



Grundwasser im Wasseramt

Unerschöpfliche Reserve?



Inhaltsverzeichnis	Seite
Zusammenfassung	7
1 Einleitung	9
1.1 Aufgabenstellung	9
1.2 Untersuchungsgebiet und -zeitraum	9
1.3 Projektorganisation	10
2 Datenbeschaffung und Grundwassermodell	11
2.1 Grundlagen Geologie und Hydrogeologie	11
2.2 Datenbeschaffung Drainagen und Siedlungsentwässerung	11
2.3 Datensätze hydrometrischer Stationen	12
2.4 Messstellennetz und Messkampagnen	14
2.4.1 Grundwassermessstellen	14
2.4.2 Oberflächengewässer-Messstellen	15
2.4.3 Simultanmesskampagnen	16
2.4.4 Abflussmessungen	16
2.4.5 Messkampagnen zur Erhebung der Grundwasserqualität	16
2.5 Grundwassermodell Wasseramt	17
2.5.1 Simulationsprogramm	17
2.5.2 Aufbau und Diskretisierung	17
2.6 Kalibrierung des Modells	18
2.6.1 Stationäre Kalibrierung	18
2.6.2 Instationäre Kalibrierung	19
2.6.3 Bewertung der Kalibrierung	20
3 Hydrologische Verhältnisse im Untersuchungszeitraum	24
3.1 Generelle hydrologische Charakterisierung der Jahre 2002 bis 2005 und ihre Auswirkung auf die Grundwasserstände im Wasseramt	24
3.2 Niederschlag	24
3.3 Verdunstung	25
3.4 Abflussverhältnisse	26
3.5 Grundwasserstände	27
4 Geologische Verhältnisse	30
4.1 Der Felsuntergrund	30
4.2 Die Lockergesteine	31
4.2.1 Die Eisvorstösse des Rhonegletschers ins Mittelland	31
4.2.2 Der Gletscherrückzug nach dem LGM	31
4.2.3 Lithostratigraphie und räumliche Verbreitung der Lockergesteine	32
5 Das Grundwasservorkommen Wasseramt	36
5.1 Generelle Strömungsverhältnisse	36
5.2 Grundwasser-Steilstufen und Grundwasser-Seen	36
5.3 Charakterisierung des Grundwasserleiters	37
5.3.1 Lithologie	37
5.3.2 Durchlässigkeiten	38

5.4	Grundwassermächtigkeiten	50
5.5	Flurabstand und Deckschichten	50
5.6	Stauer	50
6	Grundwasserneubildung aus Niederschlag	53
6.1	Direkte Grundwasserneubildung	53
6.2	Indirekte Grundwasserneubildung	55
7	Wechselwirkung Fließgewässer – Grundwasser	56
7.1	Das Gewässersystem im Wasseramt	56
7.2	Aare	56
7.3	Emme	57
7.4	Kanäle und Bäche	57
7.5	Gesamtbetrachtung der Infiltration und Exfiltration	58
8	Drainagen und permanente Grundwasserabsenkungen	59
8.1	Landwirtschaftliche Drainagen	59
8.2	Grundwasserableitungen über undichte Kanalisationen	59
8.3	Grundwasserdrainagen bei tief liegenden Bauten	60
9	Trinkwasser- und Brauchwassernutzungen	61
9.1	Wasserversorgungen	61
9.2	Grundwasserentnahmen und Konzessionen	61
9.3	Entnahmen für Wasserhaltungen	63
10	Grundwasserbilanz und Grundwasserdargebot	64
10.1	Instationäre Grundwasserbilanz 2002–2005	64
10.2	Mittlere Grundwasserzu- und -wegflüsse	67
10.3	Mittlere Profildurchflüsse und nutzbares Dargebot	73
11	Grundwasserspiegelschwankungen	76
11.1	Charakteristischer Jahresgang	76
11.2	Periodizitäten	76
11.3	Amplituden der Grundwasserstände	78
11.4	Langjähriger Trend seit ca. den 1980er Jahren	80
11.5	Langzeitdaten im Vergleich	81
11.6	Schlussfolgerungen der Zeitreihenanalysen	84
11.7	Auswirkungen des Emme-Hochwassers von 2005 aufs Grundwasser	86
12	Bewirtschaftungsszenarien	87
12.1	Zuströmbereiche von Trinkwasserfassungen	87
12.2	Mittlere Grundwasserentnahmen gemäss Wasserversorgungskonzept oberer Kantonsteil (WOK)	87
12.3	Dauerentnahme der heute geltenden Konzessionen	89
12.4	Potentielle neue Grundwasserentnahmen im Wasseramt	92
12.4.1	Schutzareal Oberes Wasseramt	92
12.4.2	Heidenmoos	93
12.4.3	Weitere potentielle Entnahmefrühen im Raum Subingen–Deitingen	93
12.5	Auswirkungen einer lang anhaltenden Trockenheit	94

12.6	Abdichten der Kanalisation	99
13	Grundwasserbeschaffenheit	100
13.1	Einflussfaktoren im Untersuchungsgebiet	100
13.2	Untersuchte Parameter	100
13.3	Ergebnisse der Grundwasserbeprobung Herbst 2005	101
13.3.1	Feldparameter	102
13.3.2	Leitparameter	102
13.4	Trendverhalten bei den Leitparametern für die Grundwasserqualität	112
13.4.1	Datengrundlagen	112
13.4.2	Ergebnisse	112
13.5	Zusammenfassende Wertung	115
14	Schlussfolgerungen und Ausblick	116
14.1	Wichtige Erkenntnisse im Überblick	116
14.2	Problemstellungen und Massnahmen	116
14.2.1	Bäche und Kanäle: Wasserbauliche Massnahmen und Regulierungen	116
14.2.2	Emme: Wasserbauliche Massnahmen	117
14.2.3	Sanierungsmassnahmen an Kanalisationsleitungen	117
14.2.4	Tiefenbegrenzung von Bauten	117
14.2.5	Konzessionsvergaben	118
14.2.6	Effektive Grundwasserentnahmen und zusätzliches Nutzungspotenzial	118
14.2.7	Planerischer Grundwasserschutz	118
14.2.8	Quantitative Grundwasserüberwachung	119
14.2.9	Qualitative Grundwasserüberwachung	119
14.3	Ergänzende Überlegungen zum Wasserversorgungskonzept Oberer Kantonsteil	120
15	Literaturverzeichnis	121
16	Anhang	123
Anhang 1	Grundwassermessstellen und Grundwasserstände	
Anhang 2	Abstichpunkte und Wasserstände Fliessgewässer	
Anhang 3	Grundwasserfassungen: Entnahmen und Konzessionen	
Anhang 4	Stauerkoten	
Anhang 5	Grundwasserqualität	
Anhang 6	Geologische Bohrprofile	

Planbeilagen 1:25'000 und hydrogeologisches Profil

Beilage 1	Isohypsen des mittleren Grundwasserspiegels, Isolinien des Grundwasserstauers, hydrologische Messstellen
Beilage 2	Höchstwasserstände und kleinster Flurabstand
Beilage 3	Fliessgewässer: Abflussmessungen, Infiltrationen und Exfiltrationen
Beilage 4	Trinkwasserfassungen und ihre Zuströmbereiche
Beilage 5	Geologische Profile

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Projektorganisation	10
Tabelle 2	Projekt-Identifikationsnummern (ID-Nr.) der Grundwassermessstationen	12
Tabelle 3	Abgeteufte Bohrungen (Lage vgl. Beilage 1 und Anhang 6)	15
Tabelle 4	Anzahl und Art der Grundwassermessstellen	15
Tabelle 5	Umfang der Simultanmessungen	16
Tabelle 6	Abflussmesskampagnen	16
Tabelle 7	Mittlere und maximale Abweichungen der Kalibrierung (2002) und der Validierung (2002-2005)	20
Tabelle 8	Niederschlagsstationen mit Koordinaten, Lagehöhe und Jahresniederschlagssummen	25
Tabelle 9	Abflüsse der Emme und Oesch von 2002–2005	26
Tabelle 10	Maximal-, Minimal- und Mittelwerte der Grundwassermessstationen für 2002 bis 2005	28
Tabelle 11	Die Gesteine der USM im Wasseramt	30
Tabelle 12	Frühere Bezeichnungen quartärer Ablagerungen nach heutiger zeitlicher Zuordnung	32
Tabelle 13	Quartäre Sedimente des Hauptgebiets Wasseramt	33
Tabelle 14	Quartäre Sedimente im Deitinger Wald	33
Tabelle 15	Quartäre Sedimente im Raum Solothurn / Zuchwil West	34
Tabelle 16	Ergebnisse der Flowmeter-Messungen	39
Tabelle 17	Grundwasserabsenkungen bei tief liegenden Bauten	60
Tabelle 18	Entnahmen (bzw. Schüttungen) und Konzessionswassermengen der auf Solothurner Kantonsgebiet liegenden Fassungen: Mittelwerte 2002-2004	63
Tabelle 19	Anteil der Nutzung am Gesamtdargebot nach Teilgebieten aufgeteilt	74
Tabelle 20	Ergebnisse der Trendanalyse Grundwasserpegelmessungen Wasseramt	82
Tabelle 21	Trinkwasserfassungen mit mittleren Fördermengen	87
Tabelle 22	Aussagekraft der ausgewählten Leitparameter	101
Tabelle 23	Statistische Kennwerte der Wasserhärte	104
Tabelle 24	Statistische Kennwerte der Nitratmessungen	107
Tabelle 25	Statistische Kennwerte des Chloridgehaltes	108
Tabelle 26	Statistische Kennwerte für das Herbizid Atrazin	110
Tabelle 27	Statistische Kennwerte für Desethylatrazin (Abbauprodukt v. Atrazin)	110

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Messstationen Hydrometrie	13
Abbildung 2	Gemessene und berechnete Werte für Grundwasserstände und Leakage-Mengen (Juni 2004), stationäre Kalibrierung	19
Abbildung 3	Ganglinien der gemessenen und berechneten Grundwasserstände an ausgewählten Pegeln	22
Abbildung 4	Vergleich der gemessenen und berechneten Grundwasserhöhen während den zwei Simultanmesskampagnen, instationäre Berechnung	22
Abbildung 5	Vergleich der gemessenen und berechneten Leakage-Mengen während den zwei Simultanmesskampagnen (rot: Emme)	23

Abbildung 6	Monatssummen der Niederschläge in Oeschberg-Koppigen von 2002–2005	25
Abbildung 7	Potentielle und aktuelle monatliche Verdunstung in Oeschberg-Koppigen	26
Abbildung 8	Grundwasserganglinien im Zeitraum 1.1. 2002 bis 31.8. 2005	29
Abbildung 9	Geologische Übersicht (1: 75'000)	35
Abbildung 10	Stark überhöhtes und vereinfachtes Nord-Süd-Längenprofil.	37
Abbildung 11	Durchlässigkeiten (k-Werte) des gesättigten Grundwasserleiters in [mm/s]	40
Abbildung 12	Ergebnisse der Flowmeter-Messungen	41
Abbildung 13	Lithologie des Grundwasserstauers	51
Abbildung 14	Zoneneinteilung der Grundwasserneubildung	54
Abbildung 15	Das digitale Höhenmodell macht alte Flussläufe zwischen Aare und Emme sichtbar (Quelle: DTM_av © swisstopo)	56
Abbildung 16	Jährliche Grundwasserentnahmen auf Solothurner Kantonsgebiet	62
Abbildung 17	Instationäre Grundwasserbilanz, monatliche Mittelwerte [l/s]	65
Abbildung 18	Summe der Zu- und Wegflüsse, Speicheränderung; monatliche Mittelwerte [l/s]	66
Abbildung 19	Mittlere Profildurchflüsse sowie Zu- und Wegflüsse für die einzelnen Teilgebiete	68
Abbildung 20	Mittlere Trink- und Brauchwasserentnahmen (2002-2004) und Summe der Entnahmekonzessionen für die einzelnen Teilgebiete	75
Abbildung 21	Charakteristischer Jahresgang repräsentativer Grundwasser-messstationen sowie mittlerer Jahresgang des Emme-Abflusses	77
Abbildung 22	Langzeitliche Periodizität bei den Messstationen Li Gerlafingen und PW XI (Luterbach)	78
Abbildung 23	Gemessene maximale Amplituden in der Periode vom 1.1.2002 bis 31.8.2005	79
Abbildung 24	Trendverhalten der Grundwasserstände beim Limnigraphen Obergerlafingen und beim PW Subingen (Ruhewasserstände)	80
Abbildung 25	Gebiete im Wasseramt mit unterschiedlichen, langjährigen Trends der Grundwasserstände in cm/Jahr	83
Abbildung 26	Langzeitdaten	85
Abbildung 27	Wasserspiegeländerung mit dem Szenario WOK im Vergleich zum heutigen Zustand	88
Abbildung 28	Isochronen für das PW Dörnischlag (10 Tage / 20 Tage / 100 Tage)	89
Abbildung 29	Absenkung bei Dauerentnahme mit den heutigen Konzessionen.	90
Abbildung 30	Hydraulisch günstige Brunnenstandorte: Gebietseinteilung in Abhängigkeit von Flurabstand und Transmissivität	91
Abbildung 31	10d / 20 d Isochronen für das Schutzareal ‚Oberes Wasseramt‘	93
Abbildung 32	10- / 20-Tages-Isochronen im Raum Subingen–Deitingen; in grün die seitliche Begrenzung des Projektperimeters.	94
Abbildung 33	Berechneter Profilzufluss (2003) und synthetischer Profilzufluss für das Szenario ‚Trockenperiode‘	95
Abbildung 34	Ausgewählte Ganglinien für das Szenario ‚Trockenperiode‘	96
Abbildung 35	Variantenstudium zum Infiltrationsverhalten der Bäche	96
Abbildung 36	Ergebnisse des Variantenstudiums für das Jahr 2003	97
Abbildung 37	Auswirkungen des Abdichtens der Kanalisationsleitungen	98
Abbildung 38	Gesamthärten in den untersuchten Messstellen	103
Abbildung 39	Gesamthärten entlang der Hauptströmungsrichtung	104
Abbildung 40	Nitratkonzentrationen in den untersuchten Messstellen	105
Abbildung 41	Nitratkonzentrationen entlang der Hauptströmungsrichtung	106
Abbildung 42	Korrelation Chlorid- und Nitratgehalt	108
Abbildung 43	Chloridkonzentrationen in den untersuchten Messstellen	109
Abbildung 44	Desethylatrazin-Konzentrationen in den untersuchten Messstellen	111

Abbildung 45	Langzeitbeobachtungen von 1970–2005 für die Gesamthärte des Grundwassers	113
Abbildung 46	Langzeitbeobachtungen 1970 bis 2005 für Nitratgehalte im Grundwasser	114
Abbildung 47	Langzeitbeobachtungen 1970–2005 für Chloridgehalte im Grundwasser	115

Zusammenfassung

Um den Schutz und die Bewirtschaftung des Grundwassers besser steuern zu können, beauftragte das Amt für Umwelt des Kantons Solothurn eine Projektgemeinschaft mit einer umfassenden Studie zum Grundwasservorkommen Wasseramt (einschliesslich der Gebiete Solothurn–Zuchwil, Deitingen Wald und der Aare entlang bis nach Wangen a.A.). Mit 20 Mio m³/a Gesamtwasserentnahme stellt das Grundwasservorkommen Wasseramt eines der bedeutendsten des Kantons Solothurn dar. Es umfasst eine Fläche von ca. 50 km² bei einer vertikalen Ausdehnung von bis zu 20 m (lokal sogar bis zu 60 m). Mit einem numerischen Modell wurden die Strömungsverhältnisse erfasst und darauf aufbauend Bewirtschaftungsszenarien entworfen. Der vorliegende Bericht stellt eine Kompilation bestehender Studien und aktueller Messdaten dar. Er fasst die wichtigsten Untersuchungsergebnisse zusammen und gibt den aktuellen Kenntnisstand über die hydrogeologischen Verhältnisse wieder.

Das Grundwassermodell ist ein zweidimensionales Modell mit finiten Elementen. Die Simulationen erfolgten mit dem Computercode SPRING. Dies erlaubte, das Modell mit der Maximum-Likelihood-Methode (bzw. den Zu- und Wegflüssen) an Hand von Messungen der Grundwasserstände automatisch zu kalibrieren. Um die markanten Schwankungen der Grundwasserstände in der Untersuchungsperiode 2002–2005 erfassen zu können, wurde mit stationären Zuständen gerechnet.

Die Talebene des Wasseramts besteht aus fluvialen und glazialen Lockergesteinen über einem vor allem glazial ausgeräumten Molasserelief. Die Bestimmung des lithologischen Schichtaufbaus und der Stauerkoten basiert auf der Auswertung von ca. 300 Bohrprofilen. Je nach Gebiet bilden Molasse, feinkörnige randglaziäre Stillwasserablagerungen oder Moräne den Grundwasserstauer (385–415 m ü. M.). Das Grundwasser zirkuliert hauptsächlich in den nacheiszeitlich geschütteten Emmeschottern, die eine grosse Durchlässigkeit (mit vertikaler Variabilität) aufweisen. Im Deitingen Wald fliesst das Grundwasser in den Älteren Seelandshottern. Im Raum Solothurn liegen zwei Grundwasserstockwerke übereinander.

Die Mächtigkeit des wassergesättigten Grundwasserleiters variiert stark – über weite Bereiche zwischen zwei und zwanzig Metern. Auffallend sind die abrupten Änderungen des Grundwasserspiegelgradienten: Gebiete mit >1% wechseln mit solchen mit sehr flachem Gradienten. Der Verlauf mutet wie eine Abfolge von Steilstufen und Seen an. Die Hauptströmungsrichtung ist bis zur Aare Süd–Nord (Fortsetzung des Grundwasservorkommens

Unteres Emmental). Im Wasseramt herrscht ein mittelländisch-pluviales Regime vor. Dieses zeichnet sich durch einen Anstieg der Grundwasserstände im Winterhalbjahr und einen Rückgang im Sommerhalbjahr aus. Die Flurabstände sind sehr variabel, gebietsweise aber gering, was besonders bei der Planung von Bauten zu berücksichtigen ist.

Der grösste Teil des Grundwassers strömt von aussen ins Wasseramt ein, mit 1'500–1'850 l/s vor allem aus dem Unteren Emmental. Die Grundwasserneubildung durch direkt versickerndes Niederschlagswasser beträgt im Mittel nur etwa einen Drittel davon. Aus den Oberflächengewässern stammen weitere 900–1'500 l/s. Von zentraler Bedeutung ist die Wechselwirkung zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser. Gegenüber anderen Grundwasservorkommen in der Schweiz, bei denen sich diese Wechselwirkung auf ein oder wenige Fliessgewässer beschränkt, stehen im Wasseramt nebst der Emme und der Aare eine Vielzahl von Bächen und Kanälen mit dem Grundwasser in Verbindung. Etwa 30% der Zuflüsse stammen aus Gewässerinfiltrationen, die Exfiltrationen machen rund 70% der Wegflüsse aus. Die Exfiltrationen haben zur Folge, dass im südlichen Kantonsteil die Ergiebigkeit des Grundwasservorkommens ab dem Zufluss aus dem Unteren Emmental von durchschnittlich 1'700 l/s bis auf Höhe der Steilstufe südlich von Derendingen–Subingen auf

100 l/s zusammenfällt. Dies ist aus wasserwirtschaftlicher Sicht die wichtigste Erkenntnis dieser Studie. Nördlich davon baut es sich dank Überschüssen aus Infiltrationen und Niederschlagsversickerung wieder auf. Die Erfahrungen aus dem Trockenjahr 2003 zeigen, dass ein übermässiger Rückgang des Grundwasserspiegels verhindert werden kann, so lange die Kanäle und Bäche noch Wasser führen. Die Möglichkeit, diese Wasserläufe mit Emme- und Oeschwasser alimentieren zu können, stellt somit bezüglich des Grundwasserschwankungsverhaltens den zentralen und limitierenden Faktor dar.

Regional betrachtet entspricht die chemische Grundwasserbeschaffenheit grundsätzlich den Anforderungen, die für Trinkwasser gelten. Das Grundwasser weist einen hohen Sauerstoffgehalt auf und ist als ziemlich hart bis hart zu bezeichnen. Der Toleranzwert für Nitrat an Trinkwasser (40 mg) wird bei allen untersuchten Messstellen unterschritten.

Die Nutzung des Grundwassers erfolgt als Trinkwasser (auf Solothurner Kantonsgebiet neun öffentliche Trinkwasserfassungen mit 7.8 Mio. m³/a), Brauchwasser und Notwasser. Es wird dabei aber nur etwa ein Drittel der erteilten Konzessionsmenge von 67 Mio m³ ausgeschöpft. Wegen der komplexen Zu- und Wegflussverhältnisse muss die weitere Bewirtschaftung dieses Vorkommens sehr sorgfältig erfolgen. Die Vergabe von Konzessionen zur Grundwassernutzung muss sich auf das vorhandene Grundwasserdargebot abstützen. Es sind nicht nur die standortbezogenen Brunnenergiebigkeiten, sondern auch die langfristige Auswirkung einer Entnahme auf das regionale Umfeld zu berücksichtigen. Im Teilgebiet Luterbach-Wangen a.A. ist ein schrittweises Zurückstufen der konzessionierten Grundwassermengen angebracht. Im oberen Wasseramt sind weitere Nutzungen vertretbar. Ein Beispiel dafür wäre die Erschliessung des Grundwasserareals „Oberes Wasseramt“. Nördlich der Steilstufe bei Derendingen wird das Grundwasservorkommen bereits heute intensiv genutzt. Allfällige neue Grundwasserfassungen sind deshalb als Ersatz und nicht als Aufstockung der bestehenden Nutzungen zu betrachten.

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Das Wasseramt stellt eines der bedeutendsten Grundwasservorkommen des Kantons Solothurn dar. Es umfasst die nördliche bzw. stromabwärts gelegene Fortsetzung des Grundwasserstroms „Unteres Emmental“ (Kanton Bern), d. h. das Gebiet zwischen Kantonsgrenze und Aare, sowie das aus dem Raum Solothurn-Zuchwil aus Westen zufließende Grundwasser. Als Trinkwasserressource kommt dem Vorkommen eine grosse Bedeutung zu: Auf Solothurner Kantonsgebiet förderten bis März 2005 zehn, seit der Ausserbetriebnahme des PW Rüttfeld in Zuchwil neun öffentliche Trinkwasserfassungen 7.8 Mio. m³ Grundwasser pro Jahr. Inclusive Brauchwassernutzungen und Schüttungen von Grundwasseraufstössen, die teilweise ebenfalls zu Trinkwasserzwecken genutzt werden, belaufen sich die Gesamtentnahmen auf 20 Mio m³. Bei einem durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauch von 370 Litern pro Einwohner und Tag (inkl. Industrie und Gewerbe) entspricht diese Entnahmemenge dem Bedarf von rund der Hälfte der Bevölkerung des Kantons Solothurn.

Zahlreiche Einzeluntersuchungen lieferten zwar wertvolle Informationen über die Grundwasserverhältnisse, eine umfassende und moderne Zusammenstellung des Fliessgeschehens, der Grundwasserbeschaffenheit und der Grundwasserbilanzen fehlte aber bislang. Um den Schutz und die Bewirtschaftung des Grundwasservorkommens Wasseramt besser steuern zu können, initiierte deshalb der Kanton Solothurn, vertreten durch das Amt für Umwelt, eine umfassende hydrogeologische Untersuchung.

Im vorliegenden Bericht sind die Ergebnisse dieser Studie zusammengestellt. Ein zentraler Bestandteil der Untersuchungen bestand in der Erfassung und Wiedergabe der Strömungsverhältnisse mit einem numerischen Grundwassermodell. Im Bericht sind die daraus gewonnenen Erkenntnisse präsentiert. Das nun bereitstehende Grundwassermodell soll auch in Zukunft als Werkzeug für die Bearbeitung grundwasserrelevanter Fragestellungen verwendet werden können.

1.2 Untersuchungsgebiet und -zeitraum

Die Begrenzung des untersuchten Grundwasservorkommens geht aus den Planbeilagen und den Kartenabbildungen hervor. Die südliche Begrenzung liegt auf Berner Kantonsgebiet, d. h. im Unteren Emmental. Dadurch ist sichergestellt, dass die Strömungsverhältnisse im Bereich der Kantonsgrenze vollständig erfasst sind. Die westliche Begrenzung folgt dem Verlauf der Emme bis in den Raum Derendingen. Anschliessend ist der Perimeter nach Westen ausgeweitet: Er erfasst auch das Grundwassergebiet Solothurn – Zuchwil. Im Osten verläuft der Rand des Grundwasservorkommens entlang der Hangfusslinie bis Subingen. Weiter stromabwärts buchtet die Begrenzung in den Bereich Deitingen Wald nach Osten aus. Die Aare, bzw. der linksufrig anliegende Nahbereich des Flusses, bildet den nördlichen Gebietsrand. Auch hier ist durch die Ausdehnung bis nach Wangen a.A. die Erfassung der Strömungsverhältnisse im Bereich der Kantonsgrenze sichergestellt. Insgesamt umfasst das Grundwassergebiet eine Fläche von ca. 50 km².

Der Aufbau und die Erweiterung des Messstellennetzes sowie die Ausführung der Messkampagnen fanden mehrheitlich in den Jahren 2004 und 2005 statt. Das instationäre Grundwassermodell deckt den Zeitraum 1.1.2002 bis 31.8.2005 ab.

1.3 Projektorganisation

Die Federführung des Projektes hatte das Amt für Umwelt (AfU). Die amtsinterne Projektleitung oblag Herrn Martin Würsten, Leiter der Abteilung Wasser und, als dessen Stellvertreter, Herrn Martin Brehmer, Leiter der Abteilung Boden. Für die operativen Belange war Herr Daniele Biaggi (Geotechnisches Institut AG) als externer Projektleiter zuständig. Die in mehrere Fachbereiche gegliederte Bearbeitung wurde auf sechs Büros aufgeteilt (Tabelle 1).

Aufgabe, Funktion	Stelle, Bearbeiterbüro	Personen
Amtsinterne Projektleitung	Amt für Umwelt, AfU, Solothurn	M. Würsten (PL) M. Brehmer (PL Stv)
Externe Projektleitung	Geotechnisches Institut AG, Bern	D. Biaggi (ePL) Ch. Strasser, J. Mayoraz, L. Guldenfels, Ch. Gnägi
Grundwassermodellierung	TK Consult AG, Zürich	J. Trösch, I. Röser
Geologie, Hydrogeologie	Geotest AG, Zollikofen	M. Soom, N. Chollet
Grundwassermessungen	Wanner AG, Solothurn	M. Schneeberger, R. Wanner P. Ouwehand
Interaktion Grundwasser - Oberflächengewässer	Arbeitsgemeinschaft Werner + Partner AG, Burgdorf spi Planer und Ingenieure AG, Dendingen	P. Biedermann A. Roesti
Grundwasserqualität	R+R Burger und Partner, Baden	A. Olschewski
Vermessung	Emch+Berger AG, Solothurn	F. Müller

Tabelle 1 Projektorganisation

2 Datenbeschaffung und Grundwassermodell

2.1 Grundlagen Geologie und Hydrogeologie

Angaben über die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse aus anderen Untersuchungen wurden für die Arbeiten miteinbezogen, insbesondere die Informationen aus den Datenbanken der Kantone Solothurn und Bern. Die wichtigsten Datenquellen sind:

Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG)

- Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Atlasblatt 72, Solothurn inkl. Erläuterungen (1977, 1978).
- Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Atlasblatt 109, Büren a.A. (2004).

Schweizerische Geotechnische Kommission (SGK)

- Baugrundkarte der Region Solothurn 1 : 20'000 (2000).
- Baugrundkarte der Stadt Solothurn und Umgebung 1 : 10'000 (2000).

Amt für Umwelt, Kanton Solothurn (AfU)

- Umweltdaten: Zusammenstellung von umweltrelevanten Daten (erscheint jährlich)
- Amt für Wasserwirtschaft, Kanton Solothurn: Die Grundwasserverhältnisse im Solothurnischen Wasseramt (1976). Bearbeitung: H. Jäckli AG.

Wasserwirtschaftsamt, Kanton Bern (WWA)

- Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Berns – Hydrogeologie Emmental, Teil III: Unteres Emmental. Herausgeber: Wasser- und Energie-wirtschaftsamt des Kantons Bern (1981).
- Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Berns – Hydrogeologie Emmental, Teil IV: Modellstudie zur Bestimmung des Grundwasserdargebotes im Testgebiet Emmental – Emmental. Herausgeber: Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (1983).

Auszüge aus Datenbanken:

- SO!GIS: WA_GASO (Messstellen-Datenbank, Stand am 5.3.2003)
- SO!GIS: BOHR_WA (geologische Datenbank, Stand am 5.3.2003)
- AfU: GW-Nutzung (Grundwassernutzungen Kanton Solothurn, 2002-2004)
- WWA: WAWIKO (Grundwassernutzungen Kanton Bern, 2002-2004)

2.2 Datenbeschaffung Drainagen und Siedlungsentwässerung

Bereits in der Planungsphase der hydrogeologischen Untersuchungen zeichnete sich die Notwendigkeit ab, einige Themenbereiche separat zu behandeln:

- landwirtschaftliche Drainagen
- Grundwasserwegflüsse durch drainierende Abwasserleitungen (Siedlungsentwässerung)
- Grundwasserzutritte in undichte Abwasserleitungen
- Grundwasserdrainagen bei Verkehrswegebauten
- Grundwasserentnahmen bei Unterführungen und anderen tief ins Grundwasser reichenden Einzelbauwerken

Die Prozedur der Datenbeschaffung und die gewonnenen Erkenntnisse sind in folgendem Bericht dargelegt und soweit bilanzwirksam im Grundwassermodell mit berücksichtigt:

Hydrogeologie Wasseramt - Separater Bericht zu: Landwirtschaftliche Drainagen, Interaktion Grundwasser-Siedlungsentwässerung, Grundwasserdrainagen bei Verkehrswegen, Grundwasserdrainagen Einzelobjekte [6]

2.3 Datensätze hydrometrischer Stationen

Die Dichte an hydrometrischen Messstationen mit kontinuierlicher Datenerfassung ist im Wasseramt hoch (Abbildung 1). Aus dem Projektperimeter und der unmittelbaren Umgebung stehen die Zeitreihen von 4 Niederschlags-, 6 Oberflächengewässer- und 22 Grundwassermessstationen zur Verfügung. Je nach Betreiberin der Station sind die Daten bei Meteo-schweiz, beim Bundesamt für Umwelt, beim AfU des Kantons Solothurn, bei der entsprechenden Wasserversorgung oder beim Wasserwirtschaftsamt des Kantons Bern verfügbar. Drei Grundwassermessstationen sind temporär für diese Untersuchungen eingerichtet worden. Zwecks Vereinfachung von Darstellungen und textlichen Erläuterungen – besonders für die die Modellierung betreffenden Kapitel – wurden den Grundwassermessstationen Projekt-Identifikationsnummern (ID-Nr.) zugeordnet (Tabelle 2).

ID-Nr.	Ort	Bezeichnung	Koordinaten		Datenquelle
400	Bätterkinden	G152	606'525	220'440	WWA (Kt. BE)
402	Wiler b. U.	G153	608'945	221'215	WWA (Kt. BE)
403	Willadingen	G208	612'845	221'405	WWA (Kt. BE)
404	Utzenstorf	G131	610'490	221'440	WWA (Kt. BE)
407	Obergerlafingen	PW Tannwald	611'260	222'405	AfU
410	Recherswil	Li Fassung RKO	611'483	222'617	AfU
411	Recherswil	PW Erlenmoos	612'640	222'830	AfU
414	Gerlafingen	Li Gerlafingen	609'942	223'623	AfU
415	Recherswil	Li Stöckleten	611'930	223'955	AfU
416	Obergerlafingen	Li Obergerlafingen	610'949	224'014	AfU
417	Kriegstetten	PW Biberist	611'378	224'828	AfU
419	Derendingen	GF Grütt alt (1913)	610'450	225'500	AfU
420	Kriegstetten	Li Eichholz	611'850	225'655	AfU
421	Subingen	PW Subingen	613'125	226'860	AfU
422	Derendingen	Mitteldorf	611'440	227'220	AfU
424	Zuchwil	PW Rüttifeld	609'920	228'180	AfU
425	Subingen	Li Waldhaus	615'225	228'205	AfU
426	Luterbach	PW Ruchacker	611'432	228'410	AfU
427	Subingen	Li Pfaffenweiher	615'640	228'760	AfU
428	Luterbach	PW XI	610'780	229'655	AfU
429	Deitingen	Luterbachstrasse	613'509	229'678	AfU
430	Luterbach	Li Wylihofstrasse	611'443	229'752	AfU
431	Koppigen	P3	612'168	221'603	WV
432	Luterbach	PW Dörnischlag	612'097	230'212	BAFU (Naquatrend)
302	Deitingen	KB 04/3 (temporär)	614'830	230'372	Projekt-Li
317	Solothurn	RB 05/4 (temporär)	608'168	228'862	Projekt-Li
321	Subingen	RB 05/1 (temporär)	612'884	227'978	Projekt-Li

Tabelle 2 Projekt-Identifikationsnummern (ID-Nr.) der Grundwassermessstationen

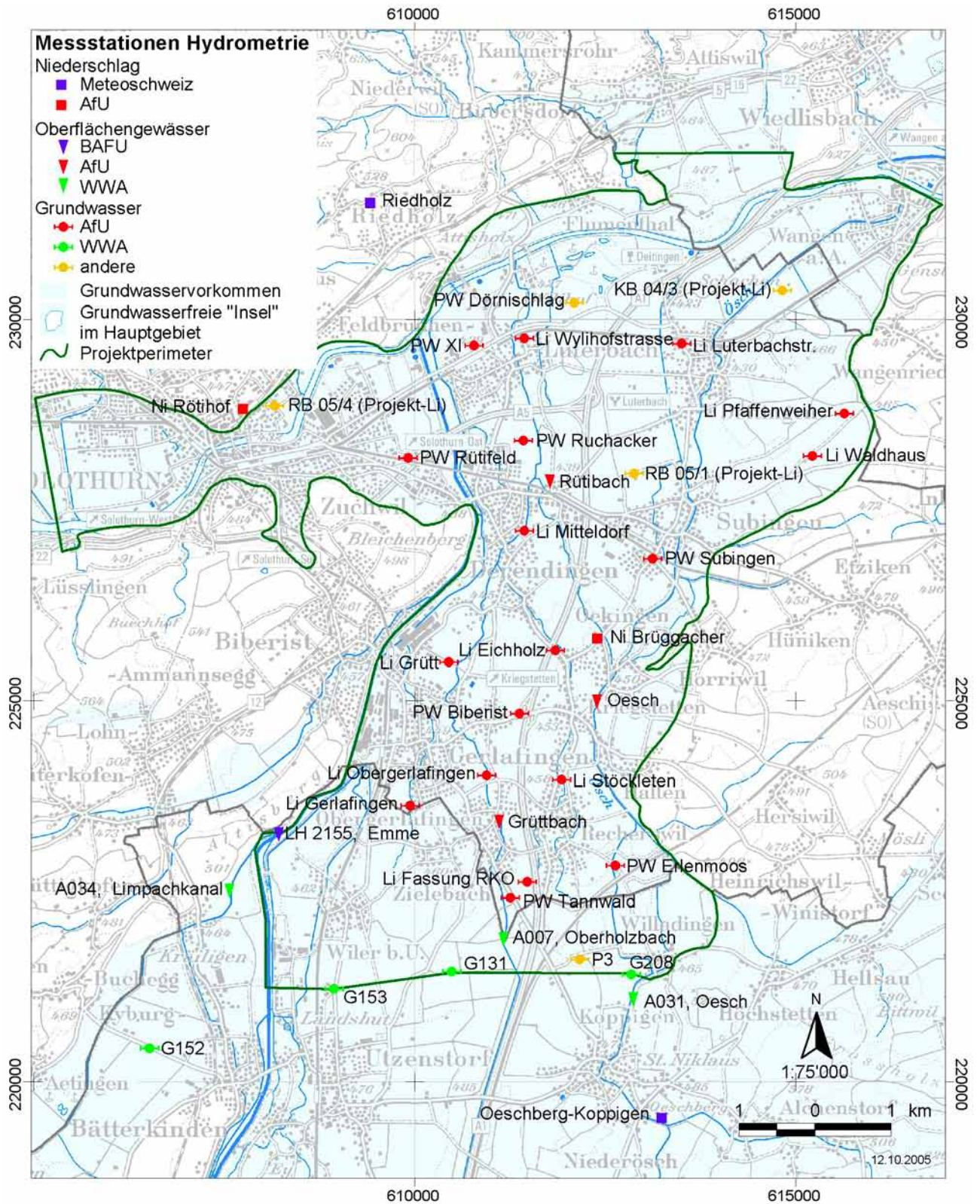


Abbildung 1 Messstationen Hydrometrie

2.4 Messstellennetz und Messkampagnen

2.4.1 Grundwassermessstellen

Die Erfassung einer möglichst optimalen räumlichen Verteilung der Grund- und Oberflächenwasserstände zu bestimmten Zeitpunkten erfolgte im Rahmen von Simultanmesskampagnen. Zu diesem Zweck galt es, ein funktionstüchtiges Messstellennetz bereitzustellen.

Die Konzeption des Grundwassermessstellen-Netzes erfolgte nach folgenden Grundsätzen:

- für Simultanmesskampagnen sind in erster Linie bestehende Messstellen zu verwenden
- entsprechende Tagesmittelwerte bestehender Grundwassermessstationen werden in die Datensätze der Simultanmesskampagnen integriert
- pro Quadratkilometer sollen möglichst zwei bis drei Messstellen zur Verfügung stehen
- in Gebieten, in denen keine Messstellen vorhanden bzw. reaktivierbar sind, werden neue Messstellen errichtet, und zwar:
 - verfilterte Bohrungen, wenn nebst den Grundwasserkoten auch Angaben über Schichtaufbau, Stauerkote und Durchlässigkeitsverhältnisse gewonnen werden sollen
 - Rammpezometer, wenn nur die Grundwasserkoten zu ermitteln sind
- für die Optimierung von Bohrstandorten sind fallweise geoelektrische Tiefensondierungen durchzuführen
- vermessen werden alle neuen Messstellen und bestehende mit zweifelhaften Höhenangaben.

Aufgrund der Bohrdatenbanken der Kantone Solothurn und Bern konnten im Winterhalbjahr 2003/04 zusätzlich zu den bestehenden Grundwassermessstationen (Limnigraphen) ca. 170 Messstellen reaktiviert werden. Zur Ergänzung dieses bestehenden Messstellennetzes wurden zehn verfilterte Bohrungen und elf Rammpezometer abgeteuft (siehe Bohrprofile im Anhang) und zwanzig geoelektrische Tiefensondierungen durchgeführt. Die geoelektrischen Sondierungen erfolgten entlang von drei Profilen:

- Oekingens / Subingens, Profilverlauf NW-SO, Länge 1'000 m, 7 Tiefensondierungen (2004)
- Deitingens, Profil WNW-ESE, Länge 1'200 m, 8 Tiefensondierungen (2004)
- Luterbachs, Profil W-E, Länge 600 m, 6 Tiefensondierungen (2005).

Die fünf ersten Rotationskernbohrungen wurden im Frühjahr 2004 in den Gemeinden Zuchwil, Luterbach, Deitingen, Derendingen und Oekingens abgeteuft. Die Zwischenauswertung der ersten Simultanmesskampagne vom Juni 2004 zeigte, dass gebietsweise noch Unklarheiten über die Strömungsverhältnisse vorlagen. Im Frühjahr 2005 wurden deshalb fünf zusätzliche Rotationskernbohrungen in den Gemeinden Subingen (zwei Bohrungen), Derendingen, Solothurn und Luterbach abgeteuft (Tabelle 3). Die Bohrungen dienten der Ermittlung des Grundwasserstands, der Mächtigkeit des Grundwasserleiters bzw. Tiefenlage des Stauers, der Lithologie der angetroffenen Schichten und des Durchlässigkeitsbeiwertes. Des Weiteren wurden im Jahr 2004 sechs und im Jahr 2005 fünf Piezometer mit Durchmessern von $\frac{3}{4}$ " und 1" gerammt. Solche Rammpezometer wurden an Standorten versetzt, an denen keine Messstellen zur Bestimmung des Grundwasserspiegels existierten, die geologischen Verhältnisse aber aufgrund ehemaliger Bohrungen bekannt waren. Das gesamte Messstellennetz ist aus Beilage 1 ersichtlich und in Tabelle 4 zusammengefasst.

Die Ausstattung von drei neuen Messstellen mit Dataloggern erfolgte für die kontinuierliche Messung der Grundwasserstände. An einigen Standorten galt es ausserdem, Kenntnislücken bezüglich der Durchlässigkeitsverhältnisse zu schliessen. Kleinpumpversuche in Kombination mit Flowmeter-Messungen erlaubten an 7 Messstellen die Erfassung der vertikalen Verteilung der Durchlässigkeit K im Grundwasserleiter (Kap. 5.3.2).

ID-Nr.	GASO-Nr.	Feldbezeichnung	Ortschaft
300	610'228'024	KB 04/1	Zuchwil
301	611'229'010	KB 04/2	Luterbach
302	614'230'005	KB 04/3	Deitingen
303	611'226'013	KB 04/4	Derendingen
304	612'226'006	KB 04/5	Oekingen
314	611'226'014	Rb 05/3	Derendingen
315	612'226'007	Rb 05/2	Subingen
317	608'228'103	Rb 05/4	Solothurn
321	612'227'012	Rb 05/1	Subingen
322	611'228'010	Rb 05/5	Luterbach

Tabelle 3 Abgeteufte Bohrungen (Lage vgl. Beilage 1 und Anhang 6)

Messstelle	Bestehend	Neu erstellt	Total
Bohrung mit Piezometer (ohne Messstationen)	101	10 (davon 3 mit Projekt-Limnigraph ausgerüstet)	111
Grundwasserfassung allgemein	8	-	8
Sodbrunnen	3	-	3
Schacht	6	-	6
Ramppiezometer	40	11	51
Grundwasserwärmepumpe	8	-	8
Quelle gefasst	1	-	1
Grundwassermessstation	24	3 temporär	27

Tabelle 4 Anzahl und Art der Grundwassermessstellen

2.4.2 Oberflächengewässer-Messstellen

Im Untersuchungsgebiet bzw. in unmittelbarer Umgebung befinden sich sechs Abfluss-Messstationen mit kontinuierlicher Datenerfassung (vgl. Abbildung 1). Die Untersuchungen zur Interaktion zwischen Fliessgewässern und Grundwasser erforderten den Aufbau eines umfangreichen Netzes mit zwei Messstellentypen:

a) Wasserstandsabstichpunkte

Bei Abstichpunkten werden der Wasserstand und die Kote der Gewässersohle ermittelt. Zusammen mit den simultan durchgeführten Grundwasserstandsmessungen lassen sich In- und Exfiltrationsstrecken (Kap. 7) ausscheiden. Das Netz der Abstichpunkte umfasste für die erste Simultanmesskampagne 84 und für die zweite Kampagne 76 Messstellen.

b) Abflussmessstellen

An ausgewählten, messtechnisch geeigneten Querprofilen wurde bei 86 Messstellen der Abfluss gemessen. Sie wurden an repräsentativen Gewässerstrecken, die von weiteren oberflächlichen Zuflüssen oder Ableitungen unbeeinflusst sind, an der oberen und unteren Streckengrenze eingerichtet. Im Hinblick auf die Interaktion zwischen Fliessgewässern und Grundwasser ist vor allem die Abflussdifferenz von Interesse (*Abflussdifferenzmessung*). Die Differenz spiegelt die Infiltrations- bzw. Exfiltrationsmenge des entsprechenden Gewässerabschnitts wider, die im Folgenden als Leakage-Mengen bezeichnet werden.

2.4.3 Simultanmesskampagnen

Die Erhebung der Grundwasser- und Oberflächengewässerstände erfolgte im Rahmen von zwei Simultanmesskampagnen. Aufgrund der hohen Anzahl an Messstellen erstreckten sich die Kampagnen über zwei bis drei Tage, wobei die Mehrzahl der Messungen an dem in Tabelle 5 angegebenen Stichtag stattfanden. Die erste Kampagne konnte plangemäss bei Mittelwasserständen durchgeführt werden. Für die zweite erhoffte man sich Hochwasserstände. Da aber im Winterhalbjahr 2004/2005 keine lang anhaltenden, ergiebigen Niederschläge fielen, verharrten die Grundwasserstände mehr oder weniger auf mittlerem Niveau. Die letztlich auf Ende August 2005 terminierte zweite Simultanmesskampagne erwies sich dann aber als äusserst aufschlussreich, da sie wenige Tage nach dem aussergewöhnlichen Hochwasserereignis vom 22.8. stattfand, bei dem die Emme streckenweise über die Ufer trat und anliegende Gebiete überschwemmte.

Stichtag	Datum Messkampagne	Anzahl gemessener Grundwasserstände	Anzahl gemessener Oberflächengewässerstände
9.6. 2004	8.–10.6. 2004	186	84
30.8. 2005	30.–31.8. 2005	199	76

Tabelle 5 Umfang der Simultanmessungen

2.4.4 Abflussmessungen

Die Abfluss- bzw. Differenzmessungen zur Bestimmung der Leakage-Mengen mussten aufgrund der hohen Anzahl an Messstellen über längere Zeiträume verteilt werden (Tabelle 6). Da die Daten letztlich dem Aufbau des instationären Modells dienten, war eine direkte Kopplung an die Simultanmesskampagnen nicht erforderlich. Als Messinstrumente kamen hauptsächlich der hydrometrische Flügel, untergeordnet auch der Tauchstab zum Einsatz. Die Ergebnisse der Einzelmessungen sind in Beilage 3 aufgeführt.

Datum	Abflussmessungen Emme	Datum	Abflussmessungen an den übrigen Fließgewässern
16. 8.2004	7	15.6. – 30.7.2004	49
18.10.2004	2		
28.10.2005	7	29.6. – 15.9.2005	56

Tabelle 6 Abflussmesskampagnen

2.4.5 Messkampagnen zur Erhebung der Grundwasserqualität

Messstationen des Kantons Solothurn und des Bundes

Die Grundwasserqualität im Kanton Solothurn und auch im Untersuchungsgebiet Wasseramt wurde in der Vergangenheit primär im Rahmen von Routineuntersuchungen der Wasserversorgungen untersucht. Der Fokus solcher Untersuchungen lag vor allem auf wasserhygienischen Aspekten (Mikrobiologie). Dabei variierten Zeitpunkt, Periodizität, Analyseumfang und verwendete Methoden von Probe zu Probe und von Fassung zu Fassung stark. Aus diesen Gründen sind die bisherigen Messwerte aus den verschiedenen Erhebungen untereinander nur bedingt vergleichbar.

In den vergangenen Jahren wurden im Rahmen der gesetzlich verlangten Umweltbeobachtung durch Kanton und Bund regelmässige Erhebungen zur Grundwasserbeschaffenheit und -qualität durchgeführt ([9], [5]). Im Fokus dieser Untersuchungen stand die flächendeckende Erhebung von Belastungen aus der Landwirtschaft (v. a. Nitrat und Pflanzenschutzmittel),

aus der Industrie sowie von weiteren chemischen Belastungen (u. a. Treibstoffrückstände und -zusätze, Rückstände von Pharmazeutika, Hilfsstoffe aus der Industrie). Aufgrund der Ergebnisse dieser Erhebungen können keine grösseren Belastungen durch solche Stoffe im Grundwasser des Kantons Solothurn nachgewiesen werden. Aus kleinräumigen Erhebungen ist allerdings bekannt, dass durchaus Belastungen des Grundwassers durch Stoffe aus der Landwirtschaft (v. a. Nitrat, Chlorid) und Industrie (chlorierte Kohlenwasserstoffe) bestehen.

Im Untersuchungsgebiet Wasseramt befinden sich folgende kantonale Messstationen, bei denen die Gewässerqualität regelmässig erhoben wird:

- Oberflächengewässer:
 - Aare, Solothurn
 - Emme, Derendingen
 - Emme-Kanal, Luterbach
- Grundwasser:
 - PW Lerchenfeld, Gerlafingen
 - PW Dörnischlag, Luterbach

Die beiden Grundwassermessstationen sind auch im NAQUA-Programm des Bundes integriert.

Messstellen für die Beprobungskampagne vom September 2005

Im Rahmen der Studie Hydrogeologie Wasseramt galt es mit verlässlichen und aussagekräftigen Analysen eine repräsentative Erfassung der aktuellen Grundwasserqualität zu erreichen. Insgesamt wurden 24 Messstellen für die Beprobung bestimmt; davon waren

- 9 mit Piezometern versetzte Bohrungen
- 10 Grundwasserfassungen von öffentlichem Interesse
- 5 weitere Grundwasserfassungen.

In ihrer räumlichen Verteilung decken die 24 Messstellen praktisch das gesamte Untersuchungsgebiet ab. Die Probenahmen fanden zwischen dem 6. und 8. September 2005 statt.

2.5 Grundwassermodell Wasseramt

2.5.1 Simulationsprogramm

Die hydraulischen Simulationen erfolgten mit dem Computercode SPRING [10]. Das Programm löst die stationäre und instationäre 2d/3d-Grundwassergleichung nach der „Methode der Finiten Elemente“. Darüber hinaus ermöglichte das Programm die automatische Kalibrierung des Grundwassermodells anhand von Messungen der Grundwasserstände und/oder der Zu-/Wegflüsse mit der Maximum-Likelihood-Methode.

2.5.2 Aufbau und Diskretisierung

Das Grundwassermodell ist ein zweidimensionales Modell mit finiten Elementen. Die Vereinfachung des dreidimensionalen Grundwasserleiters in ein zweidimensionales Modell war möglich, da die vertikale Ausdehnung des Grundwasserleiters viel kleiner ist als die horizontale. Das Modellgebiet umfasste ca. 50 km² bei einer maximalen vertikalen Ausdehnung von 60 m. Das Modell wurde in Dreiecke und Vierecke mit variablen Kantenlängen unterteilt, die von 1 m (feine Diskretisierung um die Brunnen) bis zu 120 m reichen. Es ergab sich ein Netz mit 13'000 Knoten und 16'000 Elementen.

Die Ausdehnung des zu modellierenden Gebietes ergibt sich aus der Topographie unter Berücksichtigung der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten. Im Süden, wo das Grundwasser des Unteren Emmentals ins Wasseramt strömt, wird das Modell von Willadin-

gen bis Wiler bei Utzenstorf von einem Festpotentialrand begrenzt. Dieses Festpotential liegt auf einer Linie von drei Grundwassermessstationen mit Datensätzen, die den gesamten Untersuchungszeitraum abdecken. Das Modell erstreckt sich über 10 km in Nord-Süd-Richtung bis Solothurn / Feldbrunnen / Flumenthal, wo es von Rändern mit einer Zuflussrandbedingung begrenzt wird. Bis Derendingen stellt die Emme den westlichen Rand dar. Sie wird mit Hilfe einer Leakage-Randbedingung modelliert, d. h. sowohl Wasserstand als auch die Durchlässigkeit des Flussbetts gehen in die Rechnung ein. Im Südosten begrenzen der Chrebsbach und die Oesch das Modell. Im Osten wird die relativ ebene Topographie steiler. Das Hangwasser fließt in den Grundwasserleiter. Somit wird das Modell durch undurchlässige Ränder mit Zuflussrandbedingung begrenzt. Die Ausdehnung in ost-westlicher Richtung beträgt im Süden 4 km, im Norden 10 km.

Das Grundwassermodell kann sowohl stationäre als auch instationäre Zustände berechnen. Da die Grundwasserstände markanten Schwankungen unterworfen sind, ist es sinnvoll, instationär zu rechnen. Die Untersuchungsperiode Januar 2002 bis August 2005 beinhaltete sowohl Höchst- als auch Niederwasserstände. Somit konnten in der instationären Rechnung über den Untersuchungszeitraum Hoch-, Nieder- und Mittelwasserstände (Nov. 2002, Sept. 2003, Mai 2002) berechnet werden. Zur Berechnung des Grundwasserspiegels muss ebenfalls die Mächtigkeit des Grundwassers bekannt sein. Im Falle des ungespannten Grundwasserleiters berechnet sich diese aus der Differenz von Grundwasserpotential und Stauerkote. Die Stauerkote, die den Übergang vom Aquifer zu undurchlässigem Material darstellt, wurde aus Bohrlochdaten interpoliert. Die hydraulische Durchlässigkeit des Aquifers und der Speicherkoeffizient gingen zunächst nur als Vorkenntnisse ins Modell ein und wurden dann über die Kalibrierung (Kapitel 2.6) bestimmt. Die Grundwasserneubildung wurde flächenhaft eingegeben (Kapitel 6.1).

Im Wasseramt ist die Interaktion zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern ein wichtiger Faktor. Die zahlreich vorkommenden Flüsse und Bäche wurden im Modell mithilfe einer Leakage-Beziehung einbezogen. Jedes Gewässer bekam ein Vorflutpotential und einen Leakage-Faktor zugewiesen. Dieser ist von den Sohleneigenschaften der Gewässer abhängig. Je nach Durchlässigkeit der Sohle und Grundwasserstand können Gerinne sowohl Grundwasser aufnehmen als auch abgeben.

2.6 Kalibrierung des Modells

Die Kalibrierung des Modells erfolgte in zwei Schritten. Zuerst wurde das Modell stationär für den Zustand der ersten Simultanmesskampagne (Juni 2004) kalibriert. Dies war nötig, da in gewissen Bereichen keine Ganglinien für die instationäre Kalibrierung vorlagen. Mit den Ergebnissen wurde anschliessend das Jahr 2002 instationär kalibriert. Die Modellkalibrierung ist im Programm SPRING automatisiert. Ausgehend von Startwerten wurden die k-Werte mithilfe der Maximum-Likelihood-Methode so angepasst, dass die berechneten Wasserstände und Leakage-Mengen so gut wie möglich mit den gemessenen übereinstimmten. Anschliessend wurde mit der Modellvalidierung die Zeitspanne von 2003–2005 simuliert. Durch Vergleich der berechneten Ergebnisse mit unabhängigen Daten, die vorher nicht für die Kalibrierung verwendet wurden, konnte die Eignung des Modells überprüft werden.

2.6.1 Stationäre Kalibrierung

Für die stationäre Kalibrierung lagen aus der ersten Simultanmesskampagne vom Juni 2004 Grundwasserstände aus 186 Messstellen und 30 Abflussdifferenzen (Leakage-Mengen) vor (Abbildung 2). Die zugrunde liegenden Abflussmessungen wurden dabei nicht an einem Stichtag, sondern über zwei bis drei Monate vorgenommen. Die mittlere Abweichung des be-

rechneten vom gemessenen Grundwasserspiegel beträgt 20 cm. Die Abweichungen sind gleichmässig um die 45° - Gerade verteilt, es gibt also keinen systematischen Fehler.

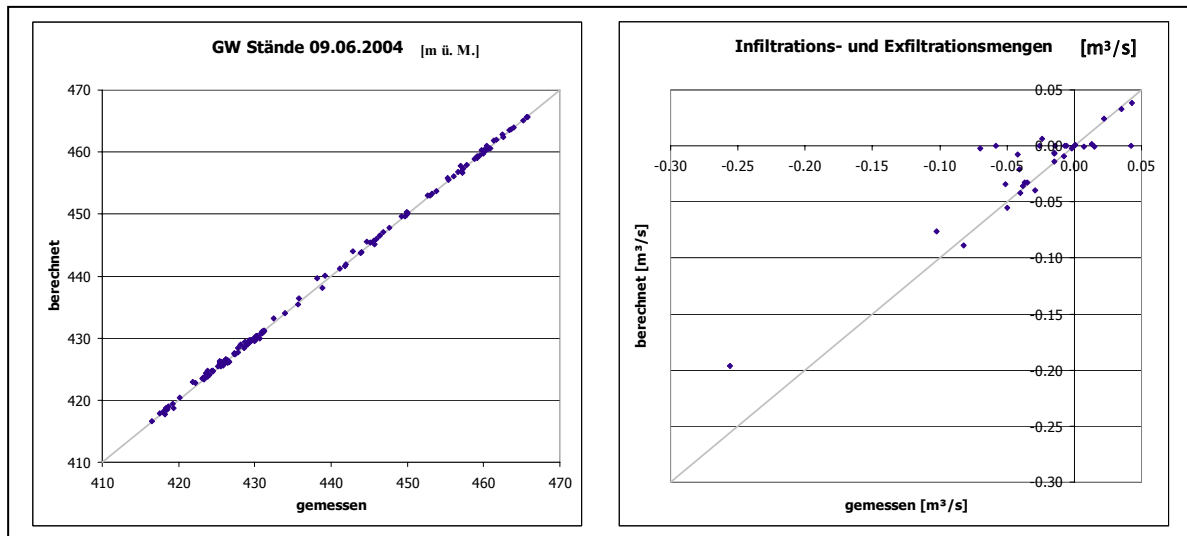


Abbildung 2 Gemessene und berechnete Werte für Grundwasserstände und Leakage-Mengen (Juni 2004), stationäre Kalibrierung

2.6.2 Instationäre Kalibrierung

Zusätzlich zu den Randbedingungen werden für die instationäre Kalibrierung Anfangsbedingungen benötigt. Die Startwerte des Grundwasserspiegels lagen für Januar 2002 nicht als gemessene Daten vor und wurden deshalb iterativ bestimmt. Die instationäre Kalibrierung hat zum Ziel k-Werte und Leakage-Koeffizienten so anzupassen, dass die gemessenen Ganglinien so gut wie möglich nachgebildet werden können. Der Speicherkoeffizient wird nicht kalibriert. Er wurde wie folgt angenommen:

- für k-Werte $> 2 \cdot 10^{-3}$ m/s ist der Speicherkoeffizient 0.15
- für k-Werte $< 2 \cdot 10^{-3}$ m/s wird der Speicherkoeffizient 0.1 gesetzt.

Für die instationäre Kalibrierung lagen folgende Daten als Tageswerte vor:

- Grundwasserneubildung
- Wasserhaltungen
- Wasserstände der Emme und Oesch
- Grundwasserstände im Süden (Höhe Wiler–Willadingen)

Die Grundwasserentnahmen lagen zumeist als Jahressummen vor, deshalb wurde mit einem Jahresmittelwert gerechnet. Die Randzuflüsse und die Grundwasserstände der kleineren Bäche wurden als stationär angenommen.

Die instationäre Kalibrierung wurde für das Jahr 2002 durchgeführt. In dieser Zeitspanne traten sowohl hohe (November 2002) als auch mittlere Grundwasserstände (Mai 2002) auf. Die Validierung wurde anschliessend für die Jahre 2003–2005 mit den 23 Langzeitpegeln vorgenommen. Zu den Zeitpunkten der beiden Simultanmesskampagnen konnten zudem zwei Tageswerte regional überprüft werden. Die resultierenden k-Werte sind in Abbildung 11 dargestellt.

	Name	Bem.	Kalibrierung 2002		Validierung 2002-2005	
			Mittel (cm)	Maximum (cm)	Mittel (cm)	Maximum (cm)
Süden	407	PW	9	43	12	44
	410	PW	6	20	8	24
	411	PW	5	27	16	44
	414		9	47	8	47
	415		7	31	7	31
	416		12	40	10	41
	417	PW	6	38	8	38
	431	PW	3	11	4	17
Mitte	419		11	33	8	52
	420		12	26	16	36
	422		5	24	4	24
Ost	425		5	22	25	64
	427		6	30	24	56
Nordwest / West	317		-	-	25	37
	424	PW	22	47	20	125
	426	PW	22	51	22	86
	428	PW	13	36	20	85
	430		10	29	14	53
	432	PW	13	42	32	94
Nordost	302		-	-	7	35
	321		-	-	24	28
	421	PW	25	53	68	12
	429		7	24	20	57

Tabelle 7 Mittlere und maximale Abweichungen der Kalibrierung (2002) und der Validierung (2002-2005)

2.6.3 Bewertung der Kalibrierung

Die Bewertung der Kalibrierung kann mit den mittleren Abweichungen der Pegelstände vorgenommen werden. Tabelle 7 enthält die mittleren und maximalen Abweichungen während der Kalibrierung und der Validierung. Die Pegel sind nach ihrer Lage sortiert (Abbildung 1, Abbildung 14). Die Ergebnisse der instationären Kalibrierung und Validierung sind für vier ausgewählte Pegel in Abbildung 3 zu finden.

Fast die Hälfte der Grundwasser-Ganglinien decken Messstationen ab, die in Grundwasserpumpwerken (PW) installiert sind. Da die Pumpmengen nur als Jahreswerte vorliegen, die Grundwassermessungen dagegen als Tageswerte, ist zu erwarten, dass die berechneten Ganglinien von den gemessenen abweichen. Zudem wurden im Rahmen der Umweltdatenerfassung des Kantons Solothurn die Pegelstände der Pumpwerke auf den Ruhewasserspiegel heraufkorrigiert. Die Korrekturen wurden mit Schätzwerten wieder rückgängig gemacht. Diese Korrekturen lagen für PW Biberist (417), PW Subingen (421), PW Luterbach (428) und PW Ruchacker (426) im Bereich von 0.4 bis 0.7m. Die gemessenen Ganglinien sind demnach mit einem gewissen Messfehler behaftet. Die Grundwasserstände an den Messstellen

302, 317 und 321 werden erst seit Mai 2004, bzw. Mai 2005 gemessen. Somit konnten die Pegel nicht in die Kalibrierung miteinbezogen werden.

Das Modell bildet die Grundwasseranstiege bei Regenereignissen gut nach, trockene Perioden etwas weniger. Ein Grund dafür ist, dass die indirekte Neubildung und die Vorflutpotentiale kleiner Bäche stationär angenommen wurden. Wenn keine direkte Grundwasserneubildung mehr stattfindet, wie dies 2003 über längere Zeit der Fall war, wird das Grundwasser durch die indirekte Neubildung und die kleinen Bäche weiterhin gespeist.

In Abbildung 4 findet sich der Vergleich zwischen den gemessenen und berechneten Grundwasserhöhen zum Zeitpunkt der zwei Simultanmesskampagnen. Dieser Vergleich dient der Validierung des gesamten Gebietes. Die mittlere Abweichung beträgt ca. 0.6 m, was vor allem auf die Ausreisser im mittleren Teil (432–442 m ü. M) sowie auf den Teil in Solothurn zurückzuführen ist. Im mittleren Teil hat das Grundwasser ein hohes Gefälle. Die Tatsache, dass in Bereichen mit erhöhtem Grundwassergefälle relativ wenige Pegeldaten vorliegen, erschwert die Kalibrierung des Modells. Im Bereich von Solothurn–Brunnmatt liegen ebenfalls keine instationären Pegeldaten vor. Dort besteht der Untergrund aus wenig durchlässigen tonig-siltigen Sanden. Diese sind zwar wassergesättigt, tragen aber nicht zur Grundwasserzirkulation im Hauptgrundwasserleiter bei. Mit den Werten aus der stationären Kalibrierung resultiert ein etwas zu flacher Gradient, was aber auf den Verlauf des eigentlichen Hauptgrundwasservorkommens (östlich vom Obach) keinen Einfluss hat.

Die Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Leakage-Mengen ist weniger gut als in der stationären Kalibrierung (Abbildung 5). Da die Messungen der Simultanmesskampagne nicht in den Kalibrierungszeitraum von 2002 fallen, können sie lediglich als Validierungswerte herangezogen werden. In beiden Messkampagnen gibt es Ausreisser. Für die Messung Emme in der zweiten Messkampagne kann keine gute Übereinstimmung gefunden werden. Im Modell nimmt die Emme mehr Wasser auf als in den Messungen. Verschiedene Bäche, die gemäss den Differenzmessungen Wasser aufnehmen, geben im Modell Wasser ab. Dies könnte mit der Wahl des Flussabschnittes zusammenhängen. Die Messungen der Leakage-Mengen sind Nettomengen. Was zwischen zwei Messstellen passiert, ist nicht klar. Im Modell kann es sein, dass sich die Grenze zwischen Infiltration und Exfiltration an einer anderen Stelle befindet als in der Natur und damit die Nettomenge ein anderes Vorzeichen hat. Dies hat vor allem an schwellenartigen Stufen mit erhöhtem Grundwassergefälle einen grossen Einfluss.

Die Bilanzen des Grundwassermodells, die berechneten Szenarien und weiterführende Überlegungen bezüglich des Modells sind in den Kapiteln 10 und 12 zu finden.

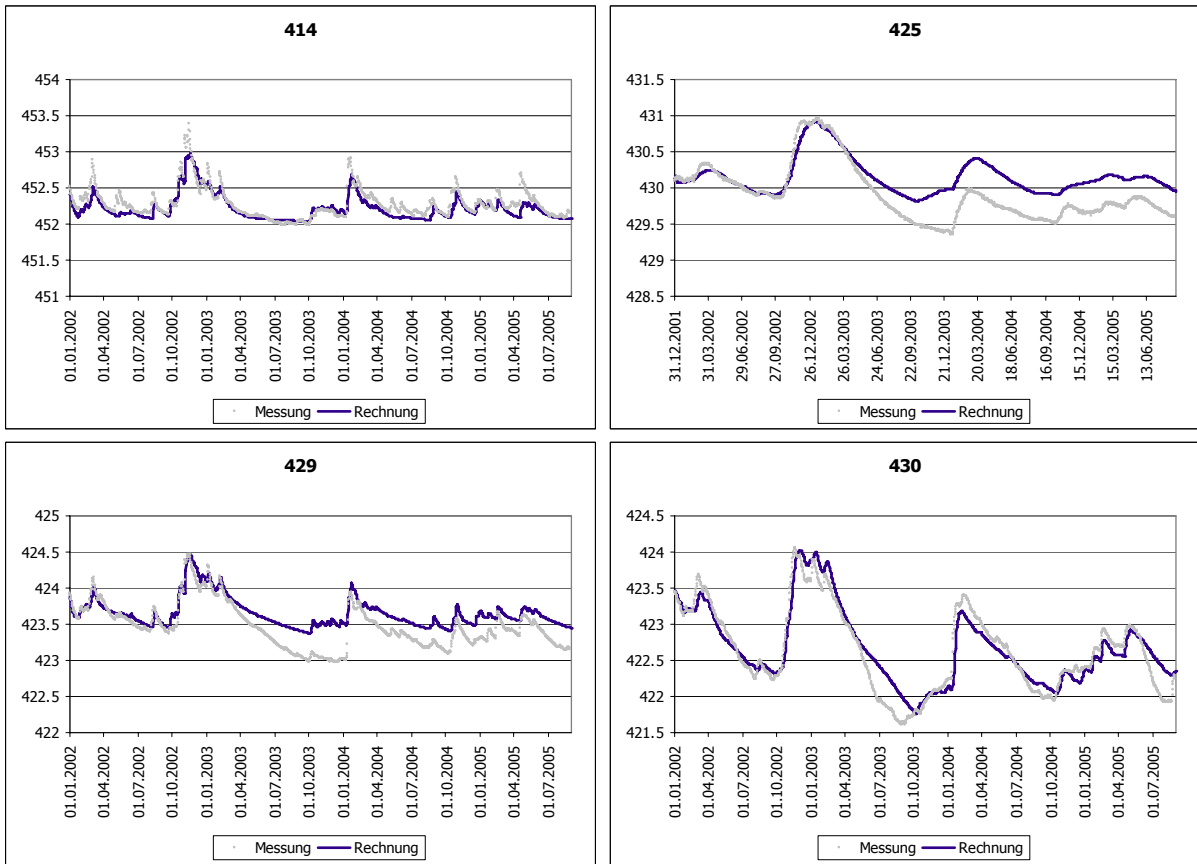


Abbildung 3 Ganglinien der gemessenen und berechneten Grundwasserstände an ausgewählten Pegeln

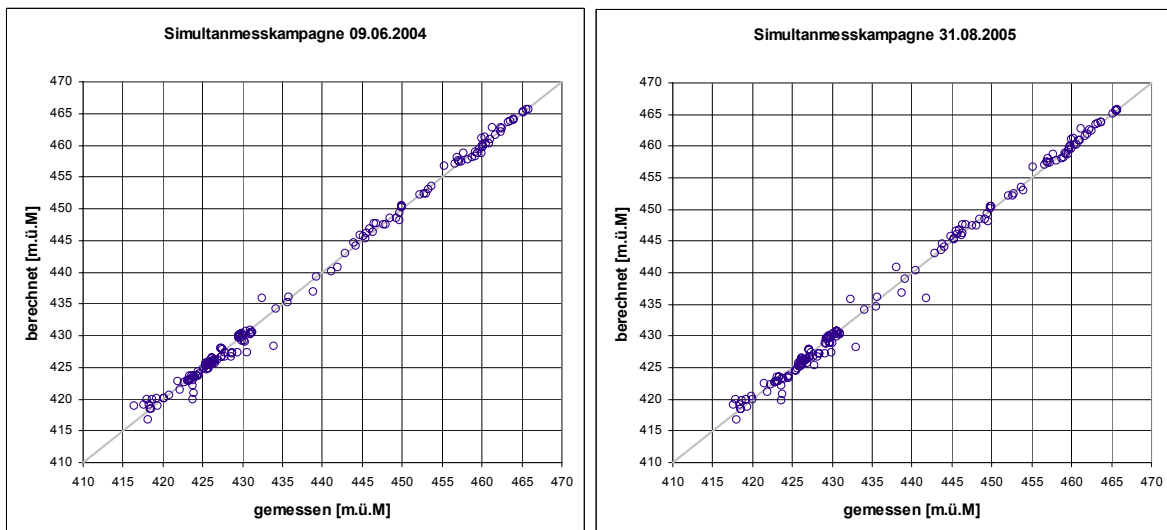


Abbildung 4 Vergleich der gemessenen und berechneten Grundwasserhöhen während den zwei Simultanmesskampagnen, instationäre Berechnung

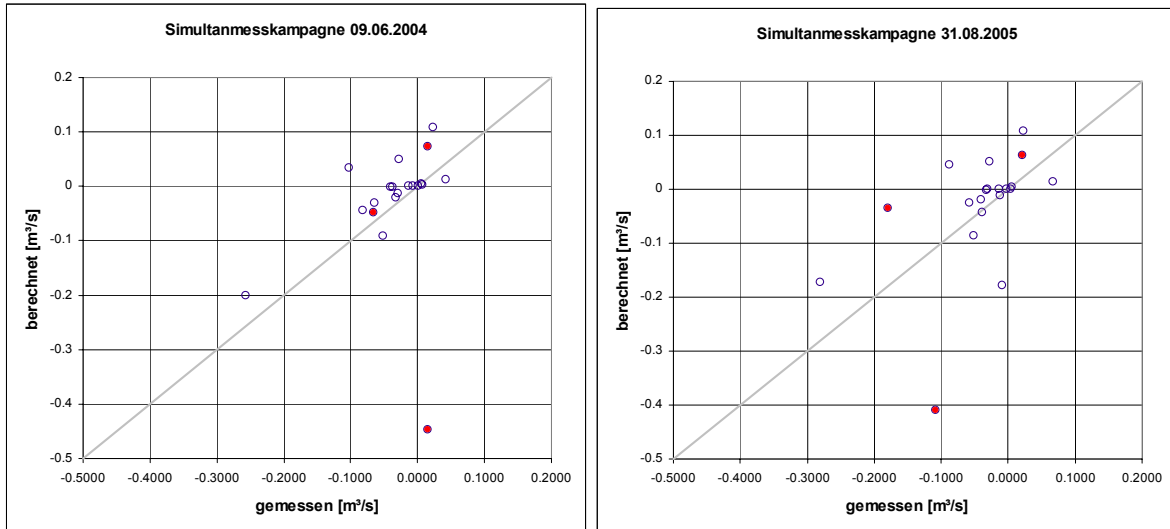


Abbildung 5 Vergleich der gemessenen und berechneten Leakage-Mengen während den zwei Simultanmesskampagnen (rot: Emme)

3 Hydrologische Verhältnisse im Untersuchungszeitraum

3.1 Generelle hydrologische Charakterisierung der Jahre 2002 bis 2005 und ihre Auswirkung auf die Grundwasserstände im Wasseramt

Das instationäre Grundwassermodell deckt den Zeitraum vom 1.1.2002 bis 31.8.2005 ab. Der hydrographische Charakter dieser Periode präsentiert sich wie folgt:

- 2002 Das Jahr 2002 gilt als nasses Jahr. Die überdurchschnittlich hohen Herbst-Niederschläge führten zu einem Anschwellen der Oberflächenabflüsse und zu markanten Grundwasseranstiegen. Die Grundwasserstände im November 2002 waren bei den meisten Messstationen die höchsten innerhalb des modellierten Zeitraums.
- 2003 Extreme Hitze und Trockenheit prägten das Jahr 2003. Die geringen Niederschläge von Februar bis September führten zu markanten Rückgängen der Grundwasserstände. Bei etwa der Hälfte der Grundwassermessstationen mit langjährigen Aufzeichnungen wurden Tiefstwerte registriert.
- 2004 Der Januar brachte der gesamten Alpennordseite grosse Niederschlagsmengen. Im Wasseramt stiegen die Grundwasserstände etwas an. Da aber die Regenmengen in den Folgemonaten moderat ausfielen, konnten sich die Grundwasserstände nicht erholen.
- 2005 Unterdurchschnittliche Niederschläge liessen die Grundwasserstände bis Mitte August auf mittlerem bis tiefem Niveau verharren. Auch die Oberflächengewässer wiesen in dieser Zeitspanne geringe Abflusswerte auf. Ein starkes Tief über der Adria mit extremen Regenfällen vom 19.–22. August löste in den nördlichen Vor- und Zentralalpen Erdbeben und Überschwemmungen aus. Die ausserordentlichen Abflussspitzen liessen am 22. August die Emme über die Ufer treten. Da es sich um ein Einzelereignis handelte, reagierten die Grundwasserstände wenig darauf. Nur bei Messstationen, die im Bereich der überschwemmten Gebiete liegen (PW Rüttelfeld, PW XI, PW Ruchacker und Li Wylihofstrasse), waren kurzzeitige Anstiege zu beobachten.

3.2 Niederschlag

Im Untersuchungsperimeter befinden sich die zwei Niederschlags-Messstationen Brüggacher (Oekingen) und Rötihof (Solothurn). Etwa 2 km südlich des Projektgebietes liegt die KLIMA-Messstation Oeschberg-Koppingen der SMA. Die langjährigen Jahresmittelwerte betragen an allen drei Stationen um die 1000 mm. Die Niederschlagsdaten liegen mindestens als Tagessummen vor.

In Abbildung 6 sind die Monatssummen des Niederschlages der Station Oeschberg von Januar 2002 bis August 2005 dargestellt. Die durchschnittlichen Monatssummen betragen im langjährigen Mittel 80 mm im Winter und 100 mm im Sommer. Im Vergleich zu den langjährigen Jahresmittelwerten (ca. 1000 mm an allen drei Stationen) fielen während der Untersuchungsperiode vor allem der nasse November 2002 und das trockene Jahr 2003 auf.

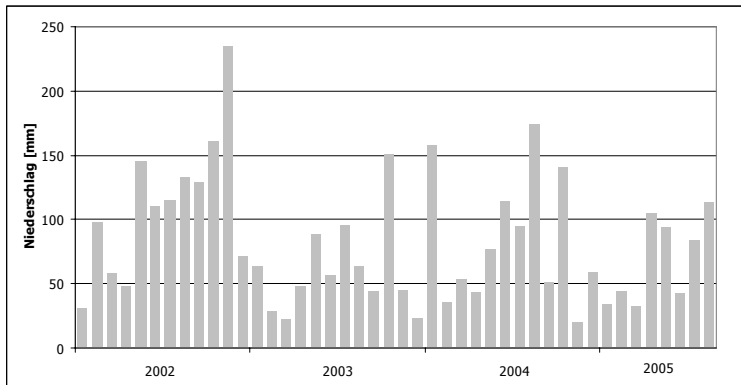


Abbildung 6 Monatssummen der Niederschläge in Oeschberg-Koppigen von 2002–2005

	Koordinaten	Höhe m. ü. M	Niederschlag [mm]			
			2002	2003	2004	2005* *bis August
Oeschberg-Koppigen	613'250 / 219'525	483	1332.0	921.9	1018.2	546.7
Rötihof, Solothurn	607'750 / 228'825	459	1251.1	732.1	965.7	566.7
Brüggacher, Oekingen	612'405 / 225'810	453	1120.1	633.9	991.3	518.1
Mittelwert			1234.4	762.6	991.7	543.8

Tabelle 8 Niederschlagsstationen mit Koordinaten, Lagehöhe und Jahresniederschlagssummen

3.3 Verdunstung

Da keine Messdaten zur Verfügung stehen, wurde die potentielle Verdunstung mit der Methode von Penman-Monteith [1] aus den klimatischen Parametern (maximale und minimale Tagestemperatur, Niederschlag, Bewölkungsgrad, Windgeschwindigkeit, relative Luftfeuchtigkeit und Luftdruck) der Station Oeschberg-Koppigen berechnet. Die potentielle Verdunstung ist die Verdunstung, die auftritt, wenn im Boden genügend Wasser zur Verfügung steht. Sie beinhaltet sowohl die direkte Verdunstung als auch die Transpiration der Pflanzen. In trockenen Perioden kann fehlendes Wasser die Verdunstung verkleinern, man spricht dann von der aktuellen Verdunstung. Diese ist in der Schweiz meist gleich der potentiellen Verdunstung, da Wasser selten der limitierende Faktor ist. Ausnahmen bilden länger anhaltende Trockenperioden im Sommer, dann verdunstet weniger Wasser als potentiell möglich wäre. Die aktuelle Verdunstung wird aus der potentiellen Verdunstung, der Feldkapazität und dem Niederschlag berechnet (Kapitel 6.1).

Die aktuelle Verdunstung umfasste für alle 3 Jahre ca. 60% des Jahresniederschlags. Im Jahr 2003 betrug sie 70% der potentiellen Verdunstung, 2004 98% und 2005 90%. Aufgrund des Hitzesommers und der tiefen Sommerniederschläge verdunstete im Jahr 2003 weniger Wasser als potentiell möglich gewesen wäre. In Abbildung 7 sind die Werte der potentiellen und aktuellen Verdunstung in Monatssummen dargestellt. Da für das Jahr 2002 die Daten für den Bewölkungsgrad und die relative Luftfeuchtigkeit fehlten, sind nur die Werte ab 2003 dargestellt.

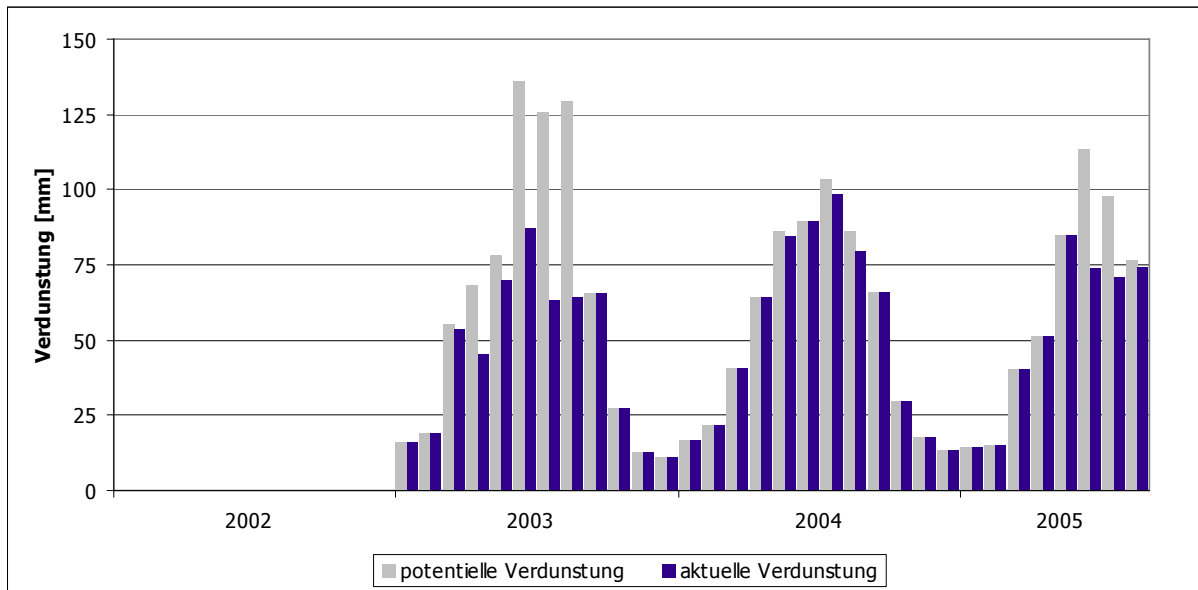


Abbildung 7 Potentielle und aktuelle monatliche Verdunstung in Oeschberg-Koppigen

3.4 Abflussverhältnisse

Die Abflüsse der Fliessgewässer im Wasseramt sind stark reguliert. So werden beispielsweise der Grützbach durch die Emme und der Rüttibach durch die Oesch gespeist. Emme und Oesch sind die einzigen relevanten Gewässer, die über ein „eigenes“ Einzugsgebiet verfügen. Einige kleinere Bäche entspringen als Grundwasseraufstösse (v.a. im Raum Recherswil). Die Abflussverhältnisse während des Untersuchungszeitraums sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Jahr	Emme Station Wiler (mit Werkkanal und Streckbach)			Oesch Station Kriegstetten		
	Jahresmittel m ³ /s	Maximum m ³ /s	Datum Max.	Jahresmittel m ³ /s	Maximum m ³ /s	Datum Max.
2002	24.2	430	16. Juli	1.37	10.0	3. November
2003	12.3	120	6. Juni	0.995	7.25	2. Januar
2004	16.9	410	2. Juni	1.05	8.19	14. Januar
2005	18.6	583	22. August	1.07	8.22	18. April
<i>Periode</i>	<i>19.2</i>	<i>583</i>	<i>22.8. 2005</i>	<i>1.18</i>	<i>14.1</i>	<i>2001</i>

Tabelle 9 Abflüsse der Emme und Oesch von 2002–2005
(langjährige Beobachtungs-Periode Emme 1922–2005, Oesch 1996–2005)

Innerhalb des Untersuchungszeitraums wies das Jahr 2002 die höchsten Jahresmittelwerte auf. Lang anhaltende Regenfälle liessen von Oktober bis Dezember die Abflüsse deutlich über die langjährigen Monatsmittel anschwellen. Im Gegensatz dazu lagen die Jahresmittelwerte für Emme und Oesch im Trockenjahr 2003 deutlich unter dem Periodenmittel (Tabelle 9). Allgemein lag die Wasserführung der Fliessgewässer mit natürlichem Abflussregime zwischen Juli und September 2003 oft deutlich unter dem langjährigen Q_{-347} -Wert (z. B. Oesch bei Kriegstetten an 69 Tagen [4]). In den Jahren 2004 und 2005 herrschten leicht unter-

durchschnittliche Abflussverhältnisse vor. Prägend fürs Wasseramt war aber das Emme-Hochwasser vom 22.8.2005. Der bei der Messstation Wiler gemessene Totalabfluss (d. h. inkl. Werkkanal und Streckbach) von $583 \text{ m}^3/\text{s}$ stellte den absoluten Spitzenwert innerhalb der gesamten Messperiode seit 1922 dar.

Als Nachtrag ist festzuhalten, dass der Spitzenabfluss vom 22.8.2005 in der Nacht vom 8.8. auf den 9.8.2007 noch übertroffen wurde. Das Hochwasser vom August 2007 stellte ein weiteres Grossereignis dar, welches sich in die gehäuften Ereignisse der vergangenen zwei Jahrzehnte einreicht. Neue Rekordabflüsse wurden an der Emme, Aare und Birs gemessen. Sehr starke, flächendeckende Niederschläge – kombiniert mit der hohen Abflussbereitschaft der Böden, verursacht durch die vorangegangenen Niederschläge – führten zu sehr hohen Abflüssen. Bei der Emme erfolgte das Anschwellen des Abflusses extrem rasch: Innerhalb von nur drei Stunden stieg er von 50 auf über $600 \text{ m}^3/\text{s}$ an.

3.5 Grundwasserstände

Die Mehrzahl der Grundwassermessstationen befindet sich im Kanton Solothurn, einige Stationen liegen auf Berner Kantonsgebiet (Abbildung 1). Tabelle 10 enthält die Extremwasserstände und den mittleren Grundwasserstand des Untersuchungszeitraums vom 1.1.2002 bis 31.8.2005.

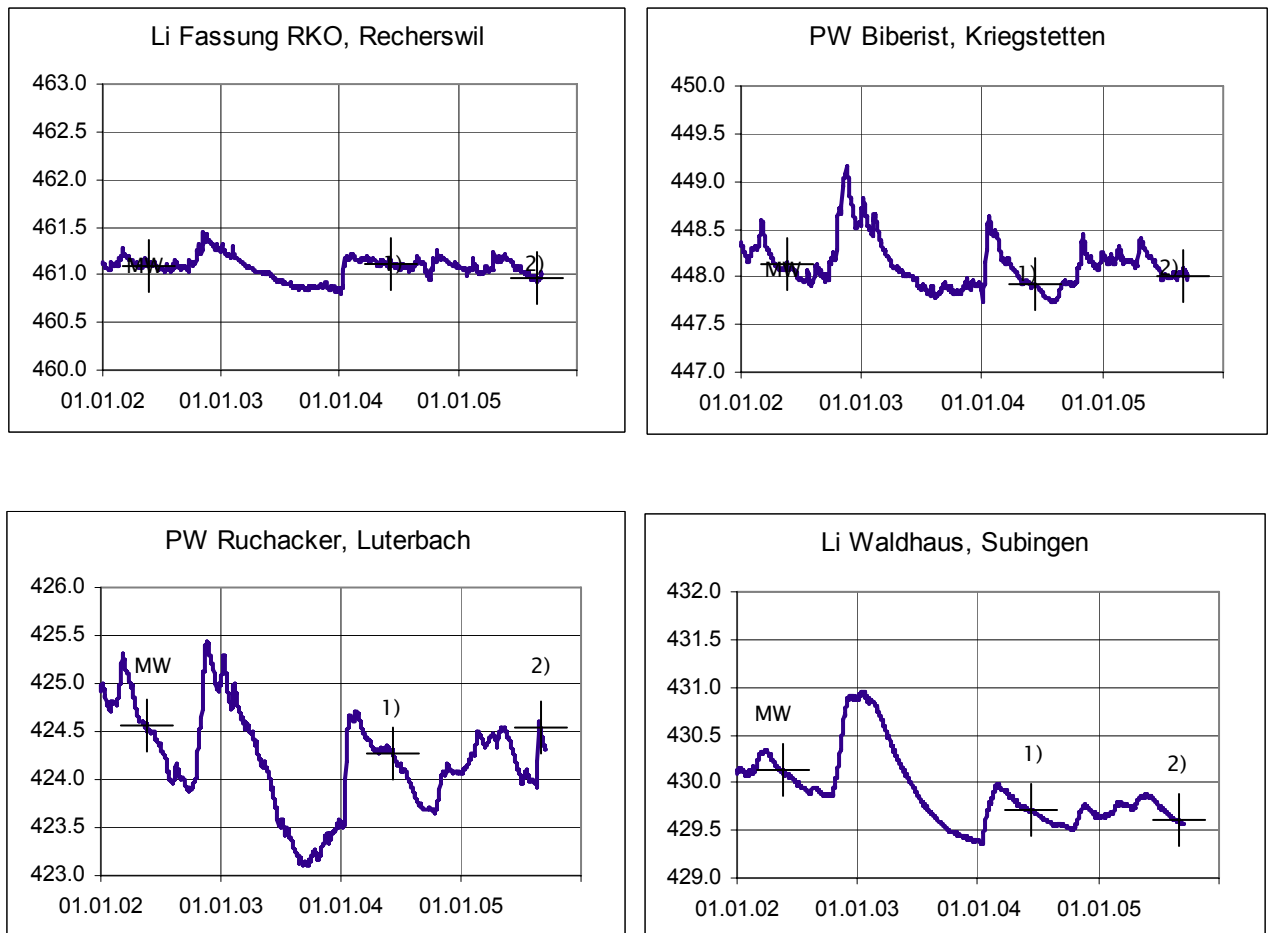
Kapitel 11 enthält eine vertiefte Analyse der Grundwasserspiegelschwankungen aufgrund von Langzeitbeobachtungen. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich somit nur auf den Untersuchungszeitraum vom 1.1.2002 bis 31.8.2005:

- Die meisten Stationen verzeichneten im November 2002 Höchstwasserstände. Wegen des grossen Flurabstands weisen die im Deitinger Wald gelegenen Messstationen (Li Pfaffenweiher und Li Waldhaus) ein verzögertes Reaktionsmuster auf: Die Maximalwasserstände wurden erst im Januar 2003 registriert.
- Tiefstwasserstände traten gegen Ende des extrem trockenen Sommers 2003 auf. Am häufigsten wurden die Minima in den Monaten August und September beobachtet. Einige Stationen – allen voran diejenigen im Deitinger Wald und im Unteren Emmental – wiesen rückläufige Grundwasserstände bis Anfang Januar 2004 auf.
- Das Emme-Hochwasser von Ende August 2005 führte zu keinem regionalen Anstieg des Grundwasserspiegels im Wasseramt. Nur wenige nahe der Emme gelegenen Stationen reagierten auf dieses Ereignis (vgl. Ganglinie PW Ruchacker, Abbildung 8).

Bezeichnung	Ort	Messperiode		Grundwasserstand					
		von	bis	Max (m ü. M.)	Datum	Min (m ü. M.)	Datum	Ampl. (m)	Mittel(*) (m ü. M.)
G152	Bätterkinden	01.01.02	31.08.05	463.444	17.11.02	461.161	01.10.03	2.283	461.727
G153	Wiler b. U.	01.01.02	31.08.05	466.161	18.11.02	464.765	08.01.04	1.396	465.256
G208	Willadingen	01.01.02	31.08.05	466.030	03.11.02	465.524	04.01.04 07.01.04 08.01.04	0.506	465.664
G131	Utzenstorf	01.01.02	31.08.05	465.778	19.11.02 20.11.02	463.229	08.01.04	2.549	464.060
PW Tannwald	Obergerlafingen	01.01.02	31.10.05	462.840	17.11.02	461.680	20.12.03 21.12.03	1.160	462.228
Li Fassung RKO	Recherswil	01.01.02	17.11.05	461.447	03.11.02	460.802	04.01.04	0.645	461.075
PW Erlenmoos	Recherswil	01.01.02	31.10.05	458.500	03.11.02	457.790	25.01.05	0.710	458.105
Li Gerlafingen	Gerlafingen	01.01.02	06.09.05	453.376	15.11.02	451.990	20.7.-30.7.03 28.8.-29.8.03 28.9.-2.10.03	1.386	452.274
Li Stöckleten	Recherswil	01.01.02	17.11.05	449.832	18.11.02	448.195	29.09.03	1.637	448.572
Li Ober- gerlafingen (2.3)	Ober- gerlafingen	01.01.02 01.09.05		450.580	11.01.02 02.04.02 02.03.03 20.05.05 28.05.05	449.110	15.08.03	1.470	449.539
PW Biberist	Kriegstetten	01.01.02	16.11.05	449.170	16.11.02	447.740	01.01.04 31.7.-2.8.04 7.8.-8.8.04	1.430	448.122
GF Grütt alt (1913)	Derendingen	01.01.02	06.09.05	444.958	14.01.04	443.881	13.08.03	1.076	444.189
Li Eichholz	Kriegstetten	01.01.02	28.11.05	447.058	03.11.02	445.987	28.08.03	1.071	446.345
PW Subingen	Subingen	01.01.02	02.10.05	432.790	19.11.02	429.840	13.08.03	2.950	430.665
Mitteldorf	Derendingen	01.01.02	28.11.05	434.521	17.11.02	434.027	15.10.05	0.494	434.156
PW Rüttfeld	Zuchwil	01.01.02	14.11.05	426.590	18.11.02	424.500	5.9.-14.9.03	2.090	425.512
Li Waldhaus (93-1)	Subingen	01.01.02	17.11.05	430.961	17.01.03	429.349	01.01.04	1.612	429.897
PW Ruchacker	Luterbach	01.01.02	20.11.05	425.440	22.11.02	423.110	09.09.03 17.9.-20.9.03 23.09.03	2.330	424.208
Li Pfaffenweiher (84-1)	Subingen	01.01.02	17.11.05	430.886	17.01.03	429.328	10.01.04	1.558	429.824
PW XI	Luterbach	01.01.02	16.11.05	424.850	18.11.02	422.410	28.08.03 17.9.-23.9.03	2.440	423.592
Luterbachstr.	Deitingen	01.01.02	06.09.05	424.474	17.11.02	422.976	20.12.03	1.498	423.465
Li Wylhofstr.	Luterbach	01.01.02	06.09.05	424.049	18.11.02	421.606	30.08.03	2.443	422.634
P3	Koppigen	15.01.02	15.10.05	465.940	15.11.02	465.410	15.08.03	0.530	465.626
PW Dörnischlag	Luterbach	01.01.02	31.08.05	422.226	17.11.02	419.527	13.08.03	2.698	420.581
KB 04/3	Deitingen	19.05.04	28.11.05	420.641	14.02.05	419.939	14.08.05	0.702	420.097
RB 05/4	Solothurn	16.06.05	28.11.05	426.429	16.06.05	426.259	01.09.05	0.170	426.309
RB 05/1	Subingen	16.06.05	28.11.05	430.314	16.06.05	429.857	28.11.05	0.458	430.033

Tabelle 10 Maximal-, Minimal- und Mittelwerte der Grundwassermessstationen für 2002 bis 2005 (P3 in Koppigen: wöchentliche Ablesungen; (*) arithmetisches Mittel)

Abbildung 8 zeigt die Ganglinien von vier repräsentativen Messstationen und die Zeitpunkte der beiden Simultanmesskampagnen. Zudem sind die Wasserstände vom 20.5.2002 hervorgehoben, da Langzeitauswertungen ergaben, dass dann über das gesamte Wasseramt mehr oder weniger repräsentative Mittelwasserverhältnisse vorherrschten.



MW repräsentativer Mittelwasserstand (20.5.2002)

1) erste Simultanmesskampagne (9.6.2004)

2) zweite Simultanmesskampagne (30.8.2005)

Abbildung 8 Grundwasserganglinien im Zeitraum 1.1. 2002 bis 31.8. 2005

4 Geologische Verhältnisse

Das Wasseramt gehört tektonisch zum Molassebecken, das sich in SW–NE-Richtung zwischen Alpen und Jura erstreckt. Der direkte Felsuntergrund wird durch Sedimente der Unteren Süsswassermolasse (USM) gebildet. Darauf lagern glaziale und fluviale Lockergesteine (Abbildung 9 und Abbildung 13).

4.1 Der Felsuntergrund

Die USM besteht im Untersuchungsgebiet aus mittel- bis feinkörnigen Sedimenten des Chattien und Aquitanien (Tabelle 11). Sie wurden vor 28–20 Mio. Jahren auf einer schwach geneigten Schwemmebene durch ein mäandrierendes Flusssystem abgelagert. Die Flüsse entsprangen mehrheitlich in den im Entstehen begriffenen Alpen und füllten mit ihrem Schutt das Molassebecken auf. Die Sandsteine entsprechen den ehemaligen Rinnengürteln und die Silt- und Tonsteine den Uferwällen und der Überschwemmungsebene. Die grünlichen und rötlichen Verfärbungen der Silt- und Tonsteine gehen auf Bodenbildungen zurück [12].

Untere Süsswassermolasse (USM)			
	Gesteine	Alter in Mio. Jahren	Bohrung-Nr.
Chattien (o₃)	grünlich-grauer Sandstein bunte Silt- und Tonsteine	28–23	613'228'007
Aquitaniens (m₁)	gelb-grauer Sandstein rötliche Silt- und Tonsteine	23–20	611'226'013

Tabelle 11 Die Gesteine der USM im Wasseramt

Im Becken von Gerlafingen–Kriegstetten ist der Verlauf der Felsoberfläche (Aquitaniens) dank einigen Bohrungen recht gut bekannt. Sie liegt im Zentrum des Beckens zwischen 21 und 23 m u. T. auf einer Kote von ca. 430 m ü. M. Bei Gerlafingen / Obergerlafingen ist die USM auf der östlichen Seite der Emme am Rand des Grundwasserleiters aufgeschlossen. In Oekingens wurde eine Rinne in der Molasseoberfläche gefunden, die in der südwestlichen Fortsetzung der Rinne von Inkwil liegt. In der Bohrung Nr. 612'225'008 liegt die Felsoberkante 60 m u. T.

Im Gebiet Luterbach–Wangen a. A. steht Sandstein des Chattiens an den Flanken des Gensberges und am linken Aareufer bei Feldbrunnen an. Südlich von Wangenried taucht die Felsoberfläche unter die Lockergesteinsbedeckung ab und bildet östlich der Autobahn eine bis in den Deitingen Wald verlaufende Mulde. Im Deitingen Wald wurde der Molassefels in Bohrungen zwischen 45 und 48 m u. T. auf einer Kote von ca. 413 m ü. M. erbohrt. Westlich der Autobahn gegen Luterbach hin taucht er rasch in grössere Tiefe ab.

Zwischen Luterbach und Solothurn besteht in der Längsrichtung des Aaretals ein tiefer, in die Molasse eingeschnittener Trog, in dem die Felsoberfläche in den bisherigen Bohrungen nicht mehr erreicht wurde (z.B. Bohrung Nr. 608'228'018). Aufgrund seismischer und gravimetrischer Messungen liegt sie in der Trogmitte tiefer als 80 m u. T. [18].

4.2 Die Lockergesteine

4.2.1 Die Eisvorstösse des Rhonegletschers ins Mittelland

In den letzten 2 Mio. Jahren stiess der Rhonegletscher in verschiedenen Kaltzeiten bis ins Wasseramt und darüber hinaus vor, was viele Walliser Erratiker bezeugen [22]. Beim ausgehntesten bis jetzt nachgewiesenen Gletschervorstoss bedeckte der Rhonegletscher einen grossen Teil des Emmentals und Juras und reichte bis an den Rhein. Er wurde traditionell der "Riss"-Vergletscherung (zweitletzter glazialer Zyklus) zugeschrieben. Heute wird er meistens mit einer anderen, älteren Vergletscherung korreliert. Die "Riss"-Kaltzeit dauerte von ca. 180'000–130'000 Jahren vor heute. Dabei stiess der Rhonegletscher ebenfalls bis in den Jura hinein vor und damit auch übers Wasseramt hinaus [12]. Zwischen ca. 130'000–115'000 Jahren vor heute fand die letzte Warmzeit statt (Eem-Interglazial). Die Würm-Kaltzeit (letzter glazialer Zyklus) dauerte von ca. 115'000–17'500 Jahren vor heute und beinhaltete vermutlich drei Gletschervorstösse über den Alpenrand hinaus [18]. Der erste (Frühwürm), etwas vor 100'000 Jahren, erreichte nach bisherigen Erkenntnissen das Mittelland nicht [18]. Der zweite (Mittelwürm) fand vor 70'000 Jahren statt und konnte im Seeland (Finstertennen) nachgewiesen werden [20]. Ob er bis ins Wasseramt reichte, ist nicht klar. Der dritte und letzte (*LGM: Last glacial maximum*) dauerte von ca. 30'000–17'500 Jahren vor heute und reichte bis nach Wangen a. A. (Jüngerer Wangener Stadium).

4.2.2 Der Gletscherrückzug nach dem LGM

Die Seiten- und Endmoränen markieren die Maximalausdehnung und die verschiedenen Rückzugsstadien des Rhonegletschers. Ein markanter Rückzugsstand war derjenige des Solothurner Stadiums, als der Rhonegletscher im Westen der Stadt eine vorübergehend stabile Eislage erreichte. Im Unteren Emmental und Wasseramt ist die dem Solothurner Stadium entsprechende Eisausdehnung weniger genau bekannt. Wahrscheinlich lag der südliche Teil des Wasseramts noch unter Eisbedeckung, während die **Stauschotter** zwischen Biberist und Zuchwil geschüttet wurden. Die markante Seitenmoräne beim Altisberg und die zwischen Kriegstetten und Subingen unter der Talsohle erbohrte Moräne könnten aus dem Solothurner Stadium stammen (Querprofil 3, Beilage 5). Aus der verwitterten Moräne der flachen Hügel an den Flanken des Talbodens entstand **Gehängelehm**.

Weil Eis den Wasserabfluss blockierte, wurden in der Rinne von Engi **Stauschotter** geschüttet. Sie liegen im Hangenden der Älteren Seeland-Schotter, deren Oberkante auf ca. 460 m ü. M. ansteht. Im Umfeld des Moränenkranzes von Solothurn schütteten Schmelzwasserflüsse schlecht sortierte **randglaziäre Schotter** und **Sander**. Ihre Oberkante liegt im Übergangsbereich zu den Stirnmoränen auf rund 450 m ü. M. und fällt in der ehemaligen Entwässerungsrichtung nach Osten leicht ab. In den von den Eismassen freigegebenen Gebieten bestanden Becken, die mit randglaziären **Stillwasserablagerungen** aufgefüllt wurden. So bildete sich westlich von Solothurn der von Moränenwällen umgebene „Solothurner See“ [17]. Darin wurden vorwiegend Sande abgesetzt, die am Jurasüdfuss mit Bachschuttkegeln verzahnt sind. Weitere Seen entstanden zwischen Solothurn und Wangen und südlich des Moränenwalls von Oekingen–Gerlafingen. Das letztgenannte erstreckte sich talaufwärts bis ins Gebiet Rechterswil–Wiler b. Utzenstorf und umfasste noch das untere Limpachtal.

Die Schmelzwasserflüsse des Aaregletschers ergossen sich zuerst durch das Urtenental und das Untere Emmental. Im Limpachtal fielen Schmelzwasserflüsse vom sich zurückziehenden Rhonegletscher an. Diese Fliesssysteme erodierten sich rasch in den Untergrund ein und räumten einen Teil der Seeablagerungen wieder aus. Es entstand ein differenziertes Relief mit trog- und rinnenförmigen Vertiefungen (z. B. westlich von Luterbach). Nach dem Rückzug

der Gletscher schotterte die Emme das Gebiet unterhalb von Burgdorf bis nach Zuchwil auf [22]. Die Geröllzusammensetzung der **Emmeschotter** war vorerst von aufgearbeitetem Material des Aaregletschers dominiert, mit fortschreitender Abtragung nahm der Anteil an Molassegeröllen aus der Nagelfluh zu. Das Gefälle entlang der Emme glich sich allmählich aus. Zwischen den mäandrierenden Flussläufen der Aare und Emme bildeten sich in den Talebenen Sümpfe und Moorlandschaften, die bei Hochwasserereignissen überflutet wurden. Der Solothurner See verlandete. Es kam zur Ablagerung von **Verlandungs-** und **Überschwemmungssedimenten**. Mit der Entstehung des Emmeschuttflächers wurde die Aare an den Fuss des Juras abgedrängt. Der hohe Geschiebeanfall in der Emme behinderte den Abfluss der Aare und staute sie zeitweise bis nach Solothurn zurück. Erst während der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde die Emme begradigt und verbaut. Dadurch ging der Geschiebetrieb zurück, und die Tiefenerosion setzte ein.

4.2.3 Lithostratigraphie und räumliche Verbreitung der Lockergesteine

Eine relative, lithostratigraphische Gliederung der quartären Sedimente des Untersuchungsgebiets liegt vor [23], aber absolute zeitliche Zuordnungen gelangen hier bisher nur ab dem LGM. Dies vor allem deshalb, weil erneute Gletschervorstösse ältere Sedimente z. T. wieder erodierten und nicht klar ist, welcher Vorstoss wie weit reichte. Es muss davon ausgegangen werden, dass zwischen den einzelnen Schichten grosse zeitliche Lücken bestehen. So werden z. B. die "Älteren Seeland-Schotter" oft als Vorstössschotter des LGM bezeichnet, könnten aber auch auf den Mittelwürm-Vorstoss zurückgehen. Deshalb wird auf neueren geologischen Karten des bernischen Mittellands nur noch zwischen Sedimenten des LGM (im allg. q_4 , inkl. interglaziale Ablagerungen) und solchen älterer Vergletscherungen (q_3) unterschieden [13]. Dies kann verwirrend sein. Denn ältere geologische Karten [11][15] enthalten aufgrund des damaligen Forschungsstands noch absolute Zuweisungen für Prä-LGM-Sedimente (z. B. Riss-Moräne).

Einordnung eiszeitlicher Sedimente nach neuer zeitlicher Zuordnung					
spätglazial, holozän		LGM		Ältere Vergletscherungen/Interglaziale	
q_S	Jüngere Seeland-Schotter, Emmeschotter	q_{4sW} q_{4sR} q_{4sS}	Rückzugsschotter	q_{4sV}	„Mittelterrassenschotter“ „Ältere Seeland-Schotter“
q_{ST}	Seetone des Solothurner Sees	q_{4st}	Stauschotter, Solothurner Stadium	q_H	„Höhenschotter“
q_L	Gehängelehm	q_{4m}	Moräne	q_{3m}	Moräne
				q_{3s}	„Hochterrassenschotter“ „Plateauschotter“
				q_{3sR}	„Rückzugsschotter“

Tabelle 12 Frühere Bezeichnungen quartärer Ablagerungen nach heutiger zeitlicher Zuordnung. Es wird nicht mehr nach Würm- und Riss-Eiszeit unterschieden, sondern nur noch nach letzter Vergletscherung, interglazialen Ablagerungen unsicherer Alters und älteren Vergletscherungen. Die traditionellen, im Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000 Blatt Solothurn informell verwendeten Schichtnamen wurden ins neue System eingeordnet.

Glaziale Ablagerungen sind Grundmoränen, Wallmoränen sowie Tone aus sub- und randglazialen Seen. Proglazial entstanden durch Schmelzwasser ausgedehnte und mächtige Aufschotterungen. Dabei kann es sich um Vorstoss- oder Rückzugsschotter handeln. Diese Unterscheidung ist je nach Aufschluss oft nicht eindeutig möglich. Über den glazialen Sedimenten liegen lokal rezente Alluvionen und Gehängelehm. Die im Untersuchungsgebiet auftretenden Quartärbildungen sind in zwei schematischen Querprofilen und einem Längsprofil

dargestellt (Beilage 5). Das Untersuchungsgebiet wird zur Beschreibung der Stratigraphie in ein zentrales Hauptgebiet (vom Unteren Emmental im Süden bis zur Aare im Norden) und in zwei Nebengebiete (Raum Solothurn und Raum Deitingen Wald) unterteilt. In den folgenden Tabellen werden für die verschiedenen Gebiete jeweils die Schichtabfolgen vom Hangenden zum Liegenden zusammengefasst (Legenden siehe auch Abbildung 9).

Im nördlichen Teil des Hauptgebietes lagern der Molasse feinkörnige, randglaziäre Stillwasserablagerungen (q_{4L}) auf, im Raum von Subingen bis Oekingen ist es Grundmoräne (Bohrung Nr. 612'226'006). Im Hangenden folgen die Emmeschotter (q_s), die im südlichen Teil des Hauptgebietes (Gerlafingen–Obergerlafingen–Rechterswil) auch direkt auf Molasse (Aquitaniens) liegen. Die Emmeschotter bestehen aus sauberem bis sandig-siltigem Kies und werden teilweise von einer Schicht aus feinkörnigen Verlandungs- und Überschwemmungssedimenten (q_{aL}) aus tonigem Silt bis siltigem Ton und Feinsand überlagert (Abb. 4).

Hauptgebiet: Unteres Emmental bis zur Einmündung in die Aare	
q_{aL}	Verlandungs- und Überschwemmungssedimente (vorwiegend Lehm)
q_s	Emmeschotter
q_{4L}	Randglaziäre Stillwasserablagerungen (vorwiegend Lehm)

Tabelle 13 Quartäre Sedimente des Hauptgebiets Wasseramt

In der Hügellzone nordöstlich von Subingen stehen ausserhalb des Verbreitungsgebietes der alluvialen Emmeschotter die Älteren Seeland-Schotter an (q_{4sv}). Die Grenze zu den Emmeschottern verläuft entlang eines morphologisch hervortretenden, steilen Erosionsrandes zwischen der Talsohle der Emme auf ca. 440 m ü. M. und dem Plateau des Deitingen Wald auf ca. 460 m ü. M. Das Liegende der Älteren Seeland-Schotter sind das Chattien oder wie im Deitingen Wald bei der Lokalität „Fuchsloch“ ältere Stillwasserablagerungen (q_{4sL}). Das Hangende bildet die Grundmoräne des LGM (q_{4m}), die lokal von Gehängelehm (q_L) überlagert wird (Bohrung Nr. 615'227'001). Die Älteren Seeland-Schotter bestehen aus sauberem bis sandigem Kies und werden in einer grossen Kiesgrube im Deitingen Wald abgebaut (Koord. 614'900 / 229'500).

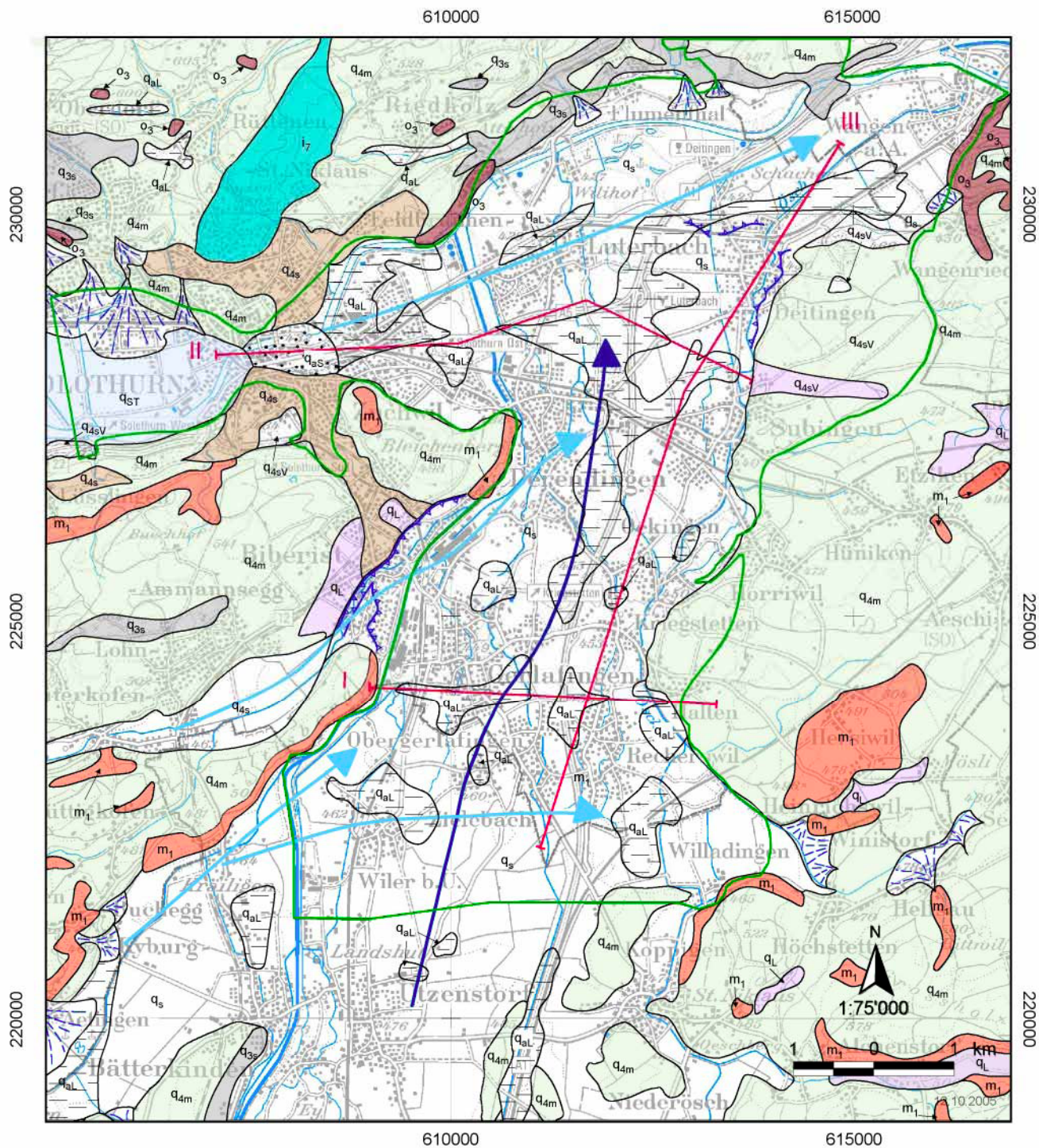
Deitingen Wald	
q_L	Gehängelehm
q_{4m}	Grundmoräne
q_{4sv}	Ältere Seeland-Schotter, Mittelterrassenschotter (Prä-LGM)
q_{4sL}	Stillwasserablagerungen

Tabelle 14 Quartäre Sedimente im Deitingen Wald

Im Raum Solothurn–Zuchwil West kommen in grösserer Tiefe Grob- bis Mittelsande mit Zwischenschichten aus Lehm (q_{3s}) einer älteren Vergletscherung vor (Bohrung Nr. 608'228'018). Diese Schichtabfolge wird von Grundmoräne (q_{3m}) aus Lehm und sandigem Kies überlagert (Bohrung Nr. 608'228'057). In Solothurn folgen im Hangenden die Älteren Seeland-Schotter (Bohrung Nr. 607'228'119). Sie sind im Raum Zuchwil nicht mehr aufgeschlossen und werden im westlichen Teil von Solothurn durch randglaziäre Stillwasserablagerungen (q_{4L}) ersetzt. Diese und die Älteren Seeland-Schotter werden von alluvialen Feinsanden (q_{aS}) überlagert (Überschwemmungssedimente). Oberflächennah kommen zudem verbreitet Verlandungssedimente vor (q_{aL}).

Raum Solothurn / Zuchwil West	
Q _{aL}	Verlandungs- und Überschwemmungssedimente (vorwiegend Lehm)
Q _{aS}	Verlandungs- und Überschwemmungssedimente (vorwiegend Sand)
Q _{4L}	Randglaziäre Stillwasserablagerungen (vorwiegend Lehm)
Q _{ST}	Seetone („Solothurner See“)
Q _{4sV}	Ältere Seeland-Schotter
Q _{3m}	Grundmoräne einer älteren Vergletscherung
Q _{3S}	Sande einer älteren Vergletscherung

Tabelle 15 Quartäre Sedimente im Raum Solothurn / Zuchwil West



Legende

- | | | | | | |
|--|---|--|--|--------------------|--------------------------------|
| | Bachschuttkegel | | Emmeschotter | | Aquitanien |
| | Erosionsränder von Terrassen | | Randglaziäre Schotter und Stauschotter | | Chattien |
| | siltig - lehmige Überdeckung
(Verlandungs- und Überschwemmungssedimente) | | Grundmoräne | Jura (Malm) | |
| | Verlandungssedimente, vorwiegend Sand | | Vorstossschotter | | Kimmeridgien |
| | Gehängelehm | | unter Moräne - Überdeckung
unter Lehm - Überdeckung | | Geol. Profilspur, Nr. |
| | Seetone ("Solothurner See") | | Rückzugs- und Hochterrassenschotter | | Projektperimeter |
| | | | | | glaziale Abflussrinne |
| | | | | | postglazialer Abfluss der Emme |

Abbildung 9 Geologische Übersicht (1: 75'000)

5 Das Grundwasservorkommen Wasseramt

5.1 Generelle Strömungsverhältnisse

In Beilage 1 sind die mit dem Grundwassermodell berechneten und den örtlichen Randbedingungen angepassten Isohypsen des mittleren Grundwasserspiegels dargestellt. Basierend darauf sind die Strömungsverhältnisse des Grundwassers wie folgt zu beschreiben:

- Das Grundwasservorkommen Wasseramt stellt die nördliche Fortsetzung des Grundwasserstroms „Unteres Emmental“ (vgl. [22] und [25]) dar. Im Hauptgrundwasserstrom dominiert eine von Süden nach Norden gerichtete Strömung.
- Der im Bereich von Fliessgewässern gekrümmte Isohypsenverlauf macht die Wechselwirkung zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser deutlich. So ist die Grundwasserströmung beispielsweise oberhalb der Staustufe Flumenthal von der Aare weggerichtet (Infiltrationsabschnitt), was zu einer Ablenkung der Hauptströmung Richtung Osten führt; unterhalb der Staustufe, wo das Grundwasser in die Aare exfiltriert, ist die Strömung der Aare zugewandt.
- Östlich von Zuchwil vereinigt sich das aus dem Gebiet Solothurn–Zuchwil stammende Nebengrundwasservorkommen mit dem Hauptstrom des Wasseramts. Von diesem Nebenvorkommen praktisch abgekoppelt ist das Grundwasservorkommen Solothurn-West (Brunnmatt): Hier liegt grundsätzlich eine nach Süden, d.h. zur Aare hin gerichtete Strömung vor, wobei die Ablenkungen der Isohypsen die starke Prägung der Entwässerungsgräben deutlich machen.

5.2 Grundwasser-Steilstufen und Grundwasser-Seen

Auffallend im Wasseramt sind die abrupten Änderungen des Grundwassergradienten: Gebiete mit hohem Gradient ($> 1\%$) wechseln mit solchen mit sehr flachem Gradienten. Der Verlauf des Grundwassergradienten mutet wie eine Abfolge von Steilstufen und Seen an. Sehr flache Gradienten prägen folgende Gebiete:

- Kriegstetten
- Subigen–Deitingen–Deitinger Wald
- Zuchwil

Bei solchen „Grundwasser-Seen“ kann sich die Strömungsrichtung bei variierenden Zu- und Wegflussbedingungen stark ändern. Im Industriegebiet von Zuchwil ist z. B. bekannt, dass das Grundwasser je nach Wasserstand in nordöstliche oder in südöstliche Richtung fliesst.

Meist sind Grundwassergebiete mit sehr flachen Gradienten bei beckenartigen Vertiefungen der Staueroberfläche (wobei die Becken mit gutdurchlässigen Kiesen verfüllt sind) in Kombination mit relativ geringen Grundwasserdurchflüssen zu beobachten. Dies trifft auch fürs Wasseramt zu: Die im Hauptstrom zu beobachtende Abfolge von „Steilstufen“ und „Seen“ ist eindeutig auf die Stauer- bzw. Mächtigkeitsverhältnisse zurückzuführen. Wie aus dem hydrogeologischen Längenprofil hervorgeht, treten die sehr flachen Gradienten in Beckenstrukturen auf, während die Steilstufen abstromseitig von Stauer-Schwellen zu beobachten sind. Abbildung 10 veranschaulicht dieses Phänomen an einem stark überhöhten und vereinfachten Längenprofil.

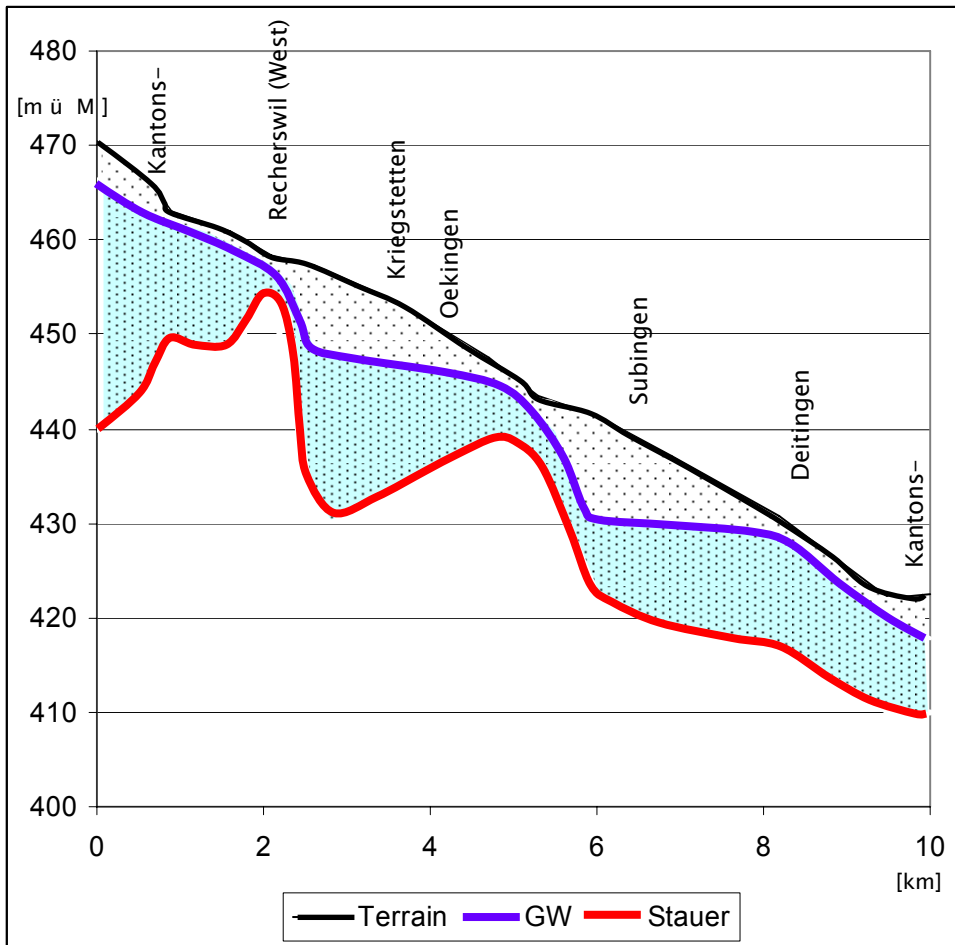


Abbildung 10 Stark überhöhtes und vereinfachtes Nord-Süd-Längenprofil.

Die Stauer-Schwelle bei Recherswil flacht nach Osten rasch ab, was zur Folge hat, dass im Raum Obergerlafingen–Gerlafingen ein mehr oder weniger gleichmässiger Gradient vorliegt. Demgegenüber umfasst die Steilstufe südlich des Querschnitts Derendingen–Subingen die gesamte Breite des Grundwasserstroms.

5.3 Charakterisierung des Grundwasserleiters

5.3.1 Lithologie

Im Wasseramt sind die Emmeschotter der Haupt-Grundwasserleiter, im Deitinger Wald die Älteren Seeland-Schotter (s. Kap. 4.2). Die beiden Schotterarten unterscheiden sich bezüglich Korngrößenabstufung und Farbe wenig voneinander. Allerdings variiert das petrographische Spektrum. Die Älteren Seeland-Schotter bestehen primär aus Aareschotter und aufgearbeiteten Rhonegletscherablagerungen, die Emmeschotter aus Molassegeröllen vermischt mit Aareschotter [23]. Im Raum Solothurn sind die Verhältnisse komplex, da das Grundwasser unterschiedliche stratigraphische Einheiten durchströmt.

Im Liegenden der Emmeschotter stehen die Molasse oder mit scharfem Kontakt randglaziäre Stillwasserablagerungen (q_{4L}) an. Das Hangende bilden in den neuen Bohrungen meistens

tonige und siltige Stillwasserablagerungen (q_a , q_{as}). Die Emmeschotter selbst bestehen aus sandig bis siltigem Kies (GP / GP-GM oben und GW / GP-GW gegen die Tiefe) mit Einlagerungen feinkörniger Stillwassersedimente aus Feinsand (ML), Silt und Ton (SC-SM). Die Mächtigkeit dieser Zwischenschichten variiert von 1.6 m (Bohrung Nr. 610'228'024 in Oekingen) bis 3.5 m (Bohrung Nr. 610'228'024 in Zuchwil). Im Raum von Derendingen, Luterbach und Deitingen besteht der basale Teil der Emmeschotter aus einer sandigen Fazies (Bohrungen Nrn. 610'225'003, 611'229'010 und 612'229'009). Der hangende Teil der Emmeschotter zeigt einen mehrfachen Schichtwechsel geringmächtiger Schichten, was auf ein mäandrierendes Flusssystem hinweist. Der grobdetritische Anteil (Steine, Blöcke) nimmt vom Liegenden zum Hangenden generell zu. Aus der abgetragenen Napfmolasse stammen die überwiegenden Quarzite, Kieselkalke, Flysch-Sandsteine und untergeordnet kristalline Gerölle wie Granite und Rhyolith [15]. Die vorwiegend spätigen, untergeordnet mikritische Kalke aus dem Helvetikum und Penninikum zeugen vom eingemischtem Aareschotter [23].

Die Älteren Seeland-Schotter (q_{4sv}) bestehen aus sauberem bis sandigem, z. T. zementiertem Kies und werden in der Regel von LGM-Moräne überlagert. Kalke, Kieselkalke, Sandsteine und Gastern-Granit zeugen vom Aareanteil und Gerölle von Walliser Kristallin von aufgearbeiteten Rhonegletscherablagerungen.

Im Raum Solothurn bilden alluviale Sande (q_{as}) einen oberen Grundwasserleiter, die einen unteren Grundwasserleiter aus Älteren Seeland-Schottern (q_{4sv}) überlagern. Dazwischen liegen westlich des Dornacherplatzes und östlich des Bahnhofareals wasserstauende, randglaziäre Stillwasserablagerungen. Sonst liegen die alluvialen Sande direkt im Hangenden der Älteren Seeland-Schotter. Die alluvialen Sande bestehen aus sauberem bis siltigem Fein- bis Mittelsand, stellenweise mit Lagen aus siltig-tonigen, schwach kiesigen Zwischenlagen. Im Randbereich des oberen Leiters treten am linken Aareufer unterhalb von Solothurn grundwasserführende Rückzugsschotter auf (Bohrung Nr. 608'228'103). Diese enthalten einen hohen Anteil an Jura-Kalkgeröllen. Die Älteren Seeland-Schotter sind im Stadtbereich von Solothurn verbreitet. Ihre lithologische Zusammensetzung entspricht derjenigen im Deitingen Wald.

5.3.2 Durchlässigkeiten

Regionale Variabilität

Die räumliche Verbreitung der Profil-k-Werte der wassergesättigten Grundwasserleiter ist in Abbildung 11 dargestellt.

Die Emmeschotter weisen im Allgemeinen eine grosse bis sehr grosse Durchlässigkeit auf. Ihr durchschnittlicher k-Wert beträgt $6.0 \cdot 10^{-3}$ m/s. Die regionale Verteilung der k-Werte zeigt folgendes Bild: die k-Werte sind meist grösser $2 \cdot 10^{-3}$ m/s. Bei Obergerlafingen und insbesondere bei der Schwellenzone von Oekingen ist eine deutliche Abnahme der k-Werte, z. T. auf weniger als $2.0 \cdot 10^{-4}$ m/s zu erkennen. Ein weitere Zone mit k-Werten von weniger als $2.0 \cdot 10^{-4}$ m/s liegt am Südrand des Beckens von Luterbach–Wangen a. A. Die Abnahme der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters führt in den beschriebenen Gebieten zu einer markanten Zunahme des Grundwassergefälles.

Von den Älteren Seeland-Schottern im Deitingen Wald liegen Pumpversuchsdaten aus drei verfilterten Sondierbohrungen vor. Die ermittelten k-Werte liegen zwischen $5.3 \cdot 10^{-3}$ m/s und $9.8 \cdot 10^{-3}$ m/s. Im Raum Solothurn stammen die meisten der dargestellten k-Werte aus dem oberen Grundwasserstockwerk in den alluvialen Sanden, deren Durchlässigkeit mittel bis gering ist. Das tiefe Grundwasserstockwerk der Älteren Seeland-Schotter ist durch einen k-Wert aus einer Versuchsbohrung (Nr. 608'228'057) für die Grundwasserfassung Aarmatt belegt und beträgt $4.8 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Flowmeter-Messungen

Vertikale Ausgleichsströmungen und Bereichs-k-Werte

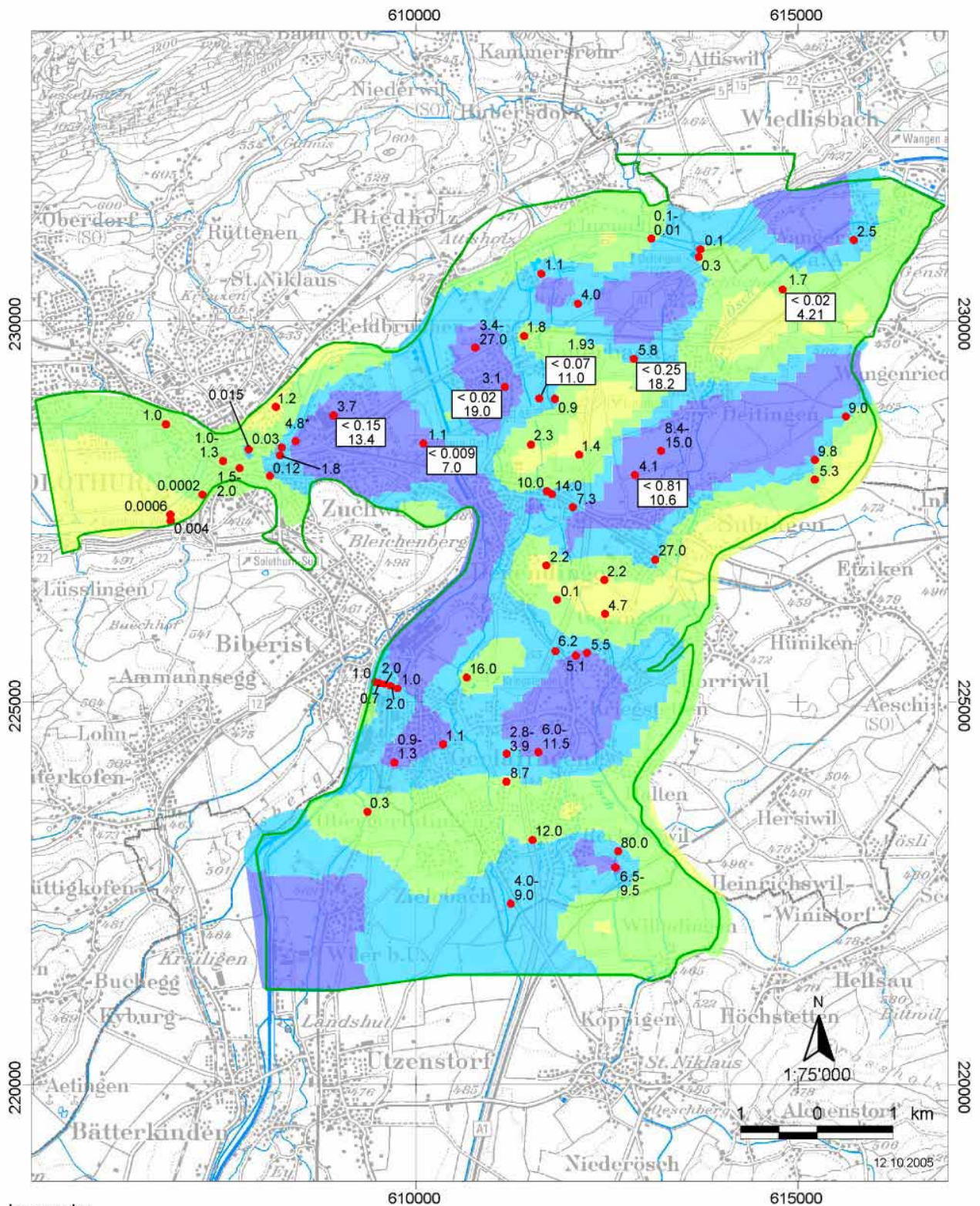
Flowmeter-Messungen liefern Angaben über vertikale Ausgleichsströmungen im Filterrohr und über die vertikale Verteilung der (Bereichs)-k-Werte des gesättigten Grundwasserleiters (Tabelle 16, Abbildung 12). Bei Zuchwil (Bohrung Rb 102) flossen am 21.04.2004 ca. 55 l/min im Filterrohr von oben nach unten. Das höhere Potential im oberen Bereich des Grundwasserleiters könnte durch eine Infiltration von Aarewasser in den Untergrund bewirkt worden sein. Demgegenüber traten in den Bohrungen bei Deitingen und Luterbach (Bohrungen Nrn. 615'229'012, 614'230'005, 612'227'012, 611'228'010) gegen oben gerichtete Ausgleichsströmungen von 3 bis 65 l/min auf, welche auf tiefer liegende, gutdurchlässige Schichten hinweisen, die ein im Vergleich zum oberen Bereich des Aquifers höheres Potential haben.

Die Emme- und Älteren Seeland-Schotter zeigen deutliche Variationen in der vertikalen Verteilung der k-Werte, bedingt durch ihren geschichteten Aufbau und variablen Anteil feinstmaterialreicher Einlagerungen. Der obere Teil der Emmeschotter ist generell besser durchlässig als der untere Teil (Flowmeter-Messungen in den Bohrungen Nr. 611'228'010 und Nr. 614'230'005). Die Flowmeter-Messung in der Bohrung Nr. 611'229'010 (KB 04/2) in Luterbach zeigt, dass die Emmeschotter sehr gut durchlässig sind (bis $1 \cdot 10^{-1}$ m/s zwischen 8 und 11 m u. OKR.); die an der Basis der Emmeschotter stellenweise ausgebildeten Sande sind demgegenüber deutlich weniger durchlässig (k-Wert max. $2.8 \cdot 10^{-4}$ m/s).

Bezeichnung Ort	Lithologie	Filter		Datum	Abstich GW	Ausgleichs- strömung im Filterrohr (**)	Pump- rate	k-Wert	
		von ... bis	Ø					Min	Max
		(m u. T.)	(")		(m u. OKR)	(l/min)	(l/min)	(mm/s)	(mm/s)
Rb 102 (*) Zuchwil	Emme- schotter	3.2– 17.2	4.5	21.4.04	3.74	- 55	465	< 0.15	13.5
612'229'016 Deitingen	Emme- schotter	9–18	6	21.4.04	8.46	~ 0	300	< 0.25	18.2
610'228'024 Zuchwil	Emme- schotter	8–36	4.5	21.4.04	7.30	~ 0	315	< 0.009	7.0
611'229'010 Luterbach	Emme- schotter (basal sandig)	8–11 13–28	4.5	21.4.04	8.01	~ 0	240	< 0.02	19.0
614'230'005 Deitingen	Emme- schotter	2–15	4.5	21.4.04	1.81	+ 14	520	< 0.02	4.21
612'227'012 Subingen	Emme- schotter	6–17	4.5	14.3.05	6.70	+ 13	279	< 0.81	10.6
611'228'010 Luterbach	Emme- schotter	9–24 29–40	4.5	14.3.05	9.57	+ 65	244	< 0.07	11.0

Anmerkungen: (*) keine GASO-Nr. vorhanden (**) pos./neg. Werte: Wasserfluss nach oben/unten gerichtet

Tabelle 16 Ergebnisse der Flowmeter-Messungen



Legende

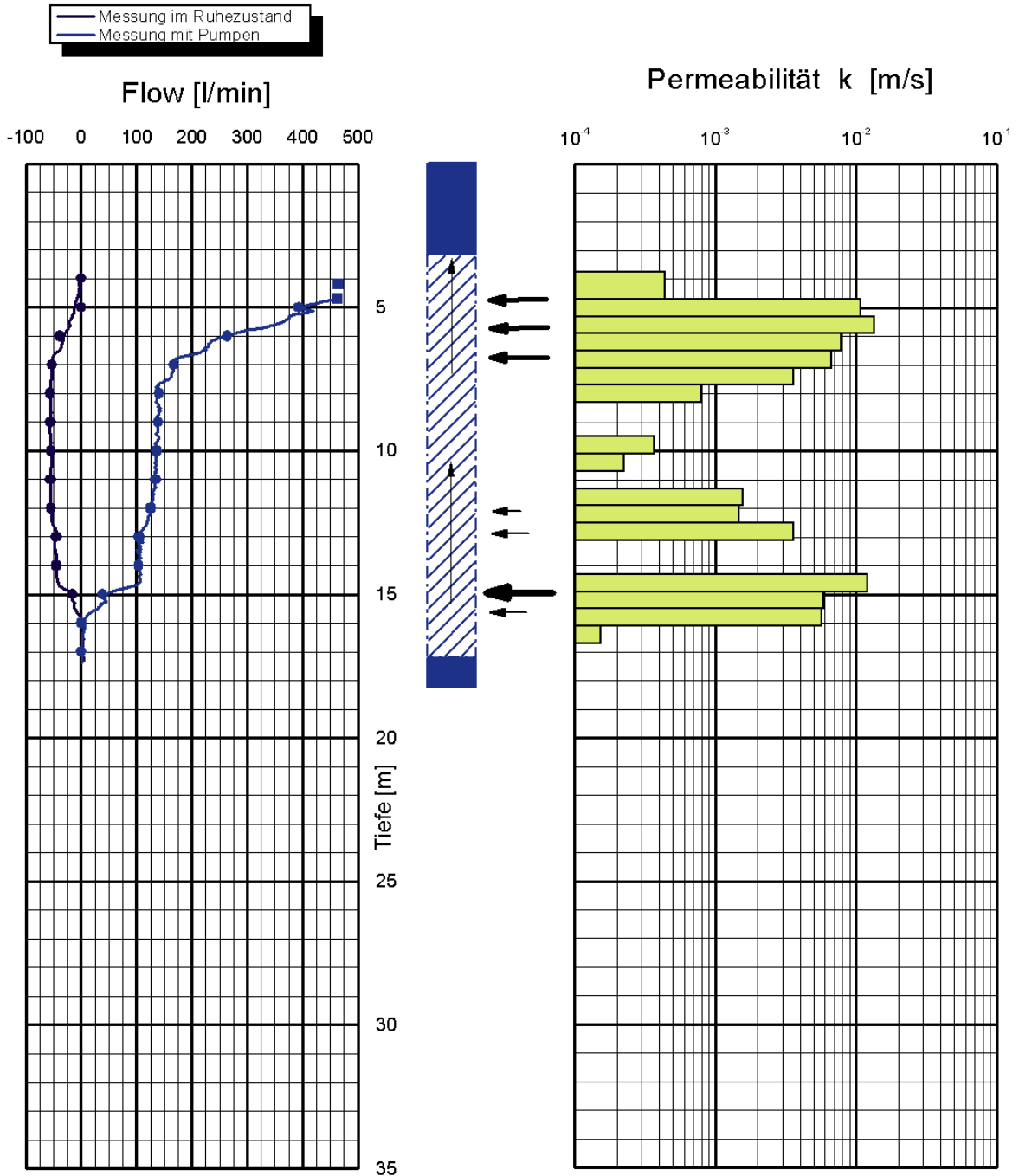
- | | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| | unbekannt | | Bohrung, Filterbrunnen | | unterer Grundwasserleiter (Vorstössschotter) |
| | klein $< 2 \cdot 10^{-4}$ m/s | | 2.1 Profil K-Wert aus Pumpversuchen [mm/s] | | Projektperimeter |
| | mittel $2 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-3}$ m/s | | < 0.02 19.0 Bereichs K-Wert aus Flowmetermessung: Minimum, Maximum [mm/s] | | |
| | gross $2 \cdot 10^{-3} - 8 \cdot 10^{-3}$ m/s | | | | |
| | sehr gross $> 8 \cdot 10^{-3}$ m/s | | | | |

Abbildung 11 Durchlässigkeiten (k-Werte) des gesättigten Grundwasserleiters in [mm/s]. Punktuellen Daten aus Pumpversuchen; farbige Bereiche gem. Grundwassermodell

Folgende Seiten:

Abbildung 12 Ergebnisse der Flowmeter-Messungen

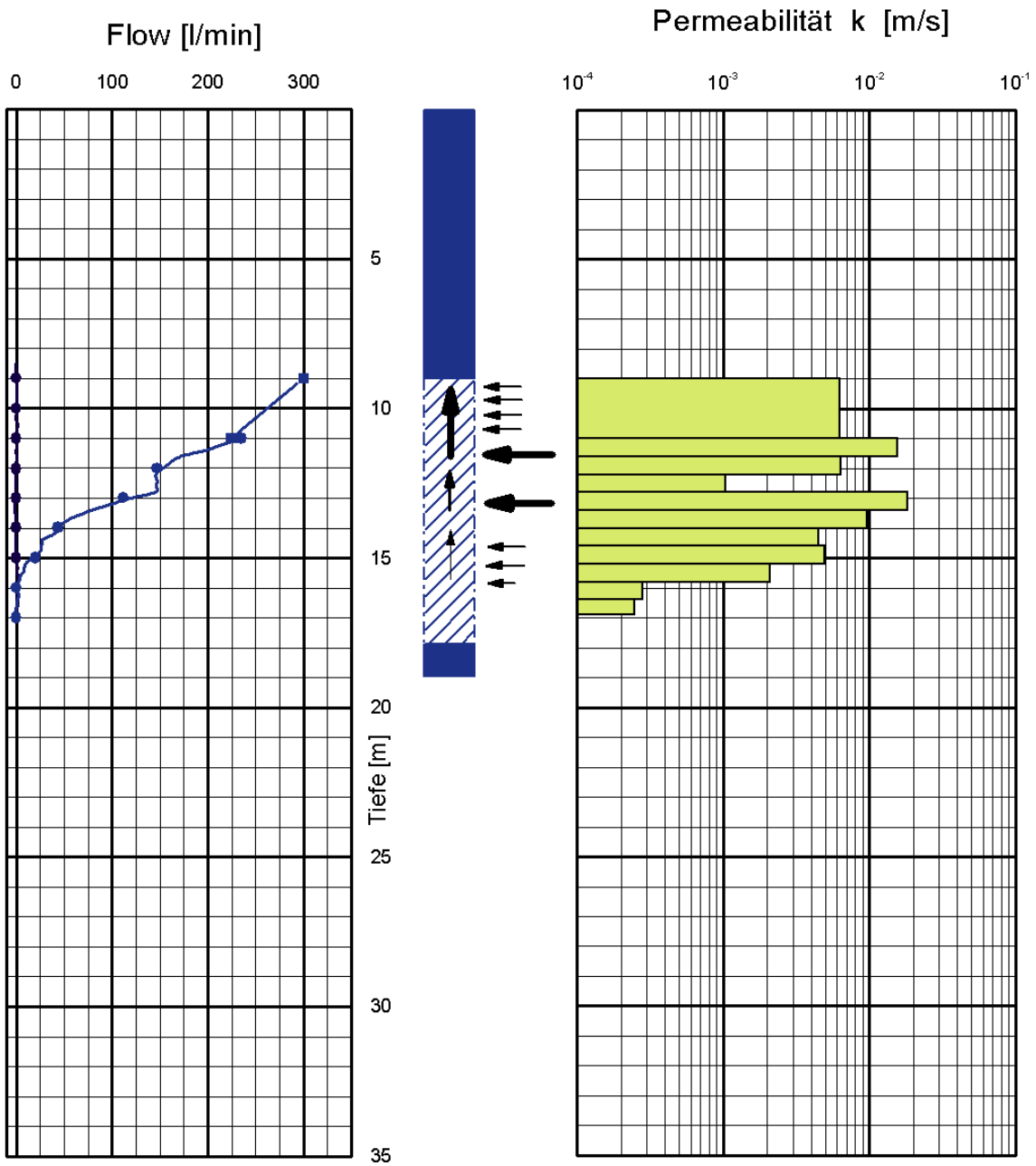
Bohrung Nr. Rb102			Zuchwil (Sulzer-textil AG)
Flowmetermessungen vom 21. April 2004			
Referenztiefe:	OK-Rohr	Filterstrecke: 3.2-17.2 m	
GWSP Ruhezustand:	3.74 m	Filterdurchmesser: 4½"	
Pumpmenge:	465 l/min	Tiefe der Pumpe: 4.2 m	
Absenkung:	0.175 m		



(Pfeile markieren die Strömungen im Pumpzustand)

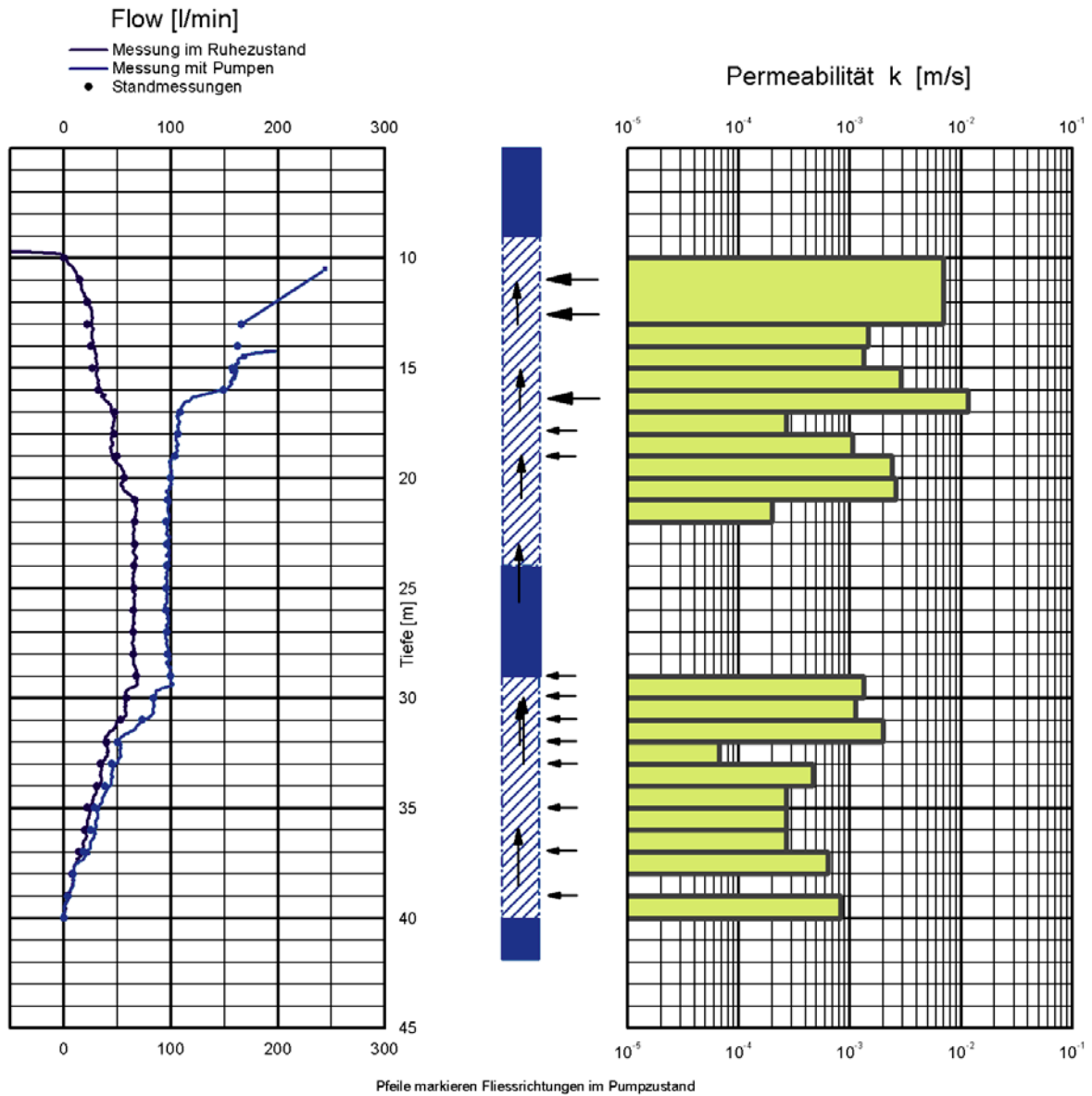
Bohrung Nr. 612229016 (Kb98-1)		Deitingen (nahe A5)
Flowmetermessungen vom 21. April 2004		
Referenztiefe: OK-Rohr	Filterstrecke: 9-18 m	
GWSP Ruhezustand: 8.46 m	Filterdurchmesser: 6"	
Pumpmenge: 300 l/min	Tiefe der Pumpe: 9 m	
Absenkung: 0.1 m		

— Messung im Ruhezustand
— Messung mit Pumpen



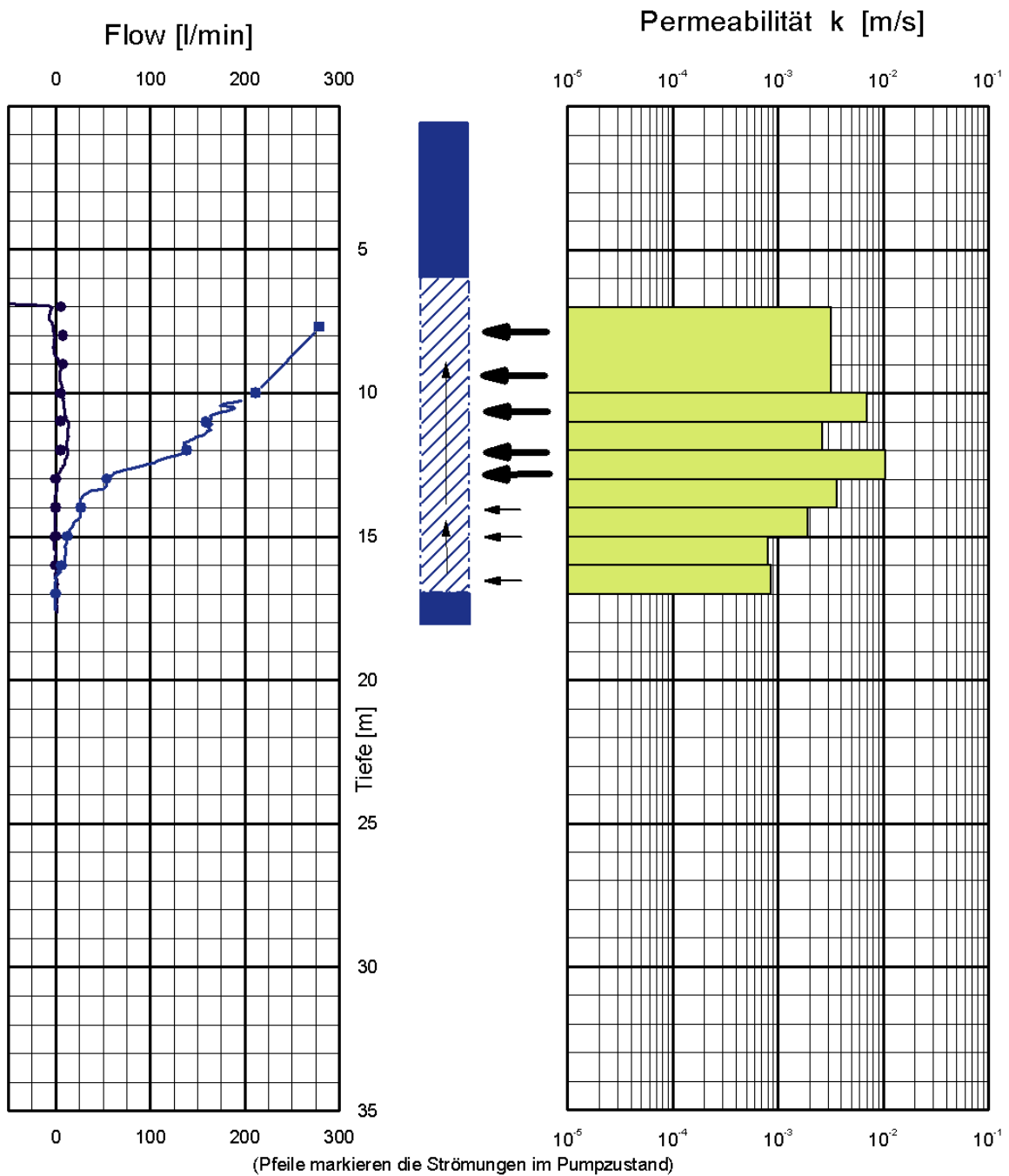
(Pfeile markieren die Strömungen im Pumpzustand)

Bohrung Nr. 611228010 (Kb05/5) Flowmetermessungen vom 14.3.2005				Luterbach, Wasseramt SO
Referenztiefe:	OK-Rohr	Filterstrecke:	9-24 / 29-40m	
GWSP Ruhezustand:	9.57 m	Filterdurchmesser:	4½"	
Pumpmenge:	244 l/min	Tiefe der Pumpe:	10.50 m	
Absenkung:	0.08 m	Endtiefe Logger:	40.60 m	



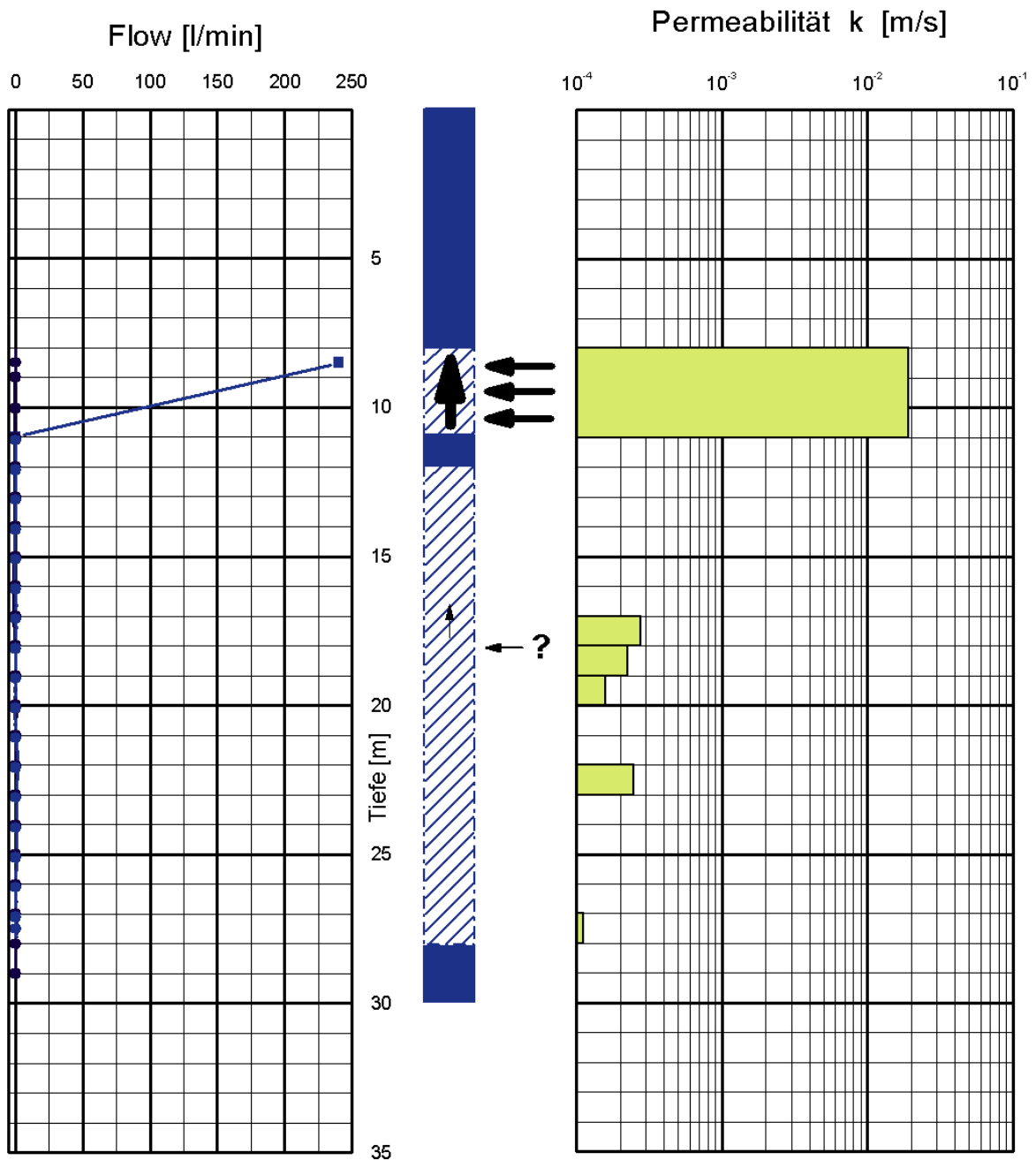
Bohrung Nr. 612227012 (Kb05-1) Flowmetermessungen vom 14.3.2005		Subingen, Wasseramt SO
Referenztiefe: OK-Rohr GWSP Ruhezustand: 6.695 m Pumpmenge: 279 l/min Absenkung: 0.125 m	Filterstrecke: 6-17 m Filterdurchmesser: 4½" Tiefe der Pumpe: 7.7 m Endtiefe Logger: 18.03 m	

— Messung im Ruhezustand
— Messung mit Pumpen



Bohrung Nr. 611229010 (Kb04/2) Flowmetermessungen vom 21. April 2004		Luterbach
Referenztiefe: OK-Rohr GWSP Ruhezustand: 8.01 m Pumpmenge: 240 l/min Absenkung: 0.07 m	Filterstrecke: 8-11, 13-28m Filterdurchmesser: 4½" Tiefe der Pumpe: 8.5 m	

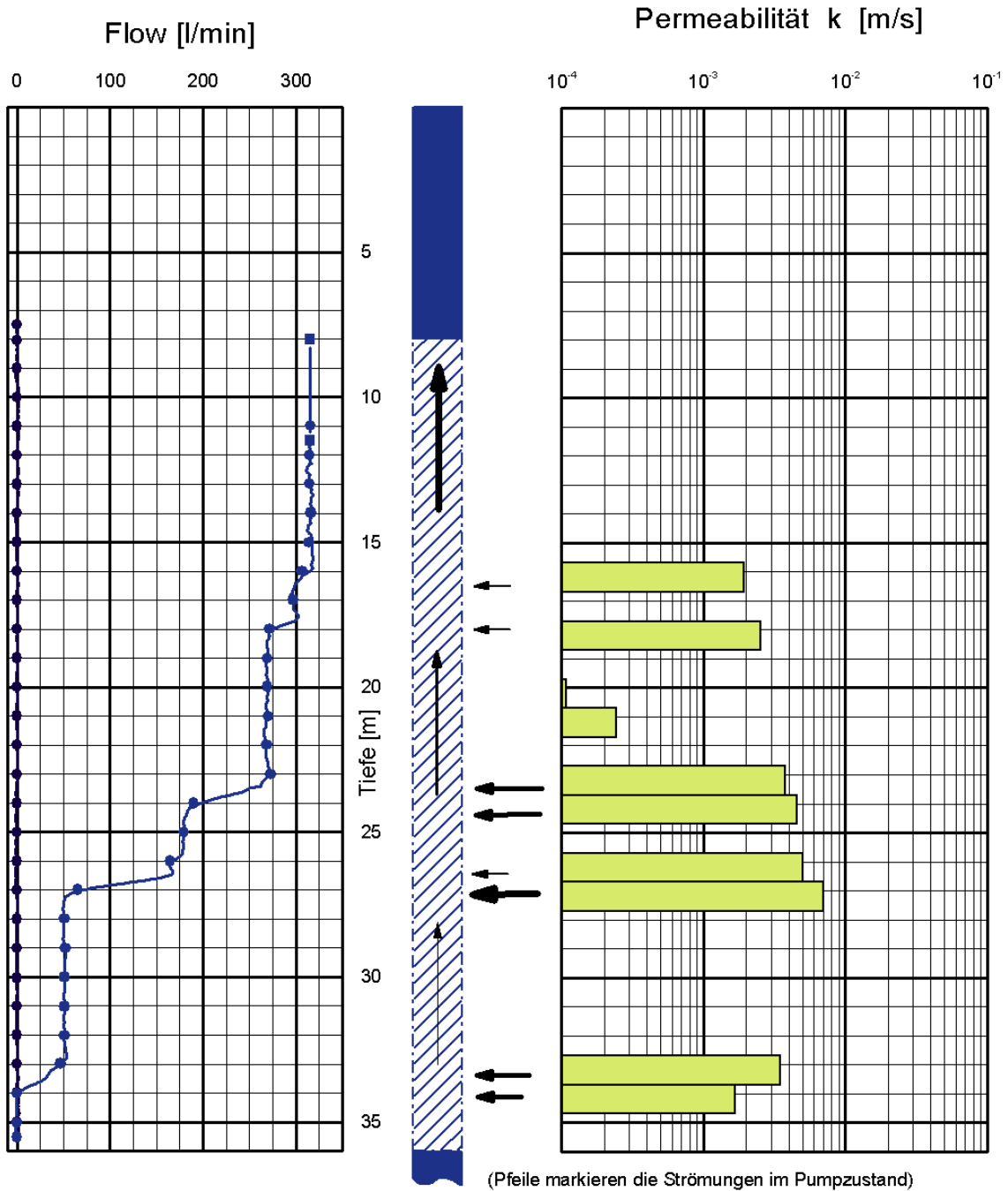
— Messung im Ruhezustand
— Messung mit Pumpen



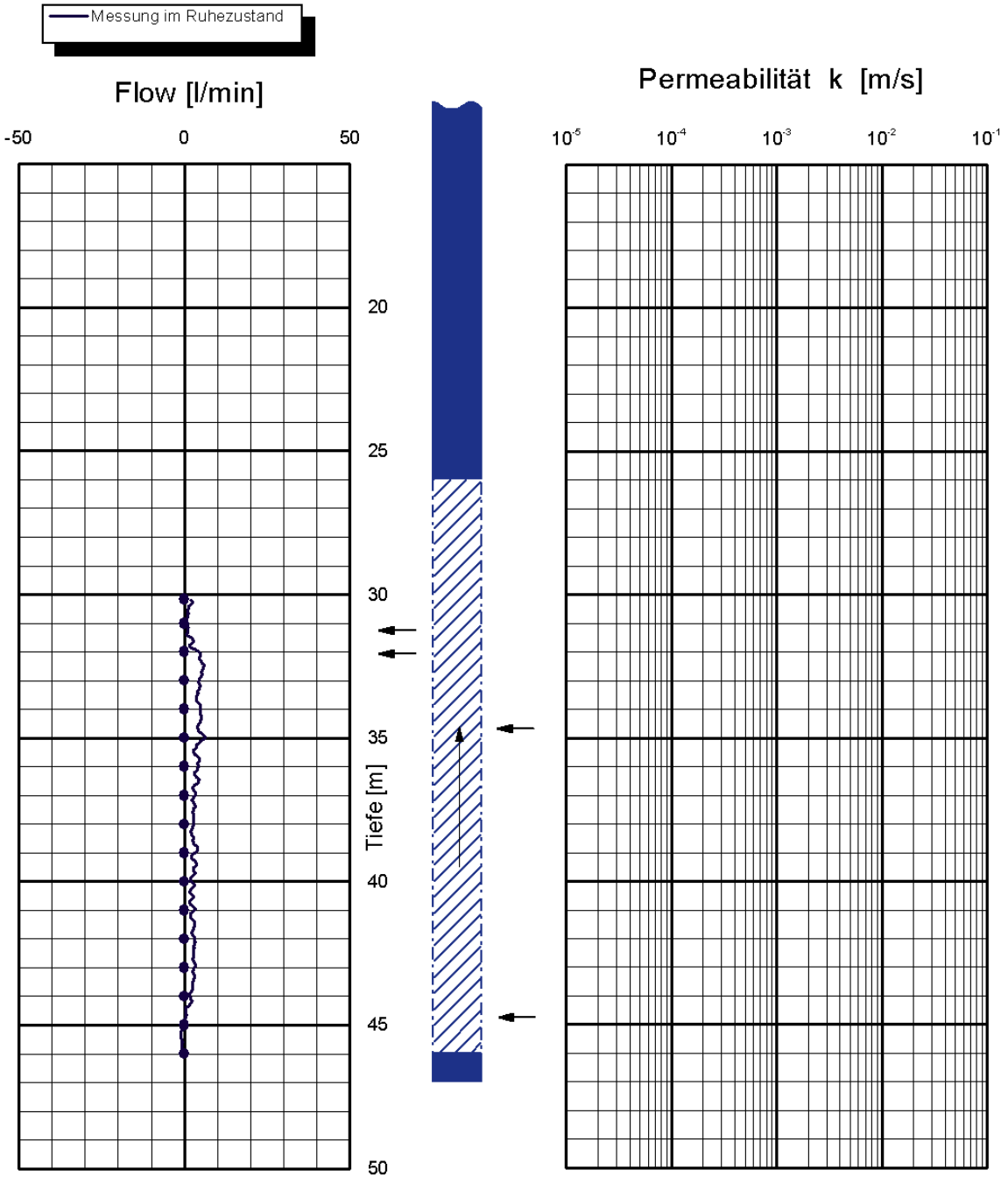
(Pfeile markieren die Strömungen im Pumpzustand)

Bohrung Nr. 610228024 (Kb04/1) Flowmetermessungen vom 21. April 2004		Zuchwil (nahe A5)
Referenztiefe: OK-Rohr GWSP Ruhezustand: 7.3 m Pumpmenge: 315 l/min Absenkung: 0.18 m	Filterstrecke: 8-36 m Filterdurchmesser: 4½" Tiefe der Pumpe: 8 m	

— Messung im Ruhezustand
— Messung mit Pumpen

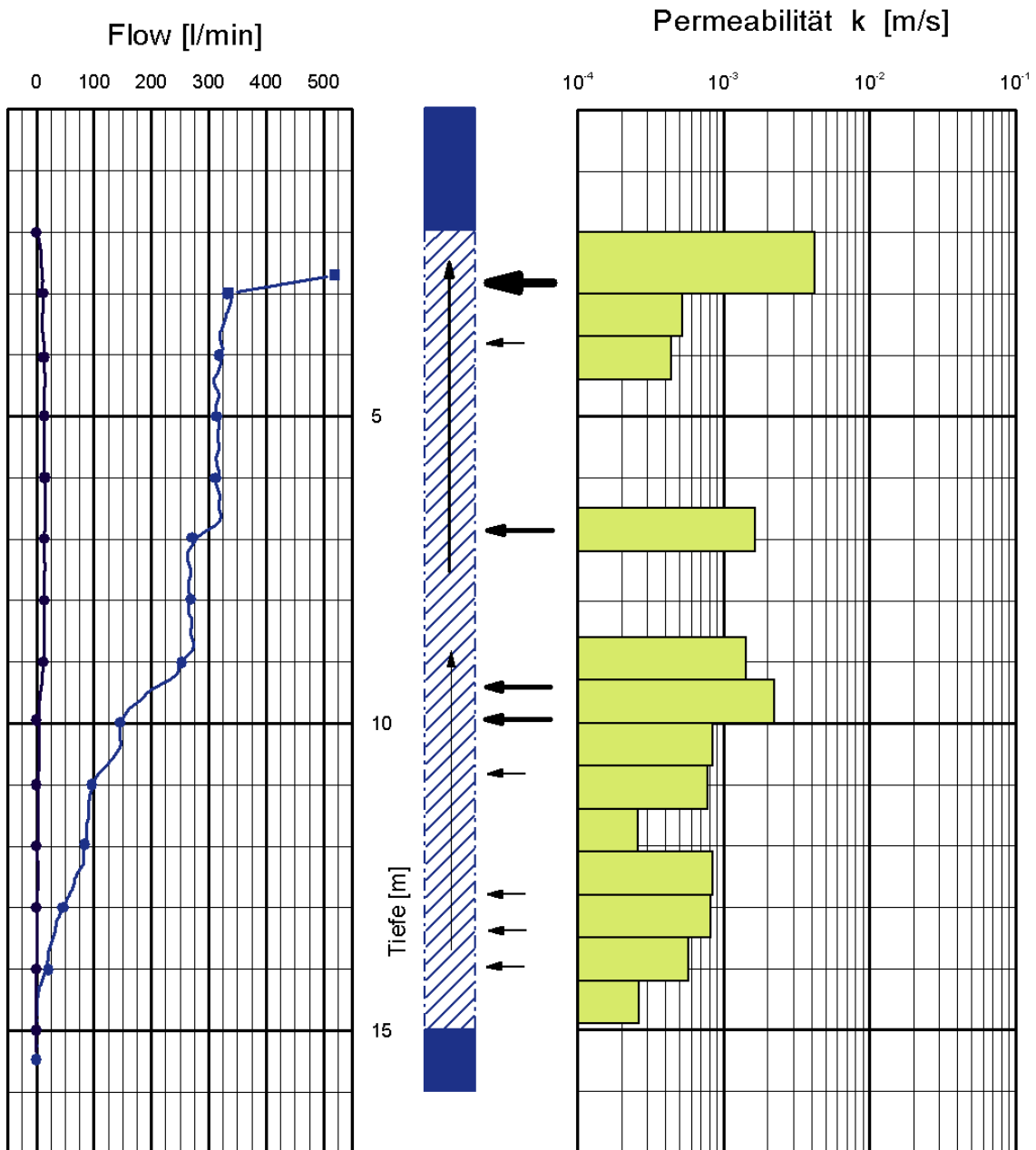
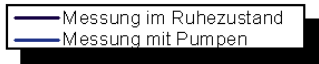


Bohrung Nr. 615229012 (Kb1-02) Flowmetermessungen vom 21. April 2004			Deitingen (Wald)
Referenztiefe: OK-Rohr GWSP Ruhezustand: 29.85 m Pumpmenge: 0 l/min Absenkung: 0 m	Filterstrecke: 26-46 m Filterdurchmesser: 4" Tiefe der Pumpe: Einbau nicht möglich, da Piezo-Durchmesser zu klein		



(Pfeile markieren die Strömungen im Ruhezustand)

Bohrung Nr. 614230005 (Kb04/3)			Deitingen (Wiese)
Flowmetermessungen vom 21. April 2004			
Referenztiefe:	OK-Rohr	Filterstrecke: 2-15 m	
GWSP Ruhezustand:	1.81 m	Filterdurchmesser: 4½"	
Pumpmenge:	520 l/min	Tiefe der Pumpe: 2.7 m	
Absenkung:	0.77 m		



(Pfeile markieren die Strömungen im Pumpzustand)

5.4 Grundwassermächtigkeiten

Die Mächtigkeit des wassergesättigten Grundwasserleiters variiert im Untersuchungsgebiet stark (Beilage 4). Über weite Teile des Wasseramts dominieren Mächtigkeiten von zwei bis zwanzig Metern.

Die Mächtigkeitsverteilung zahlreicher Grundwasservorkommen in Schweizer Talsohlen ist durch lang gezogene Trogstrukturen geprägt. Ein Beispiel dafür ist das Dünnergäu im Kanton Solothurn. Im Unterschied zu diesen zeichnet sich das Wasseramt durch eine beckenartige Mächtigkeitsverteilung auf. Im Oberen Wasseramt liegt im Gebiet zwischen den Ortschaften Gerlafingen und Kriegstetten ein mehr oder weniger zusammenhängendes Becken mit Mächtigkeiten von bis zu 20 m vor. Im Unteren Wasseramt ist ebenfalls eine beckenartige Mächtigkeitsverteilung zu beobachten, allerdings mit einer komplizierten, zungenförmigen Ausbreitung. Auffallend ist die rinnenartige Struktur mit Mächtigkeiten von bis zu 30 m im Raum Luterbach (Depression in der Staueroberfläche). Sehr grosse Mächtigkeiten des gesättigten Grundwasserleiters treten auch in Solothurn, zwischen Hauptbahnhof und Aare, auf.

5.5 Flurabstand und Deckschichten

Die Flurabstände, d.h. die Mächtigkeiten der ungesättigten Überdeckung des Grundwassers, sind sehr variabel. Bei Recherswil ist der Grundwasserleiter gespannt (Überschwemmungssedimente über den Emmeschottern). Die Mächtigkeit der Überschwemmungssedimente beträgt ca. 5.7 m und der Grundwasserspiegel liegt ca. 1.9 m unter Terrain (Bohrung 612'222'004 in Recherswil). Beilage 2 zeigt die Verteilung der Flurabstände unter Annahme von Grundwasser-Höchstständen. Geringe Flurabstände von weniger als 2.0 m prägen den Exfiltrationsgürtel entlang der südlichen Kantonsgrenze (Obergerlafingen, Recherswil), das Gebiet nördlich von Oekingen, das stark drainierte Gebiet von Solothurn-West und die Ebene nordöstlich von Deitingen. Zusammenhängende Gebiete mit mittleren bis grossen Flurabständen (in der Regel 5 m bis 10 m) sind im Becken von Gerlafingen-Kriegstetten und im Raum Luterbach zu beobachten. Die weitaus grössten Überdeckungen des Grundwassers zeichnen den Deitingen Wald aus (bis zu 40 m).

Die Tatsache, dass die Flurabstände im Wasseramt gebietsweise gering sind, ist insbesondere bei der Planung von Bauten frühzeitig zu berücksichtigen. Denn Einbauten unter den mittleren Grundwasserspiegel sind im Gewässerschutzbereich A_u grundsätzlich verboten (Ausnahmebewilligungen mit entsprechenden Auflagen möglich).

5.6 Stauer

Wie bereits in Kapitel 3.6 erwähnt, bilden je nach Gebiet der Molassefels, feinkörnige randglaziäre Stillwasserablagerungen oder Moräne den Grundwasserstauer (Abbildung 13). Im Becken von Luterbach–Wangen a. A. treten an der Basis der Emmeschotter auch sandig-siltige Einlagerungen auf, wodurch die Staueroberkante z. T. nicht scharf definiert ist.

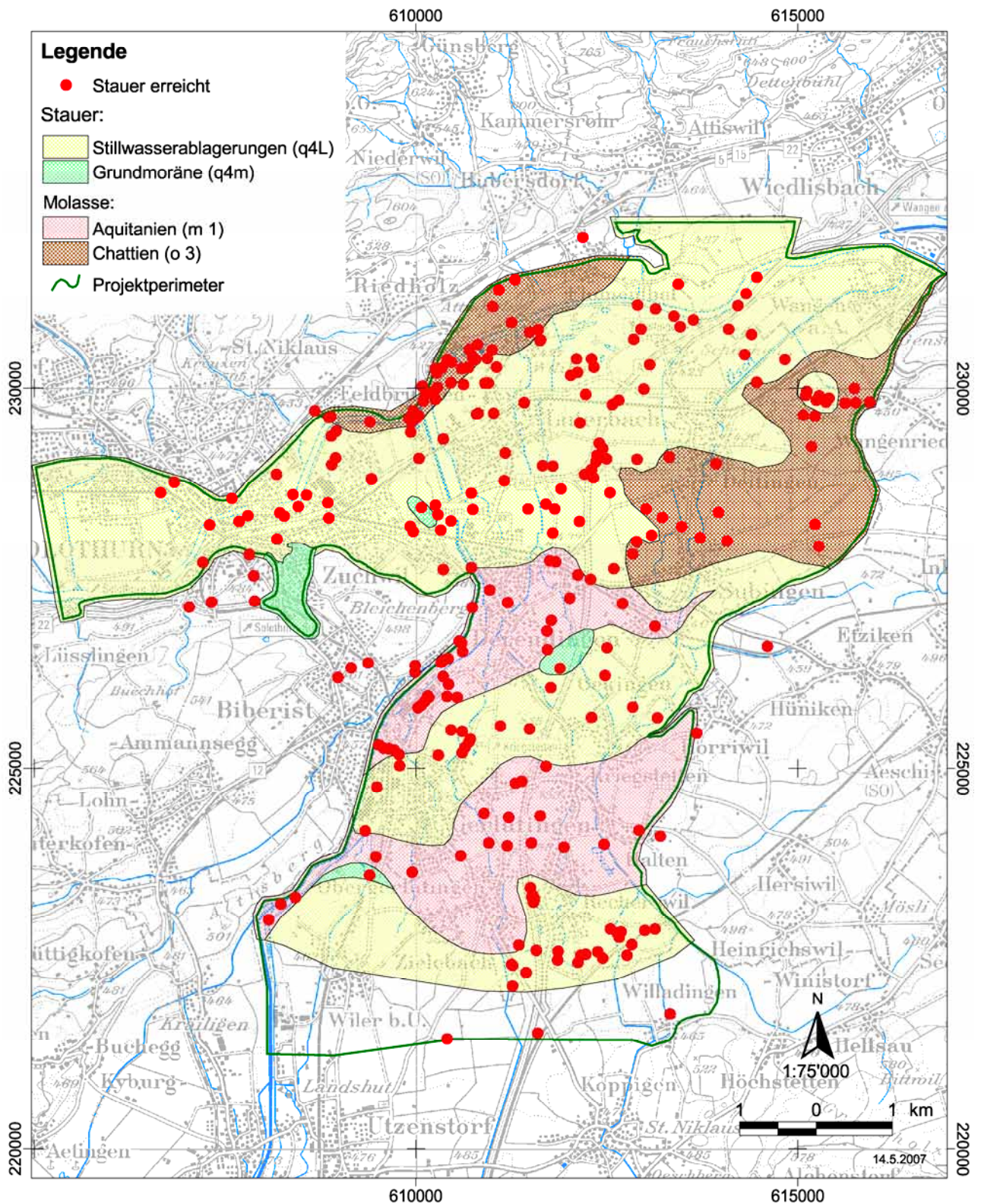


Abbildung 13 Lithologie des Grundwasserstauers

Die Stauer Oberfläche variiert zwischen 385 m ü. M. im Raum Luterbach bei den Depressionen Ischlag und Dörnischlag (randglaziäre Stillwasserablagerungen) und 415 m ü. M. im Raum Solothurn West (randglaziäre Stillwasserablagerungen).

Der Verlauf der Stauer Oberfläche von Süden nach Norden ist wie folgt charakterisiert:

- Südlich von Recherswil bilden feinkörnige Stillwasserablagerungen eine Schwellenzone auf ca. 450 m ü. M.
- Zwischen Gerlafingen und Kriegstetten besteht ein Grundwasserbecken, dessen Sohle auf ca. 430 m ü. M. liegt und im Molassefels (Aquitainen) verläuft. Die Beckenfüllung besteht aus Emmeschottern.
- Im Raum Oekingen befindet sich eine Schwellenzone. Die Stauer Oberfläche verläuft annähernd horizontal auf ca. 435 bis 440 m ü. M. in Stillwasserablagerungen.
- Entlang der Emme – bei der Papierfabrik in Biberist – ist die Molasse aufgeschlossen und bildet somit den Rand des Grundwasserleiters.
- Am Nordrand des Beckens von Subingen–Deitingen besteht westlich von Wangenried in der Stauer Oberfläche eine Kuppe aus Molassefels. Der Grundwasserstauer steigt an dieser Stelle von 415 auf 435 m ü. M.
- Entlang der Aare – zwischen Zuchwil und Luterbach – verläuft die Stauer Oberfläche (Molasse) annähernd horizontal und liegt auf einer Kote von 410 bis 420 m ü. M.
- Im Gebiet von Solothurn wurde die unter dem unteren Grundwasservorkommen der Älteren Seeland-Schotter liegende Stauer Oberfläche nicht erbohrt.

6 Grundwasserneubildung aus Niederschlag

6.1 Direkte Grundwasserneubildung

Die direkte Grundwasserneubildung ist die Menge des Niederschlages, die über der Talsohle ins Grundwasser gelangt. Für das Grundwassermodell wird die Neubildung über eine Bodenbilanz berechnet und anschliessend je nach Flurabstand zeitlich verschoben und ausgemittelt.

Die Bilanz wird in zwei Schritten berechnet. Zuerst wird die Menge Wasser berechnet, die am „Tag i“ versickert:

$$S_i = (N_i - A_i) - V_{a,i} - \text{BSD}_{w, i-1}$$

wobei

S_i	Sickerwasser [mm]
N_i	Niederschlag [mm]
A_i	oberflächlicher Abfluss [mm]
$V_{a,i}$	aktuelle Verdunstung [mm]
$\text{BSD}_{w, i-1}$	Bodenspeicherdefizit der Wurzelzone am Tag i-1 [mm] ($\text{BSD}_w = 0$ bedeutet gesättigter Boden, $\text{BSD}_w = \text{Feldkapazität}$ bedeutet vollständig trockener Boden)

Wenn das Bodenspeicherdefizit der Wurzelzone am Vortag gleich null ist, wird der gesamte Niederschlag abzüglich des oberflächlichen Abflusses und der Verdunstung versickern. Ist das Bodenspeicherdefizit am Vortag grösser als null, muss zuerst der Boden bis zur Feldkapazität gefüllt werden, bevor das Wasser in den Untergrund versickert.

Im zweiten Schritt wird das Bodenspeicherdefizit in der Wurzelzone am „Tag i“ berechnet:

$$\text{BSD}_{w, i} = \text{BSD}_{w, i-1} - (N_i - A_i) + V_{a,i} + S_i$$

Mit dieser neuen Zehrung kann die Versickerung für den Folgetag berechnet werden. Die Berechnung ist also iterativ. In Allen et al., 1998 [1] ist das genaue Vorgehen für diese Bilanz beschrieben.

Ein wichtiger Teil dieser Gleichungen ist der oberflächliche Abfluss. Die hier benutzte Abschätzung lautet: Falls der Niederschlag eines Tages 15 mm überschreitet, so fliesst 10 % des Niederschlages oberflächlich ab. Diese Schätzung ist vor allem für Gebiete mit flachem Gefälle sinnvoll. In steileren Gebieten könnte der Oberflächenabfluss auch grösser sein. Bewaldete Gebiete haben eine grössere Retention, dort geht der Oberflächenabfluss gegen null.

Die täglich berechnete Sickerwassermenge kann nicht als direkte Neubildung betrachtet werden, da die Bilanz oberflächennah durchgeführt wird. Das Sickerwasser muss bis zum Grundwasserspiegel noch eine Bodenpassage durchlaufen. Je nach Flurabstand und Bodeneigenschaften ergeben sich verschiedene Neubildungsraten.

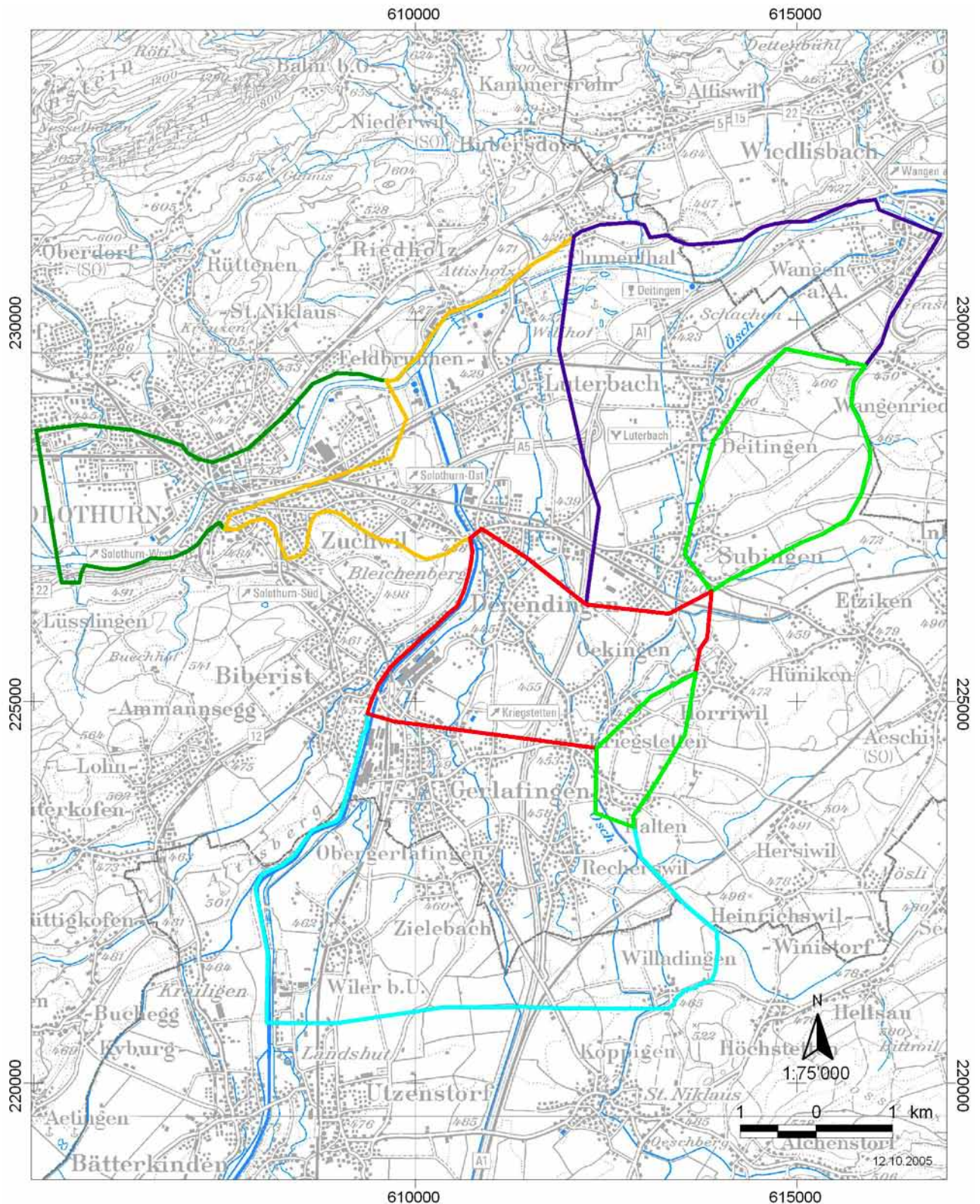


Abbildung 14 Zoneneinteilung der Grundwasserneubildung

Das Gebiet wird in sechs Zonen unterteilt. Im Süden, im mittleren Teil, im Nordosten und im Osten wird die Neubildung mit den Daten der Station Oeschberg-Koppigen berechnet. Im nordwestlichen Teil weisen die Ganglinien teilweise andere Verläufe auf, was auf eine ande-

re Verteilung des Niederschlages (v. a. Gewitterereignisse im Sommer) hinweist. Dort wird die Neubildung mit dem Niederschlag der Station Rötihof, Solothurn berechnet. Das südliche Gebiet (hellblau) zeichnet sich durch kleine Flurabstände (0–5 m) aus. Die Pegel reagieren sofort auf Niederschlagsereignisse, sowohl im Anstieg als auch beim Rückgang des Grundwasserspiegels. Die Sickerwassermenge wird über drei Tage gemittelt, aber nicht verzögert. Das Gebiet in der Mitte (rot) hat grössere Flurabstände als das südliche Gebiet. Hier wird die Sickerwassermenge über fünf Tage gemittelt und um fünf Tage verzögert. Im Osten (hellgrün) sind die Flurabstände gross (20–30 m). Das Wasser braucht lange, bis es den Grundwasserspiegel erreicht. Während der Bodenpassage werden die Spitzen im Niederschlag ausgemittelt. Es ist also mit Verzögerung und mit Ausmittlung der Sickerwassermenge zu rechnen. Im nordöstlichen Teil (blau) reagieren die Pegel auf die Niederschlagsereignisse schneller als im östlichen Gebiet. Dies hängt vor allem mit den kleineren Flurabständen zusammen. Im nordwestlichen Teil (orange) betragen die Flurabstände 5–10 m. Die Grundwasserstände steigen bei grossen Neubildungsmengen schnell an und fallen langsam ab. In diesem Teil ist der Einfluss der Emme gross. Das Hochwasser im August 2005 ist nur in Pegeln des nordwestlichen Gebietes (orange) zu sehen, alle anderen Pegel verzeichnen keinen Anstieg. Das Grundwasser reagiert in diesem Bereich also nicht nur auf Regenereignisse, sondern auch auf die Emme. Dies ist auch im langsameren Abfallen der Pegel nach Hochwasserereignissen sichtbar, das Grundwasser wird weiterhin durch die Emme gespeist. Das westliche Gebiet (dunkelgrün) hat kleinere Flurabstände als das nordwestliche. Die Pegel reagieren deshalb schneller auf Niederschlagsereignisse. Bei einem Mittelwert der Grundwasserneubildung während der Beobachtungsperiode von 0.8 mm/d sowie der Gebietsfläche von 60 km² ergibt sich eine mittlere Grundwasserneubildung von 560 l/s bzw. 48'000 m³/d.

6.2 Indirekte Grundwasserneubildung

Als indirekte Grundwasserneubildung werden die Zuflüsse bezeichnet, die dem Grundwasservorkommen über die seitlichen Ränder zusickern. Die Bestimmung der indirekten Grundwasserneubildung benötigt mehr Daten und Annahmen als die direkte. Deshalb wird in diesem Modell mit einer zeitlich nicht ändernden indirekten Grundwasserneubildung gerechnet.

Im Norden, im Osten und im südlichen Teil von Solothurn / Zuchwil werden Randzuflüsse definiert. Diese werden abgeschätzt und bei Bedarf angepasst. Der Süden und der Westen sind durch Fixpotentiale, bzw. die Emme begrenzt, hier wird kein Randzufluss definiert. Über die indirekte Neubildung fließen rund 140 l/s, bzw. 12'000 m³/d ins Modellgebiet.

7 Wechselwirkung Fließgewässer – Grundwasser

7.1 Das Gewässersystem im Wasseramt

Das Grundwassergebiet Wasseramt weist mit der Emme, der Aare sowie zahlreichen Bächen und Kanälen eine ausgesprochen hohe Dichte an Fließgewässern auf. Die Gesamtlänge der Bäche und Kanäle beläuft sich im Modellperimeter auf ca. 80 km, diejenige der Emme auf 10.5 km.

Sofern ein Gerinne nicht vollständig dicht ist, steht es mit dem Grundwasserleiter in direktem Zusammenhang (Infiltration und/oder Exfiltration). Die Ermittlung von Infiltrations- und Exfiltrationsmengen – zusammengefasst als Leakage-Mengen bezeichnet – basiert auf zwei Vorgehensweisen:

- Bestimmung mittels Abflussmessungen an ausgewählten Streckenabschnitten
- Berechnung mit dem Grundwassermodell

Der Abfluss der Aare ist zu gross, um die Leakage-Mengen mittels Abflussdifferenzen ermitteln zu können. Hier stützt sich die Beurteilung einzig auf die Modellberechnungen. (Aus Fehlerüberlegungen geht hervor, dass der Infiltrations- oder Exfiltrationsüberschuss mindestens 5% der Abflussmenge betragen muss, um eine repräsentative Aussage machen zu können.) Die ermittelten Abflusswerte an den Fließgewässern sind in Beilage 3 dargestellt.

7.2 Aare

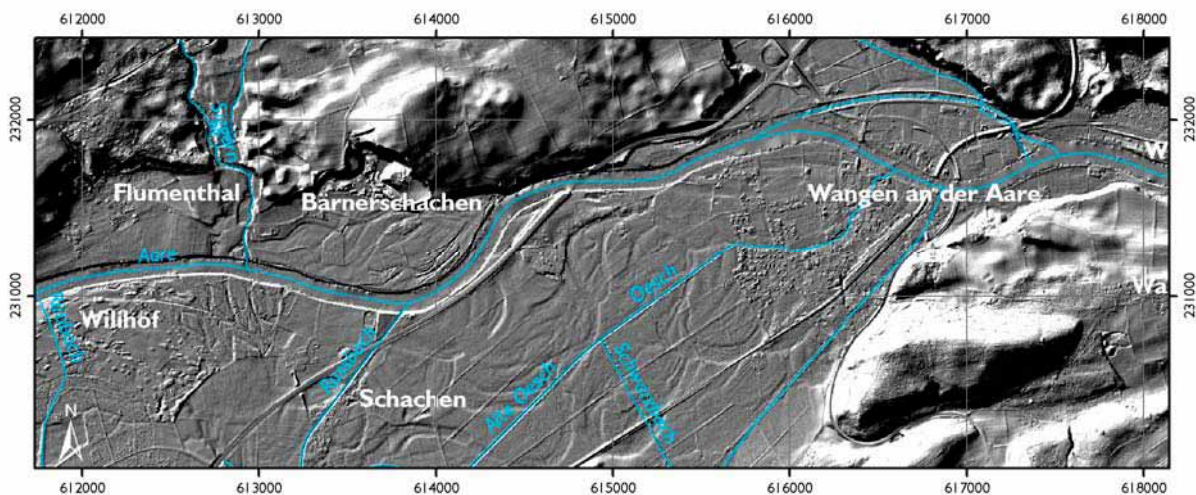


Abbildung 15 Das digitale Höhenmodell macht alte Flussläufe zwischen Aare und Emme sichtbar (Quelle: DTM_av © swisstopo)

Die Aare stellt den nördlichen Rand des Wasseramts dar. In sie münden alle Fließgewässer, die das Wasseramt queren. Wo sie früher in breiten Auen- und Schachenlandschaften ihren Weg immer wieder neu suchte (Abbildung 15), fliesst sie heute in einem verbauten Flussbett. Schlüsselstelle der während der zweiten Juragewässerkorrektur ausgeführten wasserbaulichen Veränderungen ist das Wehr Port, das die Regulierung der Jurarandseen

sicherstellt. Um die Fundamente der historischen Gebäude der Stadt Solothurn entlang der Aare nicht zu gefährden und wegen der Überflutungsgefahr darf der Wasserspiegel der Aare auch unterhalb des Bielersees weder zu hoch noch zu tief sein. Aus diesem Grunde wurde in die Konzession des Kraftwerks Flumenthal die „Solothurner Bedingung“ aufgenommen. Diese hält fest, dass bei der Rötibrücke ein Wasserspiegel von konstant 426,00 m eingehalten werden muss. Im Raum Solothurn–Zuchwil ist die Wechselwirkung zwischen Aare und Grundwasser nur wenig ausgebildet. Bei Solothurn-Brunnmatt, dem westlichsten Teil des Untersuchungsgebietes, wird das in Kanälen abgeleitete Oberflächen- und Drainagewasser in die höher gelegene Aare gepumpt. Wesentliche Infiltrationen finden im Gebiet zwischen der Emmemündung und der Staustufe Flumenthal statt. Gemäss Modellberechnungen (Kapitel 10.2) betragen diese im Durchschnitt 55 l/s. Unterhalb der Staustufe fungiert die Aare als Vorfluter. Bis Wangen a. A. exfiltrieren rund 250 l/s Grundwasser in den Fluss.

7.3 Emme

Im 19. Jahrhundert war das Flussbett der Emme stellenweise noch über 200 m breit. Heute fliesst die früher mäandrierende Emme als kanalisierter Fluss durchs Wasseramt. Die grossen Korrektionsarbeiten wurden 1881 abgeschlossen. Durch den Verbau der Emme liess sich die Hochwassergefahr reduzieren. Die hohe Schleppekraft des abfliessenden Wassers führte vor allem in den oberen, im Kanton Bern liegenden Streckenabschnitte zu einer kontinuierlichen Sohlenerosion. Schwellenverbauungen dienten als Gegenmassnahme.

Bei Biberist wird zwecks Energieerzeugung ein Teil des Emmewassers in den parallel zum Fluss geführten Emmekanal abgeleitet. Er wurde 1858 bis Derendingen und 1887 bis zur Aare fertig erstellt. Das Wasseramt war damals eines der ersten Gebiete Europas mit elektrischer Kraftübertragung über längere Distanzen. Die noch heute bestehenden Kleinkraftwerke entlang des Emmekanal sind in der Emmekanal-Genossenschaft organisiert und werden auch heute noch genutzt.

Mittels Abflussmessungen liess sich die Wechselwirkung zwischen Emme und Grundwasser an drei Teilabschnitten untersuchen.

- Westlich von Ziebach exfiltrieren entlang eines gut 1 km langen Streckenabschnitts zwischen 65 und 180 l/s Grundwasser in die Emme (3 Einzelmessungen).
- Im Abschnitt nordöstlich von Biberist resultiert aus der ersten Messkampagne eine Infiltration von 15 l/s, aus der zweiten Kampagne eine Exfiltration von 108 l/s.
- Auch im untersten Abschnitt zwischen Derendingen und Luterbach geht aus den Messungen einmal eine Exfiltration, einmal eine Infiltration hervor. Gemäss Modellberechnungen dürften hier aber ausschliesslich infiltrative Verhältnisse vorherrschen.

Im Gegensatz zur messtechnischen Erfassung der Leakage-Mengen, welche sich auf bestimmte Gewässerabschnitte beschränkt, können dank der Modellierung Aussagen über die gesamten Infiltrations- und Exfiltrationsmengen der Emme (inkl. Werkkanal) gemacht werden. Zwischen der Kantonsgrenze südlich von Gerlafingen und Derendingen exfiltrieren im Mittel etwa 500 l/s Grundwasser ins Oberflächengewässer. Im unteren Abschnitt, zwischen Derendingen und der Einmündung in die Aare, überwiegt mit 90 l/s die Infiltration.

7.4 Kanäle und Bäche

Das System der Bäche und Kanäle ist stark verzweigt, zum Teil trennen sich die Wasserläufe und werden weiter unten wieder zusammengeführt. Die beiden wichtigsten Bäche sind die Ösch und der Grützbach. Neben der Emme ist die Ösch heute das einzige Fließgewässer

des Wasseramts, welches Hochwasser führen kann. Die restlichen Bäche und Kanäle sind weitgehend so reguliert, dass relativ konstante Abflüsse vorherrschen. So findet beispielsweise der Grützbach seinen Ursprung in Kirchberg, wo er als Gewerbekanal von der Emme gespeist wird.

Mittels Abflussmessungen wurden die Leakage-Mengen an rund 30 Kanal- und Bachabschnitten ermittelt. Die Ergebnisse trugen wesentlich zur Kalibrierung des Grundwassermodells bei. Die wichtigsten Erkenntnisse sind die folgenden:

- Im Bereich der südlichen Kantonsgrenze (Wiler, Ziebach, Obergerlafingen, Rechterswil und Willadingen) wirken die Kanäle und Bäche grösstenteils als Vorfluter, d. h. Grundwasser exfiltriert ins Oberflächengewässer. Schon alleine die messtechnisch erfassten Gewässerabschnitte ergeben eine Gesamtexfiltration von ca. 750 l/s. Mit dem Modell lassen sich die Leakage-Mengen der gesamten Fliessgewässerverläufe berechnen. Wie aus Kapitel 10.2 hervorgeht, resultiert für die südlichsten zwei Teilgebiete eine durchschnittliche Exfiltration in Kanäle und Bäche von rund 1'000 l/s.
- Weiter stromabwärts, d. h. nördlich der Linie Gerlafingen–Kriegstetten, sind abwechselnd sowohl Exfiltrations- als auch Infiltrationsstrecken auszumachen. Aufgrund unterschiedlicher Tiefenlage der einzelnen Gewässer können selbst benachbarte Streckenabschnitte unterschiedliche Wechselwirkungen zum Grundwasser aufweisen. Bei Deitingen beispielsweise exfiltriert Grundwasser in die alte Oesch, während der westlich verlaufende Russbach infiltrativ wirkt.
- Die aus den Messkampagnen über sämtliche Bach- und Kanalabschnitte hervorgehende Exfiltrationsleistung (ausgedrückt als Rate pro Laufkilometer) beträgt im Mittel 40 l/s km', die Infiltrationsleistung 15 l/s km'.

7.5 Gesamtbetrachtung der Infiltration und Exfiltration

Das Grundwassergeschehen im Wasseramt wird massgebend durch Oberflächengewässer geprägt. Etwa 30 % der Gesamtzuflüsse stammen aus Gewässerinfiltrationen, die Exfiltrationen machen rund 70 % der Gesamtwegflüsse aus (Kapitel 10.2). Über das gesamte Untersuchungsgebiet beträgt das Verhältnis Exfiltration zu Infiltration 1.5 bis 3.5, es fliesst also mehr Wasser aus dem Grundwasser in die Fliessgewässer als umgekehrt.

Das Besondere am Wasseramt ist, dass sich diese dominierende Prägung des Grundwasserhaushalts nicht auf ein einziges Fliessgewässer beschränkt. Die Emme, welche den Hauptgrundwasserstrom entlang des westlichen Randbereichs durchfliesst, beeinflusst das Grundwassergeschehen nur in deren Nahbereich. Es ist also vielmehr die *Summe* sämtlicher Fliessgewässer, welche den Grundwasserhaushalt des Wasseramts massgebend beeinflusst.

8 Drainagen und permanente Grundwasserabsenkungen

8.1 Landwirtschaftliche Drainagen

Aus hydrogeologischer Sicht sind diejenigen landwirtschaftlichen Drainagesysteme von Interesse, welche nebst kapillarem Bodenwasser effektiv auch Grundwasser ableiten. Grundsätzlich ist in Gebieten mit kleinen Flurabständen mit solchen Drainagen zu rechnen. Im Zuge der durchgeführten Abklärungen konnten im Wesentlichen zwei Gebiete ausgeschieden werden, in denen die Grundwasserverhältnisse eindeutig durch Drainagen beeinflusst sind:

- Im Raum Rechterswil–Obergerlafingen liegt ein Gürtel mit Flurabständen von weniger als 2 m vor. In Grundlagenplänen sind zwischen Grützbach im Westen und der Oesch im Osten 43 ha drainierte Landwirtschaftsfläche erfasst. Die Drainageröhren liegen in der Regel 1.1 bis 1.7 m unter Terrain. Die Sammelleitungen münden in Gewässerabschnitte, welche durch die Abfluss-Differenzmessungen erfasst wurden. D. h. die mit den Drainagen abgeleiteten Grundwassermengen sind in den ausgewiesenen Exfiltrationsmengen der Fliessgewässer enthalten.
- Im Gebiet Solothurn-West–Bellach fliesst das drainierte Grundwasser praktisch ausschliesslich den Entwässerungsgräben Brühlgraben, Brunngraben, einer parallel zum Wildbach führenden Drainage-Sammelleitung und den Bächen im Gländ zu. Zwischen Aarhof im Westen und Obach im Osten weist das mit Drainageröhren belegte Gebiet eine Gesamtfläche von 127 ha auf. Wegen des höher liegenden Aarewasserspiegels muss das Wasser in die Aare gepumpt werden. Die jährlichen Pumpmengen der vier Pumpwerke beliefen sich im Untersuchungszeitraum auf durchschnittlich 2.5 Mio m³. Davon dürfte der Grundwasseranteil etwa 50–80 % ausmachen (d. h. im Mittel 40–65 l/s).

8.2 Grundwasserableitungen über undichte Kanalisationsleitungen

Stetig den Abwasserreinigungsanlagen zufließendes sauberes Wasser wird als Fremdwasser bezeichnet. Dabei kann es sich um Sickerwasser aus Sickerleitungen, Ablauf von Laufbrunnen, Drainage-, Hang- und Grundwasser handeln. In Gebieten mit geringen Flurabständen ist grundsätzlich damit zu rechnen, dass nennenswerte Mengen an Grundwasser über undichte Leitungen ins Kanalisationsnetz dringen. Die Quantifizierung dieser Fremdwassermengen erfolgt mittels Durchflussmessungen nach mehreren Trockentagen, und zwar nachts, d. h. bei minimalem häuslichem Wasserverbrauch. Im Untersuchungsgebiet verfügt bereits ein grosser Teil der Gemeinden über einen Zustandsbericht Fremdwasser (Bestandteil des GEP). Zudem liess der Zweckverband der Abwasserregion Solothurn–Emme (ZASE) im Jahre 1987 eine detaillierte Fremdwasserstudie erarbeiten. An ausgewählten Punkten wurden seither Fremdwassermessungen in den Verbandskanälen wiederholt durchgeführt. Die vertiefte Auswertung des vorhandenen Datenmaterials über die Fremdwassermengen in Kombination mit den Flurabstandskarten erlaubte, die Menge des über undichte Kanalisationsleitungen abgeleiteten Grundwassers abschätzen zu können. Über den gesamten Untersuchungsperimeter betrachtet, betragen die in die Kanalisation abgeleiteten Grundwassermengen im Mittel rund 200 l/s. Wie aus den Modellberechnungen hervorgeht, entspricht dies 5–6 % der gesamten Grundwasserwegflüsse.

Im Einzelnen werden in folgenden Gemeinden relevante Mengen an Grundwasser, das über undichte Kanalisationsleitungen abgeleitet wird, registriert:

- Recherswil: ca. 60 l/s
- Biberist (östlich der Emme): ca. 70 l/s
- Gerlafingen: ca. 30 l/s
- Zuchwil: ca. 20 l/s
- Obergerlafingen: ca. 15 l/s

Zu beachten ist, dass diese Fremdwassermengen im Jahresverlauf stark schwanken. Eine Langzeitmessung des Abflusses im Hauptsammelkanal des ZASE in Derendingen zeigt, dass die Fremdwassermengen von 200 bis 1000 l/s variieren.

8.3 Grundwasserdrainagen bei tief liegenden Bauten

Die Prüfung von Einzelobjekten, bei denen möglicherweise eine permanente Grundwasserabsenkung stattfindet, basierte auf Befragungen, Archivrecherchen und Besichtigungen vor Ort. Von Interesse waren insbesondere Strassen- und Perronunterführungen und Verkehrswegedrainagen. Bei der Mehrzahl der untersuchten Objekte zeigte sich, dass diese entweder nicht ins Grundwasser reichen oder über eine dichte Wanne verfügen. Die wenigen relevanten Objekte, bei denen mit einer Grundwasserdrainage zu rechnen ist, sind in Tabelle 17 zusammengefasst.

Ein bedeutender Grundwasserwegfluss wurde im Pumpwerk PW 34 bei der Verzweigung der Autobahn A1/A2 festgestellt. Das Grundwasser fliesst über Drainageleitungen im Strassenkoffer, die unter dem Grundwasserspiegel liegen, dem Pumpwerk zu und wird von dort in den Russbach gepumpt. Im Mittel beträgt die drainierte Wassermenge ca. 25 l/s.

Standort	Objekt	Menge [l/s]	Bemerkungen
Zuchwil	SU Nord-Süd Strasse	< 0.1 l/s	Entwässerungsleitung auf 424.5 m ü. M.
Zuchwil	PU Aarmatt	unbekannt	Entwässerungsleitung auf 427.36 m ü. M. Abfluss zusammen mit Schmutzwasser
Solothurn	PU Bahnhof	unbekannt	Entwässerungsleitung (wahrscheinlich undicht) auf ca. 427 m ü. M. Abfluss zusammen mit Schmutzwasser
Solothurn	Posttunnel	unbekannt	UK Tunnel ca. 427 m ü. M.
Solothurn	PU Dornacherplatz	unbekannt	Entwässerungsleitung auf 428.2 m ü. M.
Autobahn A1	PW 36	ev. bei HGW	Grundwasserabfluss bei hohem Grundwasserstand möglich
Autobahn A1/A5	PW 34	25 l/s	Geschätzter Mittelwert, basierend auf Messungen 2003, Einzelmessung am 4.5.2004 ca. 20 l/s
Autobahn A5	PW 105	ca. 2–3 l/s	Wahrscheinlich Wasser aus dem Birchitunnel
Solothurn	SU Schöngrün	ca. 1 l/s	

Tabelle 17 Grundwasserabsenkungen bei tief liegenden Bauten

9 Trinkwasser- und Brauchwassernutzungen

9.1 Wasserversorgungen

Im Solothurner Kantonsgebiet des untersuchten Perimeters fördern folgende Wasserversorgungen (WV), die grösstenteils wassertechnisch miteinander verbunden sind, Grundwasser zu Trinkwasserzwecken (detailliertere Angaben im Anhang 3):

Wasserversorgung Solothurn

Die Wasserversorgung wird durch die Regio Energie Solothurn sichergestellt, welche ein selbstständiges öffentlich-rechtliches Unternehmen der Stadt Solothurn ist. Im Untersuchungsperimeter betreibt das Unternehmen die Fassungen PW Dörnischlag und PW Aarmatt (das PW Rötiquai dient seit 1996 als Notwasserfassung). Nebst der Stadt Solothurn gehören Feldbrunnen, Zuchwil, sowie Grenzgebiete von Biberist und Rüttenen zu den Absatzgebieten.

Gruppenwasserversorgung Grenchen

Im Wasseramt fördert die Gruppenwasserversorgung aus den Pumpwerken Erlenmoos und Tannwald Trinkwasser. Ein weiterer Bezugsstandort dieser Gruppenwasserversorgung ist u. a. das PW Kyburg im nahe angrenzenden Limpachtal.

Zweckverband Wasserversorgung Äusseres Wasseramt

Innerhalb des Untersuchungsperimeters bezieht der Zweckverband Grundwasser aus dem PW Subingen.

Gruppenwasserversorgung Unterer Leberberg

Die Gruppenwasserversorgung bezieht das Grundwasser aus dem PW XI bei Luterbach. Bei diesem Grundwasserpumpwerk sind zwei Konzessionäre beteiligt. Insgesamt werden etwa 3.3 Mio. m³ pro Jahr gefördert. Davon gehen etwa 40 % an den Zweckverband und 60 % werden durch die Firma Borregaard genutzt.

Gemeindewasserversorgungen

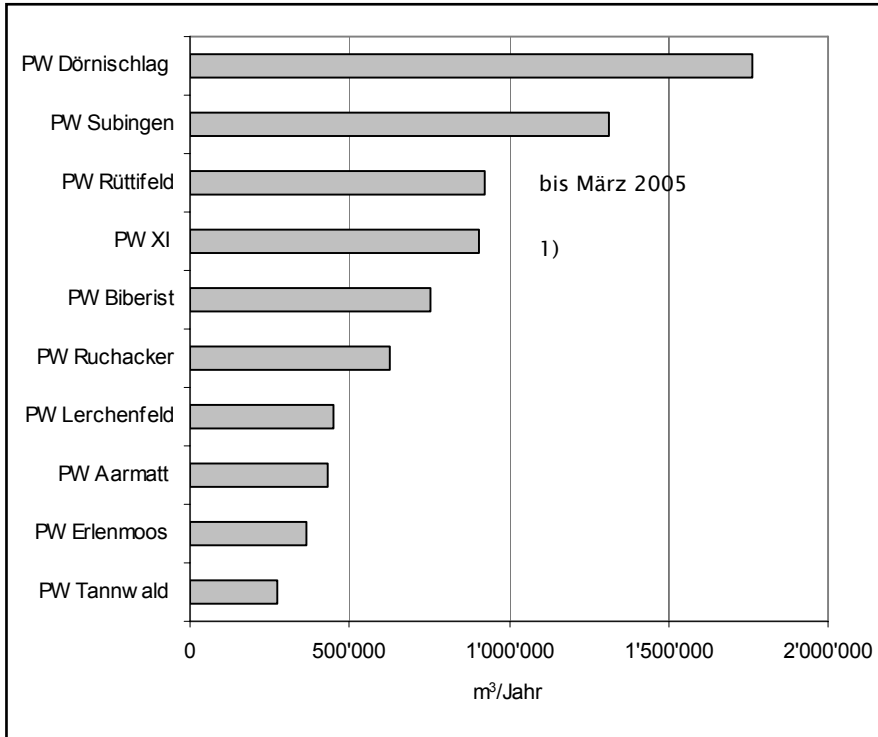
Die von den Gemeindewasserversorgungen betriebenen Pumpwerke im Wasseramt sind das PW Eichholz (WV Biberist), das PW Ruchacker (WV Derendingen) und das PW Lerchenfeld (WV Gerlafingen). Ebenfalls dazu zählt die WV von Wangen a. A., die einen Teil ihres Wasserbedarfs aus den auf Solothurner Kantonsgebiet liegenden Mürgelenquellen abdeckt.

Brunnengenossenschaften

Aus den Niederdruckfassungen Hölzli und Unterholz wird Grundwasser direkt ins Netz von Brunnengenossenschaften geleitet.

9.2 Grundwasserentnahmen und Konzessionen

Wie bereits in der Einleitung aufgeführt, förderten auf Solothurner Kantonsgebiet bis März 2005 zehn, seit der Ausserbetriebnahme des PW Rüttifeld neun öffentliche Trinkwasserfassungen 7.8 Mio. m³ Grundwasser pro Jahr (Abbildung 16). Inklusive Brauchwassernutzungen und gefassten Grundwasseraufstössen, die zum Teil ebenfalls zu Trinkwasserzwecken genutzt werden, belaufen sich die Gesamtentnahmen auf 20 Mio. m³.



1) Die Gesamtentnahme des PW XI beläuft sich auf 3.3 Mio. m³/Jahr. In der Graphik ist nur der durch die WV geförderte, zu Trinkwasserzwecken genutzte Anteil dargestellt

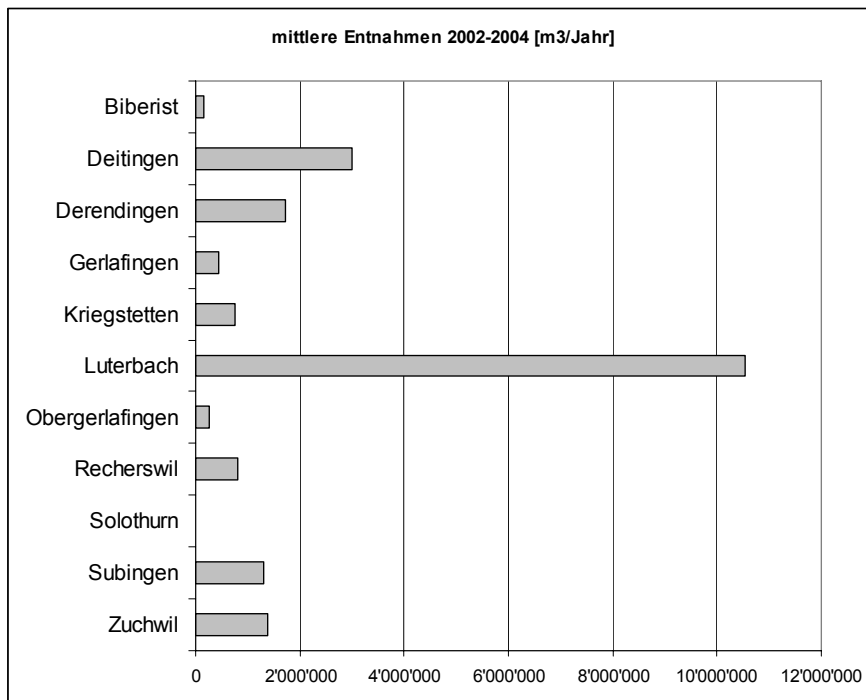


Abbildung 16 Jährliche Grundwasserentnahmen auf Solothurner Kantonsgebiet
 Oben: Öffentliche Trinkwasserfassungen (Durchschnitt der Jahre 2002–2004, ohne Grundwasseraufstösse und Quellen)
 Unten: Nach Standortgemeinden. Berücksichtigt sind sämtliche Nutzungsarten (Trinkwasser, Notwasser, Brauchwasser sowie ungenutzte Anteile von Grundwasseraufstössen/Quellen)

In Tabelle 18 sind die Gesamtentnahmen der auf Solothurner Kantonsgebiet liegenden Fassungen den Konzessionsmengen gegenübergestellt. Bei Grundwasseraufstößen und Quellen sind keine Konzessionsmengen angegeben. Zum Teil wären solche vorhanden, sie beziehen sich aber nicht auf die natürliche Schüttung, sondern auf die Option, mittels Pumpen Grundwasser zu fördern (was zum Beispiel bei Niederwasserständen notwendig sein kann). Das Verhältnis zwischen effektiver Entnahme und Konzessionswassermenge beläuft sich bei den Trinkwasserfassungen auf gut 20%, bei den Brauchwasserfassungen auf ca. 30%.

9.3 Entnahmen für Wasserhaltungen

Von Januar 2001 bis August 2005 waren an verschiedenen Orten Baugrubenwasserhaltungen mit einer temporären Absenkung des Grundwasserspiegels im Gang. In den meisten Fällen wurde das gepumpte Grundwasser in die Oberflächengewässer eingeleitet, selten versickert oder in die Kanalisation abgegeben. Die Dauer der Wasserhaltungen und die gefördertem Grundwassermengen wurden anhand der beim AfU befindlichen Akten rekonstruiert und ins Grundwassermodell implementiert. Berücksichtigt wurden nur Wasserhaltungen, bei denen das gepumpte Grundwasser nicht wieder zur Versickerung gelangte. Temporäre Grundwasserabsenkungen fanden vor allem in den Teilgebieten Solothurn–Zuchwil und Luterbach–Wangen statt. Gesamthaft beliefen sich die entnommenen Grundwassermengen auf ca. 15 l/s.

Typ	Verwendung	m ³ /Jahr		l/min		l/s	
		Entnahme	Konzession	Entn.	Konz.	Entn.	Konz.
Brunnen (GW-Pumpwerk)	TW	7'812'400	37'249'300	14'860	70'870	250	1'180
	BW	9'556'300	32'073'200	18'180	61'022	300	1'020
	NW	16'600		30		0	
GW-Aufstösse, Quellen	TW (partiell)	1'557'100		2'960		50	
	BW oder ungenutzt	1'471'700		2'800		50	

Legende:

TW: Trinkwasser

BW: Brauchwasser

NW: Notwasser

Tabelle 18 Entnahmen (bzw. Schüttungen) und Konzessionswassermengen der auf Solothurner Kantonsgebiet liegenden Fassungen: Mittelwerte 2002-2004

10 Grundwasserbilanz und Grundwasserdargebot

10.1 Instationäre Grundwasserbilanz 2002–2005

Aus den Ergebnissen der instationären Rechnung in Tagesschritten vom 01.01.2002 bis 31.08.2005 wird für das Gesamtgebiet eine instationäre Grundwasserbilanz erstellt. Um die Tageswerte etwas zu glätten und die monatlichen Schwankungen besser sichtbar zu machen, wurden die Daten monatlich gemittelt. In Abbildung 17 ist die instationäre Grundwasserbilanz für die einzelnen Zu- und Wegflüsse dargestellt, in Abbildung 18 die Summen aller Zu- und Wegflüsse sowie die Speicheränderung.

Zuerst werden die Zuflüsse ins Gebiet diskutiert. Durch das Profil im Süden strömt Grundwasser aus dem Unteren Emmental in das betrachtete Grundwasservorkommen hinein. Dieser Zufluss ist mit 1'500 bis 1'850 l/s relativ konstant.

Die direkte Grundwasserneubildung beträgt im Mittel 560 l/s (0.8 mm/d), instationär betrachtet ist sie sehr variabel. Im November 2002 und im Januar 2004 gab es hohe Zuflüsse (3'800 bzw. 2'500 l/s). Hingegen fand während des Hitzesommers 2003 während sechs Monaten keine direkte Grundwasserneubildung statt. Die Grundwasserneubildung ist im Winter höher als im Sommer, da im Sommer aufgrund hoher Verdunstungswerte weniger Wasser in den Untergrund versickert.

Die indirekte Grundwasserneubildung (die randlichen Zuflüsse ins Gebiet), wurden aufgrund fehlender Daten stationär angenommen und schwanken in einer kleinen Bandbreite von 120 bis 180 l/s.

Ein wichtiger Teil der Zuflüsse stammt aus den Oberflächengewässern. In Abbildung 17 sind die Infiltrationsmengen aus den Oberflächengewässern in drei Teile unterteilt: Aare, Emme und Emmekanal werden jeweils einzeln betrachtet, die anderen Fließgewässer werden unter dem Begriff ‚Bäche‘ zusammengefasst. Aus der Aare gelangen zwischen 30 bis 100 l/s ins Grundwasser, aus der Emme und dem Emmekanal infiltrieren 50 bis 210 l/s. Aus den Bächen gelangt mit 840 bis 1'200 l/s die grösste Wassermenge ins Grundwasser. Die Infiltration aus den Fließgewässern ins Grundwasser ist relativ gleichmässig verteilt. Dies rührt daher, dass aufgrund der verfügbaren Daten nur der Emme und der Ösch instationäre Vorflutpotentiale zugewiesen werden können. Alle anderen Fließgewässer haben über den gesamten Zeitraum dieselben Vorflutpotentiale, deshalb sind die Infiltrationsmengen relativ konstant. Es fällt auf, dass im November 2002 eher weniger Wasser von den Bächen ins Grundwasser gelangt ist. Bei hohen Grundwasserständen ist die Potentialdifferenz zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser geringer, also infiltriert auch weniger Wasser ins Grundwasser.

Bei den Wegflüssen aus dem Gebiet soll zuerst die Exfiltration aus dem Grundwasser in die Oberflächengewässer diskutiert werden, um die Unterschiede zu den Zuflüssen aufzuzeigen. Auch bei den Wegflüssen sind die Oberflächengewässer in Aare, Emme / Emmekanal und Bäche aufgeteilt. Im Gesamtüberblick wird deutlich, dass bei hohen Grundwasserständen (z. B. Nov. 2002) die Exfiltration in die Oberflächengewässer grösser ist als bei tiefen.

Die Emme nimmt auf der Höhe Gerlafingen Grundwasser mit einer über die Zeit gesehen relativ konstanten Menge von 880 bis 1'200 l/s auf. Die Exfiltration in die Aare (v. a. unterhalb des Kraftwerkes Flumenthal) schwanken zwischen 200 bis 670 l/s. Die Exfiltration in die zahlreichen Bäche liegt zwischen 920 bis 1'900 l/s.

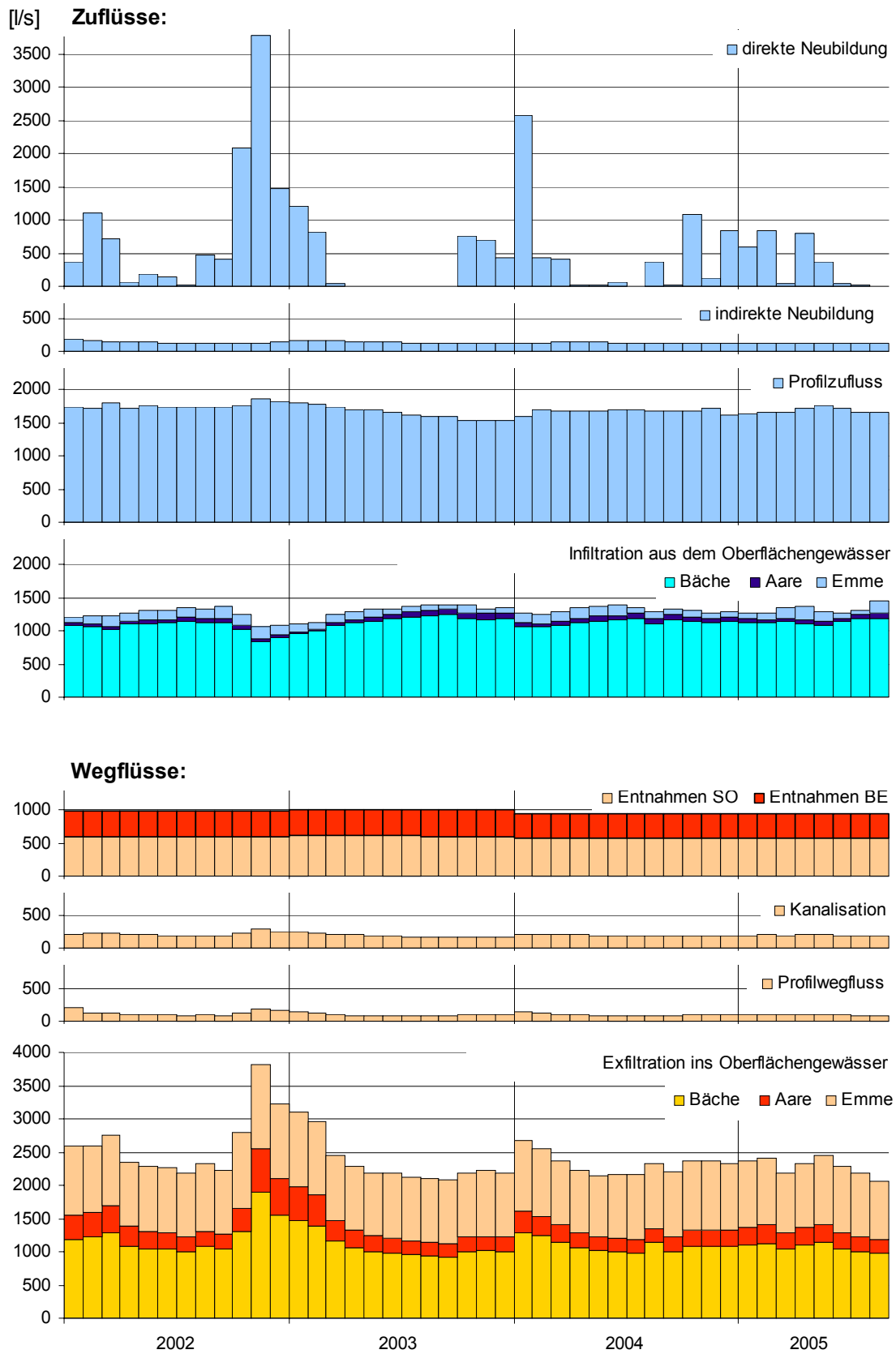


Abbildung 17 Instationäre Grundwasserbilanz, monatliche Mittelwerte [l/s]

Einen weiteren grossen Teil der Wegflüsse stellen die Trink- und Brauchwasserentnahmen dar. Sie betragen konstant ca. 1'000 l/s (davon 620 l/s auf Solothurner Kantonsgebiet). Für das gesamte Gebiet sind 2'800 l/s konzessioniert, es wird also lediglich 1/3 der Konzessionsmenge ausgeschöpft.

Die Verluste über undichte Kanalisationsleitungen und die Autobahntwässerung (PW 34, vergl. Tabelle 17) betragen 160 bis 270 l/s. Über den Profilrand im Nordosten bei Wangen a. A. fliessen je nach Wasserstand 80 bis 200 l/s aus dem Gebiet.



Abbildung 18 Summe der Zu- und Wegflüsse, Speicheränderung; monatliche Mittelwerte [l/s]

In Abbildung 18 sind die Gesamtzuflüsse, die Gesamtwegflüsse und die Speicheränderung dargestellt. Die Schwankungen im Zufluss sind vor allem auf die direkte Grundwasserneubildung zurückzuführen, da die anderen Anteile nicht stark schwanken. Die minimale Zuflussmenge beträgt 3'100 l/s und fällt auch während der trockenen Monate im Sommer 2003 nicht unter diese Grenze.

Die Wegflüsse aus dem Grundwasser variieren weniger stark als die Zuflüsse, was mit der Speicherkapazität des Grundwasserleiters zu erklären ist. Dies wird auch bei der Betrachtung der Speicheränderung deutlich. Grundwasseranstiege, also positive Speicheränderungen, erfolgen rasch, während das Fallen des Grundwasserspiegels langsamer vonstatten geht.

Das Wasseramt ist reich an Bächen und diese spielen für den Grundwasserhaushalt eine wichtige Rolle. Deshalb werden die Ergebnisse über die Interaktion zwischen Fließgewässern und Grundwasser nochmals zusammengefasst:

- Der Zufluss aus den Fließgewässern ins Grundwasser (Infiltration) beträgt am Gesamtzufluss 20 % bis 35 %. Die Exfiltration aus dem Grundwasser in die Fließgewässer beträgt am Gesamtwegfluss 65 % bis 70 %.
- Über die gesamte Berechnungszeit gesehen beträgt das Verhältnis zwischen Exfiltration und Infiltration 1.5 bis 3.5, es fließt also immer mehr Wasser aus dem Grundwasser in die Oberflächengewässer, als von ihnen dazukommt.

10.2 Mittlere Grundwasserzu- und -wegflüsse

In diesem Kapitel werden die mittleren Grundwasserzu- und -wegflüsse aufgelistet und diskutiert. Wegflüsse werden als negative Zahlen, Zuflüsse als positive ausgewiesen. Im Gegensatz zur instationären Bilanz werden hier einzelne Zonen genauer betrachtet, die Zu- und Wegflüsse wurden jedoch zeitlich gemittelt. Die Mittelwerte basieren auf den Jahren 2002 und 2003. Dadurch ist sowohl ein hydrologisch nasses als auch trockenes Jahr berücksichtigt. Die geografische Einteilung der Gebiete ist in Abbildung 19 dargestellt, zusammen mit den Profildurchflüssen und den bilanzierten Wassermengen. Die Abkürzungen bedeuten:

Q_P	Grundwasserzuflüsse Profilzufluss (= Profilwegfluss des oben angrenzenden Teilgebietes). Beim Becken von Luterbach gehen zwei Profilzuflüsse in die Teilbilanz ein.
Q_N	Direkte Grundwasserneubildung
Q_R	Indirekte Grundwasserneubildung (Randzufluss)
$Q_{I,E}$	Infiltration aus der Emme
$Q_{I,A}$	Infiltration aus der Aare
$Q_{I,Ü}$	Infiltration übriger Fließgewässer
	Grundwasserwegflüsse
Q_P	Profilwegfluss (= Profilzufluss zum unten angrenzenden Teilgebiet)
Q_E	Trink – und Brauchwasserentnahmen (siehe auch Abbildung 20)
$Q_{X,K}$	Grundwasserexfiltration in die Kanalisation
$Q_{X,E}$	Grundwasserexfiltration in die Emme
$Q_{X,A}$	Grundwasserexfiltration in die Aare
$Q_{X,Ü}$	Grundwasserexfiltration in die übrigen Fließgewässer
Q_W	Permanente und temporäre Wasserhaltungen
	Speicheränderung
Q_S	Speicheränderung / Rundungsfehler

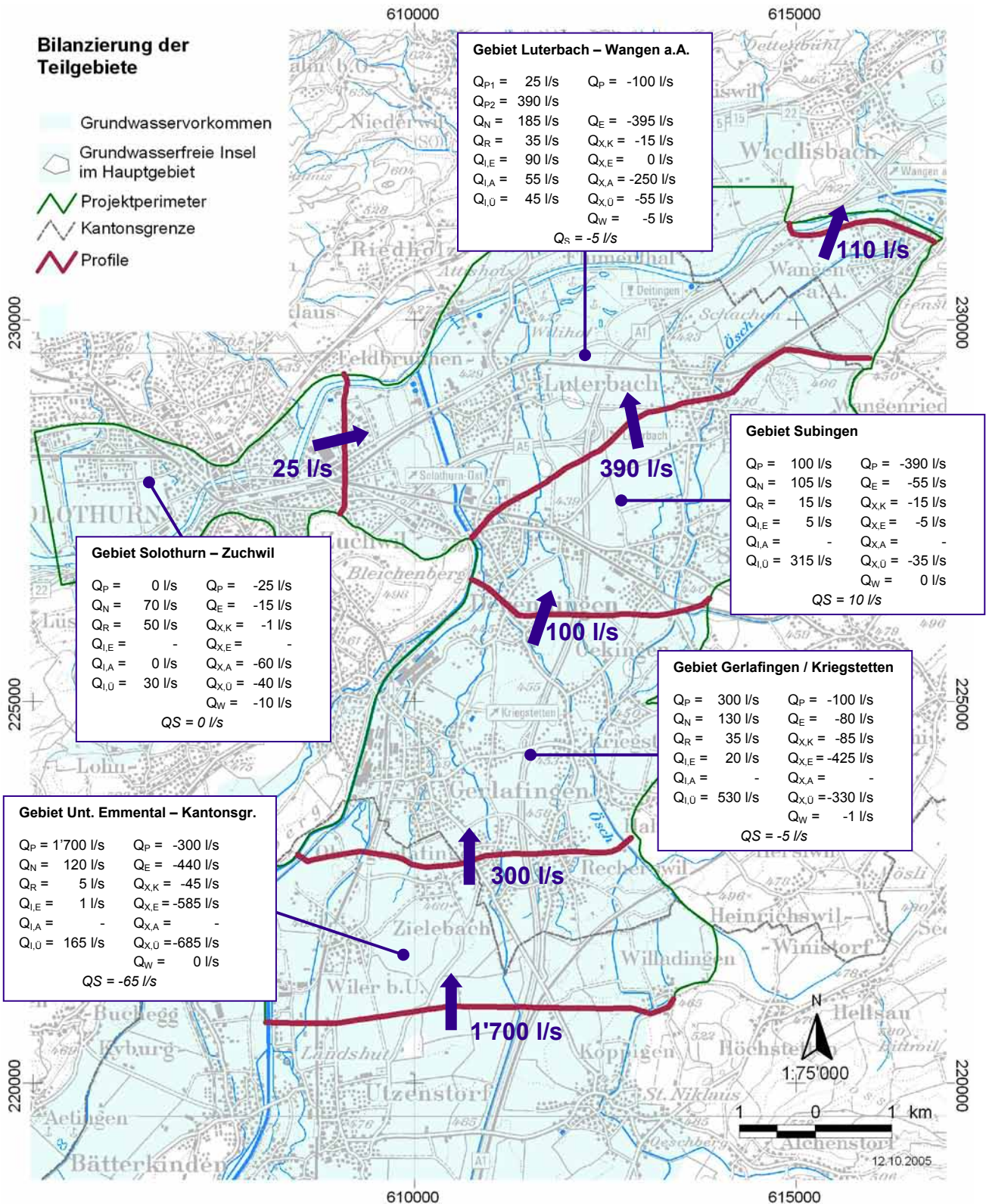


Abbildung 19 Mittlere Profildurchflüsse sowie Zu- und Wegflüsse für die einzelnen Teilgebiete

Teilgebiet 1: Unteres Emmental bis Kantonsgrenze

Das Teilgebiet 1 erstreckt sich von der Höhe Wiler b. U. / Willadingen bis zur Kantonsgrenze (Obergerlafingen–Rechterswil), die Fläche beträgt 11.6 km². Es verzeichnet einen mittleren Grundwasserumsatz von 2'000 l/s.

Der Zufluss in das Gebiet wird vom Profilzufluss entlang des südlichen Modellrands dominiert. Dieser macht 85 % des Gesamtzuflusses aus. Die Grundwasserneubildung und die Infiltration aus den Bächen betragen zusammen 15 % des Zuflusses.

Bei den Wegflüssen dominiert die Exfiltration in die Bäche. Dies ist nicht erstaunlich, gibt es doch mehrere Grundwasseraufstösse, die zu Bächen werden. Ein ebenfalls grosser Teil (20 %) wird dem Gebiet durch die Trink- und Brauchwassernutzung entzogen, wobei vor allem das Brauchwasser im Kanton Bern erwähnenswert ist. Schliesslich verlassen 15 % des Wassers das Teilgebiet.

Teilgebiet 1: Unteres Emmental bis Kantonsgrenze				
	Bilanzgrösse	Teilsomme	Summe	Anteil
		[l/s]	[l/s]	%
Zuflüsse	Profilzufluss			
	- Fixpotential im Süden	1'700	1'700	85
	Grundwasserneubildung			
	- direkt durch versickerndes Regenwasser	120		
	- indirekt durch randliche Zuflüsse	5	125	6
	Infiltrationen aus Fliessgewässern			
	- Aare	-		
	- Emme	1		
	- Bäche	165	165	9
	Summe der Zuflüsse			1'990
Wegflüsse	Entnahmen			
	- Trinkwasser SO	-50		
	- Trinkwasser BE	-70		
	- Brauchwasser SO	0		
	- Brauchwasser BE	-320	-440	21
	Exfiltrationen in Fliessgewässer			
	- Aare	-		
	- Emme	-585		
	- Bäche	-685	-1'270	62
	Kanalisationsverluste	-45	-45	2
Wasserhaltungen	0	0	0	
Profilwegfluss				
- in Gebiet 2	-300	-300	15	
Summe der Wegflüsse			-2'055	
Δ Q			-65	

Bemerkenswert ist, dass auf der Strecke von 2 km das Grundwasservorkommen von 1'700 l/s auf 300 l/s zusammenfällt. Diese Verminderung des Grundwasserflusses erfolgt durch viele Entnahmen und durch die oben genannten Grundwasseraufstösse im Wald bei

Zielebach und im Lutermoos. Dies ist auch im Vergleich zwischen Exfiltration aus und Infiltration ins Grundwasser gut ersichtlich: Netto verliert der Grundwasserkörper 1'100 l/s über die Bäche. Plakativ ausgedrückt, wird aus dem „Grundwasserstrom“ ein „Grundwasserbach“.

Teilgebiet 2: Gerlafingen–Kriegstetten

Das Gebiet 2 erstreckt sich von der Kantonsgrenze bis auf die Höhe von Derendingen, die Fläche beträgt 13 km². Sowohl Profilzufluss als auch -wegfluss befinden sich an den sogenannten Stauerschwellen bzw. Gefällesteilstufen. Das Teilgebiet 2 hat einen mittleren Grundwasserumsatz von 1'000 l/s.

Teilgebiet 2: Gerlafingen–Kriegstetten				
	Bilanzgrösse	Teilsomme [l/s]	Summe [l/s]	Anteil %
Zuflüsse	Profilzufluss - aus Gebiet 1	300	300	30
	Grundwasserneubildung			
	- direkt durch versickerndes Regenwasser	130		
	- indirekt durch randliche Zuflüsse	35	165	16
	Infiltrationen aus Fliessgewässern			
	- Aare	-		
	- Emme - Bäche	20 530	550	54
	Summe der Zuflüsse		1015	
Wegflüsse	Entnahmen			
	- Trinkwasser	-40		
	- Brauchwasser	-40	-80	8
	Exfiltrationen in Fliessgewässer			
	- Aare	-		
	- Emme - Bäche	-425 -330	-755	74
	Kanalisationsverluste	-85	-85	8
	Wasserhaltungen	1	1	0
Profilwegfluss - in Gebiet 3	-100	-100	10	
	Summe der Wegflüsse		-1020	
	Δ Q		-5	

Der Profilzufluss aus dem Teilgebiet 1 beträgt 300 l/s, der Profilwegfluss 100 l/s. Auch in dieser Zone ist die Grundwasserbilanz negativ. Anders als in Gebiet 1 dominiert beim Zufluss die Infiltration aus den Bächen (54 %). Die Neubildung aus den Niederschlägen liefert 16 % des Zuflusses. Der grösste Teil des Wegflusses besteht aus der Exfiltration in die Emme und in die Bäche. Die Verluste in undichte Kanalisationen tragen immerhin zu 8 % am Wegfluss bei, ebenso wie die Grundwasserentnahmen. Auch in diesem Gebiet exfiltriert mehr Grundwasser in die Fliessgewässer als Oberflächenwasser in den Untergrund infiltriert. Netto verliert das Grundwasser über 200 l/s.

Teilgebiet 3: Subingen

Das Gebiet 3 erstreckt sich von der Höhe Derendingen bis auf die Linie Derendingen–Deitingen–Wangenried, die Fläche beträgt 11.2 km². Auch dieses Teilgebiet geht von einer Steilstufe zur nächsten und stellt somit ein Becken dar. Das Gebiet 3 hat einen kleineren Gesamtumsatz (500 l/s), die Grundwasserbilanz ist positiv.

Der Profilzufluss aus Gebiet 2 beträgt 100 l/s, was ca. 20 % des Zuflusses ausmacht. Weitere 20 % kommen über die Grundwasserneubildung hinzu, der Rest (60 %) infiltriert aus den Bächen. Beim Wegfluss sieht es wie folgt aus: 30 % des Wegflusses entfallen zu gleichen Teilen auf die Trinkwasserentnahme, die Exfiltration in die Bäche und in die Kanalisationen. 70 % des Wegflusses fließen in das Gebiet 5 als Profildurchfluss weiter.

Teilgebiet 3: Subingen				
	Bilanzgrösse	Teilsomme [l/s]	Summe [l/s]	Anteil %
Zuflüsse	Profilzufluss - aus Gebiet 2	100	100	19
	Grundwasserneubildung - direkt durch versickerndes Regenwasser	105		
	- indirekt durch randliche Zuflüsse	15	120	22
	Infiltrationen aus Fliessgewässern - Aare	-		
	- Emme - Bäche	5 315	320	59
	Summe der Zuflüsse		540	
Wegflüsse	Entnahmen - Trinkwasser	-55		
	- Brauchwasser	0	-55	10
	Exfiltrationen in Fliessgewässer - Aare	-		
	- Emme - Bäche	-5 -35	-40	8
	Kanalisationsverluste	-45	-45	8
	Wasserhaltungen	0	0	0
	Profilwegfluss - in Gebiet 5	-390	-390	74
		Summe der Wegflüsse		-530
	Δ Q		10	

Teilgebiet 4: Solothurn–Zuchwil

Das Gebiet erstreckt sich vom Wildbach in Solothurn West bis auf die Höhe Feldbrunnen–Zuchwil, die Fläche beträgt 6.9 km². Das Gebiet zeichnet sich durch einen kleinen Grundwasserumsatz aus (150 l/s). 80 % des Zuflusses entfallen auf die Grundwasserneubildung und 20 % auf die Infiltration aus Bächen. 65 % wird dem Grundwasser wieder über die Bäche und die Aare entzogen, knapp 20 % durch Brunnen und Wasserhaltungen genutzt, so dass nur 25 l/s, bzw. 20 % dem Gebiet 5 zufließen.

Teilgebiet 4: Solothurn–Zuchwil				
	Bilanzgrösse	Teilsomme	Summe	Anteil
		[l/s]	[l/s]	%
Zuflüsse	Profilzufluss	-	-	-
	Grundwasserneubildung			
	- direkt durch versickerndes Regenwasser	70		
	- indirekt durch randliche Zuflüsse	50	120	80
	Infiltrationen aus Fliessgewässern			
	- Aare	0		
	- Emme	-		
- Bäche	30	30	20	
	Summe der Zuflüsse		150	
Wegflüsse	Entnahmen			
	- Trinkwasser	-15		
	- Brauchwasser	-0	-15	10
	Exfiltrationen in Fliessgewässer			
	- Aare	-60		
	- Emme	-		
	- Bäche	-40	-100	66
	Kanalisationsverluste	-1	-1	1
Wasserhaltungen	-10	-10	7	
Profilwegfluss				
- in Gebiet 5	-25	-25	17	
	Summe der Wegflüsse		-150	
	Δ Q		0	

Teilgebiet 5: Luterbach–Wangen a. A.

Das Gebiet 5 wird durch die Linie Feldbrunnen–Zuchwil im Westen, die Linie Derendingen–Deitingen–Wangenried im Süden und die Aare im Norden begrenzt. Die Fläche beträgt 17.4 km². Aus den Gebieten 3 und 4 fließen gesamthaft 415 l/s ins Teilgebiet 5, was 50 % des Zuflusses entspricht. Die andere Hälfte des Grundwassers stammt zu etwa gleichen Teilen von der Grundwasserneubildung und der Infiltration aus den Fliessgewässern.

Bei den Wegflüssen machen die Entnahmen von Trink- und Brauchwasser den sehr grossen Anteil von 50 % aus. Weitere 35 % exfiltrieren in die Aare und in die Bäche. 15 % fließen über den Modellrand in Richtung NE ab.

Das Gebiet 5 hat einen Grundwasserumsatz von 830 l/s. Die Bäche geben etwa soviel Wasser ab, wie sie an anderer Stelle wieder aufnehmen. Oberhalb der Staustufe von Flumenthal infiltriert Aarewasser ins Grundwasser (55 l/s), unterhalb der Staustufe wirkt der Fluss als Vorfluter (250 l/s). Die Emme infiltriert im Gebiet 5 nur wenig (90 l/s).

Teilgebiet 5: Luterbach–Wangen a. A.				
	Bilanzgrösse	Teilsomme	Summe	Anteil
		[l/s]	[l/s]	%
Zuflüsse	Profilzufluss			
	- aus Gebiet 3	25		
	- aus Gebiet 4	390	415	50
	Grundwasserneubildung			
	- direkt durch versickerndes Regenwasser	185		
	- indirekt durch randliche Zuflüsse	35	220	27
	Infiltrationen aus Fliessgewässern			
	- Aare	55		
	- Emme	90		
	- Bäche	45	190	23
	Summe der Zuflüsse		825	
Wegflüsse	Entnahmen			
	- Trinkwasser SO	-135		
	- Trinkwasser BE	-1		
	- Brauchwasser SO	-260		
	- Brauchwasser BE	0	-395	47
	Exfiltrationen in Fliessgewässer			
	- Aare	-250		
	- Emme	0		
	- Bäche	-55	-305	37
	Kanalisationsverluste	-15	-15	2
	Wasserhaltungen	-5	-5	1
Autobahntwässerung	-2	-2	0	
Profilwegfluss	-110	-110	13	
	Summe der Wegflüsse		-830	
	Δ Q		-5	

10.3 Mittlere Profildurchflüsse und nutzbares Dargebot

In Abbildung 20 sind die mittleren Grundwasserentnahmen (Mittelwert 2002–2004) den konzeptionierten Mengen und mittleren Profildurchflüssen gegenübergestellt. Zu beachten ist, dass in dieser Darstellung die Entnahmen des PW Rüttfeld mitberücksichtigt sind (ab März 2005 dient die Fassung nur noch als Notwasserfassung).

Das Grundwasserdargebot ist die Summe aller Zuflüsse eines Teilabschnittes, im Falle des Wasseramts also der Profilzuflüsse, der Grundwasserneubildung aus Niederschlag und Randzuflüssen sowie der Infiltration aus den Oberflächengewässern. Diese Grösse ist objektiv also gut beschreibbar. Schwierig ist es, vom Gesamtdargebot eines Gebietes auf das nutzbare Dargebot zu schliessen. Als erste Annäherung gilt die Faustformel, dass etwa 20 % des Gesamtdargebots nutzbar sind, ohne dass wesentliche Veränderungen des Grundwasserhaushalts wie regionale Absenkungen beziehungsweise relevante Abflussminderungen von Exfiltrationsbächen stattfinden.

Tabelle 19 zeigt den prozentualen Anteil der effektiven und der konzessionierten Nutzung am Gesamtdargebot. Berücksichtigt sind sowohl die Trink- als auch die Brauchwasserentnahmen.

Teilgebiete gemäss Grundwasserbilanz		Anteil der effektiven Entnahmen am Gesamtdargebot	Anteil der konzessionierten Entnahmemengen am Gesamtdargebot
1	Unteres Emmental bis Kantonsgrenze	21%	42%
2	Gerlafingen–Kriegstetten	9%	32%
3	Subingen	14%	31%
4	Solothurn–Zuchwil	10%	60%
5	Luterbach–Wangen a. A.	52%	177%

Tabelle 19 Anteil der Nutzung am Gesamtdargebot nach Teilgebieten aufgeteilt

Einige Teile der Bilanz - vor allem die Interaktion mit den Fliessgewässern - sind vom Grundwasserspiegel abhängig. Eine Erhöhung der Pumpmenge bis auf die Konzessionsmenge, bzw. das Erstellen neuer Brunnen hätte dementsprechend eine Änderung im Fliessregime zur Folge. Sinkt der Grundwasserspiegel infolge erhöhter Pumpmengen, wird das Grundwasser nicht mehr in die Bäche exfiltrieren, sondern durch die Wasserfassungen genutzt. Die Summe der Wegflüsse könnte durch diesen Effekt ausgeglichen bleiben, so dass gleich viel Wasser ins unterliegende Gebiet fliesst (s. a. Simulationen in Kapitel 12.5).

Aus hydrogeologischer Sicht fällt die Beurteilung des nutzbaren Dargebots wie folgt aus:

- Die Teilgebiete 1 und 2 (Unteres Emmental bis Kantonsgrenze und Gerlafingen–Kriegstetten) stellen mehrheitlich ein Exfiltrationsgebiet dar. Eine Erhöhung der Entnahmen gegenüber dem Ist-Zustand würde zu einer entsprechenden Reduktion der Exfiltrationsmengen bzw. abschnittsweise zu einem Kippen von exfiltrativen zu infiltrativen Verhältnissen führen. Der quantitative Schutz des Grundwassers steht somit weniger im Vordergrund, limitierender Faktor ist die Beurteilung der Wasserführung der Fliessgewässer. Zu beachten ist allerdings, dass sich gerade im Teilgebiet 1 noch einige Niederdruckfassungen befinden, deren Ergiebigkeit direkt vom Niveau des Grundwasserspiegels abhängt. Ein gewisses Potential, das Grundwasser vermehrt zu nutzen, dürfte im Teilgebiet 2 (Gerlafingen–Kriegstetten) vorliegen: hier beträgt der Anteil der Entnahmen bloss 9% des Gesamtdargebots.
- Das Teilgebiet 4 (Solothurn–Zuchwil) kann von weiterführenden Nutzungsüberlegungen ausgeklammert werden. Der Grundwasserumsatz ist eher gering und der hohe Überbauungsgrad lässt eine zusätzliche Trinkwassernutzung nicht zu.
- Einer sorgfältigen Abwägung bedürfen die beiden aneinander grenzenden Teilgebiete 3 und 5 (Subingen, Luterbach–Wangen a. A.). Das Gesamtdargebot setzt sich im Wesentlichen aus Oberflächengewässer-Infiltrationen und der direkten Grundwasserneubildung durch zusammen, die Profilzuflüsse aus dem Süden bzw. aus dem Raum Zuchwil fallen sehr gering aus. Wie aus Kapitel 11.4 hervorgeht, ist im Nordteil des Wasseramts ein statistisch signifikanter Rückgang der Grundwasserstände festzustellen. Beim PW Subingen beträgt er seit den 1960er Jahren gut einen Meter. Die Vermutung, dass dieser Spiegelrückgang zumindest partiell auf eine vermehrte Nutzung zurückzuführen ist, scheint nahe liegend zu sein. Beunruhigend ist vor allem der hohe Nutzungsanteil am Gesamtdargebot von über 50% beim Teilgebiet 5. Eine weitere Erhöhung der Grundwasserbezüge müsste durch Massnahmen an den Fliessgewässern kompensiert werden, welche zu einer Zunahme der Infiltration führen würden (z. B. Emmeaufwertung). Im Fall einer Umplatziierung von Entnahmestandorten käme sicher dem Deitinger Wald eine besondere Bedeu-

zung zu: Die Bewaldung und der hohe Flurabstand bieten einen geeigneten natürlichen Schutz des Grundwassers. Die Simulationsergebnisse einzelner Bewirtschaftungsszenarien sind in Kapitel 12 dargelegt.

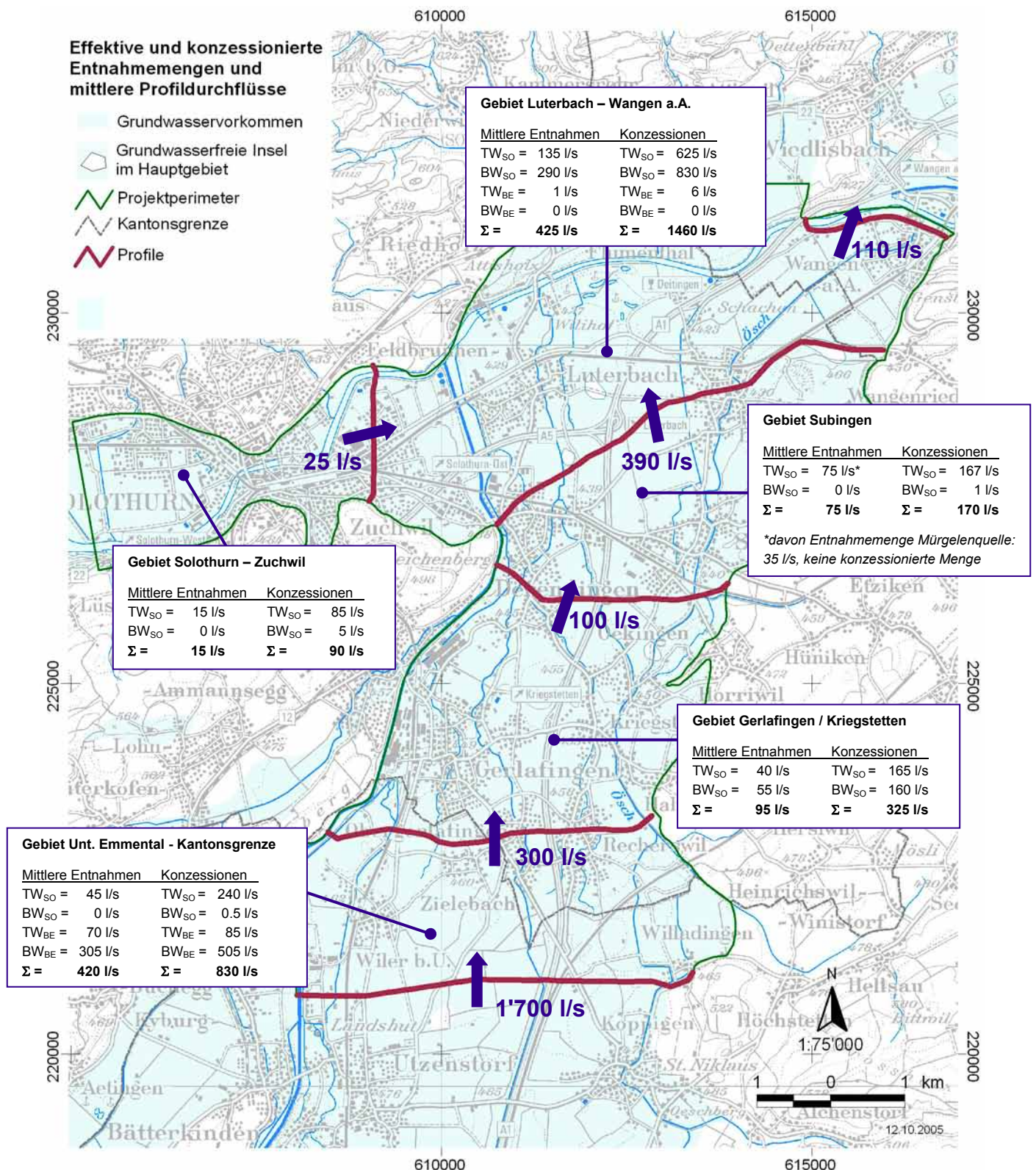


Abbildung 20 Mittlere Trink- und Brauchwasserentnahmen (2002-2004) und Summe der Entnahmekonzessionen für die einzelnen Teilgebiete

11 Grundwasserspiegelschwankungen

11.1 Charakteristischer Jahresgang

Der charakteristische Jahresgang der Grundwasserstände einer Messstation weist ein wiederkehrendes Muster auf und beschreibt das Regime eines Grundwasservorkommens an dieser Stelle. Die Berechnung des charakteristischen Jahresganges beruht auf der Mittelung langjähriger Monatsmittelwerte über eine gewisse Zeitperiode.

Im Wasseramt herrscht ein mittelländisch-pluviales Regime vor. Dieses zeichnet sich durch einen Anstieg der Grundwasserstände im Winterhalbjahr und einen Rückgang im Sommerhalbjahr aus. Im Gebiet Gerlafingen–Kriegstetten–Oekingens, das durch relativ geringe Flurabstände geprägt ist, dominieren Höchststände jeweils im Monat Januar, in den übrigen Gebieten sind die langjährigen Maxima im März und April zu beobachten. Die langjährigen Tiefstwasserstände treten im September und Oktober auf.

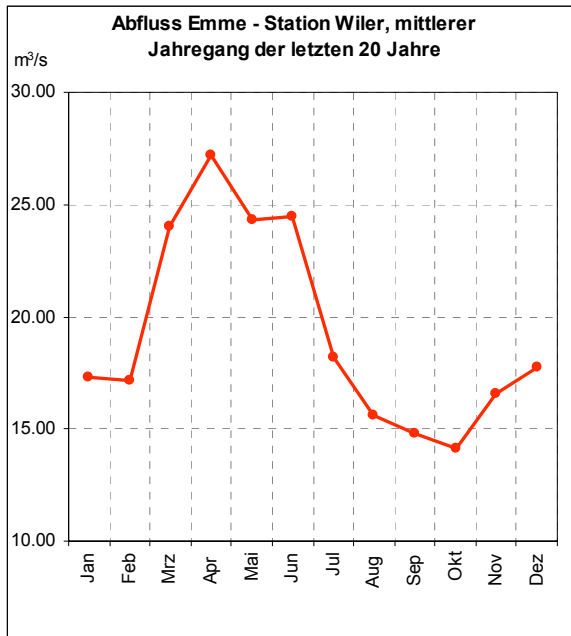
Der charakteristische Jahresgang macht deutlich, dass die Grundwasserneubildung vor allem im Winterhalbjahr stattfindet. Sommerniederschläge führen nur zu unwesentlichen Anstiegen der Grundwasserstände, denn ein Grossteil des Regenwassers wird durch die Evapotranspiration dem Boden wieder entzogen.

Das mittlere Abflussverhalten der Emme weist eine Spitze im April auf (Abbildung 21). Das Aprilmaximum ist typisch für Fliessgewässer mit einem voralpin dominierten Einzugsgebiet. Ein Einfluss des Emmeregimes auf den charakteristischen Jahresgang des Grundwassers ist kaum nachzuweisen (dies im Gegensatz zu anderen Grundwasservorkommen in der Schweiz, bei denen der Grundwasserjahresgang massgebend durch das Abflussregime von Fliessgewässern diktiert wird). Bestätigt wird diese Einschätzung durch die beim Hochwasser von Ende August 2005 gemachten Beobachtungen: Deutliche Grundwasseranstiege waren lediglich bei den Grundwassermessstationen im Raum Rüttfeld–Luterbach zu verzeichnen (PW Rüttfeld, PW XI, PW Ruchacker und Li Wylihofstrasse). Die kurzzeitigen Anstiege waren aber vor allem auf die vertikale Versickerung innerhalb der überschwemmten Flächen zurückzuführen. Alle übrigen Grundwassermessstationen im Wasseramt zeigten keine Reaktion auf das Hochwasserereignis der Emme.

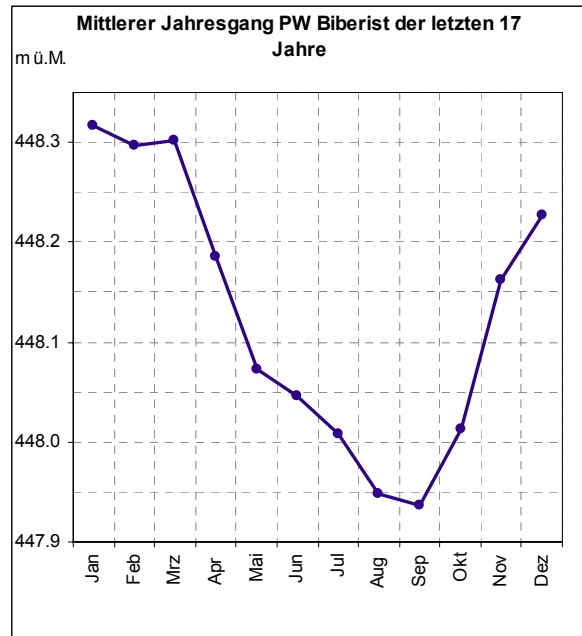
11.2 Periodizitäten

Durch die Gegenüberstellung des tatsächlichen Jahresganges der Monatsmittel mit dem mittleren, charakteristischen Jahresgang lassen sich für die jeweiligen Jahre Zeitabschnitte mit Grundwasserüberschüssen resp. -defiziten visualisieren („magere und fette Jahre“). Abbildung 22 zeigt, dass sich die Perioden mit deutlichem „Grundwasserüberschuss“ bzw. „Grundwasserdefizit“ in der Regel über zwei bis vier Jahre erstrecken. Der Hitzesommer 2003 gilt als klimatologisches „Jahrtausendereignis“. Im Mittelland trockneten stellenweise kleinere Bäche aus und Quellen versiegten. Auch das Grundwasservorkommen Wasseramt war von dieser lang anhaltenden Trockenheit betroffen. Ende 2003 lagen sehr tiefe Grundwasserstände vor. Bezogen auf die Tageswerte wurden bei etwa der Hälfte der Grundwassermessstationen im Wasseramt mit Aufzeichnungen von mindestens zwölf Jahren absolute Tiefstwerte registriert. Dennoch, sehr tiefe Wasserstände waren auch schon in früheren Jahren zu beobachten (z. B. 1991). Die markanten Grundwasserüberschüsse von 2001 und 2002 verhinderten, dass im gesamten Untersuchungsgebiet ein Rückgang auf absolute Rekordtiefstwerte erfolgte.

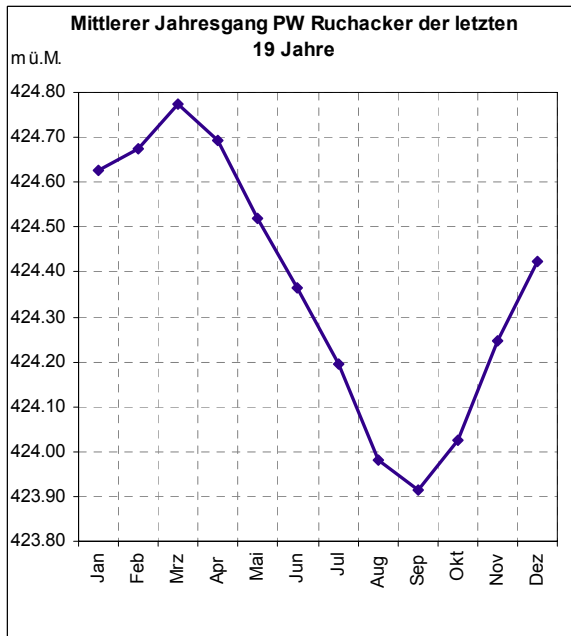
Emme: langjährige Abflussspitze im April mit Sekundäranstieg im Juni



PW Biberist: langjähriger Höchststand im Januar



PW Ruchacker: langjähriger Höchststand im März



Li Stöckleten: langjähriger Höchststand im März

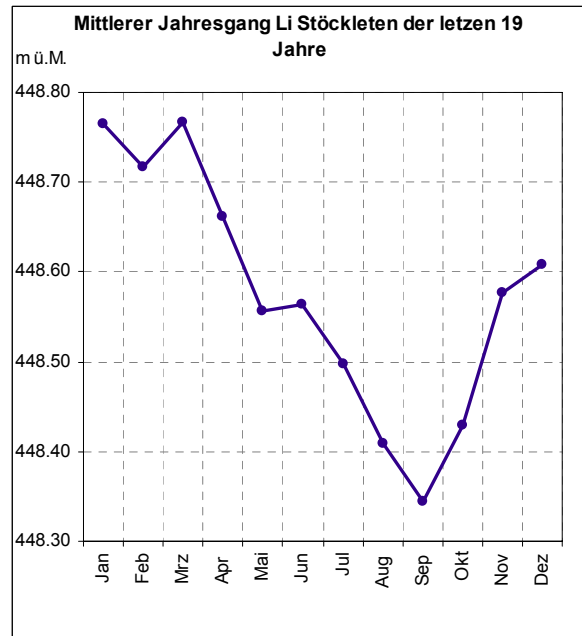


Abbildung 21 Charakteristischer Jahrgang repräsentativer Grundwassermessstationen sowie mittlerer Jahrgang des Emme-Abflusses

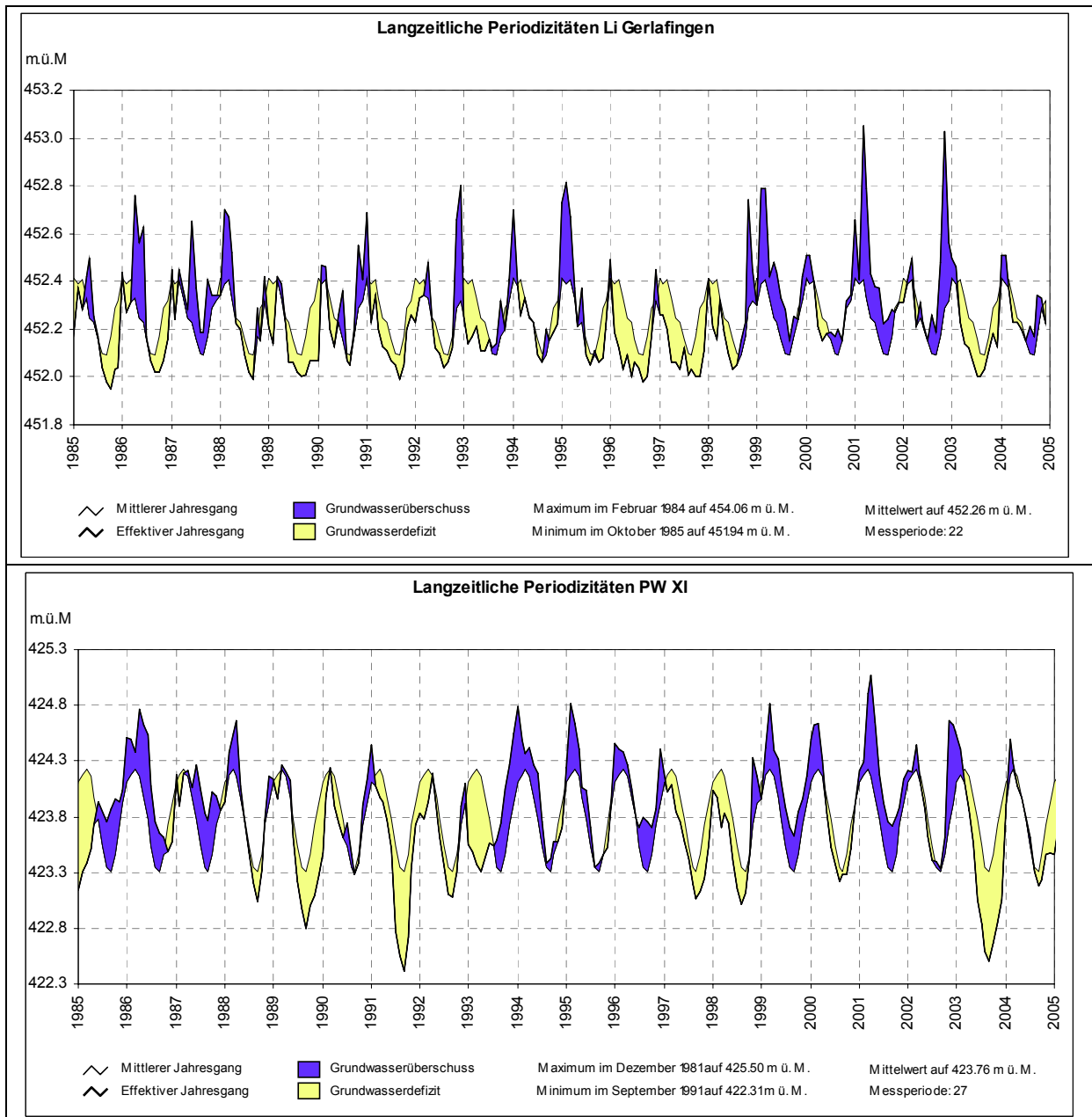


Abbildung 22 Langzeitliche Periodizität bei den Messstationen Li Gerlafingen und PW XI (Luterbach)

11.3 Amplituden der Grundwasserstände

Für Grundwasservorkommen, die keine dominierende Wechselwirkung mit einem stark schwankenden Oberflächengewässer aufweisen, gelten folgende Gesetzmässigkeiten:

- Grosse Amplituden der Grundwasserstände treten in sogenannten „Nährgebieten“ auf. Hohe Flurabstände ermöglichen zudem in Abhängigkeit der Neubildungsraten ein freies Schwanken des Grundwasserspiegels.

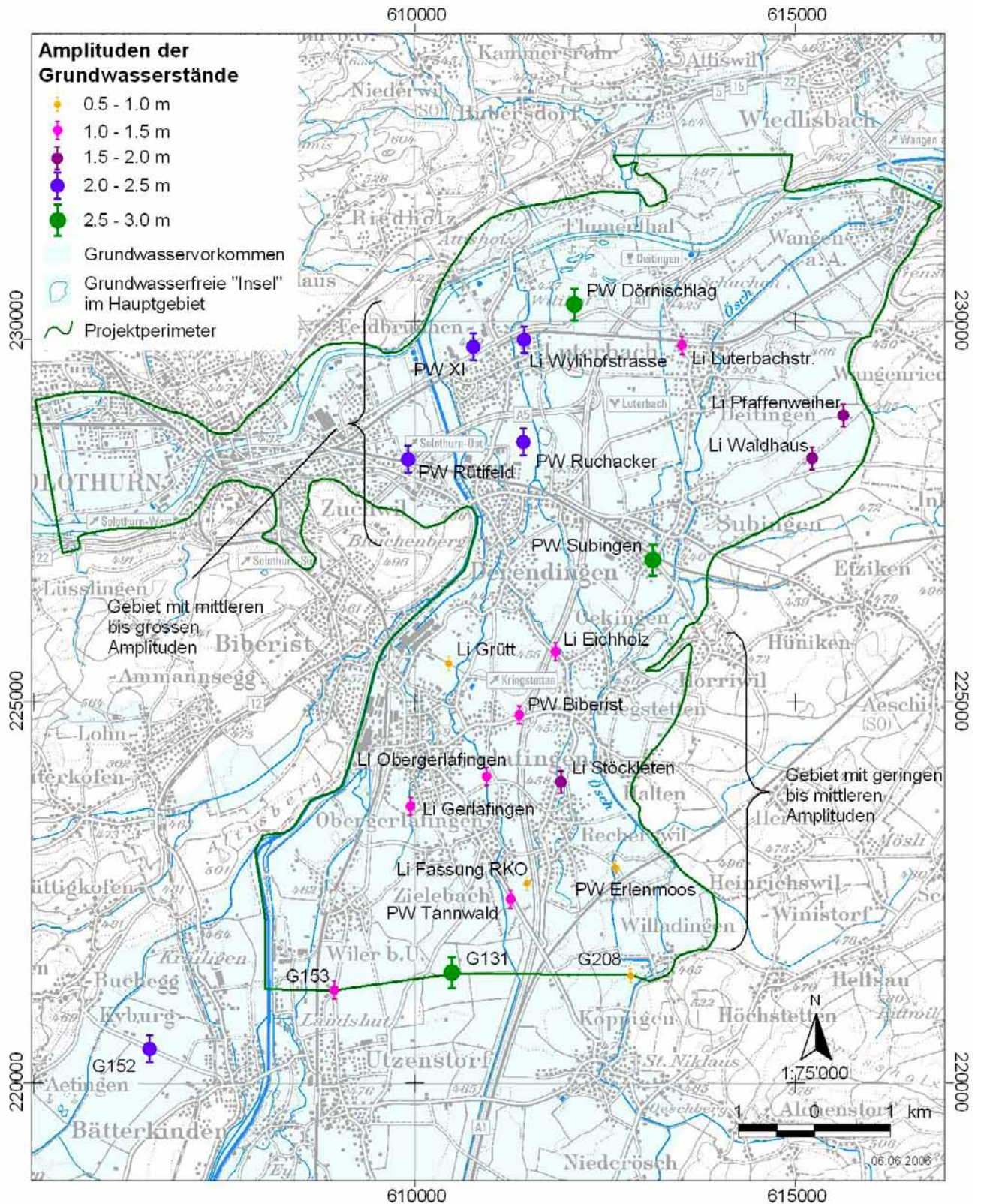


Abbildung 23 Gemessene maximale Amplituden in der Periode vom 1.1.2002 bis 31.8.2005

- Kleine Amplituden sind typisch für „Zehrgebiete“, in denen die Flurabstände gering sind. Die Grundwasserstände werden durch Drainagen sowie durch drainierende Bäche und Kanäle „fixiert“ und dämpfen somit das Schwankungsverhalten.

Zur Untersuchung des Schwankungsverhaltens wurden Daten der Messperiode vom 1.1.2002 bis 31.8.2005 berücksichtigt und in fünf Klassen eingeteilt (Abbildung 23). Anhand des extremen Hochwasserereignisses vom November 2002 sowie der anhaltenden Trockenperiode in der zweiten Hälfte des Jahres 2003 wurden die Amplituden ermittelt. Generell ist der südliche Teil des Wasseramts von geringen bis mittleren Amplituden geprägt. Die Beträge variieren in der Regel von 0.5 m bis 1.5 m. Auffallend ist die Exfiltrationszone im Raum Rechterswil–Willadingen, in der der Schwankungsbereich am geringsten ist. Im nördlichen Wasseramt ermöglichen die grösseren Flurabstände (zwischen 5 m und 12 m, im Deitingenwald bis zu 40 m) ein freies Schwanken des Grundwasserspiegels. Dementsprechend treten Amplituden von 1.5 m bis 3 m auf. Eine Ausnahme bildet die Messstelle Li Luterbachstrasse.

11.4 Langjähriger Trend seit ca. den 1980er Jahren

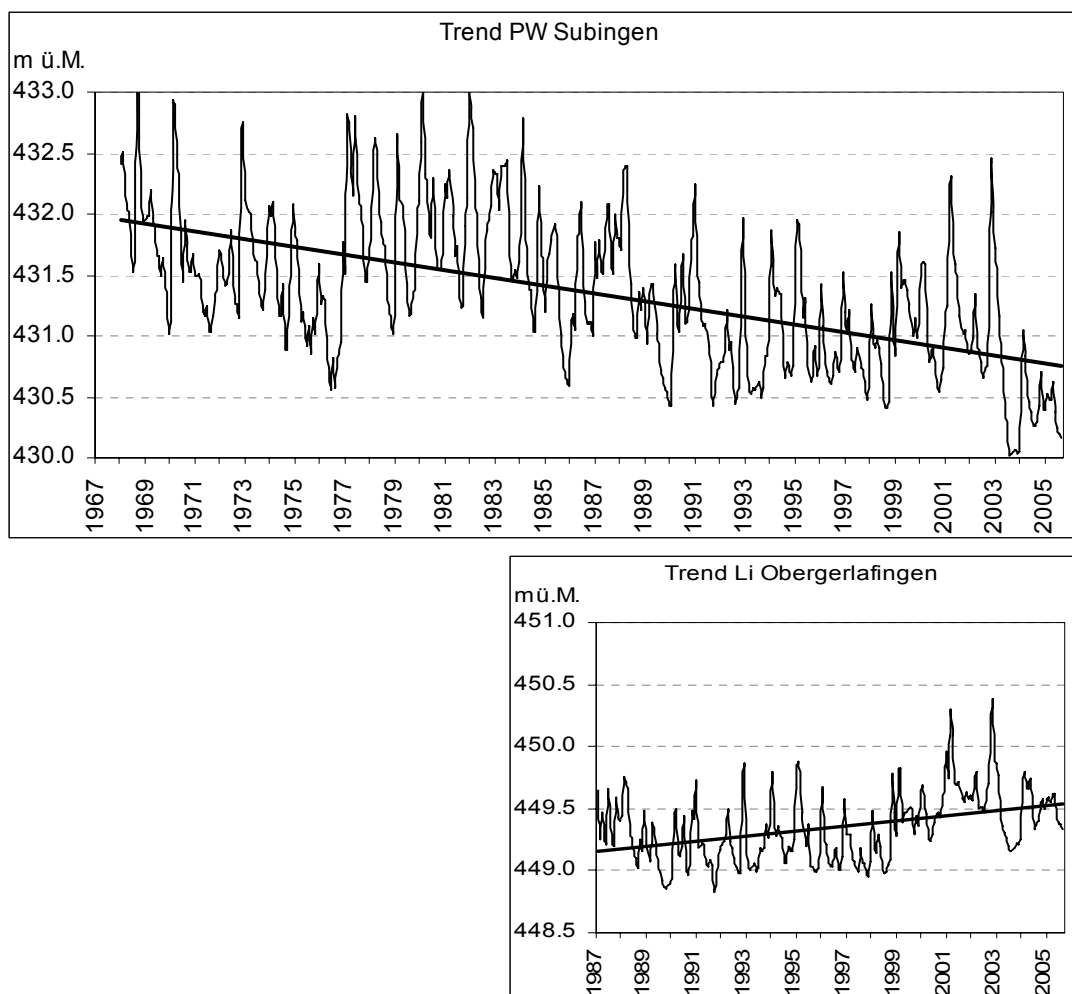


Abbildung 24 Trendverhalten der Grundwasserstände beim Limnigraphen Obergerlafingen und beim PW Subingen (Ruhewasserstände)

Ein Trend resultiert aus einer gleichmässig andauernden Veränderung der Grundwasserstände. Die lineare Regressionsanalyse ermöglicht dessen rechnerische Erfassung und Analyse. Man geht von der vereinfachten Annahme aus, dass bei einem Trend zwischen Grundwasserstand (Monatsmittel) und Zeit ein *linearer* Zusammenhang besteht. Die Steigung der

Regressionsgeraden bildet somit das Mass für den Trend. Das Ergebnis wird in cm/Jahr angegeben. Bei diesem Verfahren ist es wichtig, den Vertrauensbereich des Regressionskoeffizienten zu bezeichnen. In der Hydrologie und Hydrogeologie operiert man in der Regel mit dem 95 %-Vertrauensbereich, wobei die Prüfgrösse auf dem t-Test (Student-Test) basiert. Abbildung 24 wiedergibt als Beispiel die Ganglinie und Trendgerade einer Messstation mit positivem Trend (Li Obergerlafingen) und einer Station mit negativem Trend (PW Subingen). Für die Analysen wurden Zeitreihen von 17 und mehr Jahren berücksichtigt. Die Ergebnisse der Auswertung für das Untersuchungsgebiet sind in Tabelle 20 und in Abbildung 25 dargestellt. Es zeigt sich, dass im Untersuchungsperimeter kein flächendeckend einheitlicher Trend vorherrscht. Es können drei Teilgebiete unterschieden werden:

Unteres Emmental

Südlich der Kantonsgrenze, das heisst im Unteren Emmental und Limpachtal, weisen alle untersuchten Stationen einen signifikanten Rückgang des Grundwasserstands auf. Die Beträge variieren von 0.2 bis 3.6 cm / Jahr. Die Ursachen dieses regionalen Spiegelrückgangs können nicht abschliessend beurteilt werden. Aus diversen Studien geht aber hervor, dass sich die Emme seit ihrer Korrektur gegen Ende des 19. Jahrhunderts über weite Strecken in einem Erosionszustand befindet. Die Sohlenerosion hat zwangsläufig auch Auswirkungen auf das umgebende Grundwasser. Zu beachten gilt aber auch, dass mehrere Messstationen Ende der 1970er bis Anfang der 1980er Jahre in Betrieb genommen wurden. Gerade diese Zeitperiode zeichnet sich durch erhöhte Winterniederschlagsmengen aus (vgl. Kapitel 11.5). Die Datenerfassung begann somit in einer Zeitphase mit relativ hohen Grundwasserneubildungsraten und dementsprechend hohen Grundwasserständen. Tatsache bleibt, dass aus dem Unteren Emmental stetig weniger Grundwasser dem Wasseramt zufließt. Ein durchschnittlicher Spiegelrückgang von 1.5 m bedeutet einen Rückgang des Grundwasserflusses von ca. 100 l/s (dies bei folgenden Annahmen: Aquiferbreite 5 km, mittlerer k-Wert $3 \cdot 10^{-3}$ m/s, Gradient 0.44%).

Südlicher Teil des Wasseramts

Von der Kantonsgrenze stromabwärts wird das Grundwassergeschehen im Wesentlichen durch die zahlreichen drainierenden Bäche und Kanäle beeinflusst. Zum Teil sind die Grundwasserstände angestiegen (so zeigt z. B. die Ganglinie der Station PW Rüttfeld einen positiven Trend). Vermutete Gründe sind die allmähliche Leistungsabnahme von Drainagen und drainierenden Kanälen und die sukzessive Sanierung drainierender Kanalisationsleitungen.

Nordöstlicher Teil des Wasseramts

Im Gebiet der Gemeinden Luterbach, Deitingen und Subingen dominieren rückläufige Grundwasserstände. Der maximale Rückgang ist beim PW Subingen mit 3.2 cm/Jahr zu beobachten. Als mögliche Ursache kommt Übernutzung sowie die Abnahme von Infiltrationen aus Bächen wegen zunehmender Kolmatierung in Frage.

11.5 Langzeitdaten im Vergleich

In Abbildung 26 sind mehrere hydrologische, hydrogeologische und klimatologische Langzeitdaten einander gegenübergestellt.

Verdunstung

Dargestellt ist die berechnete Verdunstung für das gesamte Einzugsgebiet des Rheins. Die Daten wurden freundlicherweise von der Sektion Hydrologie des Bundesamtes für Umwelt

(BAFU) zur Verfügung gestellt. Die Verdunstung hat in den vergangenen 100 Jahren um ca. 100 mm zugenommen.

Winterniederschläge

Es sind vor allem die Niederschläge des Winterhalbjahres, die zur Speisung des Grundwassers beitragen (Kap. 11.1). Die nächst gelegene Niederschlagsstation (*meteoschweiz*), von der seit 1901 digitale Daten verfügbar sind, ist die Station St. Urban. Ein Trend des Niederschlagsverhaltens ist nicht nachzuweisen. Zu beachten ist aber, dass die Winterhalbjahre Ende der 1970er und Anfang der 1980er Jahre sehr nass ausfielen. In dieser Periode wurden im Wasseramt überdurchschnittlich hohe Grundwasserstände registriert.

Messstelle	Lokalität	Trend	cm/Jahr	Periode [Anz. Jahre]
G131	Utzenstorf, Burgerwald, WAB21	▼	- 3.6	28
G152	Bätterkinden, Buuchi, WAB64	▼	- 1.3	27
G153	Wiler b. U. Wilerfeld, UTB31	▼	- 1.8	31
G208	Willadingen, Länggi, WAB20	▼	- 0.2	30
PW Tannwald	Obergerlafingen	▼	- 0.5	31
Li Fassung RKO	Recherswil	○	-	22
PW Erlenmoos	Recherswil	△	+ 0.1	32
Li Gerlafingen	Gerlafingen	○	-	22
Li Stöckleten	Recherswil	△	+ 0.8	19
Li Obergerlafingen	Obergerlafingen	△	+ 2.1	19
PW Biberist	Kriegstetten	△	+ 0.8	17
Li Grütt	Derendingen	Daten 2000 bis 2005		
Li Eichholz	Kriegstetten	Daten 2000 bis 2005		
PW Subingen	Subingen	▼	- 3.2	38
Li Mitteldorf	Derendingen	Daten 2000 bis 2005		
PW Rüttfeld	Zuchwil	△	+ 1.3	26
Li Waldhaus	Subingen	Daten 1997 bis 2005		
PW Ruchacker	Luterbach	○	-	19
Li Pfaffenweiher	Subingen	▼	- 1.7	19
PW XI	Luterbach	▼	- 1.7	27
Li Luterbachstrasse	Deitigen	Daten 2000 bis 2004		
Li Wylihofstrasse	Luterbach	Daten 1995 bis 2004		

Legende: △ Anstieg der Grundwasserstände
 ▼ Rückgang der Grundwasserstände
 ○ kein signifikanter Trend

Tabelle 20 Ergebnisse der Trendanalyse Grundwasserpegelmessungen Wasseramt

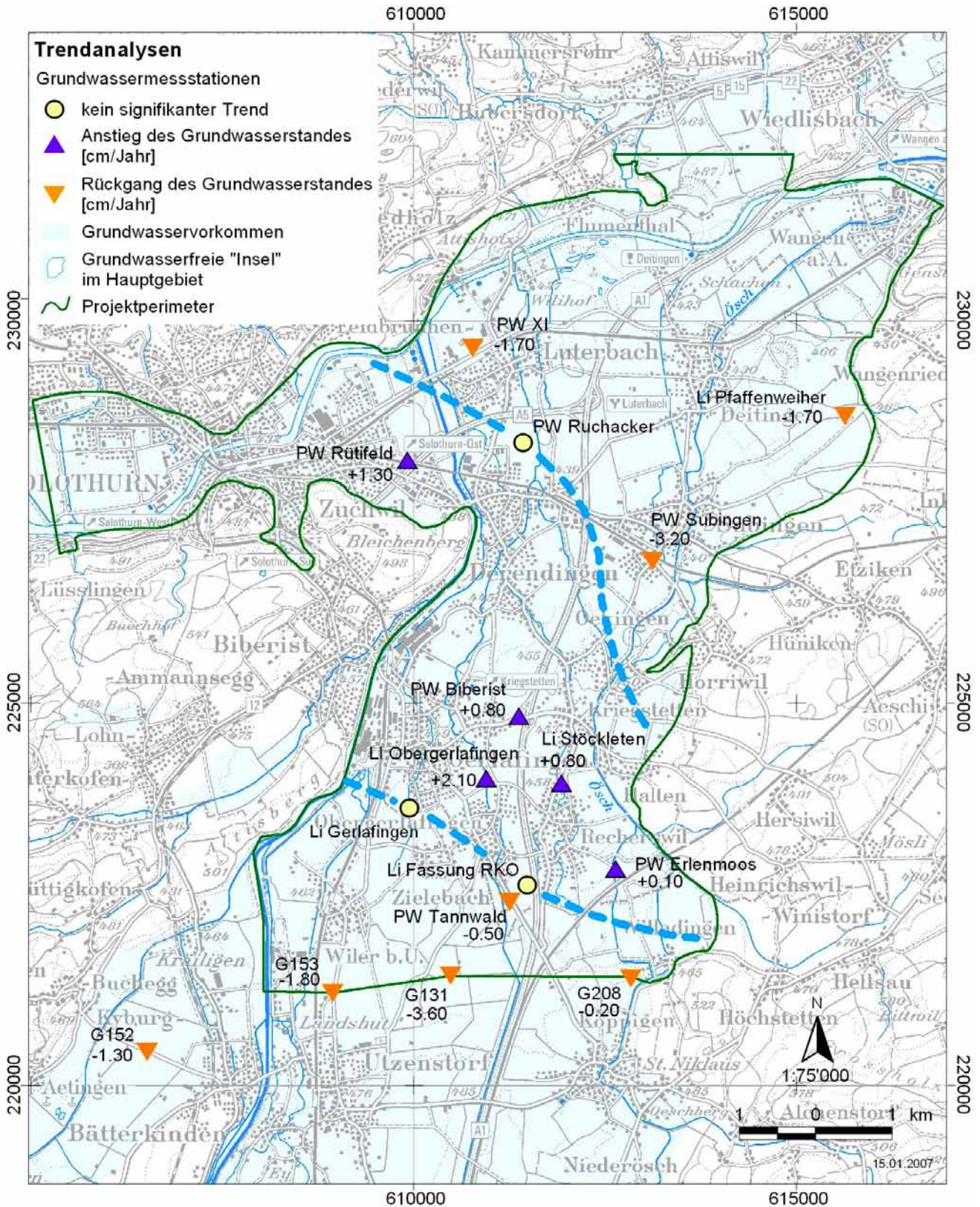


Abbildung 25 Gebiete im Wasseramt mit unterschiedlichen, langjährigen Trends der Grundwasserstände in cm/Jahr

Mittlere Sohle der Emme

Die Darstellung der mittleren Sohlenkoten beschränkt sich auf drei Standorte, welche nicht im direkten Einflussbereich von Schwellen liegen. Auffallend ist der starke Rückgang der Emmesohle zwischen ca. 1940 und 1980. Der Sohlenerosion konnte durch weitere Korrekturmassnahmen entgegengewirkt werden, so dass in den 1980er Jahren wieder Anstiege zu verzeichnen sind. Die letzten Messdaten deuten allerdings auf eine erneute Sohlenvertiefung hin.

Abfluss der Emme

Die seit 1922 vorliegenden Abflussdaten der Emme weisen im Jahresmittel keinen Trend auf. Beachtenswert ist wiederum die Periode vom Ende der 1970er bis Anfang der 1980er Jahre: Die Niedrigwasserabflüsse fallen höher aus als in den vorangehenden und nachfolgenden Jahren, was mit den hohen Winterniederschlagssummen und den hohen Grundwasserständen korreliert. Der in dieser Periode vorherrschende erhöhte Basisabfluss der Emme ist auf grössere Mengen an exfiltrierendem Grundwasser und zufließendem Quellwasser zurückzuführen.

Grundwasserstände

Über den „100-jährigen“ Verlauf der Grundwasserstände im Wasseramt können nur Annahmen getroffen werden, da von den meisten Messstationen nur 20- bis 30-jährige Zeitreihen vorliegen. Die wasserbaulichen Eingriffe im Wasseramt, die dem Hochwasserschutz, der Wasserkraftnutzung und der Entwässerung dienen, lassen aber vermuten, dass die Grundwasserstände vor 100 und mehr Jahren wohl deutlich über den aktuellen Ständen lagen. Dies dürfte auch für das südliche Gebiet des Wasseramts gelten, in denen in den letzten zwei bis drei Jahrzehnten eher ein Anstieg der Grundwasserstände zu verzeichnen ist (vgl. Kapitel 11.4). Dies lässt sich anhand der Messdaten des PW Biberist illustrieren: Seit 1988 weisen die Grundwasserstände einen leicht positiven Trend auf (+0.8 cm/Jahr). Das Periodenmittel 1988 bis 2004 liegt bei 448.12 m ü. M. In [8] ist die Ganglinie der Wasserstände von 1956 bis 1965 dargestellt, aus der eine mittlere Kote von ca. 448.4 m ü. M. hervorgeht. Auch bei dieser Station ist also ein langzeitlicher Rückgang der Grundwasserstände festzustellen.

Die wichtigsten wasserbaulichen Eingriffe im Wasseramt waren die folgenden:

- 1881 Abschluss der grossen Emmekorrektion
- 1887 Fertigstellung des Emmekanal
- 1920er Jahre: Erste grosse Etappe von Meliorationen im Wasseramt
- 1943/45 Hauptkorrektur der Ösch
- 1940er und -50er Jahre: zweite grosse Etappe von Meliorationen im Wasseramt

11.6 Schlussfolgerungen der Zeitreihenanalysen

Die statistischen Analysen von Grundwasserstandsdaten und anderen Langzeitdaten lassen folgende Schlüsse zu:

- Das generelle Grundwasserschwankungsverhalten ist einem mittelländisch pluvialen Regime zuzuordnen. Höchststände treten in der Regel zwischen Januar und April auf, Tiefststände in den Monaten September und Oktober.
- Perioden mit generellem „Grundwasserüberschuss“ und solche mit generellem „Grundwasserdefizit“ erstrecken sich meist über zwei bis vier Jahre. Die Tatsache, dass in den Jahren 2001 und 2002 relativ hohe Grundwasserstände zu verzeichnen waren, verhinderte, dass im Hitzejahr 2003 im gesamten Wasseramt die Wasserstände auf Rekordtiefstwerte sanken.

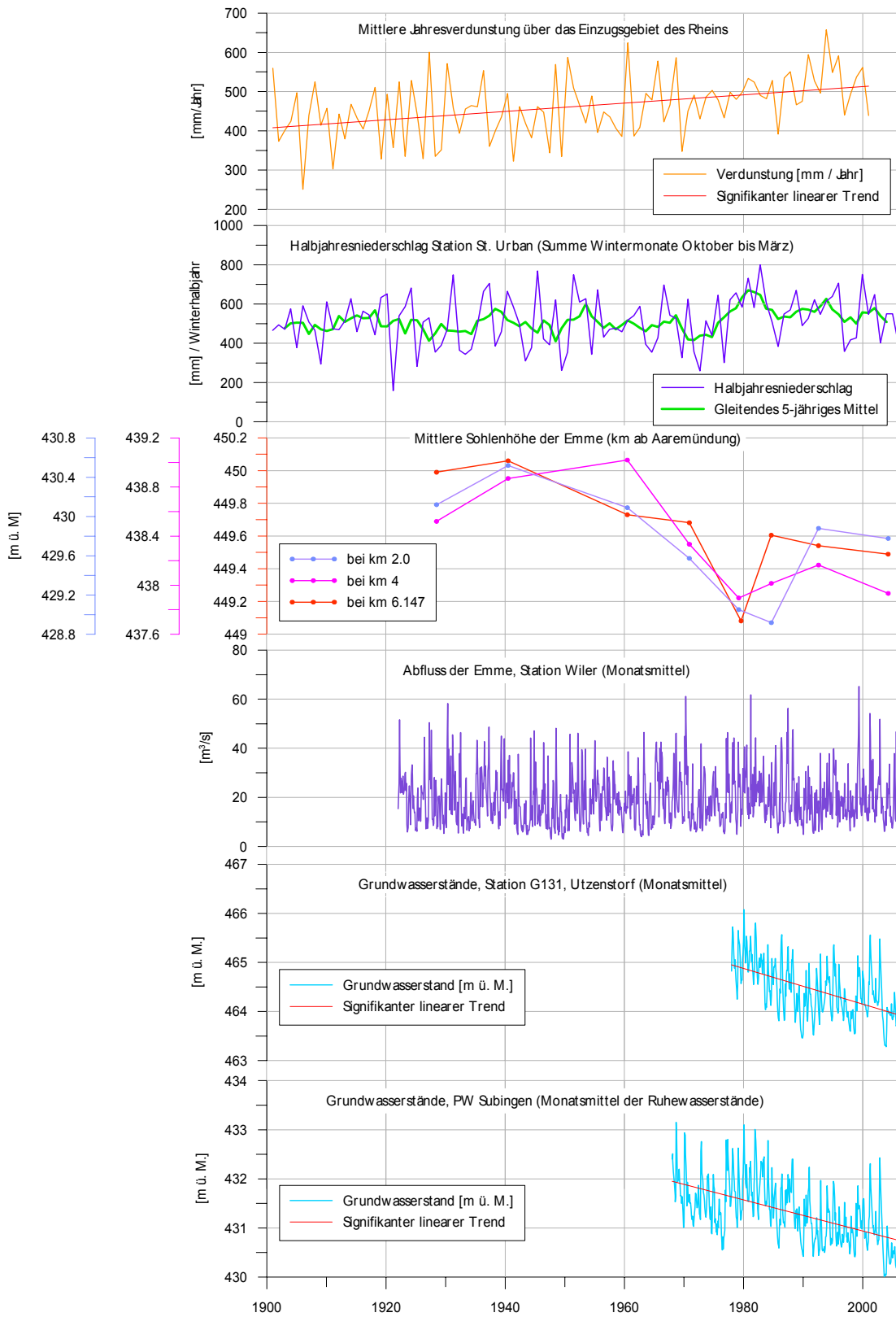


Abbildung 26 Langzeitdaten

- Gebiete, in denen die Grundwasserstände durch drainierende Oberflächengewässer und Drainageleitungen kontrolliert werden, zeichnen sich durch geringe Amplituden von weniger als 1.5 m aus. In Gebieten mit hohen Flurabständen ist in Abhängigkeit der Neubildung ein freies Schwanken des Grundwasserspiegels gewährleistet. Deshalb liegen hier die Amplituden zwischen 1.5 m und 3 m.
- Seit ca. den 1980er Jahren weisen die Grundwasserstände im Unteren Emmental und im nordöstlichen Wasseramt einen signifikanten Spiegelrückgang auf. Die im Untersuchungsperimeter zu beobachtenden Spitzenwerte betragen -3.6 cm/Jahr für eine Messstation bei Utzenstorf (Burgerwald, G131) respektive -3.2 cm/Jahr für das PW Subingen. Im südlichen Wasseramt sind demgegenüber leicht steigende Wasserstände zu beobachten. Dies vermutlich als Folge der Leistungsabnahme von Drainageleitungen bzw. von drainierenden Kanälen sowie der sukzessiven Sanierung drainierender Abwasserleitungen. Die wasserbaulichen Eingriffe im Wasseramt lassen aber vermuten, dass der natürliche Grundwasserspiegel im vergangenen Jahrhundert grossflächig abgesenkt wurde.
- Die Auswertung weiterer Langzeitdaten zeigt folgendes:
 - Die Verdunstung hat in den vergangenen 100 Jahren um rund 100 mm/a zugenommen.
 - Die Winterniederschlagssummen weisen keinen Trend auf. Beachtenswert ist, dass die Winterhalbjahre Ende der 1970er und Anfang der 1980er Jahre überdurchschnittlich nass ausfielen. Dies spiegelt sich in den Grundwasserständen wieder, welche in derselben Periode hohe Niveaus aufwiesen.
 - Bei drei untersuchten Querprofilen der Emme beträgt die durch die Erosion bewirkte Sohlenabsenkung zwischen Anfang der 1940er und Ende der 1970er Jahre 1 m bis 1.6 m. In den 1980er Jahre ist eine Erholung bzw. ein Anstieg der Sohlenkoten festzustellen, aber die jüngsten Daten deuten erneut auf eine Absenkung hin. Der Emmeabfluss selbst ist im Jahresmittel keinem Trend unterworfen.

11.7 Auswirkungen des Emme-Hochwassers von 2005 aufs Grundwasser

Das Hochwasser vom 22.8.2005 hatte nur auf jene Pegel einen Einfluss, welche im nördlichen Teil des Gebietes in der Nähe der Emme liegen. Diese Pegel reagierten schnell auf das Ereignis, wobei dies auch eine Folge des vertikal versickernden Überflutungswassers war. Die übrigen Pegel im Wasseramt verzeichneten nur kleine oder gar keine nennenswerten Anstiege der Grundwasserstände. Am 22.8. und an den Tagen zuvor fiel im Untersuchungsgebiet selbst nicht auffallend viel Niederschlag. Die Stationen zeichneten für den Zeitraum vom 30.7 bis 18.8.2005 ca. 50 mm, für den Zeitraum vom 18.8. bis 22.8.2005 ca. 40 mm Niederschlag auf. Diese Niederschlagsmengen sind nur halb so gross wie jene, die im überaus nassen November 2002 fielen, als die Grundwasserstände überall stark anstiegen. Hinzu kommt, dass im Sommer die Verdunstung höher ist als im Winter, also weniger Wasser effektiv an der Neubildung teilhat. Im Falle der Augustniederschläge kommt das Regenwasser nur unwesentlich als Neubildung ins Grundwasser, es bleibt in den oberen Bodenlagen und verdunstet dort. Verantwortlich für den Extremabfluss der Emme waren somit vor allem die Niederschläge im höher gelegenen Einzugsgebiet.

12 Bewirtschaftungsszenarien

Mit dem erstellten und kalibrierten Grundwassermodell (siehe Kapitel 2.5) können verschiedene Bewirtschaftungsszenarien berechnet werden.

12.1 Zuströmbereiche von Trinkwasserfassungen

Beim Zuströmbereich handelt es sich um dasjenige Gebiet, aus dem der Hauptanteil des Wassers stammt, der einer Grundwasserfassung zuströmt. Die Zuströmbereiche für die Trinkwasserfassungen werden mit Hilfe von Transport unter invertierter Strömung bei mittleren Entnahmemengen berechnet. Dabei wird einem Brunnen die fiktive Konstellation von „1“ zugewiesen. Nach Berechnung des stationären Transportes unter invertierter Strömung können die resultierenden Konzentrationen als die Wahrscheinlichkeit betrachtet werden, mit der ein Partikel den Brunnen erreicht. Wenn an einem Punkt die Konzentration 0.3 resultiert, heisst das, dass ein Partikel, der in diesem Punkt gestartet ist, mit 30 % Wahrscheinlichkeit in den Brunnen gelangt. Mit der Wahl von Isokonzentrationsflächen von 0,1 bis 1,0 wird eine 90 %-Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines Partikels in den Entnahmehrunnen dargestellt. Die Methode hat gegenüber der Methode der Bahnlinien den Vorteil, dass nicht nur der advective Teil der Strömung, sondern auch der dispersive Teil erfasst wird. Die Zuströmbereiche können sich daher auch überlappen. Wasser kann von einem Punkt, der weit entfernt von zwei Brunnen ist, je nach hydrologischen Gegebenheiten in den einen oder anderen Brunnen gelangen. Die Zuströmbereiche der Trinkwasserbrunnen sind in Beilage 4 dargestellt. Wobei hierzu sowohl die Simulationsergebnisse als auch Erkenntnisse zu den lokalen Gegebenheiten berücksichtigt wurden. Die Isochronen werden modelltechnisch mit derselben Methode berechnet. Auch hier wird mit den mittleren Entnahmemengen gerechnet. Um die Laufzeit zu erhalten, muss der Transport unter invertierter Strömung instationär erfolgen. Die Isochronen für 100 bzw. 200 Tage sind in Beilage 4 dargestellt.

12.2 Mittlere Grundwasserentnahmen gemäss Wasserversorgungskonzept oberer Kantonsteil (WOK)

Das Wasserversorgungskonzept oberer Kantonsteil WOK [2] sieht für die Bewirtschaftung der Region „Oberer Kantonsteil“ fünf öffentliche Grundwasserfassungen vor. Nur diese fördern Trinkwasser (Tabelle 21).

Fassung	Koordinaten	Mittlere Grundwasserentnahme		Konzessionierte Grundwassermenge	
Erlenmoos	612'640 / 222'830	5'300 m ³ /d	61 l/s	9'500 m ³ /d	110 l/s
Tannwald	611'260 / 222'405	5'300 m ³ /d	61 l/s	8'000 m ³ /d	93 l/s
Dörnischlag	612'097 / 230'212	18'700 m ³ /d	215 l/s	21'600 m ³ /d	250 l/s
Ruchacker	611'432 / 228'410	10'000 m ³ /d	116 l/s	14'400 m ³ /d	167 l/s
Lerchenfeld	610'888 / 224'400	4'000 m ³ /d	46 l/s	8'640 m ³ /d	100 l/s

Tabelle 21 Trinkwasserfassungen mit mittleren Fördermengen

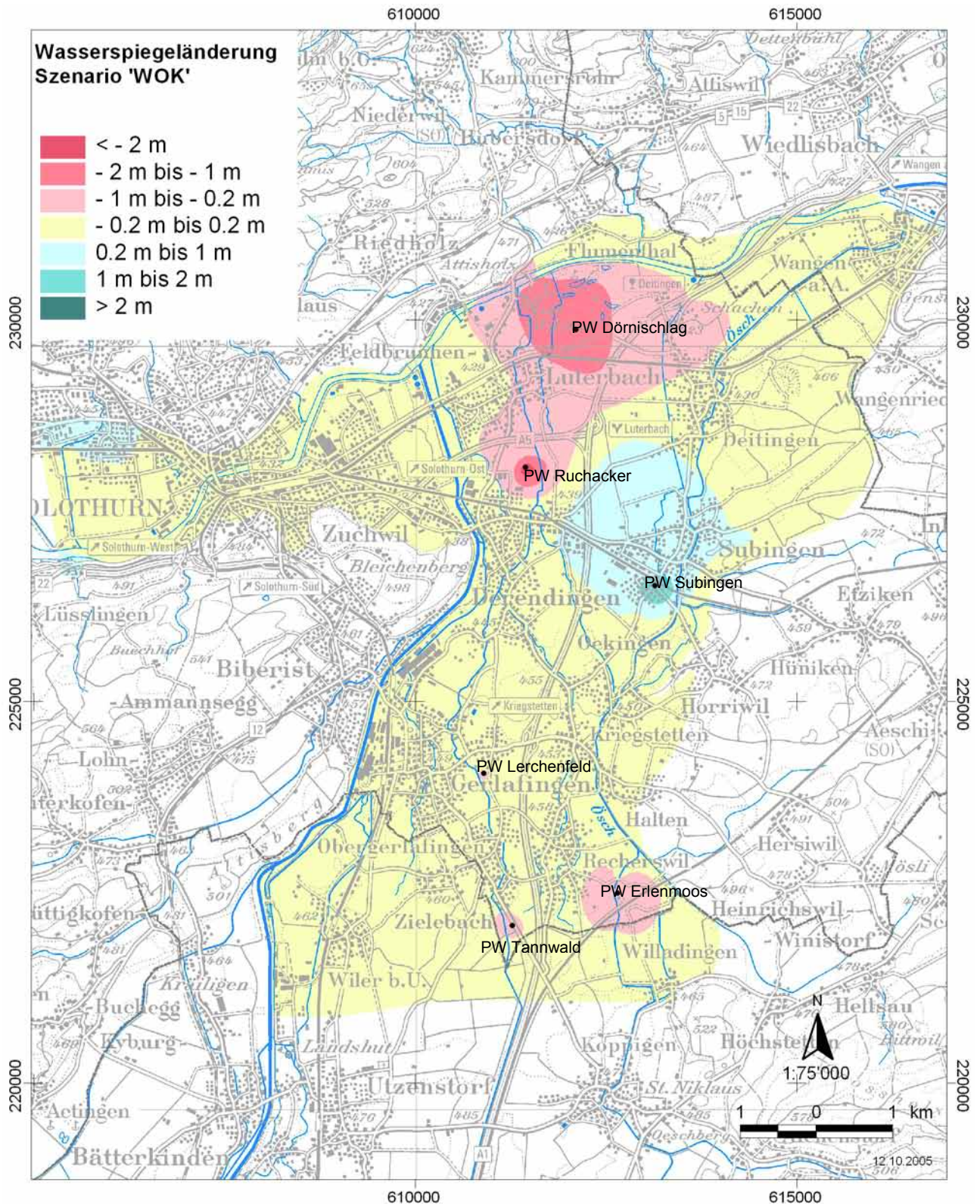


Abbildung 27 Wasserspiegeländerung mit dem Szenario WOK im Vergleich zum heutigen Zustand

Das Modell wurde auf den Zeitraum Januar 2002 bis August 2005 angewandt. In Abbildung 27 ist die Wasserspiegeländerung gegenüber dem heutigen Zustand dargestellt (Mittelwas-

serstand). Man sieht deutlich, dass vor allem um die Pumpwerke Dörnischlag und Ruchacker grössere Absenkungen zu erwarten sind. Die anderen drei Pumpwerke werden Absenkungen bis ca. 1 m aufweisen. Das Pumpwerk Subingen ist in diesem Szenario nicht in Betrieb und somit erhöht sich der Grundwasserspiegel um bis zu 1 m.

Um die Situation im PW Dörnischlag zu verdeutlichen, wurden Isochronen von 10, 20 und 100 Tagen im heutigen Zustand (rund 3'100 m³/d) und gemäss dem Szenario WOK (18'700 m³/d) erstellt (Abbildung 28). Da dies einer Versechsfachung der heutigen mittleren Pumpmenge entspricht, sind die Unterschiede deutlich sichtbar.

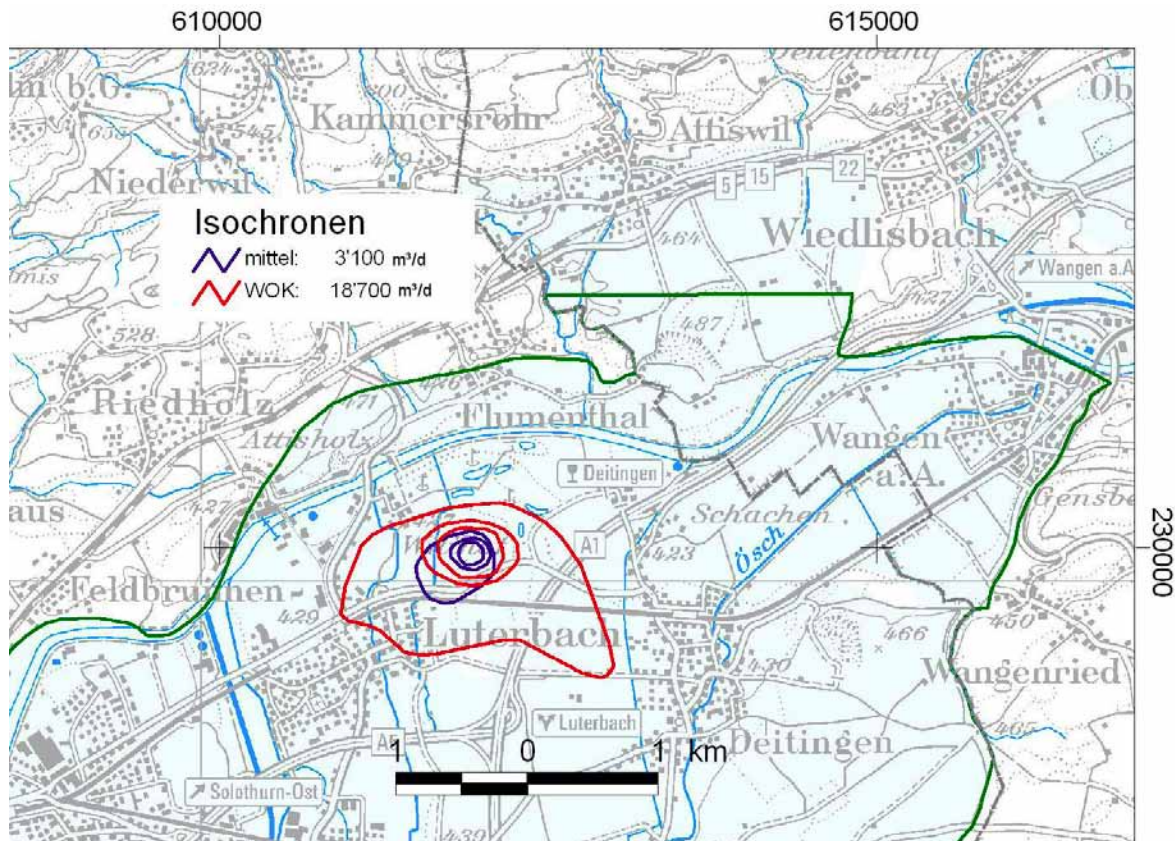


Abbildung 28 Isochronen für das PW Dörnischlag (10 Tage / 20 Tage / 100 Tage)

12.3 Dauerentnahme der heute geltenden Konzessionen

In diesem Szenario werden aus allen Trinkwasserbrunnen von öffentlichem Interesse auf dem Gebiet des Kanton Solothurn die konzessionierten Wassermengen entnommen. Die Brauchwasserfassungen sowie die Fassungen auf dem Gebiet des Kanton Bern entnehmen soviel Wasser wie 2002 bis 2005 gemessen. Das Ergebnis dieses Szenarios ist in Abbildung 29 dargestellt. Im Vergleich zum Szenario WOK, in dem nur fünf Trinkwasserbrunnen mit ca. 2/3 der konzessionierten Menge pumpen, wird die Absenkung grösser. Das Gebiet Luterbach–Zuchwil hätte eine ständige Grundwasserabsenkung von 1 m bis 2 m, lokal sogar von 2 m bis 5 m zu erwarten. Im Deitingen Wald wäre die Absenkung 0.2 m bis 1 m. Der Brunnen Subingen läuft im Modell mit der konzessionierten Menge leer, d. h. die Konzession ist höher als das Dargebot im Modell. Es wird klar ersichtlich, dass vor allem im Gebiet Luterbach die Summe der vergebenen Konzessionen zu gross ist.

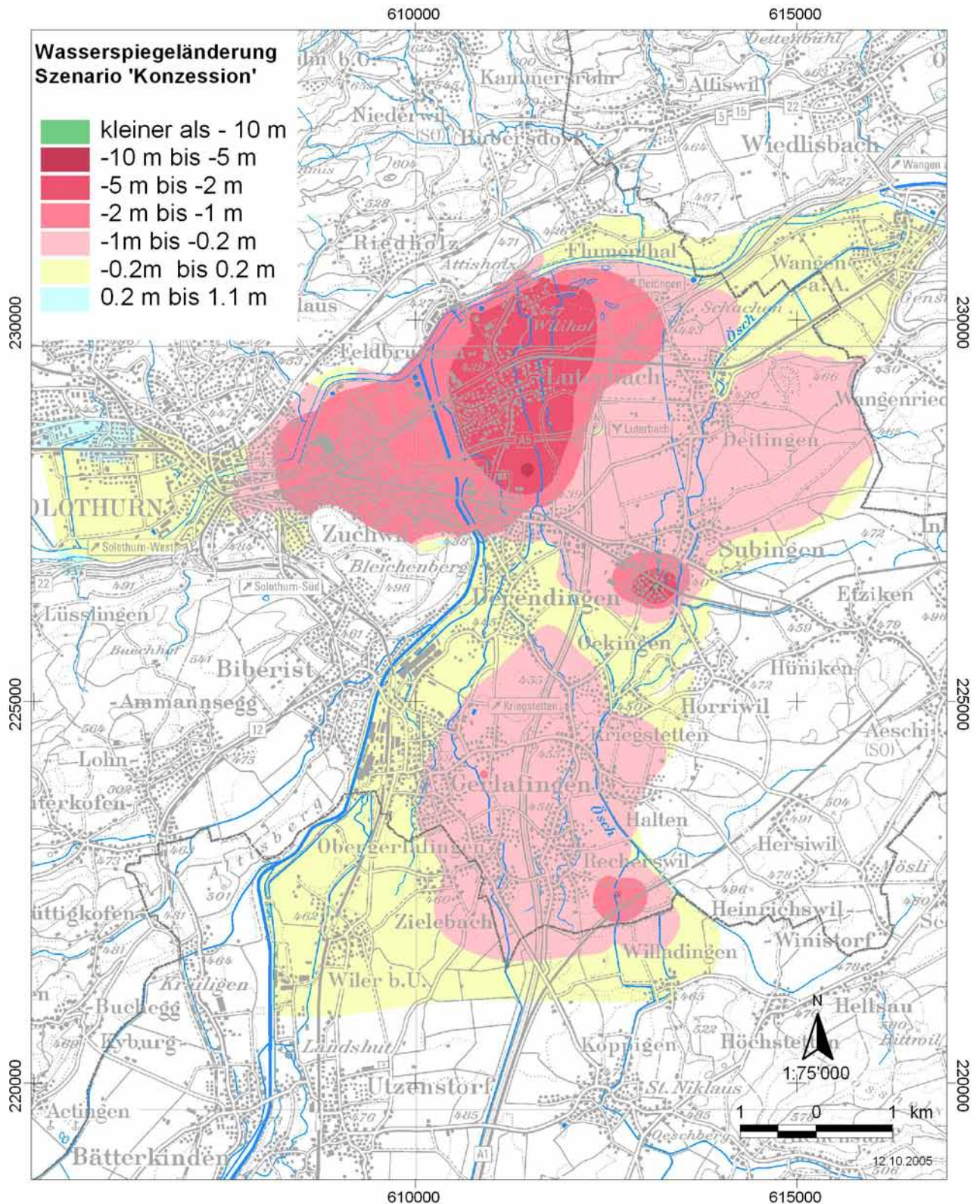


Abbildung 29 Absenkung bei Dauerentnahme mit den heutigen Konzessionen. Die Entnahmemenge übersteigt den Zufluss über Grundwassererneubildung und den Profilzufluss, deshalb sinkt der Grundwasserspiegel ab.

**Hydraulisch günstige
Brunnenstandorte**

Transmissivität
 < 0.02 m²/s
 > 0.02 m²/s

Flurabstand
 2-6 m
 >6m

- Bestehende
Grundwasserfassungen SO
- Berechnete
Trinkwasserfassungen

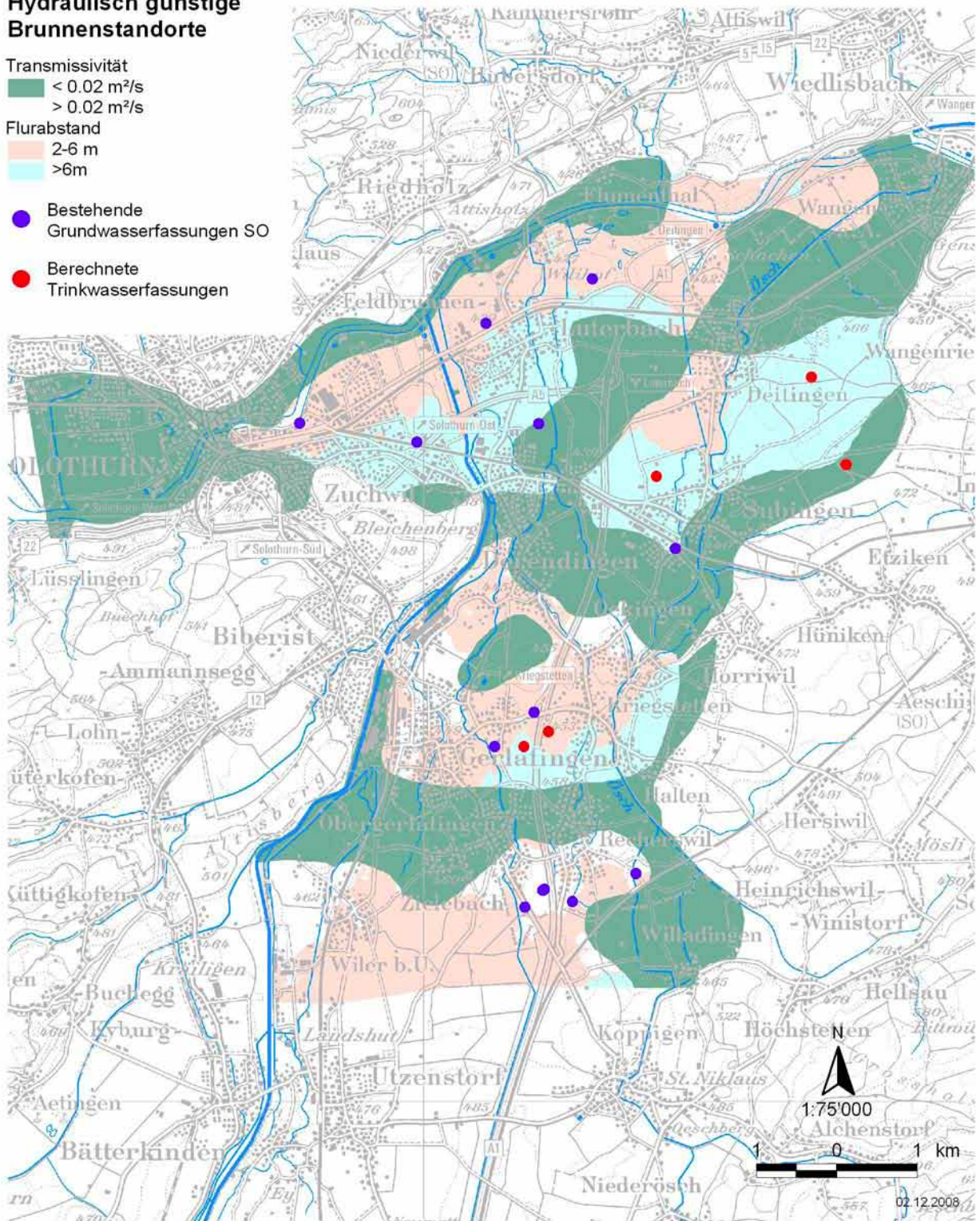


Abbildung 30 Hydraulisch günstige Brunnenstandorte: Gebietseinteilung in Abhängigkeit von Flurabstand und Transmissivität

12.4 Potentielle neue Grundwasserentnahmen im Wasseramt

Das AfU legte für potentielle neue Grundwasserentnahmen zwei Standorte fest, einen im Raum Obergerlafingen, den anderen östlich von Subingen. Um Gebiete visualisieren zu können, die für künftige GW-Entnahmen besonders geeignet wären, wurden in Abb. 30 die mittleren Flurabstände (2 m bis 6 m und > 6 m) sowie die Transmissivitäten $< 0.02 \text{ m}^2/\text{s}$ dargestellt. An Orten, an denen die Transmissivität $> 0.02 \text{ m}^2/\text{s}$ ist, ist diese nicht dargestellt und lässt somit einen Blick auf die Flurabstände zu. Hellblaue Flächen bezeichnen die günstigsten Standorte, da dort sowohl eine hohe Transmissivität als auch ein Flurabstand $> 6 \text{ m}$ vorliegt. Es ist zu beachten, dass die Transmissivität anhand der kalibrierten k -Werte berechnet wurde. Vor allem der Deitinger Wald würde sich für zwei weitere Fassungen anbieten. Für diese, sowie die vom AfU festgelegten Standorte wurden die Zuströmbereiche berechnet. Der Deitinger Wald ist aus hydrogeologischer Sicht noch nicht gut bekannt. Auch das Grundwassermodell kann diesen Teil, im Speziellen die Grundwasserstände in den Messstellen 425 und 427, nicht adäquat abbilden (Kap. 12.5). Die Wahl eines Brunnens an diesen Standorten müsste eine weitere hydrologische Datenaufnahme und evtl. eine neuerliche Modellierung nach sich ziehen.

12.4.1 Schutzareal Oberes Wasseramt

Für das Schutzareal ‚Oberes Wasseramt‘ wurden auf der Höhe Obergerlafingen beidseits der Autobahn zwei Fassungen à je $10'000 \text{ l/min}$ (167 l/s) untersucht. Dabei wurden die 10- / 20-Tag Isochronen berechnet (Abbildung 31). Im Rahmen des Berichtes ‚Schutzareal Oberes Wasseramt‘ [7] wurde bereits eine Fallstudie für verschiedene Brunnenstandorte durchgeführt. Die fast kreisrunde Ausdehnung der Isochronen (dies im Gegensatz zu lang gezogenen „Zigarrenformen“) ist typisch für Grundwassergebiete mit niedrigen Gradienten.

Die Simulationen sind einzig auf den Aspekt der Schutzzonendimensionierung ausgelegt. Schutzzonen sind auf Maximalentnahmen zu dimensionieren. Kurzfristig sind entsprechende Spitzenentnahmen möglich, auch wenn dabei das nutzbare Dargebot überschritten wird.

Aus hydrogeologischer Sicht wird empfohlen, am Erhalt des Schutzareals Oberes Wasseramt festzuhalten. Dessen Eignung für eine künftige Trinkwassergewinnung begründet auf folgenden Überlegungen: Das Obere Wasseramt, insbesondere das Gebiet Gerlafingen – Kriegstetten, weist generell ein Nutzungspotenzial von hohem wasserwirtschaftlichem Interesse auf. Der Anteil der gegenwärtigen effektiven Entnahmen am Gesamtdargebot beträgt bloss 9% (Kapitel 10.3), das Langzeitverhalten der Grundwasserstände ist stabil (sogar leichter Anstieg der Grundwasserstände, vgl. Kap. 11.4) und die Wasserqualität entspricht den Anforderungen an Grundwasser, das für die Trinkwassergewinnung vorgesehen ist (Kap. 13). Des Weiteren sind die lokalen hydraulischen Kriterien zu beachten: Im Schutzareal Oberes Wasseramt ist die Mächtigkeit des Grundwasserleiters sehr hoch, sie beträgt annähernd 20 m. Zudem ergibt sich sowohl aus der Modellkalibrierung als auch aus Pumpversuchen, dass mit sehr gut durchlässigem Material zu rechnen ist.

Im Hinblick auf die Optimierung der Massnahmen zum Grundwasserschutz empfiehlt sich, die Lage der künftigen Fassung bzw. der künftigen Fassungen genau festzulegen, so dass die Ausdehnung der vorgesehenen Schutzzonen abgegrenzt werden kann. Denn im Moment gelten für das gesamte Schutzareal bezüglich baulicher Eingriffe die gleichen Bestimmungen wie für Engere Schutzzonen S2 (faktisches Bauverbot).

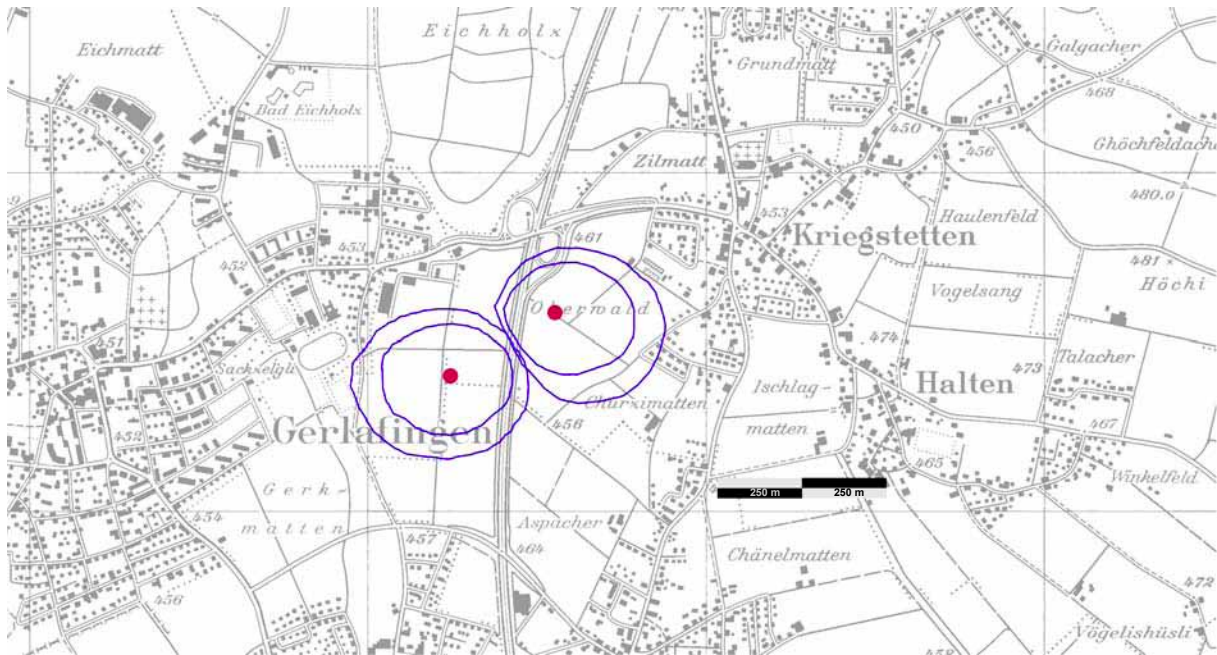


Abbildung 31 10d / 20 d Isochronen für das Schutzareal ‚Oberes Wasseramt‘

12.4.2 Heidenmoos

Der vorgeschlagene Brunnenstandort ‚Heidenmoos‘ liegt an den Koordinaten 615'275 / 227'900 (Abbildung 32). Er liegt am Modellrand, hat aber noch eine mittlere Grundwassermächtigkeit von ca. 10 m bei einem kalibrierten k -Wert von 10^{-3} m/s, d. h. einer Transmissivität von 0.01 m²/s. Es soll eine Wassermenge von 10'000 l/min (167 l/s) entnommen werden können. In Abb. 32 sind die 10- / 20-Tages-Isochronen dargestellt. Der Brunnen ‚Heidenmoos‘ wurde dabei einzeln berechnet. Es könnten 167 l/s (10'000 l/min) entnommen werden, sofern im Raum Deitingen keine weiteren Brunnen erstellt würden. Bei der Berechnung mit allen drei neuen Brunnenstandorten fällt der Brunnen ‚Heidenmoos‘ trocken.

12.4.3 Weitere potentielle Entnahmebrunnen im Raum Subingen–Deitingen

Anhand von Abbildung 30 wurden zwei weitere potentielle Entnahmebrunnen im Gebiet Subingen–Deitingen festgelegt. Der eine Standort wäre im Deitingen Wald (Pfaffenweiher), der andere bei Subingen (Bürmatt). Sie wurden ausschliesslich nach hydraulischen Kriterien ausgewählt. Vor einer Umsetzung müsste man noch die qualitativen, versorgungstechnischen und raumplanerischen Aspekte betrachten. Für die Abschätzung des Fließregimes genügt die provisorische Standortwahl. Die Fassung in Subingen, die aufgehoben werden soll, wurde bei den Berechnungen noch miteinbezogen (43 l/s).

Gemäss Modell würde die Mürgelenquelle versiegen. Da die Hydrogeologie im Deitingen Wald nicht genauer untersucht ist und somit die Prozesse in diesem Teil im Modell nicht adäquat abgebildet werden können, kann dies in Natura anders sein. Im Modell senkt sich der Grundwasserspiegel unter die Kote der Fassungen ab. Es werden deshalb beide Standorte einzeln berechnet. Wird der Standort im Deitingen Wald separat modelliert, trocknet die Mürgelenquelle nicht aus, in trockenen Sommern würde sich die Ergiebigkeit aber signifikant verkleinern. Der Standort bei Subingen hat hingegen keinen Einfluss auf die Mürgelenquelle.

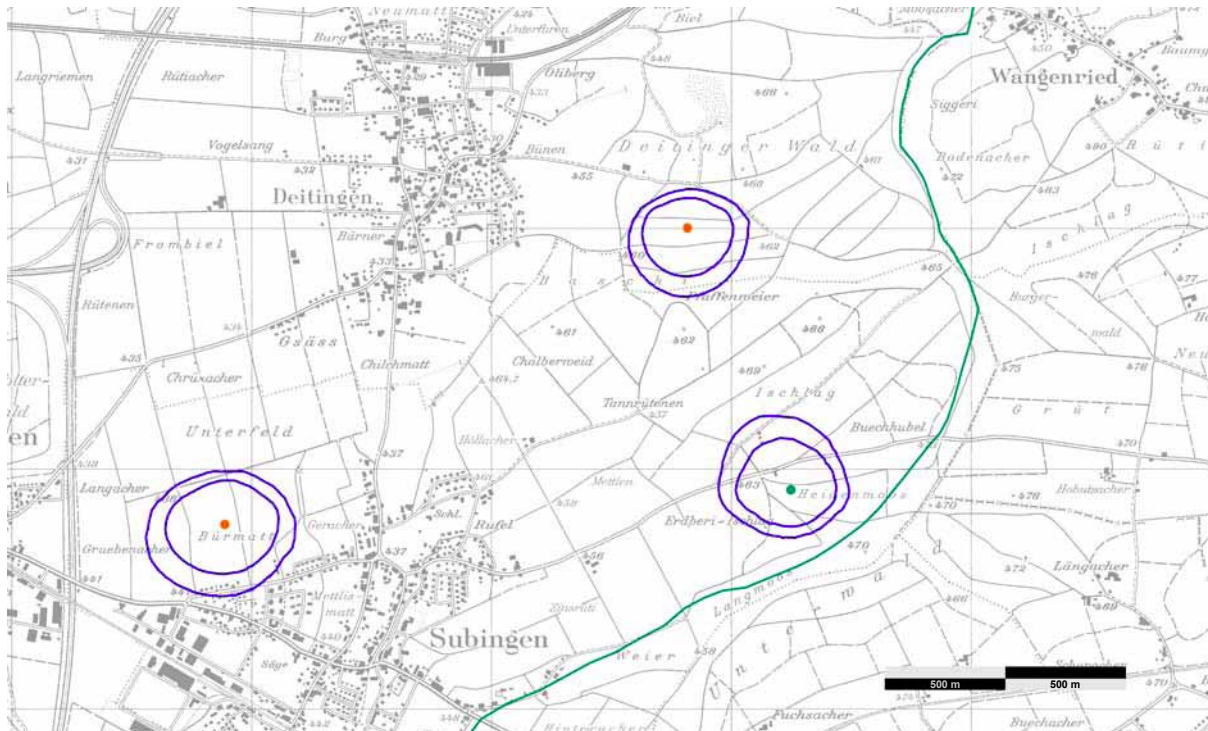


Abbildung 32 10- / 20-Tages-Isochronen im Raum Subingen–Deitingen; in grün die seitliche Begrenzung des Projektperimeters.

12.5 Auswirkungen einer lang anhaltenden Trockenheit

Das Jahr 2003 war ein extrem trockenes Jahr. Der Niederschlag betrug nur 70 % des langjährigen Mittels. Die Pegel in allen Grundwassermessstationen fielen kontinuierlich. Etwa die Hälfte der Pegel im Wasseramt wiesen absolute Tiefstwerte auf. Um die Auswirkungen einer länger anhaltenden Trockenheit zu simulieren, wurden die Verhältnisse von 2003 auf vier Jahre ausgedehnt.

Der südliche Rand wurde in den vorherigen Berechnungen durch ein Fixpotential begrenzt. Da die Wasserstände für Simulation der Trockenperiode nicht zur Verfügung standen, wurde die Wassermenge ausgewertet, die im Jahr 2003 über das Fixpotential ins Gebiet floss (am 1.1.2003 1'700 l/s). Diese Menge wurde während der vier Berechnungsjahre linear auf 1'000 l/s verkleinert und über das Zuflussprofil verteilt als Knotenzufluss eingegeben (Abbildung 33).

Die instationären Randbedingungen, also die Neubildung sowie die Vorflutpotentiale von Emme und Ösch, werden für alle simulierten Jahre verwendet. Die Grundwasserentnahmen werden stationär mit den gemittelten Mengen für das Jahr 2003 berechnet. In Abbildung 34 sind die Ergebnisse der vierjährigen Simulation für vier ausgewählte Pegel dargestellt. Pegel 410 befindet sich nahe am südlichen Rand, dort sind die Auswirkungen des verkleinerten Zuflusses gut zu erkennen. Bereits beim Pegel 419 (Höhe Swiss Steel) ist der Effekt nicht mehr sichtbar. Während der Profilzufluss ins Gebiet ‚Unteres Emmental–Kantonsgrenze‘ über die vier Jahre von 1'700 auf 1'000 l/s abnimmt, beträgt der Profilwegfluss ins Gebiet ‚Gerlafingen–Kriegstetten‘ zwischen 300 und 280 l/s. Das bedeutet, dass durch die tieferen Wasserstände weniger Wasser in die Fliessgewässer exfiltriert, aber fast gleich viel wie zu normalen hydrologischen Bedingungen ins nächste Gebiet weiter fliesst.

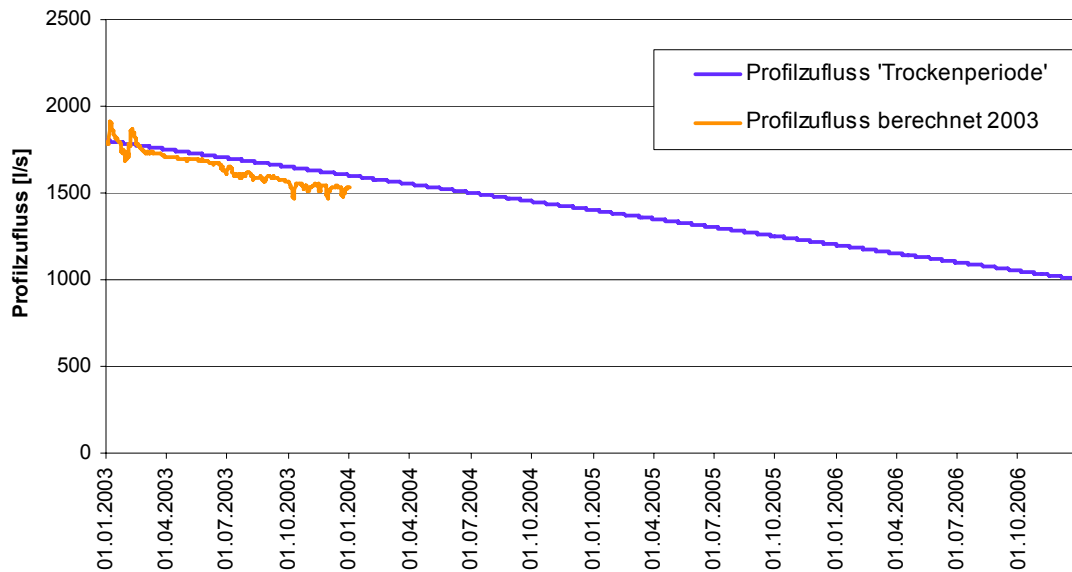


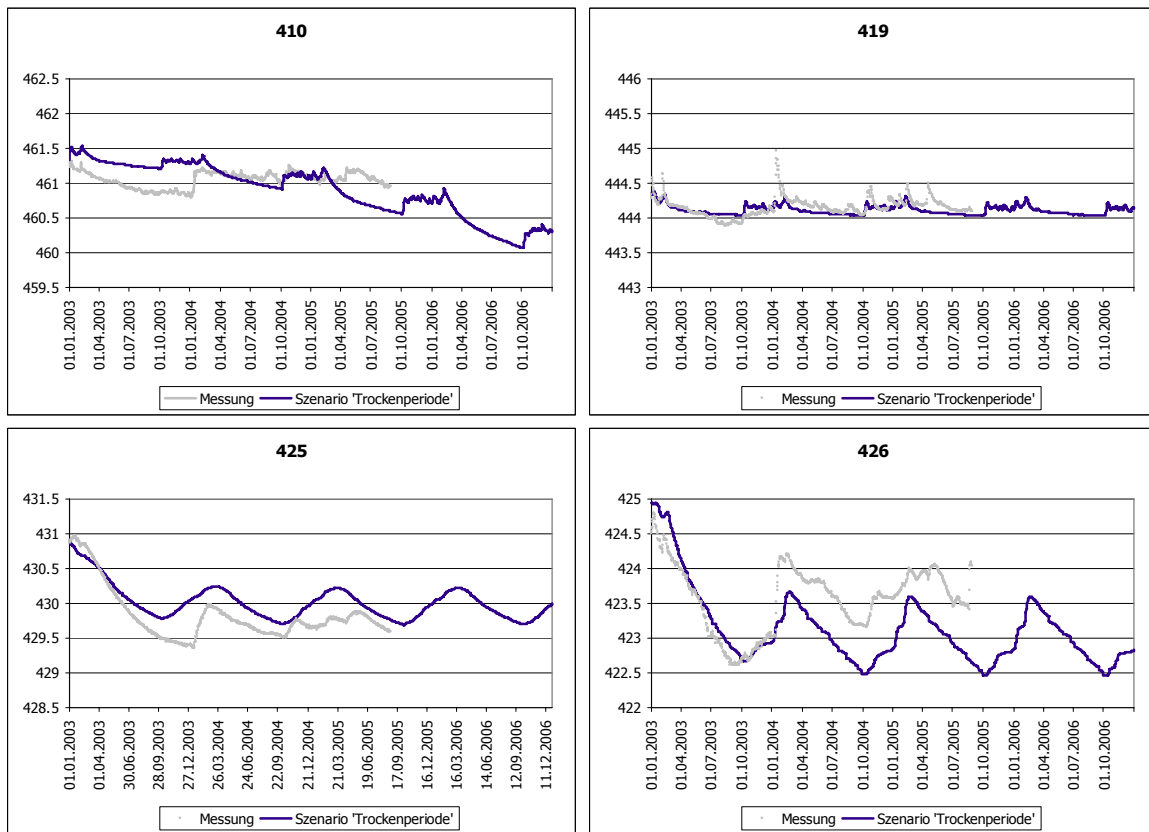
Abbildung 33 Berechneter Profizufluss (2003) und synthetischer Profizufluss für das Szenario ‚Trockenperiode‘

Des Weiteren kann Abbildung 34 auch für die Beurteilung des Modells herangezogen werden. Pegel 425 liegt im Gebiet des Deitinger Waldes. Im Gebiet Subingen haben die Bäche einen Anteil von 60 % am Zufluss. Da für den grössten Teil der Bäche nur stationäre Daten vorliegen, ist auch der Zufluss immer gleich bleibend. Während in Trockenperioden gewisse Bäche weniger Wasser führen würden, bleiben die Zuflüsse im Modell gleich. Dies zeigt sich in den hohen Wasserspiegeln von Pegel 425, welche einen gewissen Wert nicht unterschreiten. Um das infiltrative Verhalten der Bäche während trockenen Jahren zu untersuchen, werden zwei verschiedene Varianten für das Jahr 2003 berechnet. Die folgenden zwei Varianten sind in Abbildung 35 grafisch dargestellt (Reduktion ist in Prozent, da alle infiltrativen Bäche dieselbe Reduktion erfahren).

Variante Abstellen: Die Infiltration aus den Bächen wird ab Anfang März sukzessive von 100 % auf 0 % verringert und anschliessend für zwei Monate so belassen. Ab Mitte August wird die Infiltration wieder aufgenommen und kontinuierlich gesteigert, ab Oktober beträgt sie wieder 100 %.

Variante Reduktion: Die Infiltration wird ab Mitte April von 100 % auf 67 % reduziert und bleibt ab Juni 3 Monate so. Anfang September wird sie wieder auf 100 % gesteigert.

Die Ergebnisse der Pegel 425 und in Abbildung 36 zeigen, dass das Abstellen der Bäche dazu führt, dass der Wasserspiegel während dieser Zeit weit unter die gemessenen Werte fällt, sich dann aber schnell wieder erholt. Die Reduktion der Infiltration auf 2/3 hingegen zeigt gute Resultate. Auffallend ist, dass die Variante ‚Abstellen‘ im südlichen Teil (Pegel 414) temporär eine massive Absenkung des Grundwasserspiegels hat, der sich bei wiederhergestellter Infiltration schnell wieder einpendelt. Im Pegel 425 (Deitinger Wald), der auf alle Änderungen langsamer reagiert, gleicht sich die Variante ‚Abstellen‘ nicht an die Variante ‚Reduktion‘ an.



- 410: Li Fassung RKO, Rechterswil
- 419: GF Grütt alt (1913), Derendingen
- 425: Li Waldhaus, Subingen
- 426: PW Ruchacker, Luterbach

Abbildung 34 Ausgewählte Ganglinien für das Szenario ‚Trockenperiode‘

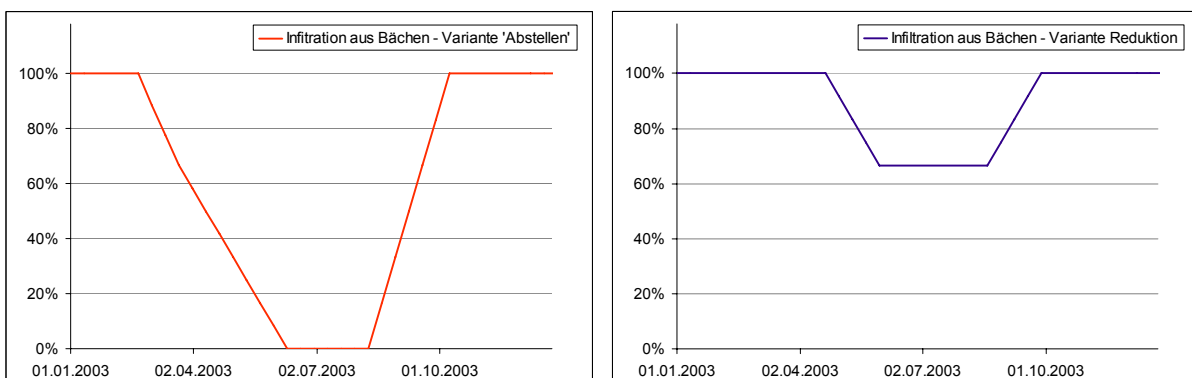


Abbildung 35 Variantenstudium zum Infiltrationsverhalten der Bäche

Aus der Sicht der Modellierung ist es wünschenswert, möglichst konsistente Daten zu haben. Es ist sinnvoller, die Infiltration der Bäche stationär mit guten Daten zu berechnen und den daraus resultierenden Fehler erklären zu können, als instationäre Ganglinien aufgrund von

Schätzungen zu erstellen und damit die gemessenen Ganglinien noch etwas besser abzubilden. Um die Bäche voll instationär betrachten zu können, reicht eine Reduktion um einen Faktor nicht aus. Für diesen Fall müssten instationäre Vorflutpotentiale in repräsentativen Gewässern vorliegen, die auf die anderen Bäche übertragen werden könnten. Zudem müsste die Korrelation zwischen Wasserführung und benetzter Fläche bekannt sein. Denn mit abnehmendem Abfluss nimmt die Interaktionsfläche zwischen Bach und Untergrund ab.

Wie in Kapitel 3.4 dargelegt, wird der Abfluss der meisten Bäche im Wasseramt durch Wehre, Zu- und Ableitungen reguliert. Das Schwankungsverhalten entspricht deshalb kaum noch einem natürlichen Regime. Bei der Oesch, beim Grützbach und beim Rütibach bestehen kantontonale Messstationen. Die Abflussdaten von 2003 zeigen folgendes Bild:

- Der Basisabfluss der Oesch bei Kriegstetten reduzierte sich in der ersten Jahreshälfte um etwa 50 %, verharrte aber ab Mitte Juni bis Ende Jahr auf einem mehr oder weniger konstantem Niveau von ca. 0.6 m³/s.
- Der Grützbach wies bis Anfang August einen sehr konstanten Abfluss auf, was eindeutig auf die künstliche Wasserzufuhr zurückzuführen ist. Im August und September zeugen die abrupten und zeitlich limitierten Abflussrückgänge von einer markanten Drosselung der künstlichen Wasserzufuhr. Solche Drosselungen sind an Unterhaltsarbeiten gekoppelt. Die Wasserführung des Grützbachs wird einmal jährlich unterbunden, so dass der Bach gereinigt werden kann („Bachputzete“).
- Der Rütibach bei Derendingen wies im Jahre 2003 eine sehr untypische Wasserführung auf. Ende April wurde der Abfluss innert 24 Stunden um 50 % reduziert. In den Folgemonaten, d.h. während der eigentlichen Trockenzeit, nahm der über mehrere Tage gemittelte Abfluss aber sukzessive wieder zu. Die Wasserführung ist also auch in diesem Fall massgebend von der Regulierung abhängig.

Die Abflussverhältnisse der zahlreichen Bäche und Kanäle im Wasseramt sind somit bis zu einem gewissen Grade steuerbar, und dies auch bei länger anhaltenden Trockenzeiten. Aus den oben beschriebenen Modellsimulationen geht die starke Beeinflussung des Grundwassergeschehens durch Fliessgewässer deutlich hervor. Die Kombination dieser beiden Aussagen führt zu folgendem, wasserwirtschaftlich interessantem Fazit:

Bei länger anhaltenden Trockenzeiten kann durch das Festhalten einer mehr oder weniger konstanten Wasserführung der zahlreichen Bäche und Kanäle ein übermässiger Rückgang der Grundwasserstände im Wasseramt verhindert werden. Der limitierende Faktor liegt somit in der Möglichkeit, die Wasserläufe mit Emme- und Oeschwasser permanent alimentieren zu können.

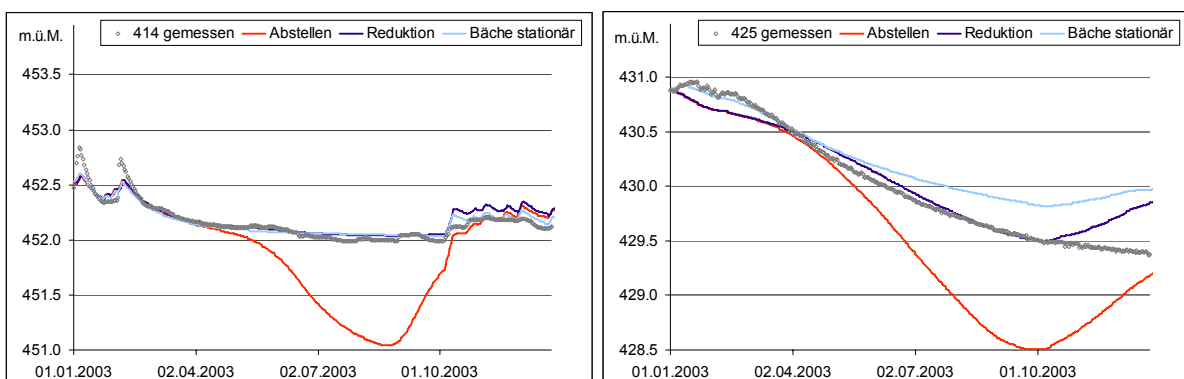


Abbildung 36 Ergebnisse des Variantenstudiums für das Jahr 2003

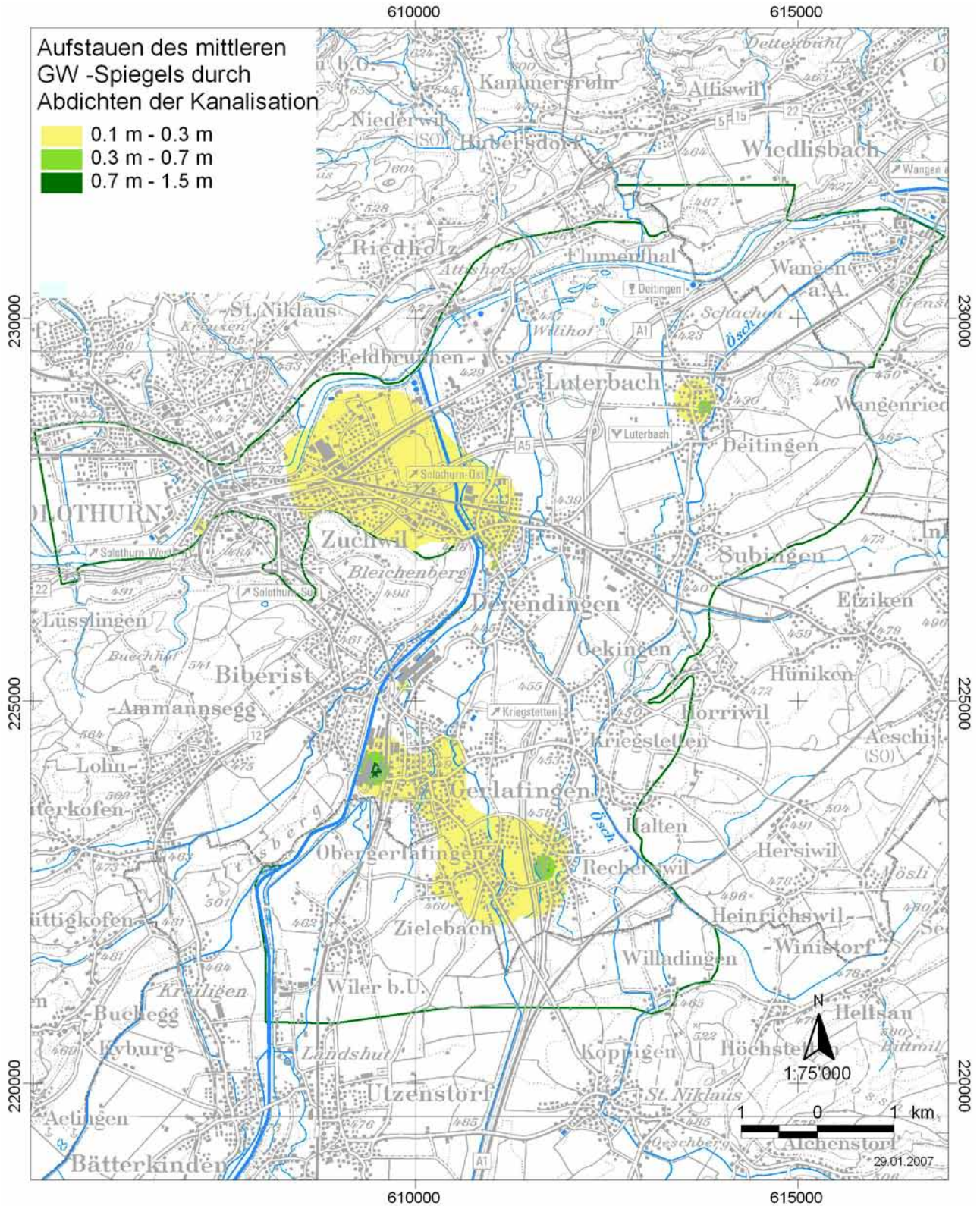


Abbildung 37 Auswirkungen des Abdichtens der Kanalisationsleitungen

12.6 Abdichten der Kanalisation

Im Wasseramt sind viele undichte Kanalisationsleitungen bekannt. Diese sind im Modell als Leakagebedingung definiert. Abhängig vom Wasserstand kann an diesen Punkten Wasser das System verlassen. Gesamthaft sind dies ca. 200 l/s. Da die genaue Lage der undichten Leitungen nicht bekannt ist, wurden pro betroffene Gemeinde zwei bis vier Leakageknoten definiert.

Das Modell kann dazu verwendet werden, eine allfällige Wasserspiegelerhöhung zu berechnen, die sich durch das Abdichten der Kanalisationsleitungen einstellen würde. In Abbildung 37 ist diese Wasserspiegelerhöhung dargestellt. Da die Leitungen wie oben erwähnt punktuell sind, ist auch der Aufstau des Grundwasserspiegels eher punktuell. Im Gebiet Zuchwil, wo das Grundwasservorkommen kleine Gradienten aufweist, wirkt sich der Aufstau etwas grossflächiger aus. Hier wurden die Verluste in die Kanalisation von gesamthaft ca. 25 l/s gleichmässig über das Gemeindegebiet verteilt. Neusten Erkenntnissen zufolge dürfte der Hauptanteil dieser Verluste im Gebiet Oberfeld-Sportzentrum, d. h. nahe der Aare anfallen.

13 Grundwasserbeschaffenheit

13.1 Einflussfaktoren im Untersuchungsgebiet

Die Qualität von regionalen Grundwasservorkommen wird massgeblich durch folgende drei Faktoren bestimmt:

- die Lithologie des Untergrundes,
- die Landnutzung,
- die Interaktionen des Grundwassers mit Oberflächengewässern.

Lithologie

Lithologie und Genese des geologischen Untergrundes wurden in den Kap. 4 und 5.3 beschrieben. Zusammenfassend handelt es sich um einen sandig-kiesigen Schottergrundwasserleiter mittlerer Mächtigkeit. Einerseits haben solche Lockergesteine eine filtrierende und absorbierende Wirkung, andererseits ermöglichen die langsamen Fließgeschwindigkeiten, dass zahlreiche Schadstoffe und mikrobiologische Verunreinigungen innert relativ kurzer Fließdistanz abgebaut werden. Der hohe Karbonatgehalt der Schotter gewährleistet zudem eine Pufferung allfälliger nicht pH-neutraler Zusickerungen.

Landnutzung

Die Landnutzung ist – typisch für mittelländische Verhältnisse – stark variierend. Ein Mix aus Landwirtschaftsflächen (45 %), Siedlungsgebieten (34 %) und Waldflächen charakterisiert die Nutzungsverhältnisse. Die landwirtschaftliche Nutzung ist vor allem durch Ackerbau geprägt. Im urbanen Gebiet von Solothurn–Zuchwil, aber auch in anderen Ortschaften, finden sich grosse Industrieareale. Mit den Nationalstrassen A1 und A5 sowie den Bahntrassen der SBB, BLS und RBS durchqueren überregional bedeutende Verkehrsachsen das Wasseramt.

Interaktion des Grundwasserleiters mit Oberflächengewässern

Im Wasseramt wird der Grundwasserhaushalt massgebend durch die Fließgewässer bestimmt. Eine Beeinflussung der Grundwasserbeschaffenheit findet dort statt, wo Oberflächenwasser ins Grundwasser infiltriert. Als Infiltranten wirken die zahlreichen Bäche und Kanäle, die Emme (v. a. im unteren, nördlichen Abschnitt) und die Aare oberhalb der Staustufe Flumenthal.

13.2 Untersuchte Parameter

Die Vor-Ort-Bestimmung von Feldparametern erlaubt eine erste Grobbeurteilung der Grundwasserbeschaffenheit sowie eine Kontrolle des Probenahmeprozesses. Die Feldparameter umfassen die elektrische Leitfähigkeit, den pH-Wert, die Temperatur und den Sauerstoffgehalt. Die analytische Bestimmung der chemischen Parameter erfolgte im Labor der Lebensmittelkontrolle Kanton Solothurn und im Boden- und Gewässerschutzlabor Kanton Bern. Hierbei kam ein abgestuftes Vorgehen zur Anwendung (vgl. Anhang 5):

- Die Proben aus allen Messstellen wurden auf allgemeine anorganische Parameter analysiert (= „kleines“ Programm).
- Proben aus neun öffentlichen Trinkwasserfassungen und vier Bohrungen wurden zusätzlich auf Schwermetalle, leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LHKW), flüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX), Treibstoffzusätze (MTBE) sowie Pflanzenschutzmittel (13 Herbizide und Abbauprodukte aus den Gruppen der Triazine, Amide und Phenylharnstoffe) untersucht (= „grosses“ Programm).

13.3 Ergebnisse der Grundwasserbeprobung Herbst 2005

Die Ergebnisse der Feldmessungen und der chemischen Laboranalysen zur Probenahme-kampagne vom 6.–8.9.2005 sind im Anhang 5 aufgeführt. Bei einigen, nahe der Emme gelegenen Messstellen deuten die Verteilmuster darauf hin, dass die Messwerte noch durch Wasser, welches beim Jahrhunderthochwasser von Ende August 2005 über die Ufer trat und in den umliegenden Zonen allmählich versickerte, beeinflusst sind.

Die Diskussion der Ergebnisse konzentriert sich in erster Linie auf die in Tab. 22 angegebenen Leitparameter. Chlorid, Nitrat und Atrazin können als Indikatoren für anthropogen verursachte Stoffeinträge betrachtet werden. Ein Vorhandensein im Grundwasser kann je nach Konzentration als Hinweis auf eine mögliche Belastung des Grundwassers auch durch andere Stoffe interpretiert werden. Die Gesamthärte ist demgegenüber ein natürlicher, geogener Parameter.

Die Resultate erlauben die Darstellung der räumlichen Verteilung von Konzentrationswerten. In den entsprechenden Abbildungen werden zudem die Durchschnittswerte der in den Monaten August und September 2005 bei Oberflächengewässern gemessenen Gehalte angegeben (Daten der regulären Erhebungen durch den Kanton Solothurn).

Parameter	Verwendeter Indikator	Aussagekraft als Leitparameter
Gesamthärte	Summe von Erdalkali- Ionen, v.a. Calcium (Ca ²⁺) und Magnesium (Mg ²⁺), angegeben als französische Härte [°fH]	Parameter für die geochemische Charakterisierung des Wassers; v. a. abhängig vom Kalkgehalt des Untergrundes und der Aufenthaltszeit des Grund- wassers im Untergrund.
Nitrat	NO ₃ in [mg/l]	Nitrat ist ein Pflanzennährstoff und wird häufig in der Landwirtschaft als Düngemittel eingesetzt. Das Ausmass der Stoffeinträge Grundwasser ist von der Dünge- und Bodenbearbeitungspraxis, dem Be- wuchs und den Witterungsbedingungen abhängig. Nitrat kann untergeordnet auch aus Siedlungsge- bieten sowie Wald- und Verkehrsflächen ins Grund- wasser gelangen.
Chlorid	Cl ⁻ in [mg/l]	Chlorid-Ionen sind in Salzen enthalten und gut in Wasser löslich. Chlorid wird biologisch nicht trans- formiert und kann als Indikator für zivilisatorische Einflüsse verwendet werden (Einträge u.a. durch Streusalz, Abwasser, Deponien, Dünger).
Pflanzenschutz- mittel	Atrazin in [µg/l]	Atrazin ist ein Herbizid aus der Gruppe der Triazine. Dessen Verwendung in der Landwirtschaft ist aus- ser in Karstgebieten zugelassen. Die Applikations- zeit umfasst April bis Juni. Bei Bahnbetrieben ist der Einsatz seit 1990 verboten.
	Desethylatrazin in [µg/l]	Desethylatrazin ist ein Abbauprodukt von Atrazin und wird nicht gezielt als Wirkstoff eingesetzt.

Tabelle 22 Ausgewählte Leitparameter

13.3.1 Feldparameter

Die Grundwasser-Temperatur liegt im Bereich von 11 °C (Medianwert). Da die Kampagne im Herbst stattfand, sind allfällig erhöhte Temperaturwerte als Zusickerungen von „warmen“ Infiltraten zu interpretieren. Das Grundwasser weist im Allgemeinen einen relativ hohen natürlichen Sauerstoffgehalt auf (Median: 6.2 mg/l). Es herrschen somit weitgehend aerobe Bedingungen vor. Lokal vorkommende tiefere Gehalte können durch Abbauprozesse von organischem Material im Untergrund erklärt werden. Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Mass für den Ionengehalt des Grundwassers (Mineralisation). Sie liegt bei 488 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Medianwert) und der pH-Wert mit 7.0 im neutralen Bereich. Anhand der Feldmesswerte kann kein Hinweis auf eine grossflächige chemische Belastung des Grundwassers abgeleitet werden.

13.3.2 Leitparameter

Die Diskussion der Ergebnisse beinhaltet:

- Analyse der räumlichen Verteilung der Messwerte für die Leitparameter Gesamthärte, Chlorid, Nitrat und Pflanzenschutzmittel im Untersuchungsperimeter.
- Diskussion der gemessenen Gehalte der Leitparameter im Vergleich mit den entsprechenden Referenzwerten vor allem aus umweltrechtlicher, aber auch aus lebensmittelrechtlicher Sicht. In der Gewässerschutzverordnung (GSchV) sind für Grundwasservorkommen, die als Trinkwasser genutzt werden oder dafür vorgesehen sind, numerische Anforderungswerte für ausgewählte Stoffe und Verbindungen, u. a. für Nitrat, für Chlorid und Pflanzenschutzmittel, enthalten. Werden diese Anforderungswerte überschritten, sind gemäss der Verordnung Massnahmen zu ergreifen. Aus lebensmittelrechtlicher Sicht ist die Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV) massgeblich.
- Analyse von Zeitreihen zu ausgewählten Parametern. Anhand der Einbettung eines Messwertes in eine Zeitreihe kann er innerhalb des zeitlichen Verlaufs relativ zu anderen Messwerten betrachtet und gewürdigt werden. Zudem können Schlüsse zu einer wahrscheinlichen Entwicklung des Parameters gezogen werden.

Gesamthärte

Für die Gesamthärte wurden in den Proben Werte von 22.2–42.2 °fH gemessen (Median: 29.4 °fH). Sie liegen in der typischen Bandbreite eines Schottergrundwasserleiters des Mittellands. Insgesamt ist das Wasser als ziemlich hart bis hart zu bezeichnen.

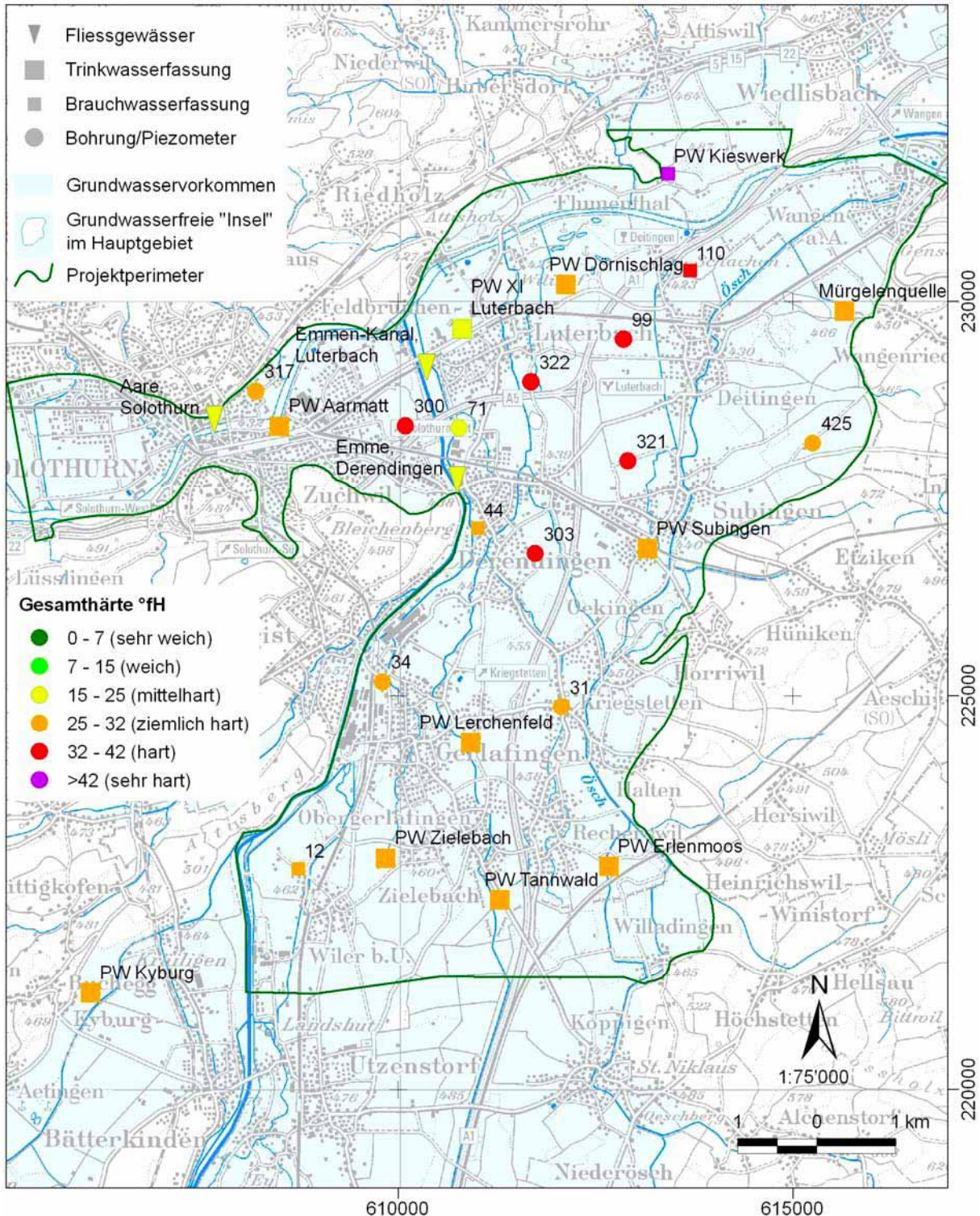


Abbildung 38 Gesamthärten in den untersuchten Messstellen

Die räumliche Verteilung der gemessenen Gesamthärten ist in Abbildung 38 wiedergegeben. Je länger die Interaktion zwischen Wasser und Gestein anhält, desto mehr Erdalkalien sind in Lösung. Deshalb nimmt im zentralen Aquifer entlang der Hauptströmungsrichtung, d. h. von Süd nach Nord, die Härte stetig zu (Abbildung 39). In den Randbereichen, in denen das Grundwasser kürzeren Aufenthaltszeiten unterliegt, liegen deshalb eher etwas geringere Gesamthärten vor. Im untersten Abschnitt der Emme wirkt diese infiltrativ. Die Durchmi-

schung mit weicherem Oberflächenwasser hat zur Folge, dass die beiden Probenahmestellen PW XI und 71 im Abstrom des Flusses geringere Gesamthärten aufweisen. Für den Parameter Gesamthärte bestehen in der Gesetzgebung keine Vorgaben.

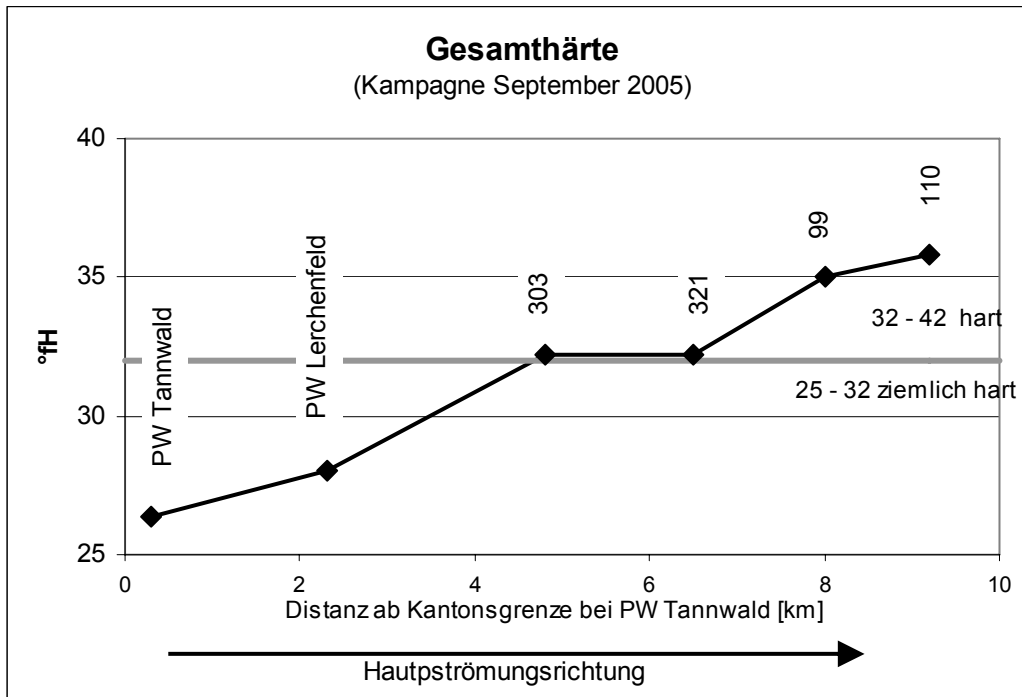


Abbildung 39 Gesamthärten entlang der Hauptströmungsrichtung

	in °fH	Messstelle
Min.	22.4	Nr. 71
Max.	42.2	PW Kieswerk
Mittel	30.2	
Median	29.4	
Anzahl Messstellen total		24
Anzahl Messstellen mit hartem Wasser (> 32 °fH)		7

Tabelle 23 Statistische Kennwerte der Gesamthärte

Nitrat

Die Messwerte für Nitrat liegen in einer Bandbreite von 10.5–37.1 mg/l Nitrat. Diese Werte können angesichts der vorhandenen Bodennutzung als zu erwartende Spanne bezeichnet werden. Der Medianwert von 19 mg/l deutet auf den Einfluss durch die landwirtschaftliche Nutzung hin.

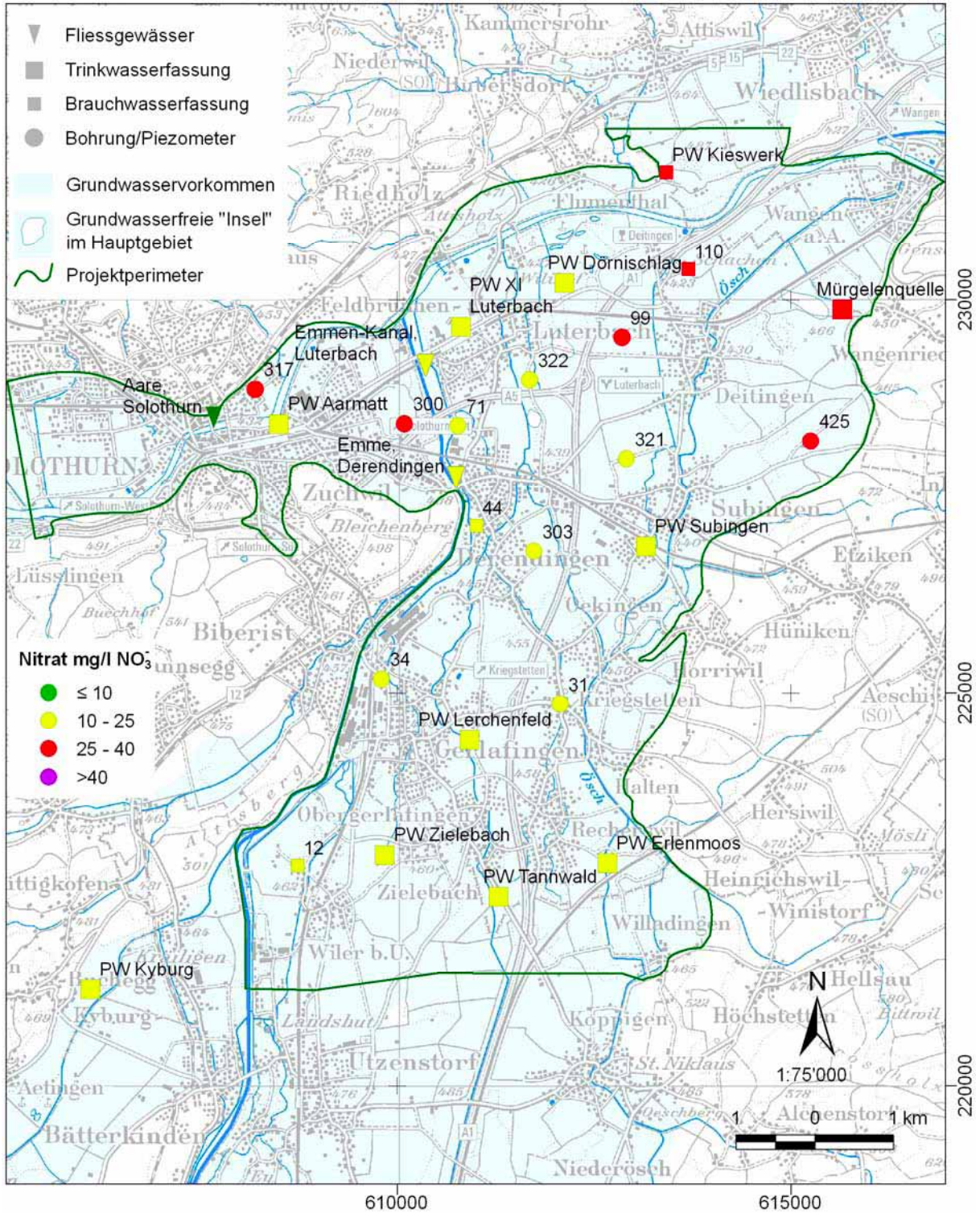


Abbildung 40 Nitratkonzentrationen in den untersuchten Messstellen

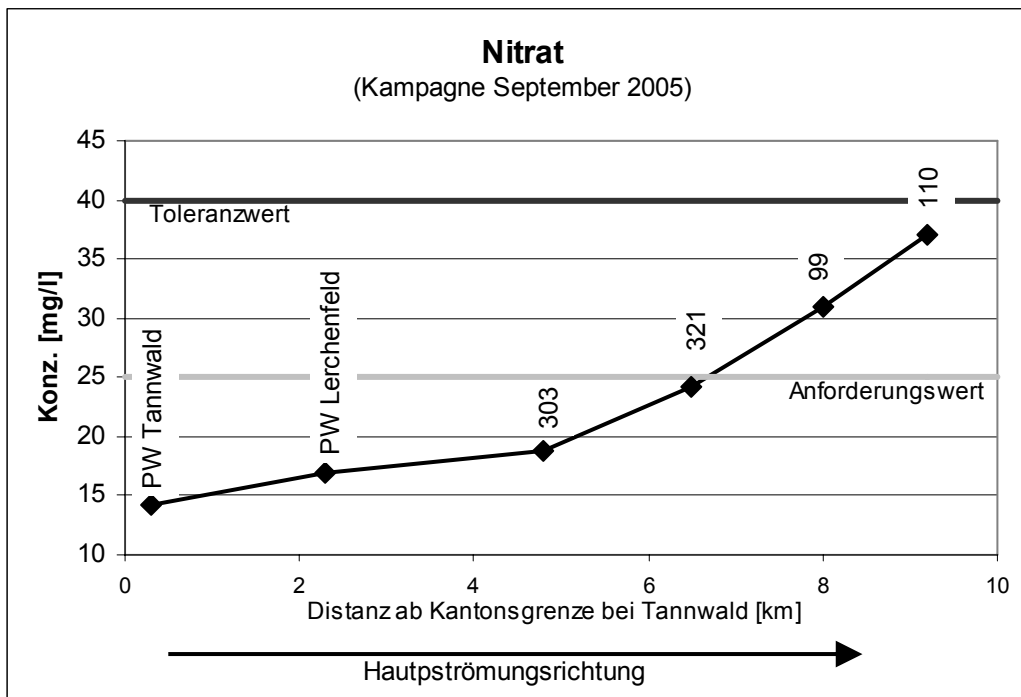


Abbildung 41 Nitratkonzentrationen entlang der Hauptströmungsrichtung

Die räumliche Verteilung der Nitratkonzentrationen geht aus Abbildung 40 hervor. Der Anforderungswert an Grundwasser gemäss GSchV von 25 mg/l (Qualitätsziel) wird bei zwei von drei Messstellen im Teilgebiet Solothurn–Zuchwil und bei vier Messstellen im nordöstlichen Bereich des Wasseramts überschritten. Der für Trinkwasser geltende Toleranzwert von 40 mg/l bleibt überall unterschritten. Entlang der Hauptströmungsrichtung, d. h. von Süd nach Nord, ist eine stetige Zunahme der Nitratkonzentrationen festzustellen. In Abbildung 41 ist dieser Trend als Konzentrationsprofil dargestellt. Im Raum der südlichen Kantonsgrenze liegen die Nitratwerte zwischen 14 und 20 mg/l. Dies sind, angesichts der landwirtschaftlichen Nutzung im Unteren Emmental und der Tatsache, dass in diesem Gebiet kaum infiltrierenden Flüsse vorhanden sind, verhältnismässig geringe Gehalte. Weiter südlich, im bernischen Teil des Unteren Emmental weisen einzelne Fassungen aber Nitratgehalte von über 25 mg/l auf (kantonales Laboratorium Bern, pers. Mitteilung). Deshalb ist zu vermuten, dass das Grundwasser im Bereich der Kantonsgrenze angesichts der geringen Flurabstände mit Deckschichten in Kontakt kommt, die organisches Material (z. B. Torf) enthalten. Durch den Einfluss reduzierender Wässer findet eine Teildenitrifikation statt, d. h. ein Teil des im Grundwasser gelösten Nitrats wird in elementaren Stickstoff umgewandelt, untergeordnet auch in Ammonium. Es ist deshalb nachvollziehbar, dass beim PW Tannwald und beim PW Erlenmoos etwas geringere Sauerstoffgehalte vorliegen (ca. 5.5 mg/l) und – wenn auch nur in sehr geringen und absolut unbedenklichen Konzentrationen – Ammonium nachweisbar ist. Weiter stromabwärts, also nordwärts, sind im Allgemeinen keine Einflüsse auf Zusetzungen anaerober Wässer mehr festzustellen. Das in den landwirtschaftlich genutzten Gebieten aus den Böden freigesetzte Nitrat sickert dem Grundwasserstrom zu, was allmählich wieder zu einer Aufkonzentrierung entlang der Hauptströmungsrichtung führt.

	Konz. in mg/l	Messstelle
Min.	10.5	Nr. 44
Max.	37.1	Nr. 110
Mittel	21.1	
Median	19.0	
Anzahl Messstellen total		24
Anzahl Messstellen, Anforderungswert GSchV (25 mg/l) überschritten		7
Anzahl Messstellen, Toleranzwert FIV (40 mg/l) überschritten		0

Tabelle 24 Statistische Kennwerte der Nitratmessungen

Bei den Messstellen Nr. 44 und 71 liegen die Nitratkonzentrationen mit 10.5 bzw. 12.5 mg/l in der Grössenordnung der in der Emme und im Emmekanal gemessenen Gehalte, was wiederum auf die Beeinflussung durch Oberflächengewässerinfiltrationen zurückzuführen ist. Messstellen im Randbereich des Grundwasservorkommens (Nr. 317, Nr. 425 und Mürgelenquelle) weisen Nitratkonzentrationen von über 25 mg/l auf, was auf den Einfluss der landwirtschaftlichen Nutzung in den entsprechenden seitlichen Einzugsgebieten schliessen lässt. Die hohen Nitrat-Gehalte in den Messstellen ganz am nördlichen Rand des Perimeters (Nr. 317 und PW Kieswerk) sind durch die Nutzungen im Zustrom zu diesen Messstellen erklärbar. Der Zustrom dieser Messstellen erfolgt von Norden und mehrheitlich ausserhalb des Untersuchungsgebietes.

Chlorid

Die Messwerte für Chlorid liegen zwischen 6.7–20.3 mg/l. Damit liegen sie im für diesen Grundwasserleitertyp und die vorhandenen Nutzungen zu erwartenden Bereich von 10–22 mg/l [9]. Der Medianwert von 11 mg/l liegt eher tief. Das Vorkommen von Chlorid im Grundwasser ist sowohl geogenen Ursprungs als auch auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen. Die angetroffenen Konzentrationen liegen weitgehend in einer aufgrund der Landnutzung zu erwartenden Bandbreite. Da in Mineraldüngern nebst Stickstoffverbindungen auch Chloride enthalten sind, besteht in Gebieten mit einer rein landwirtschaftlichen Nutzung eine gewisse Korrelation zwischen den Chlorid- und den Nitratgehalten. Wie aber aus Abbildung 42 hervorgeht, korrelieren die beiden Parameter im Wasseramt relativ schlecht. Bei Messstellen in Siedlungsgebieten wie beispielsweise Nr. 300 und Nr. 44 könnten die etwas erhöhten Chloridgehalte auf die Strassensalzung zurückzuführen sein. Beim Chlorid ist wie beim Nitrat eine tendenzielle Aufkonzentrierung entlang der Fliesspfade von Süd nach Nord erkennbar.

Die vorliegenden Werte zeigen, dass der Anforderungswert für von 40 mg/l Chlorid gemäss GSchV weit unterschritten wird.

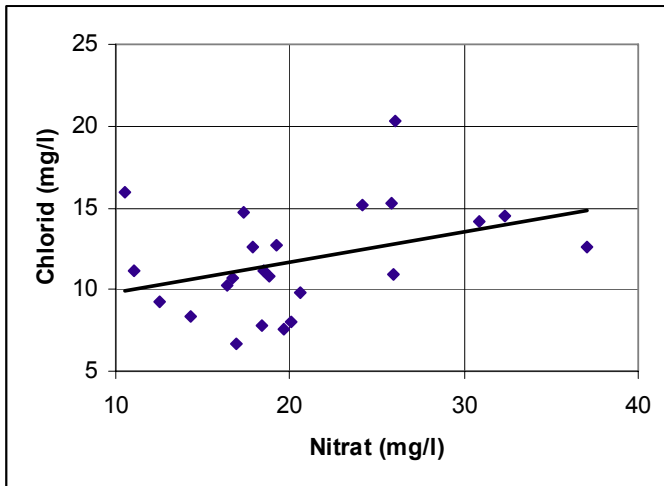


Abbildung 42 Korrelation Chlorid- und Nitratgehalt

	Konz. in mg/l	Messstelle
Min.	6.7	PW Lerchenfeld
Max.	20.3	Nr. 300
Mittel	11.6	
Median	11.0	
Anzahl Messstellen total		24
Anzahl Messstellen, Erfahrungswert SLMB (20 mg/l) überschritten		1
Anzahl Messstellen, Anforderungswert GSchV (40 mg/l) überschritten		0

Tabelle 25 Statistische Kennwerte des Chloridgehaltes

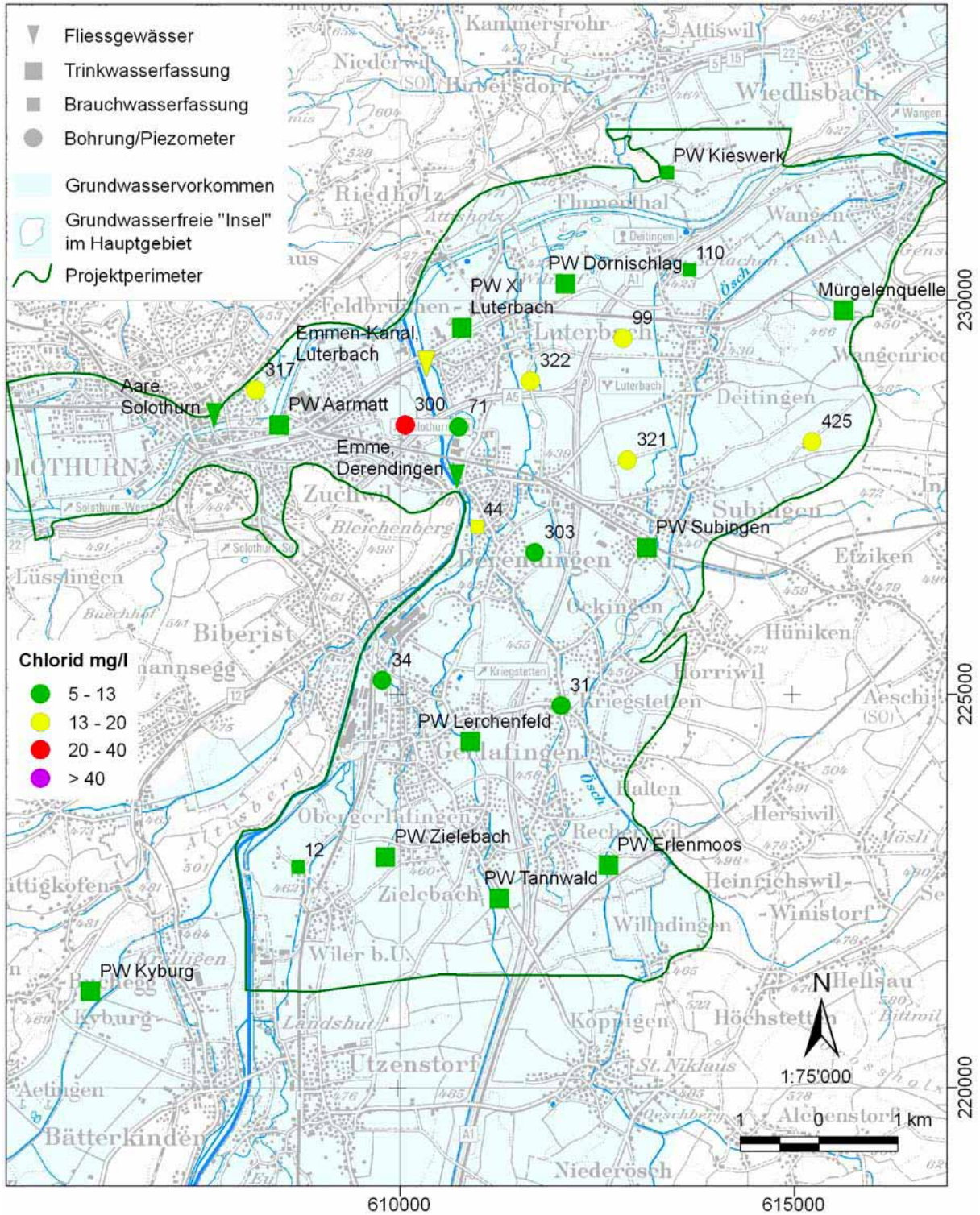


Abbildung 43 Chloridkonzentrationen in den untersuchten Messstellen

Pflanzenschutzmittel (inkl. Abbauprodukte)

In der Kampagne vom Herbst 2005 wurden in sechs von dreizehn untersuchten Grundwasserproben Spuren von Pflanzenschutzmitteln und deren Abbauprodukten gefunden. Von den neun analysierten Substanzen wurde bei einigen Messstellen das Herbizid Atrazin beziehungsweise dessen Abbauprodukt Desethylatrazin festgestellt. Andere weit verbreitete Pflanzenschutzmittel wie z.B. Isoproturon (v.a. im Getreideanbau angewendet), Desisopropylatrazin, Propazin, Simazin, Terbutylazin, Terbutryn, Metamitron und Cyanazin, die früher in anderen Grundwassermessstellen im Kanton Solothurn nachgewiesen worden waren [9], waren bei dieser Kampagne nicht nachweisbar.

Sämtliche Messwerte lagen unter einer Konzentration von 0.1 µg/l. Der höchste Wert bei Atrazin lag bei 0.074 µg/l und für Desethylatrazin bei 0.066 µg/l. Diese Konzentrationen liegen unter dem Toleranzwert nach FIV für Pflanzenschutzmittel, der gleichzeitig auch der Anforderungswert gemäss GSchV ist (0.1 µg/l pro einzelne Verbindung). Für die Summe aller Pflanzenschutzmittel gilt 0.5 µg/l als Toleranzwert. Die Messwerte in der Kampagne vom Herbst 2005 überschreiten weder den Toleranzwert für Einzelsubstanzen noch denjenigen für die Summe der PSM-Gehalte.

Abbildung 44 zeigt die räumliche Verteilung der maximalen Einzelstoffgehalte. Es kann keine klare Verteilung oder Zuordnung zu Nutzungen abgeleitet werden. Die nachgewiesenen Verbindungen werden einerseits flächig in der Landwirtschaft aber auch lokal eingesetzt, u. a. bei Unterhaltsarbeiten der Strassen- und bis 1990 der Schieneninfrastrukturen.

Die räumliche Verteilung der Messstellen, bei denen Atrazin und/oder Desethylatrazin nachweisbar ist, wird wie folgt interpretiert:

- Beim PW Aarmatt und bei der Bohrung Nr. 34 liegt die Vermutung nahe, dass die Substanzen ursprünglich aus dem Bahnhofsareal bzw. Bahntrasse stammen. Es handelt sich um Restkonzentrationen, denn die Verwendung von Atrazin ist bei Bahnanlagen seit über zehn Jahren untersagt.
- Beim PW Subingen und bei der Messstelle Nr. 110 ist eine eindeutige Zuordnung der Herkunft nicht möglich: Die angetroffenen Spuren dieser beiden Substanzen können sowohl von den nahe gelegenen Bahnlinien, als auch aus der Landwirtschaft stammen.
- Demgegenüber ist der positive Nachweis bei den Wasserproben aus dem PW Kyburg und dem PW Lerchenfeld eindeutig auf die Landwirtschaft zurückzuführen, denn eine hydraulische Verbindung zu Bahnanlagen kann in beiden Fällen ausgeschlossen werden.

	Konz. in µg/l	Messstelle	
Max.	0.074	PW Aarmatt	
Anzahl Messstellen total			13
Anzahl Messstellen, Konzentration < 0.02 µg/l (nicht nachweisbar)			10
Anzahl Messstellen, Konzentration 0.02 bis 0.1 µg/l			3
Anzahl Messstellen, Toleranzwert FIV (0.1 µg/l) überschritten			0

Tabelle 26 Statistische Kennwerte für das Herbizid Atrazin

	Konz. in µg/l	Messstelle	
Max.	0.066	PW Aarmatt	
Anzahl Messstellen total			13
Anzahl Messstellen, Konzentration < 0.02 µg/l (nicht nachweisbar)			7
Anzahl Messstellen, Konzentration 0.02 bis 0.1 µg/l			6
Anzahl Messstellen, Toleranzwert FIV (0.1 µg/l) überschritten			0

Tabelle 27 Statistische Kennwerte für Desethylatrazin (Abbauprodukt v. Atrazin)

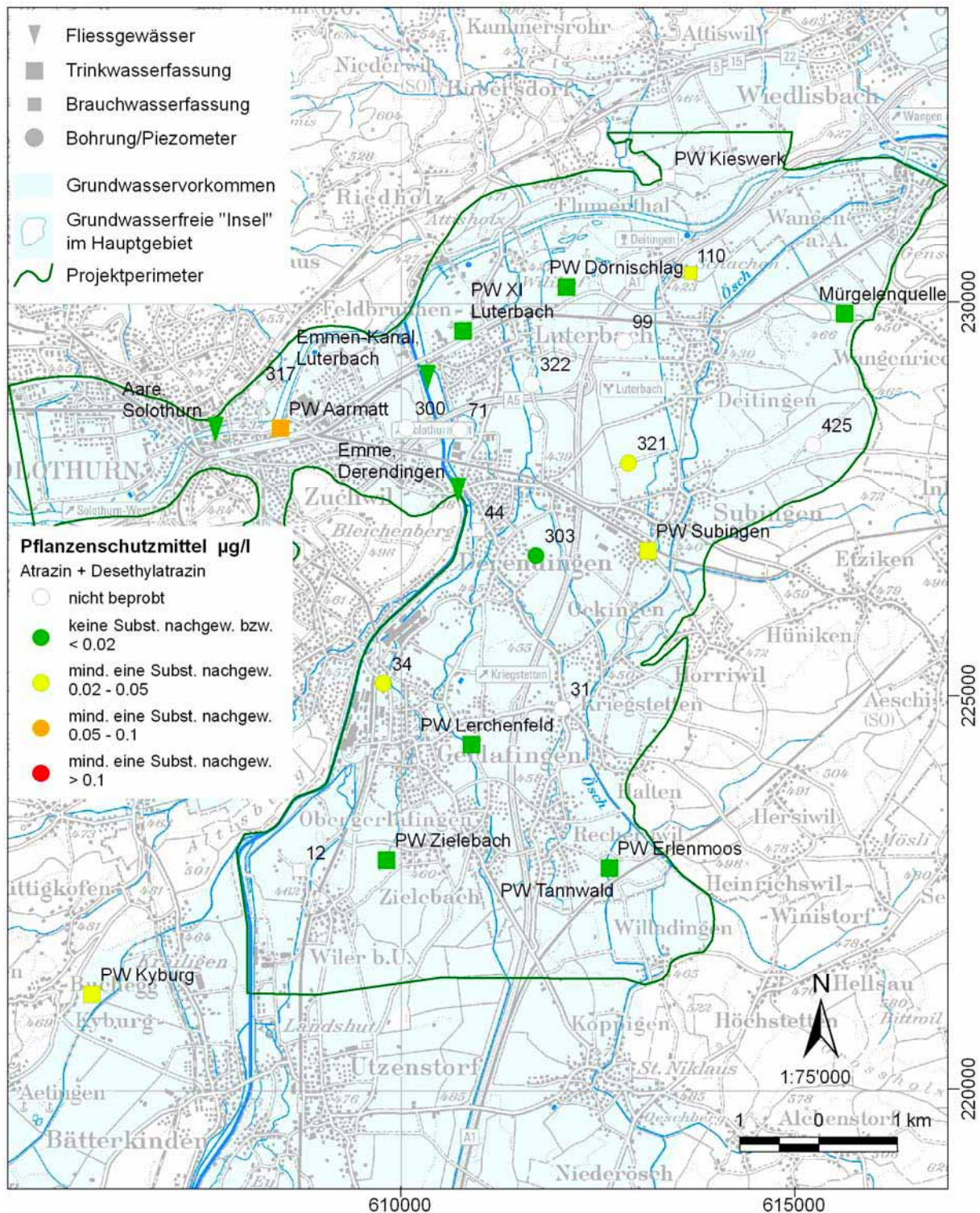


Abbildung 44 Desethylatrazin-Konzentrationen in den untersuchten Messstellen

Weitere analysierte Stoffe

Die dreizehn Messstellen, die auf Pflanzenschutzmittel untersucht wurden („grosses“ Programm) wurden zudem auch noch auf weitere Parameter untersucht. Diese umfassten Schwermetalle (Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Zink, Quecksilber), leichtflüch-

tige aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX), den Treibstoffzusatz MTBE sowie organischen Verbindungen aus der Gruppe der leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffe (LHKW). Erhöhte natürliche Gehalte an Schwermetallen im Grundwasser des Mittellandes sind bisher nicht bekannt. Erhöhte Werte müssten auf anthropogene Einflüsse wie Unfälle, Ablagerungen und Altlasten zurückgeführt werden, wurden aber in den durchgeführten Analysen nicht festgestellt.

Ein Nachweis von Verbindungen der Stoffgruppe der BTEX und MTBE im Grundwasser deutet auf Verunreinigungen durch industrielle Prozesse und Ablagerungen sowie durch verkehrsbezogene Anwendungen hin (u.a. Tankstellen). Im Grundwasser des Wasseramts wurden MTBE und BTEX-Verbindungen in nur sehr geringen Spuren nachgewiesen.

Die LHKW gehören zu einer früher weit verbreiteten Stoffgruppe von Lösungsmitteln, die in der Industrie und im Gewerbe z.B. zum Entfetten von metallischen Oberflächen oder zur Textilreinigung eingesetzt wurden. Die vier untersuchten Verbindungen Trichlormethan, 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen sowie Tetrachlorethen gehörten zu den mengenmässig am meisten eingesetzten LHKW-Verbindungen und wurden in früheren Detailuntersuchungen im Gebiet in einzelnen Grundwasserproben aus dem Abstrom von Schadenfällen oder von belasteten Standorten festgestellt.

In einer Fassung wurde ein leicht erhöhter Messwert für Tetrachlorethen festgestellt (3.2 µg/l). Dieser Wert überschreitet den Anforderungswert von 1 µg/l gemäss GSchV, liegt aber deutlich unter dem Toleranzwert von 40 µg/l gemäss FIV. Die Ursache dieser Belastung ist nicht bekannt.

Trotz dieses Einzelbefundes sind die gemessenen Gehalte im Grundwasser des Wasseramts betreffend der untersuchten Stoffe als unbedenklich einzustufen. In keiner der untersuchten Proben wurden geltende Toleranz- oder Grenzwerte gemäss FIV für die untersuchten Stoffe überschritten.

13.4 Trendverhalten bei den Leitparametern für die Grundwasserqualität

13.4.1 Datengrundlagen

Als Datengrundlage dienten Ergebnisse aus kantonalen Kampagnen sowie von Messungen, die im Kanton Solothurn im Rahmen des NAQUA-Programmes (PW Dörnischlag, PW Larchenfeld) bei Fassungen erhoben wurden (BUWAL, 2004). Da Parameter naturgemäss schwanken können, braucht es für aussagekräftige Trendanalysen in einer Messstelle eine ausreichend lange Messreihe mit analytisch verlässlichen Daten. Diese Anforderungen erfüllen im Untersuchungsgebiet einzig Messreihen bei öffentlichen Trinkwasserfassungen und dies nur für die Parameter Gesamthärte, Chlorid und Nitrat. Analysemethoden für Pflanzenschutzmittel aber auch für BTEX, MBTE oder für LHKW als Indikatoren für Verunreinigungen im Grundwasser aus industriellen Abfällen oder Produktionen sind zwar seit 15 bis 20 Jahren bekannt, aber verlässlich tiefe Bestimmungsgrenzen für die Quantifizierung dieser Substanzen wurden zumeist erst in den letzten 5 bis 10 Jahren eingeführt. Auf eine Darstellung entsprechender Zeitreihen muss deshalb verzichtet werden.

13.4.2 Ergebnisse

Während der Parameter Gesamthärte in der Regel die natürliche, geogene Grundwasserbeschaffenheit charakterisiert, sind die Gehalte von Nitrat, Chlorid und Pflanzenschutzmittel vollumfänglich oder partiell mit anthropogenen Aktivitäten und daraus stammenden Einwirkungen auf das Grundwasser in Verbindung zu bringen. Bei der Interpretation der aufgeführten Zeitreihen sind veränderte anthropogene Tätigkeiten resp. deren Einflüsse auf den Bo-

den und das Grundwasser zu berücksichtigen (z.B. veränderte Düngepraxis in der Landwirtschaft).

Gesamthärte

Über alle Messstellen betrachtet, zeigt die Trendanalyse für den Parameter Gesamthärte einen über Jahrzehnte beinahe konstanten Verlauf auf gleichem Niveau. Die anthropogenen Aktivitäten in den letzten Jahrzehnten scheinen keine Auswirkungen auf die Gesamthärte gehabt zu haben.

Nitrat

Die Messdaten der vergangenen 35 Jahre ergeben folgendes Bild: Bis Anfang der 90er Jahre nahmen die Gehalte zu, zwischen 1995 bis 2000 ist ein deutlicher Rückgang erkennbar und seither hat sich der Gehalt stabilisiert, d.h. es erfolgte kein nennenswerter Rückgang mehr. Dieser Verlauf kann auch in anderen Messstellen der Schweiz mit vergleichbaren Bedingungen (Schottergrundwasserleiter, landwirtschaftliche Nutzung) beobachtet werden (BUWAL, 2004). Ursache sind in erster Linie Änderungen in der Bewirtschaftungspraxis der Landwirtschaft.

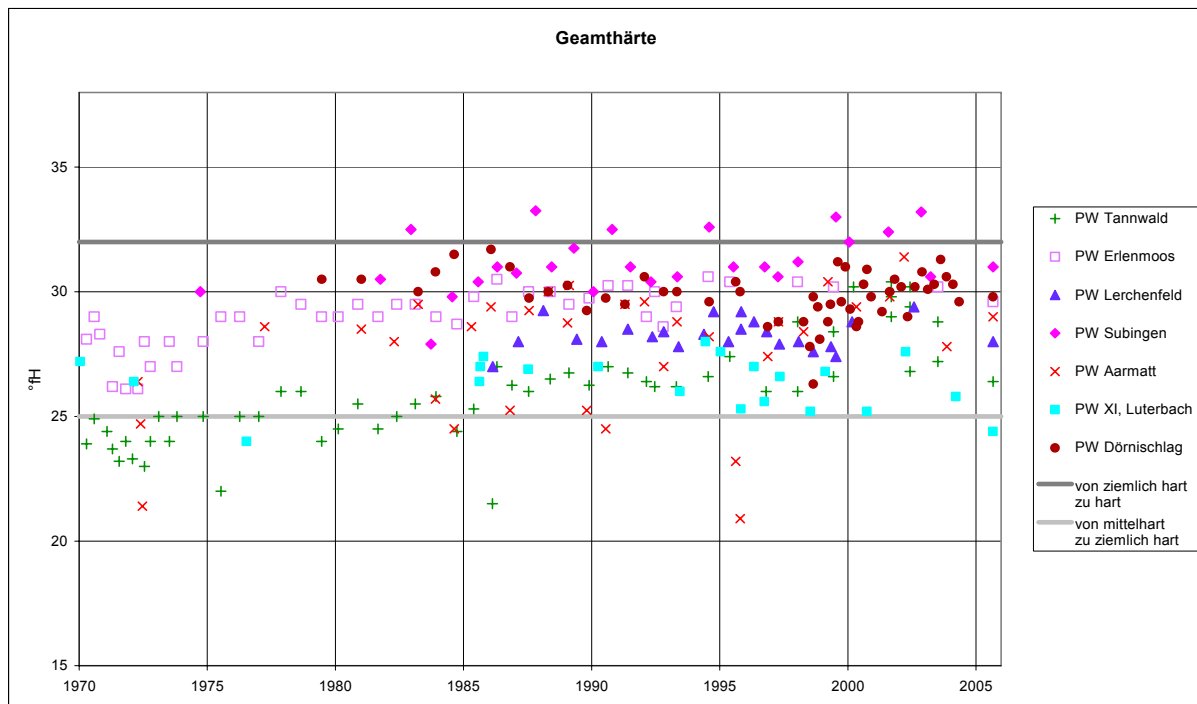


Abbildung 45 Langzeitbeobachtungen von 1970 bis 2005 für die Gesamthärte des Grundwassers

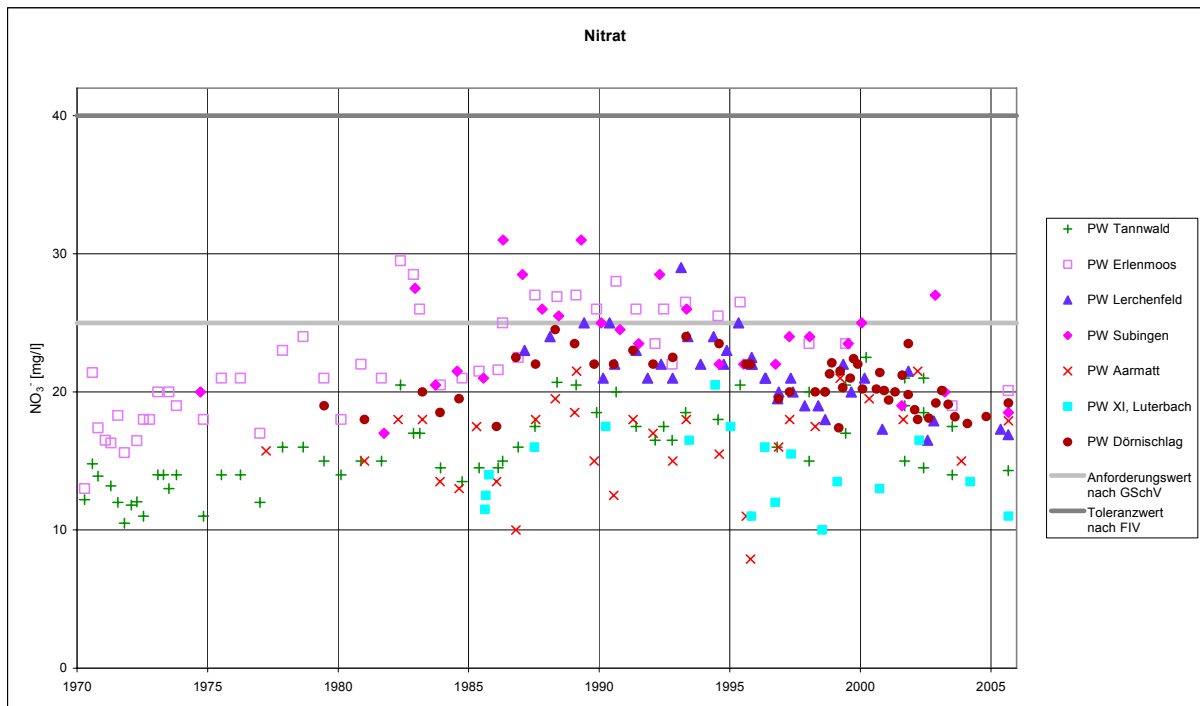


Abbildung 46 Langzeitbeobachtungen 1970 bis 2005 für Nitratgehalte im Grundwasser

Chlorid

Die Trendanalyse zeigt in fast allen Messstellen einen deutlichen Anstieg des Chlorid-Gehaltes von den 60er bis in die Mitte der 80er Jahre. Danach nimmt er wieder ab und befindet sich seit Ende der 90er Jahre auf einem konstanten bis leicht sinkenden Niveau. Diese Abnahme könnte durch den veränderten oder reduzierten Einsatz von Hilfsstoffen in der Landwirtschaft und im Winterdienst (Streusalz) sowie durch die konsequente Ableitung von Abwässern erklärt werden.

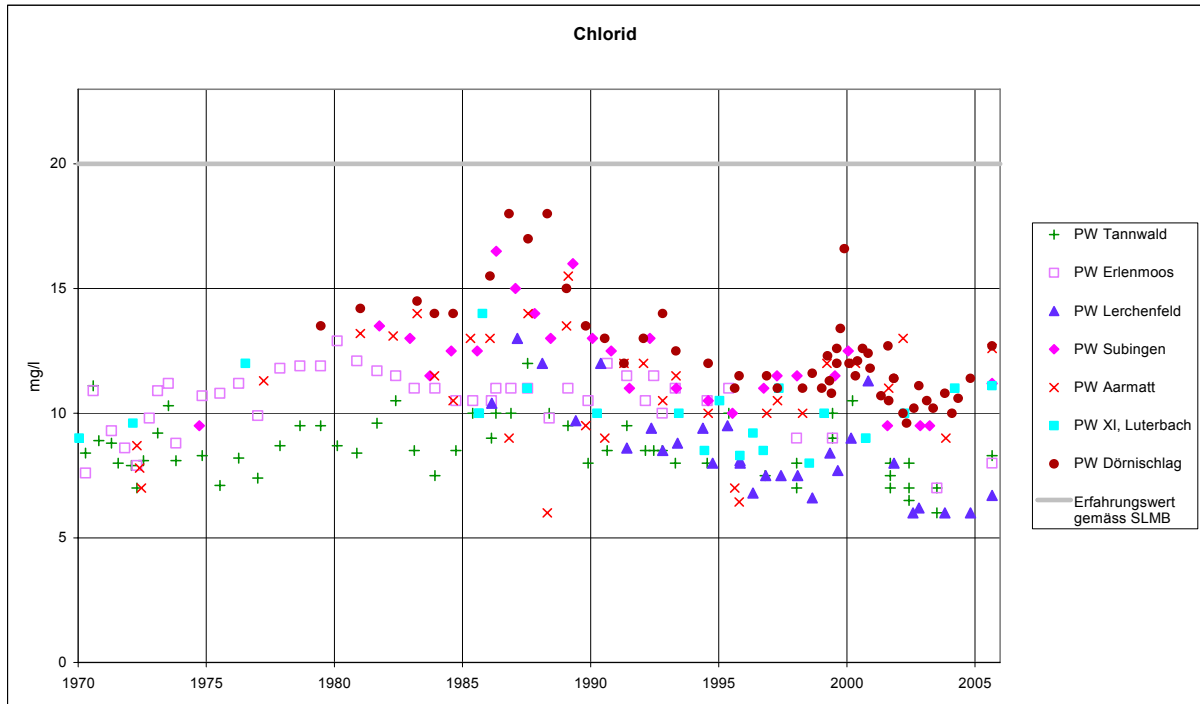


Abbildung 47 Langzeitbeobachtungen 1970 bis 2005 für Chloridgehalte im Grundwasser

13.5 Zusammenfassende Wertung

Der Chemismus und die Qualität des Grundwassers im Wasseramt kann zusammenfassend wie folgt charakterisiert werden:

- Das Grundwasser im Wasseramt kann als ziemlich hartes bis hartes Grundwasser mit einem ausreichend hohen Sauerstoffgehalt bezeichnet werden.
- Es liegen keine Hinweise auf eine flächige chemische Belastung vor, die auf eine umweltrechtlich unzulässige Beeinträchtigung des Grundwassers schliessen lässt.
- Innerhalb des Untersuchungsgebietes ist von Süd nach Nord primär infolge landwirtschaftlicher Aktivitäten eine Aufkonzentrierung des Grundwassers mit Nitrat festzustellen.
- Organische Verbindungen aus den Stoffgruppen BTEX und MBTE sowie Atrazin und das Abbauprodukt Desethylatrazin können in einzelnen Proben in Spuren nachgewiesen werden. Die Gehalte sind aber so niedrig, dass nicht von einer gesetzeswidrigen Belastung des Grundwassers gesprochen werden kann.
- In einer Messstelle wird der Anforderungswert für LHKW gemäss GSchV überschritten.
- Alle Messwerte in den Trinkwasserfassungen erfüllen die Anforderungen an die Nutzung des Grundwassers als Trinkwasser.
- Aus den Trendanalysen ist abzuleiten, dass die Gehalte der Leitparameter Chlorid und Nitrat in den letzten Jahren einen abnehmenden Trend aufweisen. Dieser Trend kann mit Vorbehalt aufgrund beschränkter Datenbasis auch für Atrazin und LHKW abgeleitet werden. Ohne eine wesentliche Änderung der Landnutzung ist in Zukunft nicht mit einer Verschlechterung der Qualität zu rechnen.
- Das Grundwasser im Wasseramt kann somit flächendeckend als qualitativ gutes Grundwasser bezeichnet werden.
- Die Fortsetzung der qualitativen Grundwasserüberwachung wird empfohlen.

14 Schlussfolgerungen und Ausblick

14.1 Wichtige Erkenntnisse im Überblick

Die aus wasserwirtschaftlicher Sicht wichtigste Erkenntnis dieser Studie ist, dass die Ergiebigkeit des Grundwasservorkommens Wasseramt ab dem Zufluss aus dem Unteren Emmental von durchschnittlich 1'700 l/s bis auf Höhe der Steilstufe südlich von Derendingen–Subingen auf 100 l/s zusammenfällt und deutlich weniger ergiebig ist, als bisher angenommen. Verantwortlich dafür sind die Exfiltrationen in die Emme sowie in die zahlreichen Kanäle und Bäche. Nördlich der genannten Steilstufe, d. h. im Raum Zuchwil–Luterbach–Deitingen, baut sich das Grundwasservorkommen dank Überschüssen aus den Zuflüssen – insbesondere aus der direkten Grundwasserneubildung und den Oberflächengewässerinfiltrationen – teilweise wieder auf.

Auf Solothurner Kantonsgebiet beläuft sich die Gesamtentnahme für Trink- und Brauchwasserzwecke auf 20 Mio m³ pro Jahr. Dies entspricht dem Wasserbedarf von rund der Hälfte der Solothurner Bevölkerung (inkl. Industrie und Gewerbe). Die heute erteilten Konzessionen für Grundwasserentnahmen würden sogar eine jährliche Entnahme von 67 Mio. m³ erlauben. Sie sind damit eindeutig zu hoch. Die komplexen Zu- und Wegflussverhältnisse bzw. die un stetigen Veränderungen der Profildurchflüsse machen deutlich, dass die Bewirtschaftung dieses Vorkommens sehr sorgfältig erfolgen muss.

Von zentraler Bedeutung ist die Wechselwirkung zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser. Die Infiltrationen von Oberflächengewässern ins Grundwasser machen 20 % bis 35 % der Gesamtzuflüsse aus. Beim Gesamtwegfluss sind 65 % bis 70 % den Grundwasserexfiltrationen in Fliessgewässer zuzuschreiben. Gegenüber anderen Grundwasservorkommen in der Schweiz, bei denen sich diese Wechselwirkung auf ein oder nur wenige Fliessgewässer beschränken, stehen im Wasseramt nebst der Emme und der Aare eine Vielzahl von Bächen und Kanälen mit dem Grundwasser in Verbindung.

14.2 Problemstellungen und Massnahmen

Nach Themen gegliedert wird im Folgenden aufgezeigt, wo im Wasseramt aus hydrogeologischer Sicht allfällige Defizite und Probleme vorliegen und welche langfristigen Strategien bzw. Massnahmen anzustreben sind.

14.2.1 Bäche und Kanäle: Wasserbauliche Massnahmen und Regulierungen

Die Gesamtlänge der Bäche und Kanäle beläuft sich im Untersuchungsperimeter auf rund 80 km. Die Gewässer stehen in enger Wechselwirkung mit dem Grundwasser, teils exfiltriert Grundwasser ins Fliessgewässer, teils wird das Grundwasservorkommen durch Bachinfiltrate alimentiert. Solche Interaktionsprozesse sind im Rahmen einer nachhaltigen Bewirtschaftung des Grundwasservorkommens Wasseramt zwingend mitzubeherrschenden. Diese Forderung lässt sich anhand folgender Grundsätze aufzeigen:

- 1) Veränderungen des Gerinnes von Fliessgewässern haben unweigerlich Auswirkungen auf das umliegende Grundwasser. Solche Veränderungen können „natürlich“ sein (Sohlenerosion, Kolmatierung, Verlandung etc.) oder von wasserbaulichen Eingriffen herrühren. Könnten Veränderungen zu unerwünschten Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt führen, sind entsprechende Gegenmassnahmen zu treffen.

- 2) Die hohe Anzahl an Fliessgewässern stellt ein Potential dar, den Grundwasserhaushalt gezielt bewirtschaften zu können. So lassen sich bis zu einem gewissen Grade höhere Trink- und Brauchwassergewinnungen durch Massnahmen an umliegenden Fliessgewässern kompensieren, welche die Infiltration verstärken (bzw. unter Umständen die Exfiltration eindämmen).

Die Erfahrungen aus dem Trockenjahr 2003 sowie die ergänzend durchgeführten Modellsimulationen zeigen, dass ein übermässiger Rückgang des Grundwasserspiegels verhindert werden kann, so lange die Bäche und Kanäle noch Wasser führen. Die Möglichkeit, diese Wasserläufe mit Emme- und Oeschwasser zu alimentieren, stellt ein Potential dar für das Grundwasservorkommen des Wasseramts.

In Exfiltrationsgebieten führt eine Erhöhung von Grundwasserentnahmen zu einer entsprechenden Abnahme der Exfiltrationsmengen. Es findet somit eine Umlagerung der Wegflüsse statt. Das kann problematisch sein, wenn Quellbäche oder andere natürliche Grundwasser-aufstösse betroffen sind.

14.2.2 Emme: Wasserbauliche Massnahmen

Der Einfluss der Emme auf den Grundwasserhaushalt ist unbestritten, über das gesamte Untersuchungsgebiet betrachtet, fällt er allerdings relativ moderat aus. Die Wechselbeziehung zwischen Fluss und Grundwasser wirkt sich vor allem auf den Nahbereich des Flusses aus. So reagierten von den insgesamt 18 AFU-Grundwasserpegeln im Wasseramt nur deren vier unmittelbar auf das Hochwasserereignis vom 22.8.2005.

Im oberen Emmeabschnitt zwischen südlicher Kantonsgrenze und Derendingen wirkt die Emme vorwiegend als Vorfluter. Wasserbauliche Massnahmen dürfen nicht zu einer Absenkung der Sohle und des Wasserspiegels der Emme führen, denn dadurch würde die Exfiltration von Grundwasser in die Emme erhöht werden.

Im unteren Emmeabschnitt von Derendingen und Aaremündung trägt die Emme-Infiltration massgebend zur Speisung des Grundwassergebietes bei. Im Raum Luterbach wirkt sich diese Infiltration auch auf die chemische Beschaffenheit des Grundwassers aus. Diese Infiltrationsleistung darf durch wasserbauliche Massnahmen keinesfalls geschmälert werden.

14.2.3 Sanierungsmassnahmen an Kanalisationsleitungen

Grundwasserableitungen über undichte Kanalisationsleitungen machen 5 % bis 6 % der gesamten Grundwasserwegflüsse aus. Bei lokaler Betrachtung können diese Mengen den Grundwasserhaushalt massgebend beeinflussen. Gemäss Modellsimulationen würde das Abdichten sämtlicher Kanalisationsleitungen zu Anstiegen des Grundwasserspiegels bis in den Meterbereich führen. Sanierungsmassnahmen an Kanalisationsleitungen sind deshalb in Gebieten mit geringen Flurabständen sorgfältig zu planen. Weitreichende Sanierungsarbeiten sind an temporäre Überwachungen der Grundwasserstände zu koppeln. Denn was für den Grundwasserhaushalt eine Chance ist, kann für nahe stehende Gebäude ein Risiko darstellen (Wasserzutritte in Kellern wegen möglichen Grundwasserspiegelanstiegen).

14.2.4 Tiefenbegrenzung von Bauten

Einbauten unter den mittleren Grundwasserspiegel sind nur ausnahmsweise gestattet. Die Flurabstände im Wasseramt variieren sehr stark. Verteilt über das gesamte Grundwasservorkommen treten an mehreren Orten Gebiete mit relativ geringen Flurabständen auf. Genaue Kenntnisse über die Tiefenlage des Grundwasserspiegels sind deshalb bei der Planung von Bauten unerlässlich. Die Flurabstandskarte (Beilage 2) versteht sich als Hinweis-

karte. Detaillierte hydrogeologische Untersuchungen sind für einzelne Bauprojekte gleichwohl vorzunehmen.

14.2.5 Konzessionsvergaben

Bei der Vergabe von Konzessionen zur Grundwassernutzung ist das vorhandene Grundwasserdargebot zu berücksichtigen. Ein besonderes Augenmerk ist auf das Teilgebiet Luterbach–Wangen a.A. zu lenken. Hier beträgt die konzessionierte Entnahmemenge mehr als 150 % des effektiven Grundwasserdargebotes. Ein schrittweises Zurückstufen der konzessionierten Grundwassermengen ist angebracht.

14.2.6 Effektive Grundwasserentnahmen und zusätzliches Nutzungspotenzial

Im oberen Wasseramt belaufen sich die effektiven Entnahmen in einer angemessenen Größenordnung. Regional betrachtet sind sogar weitere Nutzungen vertretbar. Ein Beispiel dafür wäre die Erschliessung des Grundwasserareals „Oberes Wasseramt“.

Nördlich der Steilstufe bei Derendingen, d.h. in den Teilgebieten Subingen und Luterbach–Wangen a.A. wird das Grundwasservorkommen bereits heute intensiv genutzt. Der statistisch signifikante Rückgang der Grundwasserstände seit den 1980er Jahren ist ein Indiz dafür, dass unter Berücksichtigung weiterer Einflüsse, wie eine eventuelle Abnahme der Infiltrationsleistungen wegen der Kolmatierung von Bachgerinnen, eine gewisse Übernutzung stattfindet. Allfällige neue Grundwasserfassungen wie beispielsweise im Gebiet Bürmatt westlich von Subingen oder im Deitinger Wald sind deshalb als Ersatz und nicht als Aufstockung der bestehenden Nutzungen zu betrachten.

14.2.7 Planerischer Grundwasserschutz

Gewässerschutzbereich A_u

Der Gewässerschutzbereich A_u umfasst die nutzbaren unterirdischen Gewässer sowie die zu ihrem Schutz notwendigen Randgebiete. Das gesamte Grundwasservorkommen Wasseramt ist dem Gewässerschutzbereich A_u zugeteilt. Diesbezüglich besteht kein Handlungsbedarf.

Grundwasserschutzzonen

Die auf Solothurner Kantonsgebiet liegenden Trinkwasserfassungen von öffentlichem Interesse verfügen mit einer Ausnahme über rechtskräftig ausgeschiedene Schutzzonen.

Die Ausnahme betrifft das PW Aarmatt. Das Grundwasser wird hier aus einem unteren Grundwasserstockwerk entnommen. Der hohe Überbauungsgrad würde die Ausscheidung und den Vollzug einer Schutzzone nicht mehr möglich machen. Diese Situation ist unbefriedigend.

Zu bemängeln ist auch die Schutzzone der Grundwasserfassung Subingen. Angesichts der hohen Entnahmemengen scheint sie eher unterdimensioniert zu sein. Zudem ist nebst der Zone S3 auch die Zone S2 überbaut (für S2 gilt grundsätzlich ein Bauverbot). Nicht zu Unrecht geht das Wasserversorgungskonzept WOK von der Annahme aus, dass das PW Subingen ausser Betrieb gesetzt wird, was in der Zwischenzeit bereits erfolgt ist.

Grundwasserschutzareale

Das bestehende Schutzareal „Oberes Wasseramt“ ist beizubehalten. Sowohl regionale wasserwirtschaftliche Überlegungen als auch hydrogeologische Kriterien zeigen, dass dieses Gebiet für eine künftige Grundwassernutzung geeignet ist. Es empfiehlt sich, den Standort

bzw. die Standorte der künftigen Fassungen festzulegen, so dass die Ausdehnung der vorgesehenen Zonen S1, S2 und S3 abgegrenzt werden kann.

Die Festlegung neuer Areale hängt vom Entscheid ab, welche Trinkwasserfassungen in den Teilgebieten Subingen und Luterbach–Wangen a.A. aufgegeben und welche weiterbetrieben werden sollen. Wie oben erwähnt, kommt hier nur ein Ersetzen und nicht ein Aufstocken der Grundwassernutzungen in Frage. Mögliche Standorte wären das unverbauete Gebiet westlich von Subingen und der Deitinger Wald.

Zuströmbereiche

In Beilage 4 sind die Zuströmbereiche der Trinkwasserfassungen von öffentlichem Interesse dargestellt. Eine gewässerschutzrechtliche Inkraftsetzung von Zuströmbereichen drängt sich nur dann auf, wenn entsprechende Fassungen durch persistente, mobile Schadstoffe (wie z.B. Nitrat) belastet sind oder eine akute Gefahr dazu besteht. Der Zuströmbereich stellt in solchen Fällen das Gebiet dar, wo Massnahmen ergriffen werden müssen. Die chemischen Untersuchungen des Grundwassers zeigen, dass die bestehenden Trinkwasserfassungen keine Qualitätsprobleme mit Schadstoffen aufweisen. Die für Trinkwasser geltenden numerischen Anforderungen sind sowohl für Nitrat, als auch für Pflanzenschutzmittel (beide Stoffgruppen gelten als mobil und persistent) eingehalten. Es liegt deshalb kein Bedarf vor, im Wasseramt Zuströmbereiche zuzuscheiden.

14.2.8 Quantitative Grundwasserüberwachung

Die quantitative Überwachung des Grundwassers ist im Untersuchungsgebiet durch 18 AFU-Messstationen sichergestellt. Das Messstellennetz weist einen genügenden Standard auf. Die nachfolgend aufgeführten Vorschläge verstehen sich als Optimierungen.

- Als Zielvorgabe empfiehlt sich, dass jedes Teilgebiet mit mindestens zwei Grundwasserlimnigraphen abgedeckt ist, die in verfilterten Bohrungen und nicht in Entnahmebrunnen installiert sind. Für die langzeitliche Beobachtung des Grundwassergeschehens sind Pegelaufzeichnungen von Fassungen weniger repräsentativ als solche von unbeeinflussten Grundwassergegenden. Diese Vorgabe ist weitgehend erfüllt.
- Der Limnigraph Mitteldorf (Derendingen) weist ein für diese Region untypisches Schwankungsverhalten auf. Eine Beeinflussung durch umliegende Bauten (tief liegende Drainagen) ist nicht auszuschliessen. Wir empfehlen, diese Messstelle durch eine neue zu ersetzen, welche das Schwankungsverhalten nordwestlich von Subingen aufzeigt. Als möglicher Standort käme die Bohrung RB 05/1 (612227012) in Frage.
- Auch wenn die Aussagekraft von Grundwasseraufzeichnungen bei in Betrieb stehenden Fassungen weniger repräsentativ ist, sollten bestehende Datenerfassungen weitergeführt werden. Beim PW Dörnischlag werden die Grundwasserstände aufgezeichnet und sind Bestandteil der Grundwasserüberwachung des Bundes (NAQUA). Es empfiehlt sich, diese Messdaten ins Überwachungsprogramm des AFU aufzunehmen.

14.2.9 Qualitative Grundwasserüberwachung

Auch wenn keine akuten Anzeichen für unzulässige flächige Belastungen oder gar steigende Belastungen des Grundwassers im Wasseramt vorliegen, sollte aus Gründen der Vorsorge weiterhin ein regelmässiges Monitoring der Grundwasserqualität durchgeführt werden. Dabei ist der Umfang der Untersuchungen flexibel zu gestalten und spezifischen Fragestellungen anzupassen. Dies betrifft v.a. die Lage und Anzahl der Messstellen, die Periodizität der Untersuchungen sowie den Umfang der untersuchten Parameter. Die Erfahrungen und Ergebnisse aus den laufenden Kampagnen des Kantons und des Bundes sind systematisch zu sammeln, auszuwerten und Aussagen zur Qualität regelmässig zu kommunizieren.

14.3 Ergänzende Überlegungen zum Wasserversorgungskonzept Oberer Kantonsteil

In den kommenden Jahren entsteht bei zahlreichen Wasserversorgungen ein hoher Erneuerungsbedarf der Infrastruktur (Reservoirs, Leitungen, Pumpwerke). Im Hinblick darauf ist eine Optimierung der regionalen Infrastruktur angezeigt. Der Kanton Solothurn hat deshalb unter dem Namen «Wasserversorgungskonzept Oberer Kantonsteil (WOK)» ein Konzept zur Regionalisierung der Wasserversorgung ausarbeiten lassen [2]. Die Ergebnisse des WOK-Berichtes flossen letztlich auch ins Projekt TRIAQUA ein, das die Kantone Bern und Solothurn im Jahr 2006 gestartet haben. TRIAQUA umfasst die Gesamtkonzeption eines Wasserverbundes Biel–Grenchen–Solothurn. Anhand einer Relevanzmatrix zeigen die Autoren des WOK-Berichtes auf, welche Trinkwasserfassungen für die zukünftige Wasserbewirtschaftung berücksichtigt werden sollten und welche nicht. Innerhalb des Untersuchungsperimeters Wasseramt sind nach ihnen folgende Grundwasserfassungen von Interesse:

- Tannwald
- Erlenmoos
- Dörnischlag
- PW XI
- Ruchacker
- Lerchenfeld

Folgende Grundwasserfassungen werden dagegen nicht berücksichtigt:

- Aarmatt (keine Schutzzone, überbautes Gebiet)
- Rütifeld (inzwischen zu einer Notwasserfassung umfunktioniert)
- Subingen (Schutzzone überbaut; in der Zwischenzeit aufgehoben)
- Eichholz / Biberist (Autobahnauffahrt in der Schutzzone)

Eine Neubeurteilung der einzelnen Grundwasserfassungen von öffentlichem Interesse war nicht Bestandteil dieser Untersuchungen. Grundsätzlich kann aber gefolgert werden, dass die aus der WOK-Studie hervorgehende Klassifikation korrekt ist. Einzig beim PW Eichholz wäre allenfalls eine differenziertere Beurteilung der bestehenden Nutzungskonflikte in der Schutzzone angebracht. Dass die Autobahnauffahrt die Schutzzone quert, ist zwar störend, doch handelt es sich um einen Konflikt, der unter Umständen mit geeigneten Massnahmen entschärft werden kann.

Die nachhaltige Bewirtschaftung des Grundwasservorkommens Wasseramt bleibt für alle Beteiligten eine Herausforderung. Die im vorliegenden Bericht zusammengestellten Daten und Ergebnisse stellen hierzu eine wertvolle Grundlage dar.

15 Literaturverzeichnis

- [1] ALLEN R.G., PEREIRA L.S., RAES D. & SMITH M., 1998: Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, 300 S.
- [2] AMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KANTON SOLOTHURN, 1976: Die Grundwasserhältnisse im Solothurnischen Wasseramt (mit 32 Beilagen). – Unpubl. Bericht. Bearbeitung: H. Jäckli AG, Zürich.
- [3] AMT FÜR UMWELT, KANTON SOLOTHURN, 2000: Wasserversorgungskonzept Oberer Kantonsteil „WOK“. Bearbeitung: Ingenieurgesellschaft Ryser Ing., Bern und Emch+Berger AG, Solothurn.
- [4] AMT FÜR UMWELT DES KANTONS SOLOTHURN (Hrsg.), 2004: Bericht zum Trockenjahr 2003, ib 04-02, 10/2004
- [5] AMT FÜR UMWELT, KANTON SOLOTHURN, 2005: Ergebnisse der Grundwasserüberwachung im Kanton Solothurn 2000–2004
- [6] AMT FÜR UMWELT, KANTON SOLOTHURN, 2005: Hydrogeologie Wasseramt. Separater Bericht (unpubl.): Landwirtschaftliche Drainagen, Interaktion Grundwasser - Siedlungsentwässerung, Grundwasserdrainagen bei Verkehrswegen und bei Einzelobjekten. Bearbeitung SPI Planer und Ingenieure AG, Derendingen.
- [7] AMT FÜR UMWELT, KANTON SOLOTHURN, 2005: Schutzareal „Oberes Wasseramt“ – Möglicher Perimeter einer künftigen Schutzzone. Unpubl. Bericht. Bearbeitung: Geotechnisches Institut AG, Bern, mit Beiträgen TK Consult AG, Zürich.
- [8] BRUNNER B., 1968: Beiträge zum Grundwasserhaushalt im Solothurnischen Wasseramt. Dissertation.
- [9] BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT / BUNDESAMT FÜR WASSER UND GEOLOGIE (Hrsg.), 2004: NAQUA-Grundwasserqualität in der Schweiz 2002/2003. Bern.
- [10] DELTA-H INGENIEURGESELLSCHAFT GMBH, 2006: Grundwassermodellierungsprogramm SPRING, Dortmund.
- [11] GERBER, 1950: Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 22 Fraubrunnen–Wynigen–Hindelbank–Burgdorf inkl. Erläuterungen.
- [12] GRAF A., STRASKY S., IVY-OCHS S., AKCAR N., KUBIK P.W., BURKHARD M. & SCHLÜCHTER C., 2007: First results of cosmogenic dated pre-Last Glaciation erratics from the Montoz area, Jura Mountains, Switzerland. Quaternary International Vol. 164–165:43–52.
- [13] JORDI H.A., BITTERLI T. & GERBER M.E., 2003: Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 113 Murgenthal.
- [14] KELLER B., BLÄSI H.-R., PLATT N.H., MOZLEY P.S. & MATTER A., 1990: Sedimentäre Architektur der distalen Unteren Süsswassermolasse und ihre Beziehung zur Diagenese und den petrophysikalischen Eigenschaften am Beispiel der Bohrungen Langenthal. Nagra Technischer Bericht 90–41. Baden.
- [15] LEDERMANN H., 1974: Hydrogeologischer Bericht über den Pumpversuch in der Aarmatt – Bericht im Auftrag der Wasserversorgung der Stadt Solothurn vom 10.01.1974.

- [16] LEDERMANN H., 1977/1978: Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 72 Solothurn inkl. Erläuterungen.
- [17] MÜHLBERG F., 1911: Bemerkungen über den diluvialen See von Solothurn. – Ecl. geol. Helv. 37/2, 422-423.
- [18] PREUSSER F., 2004: Towards a chronology of the Late Pleistocene in the northern Alpine Foreland. *Boreas* Vol. 33:195–210. Oslo
- [19] PREUSSER F. & SCHLÜCHTER C., 2004: Dates from an important early Late Pleistocene ice advance in the Aare Valley, Switzerland. *Ecl. geol. Helv.* 97/2. Basel.
- [20] PREUSSER F., BLEI A., GRAF H.R. & SCHLÜCHTER C., 2007: Luminescence dating of Würmian (Weichselian) proglacial sediments from Switzerland: methodological aspects and stratigraphical conclusions. *Boreas* Vol. 36:130–142. Oslo.
- [21] PUGIN A., 1988 : Carte des isohypses de la base des sédiments du Quaternaire en Suisse occidentale, avec quelques commentaires. *Geol. Bericht* Nr. 3, BAFU.
- [22] SCHLÜCHTER C., 2004: The Swiss glacial record – a schematic summary. In: Ehlers & Gibbard (Hrsg.): *Quaternary Glaciations – Extent and Chronology*.
- [23] WANNER J., 1980: Geologie des Quartärs im Unteren Emmental. Diss. Uni Bern.
- [24] WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSAMT DES KANTONS BERN (WEA), 1981: Grundlagen für Siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kt. Berns – Hydrogeologie Emmental, Teil III: Unteres Emmental – Bearbeitung: Ingenieur- und Studienbüro A. Werner, J. Wanner
- [25] WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSAMT DES KANTONS BERN (WEA), 1983: Grundlagen für Siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kt. Berns – Hydrogeologie Emmental, Teil IV: Modellstudie zur Bestimmung des Grundwasserdargebotes im Testgebiet Emmental – Bearbeitung: Dr. R. V. Blau (WEA Kt. Bern), Dr. E. Trüeb (Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft, ETH Zürich), Dr. W. Fisch, Ingenieur- und Studienbüro A. Werner, P. Hufschmied
- [26] ZELTNER K., 2005: Quartärgeologische Untersuchungen im westlichen Wasseramt (Kt. Solothurn). Diplomarbeit der ETHZ, Departement Erdwissenschaften (unpubl.)

16 Anhang

Anhang 1	Grundwassermessstellen und Grundwasserstände
Anhang 2	Abstichpunkte und Wasserstände Fließgewässer
Anhang 3	Grundwasserfassungen: Entnahmen und Konzessionen
Anhang 4	Stauerkoten
Anhang 5	Grundwasserqualität
Anhang 6	Geologische Bohrprofile

Grundwassermessstellen und Grundwasserstände

ID-Nr.	GASO-Nr. (Kant. SO)	Typ	X	Y	Messpunkt	Kote Messpt. [m.ü.M.]	GW-Stand 09.06.04 (1. Sim.-Messkamp.)	GW-Stand 31.08.05 (2. Sim.-Messkamp.)
1		Wärmepumpe	612'407	220'571	OK Schacht	472.218	469.43	469.23
2		Wärmepumpe	612'707	220'645	OK Schacht	471.365	468.86	468.71
3		Bhg. mit Piezometer	611'649	220'946	OK Rohr	472.333	468.56	468.34
4		Rammpiezo	613'135	221'674	OK Rohr	465.948	461.35	461.19
5		Rammpiezo	613'338	221'744	OK Rohr	465.874	460.43	460.23
6		Wärmepumpe	613'763	221'751	OK Schacht	464.408	460.16	459.85
7		Rammpiezo	608'257	222'288	OK Rohr	462.027	460.04	460.00
9		Bhg. mit Piezometer	609'520	222'425	OK Rohr	464.100	460.49	460.39
10		Rammpiezo	609'748	222'625	OK Rohr	462.377	459.95	459.58
12		Wärmepumpe	608'706	222'803	OK Schacht	460.579	457.74	457.72
13	611222006	Wärmepumpe	611'858	222'764	OK Schacht	461.678	460.06	459.95
15	611223014	Fassung allg.	611'454	223'017	OK Schacht	460.858	459.74	459.68
16		Rammpiezo	612'587	223'163	OK Rohr	459.120	457.18	457.07
17		Fassung allg.	610'596	223'182	OK Schacht	460.270	457.06	456.96
18	611223048	Fassung allg.	611'667	223'199	OK Schacht	460.082	458.77	458.71
19	611223003	Wärmepumpe	611'928	223'415	OK Schacht	458.405	456.70	456.68
20		Bhg. mit Piezometer	609'382	223'578	OK Rohr	454.850	453.75	453.74
21		Rammpiezo	609'420	223'740	OK Rohr	455.240	453.26	453.94
22		Rammpiezo	609'430	223'900	OK Rohr	454.530	452.70	452.63
23		Rammpiezo	609'430	223'902	OK Rohr	454.570	453.04	452.75
24		Rammpiezo	609'608	224'065	OK Rohr	452.882	449.89	449.85
25	613224001	Sodbrunnen	613'059	224'096	OK Schacht	466.856	461.45	461.36
26		Rammpiezo	609'718	224'112	OK Rohr	452.296	449.93	449.88
27	610224004	Bhg. mit Piezometer	610'910	224'400	OK Rohr	454.950	449.66	449.57
28		Bhg. mit Piezometer	610'333	224'424	OK Rohr	451.680	449.25	449.22
29		Rammpiezo	609'507	224'771	OK Rohr	451.406	446.44	446.33
30		Bhg. mit Piezometer	609'905	224'827	OK Rohr	448.700	446.80	446.72
31	612224002	Fassung allg.	612'043	224'855	OK Schachtrand	453.492	447.64	447.52
32		Bhg. mit Piezometer	609'794	225'034	OK Rohr	449.310	445.95	446.00
33		Schacht	609'570	225'116	OK Rohr	450.821	444.72	444.87
34	609225029	Bhg. mit Piezometer	609'776	225'176	OK Piezo	448.940	445.61	445.72
35	609225031	Bhg. mit Piezometer	609'640	225'251	OK Piezo	448.530	445.10	445.26
36	609225033	Bhg. mit Piezometer	609'505	225'301	OK Piezo	451.270	445.42	445.26
37	612225009	Bhg. mit Piezometer	612'838	225'798	OK Rohr	446.004	442.84	442.85
38		Bhg. mit Piezometer	610'269	226'324	OK Rohr	441.748	439.24	439.08
39	613226019	Bhg. mit Piezometer	613'635	226'415	OK Rohr	443.000	441.99	
41	613226018	Bhg. mit Piezometer	613'530	226'480	OK Rohr	442.850	441.11	
42	608226004	Sodbrunnen	608'404	226'996	OK Schacht	452.958	447.25	446.82

Grundwassermessstellen und Grundwasserstände

ID-Nr.	GASO-Nr. (Kant. SO)	Typ	X	Y	Messpunkt	Kote Messpt. [m.ü.M.]	GW-Stand 09.06.04 (1. Sim.-Messkamp.)	GW-Stand 31.08.05 (2. Sim.-Messkamp.)
43	608227042	Bhg. mit Piezometer	608'381	227'137	OK Rohr	454.170	445.92	445.55
44	610227001	Fassung allg.	610'979	227'124	OK Vorschacht	438.165	435.78	435.62
45		Bhg. mit Piezometer	611'193	227'184	OK Rohr	438.149	435.65	
46	608227049	Fassung allg.	608'302	227'308	OK Rohr	445.567	444.90	444.95
47		Rammpiezo	605'801	227'514	OK Rohr	427.650	426.24	426.31
48	612227011	Bhg. mit Piezometer	612'115	227'535	OK Rohr	440.720	430.97	430.74
49	608227072	Fassung allg.	608'247	227'541	OK Rohr	440.254	438.81	438.78
50		Rammpiezo	606'350	227'583	OK Rohr	427.970	426.14	426.17
51	611227023	Bhg. mit Piezometer	611'810	227'637	OK Rohr	439.510	431.17	430.92
52	611227021	Bhg. mit Piezometer	611'828	227'710	OK Rohr	435.980	431.21	430.98
53		Rammpiezo	606'677	227'712	OK Rohr	428.568	426.16	426.18
54		Rammpiezo	605'779	227'717	OK Rohr	427.660	426.61	426.82
55	611227020	Bhg. mit Piezometer	611'778	227'742	OK Rohr	436.160	431.02	430.71
56		Rammpiezo	606'346	227'793	OK Rohr	427.190	426.21	426.79
57	611227024	Bhg. mit Piezometer	611'697	227'848	OK Rohr	437.640	430.96	430.61
58	614227004	Bhg. mit Piezometer	614'066	227'990	OK Rohr	461.266	429.86	429.65
59	611227025	Bhg. mit Piezometer	611'531	227'993	OK Rohr	438.190	429.94	429.63
60		Rammpiezo	605'732	227'998	OK Rohr	427.460	426.58	
62	612228013	Bhg. mit Piezometer	612'137	228'241	OK Rohr	436.250	429.94	429.69
64		Bhg. mit Piezometer	608'312	228'285	OK PVC Rohr	428.864	426.05	426.08
66		Bhg. mit Piezometer	607'876	228'298	OK PVC Rohr	431.369	425.94	426.16
67		Bhg. mit Piezometer	608'280	228'333	OK PVC Rohr	427.394	425.96	426.12
69		Bhg. mit Piezometer	607'066	228'385	OK Rohr	428.919	427.34	427.22
70		Bhg. mit Piezometer	607'035	228'386	OK Rohr	429.027	427.31	427.15
71	610228006	Bhg. mit Piezometer	610'745	228'397	OK Rohr	432.720	425.42	425.57
72		Bhg. mit Piezometer	605'407	228'401	OK Rohr (intern)	430.090	427.36	427.12
73		Bhg. mit Piezometer	605'407	228'401	OK Rohr (intern)	430.090	427.29	427.15
74	611228003	Bhg. mit Piezometer	611'811	228'404	OK Rohr	436.800	426.21	425.81
75		Bhg. mit Piezometer	607'028	228'424	OK Rohr	429.379	427.83	427.58
77		Rammpiezo	605'894	228'441	OK Rohr	430.290	427.48	427.06
79		Bhg. mit Piezometer	607'058	228'485	OK PVC Rohr	432.959	428.58	428.22
80		Bhg. mit Piezometer	608'770	228'515	OK Rohr	429.675	426.01	426.14
81	611228007	Bhg. mit Piezometer	611'057	228'536	OK Rohr	434.878	424.41	
82		Bhg. mit Piezometer	609'020	228'580	OK Rohr	430.200	426.01	
83		Bhg. mit Piezometer	606'558	228'609	OK Rohr	430.228	427.79	427.43
84	612228011	Bhg. mit Piezometer	612'537	228'622	OK Schacht	433.634	430.06	429.89
85		Bhg. mit Piezometer	606'725	228'661	OK Rohr	432.551	428.76	428.40
86		Rammpiezo	605'569	228'669	OK Rohr	432.090	430.14	429.73

Grundwassermessstellen und Grundwasserstände

ID-Nr.	GASO-Nr. (Kant. SO)	Typ	X	Y	Messpunkt	Kote Messpt. [m.ü.M.]	GW-Stand 09.06.04 (1. Sim.-Messkamp.)	GW-Stand 31.08.05 (2. Sim.-Messkamp.)
88		Rammpiezo	605'734	228'699	OK Rohr	433.040	430.29	430.05
89		Bhg. mit Piezometer	606'882	228'719	OK Rohr	438.617	428.73	428.37
90		Rammpiezo	606'663	228'719	OK Rohr	434.489	430.61	429.93
92		Bhg. mit Piezometer	606'222	228'937	OK Rohr	439.920	433.98	433.03
93	608228053	Bhg. mit Piezometer	608'900	228'964	OK Rohr	429.516	425.85	425.92
94	611228009	Bhg. mit Piezometer	611'787	228'977	OK Rohr	433.553	423.65	423.36
95	612229002	Bhg. mit Piezometer	612'890	229'060	OK Piezo	433.220	429.32	429.13
96	615229011	Bhg. mit Piezometer	615'180	229'225	OK Rohr	464.530	429.55	429.35
97	610229031	Rammpiezo	610'382	229'328	OK Rohr	428.457	424.53	424.59
98	610229034	Rammpiezo	610'626	229'471	OK Rohr	428.770	424.06	423.96
99	612229016	Bhg. mit Piezometer	612'828	229'519	OK Schacht	430.320	421.84	421.44
100	609229017	Bhg. mit Piezometer	609'940	229'554	OK Rohr	430.160	425.64	
101	609229008	Bhg. mit Piezometer	609'926	229'571	OK Schachtrand	429.880	425.81	
102		Rammpiezo	610'023	229'606	OK Rohr	430.132	425.55	425.54
103	615229012	Bhg. mit Piezometer	615'225	229'630	OK Piezo	459.480	429.49	429.28
104	615229010	Bhg. mit Piezometer	615'070	229'643	OK untere Grundplatte	462.620	429.54	429.38
105	610229008	Bhg. mit Piezometer	610'776	229'662	OK Schacht	428.768	423.46	423.13
106		Bhg. mit Piezometer	610'758	229'898	OK Rohr	428.206	423.24	422.91
107		Bhg. mit Piezometer	610'247	229'934	OK Schacht	426.908	424.43	424.39
108		Bhg. mit Piezometer	610'689	230'009	OK Rohr	428.107	423.18	422.87
109	610230005	Bhg. mit Piezometer	610'620	230'040	OK Rohr	427.140	423.13	422.83
110	613230006	Fassung allg.	613'670	230'389	OK Piezo	422.462	418.03	417.87
111		Bhg. mit Piezometer	611'181	230'531	OK Rohr	425.800	422.21	421.94
112		Bhg. mit Piezometer	613'438	230'590	OK Piezo	422.560	419.25	419.18
113	610230032	Rammpiezo	610'964	230'724	OK Rohr	426.793	423.35	423.28
114		Rammpiezo	616'181	230'715	OK Rohr	421.286	417.56	417.64
115		Bhg. mit Piezometer	613'745	230'798	OK Piezo	422.520	419.31	419.37
116		Bhg. mit Piezometer	613'600	230'800	OK Piezo	422.580	418.32	418.42
117		Bhg. mit Piezometer	611'162	230'834	OK Rohr	428.004	423.76	423.59
118		Bhg. mit Piezometer	613'800	230'885	OK Piezo	422.930	418.51	418.58
120	611231009	Bhg. mit Piezometer	610'984	231'057	OK Rohr	463.499	433.55	433.37
121		Wärmepumpe	615'765	231'090	OK Rohr	419.576	418.20	418.06
122		Bhg. mit Piezometer	611'477	231'117	OK Piezo	439.112	423.82	423.65
123		Wärmepumpe	616'293	231'261	OK Schacht	420.845	416.45	416.40
124		Bhg. mit Piezometer	613'420	231'360	OK Rohr	422.820	418.44	418.51
125		Bhg. mit Piezometer	613'385	231'605	OK Schacht	424.290	418.06	418.09
126		Bhg. mit Piezometer	613'567	231'656	OK Schacht	420.670	418.10	418.16
127		Bhg. mit Piezometer	614'212	231'799	OK Rohr	467.390	418.22	418.28

Grundwassermessstellen und Grundwasserstände

ID-Nr.	GASO-Nr. (Kant. SO)	Typ	X	Y	Messpunkt	Kote Messpt. [m.ü.M.]	GW-Stand 09.06.04 (1. Sim.-Messkamp.)	GW-Stand 31.08.05 (2. Sim.-Messkamp.)
128		Bhg. mit Piezometer	613'844	231'808	Ok Rohr	482.600	418.24	418.28
129		Bhg. mit Piezometer	613'308	231'885	Ok Rohr	459.030	418.74	418.78
130		Bhg. mit Piezometer	613'280	231'966	Ok Rohr	461.390	418.74	418.78
131		Bhg. mit Piezometer	613'488	231'968	Ok Rohr	464.280	418.27	418.30
132		Bhg. mit Piezometer	613'600	232'095	Ok Rohr	465.420	418.35	418.38
133		Bhg. mit Piezometer	614'146	232'120	Ok Rohr	470.400	417.95	418.38
134		Bhg. mit Piezometer	610'344	223'224	Ok Rohr	459.976	455.25	455.11
135		Rammpiezo	607'788	228'317	Ok Rohr	430.644	425.96	
136		Rammpiezo	607'715	228'255	Ok Rohr	429.380	425.38	426.26
137		Rammpiezo	607'830	228'521	Ok Rohr	434.585	426.36	426.48
138		Rammpiezo	607'842	228'492	Ok Rohr	427.833	425.67	426.06
139		Rammpiezo	607'776	228'525	Ok Rohr	431.396	426.43	426.53
140		Bhg. mit Piezometer	607'634	228'463	Ok Rohr	427.616	426.38	426.66
141		Bhg. mit Piezometer	611'334	230'998	Ok Piezo	432.654	423.89	423.71
142-a		Bhg. mit Piezometer	612'699	227'160	Ok Rohr	441.307		430.60
142-b		Bhg. mit Piezometer	612'699	227'160	Ok Rohr	441.313		430.63
143-a		Bhg. mit Piezometer	612'756	227'127	Ok Rohr	441.288		430.61
143-b		Bhg. mit Piezometer	612'756	227'127	Ok Rohr	441.248		430.58
144		Bhg. mit Piezometer	608'191	228'003	Ok Rohr	431.976	426.85	426.75
145		Bhg. mit Piezometer	615'758	229'808	Ok Rohr	448.403		429.29
146		Bhg. mit Piezometer	608'228	223'206	Ok Rohr	458.281	456.04	
147		Bhg. mit Piezometer	608'414	223'295	Ok Rohr	457.778	455.45	
148		Rammpiezo	611'487	225'526	Ok Rohr	449.477		446.16
149		Rammpiezo	608'610	228'800	Ok Rohr	430.410		425.97
150		Rammpiezo	609'060	228'370	Ok Rohr	430.989		426.02
151		Rammpiezo	613'595	226'530	Ok Rohr	442.660		440.44
152		Rammpiezo	611'060	227'255	Ok Rohr	437.860		435.51
154		Rammpiezo	612'177	221'585	Ok Rohr	467.660		465.56
155		Rammpiezo	612'159	221'572	Ok Rohr	468.200		465.76
156		Rammpiezo	612'168	221'603	Ok Rohr	467.190		465.53
157		Rammpiezo	612'144	221'593	Ok Rohr	467.430		465.76
200		Bhg. mit Piezometer	611'911	219'654	Messnetz SWG	477.010	474.77	474.50
201		Bhg. mit Piezometer	611'961	219'672	Messnetz SWG	477.420	474.31	473.94
202		Sodbrunnen	611'943	219'677	Messnetz SWG	476.000	474.05	473.67
204		Bhg. mit Piezometer	611'107	219'708	Messnetz SWG	479.220	474.28	473.96
205		Schacht	611'428	219'718	Messnetz SWG	478.780	473.88	473.97
206		Schacht	611'834	219'876	Messnetz SWG	477.260	473.28	472.84
207		Schacht	611'972	220'152	Messnetz SWG	478.450	473.32	472.95

Grundwassermessstellen und Grundwasserstände

ID-Nr.	GASO-Nr. (Kant. SO)	Typ	X	Y	Messpunkt	Kote Messpt. [m.ü.M.]	GW-Stand 09.06.04 (1. Sim.-Messkamp.)	GW-Stand 31.08.05 (2. Sim.-Messkamp.)
208		Schacht	61'2575	220'280	Messnetz SWG	473.590	470.41	469.64
212		Bhg. mit Piezometer	61'1352	222'078	Messnetz SWG	466.520	463.35	463.08
213		Schacht	61'0928	222'553	Messnetz SWG	462.430	461.73	461.68
214		Bhg. mit Piezometer	61'0434	222'179	Messnetz SWG	466.580	462.56	462.49
215		Bhg. mit Piezometer	61'0757	221'836	Messnetz SWG	467.800	463.61	463.33
216		Bhg. mit Piezometer	60'9895	221'899	Messnetz SWG	467.440	462.42	462.23
217		Bhg. mit Piezometer	61'0399	221'433	Messnetz SWG	470.830	463.92	463.66
218		Bhg. mit Piezometer	61'1053	221'347	Messnetz SWG	470.350	466.54	466.35
219		Bhg. mit Piezometer	61'2351	222'610	Messnetz SWG	462.550	459.22	459.15
220		Bhg. mit Piezometer	61'2412	223'002	Messnetz SWG	459.660	456.96	457.00
221		Bhg. mit Piezometer	61'2863	223'007	Messnetz SWG	459.370	457.38	457.35
222		Bhg. mit Piezometer	61'2961	222'616	Messnetz SWG	461.830	459.18	459.02
223		Bhg. mit Piezometer	61'2826	222'448	Messnetz SWG	463.090	459.50	459.34
224		Bhg. mit Piezometer	61'2463	222'207	Messnetz SWG	462.800	460.87	460.71
225		Bhg. mit Piezometer	61'1535	221'500	Messnetz SWG	470.110	465.81	
226		Bhg. mit Piezometer	61'1580	221'680	Messnetz SWG	469.590	465.16	
300	610228024	Bhg. mit Piezometer	61'0065	228'424	OK Rohr	432.916	425.65	425.93
301	611229010	Bhg. mit Piezometer	61'1162	229'141	OK Rohr	431.986	423.87	423.71
302	614230005	Bhg. mit Piezometer	61'4830	230'372	Projekt-Li	421.846	420.12	420.01
303	611226013	Bhg. mit Piezometer	61'1710	226'798	OK Rohr	442.358	432.49	432.37
304	612226006	Bhg. mit Piezometer	61'2474	226'207	OK Rohr	445.354	443.96	443.82
305		Rammpiezo	61'0286	228'807	OK Rohr	430.583	425.36	
306		Rammpiezo	61'0406	228'852	OK Rohr	429.830	425.14	425.33
307		Rammpiezo	61'2952	230'832	OK Rohr	422.618	418.67	418.70
308		Rammpiezo	61'5177	230'316	OK Rohr	422.086	420.17	
309		Rammpiezo	61'0761	223'817	OK Rohr	457.475	450.00	449.95
310		Rammpiezo	61'3971	221'818	OK Rohr	462.611	460.13	459.70
311	611222004	Fassung allg.	61'1850	222'475	OK Schachtrand	464.176		460.99
312		Rammpiezo	61'2472	225'836	OK Rohr	447.547		445.50
313		Rammpiezo	61'0885	226'145	OK Rohr	443.725		442.22
314	611226014	Bhg. mit Piezometer	61'1881	226'305	OK Rohr	445.110		443.61
315	612226007	Bhg. mit Piezometer	61'2497	226'578	OK Rohr	443.437		441.74
316		Rammpiezo	61'0132	227'629	OK Rohr	436.508		427.80
317	608228103	Bhg. mit Piezometer	60'8168	228'863	OK Rohr	432.910		426.26
318		Rammpiezo	60'8466	228'959	OK Rohr	428.478		425.90
319		Rammpiezo	61'3816	229'188	OK Rohr	430.667		429.07
321	612227012	Bhg. mit Piezometer	61'2884	227'978	OK Rohr	437.053		430.03
322	611228010	Bhg. mit Piezometer	61'1651	228'981	OK Rohr	433.196		423.35

Abstichpunkte und Wasserstände Fließgewässer

ID-Nr.	X	Y	Kote Messpt. [m.ü.M.]	Wasserstand 09.06.04 (1. Sim.-Messkamp.)	Wasserstand 31.08.05 (2. Sim.-Messkamp.)
500	613'148	221'540	467.060	464.69	
501	612'638	222'560	459.349	459.04	
502	611'851	222'503	461.387	461.04	461.01
503	611'918	222'703	461.159	460.18	460.16
504	608'620	221'674	465.990	464.59	464.50
505	609'253	223'289	454.288	454.10	454.09
506	608'982	223'691	454.057	453.24	453.23
507	611'639	223'057	461.309	459.84	459.83
508	612'658	225'421	448.673	445.07	445.06
509	612'561	225'413	448.728	448.06	447.98
510	612'992	226'092	444.586	441.59	441.58
511	613'422	226'575	442.806	439.26	439.23
512	613'521	228'041	437.119	433.82	
513	613'558	228'026	434.749	434.15	
514	613'302	229'073	432.323	429.19	429.16
515	613'298	230'247	424.805	421.45	
517	610'291	229'315	430.428	425.66	425.41
518	610'786	227'655	437.321	436.24	
519	609'670	225'665	446.310	444.89	
520	608'785	223'661	453.827	453.35	453.20
521	611'390	229'159	432.669	431.38	
522	611'697	229'334	430.527	430.01	
523	611'766	228'623	435.009	433.78	
524	611'613	227'644	439.196	437.99	
525	611'505	227'721	438.782	437.46	
526	611'079	227'968	435.194	434.73	
527	610'925	228'359	433.848	433.29	
528	610'698	228'568	430.906	430.33	
529	612'433	224'072	455.546	453.07	453.05
530	610'946	223'927	456.868	455.20	
531	611'896	223'982	456.897	455.70	
532	612'916	226'553	444.037	443.15	
533	613'360	225'928	444.185	443.11	442.46
534	612'914	225'562	446.335	445.98	445.98
535	612'314	225'682	448.548	447.72	447.68
536	612'010	225'410	449.504	448.76	448.78
537	611'700	225'878	447.508	446.55	446.57
538	610'455	224'948	450.473	448.09	448.05
539	610'062	224'951	449.014	446.95	447.03
540	610'899	226'152	444.619	443.23	
541	610'686	226'166	443.238	442.99	
542	610'910	226'877	440.905	440.13	
543	611'021	226'816	440.041	438.97	
544	611'117	226'891	440.445	438.98	
546	610'083	224'133	453.488	452.24	
547	612'068	226'777	443.727	442.11	
548	612'200	226'238	445.721	444.79	444.84
549	615'818	230'302	422.607	420.99	420.97
550	616'234	230'763	420.809	419.25	419.12
551	615'950	231'277	420.692	418.89	418.87
580	608'482	228'582	430.583	425.97	425.91
581	611'421	230'927	427.243	425.28	424.90
582	611'502	230'966	422.700	418.83	418.90

Abstichpunkte und Wasserstände Fließgewässer

ID-Nr.	X	Y	Kote Messpt. [m.ü.M.]	Wasserstand 09.06.04 (1. Sim.-Messkamp.)	Wasserstand 31.08.05 (2. Sim.-Messkamp.)
583	616'421	231'774	417.629	417.45	417.44
590	609'112	224'116	456.368	450.73	450.43
591	609'369	224'968	451.087	446.95	446.88
592	610'190	229'266	432.153	425.73	425.80
593	610'715	227'627	437.891	432.10	
594	609'519	225'562	449.241	445.32	444.02
595	608'236	223'246	458.970	455.92	455.90
596	608'236	223'246	458.978	455.79	455.86
597	610'459	226'526	438.129		436.95
600	612'695	221'741	462.068	461.35	461.36
601	612'696	221'762	463.045	460.64	460.71
602	612'577	222'872	459.845	457.81	458.05
603	611'823	223'127	459.012	458.58	458.60
604	611'988	223'208	459.093	458.16	458.12
605	608'831	222'730	459.788	458.60	458.59
608	609'875	223'147	457.426	456.70	456.72
609	610'219	223'080	458.039	457.50	457.50
610	609'649	223'807	452.591	452.44	452.43
611	609'764	223'856	452.572	452.04	452.01
612	609'923	223'874	454.630	453.58	
613	609'398	223'890	453.665	453.05	453.02
615	611'566	222'706	461.494	461.05	461.03
616	611'507	222'639	461.577	461.17	461.13
617	611'657	223'332	459.222	458.40	458.40
620	614'072	229'942	424.134	421.66	421.55
622	615'287	230'121	421.321	420.63	420.68
623	608'408	223'065	455.311	455.03	454.91
624	611'691	227'856	437.818	436.51	
625	613'223	223'068	458.945	455.77	455.77
627	613'242	221'912	464.627	463.40	
629	610'266	223'802	455.033	454.54	
631	614'079	229'930	424.125	421.74	421.67
650	612'773	223'558	457.970		454.92
651	612'701	226'093	446.056		445.20
652	612'347	224'913	451.967		450.23
653	613'970	229'310	429.775		428.80
654	614'889	230'727	420.700		419.53
655	613'604	226'229	443.491		441.04
656	609'943	225'598	445.600		444.56
657	611'178	221'992	466.430		465.36
658	611'138	222'546	464.739		464.35
659	611'158	223'134	460.059		459.51
660	612'842	225'774	446.082		442.78
661	607'137	228'176	428.805		426.27
662	606'762	228'421	428.452		427.41
663	606'444	227'811	428.083		425.63
664	606'364	228'319	427.318		425.77
665	605'964	227'743	428.117		425.89
666	605'881	228'444	429.412		428.82
667	604'946	227'780	426.850		425.47
668	604'511	228'258	427.397		425.70
669	605'424	228'187	428.455		426.05
670	605'490	227'684	428.124		424.78

Grundwasserfassungen: Entnahmen und Konzessionen

Grundwasserpumpwerke (Brunnen)

Bezeichnung	Verwendung	Standortgemeinde	Konzessionärin	X	Y	Mittl. Entnahme 2002 - 2004 m3/Jahr	Konzessions- menge l/min
PW Dörnischlag	TW	Luterbach	Regio Energie Solothurn	612'097	230'212	1'765'000	15'000
PW Subingen	TW	Subingen	ZV WV Äusseres Wasseramt	613'128	226'861	1'313'700	10'000
PW Rüttfeld	TW (bis '05)	Zuchwil	Einwohnergemeinde Zuchwil	609'920	228'180	925'400	5'000
PW XI	TW	Luterbach	ZV GrpWW Unt. Leberberg, Teil ZV	610'780	229'655	903'600	3'750
PW Biberist	TW	Kriegstetten	Einwohnergemeinde Biberist	611'378	224'828	756'600	4'000
PW Ruchacker	TW	Luterbach	EWD, Derendingen	611'432	228'410	625'100	10'000
PW Lerchenfeld	TW	Gerlafingen	Einwohnergemeinde Gerlafingen	610'888	224'400	451'500	6'000
PW Aarmatt	TW	Zuchwil	Regio Energie Solothurn	608'465	228'420	432'800	5'000
PW Erlenmoos	TW	Rechterswil	Städtische Werke Grenchen	612'640	222'830	365'000	6'600
PW Tannwald	TW	Obergerlafingen	Städtische Werke Grenchen	611'260	222'405	273'700	5'520
Total						7'812'400	70'870

Bezeichnung	Verwendung	Standortgemeinde	Konzessionärin	X	Y	Mittl. Entnahme 2002 - 2004 m3/Jahr	Konzessions- menge l/min
PW Röttiquai	NW	Zuchwil	Regio Energie Solothurn	608'210	228'360	16'600	

GASO-Nr.	Verwendung	Standortgemeinde	Konzessionärin	X	Y	Mittl. Entnahme 2002 - 2004 m3/Jahr	Konzessions- menge l/min
610/229/003	Teil BW	Luterbach	ZV GrpWW Unt. Leberb., Teil Ind.betr.	610'780	229'655	2'357'700	7'500
611/230/001	BW	Luterbach	Industriebetrieb	611'050	230'270	4'893'000	22'750
610/230/003	BW	Luterbach	Industriebetrieb	610'740	230'400		
610/230/002	BW	Luterbach	Industriebetrieb	610'940	230'060		
611/230/002	BW	Deitingen	Atel Hydro AG	611'630	230'630	910'200	3'000
612/228/001	BW	Deitingen	Kt. SO, Wasserhaltung A1 (PW 34)	612'320	228'820	876'900	20'000
610/225/003	BW	Derendingen	Industriebetrieb	610'685	225'340	367'000	6'000
611/230/002	BW	Deitingen	Golfclub	611'630	230'630	106'200	300
610/225/002	BW	Derendingen	Schwimmbad	610'707	225'376	34'100	300
612/224/002	BW	Kriegstetten	Restaurant	612'040	224'855	10'000	300
610/225/015	BW	Biberist	Industriebetrieb	610'080	225'908	1'300	300
Total						9'556'400	60'450

Grundwasserfassungen: Entnahmen und Konzessionen

Grundwasserpumpwerke (Brunnen)

GASO-Nr.	Verwendung	Standortgemeinde	Konzessionärin	X	Y	Mittl. Entnahme 2002 - 2004 m3/Jahr	Konzessions- menge l/min
611/223/007	BW	Obergerlafingen	Privat	611'140	223'560	keine Entnahme bzw. vernach- lässigbar	20
611/223/006	BW	Obergerlafingen	Gärtnerei	611'250	223'150		20
612/225/005	BW	Kriegstetten	Privat	612'255	225'630		50
613/223/002	BW	Halten	Privat	613'450	223'700		50
611/226/001	BW	Derendingen	Privat	611'190	226'485		20
610/229/001	BW	Luterbach	Natur- und Vogelschutzverein	610'255	229'600		20
612/225/003	BW	Kriegstetten	Privat	612'110	225'600		50
612/224/003	BW	Kriegstetten	Bank	612'060	224'900		67
608/228/025	BW	Zuchwil	Industriebetrieb	608'780	228'745		15
607/228/003	BW	Solothurn	Verlagsbetrieb	607'650	228'040		200
614/229/002	BW	Deitingen	Privat	614'720	229'970	10	
614/229/003	BW	Deitingen	Bürgergemeinde Deitingen	614'810	229'380	50	
Total							552

Gefasste GW-Aufstösse, Niederdruckfassungen und Quellen

Mürgelenquelle	TW	Deitingen	WV Gde. Wangen a.A.	615'605	229'863	1'103'560		
Mürgelenquelle	TW	Deitingen	WV Gde. Wangen a.A.	615'639	229'852			
Mürgelenquelle	TW	Deitingen	WV Gde. Wangen a.A.	615'620	229'876			
Fassung Hölzli	TW	Rechterswil	BG Rechterswil-Kriegstetten-Oekingen	611'483	222'617	315'360	750	
Fassung Hölzli	TW	Rechterswil	BG Rechterswil-Kriegstetten-Oekingen	611'500	222'632			750
Fassung Unterholz	TW	Rechterswil	Brunnenen: 'Unterholz', Rechterswil	611'850	222'475	138'000	690	
Fassung Eichholz	BW/ungenuzt	Derendingen	Elektrizitäts- und Wasserversorgung	611'439	225'710	1'314'000	2'500	
Fassung Eichholz	BW/ungenuzt	Derendingen	Elektrizitäts- und Wasserversorgung	611'370	225'730			
Fassung Eichholz	BW/ungenuzt	Derendingen	Elektrizitäts- und Wasserversorgung	611'500	225'550			
Aufstoss Engi	BW/ungenuzt	Biberist	Elektrizitäts- und Wasserversorgung	608'302	227'308			157'680
Total						3'028'600	4'690	

Stauerkoten

GASO-Nr.	ID-Nr.	Feldbezeichnung	X	Y	Stauerkote (m ü.M.)	Stauerart
605227016		KB 2/97	605'564	227'067	426.22	Seebodenablagerungen
606228078		KB 2	606'650	228'625	<419.0	Stauer nicht erreicht
606228083		RB 2/P	606'825	228'765	<421.41	Stauer nicht erreicht
607227014		III	607'200	227'700	418.54	
607227032			607'315	227'180	447.19	Molasse
607227034		RB 2	607'870	227'523	447.94	Molasse
607227035		KB 3/96	607'020	227'120	449.15	Molasse
607227044		Areal Wyss SB 13	607'812	227'802	427.00	
607227049		RB A5/2	607'882	227'195	451.80	Molasse
607228008		RB VIII	607'675	228'240	413.20	
607228023		P 100	607'290	228'195	412.87	
607228040		Bohrung Hotel Krone	607'580	228'550	423.06	
608228001		PW Rötiquai	608'210	228'360	417.00	
608228003		Fassung Sulzer	608'840	228'490	421.00	Lehm
608228005		Bohrung Ir	608'560	228'590	409.95	Lehm
608228008		Versuchsbohrung IV	608'890	228'990	424.00	
608228022		Rb 1	608'850	228'290	412.00	
608228026		Hauptpumpwerk Aarmatt	608'455	228'440	419.00	
608228035		RB 1/93	608'270	228'310	418.78	Lehm
608228045		Bohrprofil Schützenmatt	608'380	228'600	413.05	
608228103	317	KB 05/4	608'168	228'863	423.71	Überschwemmungssed.
608229002		R 301	608'940	229'080	417.00	Seeablagerungen
608229003		SB 1	608'885	229'365	422.00	
608229004		SB 2	608'950	229'430	421.97	Lehm
608229009		WPP, EFH-NB, Beck RenÚ	608'670	229'700	440.00	Molasse
608229010		RB 1	608'852	229'611	418.60	Molasse
608229011		RB 2	608'878	229'619	417.67	
609223001		Li Gerlafingen (SB 2.1)	609'942	223'623	447.13	Molasse
609223002		KB 91-6 / P	609'384	223'588	451.20	Moräne
609224001		Bohrung	609'480	224'750	444.00	
609224042		BG	609'330	224'170	454.30	Lehm
609225002		RB /2 P	609'780	225'025	430.94	Lehm
609225029	34	KB 91-5 / P	609'776	225'176	443.30	Moräne
609225030		KB 91-4 / P	609'710	225'232	443.60	Molasse
609225031	35	KB 91-3 / P	609'640	225'251	445.20	
609225032		KB 91-2 / P	609'567	225'257	441.71	Molasse
609225033	36	KB 91-1 / P	609'505	225'301	439.74	Molasse
609226014		KB 97.03	609'984	226'344	438.07	Molasse
609226015		KB 97.04	609'984	226'255	438.35	Molasse
609228001		PW R*tifeld	609'920	228'180	404.00	
609228002		PW Luterbachstrasse	609'410	228'810	409.72	Lehm
609228005		Bohrung	609'410	228'800	409.20	
609228015		Kb 00/2	609'960	228'110	405.40	
609229003		SB 2	609'960	229'700	420.21	Molasse
609229007		SB1	609'924	229'420	417.61	
609229017	100	RB 6/01	609'940	229'554	421.29	Molasse
609229019		SB1b	609'390	229'550	422.01	Molasse
609229020		SB 2	609'900	229'600	420.21	Lehm
610223002		Sondierbohrung (2.2)	610'580	223'842	434.70	Mergel
610224001		PW Lerchenfeld	610'888	224'400	433.00	
610224006		Li Obergerlafingen (2.3)	610'949	224'014	434.28	Molasse
610225002		PW Schwimmbad Eichholz	610'707	225'376	435.51	Lehm
610225003		PW Grütt	610'685	225'340	438.40	Lehm
610225004		Bohrung	610'290	225'170	443.62	Lehm

Stauerkoten

GASO-Nr.	ID-Nr.	Feldbezeichnung	X	Y	Stauerkote (m ü.M.)	Stauerart
610225005		Bohrung	610'600	225'200	440.00	
610225006		Bohrung	610'640	225'270	442.00	
610225008		Bohrung	610'600	225'480	440.32	Lehm
610225009		Bohrung	610'160	225'925	442.00	
610225010		Bohrung	610'150	225'940	443.00	
610225011		Bohrung	610'065	225'820	442.00	
610225012		Bohrung	610'110	225'870	443.00	
610225014		Bohrung	610'020	225'790	439.00	
610225017		B 18	610'538	225'921	438.09	Molasse
610225018		B 19	610'400	225'938	438.41	Molasse
610225020		GF Gr ^{tt} alt (1913)	610'450	225'500	437.00	
610226001		Grundwasserfassung	610'605	226'530	436.70	
610226003		Bohrung	610'560	226'670	437.00	
610226004		Bohrung	610'590	226'640	436.70	Molasse
610226009		RB 1 / P / 96	610'350	226'200	440.22	
610226010		RB 2 / P / 96	610'420	226'095	439.72	
610226011		RB3/P/96 (Papierfabrik)	610'415	226'435	437.95	Molasse
610226018		Kernbohrung 97.02	610'324	226'383	438.07	Molasse
610226019		KB 97.01 (Papierfabrik)	610'364	226'422	437.64	Molasse
610227002		RB 2	610'350	227'610	428.00	
610227004		Sondierschlitz II	610'958	227'343	434.63	Molasse
610227006		Emme (BUWAL Nr. 1993)	610'720	227'630	422.00	
610227009		Aufzeitbohrung C 7	610'732	227'112	435.00	Molasse
610228002		RB 2	610'280	228'330	415.00	
610228003		alte Bohrung 303	610'320	228'130	396.00	Seeablagerungen
610228004		304	610'450	228'250	407.00	Lehm (Seeablagerung)
610228005		RB 1	610'250	228'460	423.00	
610228006	71	Piezometerrohr 309	610'740	228'400	410.13	Lehm (Seeablagerung)
610228010		S 107	610'720	228'620	411.00	
610228024	300	KB 04/1	610'065	228'424	397.10	Moräne
610229004		SB 3	610'030	229'625	419.00	
610229005		SB 5	610'090	229'825	418.15	Molasse
610229006		SB A 3	610'225	229'950	420.83	Molasse
610229008	105	SB 9b (Neumatt)	610'790	229'655	392.80	Lehm
610229010		Bohrung	610'810	229'665	403.60	
610229015		603	610'120	229'930	420.67	Molasse
610229018		R 302	610'031	229'075	421.00	Seeablagerungen
610229019		R 305	610'350	229'330	419.00	Seeablagerungen
610229050		RB 7/01	610'000	229'603	420.31	Molasse
610229056		Sb A3	610'250	229'850	420.83	Molasse
610230002		PW X Attisholz	610'940	230'060	418.00	
610230003		PW 1 Attisholz	610'740	230'400	417.00	
610230004		SB 9	610'450	230'065	412.58	Molasse
610230005	109	Bohrung 310	610'620	230'040	414.72	Seeablagerungen
610230006		SB	610'895	230'060	421.54	Lehm
610230007		RB 1	610'680	230'260	413.98	Molasse
610230009		RB 3	610'630	230'270	414.94	Molasse (Mergel)
610230012		RB 6	610'595	230'250	417.18	Molasse
610230014		RB 8	610'780	230'370	417.88	Molasse
610230015		SB	610'930	230'385	419.00	Lehm
610230016		Bohrung 312	610'990	230'500	417.80	Molasse
610230023		610	610'460	230'330	419.16	
610230025		608A	610'335	230'255	420.25	Molasse
610230026		611	610'400	230'370	420.75	Molasse

Stauerkoten

GASO-Nr.	ID-Nr.	Feldbezeichnung	X	Y	Stauerkote (m ü.M.)	Stauerart
610230027		613	610'695	230'505	420.06	Molasse
610230028		614	610'805	230'570	418.05	Lehm
610230030		307	610'275	230'000	419.00	Molasse
610230031		SB 8	610'270	230'190	420.12	Molasse
610230034		Sb A1	610'080	230'020	424.28	Lehm
610230035		Sb7	610'250	230'250	421.39	Molasse
611222003		PW Tannwald	611'260	222'405	450.40	Lehm
611222004		Fassung Unterholz	611'850	222'475	452.00	
611222010		Bohrung	611'260	222'130	451.07	Lehm
611222011		Bohrung	611'440	222'310	451.00	
611222012		Bohrung	611'570	222'600	449.84	Lehm
611222013		Bohrung	611'860	222'590	453.17	Lehm
611222028		Aufzeitbohrung C 4	611'341	222'670	446.00	Molasse
611222030		Sondierbohrung	611'250	222'420	450.29	Lehm
611223011		Li St+ckleten	611'930	223'955	431.05	Molasse
611223013		Sondierbohrung	611'192	223'971	432.70	Molasse
611223018		P 01 / P1	611'497	223'423	454.50	Lehm
611223024		Rb 11	611'533	223'233	445.62	Lehm
611223025		Rb 12	611'547	223'277	449.92	Lehm
611223026		Rb 13	611'528	223'318	450.34	Lehm
611223029		Rb 16	611'514	223'307	450.05	Lehm
611224003		PW Biberist neu (1948)	611'378	224'828	429.00	
611224006		Sondierbohrung (2.4)	611'510	224'009	430.82	Molasse
611224007		Versuchsbrunnen Kriegstetten	611'619	224'366	430.07	Molasse
611224013		Sondierbohrung	611'207	224'346	432.70	Molasse
611224019		Bohrung	611'300	224'800	433.00	Molasse
611225001		Sodbrunnen	611'700	225'020	436.50	Molasse
611225014		Bohrung	611'480	225'510	442.50	
611225018		Aufzeitbohrung C 6	611'098	225'549	441.00	
611226002		Bohrung	611'770	226'940	430.00	
611226003		Bohrung	611'760	226'050	437.00	
611226004		Bohrung	611'720	226'550	426.00	
611226013	303	KB 04/4	611'710	226'798	430.50	Molasse
611226014	314	KB 05/3	611'881	226'305	439.11	Moräne
611227008		KB 1	611'196	227'178	434.75	Molasse
611227021	52	KB 54.2	611'828	227'710	428.70	
611227022		BP 3.2	611'747	227'723	428.93	
611228002		Bohrung RB 1	611'790	228'090	421.24	Lehm
611228003	74	Bohrung RB 2	611'810	228'405	416.00	Lehm
611228004		Bohrung RB 3	611'700	228'470	426.00	
611228005		Bohrung RB 4	611'460	228'405	373.90	Lehm
611228006		Bohrung S 108	611'150	228'780	417.60	Lehm
611228008		Bohrung R 319	611'895	228'676	411.00	
611228009	94	KB 4	611'790	228'970	402.70	Lehm
611228010	322	KB 05/5	611'651	228'981	393.20	Stillwasserablagerungen
611229001		Bohrung 313	611'010	229'665	411.37	Lehm
611229009		SBB/Wilihofstr.	611'414	229'805	400.00	Lehm
611229010	301	KB 04/2	611'162	229'141	402.90	Seeton
611230001		PW Attisholz VI	611'050	230'270	401.00	
611230002		PW Flumenthal	611'630	230'630	403.20	Lehm
611230004		Bohrung	611'624	230'621	404.20	Lehm
611230005		SB 11		230'730	409.00	
611230007		Bohrung 317	611'830	230'710	418.35	Seeablagerungen
611230013		BS 2	611'250	230'860	425.62	

Stauerkoten

GASO-Nr.	ID-Nr.	Feldbezeichnung	X	Y	Stauerkote (m ü.M.)	Stauerart
611230015		KB 203 Sperrstelle	611'595	230'765	393.44	Molasse
611231007		RB 1	611'080	231'290	429.32	Molasse
611231008		RB 2	611'290	231'425	421.77	Molasse
611231009	120	RB 3	611'000	231'070	434.10	Molasse
612222001		PW Erlenmoos	612'640	222'830	453.00	
612222004		Bohrung	612'380	222'580	452.20	Lehm
612222006		Bohrung	612'680	222'840	453.00	
612222007		Bohrung	612'660	222'775	452.00	
612222008		Bohrung	612'220	222'550	452.18	Lehm
612222010		Bohrung	612'540	222'880	452.00	
612222011		Bohrung	612'120	222'440	451.84	Lehm
612222012		Bohrung	612'440	222'500	454.00	
612222013		Bohrung	612'760	222'540	452.70	Lehm
612222016		Bohrung	612'820	222'680	453.99	Lehm
612222017		Bohrung	612'155	222'540	452.00	
612222038		Bohrung Rb 12	612'640	222'820	451.95	Lehm
612223004		Sonderbohrung (2.6)	612'462	223'995	433.36	Molasse
612224016		WPP, EFH-NB,Lysser	612'920	224'180	433.00	Molasse
612225008		Sondierbohrung (3.4)	612'296	225'661	437.00	
612225009	37	Sondierbohrung (3.5)	612'838	225'798	441.50	
612226006	304	KB 04/5	612'474	226'207	439.35	Stillwasserablagerungen
612226007	315	KB 05/2	612'497	226'578	437.24	Stillwasserablagerungen
612227004		Z 32/33	612'280	227'480	422.00	
612227005		SB 5.1	612'587	227'619	423.00	
612227006		SB 5.2	612'836	227'810	421.21	Molasse
612227008		Aufzeitbohrung AM 46	612'010	227'230	432.00	Molasse
612227011	48	BP 3.1	612'120	227'535	425.37	Molasse
612227012	321	KB 05/1	612'884	227'978	420.25	Molasse (Mergel)
612228001		GF PW Nr. 34 (N1)	612'320	228'820	423.00	
612228005		RB 4	612'285	228'890	423.00	
612228007		RB 8	612'295	228'930	424.00	
612228011	84	SB 4.2	612'535	228'626	419.90	Lehm
612228012		RB 3	612'205	228'865	423.00	
612228013	62	KB 5	612'137	228'241	409.42	Lehm
612229002	95	R 324	612'890	229'060	420.62	Lehm
612229003		RB 4	612'220	229'915	415.00	
612229004		RB 5	612'570	229'780	422.00	
612229005		R 323	612'980	229'980	416.00	Lehm (Seeablagerung)
612229006		RB 6	612'350	229'030	425.00	
612229008		RB 3	612'495	229'070	411.90	Lehm
612229009		RB 5	612'365	229'115	415.00	
612229010		RB 4	612'440	229'200	417.00	
612229011		Z 35	612'395	229'270	427.00	
612229012		Z 36	612'650	229'835	416.00	
612229013		KB 1	612'191	229'065	395.08	Seeton
612229014		KB 2	612'053	229'404	423.64	Seeton
612229015		KB 3	612'141	229'537	417.09	Lehm
612230002		Bohrung 318	612'020	230'160	382.00	Seeablagerungen
612230004		SB 6	612'110	230'200	385.00	
612230005		RB 1	612'325	230'270	404.00	
612230006		RB 2	612'295	230'380	413.00	
612230007		RB 3	612'100	230'380	385.00	
612230009		R 321	612'845	230'635	415.00	Seeablagerungen
612230010		SB 17	612'940	230'770	417.00	

Stauerkoten

GASO-Nr.	ID-Nr.	Feldbezeichnung	X	Y	Stauerkote (m ü.M.)	Stauerart
612231003		104	612'900	231'090	406.00	
612231011		WPP, EFH-AB, A. von Büren	612'180	231'980	442.00	Molasse
613222001		Bohrung	613'130	222'880	453.88	Lehm
613224002		WPP, EFH-AB, Lanz	613'200	224'100	444.00	Molasse
613225005		Sondierbohrung (3.6)	613'157	225'655	439.60	Lehm
613225010		WPP, EFH-NB	613'676	225'455	443.00	Molasse
613226001		PW Subingen	613'128	226'861	422.00	
613228002		R 325	613'080	228'060	414.50	Lehm
613228006		SB 4.3	613'011	228'406	418.10	Molasse
613228007		SB 4.4	613'477	228'171	417.30	Molasse
613228008		SB 4.5	613'716	228'026	417.90	Molasse
613228009		Bohrung	613'957	228'366	421.30	Molasse
613228010		Bohrung	613'225	228'291	419.47	Molasse
613229004		SB 6.1	613'312	229'094	419.36	Molasse
613229005		SB 6.2	613'928	229'004	415.05	Molasse
613230002		R 322	613'055	230'300	410.00	
613230003		SB 17a	613'375	230'945	414.00	
613230004		SB 17b	613'455	230'800	412.00	
613230005		SB 20	613'630	230'890	404.00	
613231001		103	613'135	231'035	401.00	
613231002		320	613'430	231'365	387.82	Lehm
614227004	58	SB 4.6	614'072	227'981	418.00	Molasse
614230001		R 329	614'462	230'070	415.00	Seeablagerungen
614230002		R 327	614'300	230'435	413.80	Lehm
614230003		R 326	614'095	230'770	413.00	Seeablagerungen
614230004		R 328	614'390	230'700	412.00	Seeablagerungen
614230005	302	KB 04/3	614'830	230'372	406.90	Seeton
614231001		Bohrung D	614'460	231'455	406.25	Lehm
614231002		SB 22	614'320	231'240	414.00	
614231003		Bohrung C	614'215	231'080	408.65	
615227001		SB Nr. 93-2	615'275	227'910	416.04	Molasse
615228004		Li Waldhaus (93-1)	615'225	228'205	417.15	Molasse
615229004		RB 6	615'370	229'810	437.00	
615229005		RB 5	615'410	229'860	436.00	
615229006		RB 4	615'240	229'840	435.00	
615229007		RB 3	615'280	229'895	433.00	
615229008		RB 2	615'105	229'900	428.00	
615229009		RB 1	615'115	229'950	430.00	
615229010	104	Piezometerrohr 82-1	615'070	229'643	412.90	Molasse
615229011	96	Piezometerrohr 82-2	615'180	229'225	414.00	Molasse
615229012		Kernbohrung KB 1-02	615'225	229'630	413.00	Molasse
		Bohrung Bellach	605'505	228'805	405.95	aufgearbeitete Molasse
		Sondierbohrung 1	605'910	228'090	419.67	toniger Silt
		RB 4	606'300	228'130	411.30	toniger Silt
		Bericht S+C	606'584	228'244	415.00	Seeablagerungen
		RB1/04/P	606'597	228'755	413.82	Seeablagerungen
		RB 2/P	606'620	227'725	413.88	toniger Silt
		RB 1/P	606'845	227'715	415.96	toniger Silt
		Rb3/04	607'050	227'700	414.20	Seebodenablagerungen
		Dreibeinsekrenz, Profil II	607'115	227'700	419.08	Lehm
		Rb 4	607'130	228'420	415.24	toniger Silt
		Rb 3	607'140	228'470	405.47	toniger Silt
		Bohrloch 4	607'220	228'250	405.06	feiner fester Sand
		RB 1	607'350	228'370	421.08	grauer Silt

Stauerkoten

GASO-Nr.	ID-Nr.	Feldbezeichnung	X	Y	Stauerkote (m ü.M.)	Stauerart
		KB1-03	607'789	228'316	394.53	
		KB 1	608'067	223'004	454.17	Molasse (Mergel)
		Kernbohrung 03-12	608'170	228'007	<407.91	Stauer nicht erreicht
	146	KB 2	608'224	223'206	453.86	Molasse (Mergel)
	147	KB 3	608'412	223'292	452.32	Molasse (Mergel)
		Sb 7.1	608'974	226'184	431.40	Moräne
		Sb 7.2	609'147	226'312	426.10	Lehm
			609'235	222'740	450.92	
			609'255	222'820	450.35	
			609'265	222'890	451.79	
			609'275	222'750	451.72	
			609'285	222'810	451.72	
			609'290	222'860	452.25	
			609'305	222'775	451.40	
			609'320	222'900	451.29	
			609'350	222'905	451.52	
		Sb 7.3	609'368	226'373	428.27	Moräne
		SAVA Nr 25	609'470	223'830	450.31	Molasse
		OG 27	610'399	221'433	454.00	
		OG 16	611'587	221'509	436.00	
		RB 99/263/P	612'995	222'860	452.75	Lehm
		WLF1	613'325	221'760	441.00	Lehm
		Rb 00-01	614'600	226'600	447.15	Lehm
			615'395	231'660	412.59	
		Sondierbohrung 11	615'620	229'798	413.43	Molasse
		Sondierbohrung 12	615'739	229'992	410.46	Molasse
		F2	615'755	231'025	410.20	Stillwassersedimente
			615'755	231'025	410.50	
		Sondierbohrung 13	615'758	229'805	412.58	Molasse
			615'760	231'002	412.50	
			615'780	231'980	413.39	
			615'820	231'790	409.22	
		Sondierbohrung 14	615'939	229'809	416.78	Molasse
			616'030	231'650	415.00	
			616'180	231'995	410.45	
			616'240	231'995	408.69	
			616'300	230'750	414.60	
			616'350	231'740	413.30	
		Rb 1	616'375	231'400	414.12	Seesedimente
			616'390	231'310	412.65	
		Rb 2	616'400	231'400	413.35	Seesedimente
			616'440	231'910	413.30	
			616'466	231'978	413.50	
			616'600	231'495	413.00	
			616'690	231'340	412.15	
			616'690	231'700	411.75	
			616'720	231'720	410.90	
			616'780	231'825	411.85	
			616'875	231'640	408.42	
			617'007	231'700	411.75	
		Rb 100	617'360	231'815	408.87	Seesedimente

Grundwasserqualität

Parameter	Einheit	PW	PW	PW	PW	PW
		Aarmatt 07.09.2005	Dörnischlag 07.09.2005	Erlenmoos 06.09.2005	Kyburg 06.09.2005	Lerchenfeld 06.09.2005
Temperatur	°C	12.0	10.7	11.4	11.0	11.2
el. Leitfähigkeit	µS/cm	519	527	513	493	485
pH-Wert	pH	7.49	7.15	7.30	7.35	7.05
O ₂ -Gehalt	mg/l	6.4	6.6	5.4	5.9	8.1
O ₂ -Sättigung	%	63	64	54	60	80
Gesamthärte	°fH	29.0	29.8	29.6	28.4	28.0
Karbonathärte	°fH	25.6	27.2	27.1	25.6	25.7
Nitrat	mg/l NO ₃	17.9	19.2	20.1	20.6	16.9
Ammonium	mg/l NH ₄	<0.005	<0.005	0.007	0.005	<0.005
Nitrit	mg/l NO ₂	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Chlorid	mg/l	12.6	12.7	8.0	9.8	6.7
Sulfat	mg/l	22.3	14.8	12.3	12.3	9.9
Phosphat	mg/l	0.049	<0.015	0.022	<0.015	<0.015
Calcium	mg/l	100	100	102	96	98
Magnesium	mg/l	10	11	10	11	8
Natrium	mg/l	8.8	8.8	5.4	6.3	4.9
Kalium	mg/l	2.2	2.1	1.6	2.2	1.5
Arsen As	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Bor B	mg/l	0.038	0.041	0.029	0.030	0.026
Cadmium Cd	mg/l	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Chrom Cr	mg/l	0.0038	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Kupfer Cu	mg/l	0.0050	0.0016	0.0021	0.0018	0.0015
Eisen Fe _{gesamt}	mg/l	0.010	<0.01	0.010	<0.01	<0.01
Mangan Mn _{gesamt}	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Nickel Ni	mg/l	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Blei Pb	mg/l	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Quecksilber Hg	µg/l	<0.01	<0.01	0.012	<0.01	<0.01
Zink Zn	mg/l	<0.004	0.11	<0.004	<0.004	<0.004
Pflanzenschutzmittel PSM						
Atrazin	µg/l	0.074	<0.02	<0.02	0.020	<0.02
Desethylatrazin	µg/l	0.066	<0.02	<0.02	0.026	<0.02
Desisopropylatrazin	µg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Cyanazin	µg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Diuron	µg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Isoproturon	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Metamitron	µg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Metolachlor	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Propazin	µg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Simazin	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Terbutylazin	µg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Terbutryn	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
MTBE	µg/l	<0.05	0.11	<0.05	0.09	<0.05
Monozyklische aromatische KW						
Benzol	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Toluol	µg/l	<0.05	0.24	<0.05	0.24	<0.05
Ethylbenzol	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
m/p-Xylol	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
o-Xylol	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Flüchtige halogenierte KW						
Tetrachlorethen	µg/l	3.20	0.06	<0.05	0.19	<0.05
Trichlorethen	µg/l	0.37	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	<0.05	0.06	<0.05	<0.05	<0.05
Trichlormethan	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

Grundwasserqualität

Parameter	Einheit	PW	PW	PW XI	PW	Mürgelen-
		Subingen	Tannwald	Luterbach	Zielebach	quelle
		07.09.2005	06.09.2005	07.09.2005	06.09.2005	06.09.2005
Temperatur	°C	12.4	11.4	11.5	11.5	10.2
el. Leitfähigkeit	µS/cm	542	465	452	503	625
pH-Wert	pH	7.11	7.20	7.30	7.35	7.20
O ₂ -Gehalt	mg/l	7.2	5.5	5.6	9.1	10.0
O ₂ -Sättigung	%	71	55	54	89	100
Gesamthärte	°fH	31.0	26.4	24.4	27.8	29.4
Karbonathärte	°fH	27.9	24.9	22.9	25.8	26.1
Nitrat	mg/l NO ₃	18.5	14.3	11.0	19.6	25.9
Ammonium	mg/l NH ₄	<0.005	0.018	<0.005	<0.005	<0.005
Nitrit	mg/l NO ₂	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Chlorid	mg/l	11.2	8.3	11.1	7.6	10.9
Sulfat	mg/l	13.2	9.7	16.5	10.1	16.9
Phosphat	mg/l	0.040	<0.015	0.026	<0.015	<0.015
Calcium	mg/l	107	91	83	99	94
Magnesium	mg/l	11	9	9	8	14
Natrium	mg/l	7.2	5.4	8.5	4.7	6.4
Kalium	mg/l	2.2	1.6	2.2	1.7	1.7
Arsen As	mg/l	<0.005		<0.005	<0.005	<0.005
Bor B	mg/l	0.034		0.037	0.022	0.020
Cadmium Cd	mg/l	<0.0005		<0.0005	<0.0005	<0.0005
Chrom Cr	mg/l	<0.002		<0.002	<0.002	<0.002
Kupfer Cu	mg/l	0.0043		0.0027	0.0022	<0.001
Eisen Fe _{gesamt}	mg/l	<0.01		<0.01	0.012	<0.01
Mangan Mn _{gesamt}	mg/l	0.003		<0.001	<0.001	<0.001
Nickel Ni	mg/l	<0.004		<0.004	<0.004	<0.004
Blei Pb	mg/l	<0.004		<0.004	<0.004	<0.004
Quecksilber Hg	µg/l	0.010		<0.01	<0.01	0.017
Zink Zn	mg/l	0.26	<0.01	<0.004	0.0058	0.004
Pflanzenschutzmittel PSM						
Atrazin	µg/l	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02
Desethylatrazin	µg/l	0.022		<0.02	<0.02	<0.02
Desisopropylatrazin	µg/l	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02
Cyanazin	µg/l	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02
Diuron	µg/l	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02
Isoproturon	µg/l	<0.04		<0.04	<0.04	<0.04
Metamitron	µg/l	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02
Metolachlor	µg/l	<0.04		<0.04	<0.04	<0.04
Propazin	µg/l	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02
Simazin	µg/l	<0.04		<0.04	<0.04	<0.04
Terbutylazin	µg/l	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02
Terbutryn	µg/l	<0.04		<0.04	<0.04	<0.04
MTBE	µg/l	<0.05		<0.05	<0.05	<0.05
Monozyklische aromatische KW						
Benzol	µg/l	<0.05		<0.05	<0.05	<0.05
Toluol	µg/l	<0.05		<0.05	0.10	<0.05
Ethylbenzol	µg/l	<0.05		<0.05	<0.05	<0.05
m/p-Xylol	µg/l	<0.05		<0.05	<0.05	<0.05
o-Xylol	µg/l	<0.05		<0.05	<0.05	<0.05
Flüchtige halogenierte KW						
Tetrachlorethen	µg/l	<0.05		0.53	0.59	<0.05
Trichlorethen	µg/l	<0.05		<0.05	<0.05	<0.05
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	<0.05		0.13	<0.05	<0.05
Trichlormethan	µg/l	<0.05		<0.05	<0.05	<0.05

Grundwasserqualität

Parameter	Einheit	PW	12	31	34	44	71
		Kieswerk 07.09.2005	06.09.2005	06.09.2005	06.09.2005	06.09.2005	08.09.2005
Temperatur	°C	13.2	14.3	k.a.	15.7	16.0	11.9
el. Leitfähigkeit	µS/cm	570	431	405	464	468	352
pH-Wert	pH	7.00	6.82	6.98	7.10	7.10	7.30
O ₂ -Gehalt	mg/l	4.0	7.1	6.9	5.3	4.0	3.6
O ₂ -Sättigung	%						
Gesamthärte	°fH	42.2	28.6	29.3	28.6	27.2	22.4
Karbonathärte	°fH	37.1	26.0	26.9	25.5	25.6	21.5
Nitrat	mg/l NO ₃	34.7	18.4	16.7	16.4	10.5	12.5
Ammonium	mg/l NH ₄	<0.005	<0.005	<0.005	0.007	<0.005	0.012
Nitrit	mg/l NO ₂	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.014
Chlorid	mg/l	8.2	7.8	10.7	10.3	15.9	9.2
Sulfat	mg/l	20.7	10.0	10.4	10.8	14.3	11.3
Phosphat	mg/l	<0.015	0.050	0.031	0.024	0.054	0.101
Calcium	mg/l	122	97	102	100	95	79
Magnesium	mg/l	28	11	9	9	8	7
Natrium	mg/l	5.4	4.9	6.0	7.0	14.8	8.8
Kalium	mg/l	1.2	2.2	1.8	2.1	2.9	2.6
Arsen As	mg/l				<0.005		
Bor B	mg/l				0.033		
Cadmium Cd	mg/l				<0.0005		
Chrom Cr	mg/l				<0.002		
Kupfer Cu	mg/l				<0.001		
Eisen Fe _{gesamt}	mg/l				<0.01		
Mangan Mn _{gesamt}	mg/l				<0.001		
Nickel Ni	mg/l				<0.004		
Blei Pb	mg/l				<0.004		
Quecksilber Hg	µg/l				<0.01		
Zink Zn	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.004	<0.01	0.03
Pflanzenschutzmittel PSM							
Atrazin	µg/l				0.024		
Desethylatrazin	µg/l				0.034		
Desisopropylatrazin	µg/l				<0.02		
Cyanazin	µg/l				<0.02		
Diuron	µg/l				<0.02		
Isoproturon	µg/l				<0.04		
Metamitron	µg/l				<0.02		
Metolachlor	µg/l				<0.04		
Propazin	µg/l				<0.02		
Simazin	µg/l				<0.04		
Terbutylazin	µg/l				<0.02		
Terbutryn	µg/l				<0.04		
MTBE	µg/l				<0.05		
Monozyklische aromatische KW							
Benzol	µg/l				<0.05		
Toluol	µg/l				<0.05		
Ethylbenzol	µg/l				<0.05		
m/p-Xylol	µg/l				<0.05		
o-Xylol	µg/l				<0.05		
Flüchtige halogenierte KW							
Tetrachlorethen	µg/l				0.12		
Trichlorethen	µg/l				<0.05		
1,1,1-Trichlorethan	µg/l				<0.05		
Trichlormethan	µg/l				<0.05		

Grundwasserqualität

Parameter	Einheit	99	110	300	303	317	321
		07.09.2005	07.09.2005	06.09.2005	06.09.2005	08.09.2005	06.09.2005
Temperatur	°C	10.7	11.5	12.3	11.4	13.2	11.5
el. Leitfähigkeit	µS/cm	491	626	509	445	482	464
pH-Wert	pH	7.10	7.00	7.14	7.16	7.25	7.00
O ₂ -Gehalt	mg/l	6.9	4.4	5.9	6.9	7.8	7.5
O ₂ -Sättigung	%						
Gesamthärte	°fH	35.0	35.8	34.0	32.2	30.0	32.2
Karbonathärte	°fH	30.6	30.0	29.4	28.8	26.0	28.8
Nitrat	mg/l NO ₃	30.9	37.1	26.1	18.8	25.8	24.2
Ammonium	mg/l NH ₄	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Nitrit	mg/l NO ₂	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Chlorid	mg/l	14.2	12.6	20.3	10.8	15.3	15.2
Sulfat	mg/l	15.7	19.9	23.5	16.5	28.7	13.5
Phosphat	mg/l	0.018	<0.015	<0.015	0.033	0.383	0.021
Calcium	mg/l	125	125	115	112	108	114
Magnesium	mg/l	10	11	13	11	7	10
Natrium	mg/l	7.0	6.7	12.2	7.0	10.3	8.5
Kalium	mg/l	2.0	2.3	3.0	1.4	4.2	2.1
Arsen As	mg/l		<0.005		<0.005		<0.005
Bor B	mg/l		0.029		0.025		0.027
Cadmium Cd	mg/l		<0.0005		<0.0005		<0.0005
Chrom Cr	mg/l		<0.002		<0.002		<0.002
Kupfer Cu	mg/l		<0.001		<0.001		<0.001
Eisen Fe _{gesamt}	mg/l		0.012		0.370		0.140
Mangan Mn _{gesamt}	mg/l		<0.001		0.007		0.005
Nickel Ni	mg/l		<0.004		<0.004		<0.004
Blei Pb	mg/l		<0.004		<0.004		<0.004
Quecksilber Hg	µg/l		<0.01		<0.01		<0.01
Zink Zn	mg/l	<0.01	<0.066	<0.01	0.0058	<0.01	<0.004
Pflanzenschutzmittel PSM							
Atrazin	µg/l		<0.02		<0.02		<0.02
Desethylatrazin	µg/l		0.030		<0.02		0.022
Desisopropylatrazin	µg/l		<0.02		<0.02		<0.02
Cyanazin	µg/l		<0.02		<0.02		<0.02
Diuron	µg/l		<0.02		<0.02		<0.02
Isoproturon	µg/l		<0.04		<0.04		<0.04
Metamitron	µg/l		<0.02		<0.02		<0.02
Metolachlor	µg/l		<0.04		<0.04		<0.04
Propazin	µg/l		<0.02		<0.02		<0.02
Simazin	µg/l		<0.04		<0.04		<0.04
Terbutylazin	µg/l		<0.02		<0.02		<0.02
Terbutryn	µg/l		<0.04		<0.04		<0.04
MTBE	µg/l		0.06		0.16		<0.05
Monozyklische aromatische KW							
Benzol	µg/l		<0.05		<0.05		<0.05
Toluol	µg/l		0.13		0.40		0.08
Ethylbenzol	µg/l		<0.05		<0.05		<0.05
m/p-Xylol	µg/l		<0.05		0.061		<0.05
o-Xylol	µg/l		<0.05		<0.05		<0.05
Flüchtige halogenierte KW							
Tetrachlorethen	µg/l		0.73		<0.05		<0.05
Trichlorethen	µg/l		<0.05		<0.05		<0.05
1,1,1-Trichlorethan	µg/l		<0.05		<0.05		<0.05
Trichlormethan	µg/l		<0.05		<0.05		<0.05

Grundwasserqualität

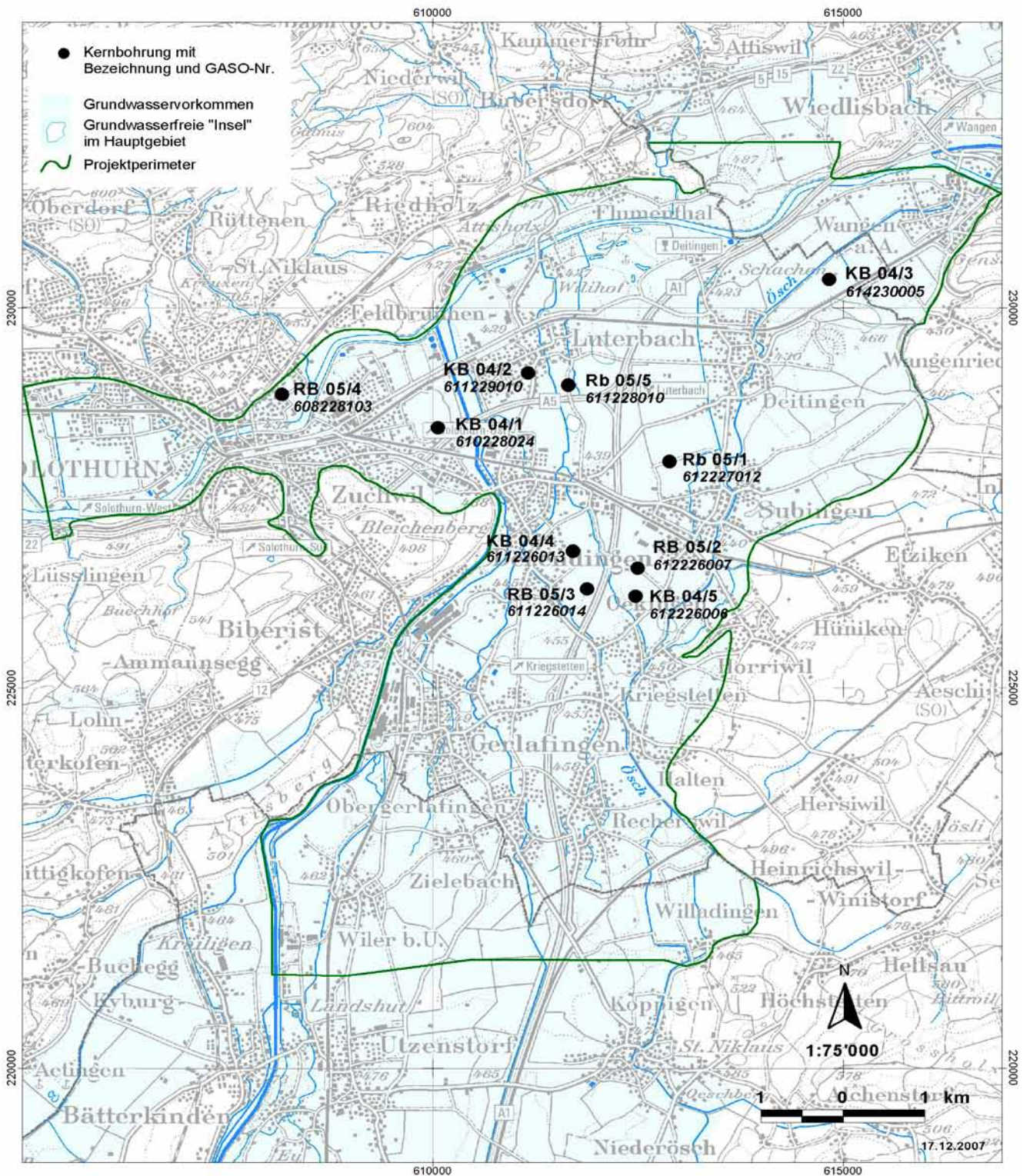
Parameter	Einheit	322	425	GSchV	FIV	FIV
		06.09.2005	08.09.2005	Anf.-Wert ⁽¹⁾	Toleranzwert ⁽²⁾	Grenzwert ⁽³⁾
Temperatur	°C	11.6	10.4			
el. Leitfähigkeit	µS/cm	492	413			
pH-Wert	pH	7.16	7.15			
O ₂ -Gehalt	mg/l	5.7	7.5			
O ₂ -Sättigung	%					
Gesamthärte	°fH	34.8	28.6			
Karbonathärte	°fH	31.2	25.0			
Nitrat	mg/l NO ₃	17.3	32.3	25	40	
Ammonium	mg/l NH ₄	0.006	<0.005	0.1	0.1	
Nitrit	mg/l NO ₂	<0.005	<0.005		0.1	
Chlorid	mg/l	14.7	14.5	40		
Sulfat	mg/l	18.3	16.9	40		
Phosphat	mg/l	<0.015	<0.015			
Calcium	mg/l	119	91			
Magnesium	mg/l	12	14			
Natrium	mg/l	9.1	7.5			
Kalium	mg/l	1.3	1.0			
Arsen As	mg/l					0.05
Bor B	mg/l					0.005
Cadmium Cd	mg/l					0.005
Chrom Cr	mg/l					
Kupfer Cu	mg/l				1.5	
Eisen Fe _{gesamt}	mg/l				0.3	
Mangan Mn _{gesamt}	mg/l				0.05	
Nickel Ni	mg/l					
Blei Pb	mg/l					0.01
Quecksilber Hg	µg/l					0.001
Zink Zn	mg/l	<0.01	<0.01		5	
Pflanzenschutzmittel PSM					0.5 (Summe)	
Atrazin	µg/l			0.1	0.1	
Desethylatrazin	µg/l			0.1	0.1	
Desisopropylatrazin	µg/l			0.1	0.1	
Cyanazin	µg/l			0.1	0.1	
Diuron	µg/l			0.1	0.1	
Isoproturon	µg/l			0.1	0.1	
Metamitron	µg/l			0.1	0.1	
Metolachlor	µg/l			0.1	0.1	
Propazin	µg/l			0.1	0.1	
Simazin	µg/l			0.1	0.1	
Terbuthylazin	µg/l			0.1	0.1	
Terbutryn	µg/l			0.1	0.1	
MTBE	µg/l					
Monozyklische aromatische KW						
Benzol	µg/l			1	1	
Toluol	µg/l			1		
Ethylbenzol	µg/l			1		
m/p-Xylol	µg/l			1		
o-Xylol	µg/l			1		
Flüchtige halogenierte KW						
Tetrachlorethen	µg/l			1		40
Trichlorethen	µg/l			1		70
1,1,1-Trichlorethan	µg/l			1		2000
Trichlormethan	µg/l			1		40

⁽¹⁾ numerische Anforderungen an Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird oder dafür vorgesehen ist: Anhang 2 der GSchV (SR 814.201)
















⁽²⁾ der Toleranzwert ist die Höchstkonzentration, bei deren Überschreitung das Trinkwasser als verunreinigt oder sonst im Wert vermindert gilt. FIV (SR 817.021 23)

⁽³⁾ der Grenzwert ist die Höchstkonzentration, bei deren Überschreitung das Trinkwasser für die menschliche Ernährung als ungeeignet gilt. FIV (SR 817.021 23)

Geologische Bohrprofile



Datum : 24.3.-30.3.2004	Auftrag Nr. : 03176.1	<h2>Hydrogeologie Wasseramt</h2> <h3>Kernbohrung Kb 04/1 (300)</h3> <h4>610228024</h4>
Objekt : Zuchwil, Wasseramt, Geologie / Hydrogeologie		
Unternehmung : Emil Lutz Tiefbohrungen AG		
Bohrmethode : Rotationskernbohrung		
Anfangsdurchmesser : 203 mm	Enddurchmesser : 178 mm	
Koordinaten : 610065.237 / 228424.436		
Terrainkote : ca. 433.10 m ü. MPm	432.916 m ü. M.	

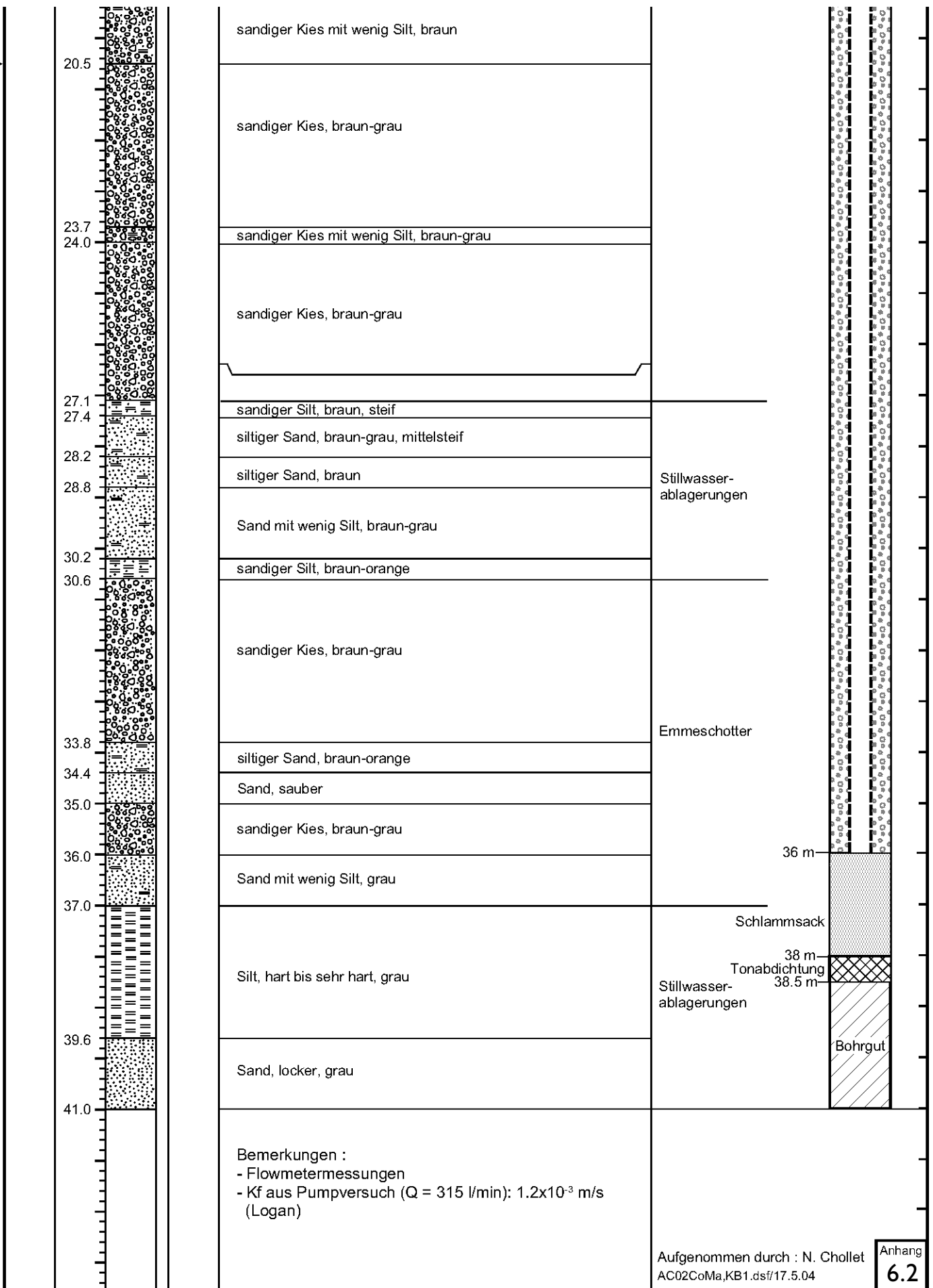
Pm. Wsp	Tiefe	Profil	Proben	Materialbeschreibung	Geologische Interpretation	Einbau Piezometer 4 1/2"
	0.1			Asphalt	Humus	
	0.65			sandiger Kies mit wenig Silt, braun, erdfeucht	Überschwemmungssedimente	
	1.7			sandiger Silt mit wenig Kies, braun, steif Kiesanteil nimmt mit der Tiefe zu, Rostflecken		1 m
				sandiger Kies mit wenig Steinen, braun-grau, trocken		 Vollrohr 8.0 m gelocht: 28.0 m Tonabdichtung
	8.8			Kies mit viel Sand, braun		
	9.3			sandiger Kies, grau-braun		
	10.4			sandiger Kies mit sehr wenig Silt, grau-braun		
	12.0			sandiger Kies, grau-braun	Emmeschotter	
	19.2			sandiger Kies mit wenig Silt, braun		
	20.5			sandiger Kies, braun-grau		
						
						
						

2.4.04

8 m

gelocht: 28.0 m

Fortsetzung auf der Folgeseite

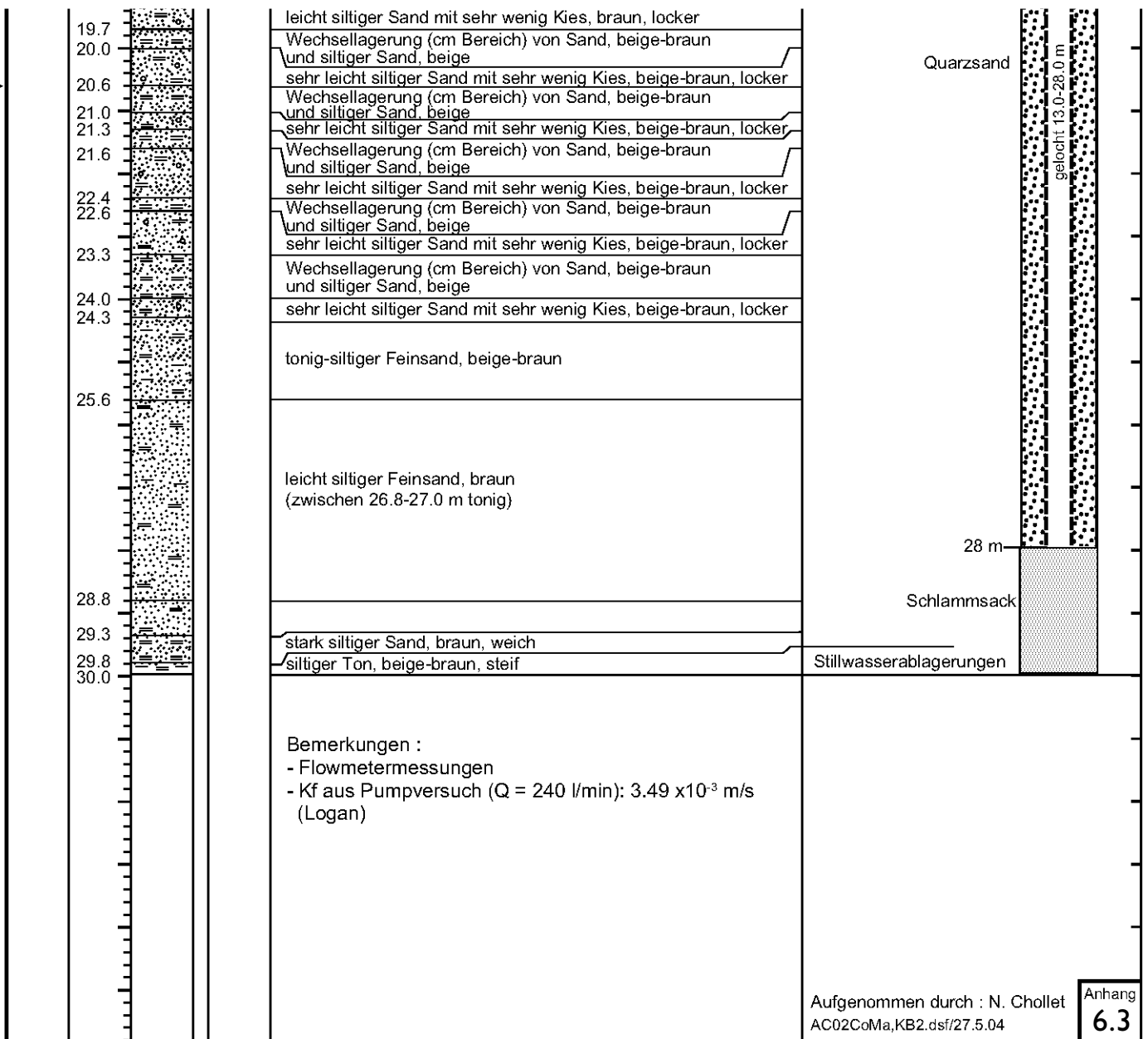


Datum : 13.-15.4.2004	Auftrag Nr. : 03176.1	<h2 style="margin: 0;">Hydrogeologie Wasseramt</h2> <h3 style="margin: 0;">Kernbohrung Kb 04/2 (301)</h3> <h4 style="margin: 0;">611229010</h4>
Objekt : Luterbach, Wasseramt, Geologie / Hydrogeologie		
Unternehmung : Emil Lutz Tiefbohrungen AG		
Bohrmethode : Rotationskernbohrung		
Anfangsdurchmesser : 203 mm	Enddurchmesser : 178 mm	
Koordinaten: 611161.731 / 229141.492		
Terrainkote : ca. 432.20 m ü. M. Pm : 431.986 m ü. M.		

Pm. Wsp	Tiefe	Profil	Proben	Materialbeschreibung	Geologische Interpretation	Einbau Piezometer 4 1/2"
	0.1			siltiger Sand, dunkelbraun Oberboden	Oberboden	
	2.1			leicht sandiger Silt, braun, feingeschichtet mit orangen und schwarzen Feinschichten	Stillwasser-ablagerungen	Tonab-dichtung 2 m
	2.7			siltig, sandiger Kies, dunkelbraun	Emmeschotter	Filterkies
	3.1			sandiger Kies, beige		
	3.4			sandiger Grobkies mit viel Steinen, beige		
	4.35			leicht siltiger Kies mit Sand, beige		
	5.1			siltiger, sandiger Kies, braun		
	6.8			feinsandiger Kies, beige	Emmeschotter	Filterkies
	7.5			siltig-sandiger Kies, beige-braun		
	10.9			leicht siltiger Kies, wasserführend mit wenig Sand und wenig Steinen, beige	Emmeschotter	Filterkies
	11.2			Feinsand mit Silt und wenig Kies, braun, mittelsteif		
	11.8			Feinsand mit viel Silt, braun, steif, Stauer	Emmeschotter	Filterkies
	12.3			sauberer Sand, beige		
	13.35			siltiger Feinsand, feingeschichtet, beige, mittelsteif	Emmeschotter	Filterkies
	13.5			Feinsand mit wenig Silt, beige		
	13.7			toniger Silt mit Sand, beige, weich	Emmeschotter	Filterkies
	14.0			Mittelsand mit sehr wenig Kies, beige		
	17.2			Wechselagerung (cm Bereich) von Sand, beige-braun und siltiger Sand, beige	Emmeschotter	Filterkies
	18.0			leicht siltiger Sand, braun-beige		
	19.3			Wechselagerung (cm Bereich) von Sand, beige-braun und siltiger Sand, beige	Emmeschotter	Filterkies
	19.7			leicht siltiger Sand mit sehr wenig Kies, braun, locker		
	20.0			Wechselagerung (cm Bereich) von Sand, beige-braun und siltiger Sand, beige	Emmeschotter	Filterkies
	20.6			sehr leicht siltiger Sand mit sehr wenig Kies, beige-braun, locker		
	21.0			Wechselagerung (cm Bereich) von Sand, beige-braun und siltiger Sand, beige	Emmeschotter	Filterkies
	21.3			sehr leicht siltiger Sand mit sehr wenig Kies, beige-braun, locker		
	21.6			Wechselagerung (cm Bereich) von Sand, beige-braun und siltiger Sand, beige	Emmeschotter	Filterkies
				Wechselagerung (cm Bereich) von Sand, beige-braun und siltiger Sand, beige		

Fortsetzung auf der Folgeseite

Fortsetzung von Kb 04/2 (301)



Datum : 15.-20.04.2004	Auftrag Nr. : 03176.1	<h2 style="margin: 0;">Hydrogeologie Wasseramt</h2> <h3 style="margin: 0;">Kernbohrung Kb 04/03 (302)</h3> <h4 style="margin: 0;">614230005</h4>
Objekt : Deitingen, Wasseramt, Geologie / Hydrogeologie		
Unternehmung : Emil Lutz Tiefbohrungen AG		
Bohrmethode : Rotationskernbohrung		
Anfangsdurchmesser : 203 mm	Enddurchmesser : 203 mm	
Koordinaten : 614829.711 / 230372.408		
Terrainkote : ca. 422.0 m ü. M.	Pm : 421.846 m ü. M.	

Pm. Wsp	Tiefe	Profil	Proben	Materialbeschreibung	Geologische Interpretation	Einbau Piezometer 4 1/2"
6.5.04	0.4			Silt, sandig, gegen unten leicht tonig, steif, dunkelbraun	Stillwasser-ablagerungen	0.5 m Tonab-dichtung 1.7 m
	1.1			Silt mit wenig Grobkies, Kiesanteil gegen unten zunehmend, dunkelbraun		
	2.15			Mittel- bis Grobkies mit einzelnen Steinen, sandig, stark siltig, braungrau	Emmeschotter	Kies voll 2 m gelocht 13 m
	5.2			Grobkies mit einzelnen Steinen, sandig, leicht siltig, nass, grau 2.8-3.1 m sauber 3.45-3.6 m Block max. 25 cm 3.45-4.0 m siltig		
	6.4			Mittel- bis Grobkies mit reichlich Fein- bis Mittelsand, sauber bis leicht siltig, grau		
	9.6			Grobkies mit einzelnen Steinen, zum Teil sandig, leicht siltig, grau 8.5-9.6 m gelbgrau		
	10.2			Fein- bis Mittelkies, reichlich Sand, gelbgrau, sauber		
	14.2			Grobkies mit einzelnen Steinen, max. 15 cm, leicht siltig, grau 12.0-14.2 m gelbgrau		
	15.1			Grobkies mit einzelnen Steinen, reichlich Mittelsand, sauber, grau		15.0 m Schlamm-sack 16.0 m
	20.0			Silt leicht tonig, steif, feingeschichtet, gelbgrau mit cm mächtigen Lagen aus sauberem Feinsand, grau 15.45-15.6 m Feinsand 16.4 m Stein 16.5-16.6 m mit Kies 17.2-17.3 m mit Kies 17.6-17.65 m mit Kies	Stillwasser-ablagerungen	Bohrgut
Bemerkungen :						
<ul style="list-style-type: none"> - Flowmetermessungen - kf-Wert (nach 43 Minuten Kurzpumpversuch mit Q = 420 l/min), nach Theis-Jacob: 1.7×10^{-3} m/s 				Aufgenommen durch : M. Soom		Anhang
						6.4

Datum : 06.-07.04.04	Auftrag Nr. : 03176.1	<h2>Hydrogeologie Wasseramt</h2> <h3>Kernbohrung Kb 04/04 (303)</h3> <h4>611226013</h4>
Objekt : Derendingen, Wasseramt, Geologie / Hydrogeologie		
Unternehmung : Emil Lutz Tiefbohrungen AG		
Bohrmethode : Rotationskernbohrung		
Anfangsdurchmesser : 203 mm	Enddurchmesser : 203 mm	
Koordinaten : 611710.057 / 226798.155		
Terrainkote : ca. 442.60 m ü. M.	Pm : 442.358 m ü. M.	

Pm. Wsp	Tiefe	Profil	Proben	Materialbeschreibung	Geologische Interpretation	Piezometer 4 1/2" Schacht 300 mm
	0.40			siltiger Sand, locker, braun	Deckschicht	
				leicht sandiger Silt, feingeschichtet, hart (ab 1.20 m steif), braun - grau mit Rostflecken	Stillwasser-ablagerungen (Überschwemmungsebenen)	0.7 m Compac-tonit 1.7 m
	3.00			siltiger Sand mit Feinkies, braun	Übergangsschicht	
	3.40			sandiger Kies mit wenig Steinen, sauber, beige		
	5.70			Kies mit wenig Sand und Silt, braun - orange		
	6.70			mittelsandiger Kies, locker, beige	Emmeschotter	
	9.10			Stein grobsandiger Kies, locker, beige - grau		
20.4.04	9.55			leicht siltig - sandiger Kies, nass, beige		10.0 m voll 1 m gelocht 2 m
	12.10			Mergel, ab 13.60 m: Mergel mit Sandstein	Molasse	12.0 m 13.0 m
	13.20			Bemerkungen : - kf-Wert (nach 100 Minuten Kurzpumpversuch mit Q = 113 l/min), nach Dupuit-Thiem: 2.2×10^{-3} m/s		

Datum : 31.3-1.4.2004	Auftrag Nr. : 03176.1	<h2 style="margin: 0;">Hydrogeologie Wasseramt</h2> <h3 style="margin: 0;">Kernbohrung Kb 04/5 (304)</h3> <h4 style="margin: 0;">612226006</h4>
Objekt : Oekinggen, Wasseramt, Geologie / Hydrogeologie		
Unternehmung : Emil Lutz Tiefbohrungen AG		
Bohrmethode : Rotationskernbohrung		
Anfangsdurchmesser : 203 mm Enddurchmesser : 203 mm		
Koordinaten : 612474.113 / 226207.200		
Terrainkote : ca. 445.55 m ü. M.	Pm : 445.354 m ü. M.	

Pm. Wsp	Tiefe	Profil	Proben	Materialbeschreibung	Geologische Interpretation	Piezometer Schacht 4 1/2" 200 mm	
5.4.04 ▽	0.65			siltiger Feinsand, zum Teil leicht tonig, braun und hellgrau mit rost-roten Sprenkeln	Deckschicht	0.2 m	
	0.85			leicht toniger Silt mit (viel) Feinsand und wenig Kies, braun-grau	Emmeschotter	1 m	
	1.3			toniger Sand mit Kies und wenigen Steinen, grau-braun			
	1.4			stark siltiger Sand mit Kies, braun			
					leicht siltiger Sand mit viel Kies und wenig Steinen, an der Grenze zu leicht siltigem Kies mit viel Sand und wenigen Steinen	Emmeschotter	Kies
	5.2			1.4-1.9 m braun			
	5.7			1.9-5.2 m beige-grau			
	6.2			sauberer Sand mit Kies, beige-schwarz			
					toniger Kies mit viel Sand, beige-hellgrau	Seeab-lagerungen	Schlamm-sack
					leicht toniger Silt mit wenig Kies, hart, beige ab 7.05m m mit Kies $c_{up -6.7} = 125 \text{ kN/m}^2$		
	7.8				leicht toniger Feinsand mit Kies, dicht gelagert, beige (hart)	Grundmoräne	Bohrgut
	8.65				leicht toniger Kies mit viel Feinsand, dicht gelagert, beige (hart)		
	8.95				Silt mit Kies, hart, beige		
	9.65				Stein		
	9.7				stark tonig-siltiger Kies mit viel Sand bis stark tonig-siltiger Sand mit viel Kies, dicht gelagert, beige (hart)		
11.7							
Bemerkungen :							
<ul style="list-style-type: none"> - c_{up} = undrainierte Scherfestigkeit gemessen mit dem Taschenpenetrometer am Bohrkern - k-Wert (nach 1 Stunde Kurzpumpversuch mit Q=189 l/s), nach Theis-Jakob : $4.7 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ 							
Aufgenommen durch : H. Martin							
AC01MnMa,KB5.dsf/27.5.04							
						Anhang 6.6	

Datum : 24.-25.02.05	Auftrag Nr. : 03176.1	<h2>Hydrogeologie Wasseramt</h2> <h3>Kernbohrung Rb05/1 (Nr. 321)</h3> <h4>612227012</h4>
Objekt : Wasseramt, Subingen, 2. Bohrkampagne		
Unternehmung Lutz AG / Hr. Bär		
Bohrmethode : Rotationskernbohrung / Unimog		
Anfangsdurchmesser : 178 mm Enddurchmesser 178 mm		
Koordinaten : 612884.335 / 227978.272		
Terrainkote : ca. 437.05 m ü. M. Pm : 437.053 m ü. M.		

Pm. Wsp	Tiefe	Profil	Proben	Materialbeschreibung	Bemerkungen	Schacht 30 cm
	0.05			Belag		
	0.70			sauberer, sandiger Kies, grau-braun	Auffüllung	
	0.75			Torfreste, grün-braun		
	1.40			sandiger, leicht toniger Silt, mittelsteif, braun	Verlandungs-sedimente	
	1.55			Feinsand, locker, braun		
	2.00			leicht sandiger, toniger Silt, mittelsteif, braun ab 1.80 m nimmt Tonanteil zu		
	2.20			leicht siltiger Feinsand, locker, braun		
	2.90			leicht sandiger Silt, mittelsteif, braun		
	3.20			toniger Silt mit wenig Sand, steif, braun		
	3.80			leicht tonig siltiger Kies mit wenig Steinen, kompakt		
				sandiger Kies, zum Teil mit wenig Silt, grau bei 5.20 m : grosser Stein		
31.8.05	6.40			sandiger Kies, feucht, braun		
	7.00			leicht siltig, sandiger Kies, nass, braun		
	7.50			leicht siltiger sandiger Kies, grau		
	8.00			sauberer sandiger Kies, grau		
	9.30			leicht siltig sandiger Kies, braun - grau 9.80 m; 11.50 m : Stein	Emmeschotter	
	11.50			leicht toniger, siltig - sandiger Kies, grau		
	11.70			leicht siltiger, sandiger Kies, grau		
	12.45			leicht toniger siltiger Kies, kompakt, grau		
	12.55			leicht siltiger Kies, grau 15.00 m : Stein		
	15.20			leicht toniger, siltig - sandiger Kies, kompakt, grau		
	15.40			leicht siltiger, sandiger Kies, grau		
	16.80			verwitterter Mergel mit Sandsteinzwischenlagen	Untere Süsswasser-molasse	
	18.00			Mergel		
	18.20			Mergel		

Aufgenommen durch : N.Chollet
AC01CoPfy,Rb05_1.dsf / 173.03.05

Datum : 28.02.05	Auftrag Nr. : 03176.1	<h2>Hydrogeologie Wasseramt</h2> <h3>Kernbohrung Rb05/2 (Nr. 315)</h3> <h4>612226007</h4>
Objekt : Wasseramt, Derendingen, 2. Bohrkampagne		
Unternehmung Lutz AG / Hr. Bär		
Bohrmethode : Rotationskernbohrung / Unimog		
Anfangsdurchmesser : 178 mm	Enddurchmesser 178 mm	
Koordinaten : 612496.855 / 226578.26		
Terrainkote : ca. 443.5 m ü. M.	Pm : 443.437 m ü. M.	

Pm. Wsp	Tiefe	Profil	Proben	Materialbeschreibung	Bemerkungen	Schacht 30 cm
30.8.05	0.55			Kofferkies, weiss	Auffüllung	
	0.65			siltig - sandiger Kies, dicht gelagert		
	1.20			stark toniger F'sand bis sandiger Ton, hart, (z.T. gefroren), braun	Stillwasser-ablagerungen	
	1.70			toniger Sand mit Kies, dicht gelagert		
	3.70			leicht siltig - sandiger Kies, beige	Emmeschotter	
	4.40			leicht siltiger bis siltig - sandiger Kies, braun		
	4.70			leicht siltiger Ton, braun		
	6.20			leicht siltig - sandiger Kies, braun		
	8.10			stark siltiger Feinsand mit sehr wenig Kies, grünlich - braun	Stillwasser-ablagerungen	
	9.10			stark tonig-siltiger Kies mit Sand, beige	Schotter	
	10.30			toniger Silt mit Sand und Kieslagen bei 9.3, 9.5, 9.6, 9.8 und 10.2 m, beige	Stillwasser-ablagerungen	

Datum : 01.03.05	Auftrag Nr. : 03176.1	<h2>Hydrogeologie Wasseramt</h2> <h3>Kernbohrung Rb05/3 (Nr. 314)</h3> <h4>611226014</h4>
Objekt : Wasseramt, Derendingen, 2. Bohrkampagne		
Unternehmung Lutz AG / Hr. Bär		
Bohrmethode : Rotationskernbohrung / Unimog		
Anfangsdurchmesser : 178 mm Enddurchmesser 178 mm		
Koordinaten : 611881.127 / 226304.588		
Terrainkote : ca. 445.2 m ü. M. Pm : 445.11 m ü. M.		

Pm. Wsp	Tiefe	Profil	Proben	Materialbeschreibung	Bemerkungen	Schacht 30 cm	
30.8.05	0.50			sandiger Silt mit wenig Kies und Ziegelbruchstücken. braun	Auffüllung	<p>Vollrohr 4.0 m Filterrohr 4 1/2" Tonabdichtung Schlamm-sack gelocht 2.0 m Filterkies 4/8</p>	
	1.85			siltiger Ton, weich, feingeschichtet, orange - grünlich	Stillwasser-ablagerungen		
	2.50			stark siltig sandiger Kies, grau - orange, wasserführend	Emmeschotter		
	3.10			leicht siltiger Sand mit wenig Kies, grün, wasserführend			
	3.70			leicht siltiger Ton, weich, grün	Stillwasserab.		
	4.10			stark siltiger sandiger Kies, grau	Emmeschotter		
	4.70			sauberer Grobkies mit wenig Sand, braun			
	6.00			leicht siltiger Kies mit wenig Sand, braun-grau bei 5.40 m : Stein			
					sandig - siltiger Kies, dicht gelagert, grünlich-grau		Grundmoräne
		10.00					- Grundwasserspiegel im unteren Emmeschotter gespannt

Datum : 02.03.05	Auftrag Nr. : 03176.1	<h2 style="margin: 0;">Hydrogeologie Wasseramt</h2> <h3 style="margin: 0;">Kernbohrung Rb05/4 (Nr. 317)</h3> <h4 style="margin: 0;">608228103</h4>
Objekt : Wasseramt, Solothurn, 2. Bohrkampagne		
Unternehmung : Lutz AG / Hr. Bär		
Bohrmethode : Rotationskernbohrung / Unimog		
Anfangsdurchmesser : 178 mm	Enddurchmesser : 178 mm	
Koordinaten : 608168.26 / 228862.929		
Terrainkote : ca. 433 m ü. M.	Pm : 432.91 m ü. M.	

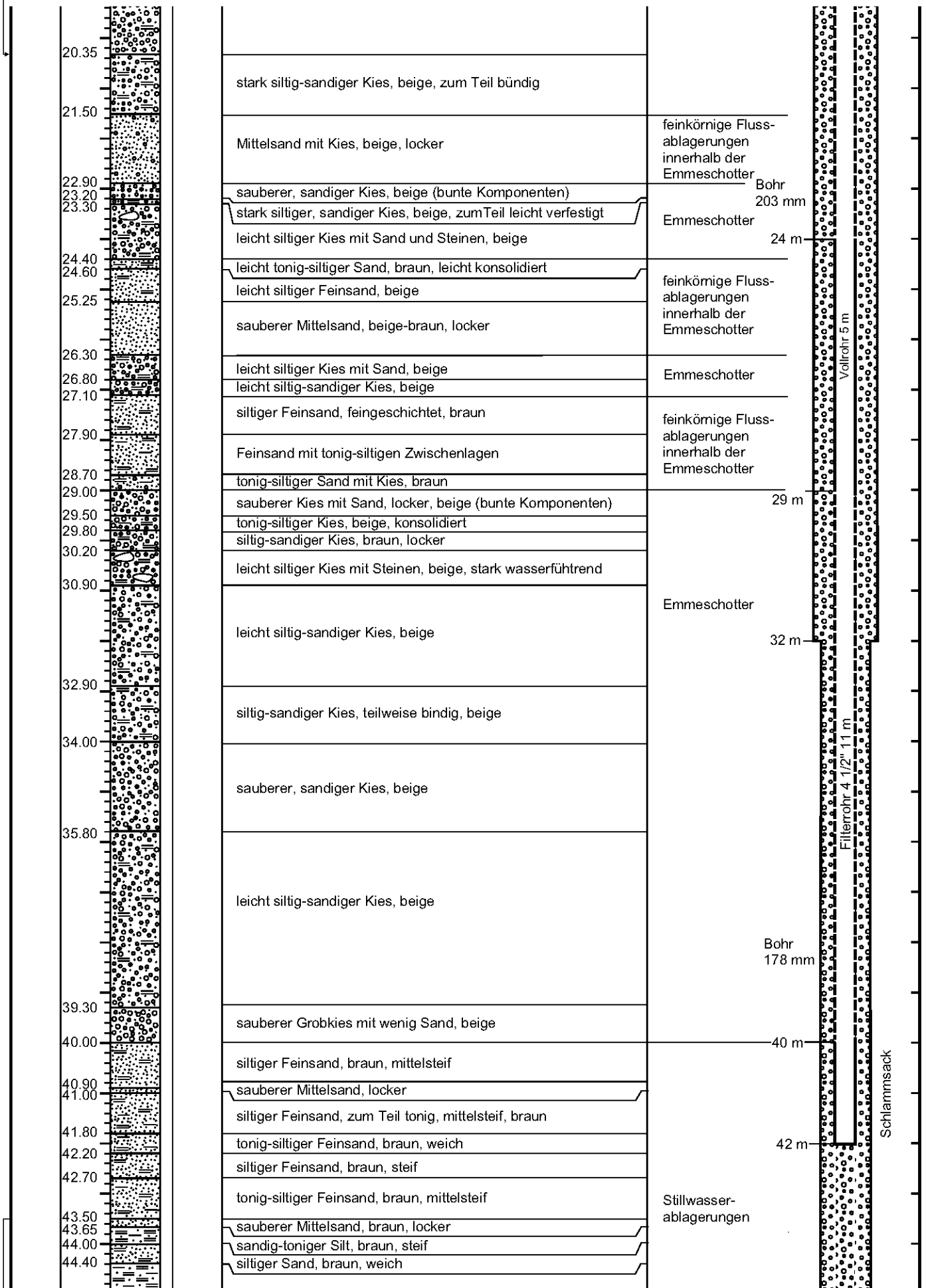
Pm. Wsp	Tiefe	Profil	Proben	Materialbeschreibung	Bemerkungen	Schacht 30 cm
	0.05			Leer		
	0.50			sandiger Kies, braun - grau	Auffüllung	Vollrohr 6.0 m
	1.10			siltiger Sand mit wenig Kies und Ziegelbruchstücke, fest, braun - schwarz		
	2.20			leicht siltiger Kies mit Sand, beige - braun 1.50 - 2.00 m : leicht tonig		
	3.75			siltig - sandiger Kies, beige, trocken bei 2.80 und 3.75 m : Steine	Rückzug-Schotter	Filterrohr 4 1/2"
	4.10			siltig bis feinsandiger Kies, braun - beige		
	6.55			siltig - sandiger Kies, kompakt, grau - beige		
	6.70			leicht siltiger, sandiger Kies, beige, wasserführend		
	7.60			siltiger Sand, grünlich	(ev. Grundmoräne)	geloht 3.0 m
	7.80			kiesiger Mittelsand, braun - beige		
	8.40			tonig bis leicht sandiger Kies, grau	Überschwemmungs-sedimente	Schlamm-sack Filterkies 4/8
	8.80			leicht siltiger, sandiger Kies, braun		
	9.20			siltiger Ton, weich, braun		
	9.50			tonig siltiger Feinsand mit wenig Kies, weich, braun-grünlich		
	10.00			leicht siltiger Ton, weich, braun		
	10.30			siltiger Sand, weich, beige		
	10.60			Feinsand mit sehr wenig Kies, braun		
	10.80			sandiger Silt, weich bis mittelsteif, braun		
	11.50			siltiger Feinsand, mittelsteif, braun		
	12.00			sauberer Feinsand, mittelsteif, braun		
	12.15			siltiger Feinsand, mittelsteif, braun		
	12.70			tonig - sandiger Silt, steif, braun		
	13.00			siltiger Feinsand, mittelsteif, braun		
	13.55			siltiger Feinsand, mittelsteif, braun		
	14.00			leicht sandiger Ton, mittelsteif, braun		

Aufgenommen durch : N. Chollet
AC01CoPfy,Rb05_4.dsf / 17.03.05

Datum : 7.-10.03.05	Auftrag Nr. : 03176.1	<h2>Hydrogeologie Wasseramt</h2> <h3>Kernbohrung Rb05/5 (Nr. 322)</h3> <h4>611228010</h4>
Objekt : Wasseramt, Luterbach, 2. Bohrkampagne		
Unternehmung Lutz AG / Hr. Bär		
Bohrmethode : Rotationskernbohrung / Unimog		
Anfangsdurchmesser : 203 mm Enddurchmesser 178 mm		
Koordinaten : 611651.159 / 228981.098		
Terrainkote : ca. 433.25 m ü. M. Pm : 433.196 m ü. M.		

Pm. Wsp	Tiefe	Profil	Proben	Materialbeschreibung	Bemerkungen	Schacht	30 cm
	0.05			Asphalt			
	0.80			sauberer, sandiger Kies, grau-braun	Auffüllung		
	1.60			siltig-sandiger Kies, braun, verdichtet			
	1.95			toniger Silt mit wenig Sand, braun-orange, feingeschicht, mittelsteif	Stillwasserablagerungen		
	2.80			siltig, leicht toniger Kies mit wenig Sand, dunkelbraun, leicht verdichtet			
	6.30			leicht siltiger Kies mit viel Sand, grau-beige, locker, trocken (bei 6 m:Stein)			
	8.60			sauberer, sandiger Kies, braun 8.6 m:Stein			
	9.05			leicht toniger, siltiger Kies, braun			
	9.10			Stein			
31.8.05	9.50			sauberer, sandiger Kies, grau-beige, locker, trocken (bei 9.5 m:Stein)	Emmeschotter		
	12.60			leicht siltiger mittelsandiger Kies, beige, nass			
	13.00			sauberer mittelsandiger Kies, grau-beige, nass			
	16.50			leicht siltiger, sandiger Kies, beige			
	16.80			sauberer, sandiger Kies, bunt			
	17.10			siltig-sandiger Kies, beige, befestigt, bei 17.10 m :Stein			
	17.40			leicht siltiger, sandiger Kies, beige			
	17.70			tonig-siltiger Sand mit Kies bis tonig-siltiger Kies mit Sand, leicht konsolidiert			
	20.35			leicht siltiger, sandiger Kies, beige, locker			
	21.50			stark siltig-sandiger Kies, beige, zum Teil bündig			

Fortsetzung auf der Folgeseite



		siltiger Feinsand, braun, steif	Stillwasser- ablagerungen	
		tonig-siltiger Feinsand, braun, mittelsteif		
		sauberer Mittelsand, braun, locker		
		sandig-toniger Silt, braun, steif		
		siltiger Sand, braun, weich		
	tonig-sandiger Silt, weich bis mittelsteif, braun bei 45.20 m mit sandigerer Lage			
			Aufgenommen durch : N.Chollet AC01CoMa,Rb05_5.dsf / 14.03.05	Anhang 6.11

