundwasserneubildung haben sich zwei Verfahren bewährt (BLAU et al. 1983a):

- Klimatische Bodenwasserbilanz
- Analyse von Grundwasserganglinien

Diese wurden für das gesamte Grundwasserbecken angewendet.

4.9.1 Klimatische Bodenwasserbilanz

Bei der klimatischen Bodenwasserbilanz wird der Wasserhaushalt für das in Figur 4.7 dargestellte, nach KOVÁCS (1973) vereinfachte Schema der Ueberwasserspiegelzone bilanziert. Die Ueberwasserspiegelzone ist zweigeteilt in eine obere und eine untere Bodenwasserzone. Als klimatische Einflussgrößen wirken der Niederschlag N , der Oberflächenabfluss infolge Bodenversiegelung A_O und die Verdunstung V . Als Transformationsgrößen dienen der obere Bodenwasserspeicher R_{B_O} und der untere Bodenwasserspeicher R_{B_U} . Der obere Bodenwasserspeicher umfasst die durchwurzelten, häufig feinkörnigen Deckschichten. Das eingedrungene Niederschlagswasser kann entweder weiter versickern oder durch Evapotranspiration wieder an die Atmosphäre abgegeben werden. Im unteren Bodenwasserspeicher wird ein ausschliesslich nach unten gerichteter Wassertransport angenommen. Kapillarbewegungen und horizontale Sickerungen werden vernachlässigt.

Das Sickerwasser S_N und die direkte Grundwasserneubildung G_N lassen sich wie folgt berechnen:

$$S_N = N - A_O - V \pm \Delta R_{B_O} \quad (4.18)$$

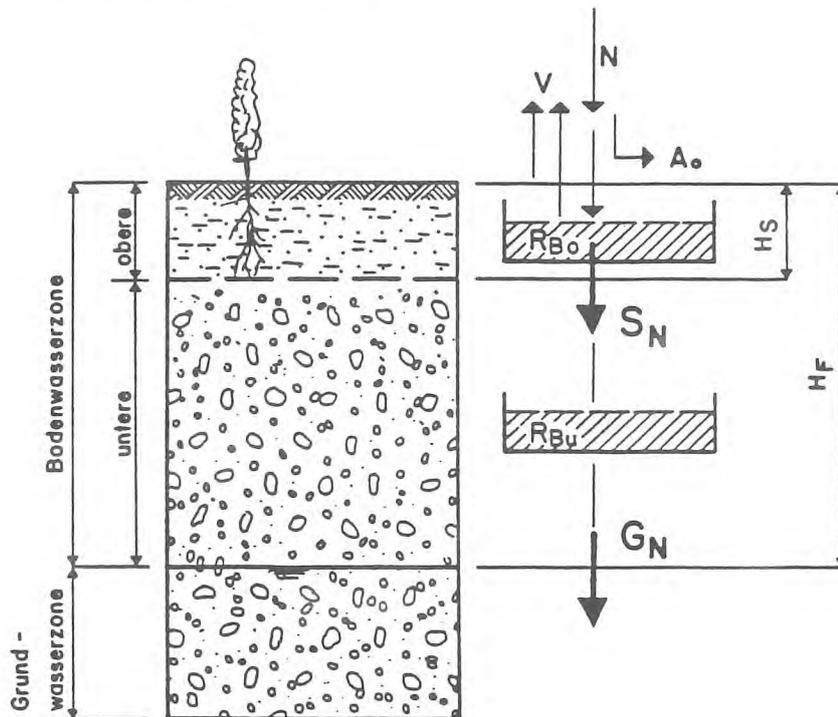
$$G_N = N - A_O - V \pm \Delta R_{B_O} \pm \Delta R_{B_U} \quad (4.19)$$

Der unterschiedliche Sättigungsgrad innerhalb der oberen und unteren Bodenwasserzone bewirkt, dass die Sickerwasserrate, über die Tiefe betrachtet, nicht konstant ist. Die mit der klimatischen Bodenwasserbilanz ermittelte Sickerwasserrate bezieht sich auf einen Sickerungshorizont, der etwa einen Meter unter Terrain und somit oft mehrere Meter über der Grundwasserspiegelhöhe liegt.

Für kurze Zeitabschnitte gilt somit: $G_N = S_N \pm \Delta R_{B_U}$. Für längere Zeitabschnitte (Jahre, $\Delta R_{B_U} \ll S_N$) gilt: $G_N = S_N$.

Basierend auf Figur 4.7 und (4.18) kann der Bodenwasserhaushalt schrittweise bilanziert werden. Vorerst wird das Sickerwasser S_N berechnet. Auf die Transformation von S_N in G_N wird in 4.9.3 hingewiesen.

Figur 4.7: Schema zur Bestimmung der direkten Grundwasserneubildung aus der klimatischen Bodenwasserbilanz



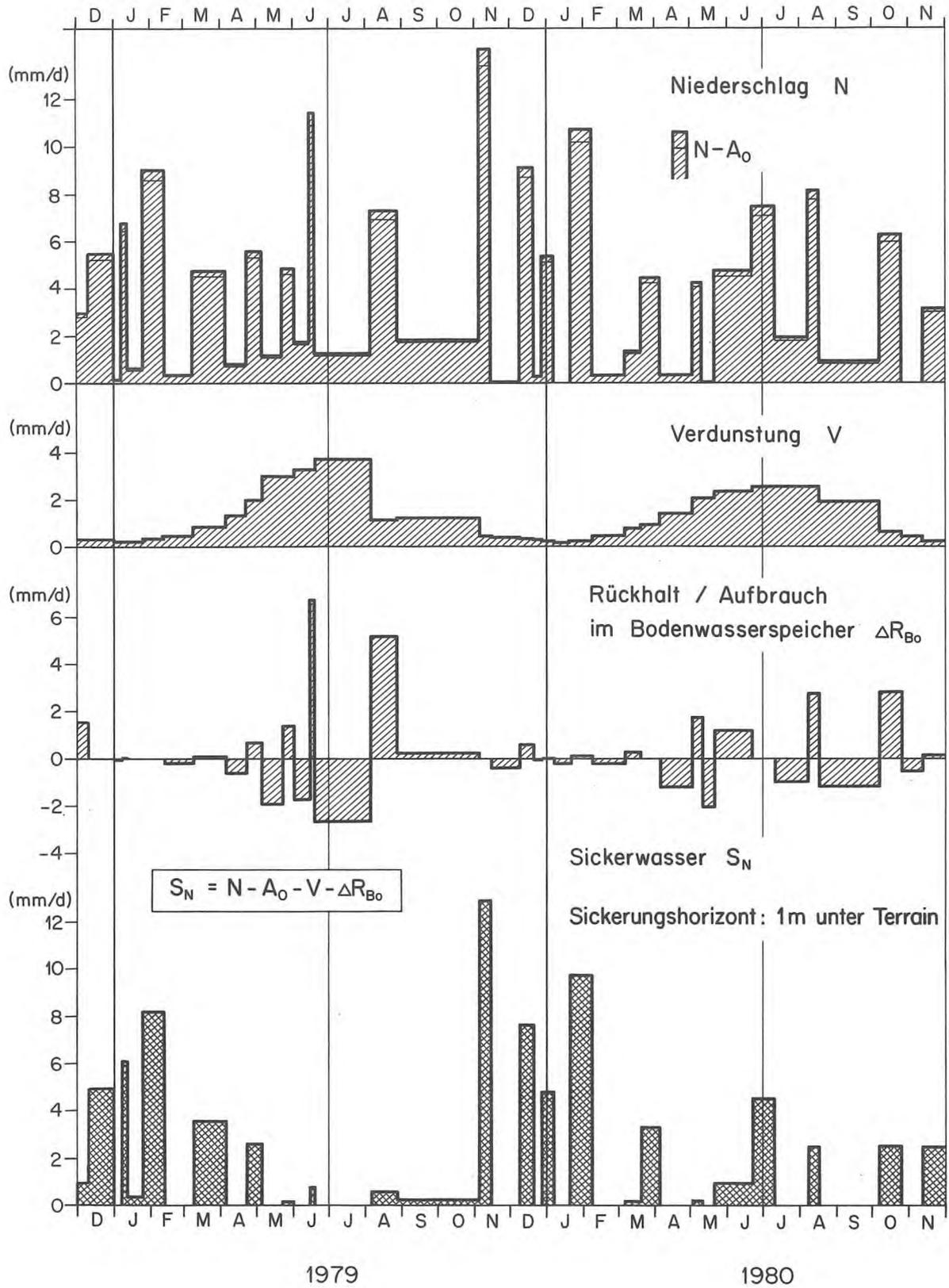
Damit das Sickerwasser instationär erfasst werden kann, wird die zu untersuchende Zeitperiode in Zeitabschnitte unterteilt. Im Bipperamt erfolgte die zeitliche Diskretisierung in niederschlagsreiche und niederschlagsarme Zeitabschnitte. Für 1979 ergaben sich 20, für 1980 18 Zeitabschnitte (siehe Fig. 4.8). Die zeitliche Verzögerung zwischen Niederschlagsereignis und Grundwasserneubildung ist u.a. abhängig vom Flurabstand und beträgt hier etwa ein bis vier Wochen (vgl. Kap. 4.9.4).

Die Berechnung von S_N erfolgt, indem fortlaufend für jeden Zeitabschnitt die Speicheränderung $R_{B_0}^*$ ($N - A_0 - V$) gebildet und zum Speicherinhalt des vorhergehenden Zeitabschnittes addiert wird. Von dieser Summe infiltriert die Menge, die die nutzbare Feldkapazität (nF) überschreitet. Diese wurde aufgrund von Erfahrungen im Unteren Emmental (BLAU et al. 1983a) mit 150 mm angenommen.

Ein weiterer Analogieschluss aus den Untersuchungen im Emmental wurde bezüglich der Sickerung bei teilgefülltem Bodenwasserspeicher gemacht. Es hat sich gezeigt, dass in gewissen Fällen auch dann eine Sickerung stattfindet, wenn anschliessend an ein Niederschlagsereignis der Bodenwasserspeicher nicht bis zur Feldkapazität aufgefüllt wird. Als brauchbar hat sich ein empirischer Ansatz erwiesen (BLAU et al. 1983a).

Die Resultate sind für 1979 und 1980 auf Figur 4.8 graphisch dargestellt.

Figur 4.8: Klimatische Bodenwasserbilanz 1979 - 1980, Grundwasserbecken Bipperamt



Die massgebenden Einflussgrössen wurden wie folgt bestimmt:

- **Gebietsniederschlag N:**
Als Gebietsniederschlag wurden die Aufzeichnungen der Pluviographenstation Attiswil/Im Guggel (614/232.1P) eingesetzt.
- **Oberflächenabfluss infolge Bodenversiegelung A₀:**
Aufgrund der Ueberbauungsdichte, des Strassennetzes und der wichtigsten Gewässer wurde, stark vereinfacht, A₀ als prozentualer Anteil am Gebietsniederschlag zu 5 % angenommen. Dieser Anteil ist gering im Vergleich zu Schätzungen anderer Autoren (16 % in PASQUIER 1986, 9 bis 22 % in REGLI 1997).
- **Verdunstung V:**
Die Verdunstung wurde nach der modifizierten Formel von HAUDE (Kap. 3.4.2) berechnet. Weil die potentiellen Verdunstungshöhen (V_{pot}) nur bei einem ausreichenden Sättigungsgrad in der oberen Bodenwasserzone erreicht werden, wurde für die aktuelle Verdunstung die Reduktion nach RENGER et al. (1974) eingeführt.

In Tabelle 4.5 sind die Jahressummen der einzelnen Bilanzierungsgrössen zusammengestellt.

Tabelle 4.5: Jahressummen des Sickerwassers S_N aus der klimatischen Bodenwasserbilanz in mm

Zeit	Anzahl Tage	N	V _{pot}	A ₀	N-A ₀	R _{Bo}	ΔR _{Bo}	V	S _N
1.12.78 - 8.12.79	373	1214.0	574.4	60.7	1153.3	136.0	5.8	546.6	600.6
9.12.79 - 30.11.80	358	1140.3	474.6	57.0	1083.3	141.8	8.2	474.5	600.6
1.12.78 - 30.11.80	731	2354.3	1049.0	117.7	2236.6	150.0	14.0	1021.1	1201.2

4.9.2 Ganglinienanalyse

Die Ganglinienanalyse setzt voraus, dass das Spiegelverhalten in einem Grundwasser-Beobachtungspunkt (Referenzpegel) dasjenige im Grundwasservorkommen flächenhaft repräsentiert. Wenn das Entwässerungsverhalten des Grundwasserleiters nach der Theorie des Einzellinearspeichers (vgl. Kap. 4.8.2) beschrieben werden kann, lässt sich aus der Analyse der Grundwasserspiegelbewegungen auf die instationäre Grundwasserneubildung schliessen (WEA 1983).

Wie in Kapitel 4.8.2 für das Teilgebiet West bereits dargestellt wurde, wird die Bilanzierungsgleichung für das ganze Grundwasservorkommen vereinfacht, indem die stationären sowie die instationären Flüsse zu je einzelnen Termen zusammengefasst werden.

$$Q_N = Q_{W^*} - Q_0 + Q_S - Q_R \quad (4.20)$$

Die einzelnen Glieder haben, bezogen auf das **gesamte Grundwasserbecken**, folgende Bedeutung:

- Q_N : direkte Grundwasserneubildung (Regeninfiltration)
- Q_{W^*} : Summe der instationären Wegflüsse; sie bestehen aus:
 Q_X (Mühlebach), Q_2 (Oberbuchsiten)
- Q_O : Summe der stationären Flüsse
Als stationär können näherungsweise die folgenden Flüsse gelten:
 Q_X (Aare), Q_I (Aare), Q_I (Dünnern + Bäche), Q_1 (Klus), Q_E
- Q_S : Speicher- bzw. Zehrmenge
- Q_R : Indirekte Grundwasserneubildung (aus Randgebieten)
- Q_{Z^*} : Summe der instationären Zuflüsse; das sind:
 $Q_{Z^*} = Q_N + Q_R$

Wird nun das gesamte Grundwasserbecken als Einzellinearspeicher idealisiert, folgt aus Kapitel 4.8.2, dass für Zeiten mit minimaler Grundwasserneubildung ($Q_{Z^*} = 0$) die Rückgangsgeschwindigkeit des Grundwasserspiegels in einem Referenzpegel eine lineare Funktion des jeweiligen Grundwasserstandes ist. Weil das Spiegelverhalten der Messstelle 619/235.1 sowohl für das Teilgebiet West als auch für das Teilgebiet Ost repräsentativ ist, kann mit der in Kapitel 4.8.2 ermittelten Funktion (4.15) das Entwässerungsverhalten des gesamten Grundwasserbeckens beschrieben werden. Integrieren wir (4.20) unter Berücksichtigung von (4.12), erhalten wir über einen Zeitabschnitt Δt die entwässerte Grundwassermenge als lineare Funktion der Rückgangsgeschwindigkeit (abhängig vom mittleren Grundwasserstand h des Zeitabschnittes), des Speicherkoeffizienten und der Fläche des Grundwasserbeckens:

$$\int_{\Delta t} (Q_W - Q_O) \cdot dt = v_{Rmax}(h) \cdot \Delta t \cdot S \cdot F_B \quad (4.21)$$

Diese entwässerte Grundwassermenge entspricht der Speicheränderung Q_S und den Zuflüssen $Q_N + Q_R$.

Da die indirekte Grundwasserneubildung Q_R in ihrem instationären Verlauf bekannt ist (Kap. 4.10), lässt sich die direkte Grundwasserneubildung G_N wie folgt berechnen (vgl. auch Fig. 4.9):

$$G_N = A_{GW(EK)} + \Delta R_{GW} - G_R \quad (4.22)$$

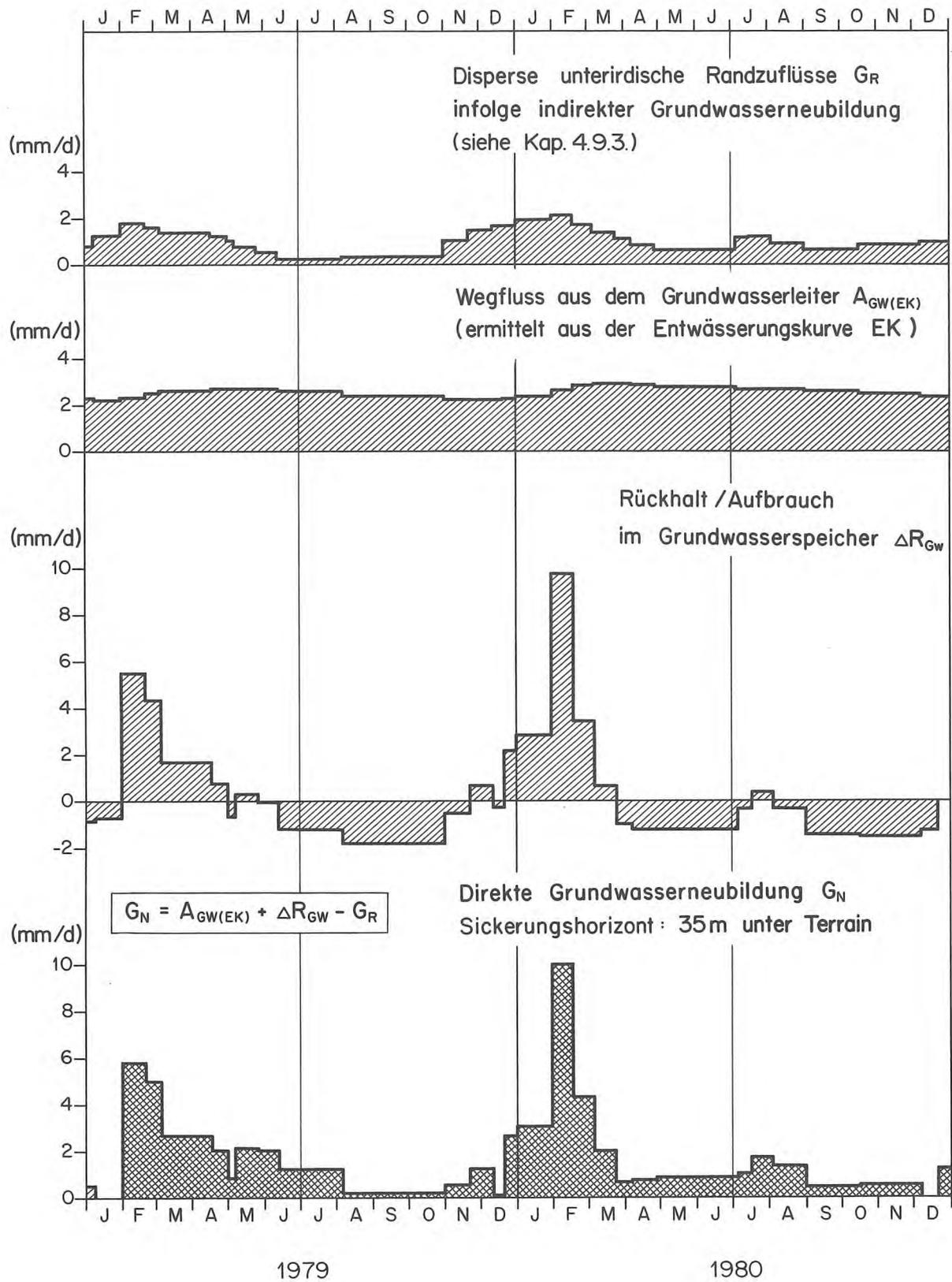
wobei $A_{GW(EK)}$ der Wegfluss aus dem Grundwasser, ermittelt aus der Entwässerungskurve und nach (4.20), darstellt.

$$A_{GW(EK)} = v_{Rmax}(h) \cdot \Delta t \cdot S$$

$$\Delta R_{GW} = \Delta h \cdot S \quad (\text{Rückhalt/Aufbrauch im Grundwasserspeicher})$$

$$G_R = \frac{\int_{\Delta t} Q_R \cdot dt}{F_B} \quad (\text{Randzuflüsse})$$

Figur 4.9: Direkte Grundwasserneubildung G_N 1979 - 1980 aus der Ganglinienanalyse der Messstelle 619/235.1



G_N wurde mit den Daten von vier verschiedenen Grundwasserschreibpegeln mit einem Speicherkoeffizienten von 14 % berechnet (vgl. Kap. 4.7.3). Die Ganglinien wurden 1979 mit 15 und 1980 mit 14 Zeitabschnitten diskretisiert. Der Berechnungsgang ist für das Beispiel der Ganglinie 619/235.1 in Figur 4.9 graphisch dargestellt. Für dieselbe Ganglinie sind in Tabelle 4.6 die Jahressummen der einzelnen Zu- und Wegflusskomponenten von (4.22) zusammengefasst.

Tabelle 4.6: Jahressummen der direkten Grundwasserneubildung G_N aus der Ganglinienanalyse der Messstelle 619/235.1 in mm

Zeit	Anzahl Tage	$A_{GW(EK)}$	ΔR_{GW}	- G_R	G_N
01.01. - 31.12.1979	365	920	18	- 379	559
01.01. - 31.12.1980	366	996	34	- 424	606
1979 - 1980	731	1960	52	- 803	1165

4.9.3 Vergleich der Ergebnisse

Die Grundwasserneubildung aus den Niederschlägen, welche direkt auf das Grundwasserbecken fallen, wurde mit der klimatischen Bodenwasserbilanz sowie mit der Ganglinienanalyse rechnerisch ermittelt. Da die beiden Verfahren für unterschiedliche Sickerungshorizonte definiert sind, können die Neubildungsraten einzelner kurzer Zeitabschnitte nicht miteinander verglichen werden. Es ist aber zulässig, die Neubildungssummen langer Zeiträume einander gegenüberzustellen. Infolge der grossen Flurabstände und der relativ kurzen Bilanzierungsperiode wurde jedoch eine Phasenverschiebung von 1 Monat berücksichtigt. In Tabelle 4.7 wird für den Zeitraum 1979 - 1980 die direkte Grundwasserneubildung aufgeführt, welche aus den beiden Verfahren bzw. aus den vier analysierten Ganglinien bestimmt worden ist.

Tabelle 4.7: Direkte Grundwasserneubildung aus Niederschlag: Vergleich der Ergebnisse aus der klimatischen Bodenwasserbilanz mit denjenigen der Ganglinienanalyse

Berechnungsverfahren	Direkte Grundwasserneubildung S_N bzw. G_N Summe 1979 - 1980 (mm)	Lage des Sickerungshorizontes H_S (m unter Terrain)
Klimat. Bodenwasserbilanz: S_N	1201	1
Ganglinienanalyse: G_N	Mittelwert 1162	
G_N aus 623/237.1	1140	20
G_N aus 622/236.1	1182	20
G_N aus 619/235.1 (PW Niederbipp)	1165	35
G_N aus 620/233.12	1162	45

Die Ergebnisse stimmen im Zeitraum der beiden bilanzierten Jahre sehr gut miteinander überein. Der instationäre Verlauf zeigt jedoch zeitweise erhebliche Unterschiede. Zum Vergleich sind in Figur 4.10 die Stufenfunktionen der Niederschlagsversickerung S_N und der echten Grundwasserneubildungsraten G_N abgebildet. Für jede Stufenfunktion ist der jeweilige Sickerungshorizont H_S angegeben, auf welchen sich die Neubildungsrate bezieht. Wenn man die Stufenfunktion von oben nach unten betrachtet, ist zu erkennen, wie sie sich mit zunehmendem Terrainabstand glätten. Dies zeigt, dass die Grundwasserneubildung aus Niederschlag instationär umso ausgeglichener verläuft, je grösser der Flurabstand ist.

Die direkte Grundwasserneubildung ist für die beiden nassen Jahre 1979 und 1980 mit 1162 mm, d.h. mit 581 mm/Jahr definiert worden (Tab. 4.7). Für die Periode 1976 - 1980 wurde sie auf ca. 480 mm/Jahr geschätzt. Bezogen auf die Gesamtfläche des Grundwasserbeckens (27 km²) ergibt sich somit eine Sickerwassermenge von 410 l/s.

4.9.4 Flurabstand und zeitliche Abfolge der direkten Grundwasserneubildung

Der Zusammenhang zwischen dem Flurabstand und der zeitlichen Abfolge der direkten Grundwasserneubildung wurde mit Korrelationsrechnungen im Detail untersucht (vgl. WEA 1983).

Mit dem Flurabstand wurden in Beziehung gesetzt:

Δt_1 : Zeitabschnitt zwischen Niederschlagsbeginn und Grundwasser-Anstiegsbeginn

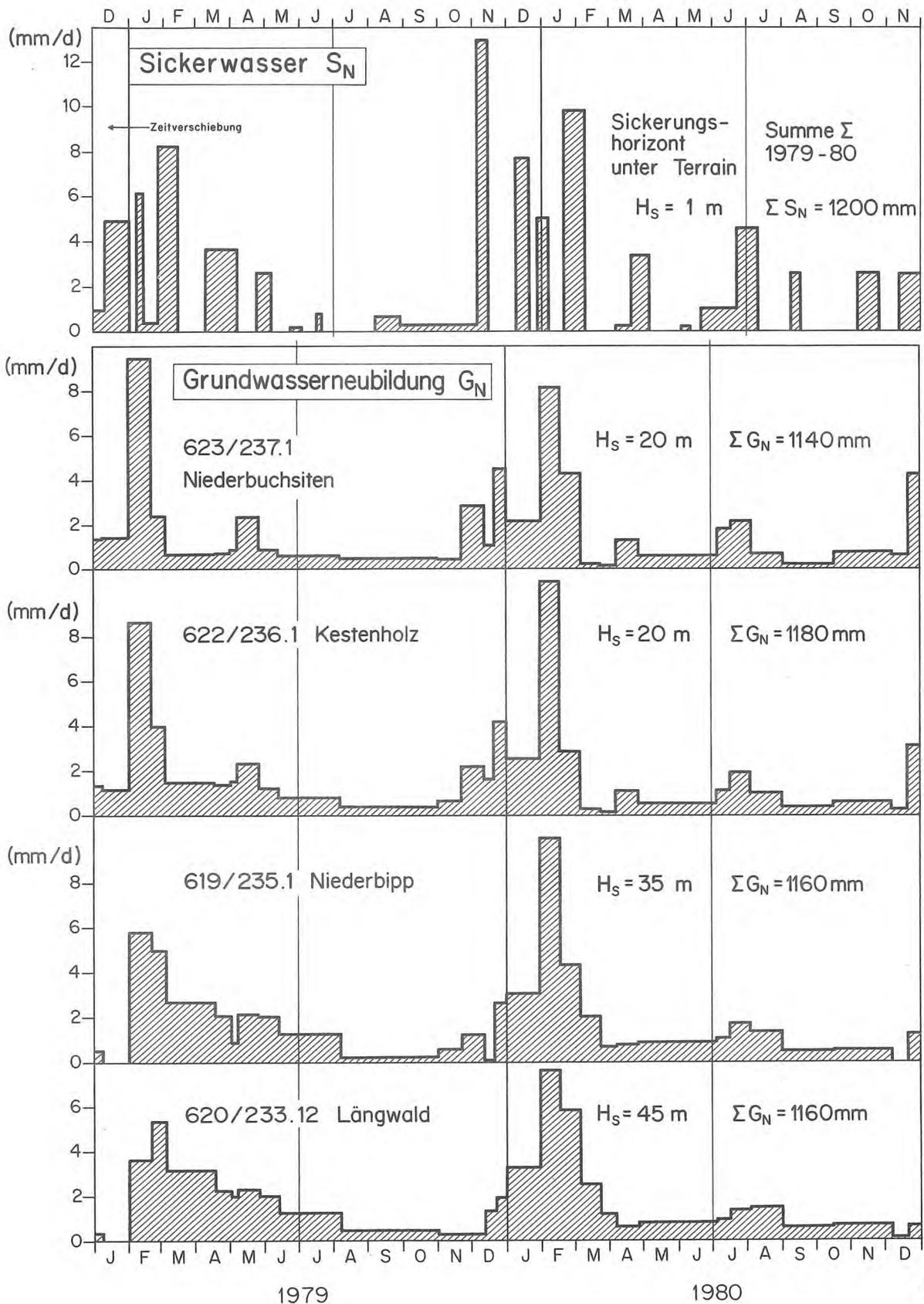
Δt_2 : Zeitabschnitt zwischen Niederschlagsende und Grundwasser-Anstiegsende

Die Zeitpunkte für Niederschlagsbeginn und Niederschlagsende wurden aufgrund der Winterniederschläge bestimmt, welche zu massiven Grundwasseranstiegen führen. Beginn und Ende der massgebenden Niederschlagsversickerung wurden anhand der klimatischen Bodenwasserbilanz, die Zeitpunkte für Grundwasser-Anstiegsbeginn bzw. -ende aus den Ganglinien ermittelt. Für die Flurabstände von 15 m bis 60 m konnten lineare Regressionen nachgewiesen werden (vgl. Fig. 4.11).

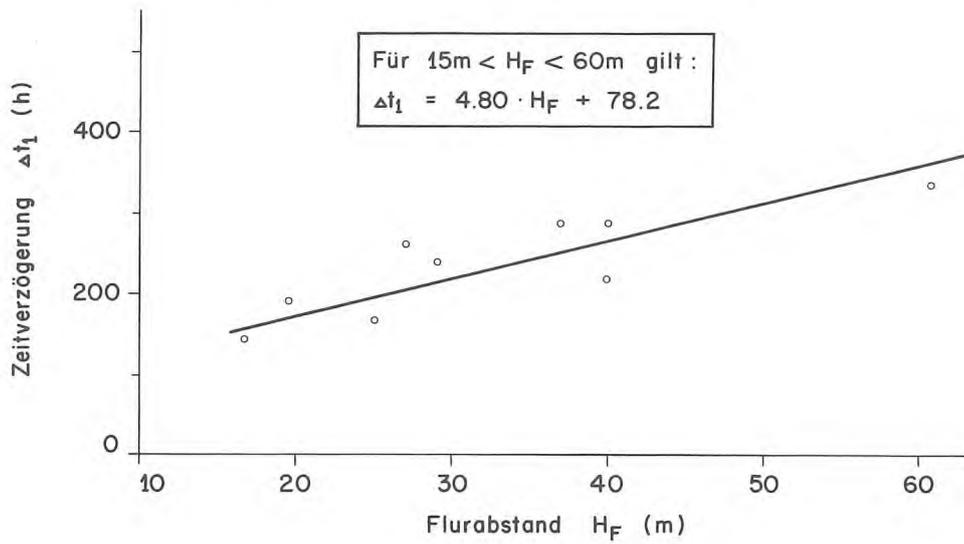
Mit ihnen lässt sich die zeitliche Abfolge der direkten Grundwasserneubildung abschätzen, was für die Modelleichung bedeutend ist. Die beiden gefundenen Korrelationen erlauben, die direkte Grundwasserneubildungsrate bereichsweise zu modifizieren (vgl. Kap. 6).

Eine Uebersicht über die Flurabstandsverhältnisse gibt Figur 4.12 mit den Isolinien der Flurabstände und Figur 4.13 mit einer Häufigkeitsverteilung der einzelnen Flurabstandsbereiche.

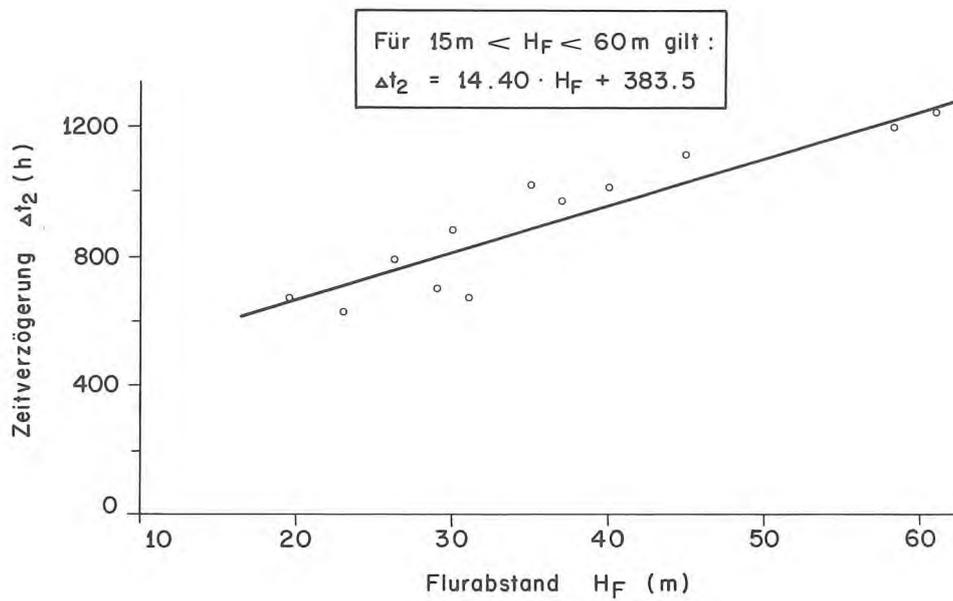
Figur 4.10: Direkte Grundwasserneubildung aus Niederschlag:
 Vergleich der Neubildungsraten aus der klimatischen Bodenwasserbilanz
 und aus den Ganglinienanalysen



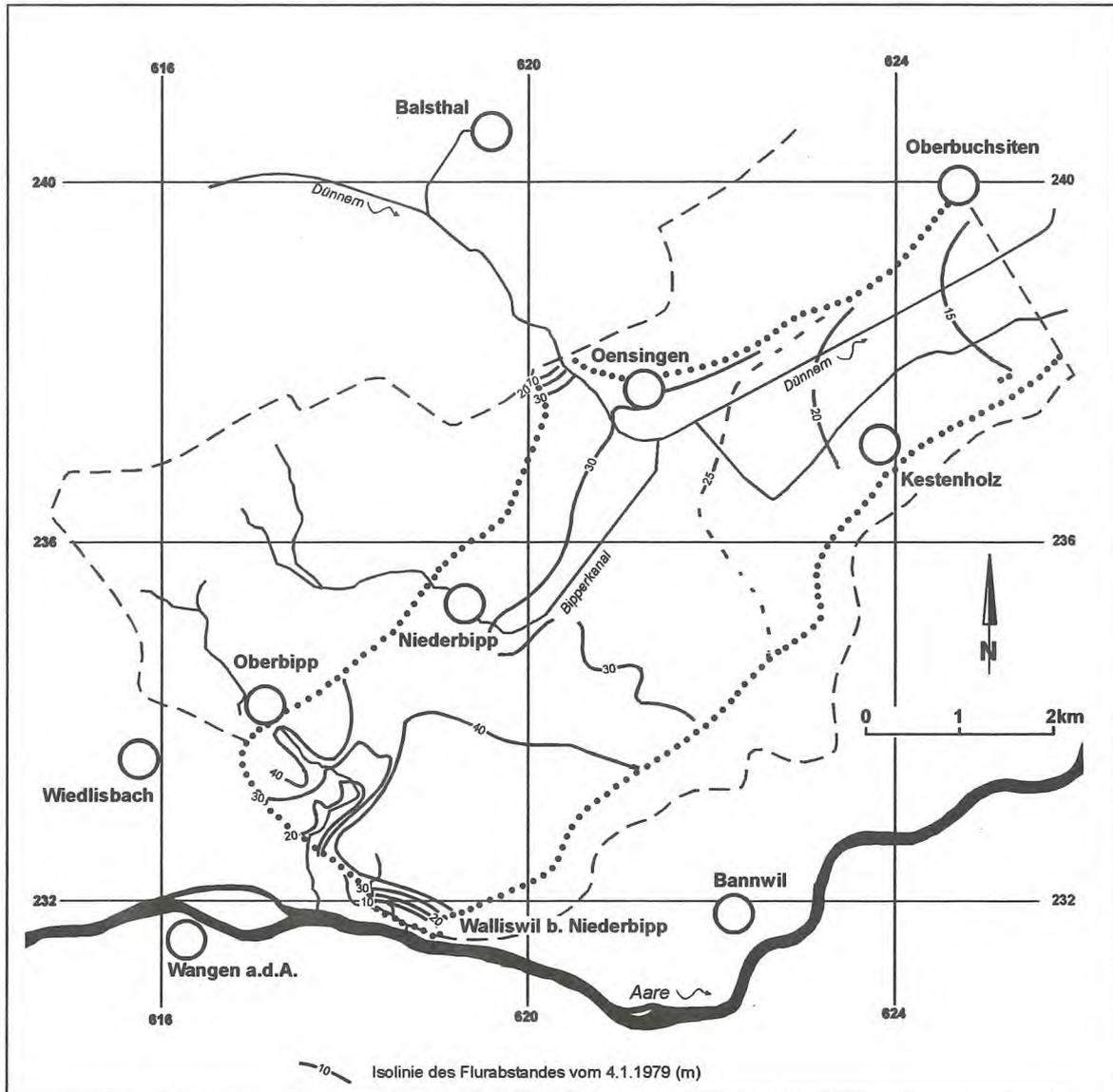
Figur 4.11: Die zeitliche Abfolge der direkten Grundwasserneubildung: Abhängigkeit der Parameter Δt_1 und Δt_2 vom Flurabstand



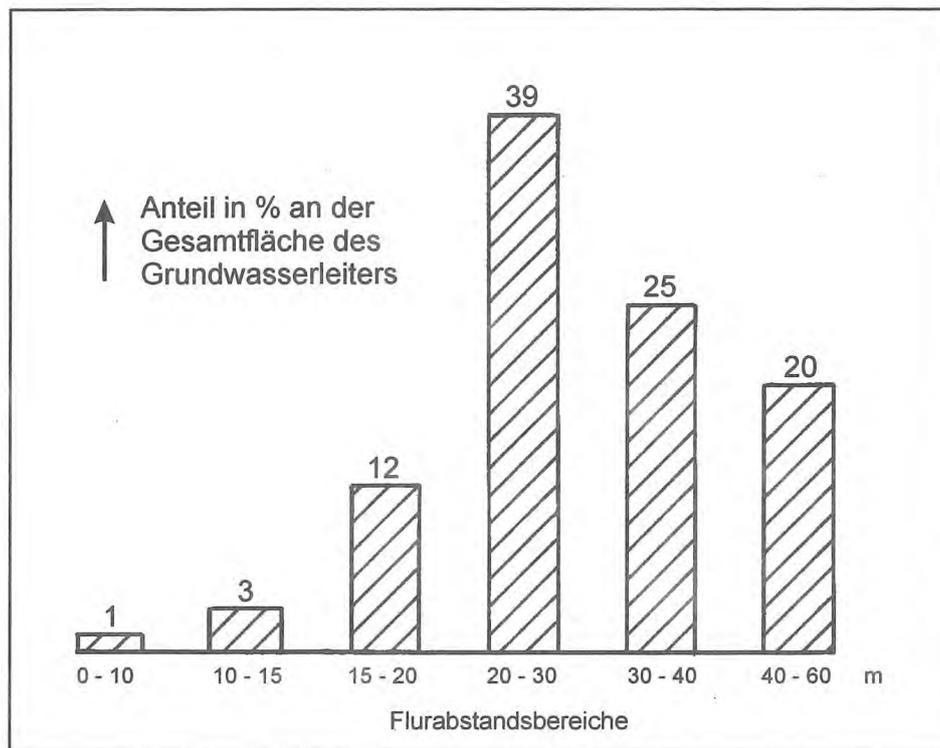
Zeitverzögerung Δt_2 zwischen Niederschlags - Ende
 und Grundwasseranstiegs - Ende



Figur 4.12: Isolinien des Flurabstandes vom 4.1.1979



Figur 4.13: Verteilung der Bereiche gleichen Flurabstandes



4.10 Randzuflüsse aus indirekter Grundwasserneubildung, Q_R

Für die in Kapitel 4.2 definierten hydrologischen Einzugsgebiete wurde die Gesamtmenge der dispersen, unterirdischen Randzuflüsse infolge Niederschlagsversickerung in den Randgebieten mit der klimatischen Bodenwasserbilanz sowie mit einer instationären Grundwasserbilanz ermittelt.

4.10.1 Klimatische Bodenwasserbilanz

Analog Kapitel 4.9.1 wurde für die Randgebiete das Sickerwasser aus der klimatischen Bodenwasserbilanz für Monatsmittelwerte (Stufenfunktion) bestimmt. Verglichen mit dem Sickerwasser im Grundwasserbecken waren hier modifizierte Annahmen für den Gebietsniederschlag (vgl. Kap. 3.4.1) und die Gebietsverdunstung (vgl. Kap. 3.4.2) einzuführen. Der Oberflächenabfluss wurde aus dem Abfluss der kleinen Bäche westlich der Klus sowie aus den von der Kanalisation gefassten Bachwasserläufen bei Oensingen abgeschätzt. Er beträgt ungefähr 10 - 15 % des Gebietsniederschlages.

Das berechnete Sickerwasser beträgt im Mittel der Jahre 1976 bis 1980 500 - 560 mm/a. Bezogen auf die Gesamtfläche der Randgebiete (24 km²) ergibt sich eine Sickerwassermenge von 380 - 420 l/s.

4.10.2 Instationäre Grundwasserbilanz 1976 - 1980

Für die Jahre 1976 bis 1980 wurde anhand von 10 Zeitabschnitten eine instationäre Bilanzierung der Zu- und Wegflüsse durchgeführt. Die Zeitabschnitte in der Grössenordnung von Halbjahren wurden aufgrund von positiven bzw. negativen Speicheränderungen im Grundwasserleiter abgegrenzt.

Für jeden Zeitabschnitt wurden die Mittelwerte der einzelnen Bilanzierungskennziffern des Grundwasserbeckens berechnet und anschliessend die indirekte Grundwasserneubildung als Fehlmenge ermittelt. In Figur 4.14 sind die Resultate graphisch dargestellt.

In Tabelle 4.8 sind die über die gesamte Bilanzierungsperiode 1976 bis 1980 gemittelten Zu- und Wegflüsse und ihre Genauigkeitsbereiche (Bandbreiten) aufgelistet. Die nach der indirekten Grundwasserneubildung Q_R aufgelöste instationäre Grundwasserbilanz beträgt $320 \text{ l/s} \pm 110 \text{ l/s}$.

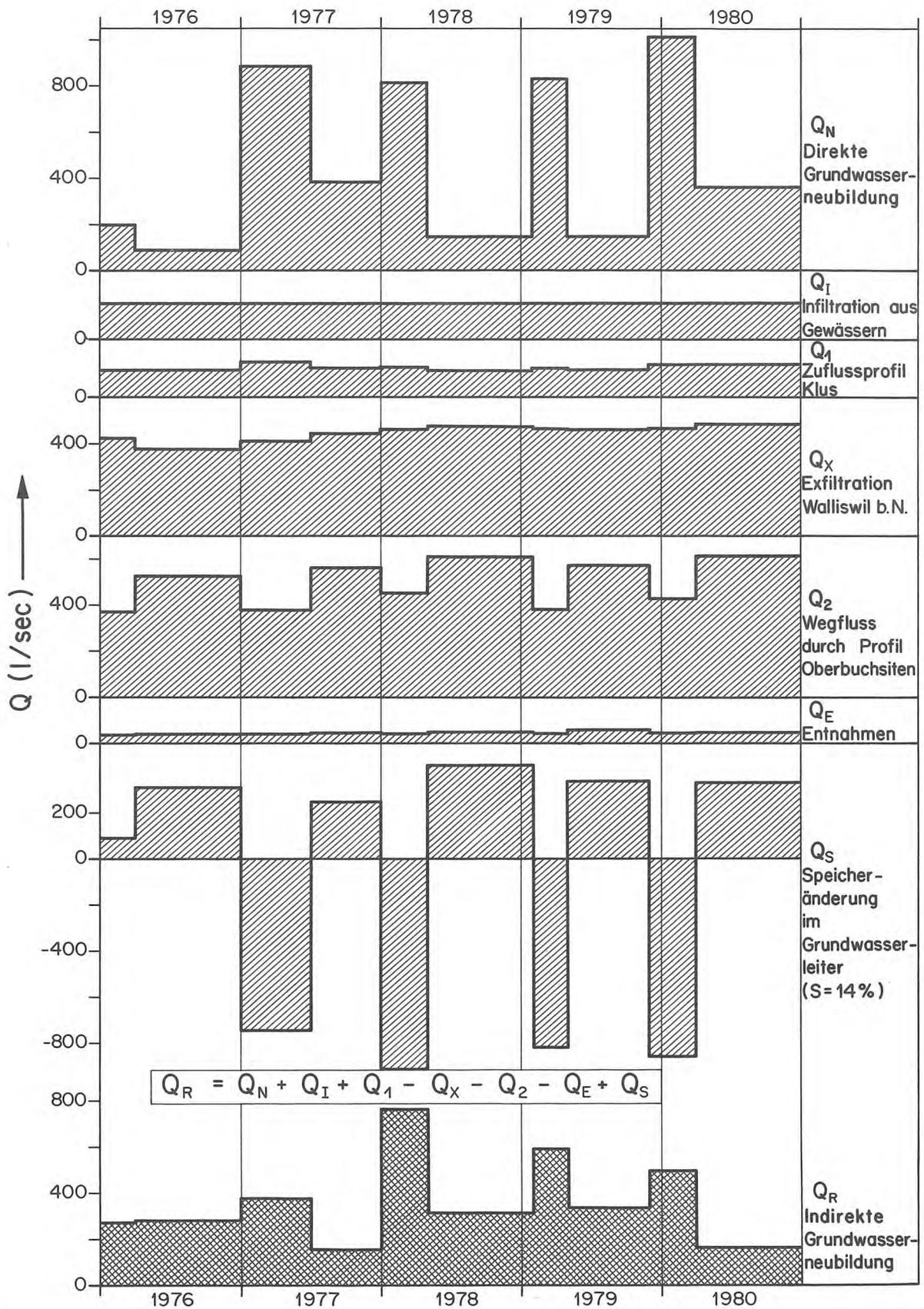
Alternative Annahmen über Karstwasserspeisung, Durchflussprofile und k-Wertverteilung können die angegebenen Bandbreiten noch erheblich vergrössern (siehe Kap. 6.5).

Tabelle 4.8: Instationäre Grundwasserbilanz für das Grundwasserbecken Bipperamt 1976 - 1980

Bilanzierungsgrössen		l/s	$\pm \text{l/s}$
Direkte Grundwasserneubildung Becken	Q_N	410	60
Infiltration aus Gewässern	Q_I	160	20
Zuflussprofil Klus	Q_1	110	30
Exfiltration Walliswil b. Niederbipp	$- Q_X$	- 445	70
Wegflussprofil Oberbuchsiten	$- Q_2$	- 500	150
Entnahmen	$- Q_E$	- 45	0
Indirekte Grundwasserneubildung (Randzufluss)	Q_R	310	110
Grundwasserdargebot		ca. 990 l/s	

Die ermittelte indirekte Grundwasserneubildung Q_R ist eher kleiner als die in Abschnitt 4.10.1 gefundene Sickerwassermenge der Randgebiete von 380 bis 420 l/s. Das hydrologische Einzugsgebiet, aus dem die dispersen unterirdischen Randzuflüsse stammen, ist somit kaum grösser als das topographische. Unter Berücksichtigung eines positiven Bilanzfehlers würden etwa 50 %, im Falle eines negativen knapp 100 % der Sickerwassermenge aus den Randgebieten benötigt, um die Bilanz zu erfüllen.

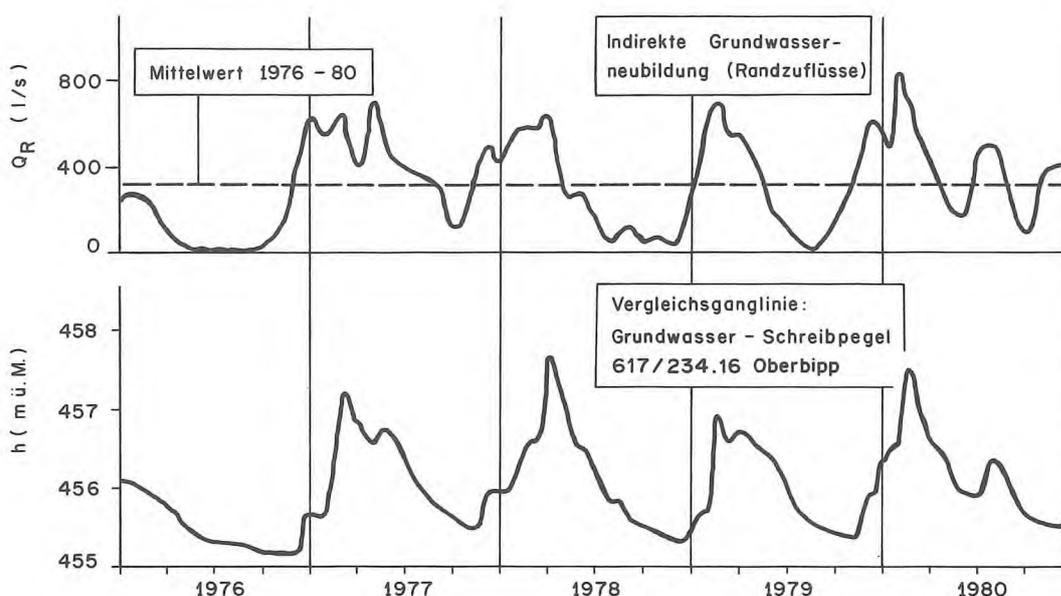
Figur 4.14 Bestimmung der indirekten Grundwasserneubildung Q_R aus der instationären Grundwasserbilanz 1976 bis 1980



4.10.3 Instationärer Verlauf der indirekten Grundwasserneubildung

Der zeitliche Ablauf der indirekten Grundwasserneubildung kann aus der mit der klimatischen Bodenwasserbilanz berechneten Stufenfunktion des Sickerwassers über ein modifiziertes Einzelinearspeichermodell ermittelt werden. Bei diesem Verfahren, welches auf Kapitel 4.8.2 basiert und ausführlich in BLAU et al. (1983a) beschrieben ist, werden für die Niederschlagsereignisse die Sickerwassermengen in volumentreue Entwässerungskurven umgewandelt und superponiert. In Figur 4.15 ist die für die Jahre 1976 bis 1980 bestimmte Zufluss-Ganglinie abgebildet.

Figur 4.15: Ganglinie der indirekten Grundwasserneubildung 1976 bis 1980



Der eingezeichnete Mittelwert entspricht der mit der instationären Grundwasserbilanz (Tab. 4.8) ermittelten Zuflussmenge von 320 l/s. Diese Menge ist mit seinem Fehlerbereich (± 110 l/s) kompatibel mit dem aus der Bodenwasserbilanz gefundenen Wert (400 l/s, Kap. 4.10.1). Die mit einer Entwässerungskonstanten von 0.03 d^{-1} berechnete Ganglinie zeigt einen ähnlichen Verlauf wie die Grundwasserspiegelganglinie des höhergelegenen Grundwasserleiters bei Oberbipp, welcher hauptsächlich aus dem Jura gespeist werden dürfte.

4.11 Statistische Untersuchungen zur Grundwasserneubildung aus Niederschlag

Die hydrogeologischen Untersuchungen im Bipperramt haben gezeigt: Die Grundwasserneubildung ist hauptsächlich auf versickerndes Niederschlagswasser zurückzuführen. Die Zuflüsse infolge Infiltration aus Gewässern und aus der Klus ist gegenüber der direkten und indirekten Grundwasserneubildung relativ klein.

Es soll deshalb untersucht werden, inwieweit sich dieser Hauptanteil der Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag herleiten lässt und welche Genauigkeit erwartet werden darf: Für die Jahre 1951 - 1980 wurden monatlich für halbjährliche und jährliche Zeitperioden die

Summen der Niederschläge auf Grundwasserbecken und Randgebiete mit den Summen der gesamten Grundwasserneubildung ($G_Z = G_N + G_R$) korreliert. 29 Wertepaare wurden miteinander verglichen. Die verzögernde Wirkung der teilgesättigten Deckschichten auf die Niederschlagsversickerung (vgl. Kap. 4.9.4) wurde mit einer Zeitverschiebung von einem Monat berücksichtigt.

Gemäss Kapitel 3.4.1 ist der Gebietsniederschlag N_G näherungsweise proportional zu den Niederschlagshöhen der SMA-Station Balsthal.

Winterhalbjahr:

Der lineare Zusammenhang zwischen G_Z (Summe November - April) und N (Summe Oktober - März) ist für die Periode 1951 - 1980 in Figur 4.16 dargestellt. Er wird mit dem Korrelationskoeffizient $r = 0.928$ sehr gut bestätigt.

Die hergeleitete Gleichung

$$G_Z = 1.73 N - 179 \quad (\text{mm}) \quad (4.23)$$

N (Niederschlag in Balsthal in mm)

erlaubt, mit der Niederschlagssumme des Halbjahres Oktober bis März die Summe der direkten und indirekten Grundwasserneubildung für das Halbjahr November bis April zu bestimmen, bei einem mittleren Fehler von ± 85 mm.

4.12 Zusammenhang zwischen Niederschlag und Grundwasserneubildung für Jahressummen

Untersucht wurden die Jahressummen der hydrologischen Jahre:

für N : Oktober bis September
 für G_Z : November bis Oktober

Die einfache lineare Regression ergibt lediglich einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0.775$. Die entsprechende Beziehung lautet:

$$G_Z = 1.24 N - 330 \quad (\text{mm}) \quad (4.24)$$

Die Berücksichtigung der Niederschlagssumme aus dem Vorjahr ergab eine Korrelationsverschlechterung ($r = 0.639$).

Eine Verbesserung gab die Unterteilung in Winter- bzw. Sommerhalbjahre.

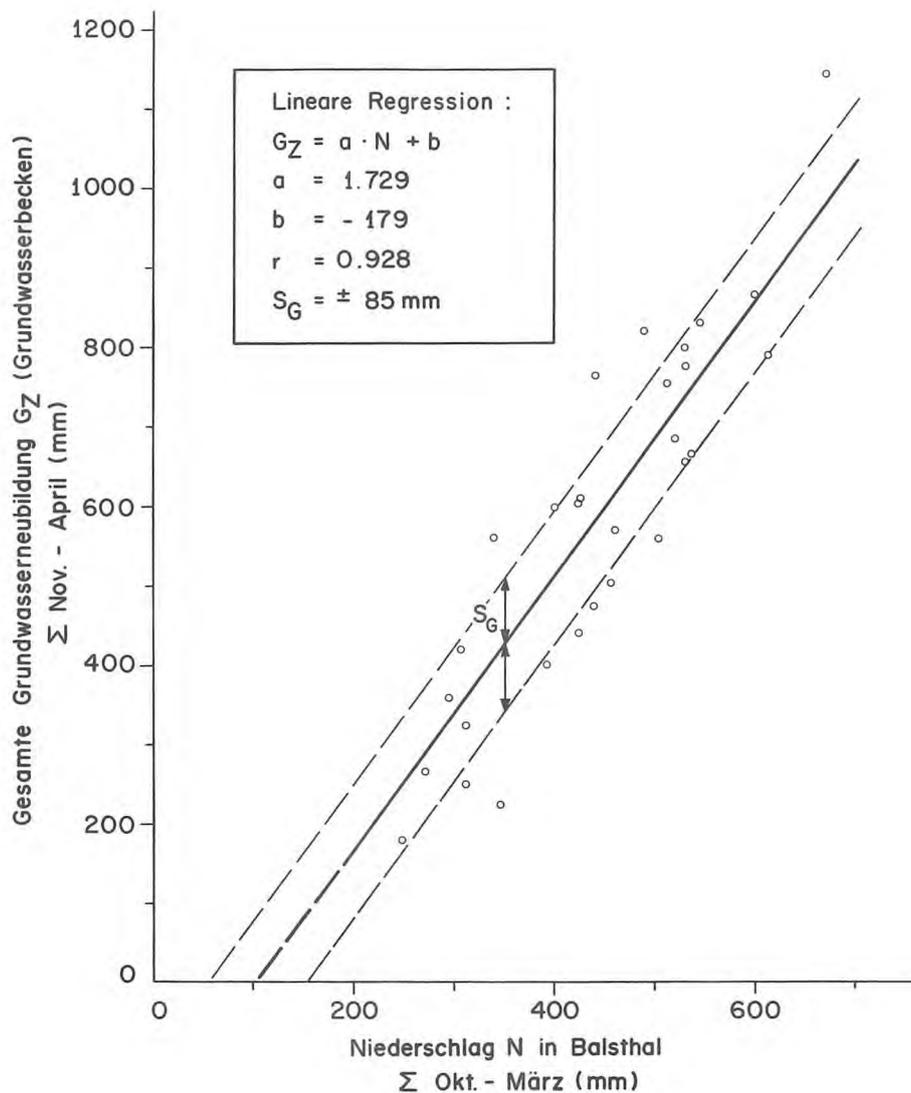
Hier ergab sich folgender Zusammenhang:

$$G_Z = 1.82 N_{\text{(Okt. - März)}} + 0.66 N_{\text{(April - Sept.)}} - 252 \quad (\text{mm}) \quad (4.25)$$

$r = 0.843$

$S_G = \pm 143$ mm (Standardabweichung)

Figur 4.16: Zusammenhang zwischen Grundwasserneubildung und Niederschlag im Winterhalbjahr (Periode 1951 - 1980)



Wie zu erwarten war, verbessert sich die Korrelation gegenüber (4.24) bedeutend. Die Grundwasserneubildung hängt wesentlich davon ab, wie die Niederschläge jahreszeitlich verteilt sind. (4.25) zeigt: An der jährlichen Grundwasserneubildung sind die Niederschläge im Winterhalbjahr mit rund 3/4, die Sommerniederschläge mit 1/4 beteiligt.

Die in den Regressionsbeziehungen festgestellten Streubreiten sind hauptsächlich auf drei Ursachen zurückzuführen:

1. Die in der SMA-Station Balsthal gemessene Niederschlagssumme ist nicht durchwegs repräsentativ für den Gebietsniederschlag im Untersuchungsgebiet.
2. Die Zeitverschiebung von 1 Monat zwischen Niederschlag und Grundwasserneubildung ist nur ein Näherungswert und variiert innerhalb gewisser Grenzen.

3. Ein strenger linearer Zusammenhang zwischen der Grundwasserneubildung und dem Niederschlag würde eine Proportionalität zwischen der Summe Verdunstung + oberirdischer Abfluss und Niederschlag bedingen. Diese Voraussetzung gilt in der Natur jedoch nur näherungsweise.

5. GRUNDWASSERHYDRAULIK

5.1 Kleinpumpversuche

Punkt-k-Werte in Aufschlussbohrungen

Um die vertikale Durchlässigkeitsverteilung innerhalb des Grundwasserleiters zu erfassen, wurden während des Abtiefens von 20 Rotationskernbohrungen insgesamt 110 Kleinpumpversuche durchgeführt. Die Versuche erfolgten jeweils mit zwei unterschiedlichen Pumpmengen unter Beachtung des Ruhewasserspiegels vor und nach dem Pumpbetrieb. Die Versuchsergebnisse sind in den Bohrprofilen der Zwischenberichte ersichtlich (WEA 1976 - 1980).

Profil-k-Werte in Aufschlussbohrungen

In den Filterrohren sämtlicher Bohrungen wurden die Profil-k-Werte mit Kleinpumpversuchen bestimmt, soweit möglich mit Doppelversuchen in unterschiedlichen Pumplagen. In Tabelle 5.1 sind die wichtigsten Feldbeobachtungen sowie die zugehörigen Versuchsergebnisse zusammengefasst.

Profil-k-Werte in Grundwasserfassungen

Weitere Profil-k-Werte konnten aus Pumpversuchen sowie aus Limnigraphenaufzeichnungen und Betriebsdaten von vier Grundwasserfassungen ermittelt werden. Die Pumpversuche wurden durchwegs mit den Installationen der betreffenden Anlage und unter Mithilfe der Eigentümer oder ihrer Vertreter ausgeführt. Diese Mitarbeit wird bestens verdankt.

In der Tabelle 5.2 sind die Versuchsergebnisse zusammengefasst.

Tabelle 5.1: Kleinpumpversuche in Bohrungen des WEA

Ort	WEA- Ordnungs- nummer	Datum des Versuchs- beginns	Eintauchtiefe des Pumpen- seihers ins Grundwasser m	Berücksichtigte Grundwasser- mächtigkeit z.Zt. des Versuchsbeginns N in m	Entnahme- menge QV in l/min	Wasserspiegel- absenkung in der Bohrung DH in m	Profil-k- Wert kP in 10 ⁻³ m/s	Gemittelter Profil-k- Wert kP in 10 ⁻³ m/s
Oberbipp Lerchen	617/233.30	19.05.76	17.80 2.80	23.00	71 71	0.003 0.005	7.30 4.90	6.10
Oberbipp Säget	617/234.16	16.03.6	15.80 15.80 3.80 3.80	23.40 23.40 23.40 23.40	75 54 76 56	0.021 0.019 0.023 0.019	1.50 1.10 1.40 1.20	1.30
Walliswil b. Niederbipp Oberli	618/231.65	13.10.78	4.00 7.00	8.40 8.40 8.40 8.40	107 170 133 170	0.666 1.01 0.775 0.978	0.30 0.36 0.34 0.38	0.35
Walliswil b. Niederbipp Mühli	618/231.66	30.10.78	4.00 12.00	12.80 12.80 12.80 12.80	114 242 110 242	0.148 0.329 0.149 0.338	0.70 0.81 0.67 0.79	0.74
Walliswil b. Niederbipp Kiesgrube	618/231.67	06.11.78	3.00 11.00	12.30 12.30 12.30 12.30	133 246 154 246	0.043 0.111 0.043 0.091	2.70 2.40 3.20 2.80	2.80
Oberbipp Längwald	618/232.9	30.09.76	11.40 1.40	34.00	58 58	0.009 0.014	1.50 1.00	1.30
Oberbipp Pfaffental	618/233.34	15.03.76	6.50	23.80	68	0.750	0.013	
Oberbipp Pfaffental	618/233.35	15.03.76	7.50 7.50 2.00 2.00	17.00 17.00 17.00 17.00	79 58 79 72	0.054 0.036 0.068 0.058	1.30 1.30 1.00 1.00	1.20
Niederbipp Unterführung	618/234.5	09.06.76	8.50 1.50	14.90	71 72	0.008 0.012	5.50 4.00	4.80
Oberbipp Ränkholtz	618/234.6	02.11.78	2.40 5.40	7.50 7.50	43 42	0.008 0.007	6.00 6.40	6.20
Oberbipp Längwald	619/233.4	31.08.76	9.80 2.80	32.70	64 63	0.006 0.006	2.50 2.50	2.50
Niederbipp Linisacher	619/232.2	13.04.76	17.70 2.70	41.50	66 66	0.009 0.017	1.40 0.80	1.10
Niederbipp Bahndamm	619/235.2	05.07.76	20.40 2.40	39.50	71 71	0.002 0.016	5.10 1.50	3.30
Niederbipp Rotboden	620/236.14	28.08.78	4.00 37.00	42.10 42.10	74 75	0.005 0.003	1.50 1.90	1.70
Oensingen Von Roll	620/237.2	25.08.78	6.00 30.00	32.20 32.20	73 73	0.075 0.047	0.28 0.41	0.35
Niederbipp Walkmatt	621/235.6	03.12.76	22.40 1.40	41.70	72.00 72.00	0.008 0.012	1.70 1.20	1.50
Niederbipp Martisacher	621/235.7	01.11.78	2.20 5.30	7.15 7.15	87 81	0.045 0.040	3.40 3.40	3.40
Oensingen Gmeinmatten	621/236.25	01.11.78	2.30 5.50	6.70 6.70	96 93	0.015 0.011	10.00 13.00	12.00
Oensingen Werkhof Autobahnamt	621/237.3	02.10.78	3.50 33.00	42.80 42.80	74 74	0.005 0.003	1.50 1.90	1.70
Oensingen Breitfeld	622/236.1	31.10.78	2.30 4.60	6.60 6.60	113 108	0.039 0.030	5.50 6.70	6.10
Kestenholz Länggassacher	623/237.1	31.10.78	2.90 5.60	6.10 6.10	129 135	0.021 0.018	12.00 15.00	13.00

Tabelle 5.2: Kleinpumpversuche in Vertikalfilterbrunnen

Ort	WEA- Ordnungs- nummer	Datum des Versuchs- beginns	Eintauchtiefe des Brunnen- filters z.Zt. des Versuchs- beginns	Entnahme- menge Q (l/min)	Wasser- spiegel- absenkung DH (m)	Profil-k-Wert DUPUIT kP (10^{-3} m/s)
			LV (m)			
Niederbipp Neues PW	619/235.1	07.02.1977	11.2	1'200 2'500	0.15 0.40	6.2 6.0
Niederbipp TELA	619/236.1	10.02.1977	12.1	500 2'200	0.05 0.22	4.8 6.8
Niederbipp Rathgeb	619/234.16	13.06.1977	19.1	3'000	2.97	0.8
Oensingen VEBO	621/237.4	06.02.1981	30.5	5'000	0.77	3.6

5.2 Grosspumpversuche

Grosspumpversuche (GPV) erlauben, die Gebiets-k-Werte k_G zu ermitteln. Im Untersuchungsgebiet liegen die Resultate von 4 GPV vor, die z.T. aus fremden Gutachten stammen. In den folgenden drei Abschnitten sind die wichtigsten Versuchsdaten und -ergebnisse zusammengestellt.

GPV Niederbipp, Kieswerk Iff

Zweck : Wassergewinnung für Kiesreinigung
 Ort : Kieswerk Iff, Niederbipp: WEA-Nr. 621/233.2
 Objekt : Unvollkommener Vertikalfilterbrunnen

Tabelle 5.3: GPV Niederbipp, Kieswerk Iff

Versuchsdauer		29.10. - 31.10.1976
Brunnenradius	(m)	0.25
Eintauchtiefe	(m)	5.9
Aquifermächtigkeit	(m)	ca. 24
Pumpmenge	(l/min)	500
Absenkung	(m)	0.22
Durchlässigkeit k_G	(m/s)	$3.1 \cdot 10^{-3}$

GPV Oensingen, Pumpwerk Moos

Zweck : Trinkwassergewinnung für die Gemeinde Oensingen
Ort : Oensingen (Moos): WEA-Nr. 621/236.1
Objekt : Horizontalfilterbrunnen

Der Grosspumpversuch wurde von der Fa. Fehlmann, Grundwasserbauten AG, Bern, durchgeführt. Die durch E. TRUEB (ETH Zürich) überarbeitete Auswertung ergab einen Gebiets-k-Wert kG von $3.4 \cdot 10^{-3}$ m/s.

GPV KKW Graben

Zweck : Grundwassergewinnung
Ort : Längwald: WEA-Nr. 620/233.12
Objekt : 2 vollkommene Vertikalfilterbrunnen

Tabelle 5.4: GPV KKW Graben

Versuchsdauer		24.07. - 11.08.1975	
		Brunnen 1	Brunnen 2
Brunnenradius	(m)	0.50	0.50
Eintauchtiefe	(m)	28.00	28.00
Aquifermächtigkeit	(m)	28.00	28.00
Pumpmenge	(l/min)	5'000	5'000
Absenkung	(m)	0.73	0.89
Durchlässigkeit gemäss Auswertung CSD (1975)			
kG	(m/s)	5 bis $8 \cdot 10^{-3}$	

GPV Walliswil b. Niederbipp

Zweck : Trinkwassergewinnung für die Gemeinde Walliswil b. Niederbipp
Ort : NW Kiesgrube Marti AG: WEA-Nr. 618/231.93
Objekt : Vertikalfilterbrunnen

Tabelle 5.5: GPV Walliswil b. Niederbipp

Versuchsdauer		30.11. - 13.12.1993
Brunnenradius	(m)	0.65
Eintauchtiefe	(m)	1.4
Aquifermächtigkeit	(m)	ca. 17
Pumpmenge	(l/min)	730 / 1400
Absenkung	(m)	1.0 / 2.01
Durchlässigkeit gemäss Auswertung WERNER + PARTNER AG (1992 - 1994)		
kG	(m/s)	1.2 bis $2.3 \cdot 10^{-3}$

Die vorgängig des Pumpversuches, 1992 und 1993 in der Nähe ausgeführten drei Sondierbohrungen 618/231.7, 618/232.12 und 618/232.14 ergaben Profil-k-Werte von 0.2 bis $2.0 \cdot 10^{-3}$ m/s. Bemerkenswert ist der Umstand, dass ein viertägiger Pumpversuch mit 600 l/min in der Sondierbohrung 618/231.7 einen k-Wert von $1.7 \cdot 10^{-3}$ m/s ergab, dagegen der mit einer Pumpdauer von 30 min und einer Pumpmenge von 240 l/min jedoch nur einen kP-Wert von $0.2 \cdot 10^{-3}$ m/s (Entsandungseffekt?).

5.3 Diskussion der Resultate

- **Punkt-k-Werte:**

Die mit den 110 Kleinpumpversuchen ermittelten Punkt-k-Werte variieren zwischen $0.1 \cdot 10^{-3}$ und $7 \cdot 10^{-3}$ m/s. Allerdings dürften die kleinsten Durchlässigkeiten im Grundwasserleiter unter $0.1 \cdot 10^{-3}$ m/s liegen, da einige Versuche infolge des zu geringen Grundwassernachflusses abgebrochen werden mussten.

Wie schon mehrfach aus anderen Untersuchungen bestätigt worden ist, zeigte sich auch hier: Die Durchlässigkeitsbeiwerte aus Punkt-k-Wertversuchen sind verglichen mit den kP- und kG-Werten kleiner (Skalen-Effekt: Schichten mit höheren k-Werten sind nicht alle betroffen). Die Variation der Durchlässigkeit innerhalb einer einzelnen Bohrung wird aber durch die Punkt-k-Werte relativ gut wiedergespiegelt.

- **Profil-k-Werte:**

Die in der Tabelle 5.1 aufgeführten Profil-k-Werte aus 20 Bohrungen variieren zwischen $0.35 \cdot 10^{-3}$ und $13 \cdot 10^{-3}$ m/s und betragen im Mittel $3.6 \cdot 10^{-3}$ m/s. Für die in Tabelle 5.2 aufgelisteten Vertikalfilterbrunnen wurden mittlere kP-Werte zwischen $0.8 \cdot 10^{-3}$ und $6.1 \cdot 10^{-3}$ m/s bestimmt. Der Mittelwert aus den 4 Versuchen ergibt $4.1 \cdot 10^{-3}$ m/s. Die Arbeiten für das Nationale Forschungsprogramm "Modellstudie Emmental" (WEA 1983) haben gezeigt: Die nach der bisherigen, beschriebenen Methode bestimmten Profil-k-Werte sind insbesondere in gut durchlässigen Bereichen zu klein (Skalen-Effekt). Die in den Tabellen 5.1 und 5.2 angegebenen Profil-k-Werte sind deshalb in der Regel als **Minimalwerte** zu betrachten. Die effektive, mittlere Durchlässigkeit könnte bis dreimal grösser sein.

- **Gebiets-k-Werte:**

Im Untersuchungsgebiet liegen Gebiets-k-Werte aus drei Vertikal- und einem Horizontalfilterbrunnen vor. Die ermittelten kG-Werte beziehen sich nur bei der Grundwasserfassung Graben auf die gesamte Grundwassermächtigkeit. Aus dem Vergleich mit den kP-Werten geht hervor, dass die kG-Werte generell grösser sind. Mit ihrer Variationsbreite von ca. $1.7 \cdot 10^{-3}$ bis $8 \cdot 10^{-3}$ m/s dürften sie die mittleren Durchlässigkeitsverhältnisse für weite Gebiete des Grundwasserleiters repräsentativ charakterisieren.

Durchlässigkeitsverhältnisse im Grundwasserleiter

Die aus den Pumpversuchen bestimmten kP- und kG-Werte ergaben: Im untersuchten Grundwasserleiter Bipperamt/Gäu überwiegen sehr gute Durchlässigkeiten, die generell zwischen $2 \cdot 10^{-3}$ bis $10 \cdot 10^{-3}$ m/s liegen. Ausgehend von diesem mittleren Durchlässigkeitsbereich können anhand der Profil-k-Werte die Teilgebiete mit geringer und sehr guter Durchlässigkeit umrissen werden (vgl. auch Kap. 6).

Geringe Durchlässigkeit findet man im Bereich des Dünnerndeltas ausgangs der Balsthaler Klus sowie entlang des Längswaldes und im Gebiet Walliswil b. Niederbipp. Sehr gute Durchlässigkeitsverhältnisse weisen die Gebiete südöstlich und östlich von Oensingen im Kanton Solothurn auf. Dies bestätigen die aus GPV und Grundwasserabsenkungen im Raum Neuendorf-Oberbuchsiten-Egerkingen ermittelten Gebiets-k-Werte, welche generell über $10 \cdot 10^{-3}$ m/s betragen.

6. GRUNDWASSERMODELL

6.1 Allgemeines

Unter dem Begriff Grundwassermodell verstehen wir den mit numerischen Verfahren diskretisierten Grundwasserleiter des Bipperramtes (Gäu), dessen quantitative Strömungseigenschaften rechnerisch mit dem Computer nachvollzogen werden können. Die Strömungsberechnungen basieren auf dem an der VAW, ETH-Z, entwickelten und im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms Wasserhaushalt erweiterten Computerprogramm zur Simulation stationärer und instationärer, horizontalebener Grundwasserströmungen mit freier Oberfläche (TROESCH 1975, WEA 1983). Das numerische Verfahren verwendet die Methode der endlichen Elemente.

Die Eichung erfolgte stationär anhand der Strömungsverhältnisse vom 4.1.1979 und instationär für die Jahre 1979 und 1980. Dabei wurde angestrebt, dass die gemessenen Wasserstände in den Bohrungen und hydraulisch angeschlossenen Oberflächengewässern mit den berechneten Potentialen und die berechneten Zu- und Wegflussmengen mit den natürlichen übereinstimmen. Die k -Werte werden als variable Parameter eingegeben und so lange modifiziert, bis die Kontrolldaten (Potentiale und Zuflüsse) richtig wiedergegeben sind (inverse Eichung). Anschliessend erfolgte die instationäre direkte Eichung (k -Werte und Speisung eingegeben, Potentiale berechnet).

Auf den Ergebnissen der Modelleichung aufbauend, konnte das nutzbare Grundwasserdargebot der Jahre 1976 bis 1980 des Grundwasserbeckens hochgerechnet werden. Das geeichte Grundwassermodell erlaubte zudem, als Prognoseinstrument die Auswirkungen zusätzlicher Grundwasserentnahmen auf die langfristigen Strömungsverhältnisse zu beurteilen. Und schliesslich bildet das Modell eine gute Grundlage für die künftige Ueberwachung des Grundwasservorkommens im Bipperramt.

6.2 Modellaufbau

Modellgebiet und Randbedingungen

Bei der Abgrenzung des Modellgebietes ist zu beachten, dass die Randpotentiale sowie die Grundwasserzu- und wegflüsse über die Modellränder möglichst wirklichkeitsnahe für beliebige Zeitpunkte beschrieben werden können. Zudem müssen die Strömungsverhältnisse innerhalb des Modellgebietes, d.h. die Potentialverteilung und die Flüsse, für verschiedene Grundwasserspiegellagen formuliert werden können. Die gute Zusammenarbeit der Wasserwirtschaftsämter der Kantone Bern und Solothurn hat wesentlich dazu beigetragen, dass das ausgeschiedene Gebiet diesen modelltechnischen Ansprüchen genügt.

Das Modellgebiet ist mit der in Fig. 4.1 dargestellten Fläche des Grundwasserbeckens deckungsgleich. Der Modellrand weist eine Länge von insgesamt 27 km auf:

- Grösstenteils folgt er der seitlichen Begrenzung des Grundwasserbeckens bei mittlerem Grundwasserstand. Als Randbedingung werden die Zuflüsse aus der indirekten Grundwasserneubildung vorgegeben.
- Im Süden wird er durch die Aare in der Mitte des Flusses gebildet, mit deren Wasserspiegel die Randbedingungen formuliert werden können.

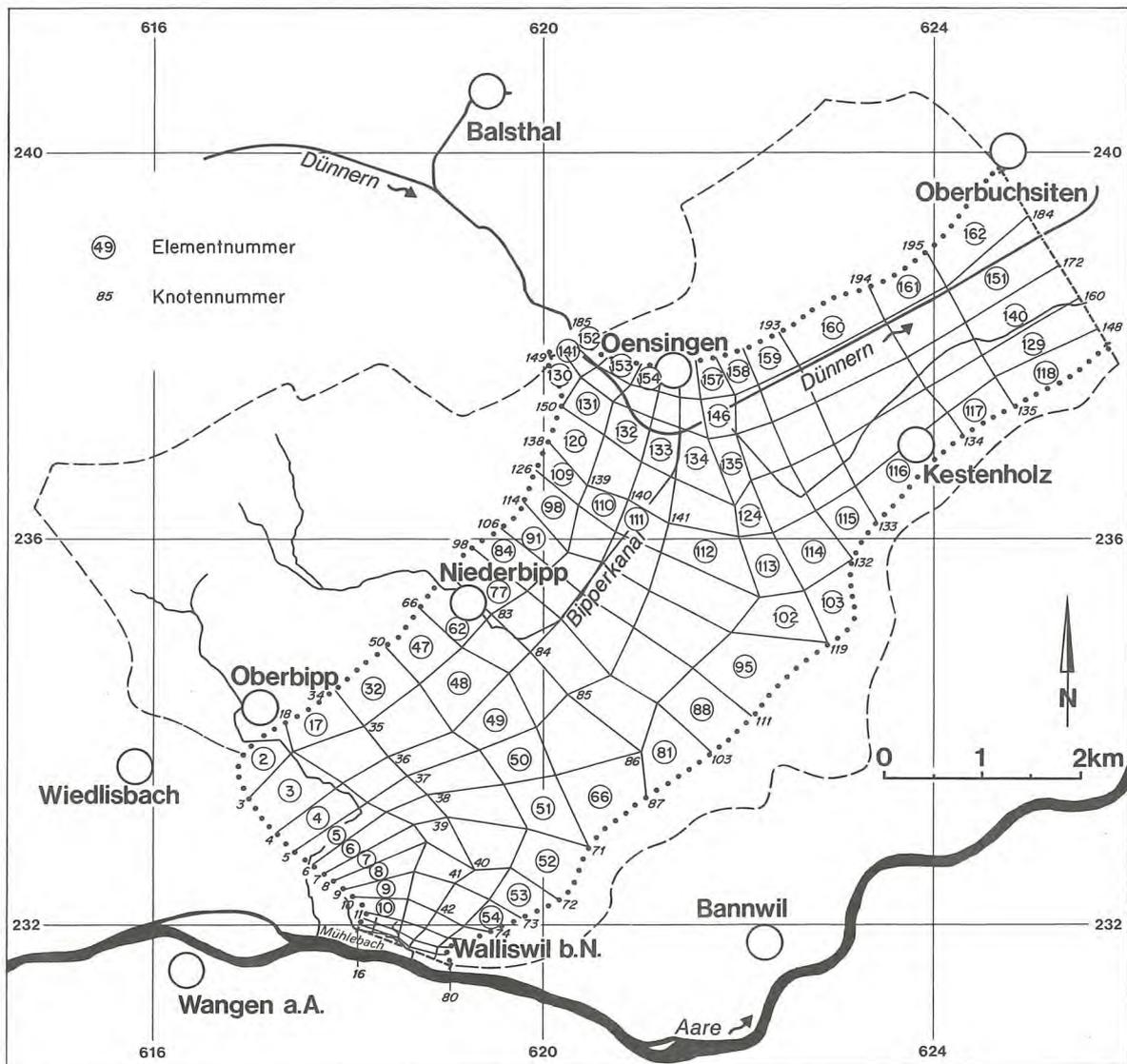
- Im Norden bei Oensingen entspricht er dem Durchflussprofil "Klus" und im Nordosten dem Durchflussprofil "Oberbuchsiten". Bei beiden Profilen werden die Randbedingungen mit mittleren Grundwasserpotentialen vorgegeben.

Wie bereits in Kapitel 3.2 erwähnt, entspricht die Modellgrenze nicht überall der auf den Beilagen 1 und 2 dargestellten Begrenzung des Grundwasserleiters, da diese aufgrund von neuen geologischen Erkenntnissen in einigen Gebieten geändert werden musste.

Knoten und Elemente

Das in Fig. 6.1 abgebildete Netz des Grundwassermodells ist mit 169 Knoten in 128 Elemente unterteilt. Jedes Element weist vier Eckknoten auf. Auf Zwischenknoten wurde verzichtet.

Figur 6.1: Diskretisierung des Grundwasserbeckens



Die Elementseiten folgen in nordöstlicher Richtung generell den Stromlinien und in südwestlicher Richtung den Isohypsen des Grundwasserspiegels. In Strömungsrichtung sind sie auf die Spiegelgefälle abgestimmt, indem bei grossen Gefällen kurze und bei kleinen lange Elemente berücksichtigt worden sind. Die Knoten wurden vor allem bei hydrologisch bedeutenden Oertlichkeiten angeordnet (Filterbrunnen, Bohrungen, Oberflächengewässer etc.).

Gewässerknoten

Der Verlauf der nachweisbar in- oder exfiltrierenden Bäche und Kanäle wird mit Gewässerknoten erfasst. Jeder Knoten repräsentiert einen Abschnitt des Oberflächengewässers und dient zur Bestimmung des entsprechenden Zu- oder Wegflusses bzw. Grundwasserpotentials. Bei Gewässerknoten mit perkolativer Infiltration (Dünnern, Bipperkanal, Oberbipp-Dorfbach) werden gestützt auf die gemessenen Infiltrationsleistungen die Zuflüsse eingegeben, die Potentiale berechnet und mit in der Nähe des Gewässers eingemessenen Grundwasserständen kontrolliert.

Bei Gewässerknoten mit direkter Infiltration (Aare, westlich Walliswil) oder mit Exfiltration (Aare, östlich Walliswil und Mühlebach, Walliswil) werden die Wasserstände als Festpotentiale eingesetzt und die Knotenwegflüsse berechnet. Mit der gemessenen Exfiltrationsmenge des Mühlebaches können die Modellergebnisse kontrolliert werden.

6.3 Modellgrössen

Terrainoberfläche

Damit der zeitliche Verlauf der direkten Grundwasserneubildung aus der Sickerwasserrate hergeleitet werden kann, wurde beim Grundwassermodell die Terrainoberfläche eingegeben. Die berücksichtigten Höhen repräsentieren Mittelwerte der von den Modellknoten erfassten Teilflächen. Sie wurden aus der Landeskarte 1 : 25 000 ermittelt.

Grundwasserstauer

Die räumliche Lage des Grundwasserstauers wurde mit der Höhe der praktisch undurchlässigen Oberfläche in den Modellknoten beschrieben. Die eingegebenen Knoten entsprechen der mittleren Stauerhöhe der von den Knoten erfassten Teilflächen in m ü.M. und sind anhand der Isohypsen des Grundwasserstauers in Beilage 1 ermittelt. Die Differenz zwischen Grundwasserspiegel und Stauer ergibt die Aquifermächtigkeit (der Aquiferaufbau wurde im Modell als homogen angenommen).

Grundwasserpotentiale

Die Grundwasserpotentiale wurden ebenfalls knotenweise in m ü.M. eingegeben. Die gemessenen Wasserstände sind nicht zum vorneherein als Potentiale zu betrachten. Vielmehr gelten sie als mehr oder weniger gute Anfangsabschätzungen: In der Regel weichen sie jedoch im vorliegenden Untersuchungsgebiet nicht wesentlich voneinander ab (höchstens einige cm).

Für die Simulation der Strömungsverhältnisse vom 4.1.1979, dem Eichzeitpunkt, waren eingemessene Wasserstände in 72 Beobachtungspunkten verfügbar (vgl. Kap. 3.4.4).

Für die Simulation der instationären Strömungsverhältnisse in den Jahren 1979 und 1980

konnten die Potentiale von den digitalisierten Schreibpegelaufzeichnungen der Grundwassermessstellen (vgl. Kap. 3.4.4) herangezogen werden.

Zu- und Wegflüsse

Die perkolativ versickernden Infiltrationsmengen aus den Oberflächengewässern und die Entnahmemengen der Pumpwerke wurden knotenweise, die indirekte Grundwasserneubildung linienförmig und die direkte Grundwasserneubildung flächenmässig eingegeben. Für die indirekte Grundwasserneubildung waren die Grössen der topographischen Teileinzugsgebiete, welche für die randlichen Elementseiten repräsentativ sind, zu berücksichtigen. Der Zufluss durch das Profil "Klus", der Wegfluss durch das Profil "Oberbuchsiten" sowie die direkten Infiltrations- und Exfiltrationsmengen der Oberflächengewässer wurden mit Festpotentialen berechnet.

Durchlässigkeit

Die Anfangsabschätzung der Durchlässigkeitsverteilung basierte auf folgenden Werten:

- Durchschnittliche Elementdurchlässigkeit : $6 \cdot 10^{-3}$ m/s
- Maximale Elementdurchlässigkeit : $30 \cdot 10^{-3}$ m/s
- Minimale Elementdurchlässigkeit (vermutet) : $0.01 \cdot 10^{-3}$ m/s

Kleinere Durchlässigkeiten gelten als Grundwasserstauer.

Aufgrund der hydrogeologischen Interpretation des Grundwasserleiters, der Resultate von Kapitel 5 sowie der Klein- und Grosspumpversuche wurden in einzelnen Zonen Anfangsdurchlässigkeiten eingegeben, die vom Durchschnittswert abweichen:

- Durchflussprofil Aare bei Walliswil b. Niederbipp : $1.2 \cdot 10^{-3}$ m/s
- Grundwasserleiter nördlich Walliswil b. Niederbipp : $3 \cdot 10^{-3}$ m/s
- Durchflussprofil Klus : $0.8 \cdot 10^{-3}$ m/s
- Grundwasserleiter zwischen Oensingen und Kestenholz : $18 \cdot 10^{-3}$ m/s
- Durchflussprofil Oberbuchsiten : $13 \cdot 10^{-3}$ m/s

Speicherkoefizient

Gestützt auf die aus der Entwässerungskurve in Figur 4.6 ermittelten Speicherkoefizienten (vgl. Tab. 4.4) wurde die Modelleichung mit einem Speicherkoefizienten von 14 % begonnen.

6.4 Stationäre Eichung vom 4.1.1979

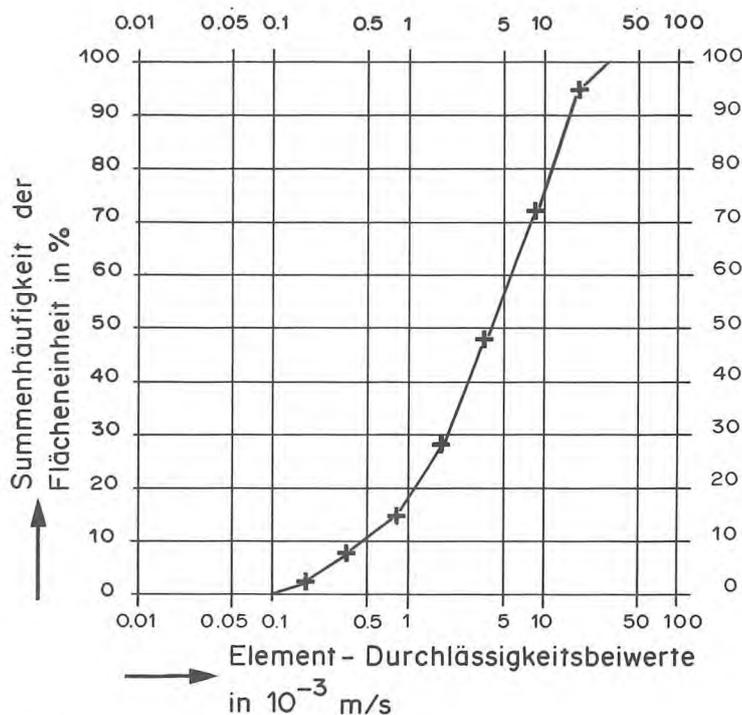
6.4.1 Berechnete Durchlässigkeiten

Durchlässigkeitsverteilung

Das arithmetische Mittel der vom Modell berechneten Elementdurchlässigkeiten (inverse Eichung) beträgt $6 \cdot 10^{-3}$ m/s. Ein detaillierteres Bild zeigt die Summenhäufigkeit in Figur 6.2 für durchschnittliche Elementgrössen F_E von 0.2 km^2 . Für 57 % des Modellgebietes liegen die

Durchlässigkeiten zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ und $10 \cdot 10^{-3}$ m/s, für 18 % darunter, für 25 % darüber. Der 50 %-Wert beträgt $4 \cdot 10^{-3}$ m/s. Die kleinsten k_E -Werte liegen etwa bei $0.1 \cdot 10^{-3}$, die grössten bei $27 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Figur 6.2: Verteilung der Elementdurchlässigkeiten nach der Modelleichung (100 % = 27 km²)



Variation Durchlässigkeit

Figur 6.3 zeigt die räumliche Variation der Elementdurchlässigkeiten k_E im Modellgebiet. Kleine k_E -Werte, unter $1 \cdot 10^{-3}$ m/s, treten auf:

- zwischen Oberbipp (Weierli) bis zur Aare bei Walliswil b. Niederbipp im südwestlichen Teil des Grundwasserleiters,
- bei den Deltaablagerungen in Oensingen, Klus bis Rotboden und
- im Gebiet südöstlich von Oensingen (Aebisholz).

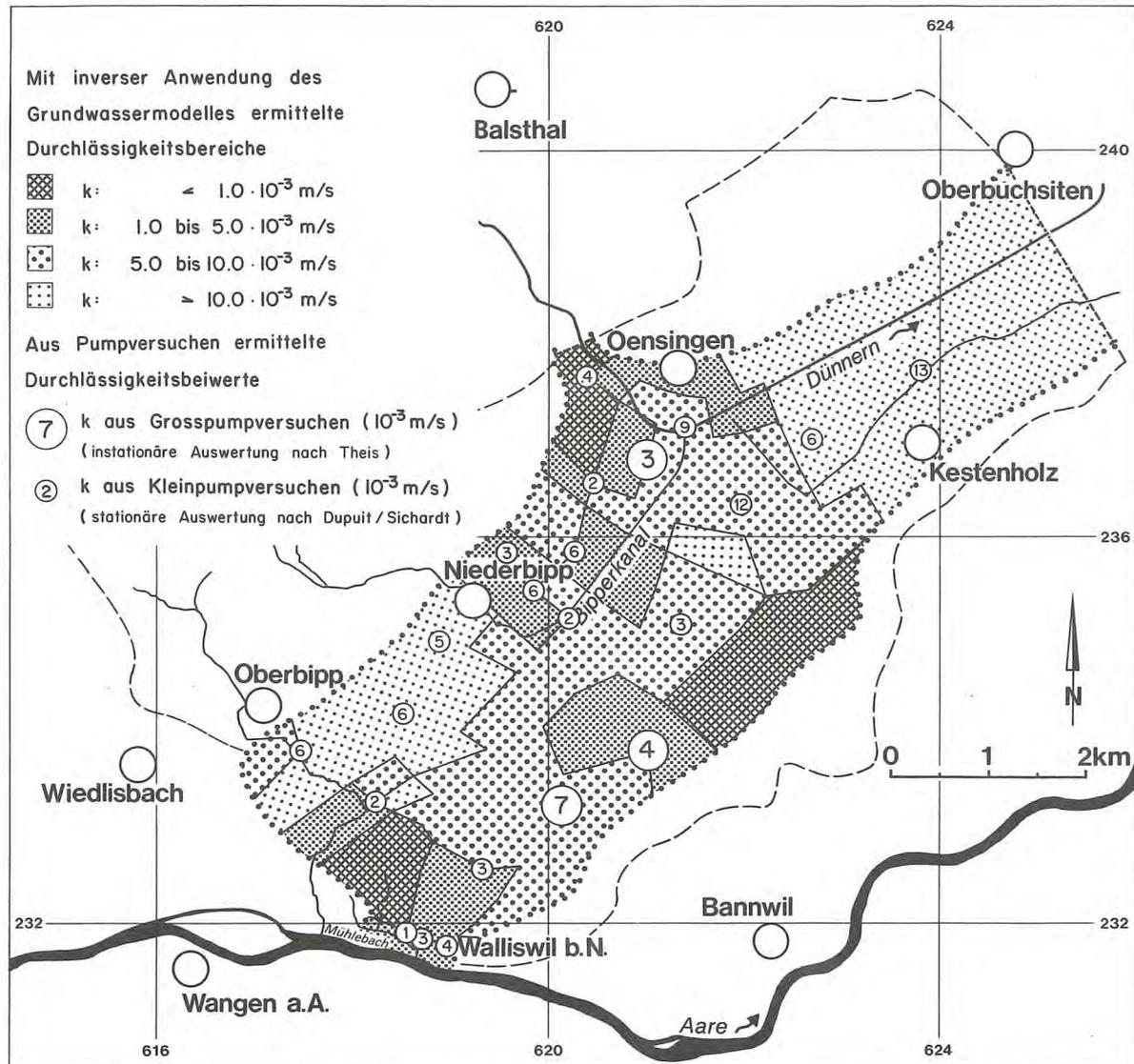
Grosse k_E -Werte, über $10 \cdot 10^{-3}$ m/s, kommen vor

- im nordwestlichen Teil des Grundwasserleiters zwischen den Dörfern Oberbipp und Niederbipp und
- unterhalb dem Profil Oberbipp (Dorf) und Kestenholz (Stockacher).

Durchschnittliche k_E -Werte zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $10 \cdot 10^{-3}$ m/s sind westlich des erwähnten Profils in der Mitte des Grundwasserleiters vorzufinden.

Die in Figur 6.3 als Vergleich dargestellten Profil- k -Werte k_P sind erwartungsgemäss kleiner als die k_E -Werte, stimmen aber, relativ betrachtet, mit den Modellergebnissen gut überein.

Figur 6.3: Elementdurchlässigkeiten im Modellgebiet



6.4.2 Berechnete Potentiale

Wie aus Tabelle 6.1 hervorgeht, weichen die Potentiale nach der Modelleichung bei den Bohrungen nur noch um wenige Zentimeter von den gemessenen Wasserständen ab. Die durchschnittliche Differenz beträgt - 1.8 cm.

Vertikale Druckunterschiede im Aquifer wurden nicht berücksichtigt. So weicht beispielsweise das berechnete Potential in der unvollkommenen Bohrung 622/236.1 um - 12 cm vom gemessenen Wasserstand ab (abwärtsgerichtete Strömung). Eine grosse Abweichung zwischen dem

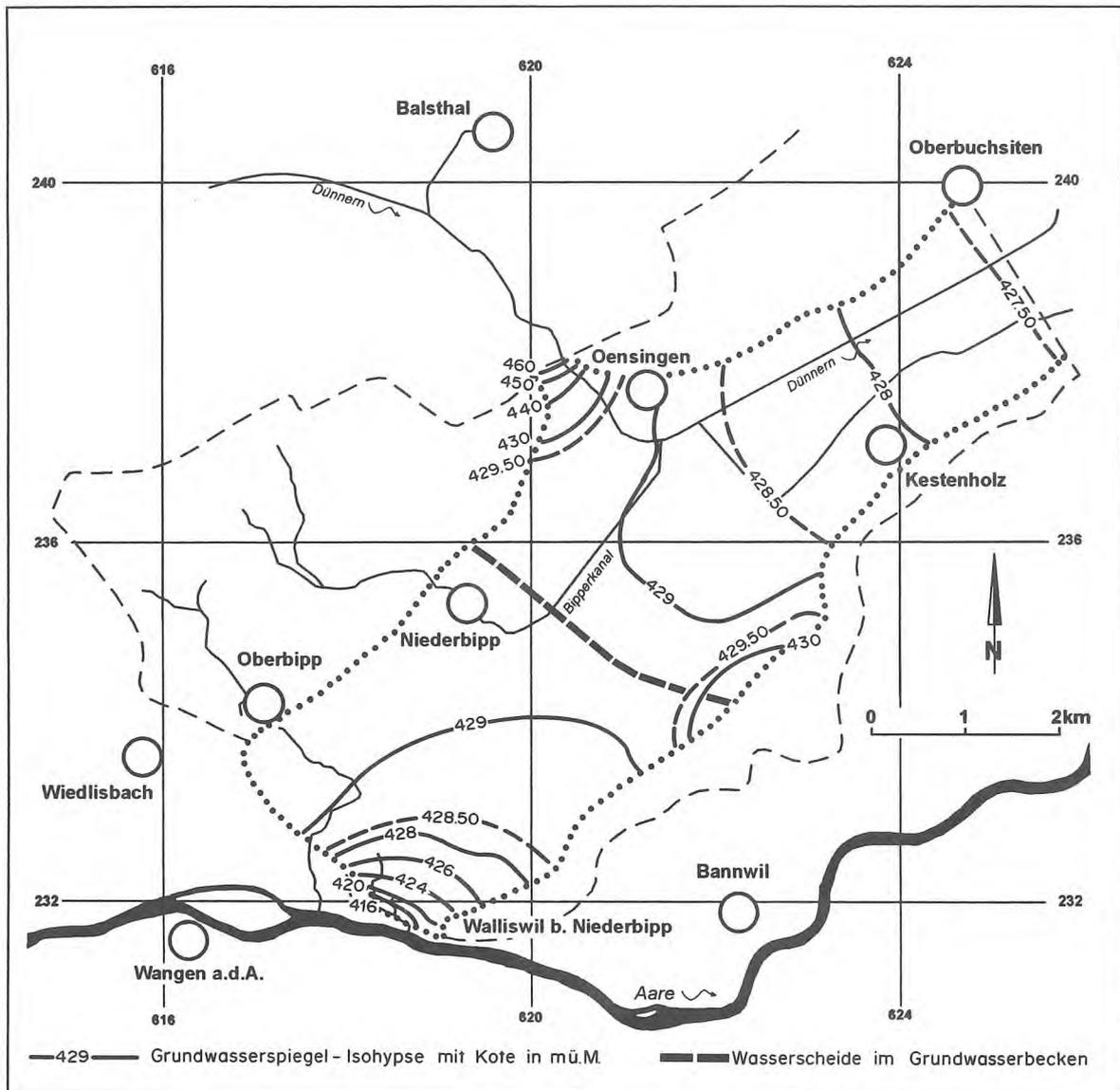
berechneten Potential und dem gemessenen Wasserstand verzeichnet die vollkommene Bohrung 618/233.34 mit - 52 cm. Gestützt auf den um 2 m höher liegenden Wasserspiegel der unmittelbar benachbarten Bohrung 618/233.35, mit welcher der mittlere Druck der obersten 12 m des Aquifers erfasst wird, tritt hier ein lokal begrenztes, höheres Grundwasser-Stockwerk auf, durch das der benachbarte Grundwasserleiter gespeisen wird. Da sowohl die Feldversuche wie auch die Modellergebnisse auf sehr kleine k-Werte im 10^{-4} m/s-Bereich schliessen lassen, ist eine lokale Erhöhung des Grundwasserspiegels in der genannten Grössenordnung bei einer Vertikalströmung von bis zu 2 l/s vom oberen ins untere Stockwerk hydraulisch erklärbar.

Tabelle 6.1: Differenzen zwischen den berechneten Potentialen und den gemessenen Wasserständen vom 4. 1. 1979 in vollkommenen und unvollkommenen Bohrungen

Knoten-Nr.	WEA-Ordnungsnummer	Feld-Bez.	Bohrtyp	Abweichung in cm	Knoten-Nr.	WEA-Ordnungsnummer	Feld-Bez.	Bohrtyp	Abweichung in cm
19	617/233.30	GAB09	vollk.	1	115	620/235.2	GAB59	unvollk.	1
24	618/232.9	GAB13	vollk.	0	118	621/235.7	GAB19	unvollk.	1
40	619/232.4	GAB12	vollk.	-2	129	621/235.6	GAB14	vollk.	1
51	618/234.6	GAB18	unvollk.	-4	130	622/235.2	GAP01	unvollk.	1
52	619/233.2	GAB08	vollk.	-2	139	620/236.14	GAB17	vollk.	2
55	619/232.3	GAB55	vollk.	3	152	621/236.1	GAF03	unvollk.	2
60	618/231.65	GAB15	vollk.	-4	154	621/236.25	GAB20	unvollk.	1
70	620/233.13	GAB58	unvollk.	0	157	622/236.1	GAB23	unvollk.	12
85	620/234.25	GAB53	vollk.	1	158	623/237.1	GAB24	unvollk.	0
99	619/235.1	GAF01	unvollk.	0	162	620/237.2	GAB21	vollk.	2
100	620/235.1	GAF02	unvollk.	0	163	620/237.1	GAF07	unvollk.	0
102	621/234.1	GAB61	unvollk.	-2	165	621/237.3	GAB22	unvollk.	0

Im Grundwasseraustritts-Gebiet Walliswil b. Niederbipp sind aufwärts gerichtete Vertikalströmungen zu erwarten. Die mit den Piezometern und den Wasserstandsabstichpunkten erfassten Wasserspiegel liegen bei den Austrittsstellen eher tiefer als die mittleren Grundwasserpotentiale. Die Eichung des mit 24 Knoten diskretisierten Austrittsgebietes führte unter diesem Aspekt generell zu einer ziemlich guten Uebereinstimmung mit den gemessenen Wasserständen (± 10 cm).

Figur 6.4: Simulierte Grundwasserspiegel-Isokypsen vom 4.1.1979



Isokypsen des mittleren Grundwasserpotentials vom 4.1.1979

Auf Figur 6.4 sind die mit dem stationären Grundwassermodell berechneten Isokypsen des mittleren Grundwasserpotentials dargestellt. Gestützt auf die zahlreichen, etwa gleichmässig verteilten Kontrollpunkte (s. Tab. 6.1) darf angenommen werden, dass die dargestellten Isokypsen mit den tatsächlichen Verhältnissen in der Regel auf 1 bis 3 cm übereinstimmen. Grössere Ungenauigkeiten könnten allenfalls in den Randbereichen sowie lokal im Grundwasserstrittsgebiet Walliswil b. Niederbipp auftreten.

6.4.3 Modellkennziffern vom 4.1.1979

In Tabelle 6.2 sind die Modellkennziffern für die Eichung zusammengestellt. Der Grundwasserspiegel sank am Eichtag um 0.3 cm, was einer Zehrmenge Q_S von 131 l/s entsprach. Die Grundwasserverhältnisse waren somit am Eichtag nicht ganz stationär. Die Modellkennziffern in Tabelle 6.2 entsprechen Summen von Knotenzuflüssen- und wegflüssen und können mit den Bilanzierungskennziffern von Kap. 4.10.2 direkt verglichen werden (Tab. 4.8).

Für das Profil Klus ergibt sich ein Q_1 von 122 l/s aus den mit Festpotentialen berechneten Flüssen der Knoten 161, 173 und 185. In Kap. 4.3 wurde für die Bilanzierungskennziffer Q_1 eine Bandbreite von 90 bis 130 l/s ermittelt.

Die direkte und indirekte Grundwasserneubildung Q_N und Q_R sowie die Infiltration aus der Dünnern, aus dem Bipperkanal und dem Dorfbach von Oberbipp wurden eingegeben. Die Dünnern-Infiltration entspricht dem unteren Grenzwert, der mit den Abfluss-Differenzmessungen nachgewiesen werden konnte.

Tabelle 6.2: Modellkennziffern in l/s vom 4.1.1979

Beschreibung der Modellkennziffern	Symbol	Teilsomme l/s	Summe l/s	%
Zufluss durch das Profil Klus	Q_1		122	11.1
Direkte Grundwasserneubildung infolge Niederschlag auf das Modellgebiet	Q_N		303	27.7
Indirekte Grundwasserneubildung, disperse Randzuflüsse	Q_R		319	29.1
Infiltration aus Oberflächengewässern: - Aare westl. Walliswil b. Niederbipp - Dünnern von Oensingen bis Oberbuchsiten - Sonstige	Q_I	141 ¹⁾ 50 30 —	221	20.2
Zehrmenge infolge Rückgang des Grundwasserspiegels (Vorratsänderung)	Q_S		131	11.9
Total Zuflüsse	ΣQ		1'096	100.0
Wegfluss durch das Profil Oberbuchsiten	Q_2		-539	49.2
Grundwasserexfiltration in Oberflächengewässer - Aare bei Walliswil b. Niederbipp - Grundwasseraustritte Walliswil b. Niederbipp	Q_X	- 131 ¹⁾ - 374 —	-505	46.0
Trink- und Brauchwasser	Q_E		- 52	4.8
Total Wegflüsse	ΣQ		-1'096	100.0

1) Differenz zwischen Infiltrations- und Exfiltrationsmenge = 10 l/s
Infiltration vorherrschend

Die Aare-Infiltration und die -Exfiltration wurden mit Festpotentialen berechnet. Die Exfiltrationsmenge beinhaltet die Wegflüsse einer allfälligen Grundwasserunterströmung der Aare in Richtung Walliswil b. Wangen. Die Modellkennziffern sind bedeutend grösser als die mit Abflussmessungen und Profil-Durchflussberechnungen abgeschätzten Werte (s. Kap. 4.8.1, Tab. 4.2). Hingegen ist die Differenz der berechneten Werte mit einem Infiltrationsüberschuss von 10 l/s erwartungsgemäss klein. Mit anderen Worten infiltriert aus der Aare westlich von Walliswil b. Niederbipp etwa gleich viel Wasser wie östlich davon in die Aare exfiltriert oder allfällig unter ihr durchströmt. Die berechnete Exfiltrationsmenge der Grundwasseraustritte bei Walliswil b. Niederbipp von 0.374 m³/s ist etwas kleiner als in Kap. 4.7 geschätzt wurde (siehe auch Tab. 4.8).

Deckungsgleich mit der Modellkennziffer Q_2 ist der in Kap. 4.4 abgeschätzte Wegfluss durch das Profil Oberbuchsiten.

Die Trink- und Brauchwassermenge Q_E wurde eingegeben. Die stationäre Modelleichung hat somit praktisch zu den gleich grossen Zu- und Wegflüssen wie in Kap. 4 geführt. Das Grundwassermodell ist verglichen mit den natürlichen Verhältnissen mengentreu, soweit die Flüsse mit Messungen direkt oder indirekt erfasst werden konnten. Figur 6.5 gibt einen Ueberblick über die Modellkennziffern. Die Werte sind teilweise auf ± 5 l/s gerundet.

Die Bilanz führt westlich der Wasserscheide (Kanton Bern) auf eine totale Zufluss- bzw. Wegflussmenge von 520 l/s, bei einer Grundwasserzehrung von 60 l/s. Die Aare-In- und Exfiltration ist als Differenzmenge mit 10 l/s dargestellt. Oestlich der Wasserscheide (Kanton Solothurn) fliessen in den bzw. aus dem Grundwasserleiter insgesamt 577 l/s. Die Zehrmenge beträgt 70 l/s.

6.5 Instationäre Eichung 1979 - 1980

6.5.1 Speicherkoeffizient

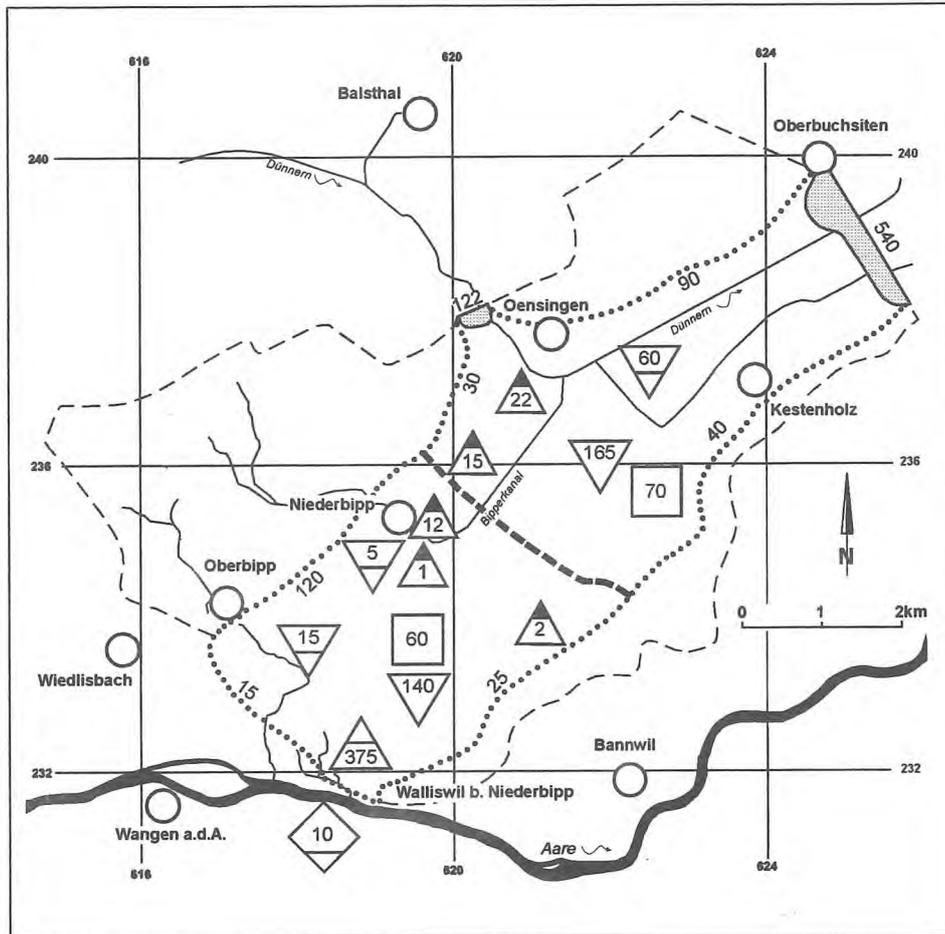
Bei sämtlichen 24 Kontrollmessstellen wurde der Speicherkoeffizient S mit 14 ± 2 % definiert. Der aus der Grundwasserexfiltration in Walliswil b. Niederbipp ermittelte durchschnittliche Speicherkoeffizient (vgl. Kap. 4.8.3) hat sich bei der Eichung weitgehend bestätigt.

6.5.2 Berechnete Grundwasserpotentiale

Differenzen zwischen Potentialen und Grundwasserständen

Für die instationäre Eichung 1979 - 1980 wurden bei der äusseren Klus (620/238.2) und bei Oberbuchsiten (625/239.1) die gemessenen Grundwasserstände als Potentiale ins Modell eingegeben. Die berechneten Potentiale und die mit Schreibpegeln aufgezeichneten Grundwasserstände wurden bei 13 Kontrollmessstellen über die Jahre 1979 - 1980 verglichen. Tabelle 6.3 zeigt die Standardabweichung S_d sowie die grössten Tagesabweichungen der mit 75 Zeitschritten diskretisierten Ganglinien und vergleicht sie mit den entsprechenden Jahresamplituden.

Figur 6.5: Modellkennziffern vom 4.1.1979 (Werte teilweise auf 5 l/s gerundet)



Durchflussprofil:



122 Mittlere Durchflussmenge in l/sec.



Mittlere Vorratsänderung (Zunahme) im Grundwasserleiter in l/sec.



Mittlere genutzte Entnahmemenge in l/sec.

Infiltration:



Gemessene Infiltrationsmenge in l/sec.

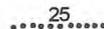


Differenz zwischen Infiltrations- und Exfiltrationsmenge Infiltration vorherrschend in l/sec.

Exfiltration:



Gemessene, oberflächlich abgeleitete Exfiltrationsmenge in l/sec.



Indirekte Grundwasserneubildung (Randzufluss) in l/sec.



Direkte Grundwasserneubildung in l/sec.

Topografische Wasserscheiden



Wasserscheide im Grundwasserleiter

Die berechneten Tageswerte wurden zwischen den simulierten Potentialen zweier Zeitschritte interpoliert. Die Differenz zwischen den berechneten und gemessenen Werten enthält somit auch Interpolationsfehler. Ein weiterer Interpolationsfehler entsteht bei der Diskretisierung der Festpotentiale. Dieser beträgt beispielsweise für die Referenzmessstelle 625/239.1 (PW Oberbuchsiten) ± 5 cm bei maximalen Tagesabweichungen von 28 cm (vgl. Fig. 6.7 unten).

Tabelle 6.3: Durchschnittliche Abweichungen zwischen berechneten und gemessenen Tageswerten für die Jahre 1979 und 1980 (13 Messstellen)

Jahr	Standard Tagesabweichung S_d (cm)	Datum	Grösste Tagesabweichung $(\phi_d - h_d)_{\max}$ (cm)	Jahresamplitude $h_{d\max} - h_{d\min}$ (cm)
1979	± 15.8	19.8.	- 33.5	180
1980	± 11.9	10.2.	- 39.5	222

ϕ_d = mittleres gemessenes Tagespotential

h_d = mittleres berechnetes Tagespotential

Nach Tabelle 6.4 konzentrieren sich die Abweichungen insbesondere auf die Wintermonate Januar bis März. Die berechneten Ganglinien liegen maximal 28 cm im Jahre 1979 und 46 cm im Jahre 1980 unter den gemessenen. Im Frühling sind die Abweichungen kleiner: - 7 cm im Jahre 1979 und 19 cm im Jahre 1980. In der zweiten Jahreshälfte liegen die berechneten Ganglinien über den gemessenen. Das Manko der Wintermonate wird damit weitgehend kompensiert.

Die Analyse der Abweichungen zeigt, dass die effektiven Differenzen insbesondere auf die eingegebenen Grundwasserneubildungsraten zurückzuführen sind (vgl. Kap. 6.5.3), welche scheinbar für die Wintermonate und die Frühlingsmonate 1979 etwas zu klein, für die Sommer-/Herbstmonate und die Frühlingsmonate 1980 zu gross sind.

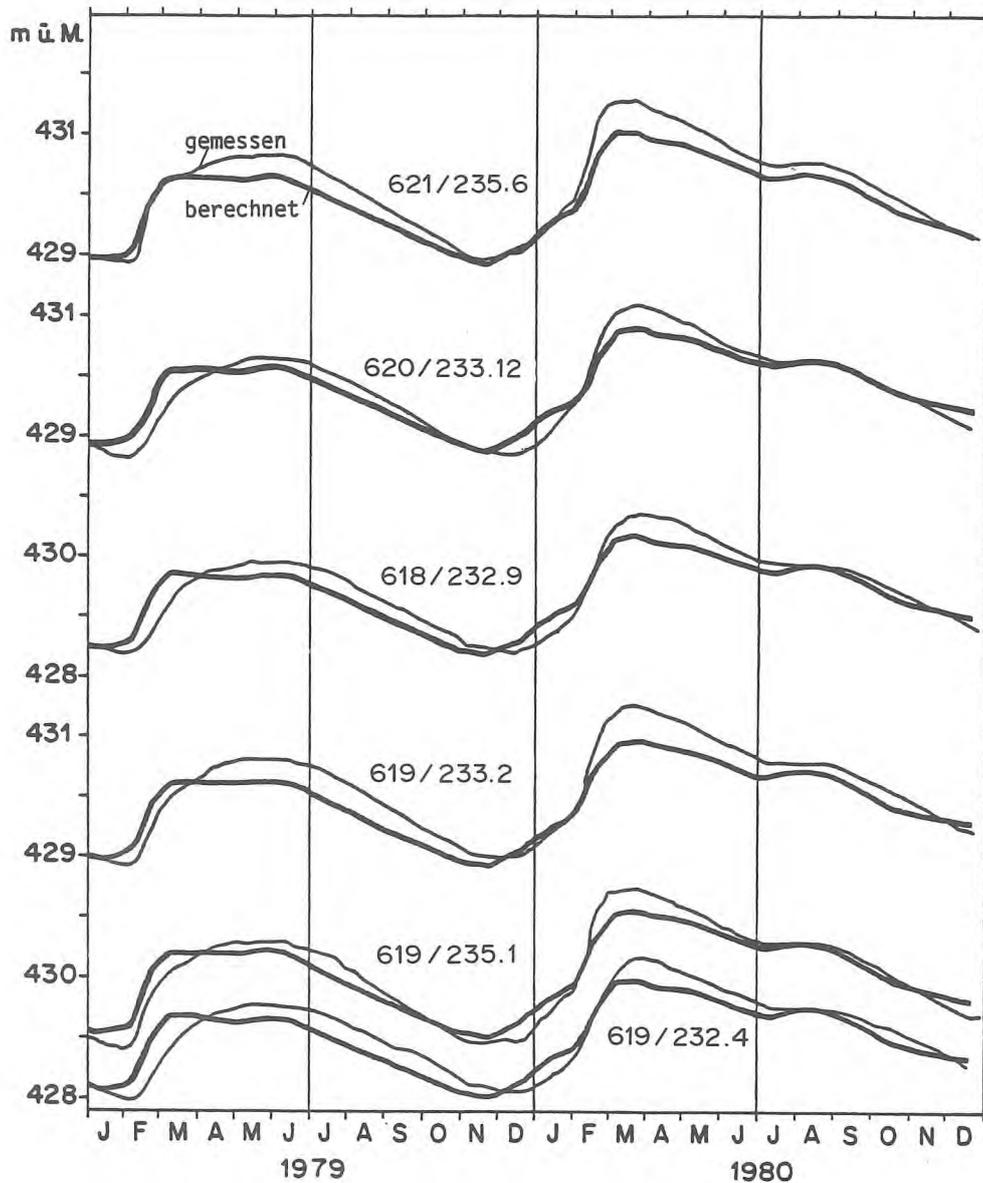
Tabelle 6.4: Durchschnittliche Abweichungen zwischen berechneten und gemessenen Tageswerten; jahreszeitlicher Verlauf

Periode Jahr	Jan. - März cm	April - Juni cm	Juli - Sept. cm	Okt. - Dez. cm	Jan. - Dez. cm
1979	- 28	- 7	19	23	7
1980	- 46	19	4	25	2

Berechnete und gemessene Ganglinien

Figur 6.6 und Figur 6.7 zeigen insgesamt 12 berechnete und aufgezeichnete Ganglinien von Messstellen mit Schreibpegeln. Die Standorte der Messstellen sind aus der Beilage 1 ersichtlich.

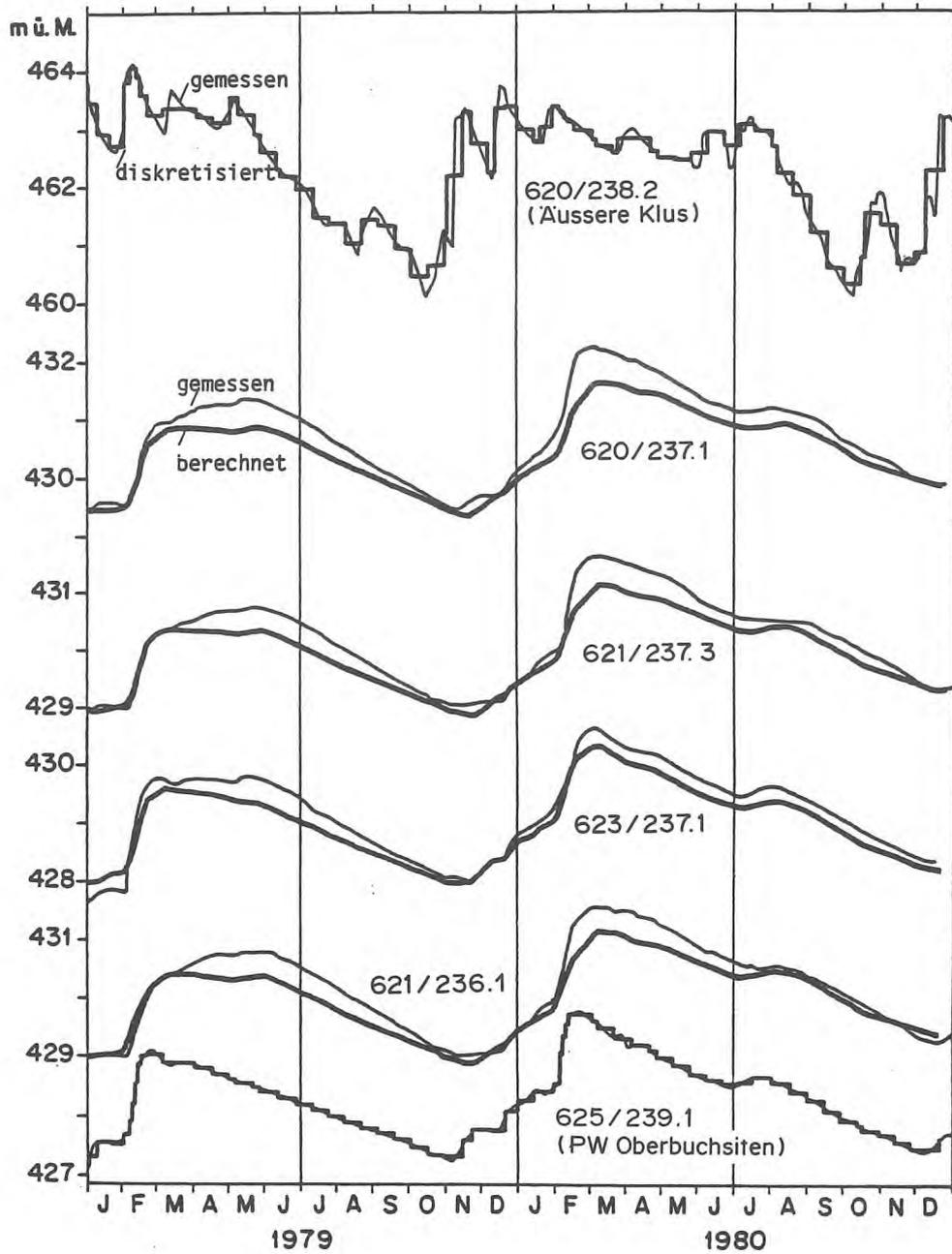
Figur 6.6: Berechnete und gemessene Ganglinien bei sechs Grundwassermessstellen mit Schreibpegeln im Kanton Bern



In Figur 6.6 sind Grundwasserspiegel-Ganglinien im westlichen Teil des Grundwasserbeckens, im Kanton Bern, dargestellt. Die Flurabstände liegen bei diesen Messstellen zwischen 30 und 40 m. Der Grundwasserspiegel variierte zwischen Kote 428 und 431 m ü.M.. Aus dem Vergleich der beiden untersten Ganglinien ist ersichtlich: Die Höhendifferenz zwischen den gemessenen Ganglinien der beiden Messstellen 619/235.1 (GAF01, Niederbipp, neues Pumpwerk) und 619/232.4 (GAB12, Oberbipp, Längwald) beträgt rund 1 m; die Ganglinien laufen praktisch synchron (± 10 cm). Die Fließstrecke des Grundwassers zwischen den beiden Messstellen ist 3 km lang. Das Grundwasser fließt dazwischen mit einem Spiegelgefälle von 0.3 ‰.

In Figur 6.7 sind Ganglinien des östlichen Teils des Grundwasserbeckens, im Kanton Solothurn, dargestellt. Die Ganglinien der Messstelle 620/238.2 in der Aeusseren Klus bei Oensingen und der Messstelle 625/239.1 bei Oberbuchsiten (Pumpwerk) wurden, wie oben erwähnt, diskretisiert als Festpotentiale eingegeben. Die oben erläuterten Abweichungen sind hier visuell festzustellen.

Figur 6.7: Eingegebene und diskretisierte Ganglinien bei zwei, berechnete und gemessene Ganglinien bei vier Grundwassermessstellen mit Schreibpegeln im Kanton Solothurn



Der Flurabstand von 620/238.2 (Aeussere Klus) liegt zwischen 3 und 7 m, bei den übrigen zwischen 32 m und 14 m, von oben nach unten abnehmend. Die beiden Ganglinien der Messstelle 631/237.3 (Oensingen, Werkhof Autobahnanschluss) und 623/237.1 (Kestenholz, Länggassacher) mit einer Grundwasser-Flie遝sstrecke von 2.5 km weichen in der Regel ebenfalls rund 1 m voneinander ab, was ein Grundwasserspiegel-Gefälle von 0.4 ‰ ergibt. Infolge des kleinen Flurabstandes steigt bei Kestenholz der Grundwasserspiegel nach starken Niederschlagsereignissen rascher an als bei Oensingen, wodurch kurzfristig Gefällsveränderungen von ± 0.1 ‰ möglich sind (vgl. auch Kap. 3.4.4).

Isohypsen des Grundwasserpotentials vom 19.3.1980

Die mit dem instationären Grundwassermodell berechneten Isohypsen liegen durchschnittlich um 35 cm unter den gemessenen Wasserständen. Ein Resultat, das in Anbetracht der teilweise sehr grossen Grundwasserspiegelschwankungen als befriedigend bezeichnet werden darf.

6.5.3 Modellkennziffern 1979 - 1980

In Tabelle 6.5 sind die instationär berechneten, mittleren Modellkennziffern für die beiden Jahre 1979 bis 1980 aufgeführt. Daneben sind, sofern aus der Modellberechnung ersichtlich, die Tagesextremwerte der beiden Jahre und das Datum des Auftretens angegeben.

Tabelle 6.5: Modellkennziffern 1979 - 1980 (instationäre Eichung)

Beschreibung der Modellkennziffern		Teilsomme Summe		Extremwerte in l/s				
		l/s	l/s	%	Minimum		Maximum	
Zufluss durch das Profil Klus	Q ₁	112	9.7	102	03.10.79	158	2.5.79	
Direkte Grundwasserneubildung infolge Niederschlag auf das Modellgebiet	Q _N	478	41.2	66	14.10.80	2'553	21.2.79	
Indirekte Grundwasserneubildung, disperse Randzuflüsse	Q _R	347	30.0	90	12.7.79	994	31.1.80	
Infiltration aus Oberflächengewässern: - Aare westl. Walliswil b. Niederbipp - Dünnern von Oensingen bis Oberbuchsiten - Sonstige	Q _I	-141 ¹⁾ 50 <u>30</u>	221	19.1	145	16.11.79	217	4.3.80
Total Zuflüsse	ΣQ	1'158	100	480	10.10.79	3'690	21.2.79	
Wegfluss durch das Profil Oberbuchsiten	Q ₂	-543	46.9	-280	21.2.79	-747	20.3.80	
Grundwasserexfiltration in Oberflächengewässer: - Aare bei Walliswil b. Niederbipp - Grundwasseraustritte Walliswil b. Niederbipp	Q _X	-149 ¹⁾ <u>-389</u>	-538	46.5	-493	16.11.79	-593	4.3.80
Trink- und Brauchwasser	Q _E	-52	4.5	-		-		
Speichermenge infolge Anstieg des Grundwasserspiegels	Q _S	-25	2.1	+416	14.10.80	-2'450	13.2.80	
Total Wegflüsse	ΣQ	-1'158	100.0	-875	10.2.79	-1'380	20.3.79	

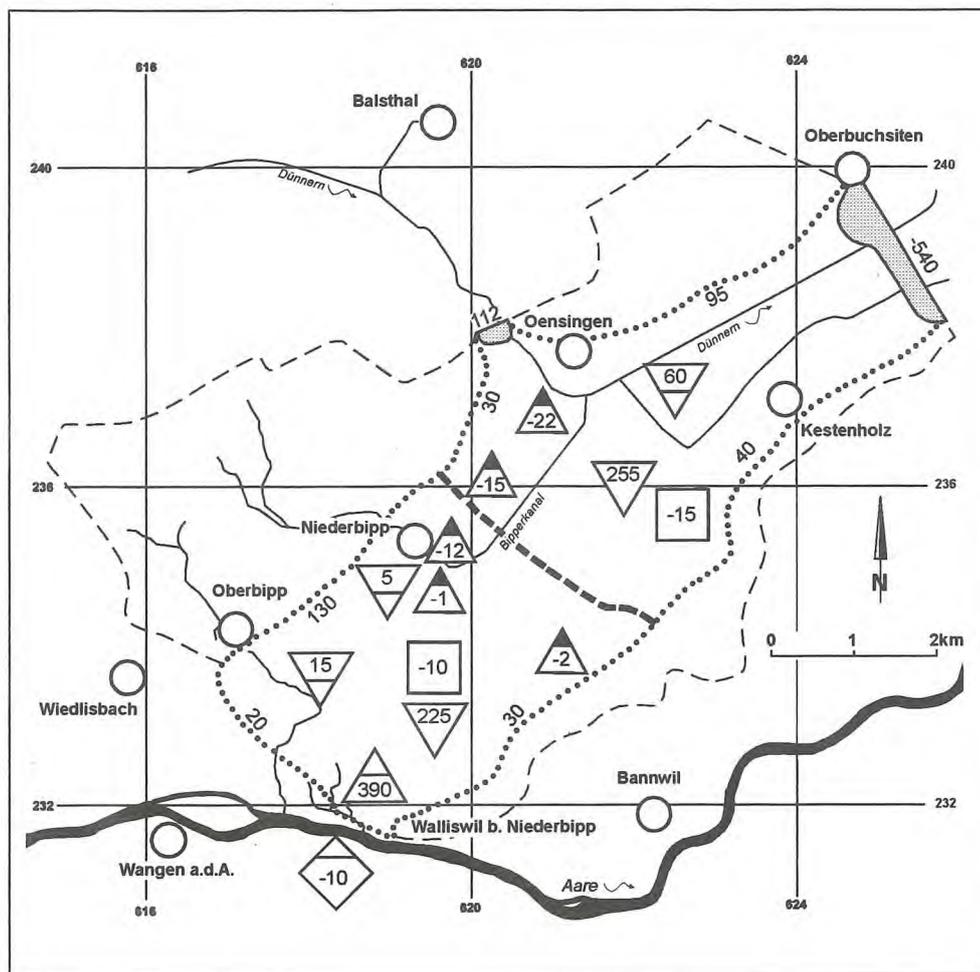
1) Differenz zwischen Infiltrations- und Exfiltrationsmenge = -8 l/s
Exfiltration vorherrschend

Der totale, durchschnittliche Zufluss beträgt in diesen beiden Jahren rund 1'160 l/s. Er setzt sich zu 10 % aus dem Profilzufluss durch die Aeussere Klus, zu 70 % aus der direkten und indirekten Grundwasserneubildung und zu 20 % aus der Oberflächengewässer-Infiltration zusammen.

Davon fliessen 47 % durch das Profil Oberbuchsiten im Kanton Solothurn; 46 % exfiltrieren in die Grundwasseraustritte bei Walliswil b. Niederbipp sowie in die Aare im Kanton Bern. Die genutzte Grundwassermenge beträgt 5 %. Der Grundwasservorrat nahm in diesen beiden Jahren um 2 % zu.

Die Bilanz 1979 - 1980 ergibt im Vergleich zur Periode 1951 - 1980 total etwa um 90 l/s grössere Zuflussmengen. Im Vergleich zur Periode 1901 bis 1980 sind die ausgewiesenen Zuflussmengen etwa um 75 l/s grösser.

Figur 6.8: Modellkennziffern der instationären Eichtung (Werte teilweise auf 5 l/s gerundet; Zuflüsse sind positive, Wegflüsse negative Werte)



Durchflussprofil:



112 Mittlere Durchflussmenge in l/sec.



Mittlere Vorratsänderung (Zunahme) im Grundwasserleiter in l/sec.



Mittlere genutzte Entnahmemenge in l/sec.

Infiltration:



Gemessene Infiltrationsmenge in l/sec.

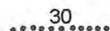


Differenz zwischen Infiltrations- und Exfiltrationsmenge Infiltration vorherrschend in l/sec.

Exfiltration:



Gemessene, oberflächlich abgeleitete Exfiltrationsmenge in l/sec.



Indirekte Grundwasserneubildung (Randzufluss) in l/sec.



Direkte Grundwasserneubildung in l/sec.

Topografische Wasserscheiden



Wasserscheide im Grundwasserleiter

In Figur 6.8 sind die Modellkennziffern dargestellt. Die Bilanz führt westlich der Wasserscheide (Kanton Bern) auf eine totale Zufluss- bzw. Wegflussmenge von 415 l/s, wovon 10 l/s zur Grundwasserspeicherung beitragen. Bei der Aare ist ein Exfiltrationsüberschuss von 10 l/s vorhanden. Oestlich der Wasserscheide (Kanton Solothurn) fliesst dem Grundwasserleiter insgesamt eine Wassermenge von 592 l/s zu resp. aus ihm weg. Die Speichermenge beträgt rund 15 l/s.

Direkte Grundwasserneubildung, Q_N

In Tabelle 6.6 werden die Summenwerte für den Gebietsniederschlag und die nach der Modelleichung verifizierten Grundwasserneubildungssummen der beiden Jahre angegeben. Aufgeführt sind auch die langfristigen Neubildungssummen, welche mit den Normwerten der SMA-Messstation Balsthal hochgerechnet wurden.

Die Werte für G_N sind quartalsweise sehr unterschiedlich:

- Die Wintermonate weisen sehr hohe G_N auf, welche in einzelnen Jahren sogar die Niederschlagshöhen übertreffen können, weil aus dem Bodenspeicher zusätzlich Wasser abgegeben wird (vgl. Januar bis März 1979 und 1980). Zudem werden die Niederschlagshöhen vor allem im Winter zu klein gemessen (SEVRUK 1981). Wie die Norm zeigt, stammen langfristig rund 2/3 der direkten Grundwasserneubildung aus den Wintermonaten.

Tabelle 6.6: Durchschnittliche Niederschläge und berechnete direkte Grundwasserneubildung G_N in mm

Periode Jahr	Jan. - März		April - Juni		Juli - Sept.		Okt. - Dez.		Jahr	
	N	G_N	N	G_N	N	G_N	N	G_N	N	G_N
1979	336	303	256	109	275	44	336	129	1203	585
1980	311	325	284	58	239	89	257	85	1091	557
Norm ¹⁾	214	180	284	80	309	75	240	140	1047	475

1) N = Niederschlag der SMA-Station Balsthal
 G_N mit (4.24) hochgerechnet und mit Modell verifiziert

- Die Sommermonate führen auf eine Grundwasserneubildungssumme von etwa 1/3 der Jahressumme, obwohl die Niederschläge etwa 57 % der durchschnittlichen Jahressumme betragen. Der Grund dafür liegt in den grossen Verdunstungshöhen. Gestützt auf die Abweichungen der berechneten Potentiale von den gemessenen Grundwasserständen in Tabelle 6.4 sind die tatsächlichen Verdunstungshöhen in den Monaten Mai bis Juli eher noch grösser als die der Bodenwasserbilanz zugrunde gelegten Werte. Die Abweichungen sind jedoch mit einer Fehlsumme von max. 13 mm pro Quartal klein.
- Die unterschiedlichen Quartalssummen der Jahre 1979 und 1980 sind auf den Füllungsgrad des Bodenwasserspeichers zu Beginn und am Ende der Quartale zurückzuführen. Der Ablauf des Niederschlagsgeschehens bewirkt kurzfristig sehr unterschiedliche Neubildungsraten, welche die Neubildungssummen der Quartale erheblich verändern. Die Neubildungssummen können daher stark von der angegebenen Norm abweichen, ohne dass

von einem atypischen Niederschlagsgeschehen gesprochen werden müsste.

Indirekte Grundwasserneubildung, Q_R

Die indirekte Grundwasserneubildung aus den Randbereichen ist 1979 bis 1980 gemäss Modell mengenmässig um ca. 30 % kleiner als die direkte Grundwasserneubildung auf das Modellgebiet. Langfristig betrachtet liegt der mengenmässige Anteil des dispersen Randzuflusses bei etwa 90 % der direkten Grundwasserneubildung auf das Grundwasserbecken. 80 % der dispersen Randzuflüsse stammen aus den Südflanken des Jura-Ausläufers im Norden und 20 % aus dem Gebiet des Längwaldes und dessen Fortsetzung im Süden des Grundwasserbeckens. Die indirekte Grundwasserneubildung beeinflusst die kurzfristigen Grundwasserspiegelbewegungen lokal in den Randzonen stark. Der Grundwasserspiegel im Grundwasserbecken reagiert auf die kurzfristigen Änderungen der dispersen Randzuflüsse nicht augenfällig; der saisonale Verlauf dominiert hier.

Zu- und Wegflüsse durch Profile, Q_1 und Q_2

Der Zufluss durch das Profil Klus wird hauptsächlich durch die Schwankungen des Grundwasserspiegels geprägt (siehe 620/238.2 auf Figur 6.7). Die Zuflussmenge verläuft etwa synchron zur Ganglinie des Grundwasserspiegels der Messstelle 620/238.2. Die Minimalwerte der Periode 1979 - 1980 liegen bei ca. 100 l/s und der Durchschnittswert bei 112 l/s. Die maximalen Zuflüsse (bis zu 158 l/s) als Folge von starken Niederschlägen bzw. grossen Abflüssen der Dünnern, sind zeitlich auf wenige Tage begrenzt. Der langfristige Zufluss liegt im Durchschnitt etwa bei 100 l/s.

Der Wegfluss durch das Profil Oberbuchsiten wird insbesondere durch die Gefällsverhältnisse im Grundwasserbecken geprägt. Als Folge der Grundwasserneubildung, die sich zuerst im Gebiet Oberbuchsiten bemerkbar macht und erst später im Gebiet Oensingen, treten kurzfristig sehr kleine Grundwasserspiegelgefälle auf, so dass der durchschnittliche Grundwasserspiegelwegfluss von 540 l/s um praktisch die Hälfte, auf etwa 280 l/s, reduziert wird. Nach sehr starken Niederschlägen fliessen mit einer Verzögerung von etwa einem Monat maximal bis zu 780 l/s durch das Profil. Langfristig betrachtet, liegt der durchschnittliche Wegfluss bei 500 l/s.

Grundwasserinfiltration aus den Oberflächengewässern, Q_I

Die Modelleichung lässt keine Rückschlüsse auf die Grösse der perkolativen Infiltration aus der Dünnern und den Seitenbächen zu. Die ausgewiesenen Mengen von total 80 l/s entsprechen einem Minimalwert. Die direkte, gesättigte Infiltration aus der Aare von 141 l/s ist über die beiden Jahre 1979 und 1980 betrachtet praktisch konstant (± 4 l/s). Die tatsächliche Grösse des Durchschnittswertes kann mit den vorhandenen Felduntersuchungen nicht verifiziert werden.

Grundwasserexfiltration in Oberflächengewässer, Q_x

Die instationäre Eichung führt für die Grundwasseraustritte bei Walliswil b. Niederbipp auf etwa 20 l/s kleinere Exfiltrationsmengen als die mit Gleichung 4.4 ermittelten Werte. Die Ganglinie der totalen Exfiltrationsmenge verläuft zuzüglich den 20 l/s parallel zu der in Figur 4.4 dargestellten.

Die Grundwasserexfiltration, Q_X , in die Aare ist mit 149 l/s etwa dreimal so gross wie der in Tabelle 4.2 geschätzte Wert. Eine schlüssige Antwort auf die tatsächliche Exfiltrationsmenge in die Aare ist mit dem Grundwassermodell ohne zusätzliche Untersuchungen nicht zu geben, umso mehr als die Exfiltration mit der oben erwähnten Aare-Infiltration direkt gekoppelt ist. Hingegen stimmt die Differenzmenge von - 8 l/s zwischen der Aare-In- und Exfiltration (inkl. einer allfälligen Grundwasserunterströmung der Aare) mit den tatsächlichen Verhältnissen voraussichtlich besser überein (Tab. 4.2).

Der Vergleich des mit Gleichung 4.7 berechneten Wegflusses aus dem Teilgebiet West von 403 ± 40 l/s mit dem anhand der Modellkennziffern berechneten Wert von 412 l/s für die beiden Jahre 1979 und 1980 zeigt, dass Q_{West} mit dem Einzellinearspeicher recht gut erfasst werden kann. Der lineare Zusammenhang des Grundwasserwegflusses Q_{West} mit dem Grundwasserstand im Pumpwerk Niederbipp (619/235.1) konnte mit dem Modell bestätigt werden.

Grundwasserentnahmen, Q_E

Von den Trink- und Brauchwasserentnahmen liegen nur Durchschnittswerte vor. Die Modellresultate lassen keine Rückschlüsse auf den täglichen Verbrauch zu.

6.5.4 Güte der instationären Modelleichung

Mit der Durchlässigkeitsverteilung aus der stationären Modelleichung konnten die aufgezeichneten Ganglinien des Grundwasserspiegels bereits mit dem ersten instationären Berechnungsablauf generell nachvollzogen werden. Abweichungen, die auf systematisch zu kleine oder zu grosse Durchlässigkeiten hindeuten, fehlen. Die Potentialabweichungen sind charakteristisch: Im Winter wurden, verglichen mit den aufgezeichneten Grundwasserständen, zu tiefe Potentiale berechnet; im Sommer und Herbst ist der berechnete Potentialrückgang verglichen mit den Aufzeichnungen zu klein. Am Ende des Jahres sind die berechneten Ganglinien mit den aufgezeichneten ziemlich deckungsgleich.

Die mit den im Kapitel 4 erläuterten Verfahren zur direkten und indirekten Bestimmung der Zu- und Wegflüsse haben sich bewährt. Die eingegebenen Flüsse führen zu keinen hydraulischen Widersprüchen. Die berechneten Exfiltrationsmengen der Grundwasseraustritte bei Walliswil b. Niederbipp stimmen mit dem 1978 gemessenen Abfluss des Mühlebachs gut überein.

Aus Analogieschlüssen müssen die Grundwasserneubildungsraten im östlichen Teil ähnlich sein wie im westlichen Teil. Doch ist zu erwarten, dass die grösseren Ackerbauflächen im Gebiet Ost etwas kleinere Regeninfiltrationsmengen bewirken als die mehrheitlichen Wald- und Wiesenflächen des Gebietes West. Die Dünnerninfiltration könnte namentlich bei Hochwasser etwas grössere Mengen ergeben (nur mittels Abflussdifferenzmessungen bestimmbar).

6.6 Diskussion zur Modellrechnung

Je nach den geschätzten Modellparametern wie Durchlässigkeit, Karstwasserzufuhr oder Durchflussquerschnitt ergeben sich unterschiedliche Wasserbilanzgrössen. Bezeichnenderweise differieren die Werte der verschiedenen Autoren, die ebenfalls in diesem Gebiet Grundwasseruntersuchungen vorgenommen haben, recht erheblich voneinander (FROELICHER

1966b, CSD 1975, PASQUIER 1986, REGLI 1997), wie auch mit den hier vorliegenden Werten. Dies ist weiter nicht verwunderlich, ist doch der Grundwasserleiter infolge des meist grossen Flurabstands schlecht zugänglich; zudem sind namentlich die Zuflüsse am Jurasüdfuss nur schwer erfassbar. Somit resultiert für die Grundwasserbilanzierung ein recht grosser Ermessensspielraum. Für das Grundwasserdargebot, die massgebende siedlungswasserwirtschaftliche Grösse, sollte daher von konservativen Annahmen ausgegangen werden, wie dies die oben erwähnten Autoren im allgemeinen auch getan haben. Die hier ermittelten Werte müssen im Vergleich dazu als eher optimistisch bezeichnet werden. Dies ist teilweise darauf zurückzuführen, dass der Zu- und Wegfluss 1976 - 1980 leicht über dem langjährigen Durchschnitt liegt (Kap. 7.2).

In Anlehnung an die in Tabelle 4.8 angegebene Bandbreite resultieren für die Bilanzierungsgrössen folgende konservativen Werte (l/s):

Tabelle 6.7: Konservative Grundwasserbilanz für das Grundwasserbecken Bipperramt

Q_N	Direkte Grundwasserneubildung	ca. 350
Q_I	Infiltration aus Gewässern	ca. 140
Q_1	Zufluss Profil Klus	ca. 80
Q_R	Indirekte Grundwasserneubildung	ca. 200
Q_2	Wegfluss Oberbuchsiten	ca. - 350
Q_X	Exfiltration Walliswil b. Niederbipp	ca. - 375
Q_E	Entnahmen	ca. - 45
	Konservatives Grundwasserdargebot	ca. 770

Die Modellrechnungen basieren auf den in Kapitel 4 verwendeten Parametern und der entsprechenden Grundwasserbilanz (Tab. 4.8). Zur Relativierung der ausschliessenden Dargebotsberechnungen und Prognosen (Kap. 7) wurde ein Unsicherheitsfaktor, F , eingeführt, der die möglichen Mittelwert- und Bandbreiten bzw. den konservativ geschätzten Mittelwert berücksichtigt. Die nachfolgenden Berechnungen wurden unter eher optimistischen Annahmen ausgeführt ($F = 1.0$). Für eine eher konservative Betrachtungsweise können die Dargebotsberechnungen mit dem Unsicherheitsfaktor $F = 0.8$ relativiert werden.

7. GRUNDWASSERDARBEIT UND PROGNOSEN

7.1 Allgemeines

Das gesamte Grundwasserdargebot entspricht im allgemeinen der totalen mittleren Grundwasserabflussmenge, die für die Jahre 1976 - 1980 ca. 1'000 l/s beträgt. Infolge jahreszeitlich bedingter Abflussschwankungen sowie aus fassungstechnischen Gründen kann diese Menge jedoch nicht dauernd genutzt werden (siehe nachstehendes Kap. 7.2).

7.2 Jährliche Änderungen

Die Zeitperiode 1976 - 1980 ist für die allgemeine Beurteilung des Grundwasserdarbetes sehr aufschlussreich:

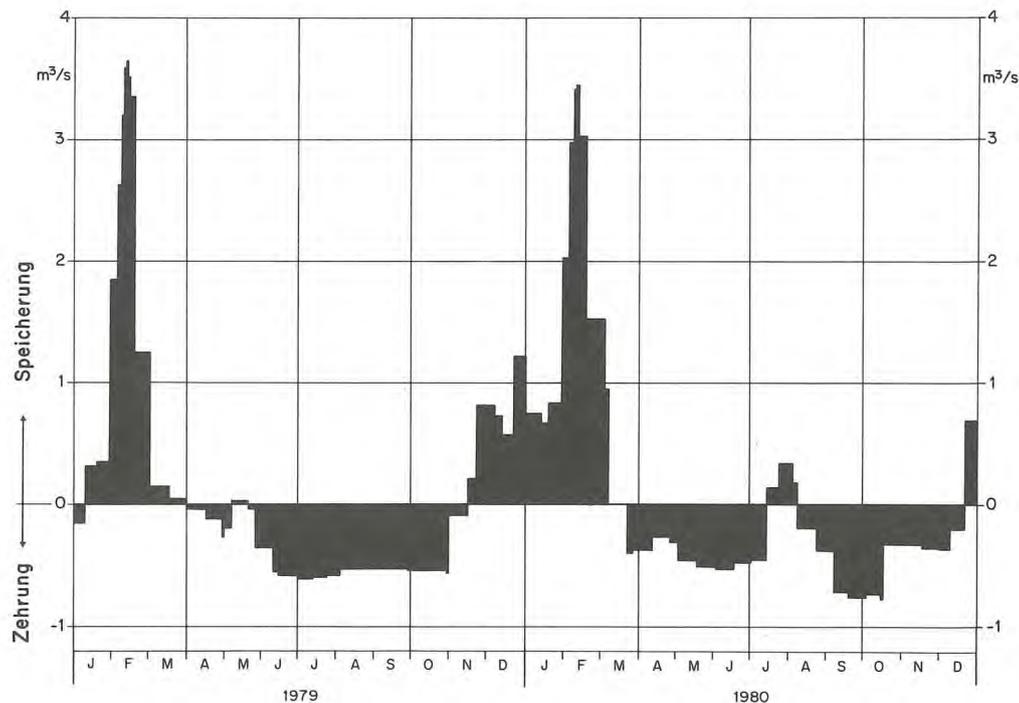
- Das Grundwasserdargebot 1976 ist für überdurchschnittlich trockene Witterungsverhältnisse massgebend. Die jährliche Niederschlagssumme ist bei der SMA-Station Balsthal in den letzten 30 Jahren nur fünfmal, in den Jahren 1953, 1959, 1962, 1964 und 1971, leicht unterschritten worden. Die Grundwasserzehrmenge 1976 entspricht ca. 250 l/s.
- Das Grundwasserdargebot von 1977 ist für nasse Witterungsverhältnisse nach einer Trockenperiode bezeichnend. Die jährliche Niederschlagssumme ist bei der SMA-Station Balsthal in den letzten 30 Jahren 1965, 1966 und 1968 überschritten worden. Der Zufluss ist bedeutend grösser als der Wegfluss (Wiederaufbau der Speicherreserven).
- Die Jahre 1978 bis 1980 sind sowohl mengenmässig wie auch von der Lage des Grundwasserspiegels her gesehen als leicht über dem Durchschnitt liegend zu betrachten. Die Speicheränderungen sind klein.
- Der durchschnittliche Zu- und Wegfluss der Untersuchungsperiode 1976 bis 1980 liegt etwas über dem langjährigen Durchschnitt.
- Die jährlichen Speicheränderungen sind im Verhältnis zum durchschnittlichen Grundwasserdargebot sehr gross. So wurde im Trockenjahr 1976 fast ein Viertel des gesamten Wegflusses vom Grundwasservorrat gezehrt. Dies bewirkte, dass der Grundwasserspiegel Ende 1976 um über 2 m tiefer lag als Ende 1975.
Bemerkenswert ist, dass im anschliessenden Nassjahr 1977 der Grundwasservorrat wieder auf den Jahresstand 1975 angehoben wurde. Das Grundwasserbecken wirkt als Jahres- und Mehr-Jahres-Speicher.

7.3 Kurzfristige Speicheränderungen

Figur 7.1 zeigt: Die Ganglinie der Speicheränderungen (Differenz zwischen den Zu- und Wegflüssen) kann innert Monatsfrist von einem grossen Zufluss (Speicherung) zu einem grossen Wegfluss (Zehrung) wechseln. Im Jahre 1979 trat der grösste Zufluss mit 3'690 l/s am 21. Februar auf.

Die Ganglinie auf Fig. 7.1 weist saisonale Schwankungen auf, die für das Grundwasserbecken typisch sind. Im Winter wird normalerweise Grundwasser gespeichert. Vom Frühling bis Mitte Herbst wird Grundwasser gezehrt. Die Speicherung im Sommer, wie dies im Jahr 1980 der Fall war, ist selten. Falls in den Wintermonaten infolge des Niederschlagsgeschehens kein Grundwasser gespeichert wird, ist bis zum folgenden Winter ein genereller Rückgang des Grundwasservorrates wahrscheinlich.

Figur 7.1: Speicheränderungen 1979 bis 1980 (tägliche Werte)



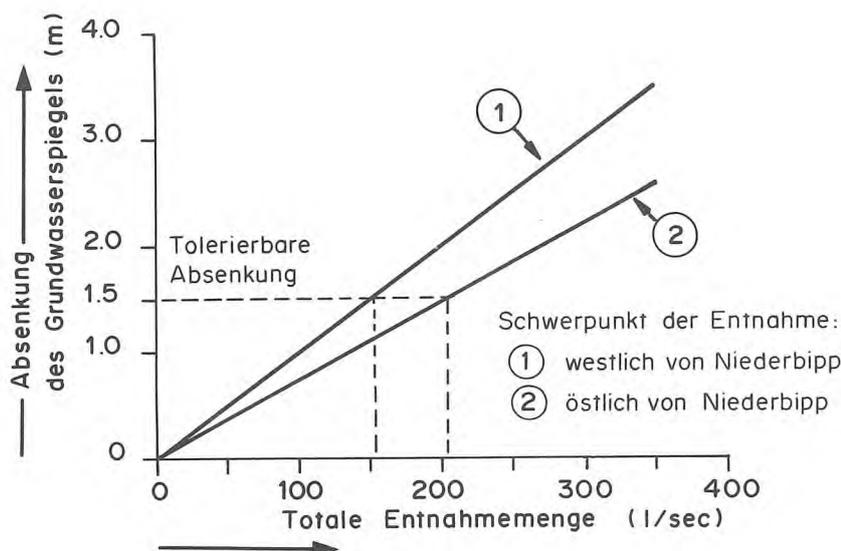
7.4 Nutzbares Grundwasserdargebot

Das nutzbare Grundwasserdargebot entspricht der Wassermenge, die ständig ohne Nachteil entnommen werden kann. Wegen der zahlreichen unerwünschten Folgen kann der Wasserwirtschaftler nicht mit dem totalen, sondern lediglich mit dem **nutzbaren** Grundwasserdargebot rechnen.

Figur 7.2 zeigt die simulierte Absenkung des Grundwasserspiegels im Profil Oberbuchsiten bei konstanten Entnahmemengen. Im Fall ① erfolgte die zusätzliche Grundwassergewinnung in der westlichen Hälfte des Grundwasserbeckens, beim Fall ② östlich der Wasserscheide in den bestehenden Fassungen. Die praktisch lineare Beziehung zwischen Absenkung und total genutzter Grundwassermenge gilt sowohl für tiefe wie auch für hohe Grundwasserstände.

Figur 7.2 zeigt die Beziehung zwischen Entnahmemenge und Absenkung unter optimistischen Annahmen, d.h. für den in Kapitel 6.6 eingeführten Unsicherheitsfaktor, $F = 1.0$. Je nach den verwendeten hydraulischen Parametern kann sich indessen die Entnahmemenge bei gleichbleibender Absenkung auf etwa 4/5 reduzieren (1/3 unter sehr extremen Bedingungen; vgl. PASQUIER 1986).

Figur 7.2: Absenkung des Grundwasserspiegels beim Profil Oberbuchsiten in Abhängigkeit der genutzten Grundwassermenge



Der Vergleich der beiden Fälle zeigt, dass die Grundwasserspiegelabsenkung im Profil Oberbuchsiten umso kleiner ist, je näher an der Aare das Wasser bei Walliswil gefasst wird. Die genutzte Wassermenge fehlt einerseits im Exfiltrationsgebiet Walliswil und andererseits beim Wegfluss durch das Profil Oberbuchsiten (s. Tab. 7.1).

Tabelle 7.1: Reduktion der Wegflüsse infolge einer Grundwasserentnahme für $F = 1.0$

Entnahmemenge Q_E	Reduktion des Wegflusses								
			Fall ①				Fall ②		
	Q_{X_0}	Q_2	Q_{X_0}	Q_2	Q_{X_0}	Q_2	Q_{X_0}	Q_2	
l/s	(l/min)	l/s	%	l/s	%	l/s	%	l/s	%
83	(5'000)	57	14	26	5	46	11	37	7
167	(10'000)	113	28	54	10	91	23	76	14
333	(20'000)	225	58	108	20	181	45	152	28

Für das nutzbare Grundwasserdargebot ist es bedeutend, um wieviel der Grundwasserspiegel im Hinblick auf den Unterlieger generell abgesenkt werden darf. Die vorliegende Analyse zeigt, dass der Grundwasserspiegel im Grundwasserbecken generell nicht um mehr als 25 % der langfristigen Periodenamplitude der Jahre 1951 bis 1980 abgesenkt werden sollte, damit

- land- und forstwirtschaftliche Ertragseinbussen unwahrscheinlich sind,
- das Feuchtgebiet bei den Grundwasseraustritten in Walliswil b. Niederbipp nicht zerstört wird,
- auch in Trockenperioden der Mühlebach noch mit genügend Grundwasser gespiesen wird (kleinere Quellen könnten jedoch dann während einigen Monaten versiegen),
- der Wegfluss durch das Profil Oberbuchsiten sich maximal um 30 % des langjährigen Durchschnittes reduziert, wobei bereits die natürlichen Schwankungen um ein mehrfaches grösser sind,
- östlich von Egerkingen, wo die Flurabstände klein sind, die Spiegelabsenkungen praktisch auf Null zurückgehen.

Die nachstehenden Ausführungen gehen von einem Unsicherheitsfaktor, $F = 1.0$, aus: Bei 25 % der Periodenamplitude können die Wasserstände in der Mitte des Beckens um 2 m, im Profil Oberbuchsiten um 1.5 m abgesenkt werden, wobei in der näheren Umgebung der Fassungen grössere Absenkungen zulässig sind. Das nutzbare Grundwasserdargebot würde damit zwischen 150 l/s und 200 l/s liegen. Erfolgt die Grundwasserentnahme vorwiegend im westlichen Teil des Beckens, kann mit 200 l/s gerechnet werden. Wird vorwiegend aus dem östlichen Teil gefördert, gilt näherungsweise der untere Grenzwert von 150 l/s. Seine exaktere Bestimmung würde erfordern, die Entnahmemengen unterhalb dem Profil Oberbuchsiten detailliert in die Nutzungsüberlegungen einzubeziehen.

Die in den Jahren 1976 bis 1980 im Grundwasserbecken durchschnittlich entnommene Grundwassermenge betrug 52 l/s. Die maximale Entnahmemenge, die im Grundwasserbecken langfristig noch zusätzlich dauernd genutzt werden kann, liegt je nach Nutzungskonzept etwa zwischen 100 l/s und 150 l/s.

7.5 Grundwasserentnahme von 5'000 l/min im Längwald

Ausgangslage

Um die regionale Trinkwasserversorgung der Gemeinden Oberbipp, Rumisberg, Wiedlisbach und evtl. Attiswil in Zukunft sicherzustellen, wurde geprüft, ob die fehlende Trinkwassermenge aus dem Grundwasserbecken des Bipperamtes bezogen werden kann. Als provisorische Projektgrundlage ist eine Entnahme von maximal 5'000 l/min vorgesehen.

Gute Standorte bietet dort der Längwald, und zwar bei Dälenbaan in der Gemeinde Wiedlisbach und bei Tubeboden in der Gemeinde Niederbipp. Beide sind Waldstandorte mit grossen Flurabständen, was schutzzonentechnisch betrachtet sehr günstig ist. Der Standort Tubeboden bietet zudem den Vorteil, dass die hydrogeologischen Verhältnisse durch den Grosspumpversuch KKW Graben (CSD 1975) bereits bekannt sind. Zudem sind dort zwei Vertikalfilterbrunnen mit je einer Förderleistung von 5'000 l/min erstellt worden. Nachteilig ist bei beiden Standorten die relativ grosse Entfernung zum Versorgungsgebiet.

Prognose

Ziel der Simulation war es, mit dem nach Kapitel 6 geeichten Grundwassermodell für die beiden potentiellen Entnahmestandorte

- | | | |
|--------------------------|--------|-----------------|
| • Wiedlisbach, Dälenbaan | Koord. | 618.640/232.530 |
| • Niederbipp, Tubeboden | Koord. | 620.150/233.280 |

die Auswirkungen einer zusätzlichen Grundwasserentnahme von 5'000 l/min auf die heutigen Strömungsverhältnisse unter Annahme eines Unsicherheitsfaktors $F = 1.0$ zu prognostizieren. Den Simulationen wurde das zehnjährige Periodenmittel des Grundwasserspiegels zugrunde gelegt. Sie erfolgte stationär. Die Zu- und Wegflussmengen entsprechen Durchschnittswerten der Periode 1971 bis 1980. Da dem Modell für beide Entnahmestandorte die gleichen Randbedingungen zugrunde liegen, können die Auswirkungen gut miteinander verglichen werden.

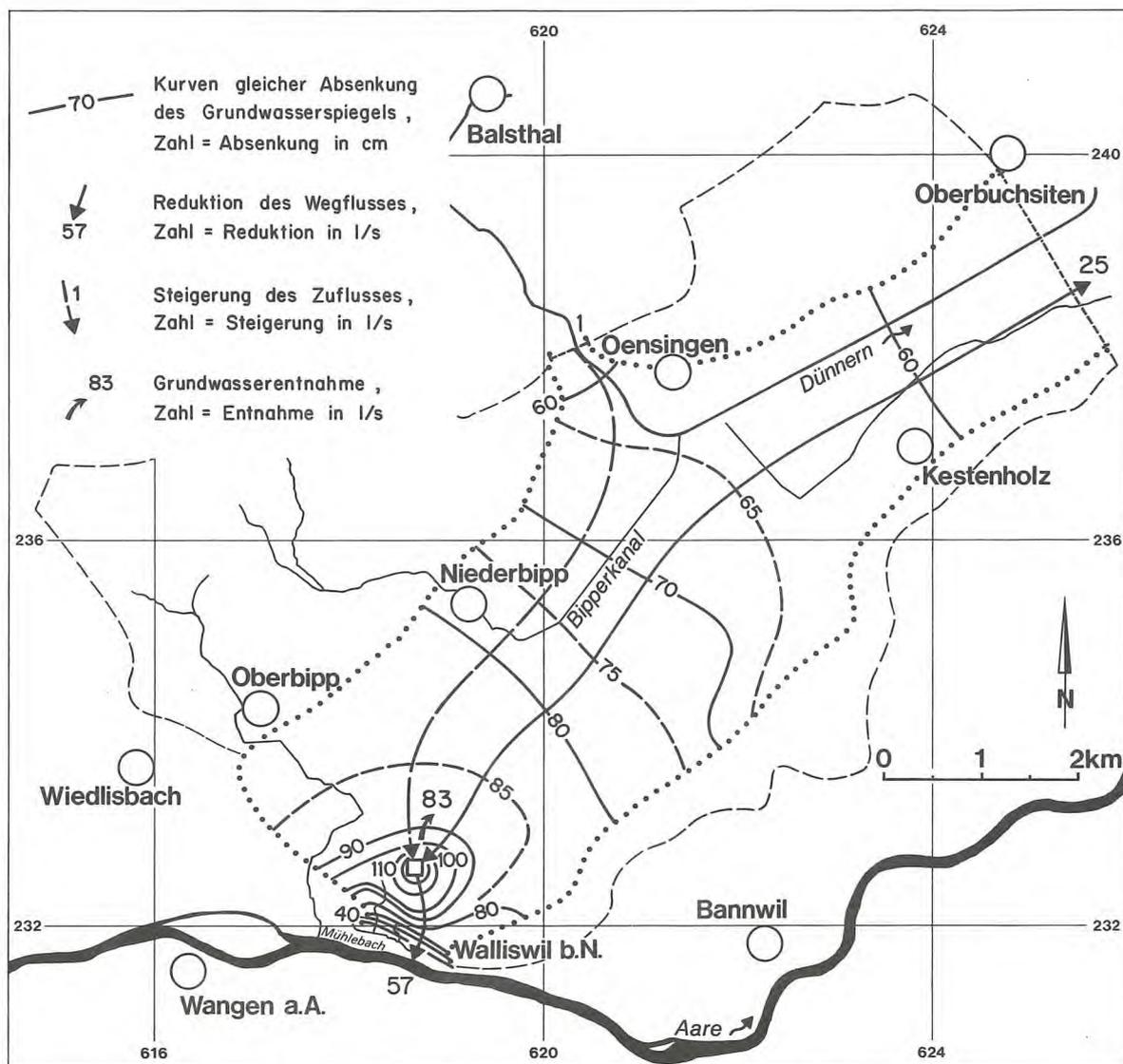
Die Simulationsergebnisse erlauben, folgende Kriterien zu beurteilen:

- Pumpbedingte Absenkungen des Grundwasserspiegels,
- Form und Grösse der Absenktrichter im Umfeld der Fassungsstandorte,
- Allfällige Veränderungen der Strömungsrichtungen,
- Rückgang der Exfiltrationsmengen,
- Änderungen des Wegflusses durch das Profil Oberbuchsiten.

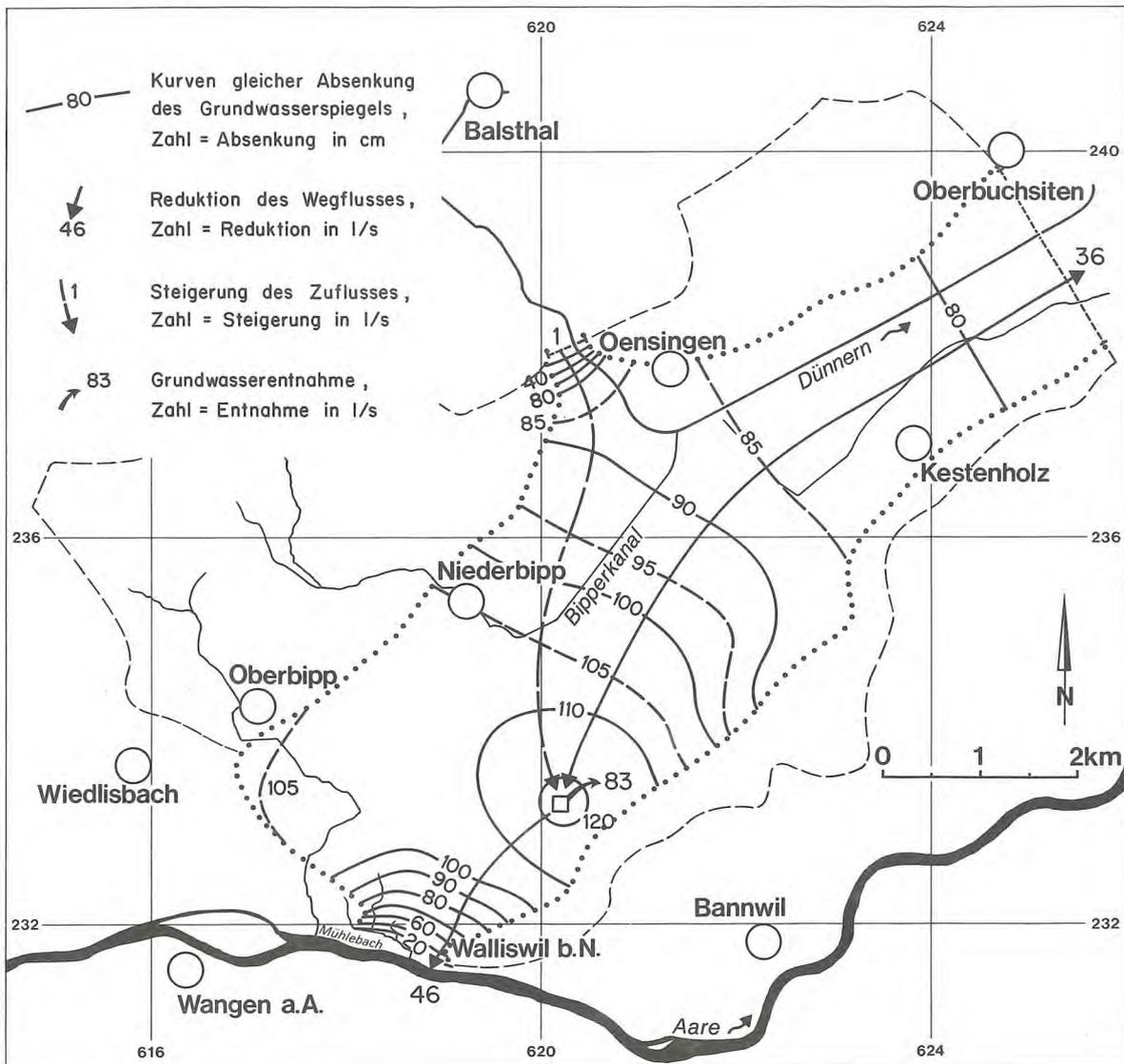
Absenkung des Grundwasserspiegels

Figur 7.3 zeigt die pumpbedingte Absenkung des Grundwasserspiegels für den Entnahmestandort Wiedlisbach/Dälenbaan, Figur 7.4 für Niederbipp/Tubeboden. Die Absenkungen variieren vom Entnahmestandort abnehmend zwischen etwa 1.3 m und 0.6 m. Im Exfiltrationsgebiet Walliswil b. Niederbipp liegen sie noch bei etwa 20 cm, bei der Aare bei Null. Mit dem Standort Wiedlisbach/Dälenbaan führt die Entnahmemenge von 5'000 l/min wegen der relativ kurzen Distanz zum Exfiltrationsgebiet und zur Aare generell zu einer kleineren Absenkung als mit dem Standort Niederbipp/Tubeboden. Bei der Kantonsgrenze betragen die Absenkungen etwa 0.7 m für den ersten und etwa 1.0 m für den zweiten Standort, beim Profil Oberbuchsiten 0.58 bzw. 0.78 m.

Figur 7.3: Auswirkungen einer dauernden Grundwasserentnahme von 5'000 l/min in Wiedlisbach/Dälenbaan



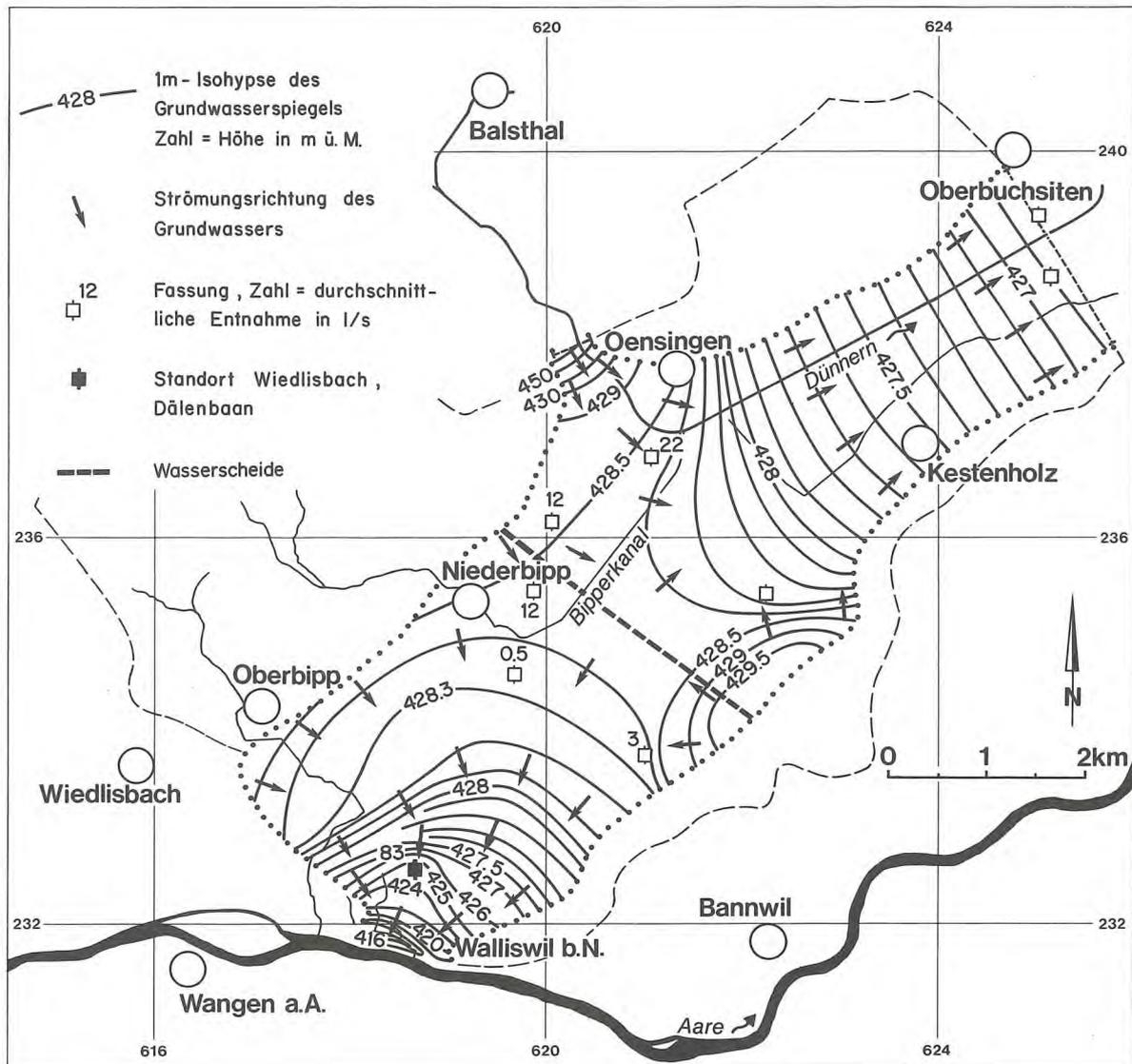
Figur 7.4: Auswirkungen einer dauernden Grundwasserentnahme von 5'000 l/min in Niederbipp/Tubeboden



Veränderungen der Strömungsrichtungen

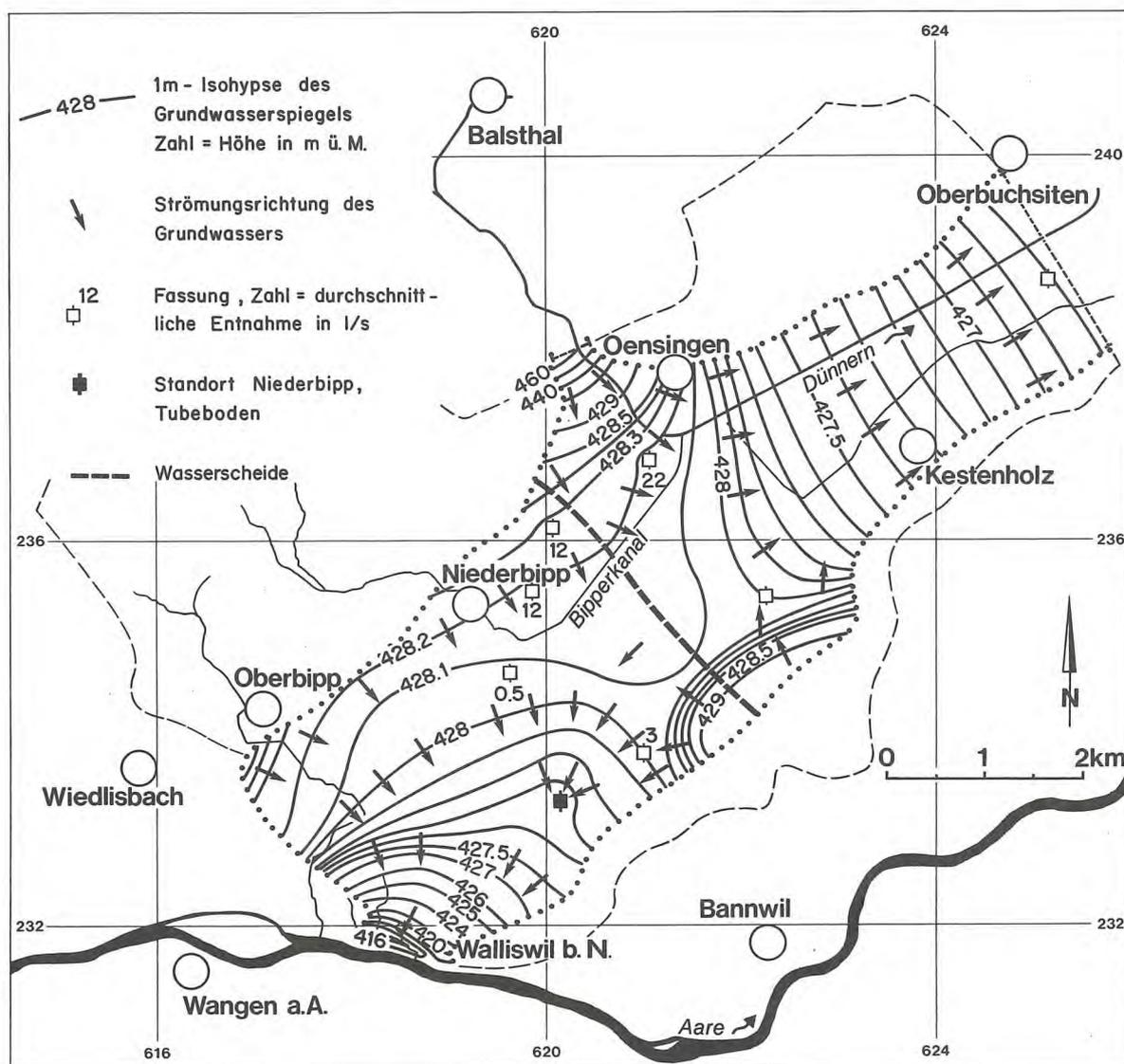
In Figur 7.5 sind die Isohypsen des mittleren Grundwasserpentials sowie die Strömungsrichtungen im Entnahmefall für den Standort Wiedlisbach/Dälenbaan, in Figur 7.6 für den Standort Niederbipp/Tubeboden dargestellt. Beim Standort Dälenbaan bewirkt die Absenkung des Grundwasserspiegels eine Verlagerung der Wasserscheide nach Osten in Richtung Oensingen von ca. 300 m, beim Standort Tubeboden eine solche von ca. 700 m.

Figur 7.5: Isohypsen des abgesenkten Grundwasserspiegels bei einer Entnahme von 5'000 l/min beim Standort Wiedlisbach/Dälenbaan



Das Strömungsbild sieht generell sowohl für den Entnahmestandort Dälenbaan wie auch für den Tubeboden ähnlich aus wie bei den "heutigen" Entnahmeverhältnissen (vgl. Bei-lage 1). In der Umgebung der Fassungsgebiete entstehen durch die Entnahme lokal grössere Gefälle. Der untere Kulminationspunkt befindet sich bei beiden Standorten rund 100 m unterhalb der Fassung. Der Entnahmehereich weist bei Dälenbaan eine Breite von rund 600 m auf. Bei Tubeboden ist der Entnahmehereich mit einer Breite von rund 2'500 m gross, was auf die kleinen Gefälle und die nahe liegende Begrenzung des Grundwasserleiters zurückzuführen ist.

Figur 7.6: Isohypsen des abgesenkten Grundwasserspiegels bei einer Entnahme von 5'000 l/min beim Standort Niederbipp/Tubeboden



Veränderungen der Zu- und Wegflüsse

Tabelle 7.2 zeigt, inwieweit sich die Zu- und Wegflüsse im Entnahmefall von 5'000 l/min (83 l/s) verändern gemäss Modelldaten von Kapitel 6. Die Werte sind für die beiden Standorte Wiedlisbach/Dälenbaan und Niederbipp/Tubeboden aufgeführt. Die Reduktion der Wegflüsse ins Exfiltrationsgebiet Walliswil b. Niederbipp und durch das Profil Oberbuchsiten sowie die kleine Steigerung der Zuflussmenge durch das Profil Klus sind zudem in Figur 7.3 und Figur 7.4 dargestellt. Eine mögliche kleine Steigerung der Infiltration aus der Aare wird nicht berücksichtigt. Den Berechnungen wurde ein Unsicherheitsfaktor, $F = 1.0$, zugrunde gelegt (Kap. 6.6).

Tabelle 7.2: Veränderungen der Zu- und Wegflüsse bei einer Entnahme von 5'000 l/min in den Standorten Wiedlisbach/Dälenbaan und Niederbipp/Tubeboden

Entnahmestandort: Dälenbaan Fluss	Durchschnitt 1971 - 1980 l/s	Prognose l/s	Reduktion (-) Steigerung (+) l/s
Exfiltration in die Aare	- 131	- 103	- 28
Exfiltration in die Grundwasseraustritte bei Walliswil b. Niederbipp	- 374	- 345	- 29
Zufluss durch das Profil Klus	122	123	1
Wegfluss durch das Profil Oberbuchsiten	- 539	- 514	- 25
Total der Absolutbeträge	1'166	1'085	81
Entnahmestandort: Tubeboden			
Exfiltration in die Aare	- 131	- 105	- 26
Exfiltration in die Grundwasseraustritte bei Walliswil b. Niederbipp	- 374	- 354	- 20
Zufluss durch das Profil Klus	122	- 123	1
Zufluss durch das Profil Oberbuchsiten	- 539	- 503	- 36
Total der Absolutbeträge	1'166	1'085	81

8. GRUNDWASSERQUALITÄT

8.1 Allgemeines

Der Chemismus des Grundwassers wird weitgehend durch die Art der Grundwasserneubildung sowie die Untergrundpassage des Wassers im ungesättigten und gesättigten Bereich bestimmt. Dabei ist die Qualität des in den Untergrund infiltrierenden Wassers für die nachfolgende Mineralisierung von grösster Bedeutung. Je nachdem, ob die Grundwasseralimentation durch Niederschläge, Oberflächengewässer, Karst- oder Hangwasser erfolgt, resultiert meist ein unterschiedlicher Grundwasserchemismus, wobei die Passage durch die Humusschichten ebenfalls Vorbedingungen für die anschliessende Mineralisation schafft.

Im vorliegenden Untersuchungsgebiet dominiert die direkte Grundwasserneubildung durch Niederschläge und untergeordnet der Randzufluss (indirekte Grundwasserneubildung) am Jurasüdfuss (Tab. 4.8). Das sauerstoffreiche, weiche Niederschlagswasser nimmt im Vegetationsbereich des Bodens Kohlendioxyd auf. Damit sind die Voraussetzungen für einen raschen Mineralisierungsprozess im kalkreichen Untergrund gegeben. Je nach den Vegetationsverhältnissen werden bei der Versickerung auch Pflanzennährstoffe, u.a. Dünger, eingetragen.

Im Juli, September und November 1985 wurden in 12 Bohrungen (Fig. 8.1) Probeentnahmekampagnen durchgeführt, wobei in der Regel aus zwei bis drei verschiedenen Tiefen Wasserproben erhoben wurden. Insgesamt wurden 75 Proben durch das Kantonale Laboratorium Bern analysiert, pro Probe 12 - 20 Parameter.

8.2 Physikalische Eigenschaften

8.2.1 Temperatur

Bekanntlich ist die Temperatur des Grundwassers vor allem abhängig von der direkten Wärmeeinstrahlung aus der Atmosphäre. Im Vergleich dazu ist der Wärmefluss aus dem Erdinnern für un tiefe Grundwasservorkommen von untergeordneter Bedeutung. Im allgemeinen machen sich die atmosphärischen Temperaturschwankungen in einer Tiefe von 10 - 20 m kaum mehr bemerkbar. Die dort vorherrschende Temperatur liegt etwa 1 - 2°C über dem Jahresmittel an der Oberfläche, die im Untersuchungsgebiet gut 8°C beträgt.

In Anbetracht des meist grossen Flurabstandes variiert daher die Grundwassertemperatur nur wenig. 80 % der Proben wiesen eine Temperatur von ca. $10.5 \pm 1^\circ\text{C}$ auf. Die Extremwerte erreichten 8.9 und 13.6°C. Eine eindeutige Beziehung zwischen Entnahmetiefe und Temperatur konnte nicht hergeleitet werden. Bezeichnenderweise wurden aber die tieferen Temperaturen im November registriert.

8.2.2 Leitfähigkeit

Mit wenigen Ausnahmen liegt die spezifische Leitfähigkeit des Grundwassers im Untersuchungsgebiet zwischen 480 und 620 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Extremwerte 440 und 660 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Sie ist wie die meisten chemischen Parameter von der Art der Grundwasserneubildung abhängig. Obschon diese im vorliegenden Fall sehr unterschiedlich sein kann (Kap. 4), lassen sich anhand der nicht stark variierenden Leitfähigkeit kaum entsprechende Rückschlüsse ziehen, was sicher

zum Teil auf die dominierende Niederschlagsversickerung zurückzuführen ist. Der Flurabstand dürfte dagegen nur einen untergeordneten Einfluss ausüben, da das einsickernde Wasser vor allem in der Vegetationszone mineralisiert und mit Kohlensäure angereichert wird (spätere Aufhärtung im Untergrund).

8.3 Chemische Eigenschaften

8.3.1 Karbonathärte (Fig. 8.1)

Wie im vorangegangenen Abschnitt erwähnt, bildet der Kohlendioxydeintrag aus der Vegetationszone die Voraussetzung für die Kalkauflösung:



Der vorliegende kalkige Untergrund (Kap. 3) bewirkt entsprechend dieser chemischen Reaktion eine Aufhärtung des Grundwassers. Sobald das Kohlendioxyd bzw. die Kohlensäure umgesetzt ist, ist eine weitere Zunahme der Karbonathärte nicht mehr möglich. Bezeichnenderweise unterscheidet sich die Karbonathärte-Konzentration in den aus verschiedenen Tiefen, aber im selben Bohrloch erhobenen Grundwasserproben nicht, oder nur um 1 - 2 °f (1 °f, d.h. 1 französischer Härtegrad, entspricht 10 mg CaCO₃/l).

Die Verteilung der Karbonathärte im Grundwasserbecken ist sehr gleichförmig, indem die Durchschnittswerte der einzelnen Probeentnahmestellen zwischen 23.9 °f und 30.9 °f liegen. Abgesehen davon, dass sich die höchsten Werte im Bereich von Niederbipp befinden, ist keine gesetzmässige räumliche Verteilung erkennbar.

Es handelt sich hier somit meist um ein ziemlich hartes (25 - 32 °f) Grundwasser, wie es im Mittelland häufig angetroffen wird. Folgende Extremwerte wurden registriert:

Tabelle 8.1: Extremwerte Karbonathärte

Feld-Nr.	WEA-Nr.	Datum	ab OK Terrain	Härte
GAB 22	621/237.3	12.11.1985	34.5 m 43.5 m	23.6 °f 23.6 °f
GAB 11	619/235.2	13.11.1985	38.5 m 52.0 m 62.0 m	30.7 °f 32.6 °f 32.4 °f

8.3.2 Sulfate (Fig. 8.1)

Der Sulfatgehalt stammt einerseits von sulfatführenden Gesteinen, andererseits ist er jedoch anthropogen bedingt, wobei der landwirtschaftlich bedingte Eintrag hauptverantwortlich ist. Abgesehen von zwei Extremwerten streuen die Durchschnittswerte der einzelnen Beobachtungspunkte nicht stark: so weisen 80 % eine Sulfatkonzentration von 21 - 29 mg/l auf. Ähnlich wie beim Karbonatgehalt konnte auch keine tiefenabhängige Relation festgestellt werden.

Extremwerte:

Tabelle 8.2: Extremwerte Sulfate

Feld-Nr.	WEA-Nr.	Datum	ab OK Terrain	Härte
GAB 55	619/232.3	13.11.1985	- 50.0 m - 57.5 m	16 mg/l 14 mg/l
GAB 9	617/233.30	29.7.1985	- 45.0 m - 50.0 m	50 mg/l 50 mg/l

8.3.3 Nitrate (Fig. 8.2)

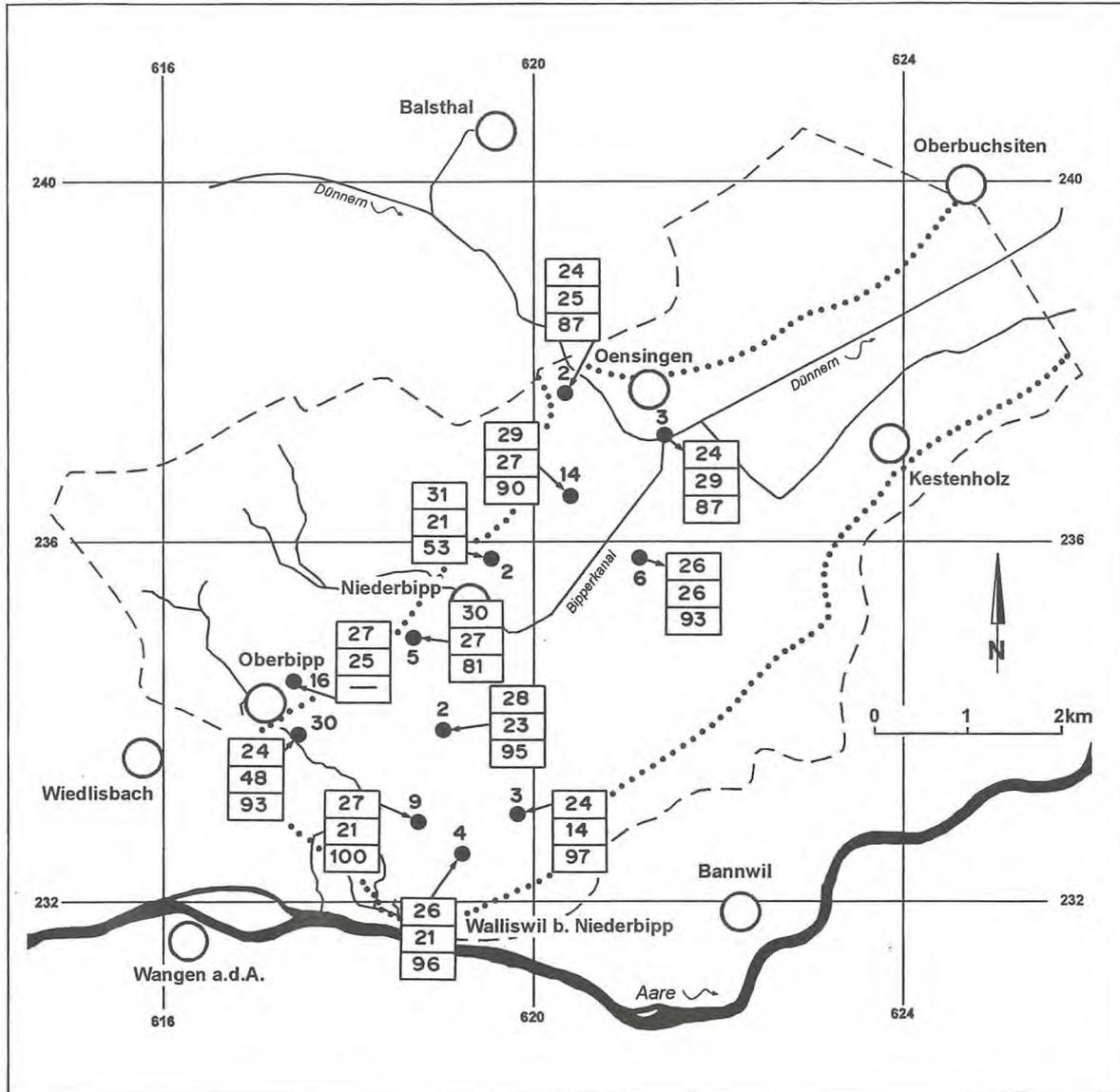
Die Herkunft des Nitrats im Grundwasser ist zum überwiegenden Teil auf die Art der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung zurückzuführen: bei offenen Flächen (Ackerland) wird sehr viel mehr Nitrat aus dem Boden gewaschen als bei ständig überwachsenen Flächen (z.B. Weideland).

Wie aus Figur 8.2 hervorgeht, zeichnen sich bei der Nitratverteilung zwei Tendenzen ab:

- Geringe Nitratkonzentration entlang des Jurafusses infolge der wenig belasteten Randzuflüsse (u.a. Karstwasser) sowie der geringen Aufsummierung des Stickstoffeintrages (Fließwege im Grundwasserbecken noch relativ kurz).
- Mit zunehmendem Fließweg im landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebiet rasche Erhöhung des Nitratgehaltes. Diese Wirkung wird durch das schwache Gefälle des Grundwasserstroms (lange Aufenthaltszeit des Wassers) massgebend verstärkt.

Der Toleranzwert von 40 mg/l für Trinkwasser (gemäss Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, FIV, 1995) wurde, abgesehen von einer Einzelprobe, nirgends überschritten. Das Qualitätsziel von 25 mg/l (gemäss Schweizer Lebensmittelbuch, LMB, Stand 1988) wurde nur entlang des Jurafusses erreicht.

Figur 8.1: Hydrochemie Karbonathärte, Sulfate, Sauerstoffsättigung



● 4 Probeentnahmestelle mit WEA - Ordnungsnummer

..... Modellgrenze (Grundwasserbecken)

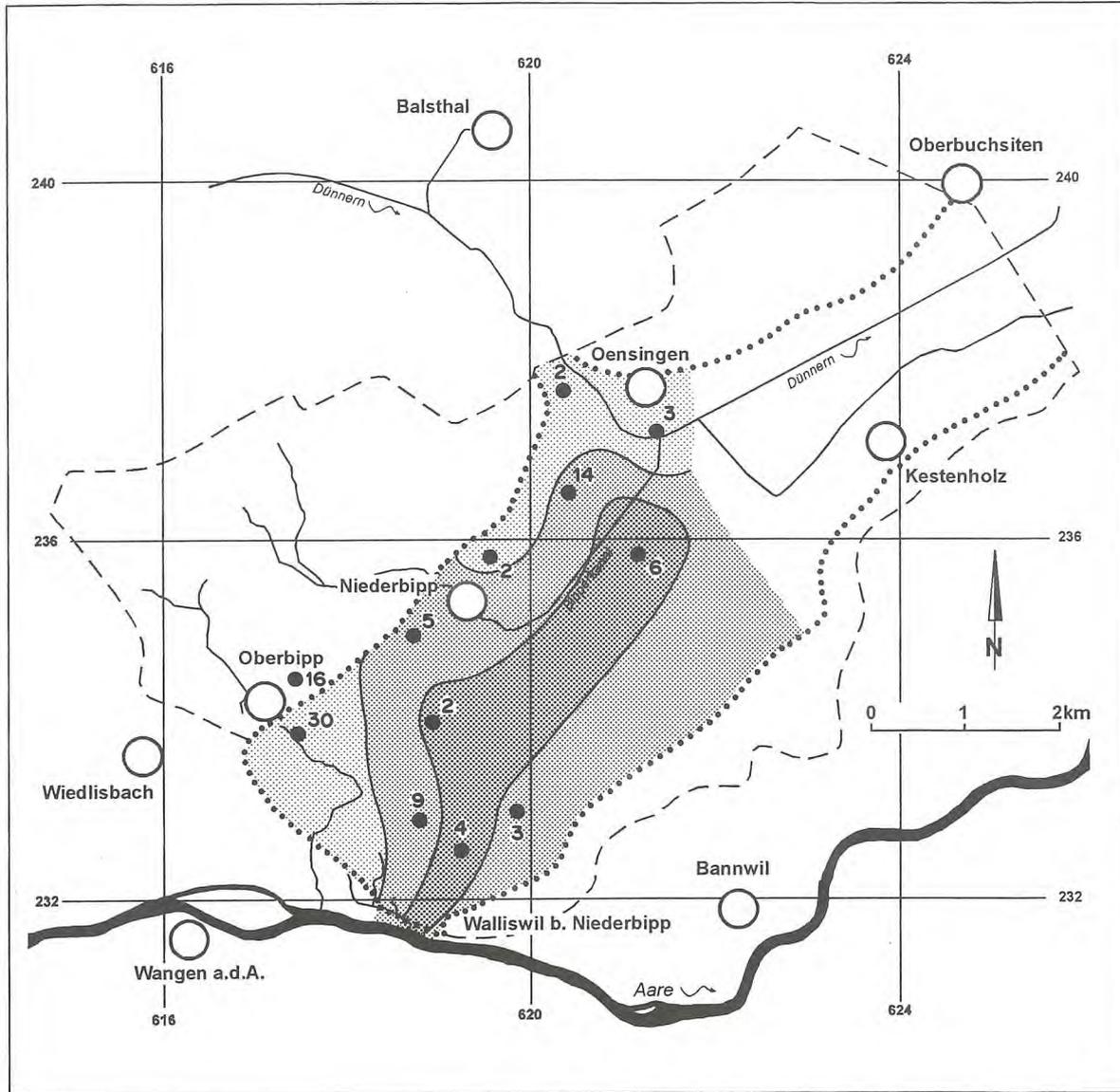
26	Karbonathärte (in franz. H°)
21	Sulfate (SO ₄ ⁻²) (in mg/l)
96	Sauerstoff-Sättigung (in %)

(Durchschnittswerte von mehreren Analysen aus dem Jahr 1985; Analyse: Kantonales Laboratorium Bern)

	Qualitätsziel	Toleranzwert
Karbonathärte	10 - 20 franz. H°	—
Sulfate	10 - 50 mg/l	200 mg/l
Sauerstoffsättigung	mind. 60 %	—

Qualitätsziele bzw. Toleranzwerte gemäss Schweiz. Lebensmittelbuch (Stand 1988) und Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (1995)

Figur 8.2: Hydrochemie Nitrate



- 4 Probeentnahmestelle mit WEA - Ordnungsnummer
- Modellgrenze (Grundwasserbecken)
-  mg/l (NO₃)
(Durchschnittswerte von mehreren Analysen aus dem Jahr 1985; Analyse: Kantonales Laboratorium Bern)

Qualitätsziel: bis 25 mg/l (gemäss Schweiz. Lebensmittelbuch; Stand 1988)

Toleranzwert: 40 mg/l (gemäss Fremd- und Inhaltsstoffverordnung 1995)

Folgende Extremwerte wurden vorgefunden:

Tabelle 8.3: Extremwerte Nitrate

Feld-Nr.	WEA-Nr.	Datum	ab OK Terrain	Härte
GAB 8	619/233.2	21.11.1985	- 45.0 m - 63.0 m - 72.0 m	38 mg/l 41 mg/l 38 mg/l
GAB 22	621/237.3	31.7.1985	- 34.5 m - 43.5 m	5 mg/l 5 mg/l

Wie bei den übrigen Parametern ist auch hier keine tiefenabhängige Einschichtung erkennbar. (Es kann indessen nicht ganz ausgeschlossen werden, dass bei der Probeentnahme eine gewisse Durchmischung stattgefunden hat.) Bei GAB 22 stellt sich die Frage, ob nicht die Dünnernversickerung zu diesem tiefen Nitratgehalt beitrug.

8.3.4 Chloride (Fig. 8.3)

Im Gegensatz zur Karbonathärte, die grösstenteils naturbedingt ist, muss der Chloridgehalt im Grundwasser vorwiegend auf zivilisatorische Einflüsse zurückgeführt werden, wobei vor allem die Strassensalzung und die Düngung dafür verantwortlich sind. Im vorliegenden Untersuchungsgebiet hält sich die Chloridbelastung in Anbetracht der teilweise hohen Siedlungsdichte mit diversen Altlasten, der Verkehrswege und der z.T. intensiven Landwirtschaft in Grenzen. 20 mg/l Chlorid (Qualitätsziel gemäss LMB, 1988) wurde an drei Stellen mit folgenden Durchschnittswerten überschritten:

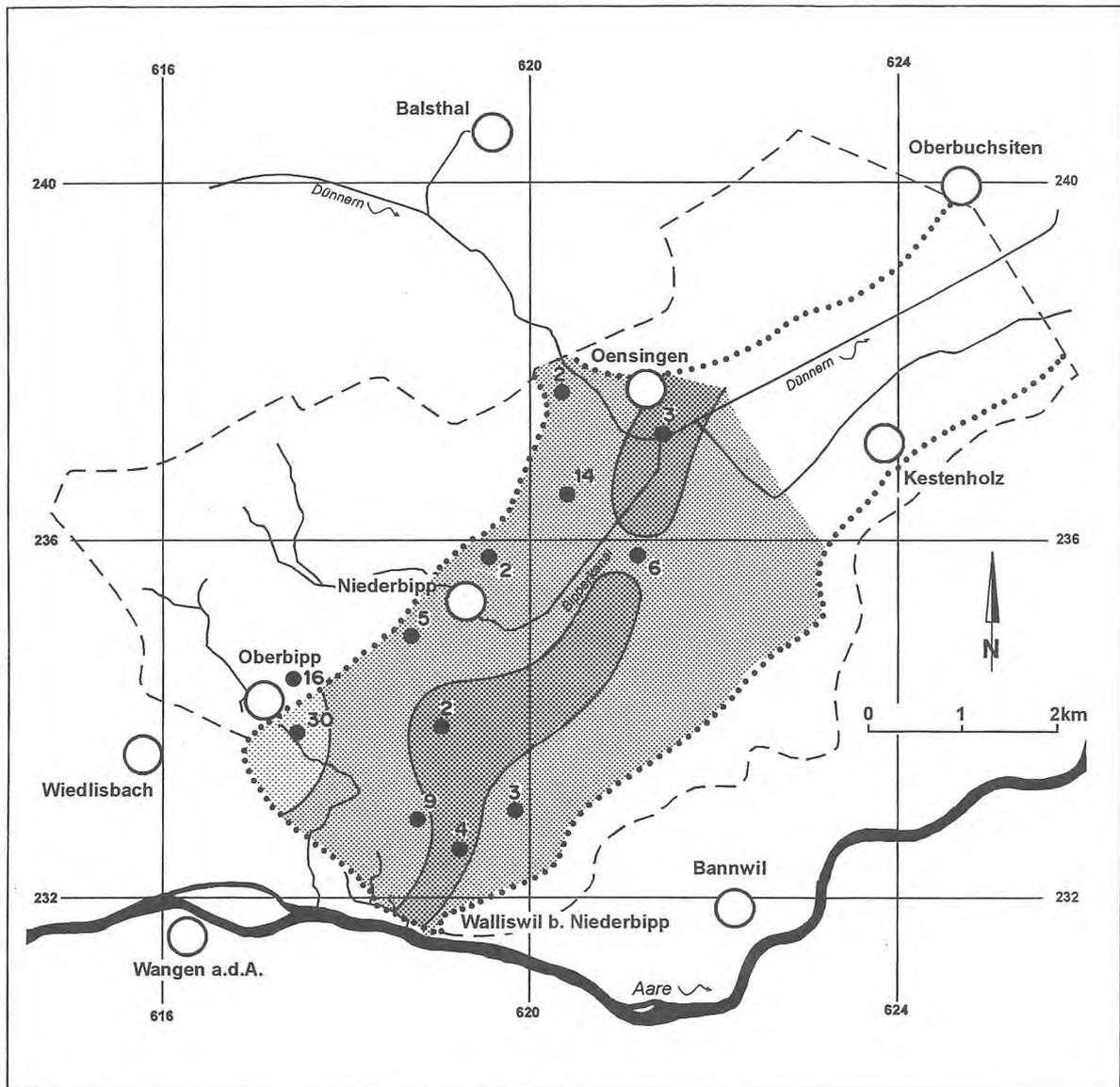
Tabelle 8.4: Extremwerte Chloride

Feld-Nr.	WEA-Nr.	Härte
GAB 8	619/233.2	26.4 mg/l
GAB 12	617/232.4	23.0 mg/l
GAB 22	621/237.3	21.0 mg/l

Bezeichnenderweise liegen GAB 8 und 22 unmittelbar neben der Autobahn bzw. dem Autobahnzubringer.

Mit Ausnahme von Punkt GAB 9, 617/223.30, der einen Chloridgehalt von nur 6.3 mg/l aufwies, liegen die übrigen Werte alle zwischen 10 und 20 mg/l.

Figur 8.3: Hydrochemie Chloride



● 4 Probenentnahmestelle mit WEA - Ordnungsnummer

..... Modellgrenze (Grundwasserbecken)


mg/l (Cl)
 unter 10 10 - 20 über 20
(Durchschnittswerte von mehreren Analysen aus dem Jahr 1985; Analyse: Kantonales Laboratorium Bern)

Qualitätsziel: bis 20 mg/l
 Toleranzwert: 200 mg/l
 }
(gemäss Schweiz. Lebensmittelbuch; Stand 1988)

8.3.5 Oxidierbarkeit

Die Oxidierbarkeit entspricht dem Verbrauch von Kaliumpermanganat (KMnO_4) in mg/l und gilt als Verunreinigungsindikator, d.h. sie stellt ein Mass für die organische Belastung des Grundwassers dar. Der Toleranzwert, der nicht überschritten werden sollte, beträgt 6 mg/l, das Qualitätsziel 3 mg/l (LMB, 1988). Bei den vorliegenden 12 Beobachtungspunkten wurden 3 mg/l zu keinem Zeitpunkt überschritten.

8.3.6 Sauerstoffsättigung, Eisen, Mangan, Nitrit, Ammonium

Die Sauerstoffsättigung des Grundwassers ist unterschiedlich stark von der Ausbildung der Deckschichten, der Grundluftzone und dem Eintrag von organischen Stoffen abhängig. Praktisch im gesamten Grundwasserbecken besteht infolge der grossen Trockentiefe in gut durchlässigem Lockergestein eine sehr gut ausgebildete Grundluftzone. Wie die Oxidierbarkeit zeigt, ist zudem der Eintrag von organischen, d.h. sauerstoffzehrenden Stoffen gering. Daraus resultiert ein stark an Sauerstoff gesättigtes Grundwasser. Bei 10 der 12 Entnahmestellen beträgt die Sättigung > 80 %. Bei GAB 11 (619/235.2) erreicht sie 53 % und bei GAB 5 (617/234.16) 66 % (vgl. Fig. 8.1). Aus technischen Gründen sollte die Sauerstoffsättigung nach Möglichkeit 60 % erreichen (Qualitätsziel gemäss LMB, 1988). Damit können mit Sicherheit Ausfällungen von Eisen- und Manganverbindungen im Leitungsnetz ausgeschlossen werden. In der Regel treten jedoch schon bei einem Sättigungsgrad von > 40 % keine diesbezüglichen Probleme auf.

Infolge der grossen Sauerstoffsättigung lagen die durchschnittlichen Eisenkonzentrationen im Grundwasser überall unter dem Toleranzwert von 0.3 mg/l (FIV, 1995), mit Ausnahme von GAB 5 (617/234.16), wo der Eisengehalt zwischen 0.02 und 0.87 mg/l streute. Mangan war nirgends nachweisbar.

Ammonium und Nitrit können wie Eisen und Mangan als Produkte des Redoxprozesses (Sauerstoffzehrung) im Grundwasser entstehen oder aber als Verunreinigung eingetragen werden. Die Nitritwerte lagen durchwegs unter dem Toleranzwert von 0.1 mg/l (FIV, 1995) und in allen Durchschnittswerten auch innerhalb des Qualitätszieles von 0.01 mg/l (LMB, 1988). Ammonium konnte nirgends nachgewiesen werden.

9. NUTZUNG UND SCHUTZ DES GRUNDWASSERS

9.1 Bestehende Nutzung

Eine Uebersicht der konzessionierten Grundwasserentnahmen vermittelt Tabelle 9.1. Insgesamt bestehen Konzessionen für 23'320 l/min (Stand Juni 1997). Der effektive Wasserbezug betrug indessen im Jahr 1996 nur knapp 1/4 davon (5'338 l/min ohne Bewässerungen). Diese Diskrepanz ist jedoch nur scheinbar, da die Konzession meist der installierten Pumpenleistung entspricht, die aber nur zum Abdecken von Bedarfsspitzen dient. Das für die Energiegewinnung benötigte Grundwasser wird wieder versickert und beeinflusst daher die Grundwasserbilanz nicht.

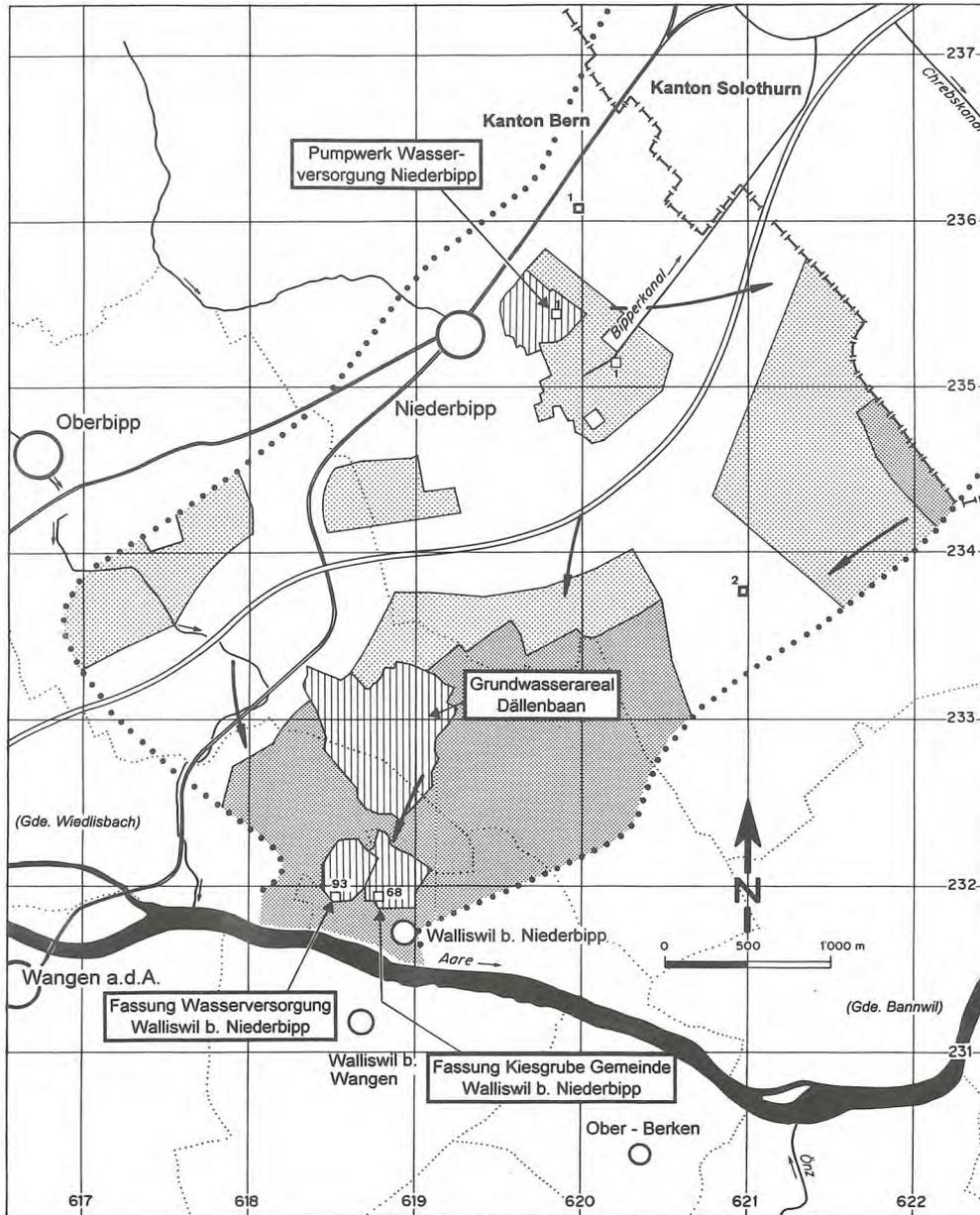
Die konzessionierte Entnahmemenge kann deshalb problemlos um ein Mehrfaches über dem durchschnittlichen Verbrauch liegen, wie dies bei den meisten Konzessionsnehmern der Fall ist. Dank dem grossen Speichervolumen des Grundwasserleiters ist auch eine vorübergehende Entnahme möglich, die bedeutend über dem nutzbaren Grundwasserdargebot von ca. 9 - 12'000 l/min liegt (Kap. 7.4). Wie aus der Tabelle 9.1 hervorgeht, betrug die Entnahme im Jahr 1996 etwa die Hälfte des nutzbaren Dargebots.

9.2 Nutzungsbereiche

Die Grundwassernutzungs- und schutzkarte (Fig. 9.1) zeigt, welche Grundwassergebiete für die verschiedenen Nutzungszwecke geeignet sind. Die Ausscheidung der Nutzungsbereiche erfolgte nach folgenden hauptsächlichen Kriterien:

- Hydrogeologische Verhältnisse (Durchlässigkeiten und Mächtigkeit des Grundwasserleiters)
- Hydrochemische Verhältnisse
- Besiedlungsdichte (Bauzonen) und Verkehrsadern
- Altlasten bzw. Altlastverdachtsflächen
- Bestehende Grundwasserfassungen

Figur 9.1: Grundwassernutzung und -schutz (Kanton Bern)



..... Begrenzung des Grundwasserbeckens (gemäss Grundwassermodell)

→ Grundwasserfliessrichtung

○ wichtigste Grundwasserfassungen (mit WEA - Ordnungsnummer)

1 □ Trinkwasser

2 □ Brauchwasser

Mögliche, künftige Grundwasser-Nutzungen

(unter Berücksichtigung der rechtsgültigen Zonenpläne der Gemeinden Niederbipp, Oberbipp, Walliswil b. Niederbipp und Wiedlisbach sowie des Altlasten- und Verdachtsflächenkatasters des Kantons Bern)

 Bereich für Trinkwassergewinnung geeignet

 Bereich für Trinkwassergewinnung mit **Vorbehalt** geeignet

 Bereich für Brauchwassergewinnung geeignet

 Grundwasserschutzzone, schutzareal; rechtsgültig (Zone S)

} im Gebiet des Grundwasserbeckens

Tabelle 9.1: Konzessionierte Grundwasserfassungen im Grundwasserbecken
(ohne Bewässerungsanlagen, Stand Juni 1997)

Gemeinde, Verbraucher	Kat.	WEA- Ordnungsnummer	Konz. Leistung l/min	Entnahmemenge 1996 Ø l/min
Kanton Bern				
<u>Walliswil b. Niederbipp:</u>				
Einwohnergemeinde	A	618/231.68	600	-
Einwohnergemeinde	A	618/231.93	600	1
<u>Niederbipp:</u>				
Einwohnergemeinde	A	620/235.1	400 ¹⁾	-
Einwohnergemeinde	A	619/235.1	3'600	900
TELA Papierfabrik	B	619/236.1	1'000	1'396
Iff AG, Kieswerk	B	620/233.2	2'300	631
Kanton Solothurn				
<u>Oensingen:</u>				
Kiesgrube Aebisholz	A/B	622/235.3	1'500	1'113
Einwohnergemeinde/von Roll	A/B	621/236.1	4'300 ²⁾	1'297
Einwohnergemeinde/von Roll	A	619/238.2	20 ³⁾	-
VEBO Oensingen	D	621/237.4	3'200	?
<u>Oberbuchsiten:</u>				
Einwohnergemeinde	A	625/239.1	3'000 ¹⁾	-
<u>Niederbuchsiten:</u>				
Einwohnergemeinde	A	625/238.1	800 ¹⁾	-
Total			21'320	5'338

A = Trinkwasser

B = Brauchwasser

D = Wärmegewinnung (Wasser wird wieder versickert)

G = Speisung Weiher

1) Notwasserversorgung

2) Potentieller Spitzenverbrauch 15'000 l/min

3) Reserve, installierte Leistung 900 l/min

Da die Durchlässigkeit und Mächtigkeit beinahe an jeder Stelle im Grundwasserbecken die Entnahme von mehreren 100 l/min erlaubt, fiel diese Randbedingung nicht ins Gewicht. Auch die Wasserqualität war kein einschneidendes Kriterium, erfüllt doch die Grundwassergüte mit gewissem Vorbehalt (Altlasten) überall die Anforderungen an Trinkwasser. Eine massgebende Rolle spielten dagegen die Bauzonen, Verkehrsachsen und Altlasten bzw. Altlastverdachtsflächen (vgl. Altlasten- und Verdachtsflächenkataster des Kantons Bern; GSA 1995).

Die Grundwassernutzungs- und schutzkarte (Fig. 9.1) wurde nur für das Gebiet des Kantons Bern erarbeitet.

Ausgehend von diesen Kriterien wurden die nachfolgenden Bereiche ausgeschieden, wobei der potentiellen Trinkwassergewinnung Priorität eingeräumt wurde.

Bereich für Trinkwassergewinnung geeignet

In Anbetracht der sehr günstigen hydrogeologischen und qualitativen Voraussetzungen konnten für diesen Bereich strengere Auflagen gemacht werden, als dies üblicherweise der Fall ist. Neben den erwähnten hydraulischen und gütemässigen Voraussetzungen haben diese Gebiete folgende Kriterien zu erfüllen:

- Weitgehend unbesiedelt und ausserhalb der eingezonten Siedlungsflächen
- Keine intensive landwirtschaftliche Nutzung
- Problemlose Ausscheidung von Schutzzonen
- Keine gütemässige Gefährdung durch Altlasten oder Verkehrsträger

Daraus resultierte das ausgedehnte Gebiet des Längswaldes mit einigen angrenzenden Kulturläichen.

Bereich für Trinkwassergewinnung mit Vorbehalt geeignet

Für diese Gebiete gelten ähnliche, jedoch weniger kompromisslos angewandte Kriterien wie bei den vorangehenden Gebieten. Gewisse Vorbehalte ergeben sich bezüglich potentiellen gütemässigen Beeinträchtigungen:

- Landwirtschaftliche Nutzung
- Nähe von Siedlungen und Verkehrswegen
- Auswirkungen von Altlasten

Dazu kommt die Schutzzonenausscheidung, die nicht immer unproblematisch sein dürfte.

Siedlungswasserwirtschaftlich erscheint es wichtig, dass in der Nähe von Wiedlisbach, Oberbipp und Niederbipp, d.h. nordwestlich der Autobahn A1, derartige potentielle Nutzungsgebiete bestehen, sei es für die Erweiterung von existierenden Fassungsanlagen oder für Neufassungen. Der Stellenwert der ausgeschiedenen Gebiete südöstlich der A1 ist dagegen sehr untergeordnet. Diese werden kaum für eine öffentliche Fassung in Frage kommen, da sie an die vorteilhaftere Trinkwassergewinnungszone angrenzen und mit Ausnahme von Holzhäusern keine Siedlung tangieren.

Bereich für Brauchwassergewinnung geeignet

Dieser Bereich umfasst das übrige Gebiet des Grundwasserbeckens. Auf die Ausscheidung eines Bereiches "mit Vorbehalt geeignet" wurde verzichtet. Selbstverständlich gibt es Stellen, wo nicht vorbehaltlos Grundwasser entnommen werden kann. Im Bereich oder in unmittelbarer Nachbarschaft von Altlasten bzw. von Altlastverdachtsflächen ist Vorsicht geboten (vgl. GSA 1995), dasselbe gilt in Siedlungsgebieten oder unmittelbar neben Oberflächengewässern. In diesen Spezialfällen müssen ohnehin genauere Detailabklärungen vorgenommen werden.

9.3 Grundwasserschutz

Das gesamte untersuchte, im Kanton Bern liegende Grundwasserbecken befindet sich im Gewässerschutzbereich A der Gewässerschutzkarte des Kantons Bern 1 : 25 000, Blatt 1107 (Balsthal) und Blatt 1108 (Murgenthal).

Es bestehen zwei rechtsgültige Schutzzonen, eine für die Gemeinde Niederbipp (615/235.1), die andere für die Fassungen der Einwohnergemeinde Walliswil b. Niederbipp (618/231.93 und 618/231.68, Fig. 9.1).

Für eine zukünftige Nutzung wurde das Grundwasserschutzareal Dälenbaan ausgeschieden (WERNER 1984), welches im Jahre 1988 Rechtskraft erhielt. Das vollständig im Längswald liegende Areal ist für eine Entnahme von 5'000 l/min ausgelegt.

Auf dem Gebiet des Kantons Bern wurden im Grundwasserbecken und unmittelbar daran angrenzend über 20 Altlasten oder Altlastverdachtsflächen ausgeschieden (vgl. GSA 1995). Bei einzelnen Standorten, d.h. dort wo eine erhöhte potentielle Gefährdung der Schutzgüter Grundwasser, Oberflächenwasser, Boden und Luft besteht, werden im Auftrag des Kantonalen Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft (GSA) weitere Abklärungen getroffen. Dabei soll u.a. auch abgeklärt werden, ob und wie stark diese Standorte eine Gefährdung der Gewässer, namentlich des Grundwassers, darstellen. Sofern notwendig werden Sanierungsmassnahmen eingeleitet. In dieser Beziehung wurden in den letzten Jahren grosse Fortschritte erzielt, so dass kaum mehr mit unbekanntem, latenten Grundwasserverschmutzungen zu rechnen ist.

Wie erwähnt, befindet sich der gesamte Grundwasserleiter im Gewässerschutzbereich A. Anlagen und Einrichtungen, die das Grundwasser gefährden, sind verboten, wie z.B. Kehrichtdeponien. Eine latente Gefahr für das Grundwasser geht aber überall dort aus, wo die Deckschichten, namentlich die humose Vegetationszone, abgeräumt werden. Damit geht die wirksamste Filterschicht, in der die meisten Schadstoffe durch Sorptionsmechanismen oder infolge organischem Abbau eliminiert werden, verloren. Dort, wo keine weiteren schwerdurchlässigen Ablagerungen den Grundwasserleiter schützen, stellt der grosse Flurabstand in dieser Hinsicht keinen wesentlichen Schutz dar, sondern wirkt meist nur als Verzögerung oder Verschleppung des Schadstoffeintrags.

Einen unterschiedlich guten Schutz bilden über dem Grundwasserleiter liegende Bachschutt-, Gehängeschutt- und Moränenablagerungen sowie Verlandungsbildungen (Kap. 2). So ist z.B. das Grundwasservorkommen im Längswald durch einen schlecht durchlässigen Moränendeckel relativ gut geschützt.

Grundsätzlich gilt in jedem Fall, ohne rigorose Ueberwachung keine präferenziellen Sickerwege zu schaffen (z.B. Bohrungen, Kiesgruben). Besondere Vorsicht ist bei der künstlichen Versickerung von Meteor- und Drainagewasser walten zu lassen. Potentielle Gefahrenherde bilden ebenfalls Sickerbrunnen und -schächte von Wärmepumpenanlagen.

VERZEICHNIS DER ZITIERTEN LITERATUR

- AMT FÜR GEWÄSSERSCHUTZ UND ABFALLWIRTSCHAFT, GSA (1995): Atlanten- und Verdachtsflächenkataster des Kantons Bern. Berichte Gemeinden Niederbipp, Oberbipp, Walliswil b. Niederbipp und Wiedlisbach. - Bau-, Verkehrs- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern.
- AMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT KANTON SOLOTHURN, AfWW (1979): Hydrogeographisches Jahrbuch des Kantons Solothurn, 1979 ff.
- BLAU, R.V., HOEHN, P., HUFSCHMIED, P. & WERNER, A. (1983a): Ermittlung der Grundwasserneubildung aus Niederschlägen. - Gas, Wasser, Abwasser 63/1, 45 - 54.
- BLAU, R.V., FISCH, W., HUFSCHMIED, P., TRÜEB, E.U. & WERNER, A. (1983b): Modellstudie zur Bestimmung der Grundwasserdargebote im Teilgebiet Emmental. Zusammenfassender Schlussbericht. - Gas, Wasser, Abwasser 63/9, 439-467.
- COLOMBI SCHMUTZ DORTHE AG, CSD (1975): Trinkwasserversorgung KKW-Graben. Hydrogeologischer Bericht über den Pumpversuch. - Unpubl. Bericht z.H. Bernische Kraftwerke AG vom 20.12.1975.
- FRÖHLICHER, H. (1966): Das Grundwasservorkommen im Dünnerngäu und die Möglichkeit seiner Nutzung. - Unpubl. Bericht vom 30. Dezember 1966 z.H. Kant. Amt für Wasserwirtschaft Solothurn.
- FRÖHLICHER, H. (1966b): Pumpversuch im Moos 1965, Gemeinde Oensingen.- Unpubl. Bericht z.H. Kant. Amt für Wasserwirtschaft Solothurn.
- FURRER, H. (1949): Das Quartär zwischen Solothurn und Wangen a.A. - Eclogae geol. helv. 41/2, 269-284.
- GERBER, M.E. (in Vorb.): Geologischer Atlas der Schweiz 1 : 25 000, Blatt 1108 Murgenthal; mit Erläuterungen. - Schweiz. geol. Kommission.
- HAUDE, W. (1952): Verdunstungsmenge und Evaporationskraft eines Klimas. - Ber. Dt. Wetterd US-Zone 42, 228.
- HEROLD, TH. (1997): Räumliche Beziehung der Karstsysteme zu den tektonisch-geologischen Strukturen im Gebiet der Weissenstein- und Farisberg-Antiklinale (Solothurner Jura). - Unpubl. Diss. ETH Zürich.
- HILDBRAND, K. (1990): Das Endmoränengebiet des Rhonegletschers östlich von Wangen a.d.A. - Unpubl. Diplomarb. Univ. Zürich.
- JÄCKLI, H. (1968): Kraftwerk Neu-Bannwil. Geologisch-hydrologisches Gutachten über die Grundwasserverhältnisse. - Unpubl. Bericht vom 1. Dezember 1968 z.H. Baudirektion des Kantons Bern.
- JENS, G. (1968): Tauchstäbe zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit und des Abflusses. - Dt. Gewässerkal. Mitt. 12/4, 90-95.
- KOVÁCS, G. (1973): Hydrological investigations of the unsaturated zone. - Budapest.
- LANDESHYDROLOGIE UND -GEOLOGIE, LHG (1992-1997): Hydrologischer Atlas der Schweiz. - Bearbeitung: Geogr. Institut. Univ. Bern.
- LÜSCHER, P. (1997): Beiträge zur Hydrographie/Hydrometeorologie und Hydrologie des Dünnerntales (Solothurner Jura). - Mitt. natf. Ges. Kt. Solothurn, 28.
- PASQUIER, F. (1986): Hydrodynamique de la nappe du Gäu (cantons de Soleure et Berne). - Thèse Univ. Neuchâtel.
- PASQUIER, F. (in Vorb.): Bilans hydrologiques de la nappe du Gäu (cantons de Berne et Soleure, Suisse). - Bull. d'Hydrogéologie No. 17.
- REGLI, CH. (1997): Grundwassermodell für die Klus von Balsthal, Kt. Solothurn. - Unpubl. Diplomarbeit NDS der ETH Zürich.
- RENGER, M., STREBEL, D. & GIESEL, W. (1974): Beurteilung bodenkundlicher, kulturtechnischer und hydrologischer Fragen mit Hilfe von klimatischer Wasserbilanz und bodenphysikalischen Kennwerten. - Z. Kulturtechn. Flurberein. 15/148-160, 206-221, 353-366.

- RICHTER, W. & LILLICH, W. (1975): Abriss der Hydrogeologie. - Schweizerbart, Stuttgart
- SCHUEPP, M., BOUET, M., BIDER, M. & URFER, C. (1918): Klimatologie der Schweiz, Band II: Regionale Klimabeschreibungen, 1. Teil. Gesamtübersicht Westschweiz, Wallis, Jura, Juranordfuss sowie Mittelland. - Schwiz. Meteor. Zentralanstalt Zürich.
- SERVIC, B. (1981): Methodische Untersuchungen des systematischen Messfehlers der Hellmann-Regenmesser im Sommerhalbjahr in der Schweiz. - Mitt. VAW 51, ETH Zürich.
- TROESCH, J. (1995): Numerische Simulation Dupuit'scher Grundwasserströmungen. - Mitt. VAW 14 und 15, ETH Zürich.
- WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSAMT DES KANTONS BERN, WEA (1976, 1977, 1978, 1979, 1980): Hydrogeologie Bipperamt. Zwischenberichte 1976, 1977, 1978, 1979, 1980. - Bearbeitung: Ingenieur- und Studienbüro A. Werner, Burgdorf.
- WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSAMT DES KANTONS BERN, WEA (1981): Hydrogeologie Oberaargau. Teilgebiete: Langenthal, Roggwiler-Terrasse, Mittleres Langetental, Oenztal, Bipperamt. - Bearbeitung: Colombi Schmutz Dorthe AG, Bern/Liebefeld; Dr. Ch. Haefeli, Bern/Liebefeld.
- WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSAMT DES KANTONS BERN, WEA (1983): Hydrogeologie Emmental, Teil IV. Modellstudie zur Bestimmung des Grundwasserangebotes im Testgebiet Emmental. - Bearbeitung: R.V. Blau, A. Werner, W. Fisch, P. Hoehn, P. Hufschmied, F. Muchenberger, M. Würsten.
- WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSAMT DES KANTONS BERN, WEA (1989): Hydrogeologie Önzthal. - Bearbeitung: Dres. P. Kellerhals und Ch. Haefeli, Bern.
- WERNER, A., INGENIEUR- UND STUDIENBÜRO (1984): Grundwasserschutzareal Dälenbaan. - Unpubl. Bericht vom Juli 1984 z.H. Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern, WEA.
- WERNER + PARTNER AG (1992, 1993, 1994): Hydrologische Untersuchungen für eine neue Grundwasserfassung in Walliswil b. Niederbipp. - Unpubl. Berichte z.H. Gemeinde Walliswil b. Niederbipp.
- WIEDENMAYER, C. (1923): Geologie der Juraketten zwischen Balsthal und Wangen a.A. - Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F. 48, III.

Hydrogeologie Bipperramt
Bohrung GAB 5
WEA Ord.-Nr. 617 / 234.16

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		Anhang 3	
Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern		Situation:	
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung		Logs: -	
Bohrmeister: Favre		Bohrgerät: UB 125 Schäfer	
ausgeführt vom 7.1.76 bis 18.2.76			
Koordinaten: 617.525/234.470 OK Terrain 479.23 m ü. M. OK Rohr 480.27 m ü. M.			
Geol. Aufnahme: Dres. della Valle & Blau		1:200.	

Hydrogeologie Bipperramt
Bohrung GAB 9
WEA Ord.-Nr. 617 / 233.30

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		Anhang 3	
Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern		Situation:	
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung		Logs: -	
Bohrmeister: Favre		Bohrgerät: UB. 125 Schäfer	
ausgeführt vom 28.4. bis 14.5.1976			
Koordinaten: 617.415/233.780 OK Terrain 468.30 m ü. M. OK Rohr 469.14 m ü. M.			
Geol. Aufnahme: Dres. della Valle und Blau		1:200	

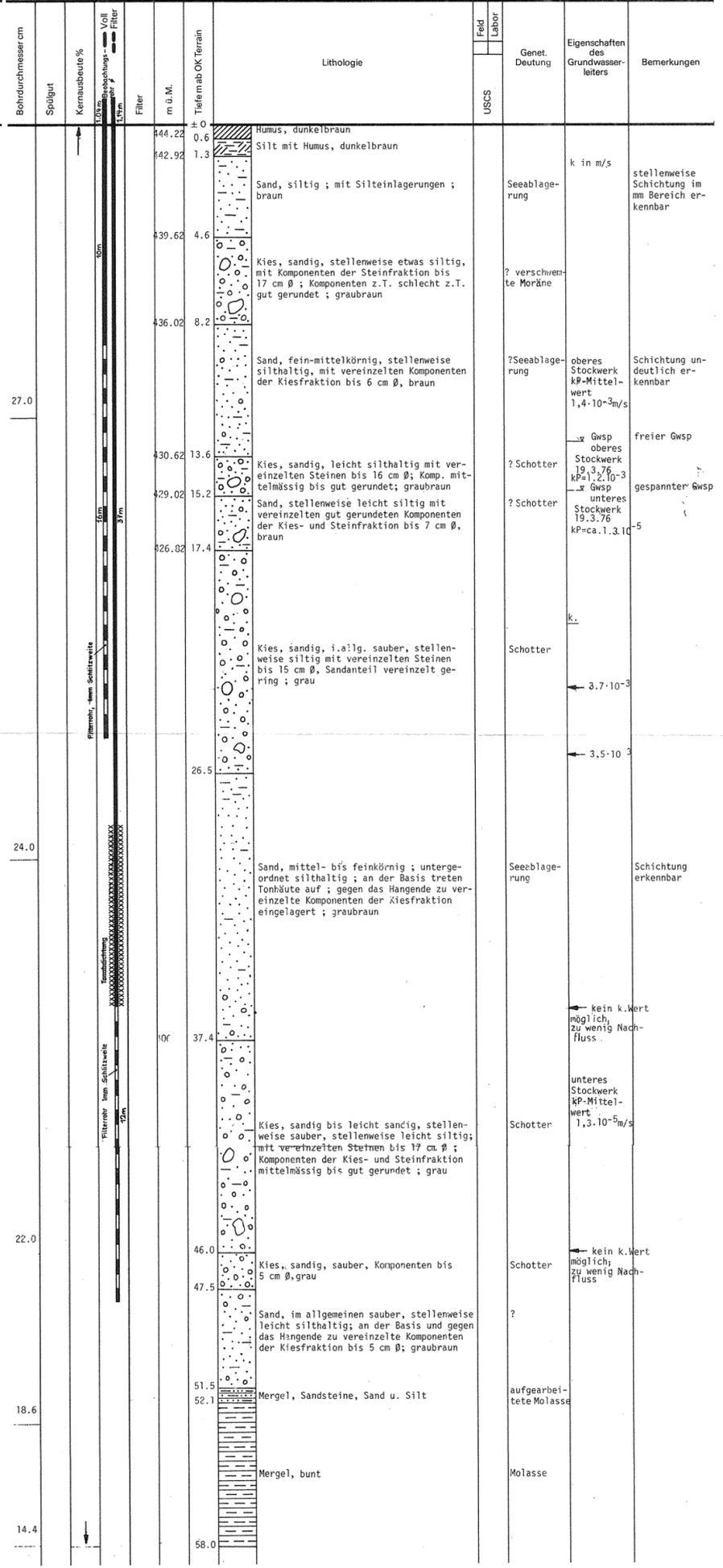
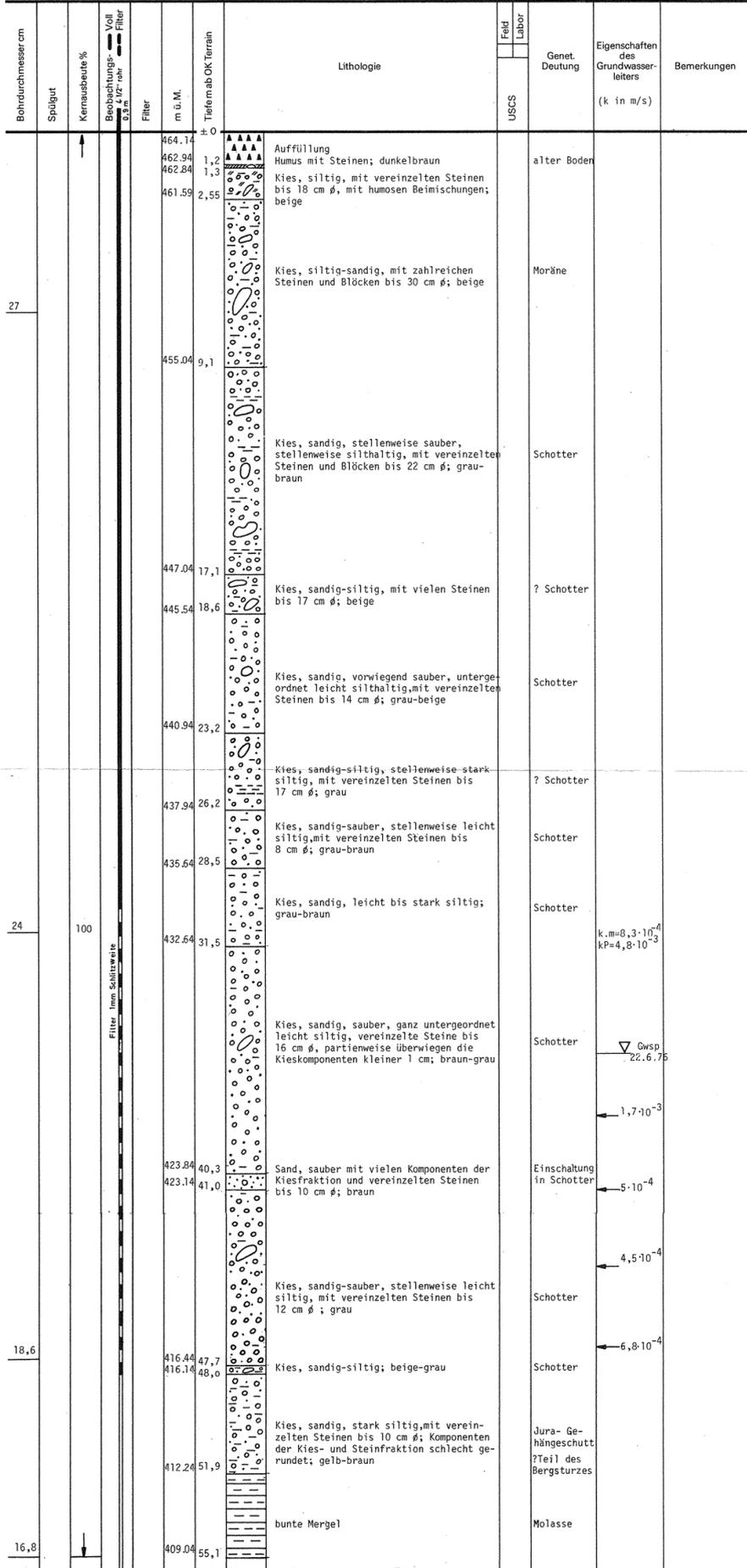
Bohrdurchmesser cm	Spoligut	Kernaussbeute %	Bohrschlamm 1/2" Filter	Filter 1/2" Filter	Tiefenab OK Terrain m ü. M.	Lithologie	Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters	Bemerkungen	Bohrdurchmesser cm	Spoligut	Kernaussbeute %	Bohrschlamm 1/2" Filter	Filter 1/2" Filter	Tiefenab OK Terrain m ü. M.	Lithologie	Genet. Deutung	Eigenschaften des Grundwasserleiters	Bemerkungen	k in m/s		
																					USCS	Feld Labor
					0	Humus, dunkelbraun									0.25	Humus						
					1.10	Sand, siltig, mit vereinzelt. Komp. der Kiesfraktion bis 2 cm Ø und Humusanteilen; braun									1.0	Feinsand, siltig mit vereinzelt. Komponenten der Kiesfraktion bis 3cm Ø, braun						
					1.8	Sand i. allg. leicht siltig, untergeordnet stark siltig oder sauber; mit zahlreichen Komponenten der Kiesfraktion, sowie vereinzelt. Steinen und Blöcken bis 22 cm Ø; Gerölle nicht bis gut gerundet; braunbeige bis graubefige	?Seeablagerung		vereinzelt Schichtung im mm Bereich erkennbar						1.7	Sand, siltig mit wenigen Komponenten der Kiesfraktion bis 1cm Ø u. vereinzelt. Steinen bis 13cm Ø; mit Humusbeimengungen; braun-grau						
					8.2	Kies, sandig, sauber bis untergeordnet siltig mit zahlreichen Steinen bis 15 cm Ø; braunbeige	Schotter?										Kies, sandig, stellenweise stark, stellenweise schwach siltig, mit zahlreichen Steinen und Blöcken max. Ø > Bohr Ø, grau					
					10.2	Kies, mit vielen Steinen und Blöcken Ø > Bohr Ø, sandig, selten leicht siltig; graubefige, an der Basis gelbbraun; Kies- und Steinkomponenten eckig bis gerundet	Bergsturz															
27,0					15.1	Kalk (?Dogger), teilweise im Verband teilweise zerbrochen, helles braungelb			Juramaterial													
					16.0	Kies, sandig, stark siltig mit vereinzelt. Steinen bis 8 cm Ø, grau																
					17.0	Kies, sandig, stellenweise stark, stellenweise schwach siltig, mit zahlreichen Steinen und Blöcken max. Ø > Bohr Ø, grau																
					18.3	Kies, sandig, sauber; grau																
					19.1	Kies, sandig, stellenweise stark, stellenweise schwach siltig, mit zahlreichen Steinen bis 14 cm Ø; grau-graubraun																
					20	Kies, sandig, stark siltig mit vereinzelt. Steinen bis 10 cm Ø; Kies und Steinkomponenten eckig; gelbbraun			Juramaterial													
					21	Kalk, stark zerbrochen, helles braungelb																
					22	Kies, wenig Sand, stark siltig mit zahlreichen Steinen und vereinzelt. Blöcken bis 20 cm Ø; Komp. Kies- und Steinfraction eckig; gelbbraun			Juramaterial													
					23	Kalk, teilweise im Verband, teilweise zerbrochen, helles braungelb																
					24	Kies, wenig Sand, stark siltig mit zahlreichen Steinen und vereinzelt. Blöcken bis 20 cm Ø. Komp. Kies- und Steinfraction eckig; gelbbraun			Juramaterial													
					25	Kalk, zerbrochen, helles gelbbraun																
					26	Kies, sandig, stark siltig, leicht tonig, mit vereinzelt. Steinen bis 10 cm Ø; Kies- und Steinkomponenten eckig; dunkles braungelb bis schwarzgrau an der Basis			Juramaterial													
					27	Kies, stark sandig (Sandanteil mittel-grobkörnig), sauber; der grösste Teil der Kieskomponenten zeigt Ø > 2 cm; vereinzelt. Steine bis 14 cm Ø; braungrau																
					28	Sand siltig mit nach unten seltener werdenden Komponenten der Kiesfraktion, vereinzelt. Steine bis 9cm Ø; grau-grün																
					29	Sandstein, stellenweise mergelig; grünlich-ocker																
					30	Sandstein, stellenweise mergelig; blaugrau																
					31	Sand, teilweise leicht, teilweise stark siltig; nicht geschichtet, vereinzelt. eckige Steine (dunkelgraue Kalke) bis 10 cm Ø; schwarzgrau	?Opalinustone															
					32	Sandsteine (blaugrün) wechsellagernd mit bunten Mergeln gegen das Hangende zu etwas Bolus eingelagert	Molasse															
					33	Kies, sandig stark siltig bis tonig mit vereinzelt. Steinen bis 15 cm Ø; schwarzgrau; Kies- und Steinkomponenten eckig bis gerundet			Juramaterial													
					34																	
					35																	
					36																	
					37																	
					38																	
					39																	
					40																	
					41																	
					42																	
					43																	
					44																	
					45																	
					46																	
					47																	
					48																	
					49																	
					50																	
					51																	
					52																	
					53																	
					54																	
					55																	
					56																	
					57																	
					58																	
					59																	
					60																	
					61																	
					62																	
					63																	
					64																	
					65																	
					66																	
					67																	
					68																	
					69																	
					70																	
					71																	
					72																	
					73																	
					74																	
					75																	
					76																	
					77																	
					78																	
					79																	
					80																	
					81																	
					82																	
					83																	
					84																	
					85																	
					86																	
					87																	
					88																	
					89																	
					90																	
					91																	

Hydrogeologie Bipperramt
Bohrung GAB 10
WEA Ord.-Nr. 618 / 234.5

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		Anhang 4	
Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern		Situation:	
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung		Logs: -	
Bohrmeister: Favre		Bohrgerät: UB 125 Schäfer	
ausgeführt vom 17.5. bis 8.6.1976			
Koordinaten: 618.800/234.915 OK Terrain 464.14 m ü.M. OK Rohr 465.24 m ü.M.			
Geol.Aufnahme: Dres. della Valle und Blau 4.6.76		1:200	

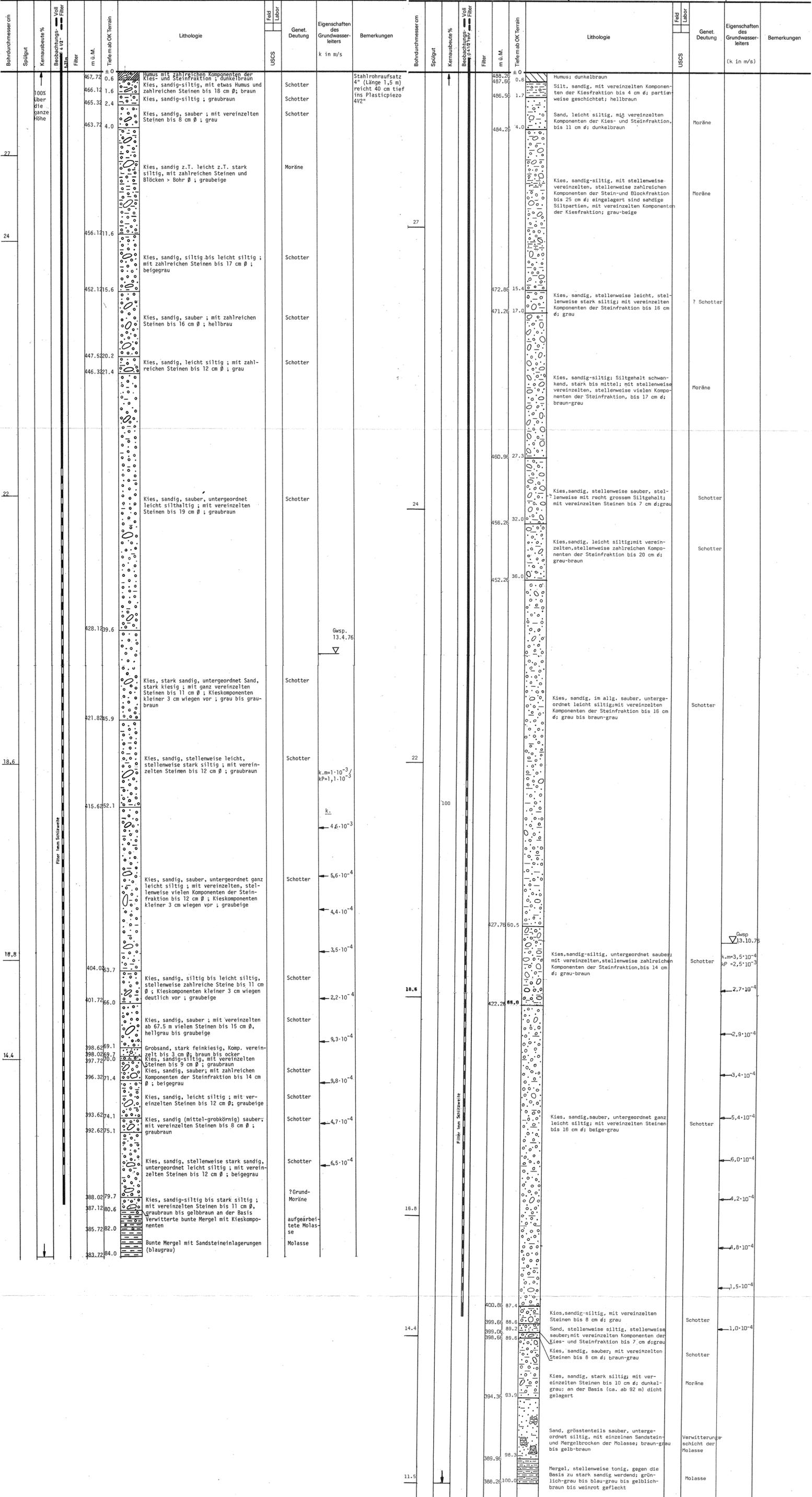
Hydrogeologie Bipperramt
Bohrung GAB 6
WEA Ord.-Nr. 618 / 233.34

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		Anhang 4	
Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern		Situation:	
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung		Logs: -	
Bohrmeister: Favre		Bohrgerät: UB 125 Schäfer	
ausgeführt vom 19.2.76 bis 8.3.76			
Koordinaten: 618.190/233.250 OK Terrain 444.22 m ü.M. OK Rohr 445.24 m ü.M.			
Geol.Aufnahme: Dres. della Valle und Blau		1:200	



Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		Anhang 5	
Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern		Situation:	
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung		Logs: -	
Bohrmeister: Favre		Bohrgerät: UB 125 Schäfer	
ausgeführt vom 17.3. bis 9.4.1976			
Koordinaten: 619.065/233.980 OK Terrain 467.72 m ü.M. OK Rohr 468.99 m ü.M.			
Geol. Aufnahme: Dres. della Valle & Blau			
1:200			

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		Anhang 5	
Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG		Situation:	
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung		Logs:	
Bohrmeister: Favre		Bohrgerät: UB 125 Schäfer	
ausgeführt vom 6.7. bis 30.8.76			
Koordinaten: 619.290/232.545 OK Terrain 488.26 m ü.M. OK Rohr 489.40 m ü.M.			
Geol. Aufnahme: Dres. della Valle u. Blau			
1:200			

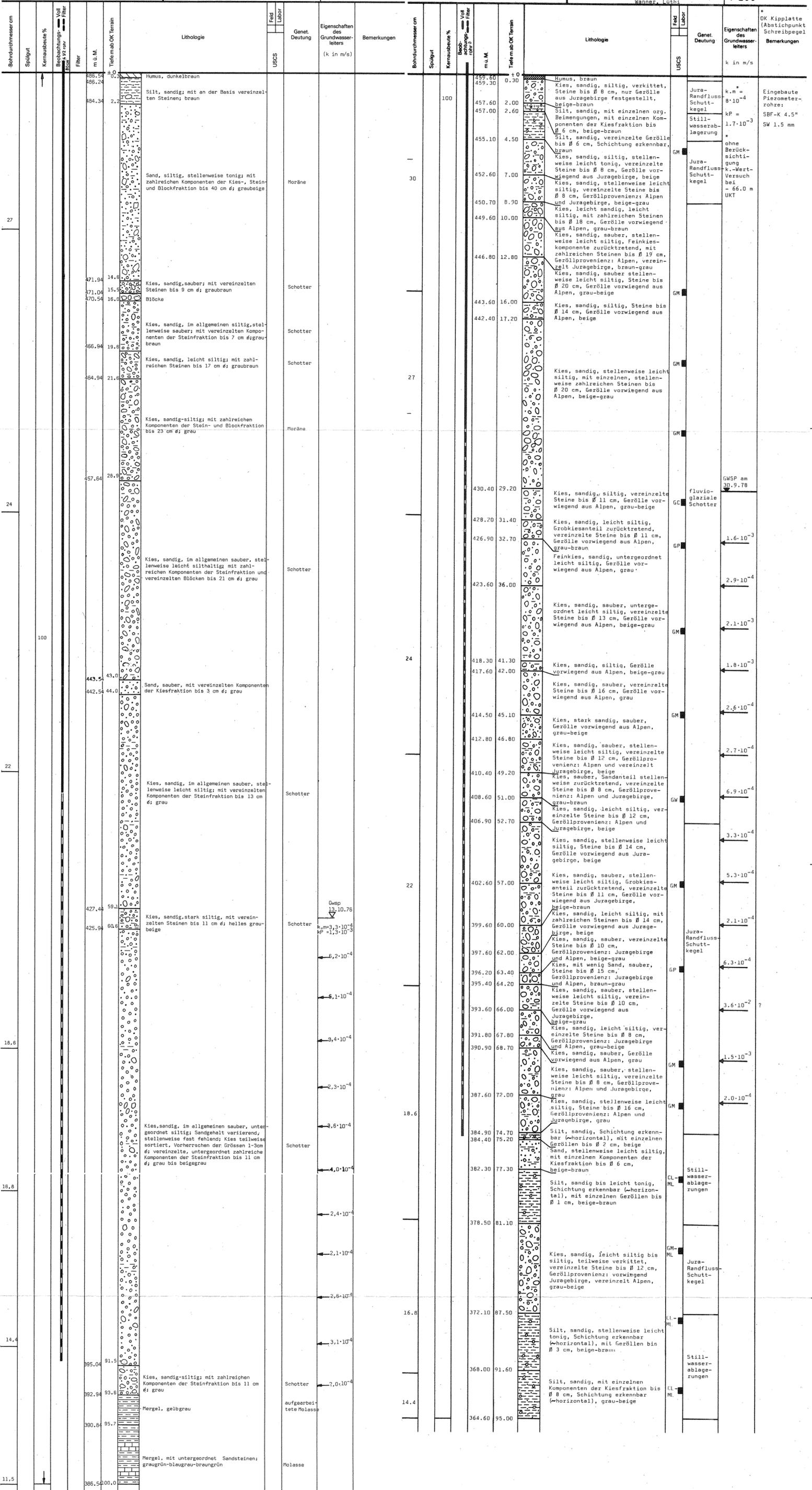


Hydrogeologie Bipperramt
Bohrung GAB 13
WEA Ord.-Nr. 618 / 232.9

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		Anhang 6	
Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG, Bern	Situation: 618.790/232.840		
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung	Logs: -		
Bohrmeister: Favre	Bohrgerät: UB 125 Schäfer		
ausgeführt vom 31.8. bis 27.9.1978			
Koordinaten: 618.790/232.845 OK Terrain 486.54 m ü.M. OK Rohr 487.63 m ü.M.			
Geol. Aufnahme: Dres. della Valle und Blau			
1:200			

Hydrogeologie Bipperramt
Bohrung GAB 22
WEA Ord.-Nr. 621 / 237.3

Amt für Wasserwirtschaft des Kantons Solothurn		Anhang 6	
Bohrfirma: Grund- und Tiefbau AG	Situation:		
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung	Logs:		
Bohrmeister: Favre	Bohrgerät: UB 125 Schäfer		
ausgeführt vom 26.08. bis 29.09.1978			
Koordinaten: 621390/237130 OK Terrain 459.60 m ü.M. OK Rohr 460.46 m ü.M.			
Geol. Aufnahme: Dres. Blau, Dettwiler; Wanner, Lüthi			
1:200			

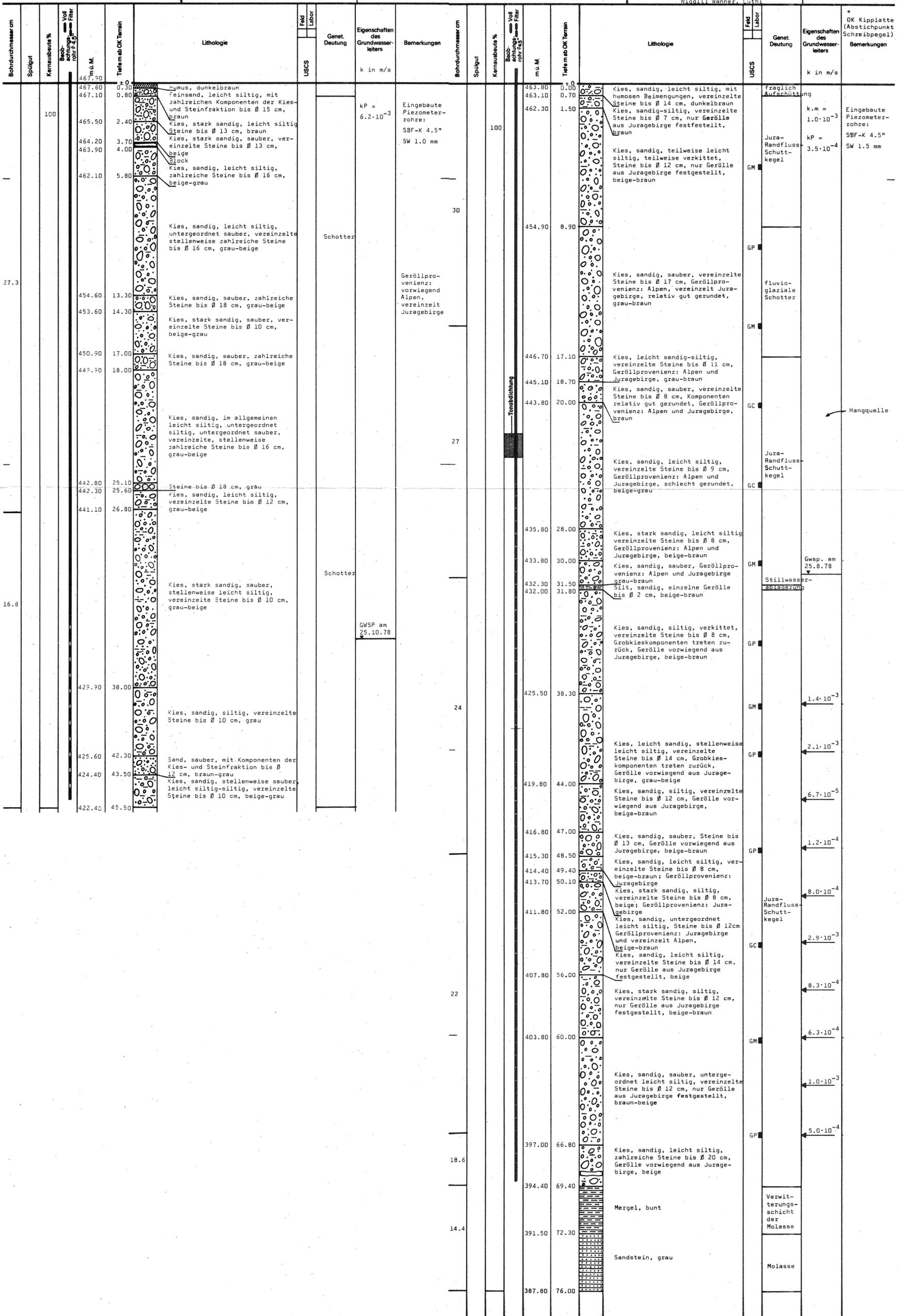


Hydrogeologie Bipperramt
Bohrung GAB 18
WEA Ord.-Nr. 618 / 234.6

Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern		Anhang 7	
Bohrfirma: Gebr. Meier AG, Bzugg	Situation:		
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung	Logs:		
Bohrmeister: Käsermann	Bohrgerät: Wirth		
ausgeführt vom 10.10. bis 20.10.1978			
Koordinaten: 618460/234185 OK Terrain 467.90 m ü.M. OK Rohr 468.59 m ü.M.			
Geol. Aufnahme: Dr. Blau, Wanner, Lüthi		1:200	

Hydrogeologie Bipperramt
Bohrung GAB 21
WEA Ord.-Nr. 620 / 237.2

Amt für Wasserwirtschaft des Kantons Solothurn		Anhang 7	
Bohrfirma: Grund- & Tiefbau AG, Bern	Situation:		
Bohrverfahren: Rotationskernbohrung	Logs:		
Bohrmeister: Fava	Bohrgerät: UB 125 Schäfer		
ausgeführt vom 24.7. bis 22.8.1978			
Koordinaten: 620375/237660 OK Terrain 463.80 m ü.M. OK Rohr 464.81 m ü.M.			
Geol. Aufnahme: Dres. Blau, della Valle, Dettwiler, Nagli, Wanner, Lüthi		1:200	



Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Bipperamt

Isohypsen des Grundwasserspiegels vom 4.1.1979 (Mittelwasserstand)
Oberfläche des Grundwasserstauers
Mächtigkeit des Grundwasserleiters
1 : 25 000



WEA

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

Allgemeine Angaben

- Kantonsgrenze
- Seitliche Begrenzung des wassergesättigten Teils des Grundwasserleiters bei einem Mittelwasserstand
- Fortlaufende Ordnungsnummer einer Beobachtungsstelle innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Grundlagendatei (GLD) WEA/Geologie
- Angaben fraglich oder unbekannt
- Grundwasser-Fließrichtung
- Lage eines geologischen Profils, vgl. Beilage 2

Isohypsen des Grundwasserspiegels vom 4.1.1979 (Mittelwasserstand)¹⁾

- 1 m Grundwasserspiegel-Isohypse mit Kote in m ü. M.
- 0.5 m Zwischenkurve

Grundwasser-Beobachtungsstellen, Sondierungen ²⁾

- Vertikalfilterbrunnen
- Horizontalfilterbrunnen
- Bohrung
- Peilrohr
- Rammsondierung
- Grundwasser-Messstation
- 429.19 Grundwasserspiegelhöhe vom 4.1.1979 in m ü. M., gemessen
- 429.08 Grundwasserspiegelhöhe vom 4.1.1979 in m ü. M., nach Berechnung geändert
- 431.72 Grundwasserspiegelhöhe vom 4.1.1979 in m ü. M., lokales oberes Grundwasserstockwerk, gemessen
- 409.3 Grundwasserstauer-Oberfläche in m ü. M.

Oberflächenwasser-Beobachtungsstellen ³⁾

- Wasserstands-Abstichpunkt
- Abfluss-Messstation
- 417.22 Spiegelhöhe vom 4.1.1979 in m ü. M.

Niederschlags-Messstationen ⁴⁾

- Monatstotalisator
- Tagestotalisator
- Pluviograph
- Station der Schweiz. Meteorologischen Anstalt Zürich

Isohypsen der Oberfläche des Grundwasserstauers ¹⁾

- 10 m Grundwasserstauer-Isohypse mit Kote in m ü. M.
- 5 m Zwischenkurve

Stufen gleicher Mächtigkeit des Grundwasserleiters
Abgeleitet aus der Differenz Oberfläche des Grundwasserstauers - Grundwasserspiegels vom 4.1.1979 (Mittelwasserstand)

< 10	10-20	20-30	30-40	40-50	> 50
m					

Bei den Isohyphen darstellungen ist darauf verzichtet worden, einen nachgewiesenen und vermutlichen Verlauf zu unterscheiden. Die Anordnung der Beobachtungsstellen erlaubt dem Benutzer, die Zuverlässigkeit der Karte selbst einzuschätzen.

Die Grundwasserspiegel-Isohypsen bei Williswil b. Niederbipp wurden aufgrund von hydrogeologischen Untersuchungen in den Jahren 1992/93 neu eingepasst.

Aus darstellerischen Gründen können nicht alle Beobachtungsstellen und Sondierungen wiedergegeben werden.
Als Stauer treten auf: Molassfelsen, Grundmoräne, feinkörnige Sandablagerungen.

Detaildarstellung vgl. Figur 3.4

Weitere Karten dieses Gebietes:
Beilage 2: Geologische Profile 1:25 000 / 1:2 500
Kartographische Gestaltung und Technik
WEA / Schweizerischer Militärverlag Dr. Hofmeister, Rossens
Satz und Belichtung: Diesel AG, Bern
Reprographie: P. Gaffuri, Bern
Druck und Einband: Aerni-Leuch AG, Liebfeld/Bern
Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 1.12.1993
Ausgabe 1994/95

Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Bipperamt

Geologische Profile
 L ~ 1 : 25 000 H ~ 1 : 2 500 10 fach überhöht



WEA
 Leitung:
 Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern
 Bearbeitung:
 Werner + Partner AG, Burgdorf
 Kellerhals + Haefeli AG, Bern



- Allgemeine Angaben**
- Kantonsgrenze
 - Seitliche Begrenzung des wassergesättigten Teils des Grundwasserleiters bei einem Mittelwasserstand
 - Fortlaufende Ordnungsnummer eines künstlichen Aufschlusses innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Grundlagendatei (GLD) WEA/Geologie
 - Bohrung oder Brunnen, auf oder bis 50 m neben der Profilinie liegend
 - Bohrung oder Brunnen, 50 bis ca. 300 m neben der Profilinie liegend
 - Grundwasserspiegel vom 4.1.1979 (Mittelwasserstand)
 - Angaben fraglich oder unbekannt

- Geologie**
- Lockergesteine
 - Künstliche Aufschüttung
 - Silt, tonig-siltig; Lehm
 - Sand, tonig-siltig, z.T. leicht kiesig
 - Kies, tonig-siltig
 - Festgesteine
 - Molasse (Sandsteine und Mergel)
 - Kalke (z.T. versackt)
 - Kies, sandig bis leicht siltig
 - Gehängeschutt
 - Moräne (vorwiegend schlecht abgestuft, stark siltiger Kiese- sand mit Steinen und Blöcken)
 - Sackung von Wiedlisbach (Dogger- und Malmpakete, Kies, Sande, Blöcke etc.)
 - Grenze zwischen verschiedenartigen Lockergesteinen und Festgesteinen
 - Grenze zwischen verschiedenen lithostratigraphischen Einheiten

Lithostratigraphische Einheiten

Zeitalter	Einheit	Charakteristika	Stärke
Holozän	Alluvionen	Verlandungsbildungen	a
	Gehängeschutt	Bachschutt (u.a. der Dünner)	v
	Bachschutt (u.a. der Dünner)		bs
Pleistozän	«Würm»	Schotter des jüngeren Wangener Stadiums	q 4 sw II
		Niederterrassenschotter	q 4 s
		Moräne l.a.	q 4 m
Pleistozän	«Würm»-«Riss»	Moräne l.a.	q 3-4 m
		Schotter	q 3-4 s
		Deltaablagerungen der Dünner	q 3-4 bs
Pleistozän	«Riss»	Seebagerungen (levi. interglazial)	q 3-4 i
		Sackung von Wiedlisbach	q 3-4 w
		Hochterrassenschotter	q 3 s
Oligocän-Miocen	«Chattien»-«Aquitani»	Molasse	o3-m1
Malm		vorw. Kalke (Südschenkel der Weissenstein-Antiklinale)	j

Weitere Karten dieses Gebietes:
 Geologie: Richtplan des Grundwasserzuges vom 4.1.1979
 (Mittelwasserstand)
 Oberfläche des Grundwasserleiters
 Mächtigkeit des Grundwasserleiters: 1:25.000
 Kartographische Gestaltung und Technik:
 WEA/Planungsbüro, Mitarbeit: D. Hottel, Rossini
 Satz und Belichtung: Diesel AG, Bern
 Reprographie: P. Gaffuri, Bern
 Druck und Einband: Aerni-Leuch AG, Liebfeld/Bern
 Reproduziert mit Bewilligung der Bundesanwaltschaft
 für Landeskarte von 1.12.1963
 Ausgabe 1984