

Hydrogeologischer Bericht

Integriertes hydrologisches Modell
der Grundwasserressourcen im Bibertal

Kanton Schaffhausen

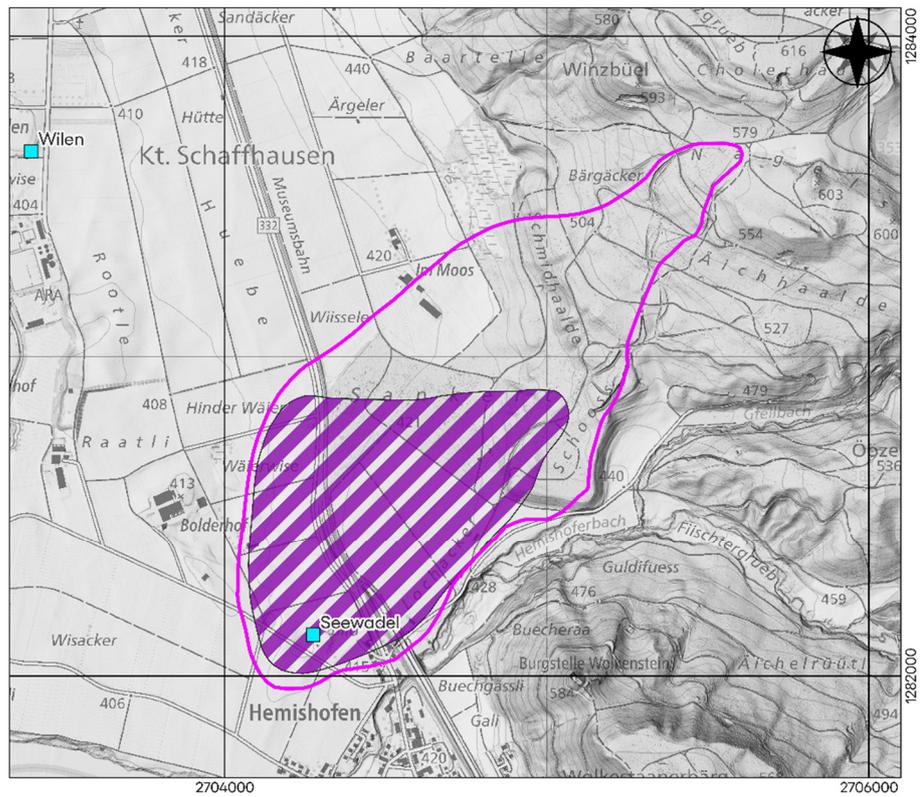


Mai 2024

Fassungseinzugsgebiet und Zuströmbereich Z_u der Fassung Seewadel

-  Z_u 90%
-  FEG Seewadel

0 500 m



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
1.1	Auftrag.....	5
1.2	Kontext	5
1.3	Ziel der Untersuchung	7
2	Methodologie	8
2.1	Generelle Methodologie.....	8
2.2	Integriertes hydrologisches Modell.....	8
3	Hydrogeologie des Bibertals.....	10
3.1	Datengrundlage	10
3.1.1	Geologie	10
3.1.2	Hydrodynamik	10
3.1.3	Hydrochemie.....	10
3.1.4	Bodenkunde	10
3.1.5	Meteorologie	10
3.2	Hydrogeologisches Konzeptmodell der Ressource.....	11
4	Integriertes hydrologisches Modell des Bibertals.....	12
4.1	Räumliche Begrenzung des Modellgebiets und Randbedingungen	12
4.2	Räumliche Diskretisierung des Modellgebiets.....	13
4.3	Hydrodynamische Parametrisierung.....	13
4.4	Numerische Parameter des Modells	15
4.5	Kalibration	16
4.6	Sensibilität	17
5	Resultate der Simulation.....	19
5.1	Fassung « Wilen ».....	19
5.2	Fassung « Seewadel »	19
6	Schlussfolgerung.....	20
7	Bibliographie.....	20



Anhänge

- Anhang 1 Situation 1 :25'000
- Anhang 2 Hydrogeologisches Konzeptmodell der Ressource
- Anhang 3 Diskretisierung des Modellgebiets
- Anhang 4 Fassungseinzugsgebiet und Zuströmbereich Z_U der Fassung «Wilen»
- Anhang 5 Fassungseinzugsgebiet und Zuströmbereich Z_U der Fassung «Seewadel»
- Anhang 6 Fassungseinzugsgebiete und Austretenswahrscheinlichkeit der Grundwasserfassungen «Wilen» und «Seewadel»
- Anhang 7 Hydrogeologische Profile



1 Einleitung

1.1 Auftrag

Das Zentrum für Hydrogeologie und Geothermie der Universität Neuenburg wurde durch das Interkantonale Labor mit der hydrogeologischen Untersuchung der Grundwasserressourcen im unteren Bibertal beauftragt.

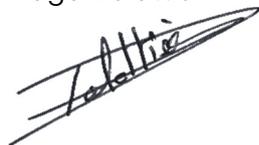
Durchgeführte Leistungen

- Feldbegehung des gesamten unteren Bibertals
- Beurteilung der gesamten Datengrundlage im unteren Bibertal
- Erarbeitung des hydrogeologischen Konzeptmodells der Grundwasserressource
- Erstellung eines integrierten hydrologischen Modells des unteren Bibertals
- Simulation des Wasserkreislaufs an der Oberfläche und im Untergrund
- Bemessung der Fassungseinzugsgebiete der Fassungen «Wilén» und «Seewadel»
- Bemessung der Zuströmbereiche Z_U nach der 90 %-Regel der Fassungen «Wilén» und «Seewadel»
- Berichterstattung

Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen beruhen auf den im Bericht dargestellten Kenntnisstand, welcher nach bestem Wissen und dem aktuellen Stand der Technik ermittelt wurde. Es wird davon ausgegangen, dass die Ergebnisse nicht unüberprüft für einen nicht vereinbarten Zweck oder eine andere Fragestellung verwendet oder auf geänderte Verhältnisse übertragen werden. Werden durch Dritte von den Resultaten Gebrauch gemacht oder darauf basierend Entscheidungen getroffen, lehnt das Zentrum für Hydrogeologie und Geothermie der Universität Neuenburg jede Haftung für direkte und indirekte Schäden ab, welche aus der Verwendung der Resultate allenfalls entstehen.

Das Projekt wurde durch Hugo Delottier und Roman Lindegger bearbeitet.

Hugo Delottier



Roman Lindegger



Prof. Daniel Hunkeler



1.2 Kontext

Im unteren Bibertal werden die Grundwasserfassungen «Wilén» und «Seewadel» zur Trinkwasserversorgung der umliegenden Gemeinden genutzt. Die Grundwasserqualität im unteren Bibertal entspricht regelmässig nicht den im Anhang 2 der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober (GSchV) festgelegten Anforderungswerten. Aus diesem Grund veranlasst das Interkantonale Labor die hydrogeologische Bemessung



der Fassungseinzugsgebiete (FEG) und Zuströmbereiche Z_U bei beiden Grundwasserfassungen.

Das FEG umfasst den gesamten Bereich, wo das in einer Grund- oder Quellwasserfassung genutzte Grundwasser neu gebildet wird. Dieser Bereich kann als der erste Schritt im Prozess der Trinkwassergewinnung, sozusagen als die eigentliche Produktionsstätte einer Trinkwasserversorgung betrachtet werden. Das FEG ist der Bezugsraum für die risikobasierte Qualitätssicherung in der Trinkwasserversorgung (Art. 3 Abs. 3 TBDV). Der Zuströmbereich umfasst gemäss den Vorgaben der Gewässerschutzgesetzgebung jenen Teilbereich innerhalb des Fassungseinzugsgebiets, wo der grösste Teil des zur Grundwasserfassung zuströmenden Wassers neu gebildet wird (Anhang 4 Ziff. 112 GSchV). Er wird von den Kantonen festgelegt und auf der Gewässerschutzkarte behördenverbindlich bezeichnet. Der Zuströmbereich Z_U dient als Vollzugsinstrument, um Sanierungsmassnahmen bezüglich einer Verunreinigung des Grundwasser mit mobilen und persistenten Stoffen zu planen (Anhang 4 Ziff. 212 GSchV).

Fassung in einem Talgrundwasserleiter

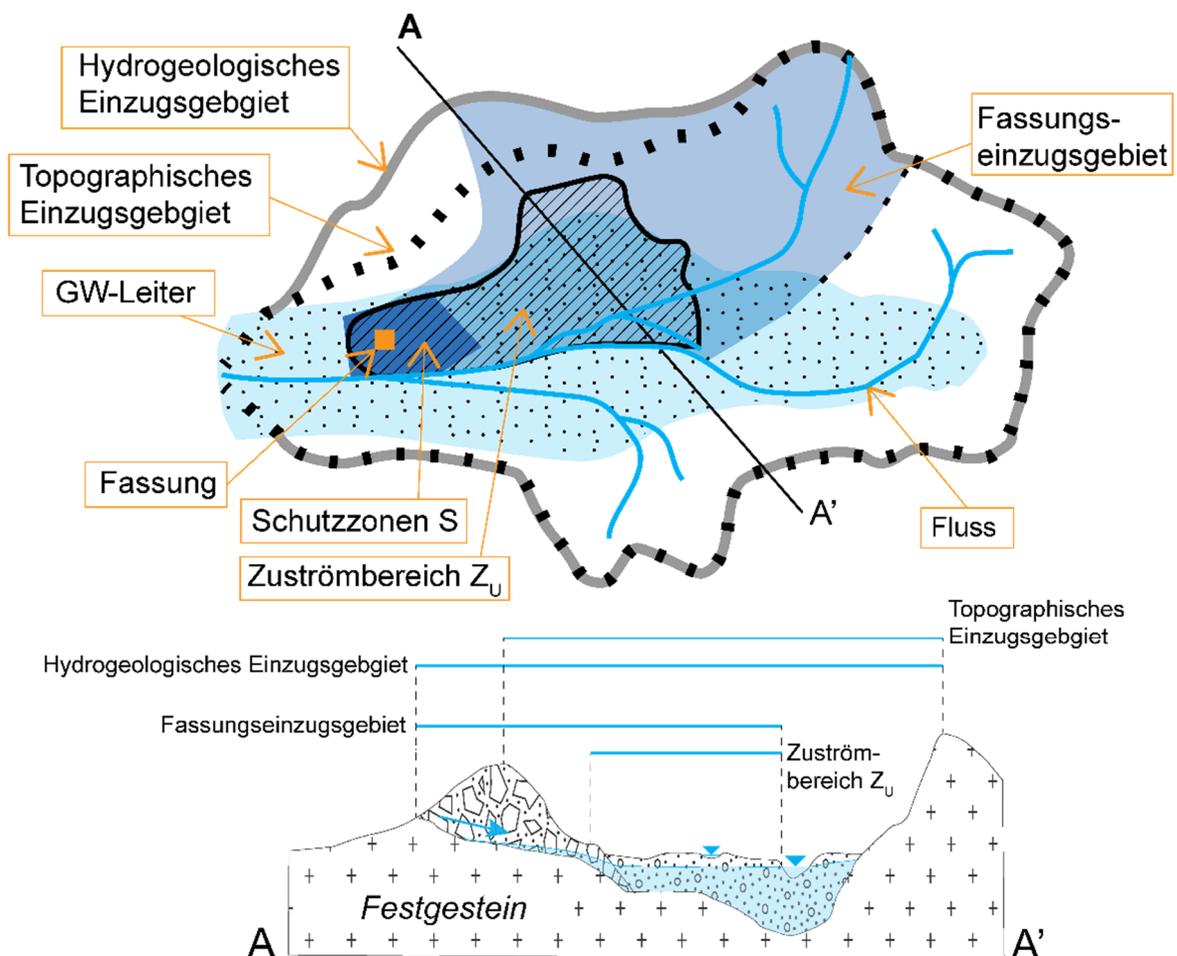


Abbildung 1: Schematische Darstellung des topographischen, hydrogeologischen Fassungseinzugsgebiets (FEG) und Zuströmbereich Z_U im Kontext der Grundwasserressource



1.3 Ziel der Untersuchung

Die vorliegende Untersuchung umfasst die hydrogeologische Charakterisierung und Simulation des Wasserkreislaufs an der Oberfläche und im Untergrund im unteren Bibertal. Die Untersuchung zielt darauf ab, die benötigten Grundlagen zur Sanierung der Grundwasserressourcen zuhanden der zuständigen Behörde zu ermitteln. Mittels eines integrierten hydrologischen Modells werden das Fassungseinzugsgebiet, der Zuströmbereich Z_U sowie das Rahmengerüst für die Projektierung möglicher Sanierungsszenarien bemessen.



2 Methodologie

2.1 Generelle Methodologie

Die Bemessung des Zuströmbereichs Z_U erfolgt in folgenden Etappen:

- 1 Konzeptionelles Systemverständnis der Grundwasserressource**
Die Grundlage für alle weitergehenden Betrachtungen bilden die Kenntnisse über die regionale Hydrogeologie. Das Grundwasserströmungssystem, die Neubildungsprozesse sowie die Interaktion mit Oberflächengewässern werden identifiziert und konzeptuell erfasst.
- 2 Bemessung des Fassungseinzugsgebiets**
Das FEG umfasst die Flächen, die zur Speisung der Fassung beitragen. Das FEG ist immer Teil des hydrogeologischen Einzugsgebiets des Grundwasserleiters. Das Fassungseinzugsgebiet besteht somit aus dem Teilbereich des Grundwasserleiters und den Teilbereichen der randlichen Einzugsgebiete, von denen das in der Fassung gewonnene Grundwasser stammt. Das topographische Einzugsgebiet infiltrierender Oberflächengewässer wird davon ausgeklammert.
- 3 Bemessung der Neubildungsprozesse der Grundwasserressource**
Innerhalb des Untersuchungsgebiets werden die mittleren Grundwasserneubildungsraten aus sämtlichen Neubildungspfaden abzüglich der lokalen Grundwasserabflüsse anhand der verfügbaren Datengrundlage bemessen.
- 4 Bemessung der Speisungsbeiträge der zur Grundwasserfassung gelangenden Strömung innerhalb des Fassungseinzugsgebiets**
Die Speisungsbeiträge werden anhand der probabilistischen Analyse der Grundwasserströmung und den effektiven Grundwasserneubildungsraten bemessen.
- 5 Bemessung des Zuströmbereichs Z_U nach der 90 % -Regel**
Der Zuströmbereich Z_U umfasst die Teilflächen, welche den Bereich abdecken, wo etwa 90 % des in einer Fassung entnommenen Grundwassers neu gebildet wird. Die Teilflächen, welche entsprechend den Speisungsbeiträgen am meisten zur Neubildung des zur Fassung strömenden Grundwassers beitragen, werden prioritär berücksichtigt.

2.2 Integriertes hydrologisches Modell

Für die vorliegende Untersuchung wurde das Modell HydroGeoSphere (HGS), entwickelt und vertrieben von Aquanty Inc., zur Simulation des hydrologischen Kreislaufs angewendet. HGS ist ein physikalisch-basiertes integriertes hydrologisches 3D Finite-Elemente-Modell (FEM), welches den gesamten Wasserkreislauf gleichzeitig gekoppelt simuliert: Dies umfasst die Simulation der Grundwasserströmung und -neubildung, die



Oberflächengewässer (Flüsse und Seen) und den Oberflächenabfluss. Im Vergleich zu klassischen numerischen Grundwassermodellen, welche in der Regel nur die variabel gesättigte Grundwasserströmung simulieren, können mit einem integrierten hydrologischen Modell die Grundwasserneubildungsprozesse und die randlichen Zuflüsse explizit simuliert werden.

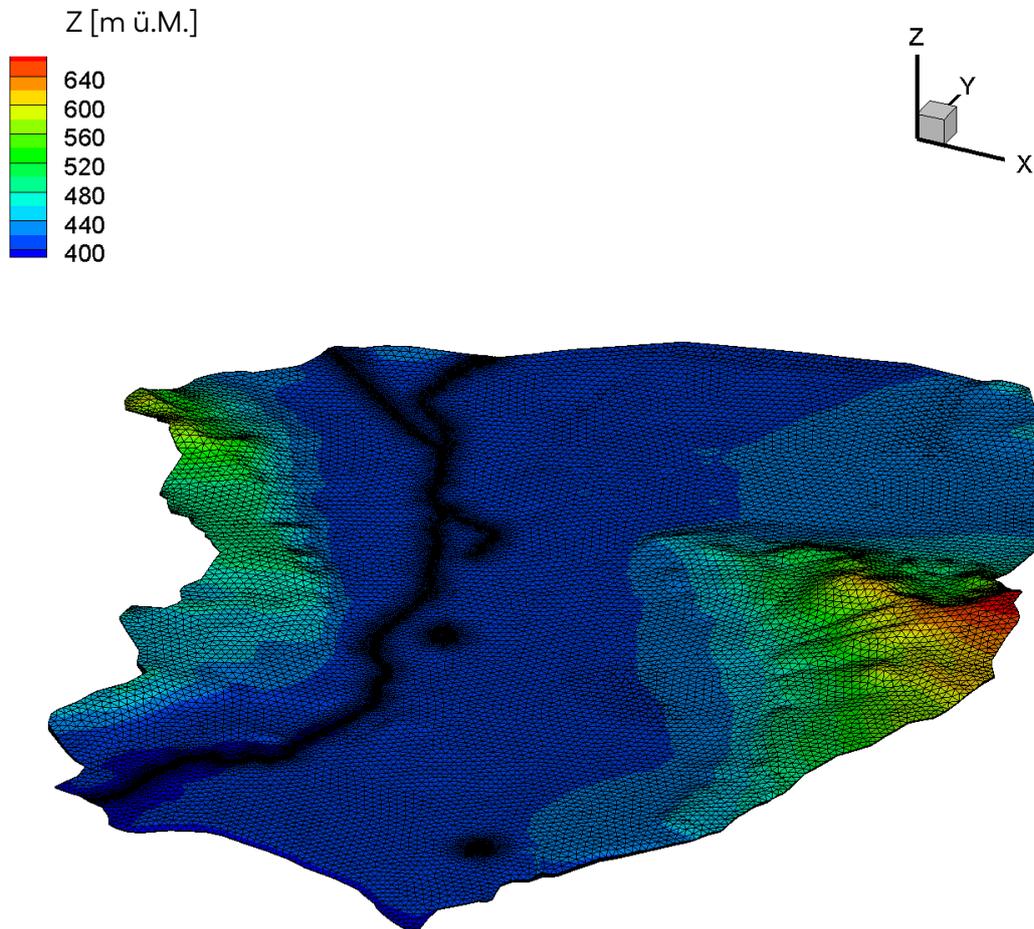


Abbildung 2: Darstellung der Ebene des Bibertals (in blau) und der randlichen Gebiete im integrierten hydrologischen Modell



3 Hydrogeologie des Bibertals

3.1 Datengrundlage

3.1.1 Geologie

Die geologischen Kenntnisse der Region stützen sich im Wesentlichen auf die geologische Kartierung im Massstab 1:25'000 (Hofmann und Handke 1964) und die Dokumentation zur hydrogeologischen Karte im Massstab 1: 100'000 (Jäckli und Kempf 1980). Weiter wurden sämtliche Bohraufnahmen aus den Schutzzonenberichten, geotechnischen Untersuchungen, Bohrungen für die geothermische Nutzung sowie hydrogeologische Prospektionen berücksichtigt. Die Bohraufnahmen und Berichte wurden durch das Interkantonale Labor zur Verfügung gestellt. Sämtliche in der Untersuchung betrachtete Bohraufnahmen sowie ein Ausschnitt des geologischen Atlas 1: 25'000 sind im Anhang 2 verzeichnet.

3.1.2 Hydrodynamik

Die Lage des Grundwasserspiegels im unteren Bibertal wird mittels mehreren Piezometern überwacht. Einzelne Piezometer wurden durch das Interkantonale Labor mit automatischen Drucksonden ausgerüstet, um die Dynamik des Grundwasserspiegels kontinuierlich aufzuzeichnen. Die im Gebiet vorhandenen Piezometer und Standorte der kontinuierlichen Messreihen sind im Anhang 1 verzeichnet. Weiter sind die Biber und der Rhein mit automatischen Pegelsonden zur Abflussmessung ausgerüstet. Die Standorte der Pegelmessstellen sind ebenfalls im Anhang 1 verzeichnet.

3.1.3 Hydrochemie

Das Interkantonale Labor führt im Rahmen seines kantonalen Grundwassermessprogramms regelmässig Messungen der wesentlichen chemisch-physikalischen Parameter und u.a. Rückständen von Pflanzenschutzmitteln im unteren Bibertal durch.

3.1.4 Bodenkunde

Im Untersuchungsgebiet liegen zwei detaillierte Bodenkartierungen vor:

- Bodenkundliche Bestandesaufnahme Hemishofen-Ramsen-Buch. Naturkonzept AG im Auftrag des Interkantonalen Labors. 2014.
- Bodenkartierung Schaffhausen: Perimeter Ramsen – Hemishofen. Basler&Hofmann AG im Auftrag des Landwirtschaftsamts des Kantons Schaffhausen. 1995.

Die Bodencharakteristiken wurden regionalisiert und in das integrierte numerische Modell überführt.

3.1.5 Meteorologie

Das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz betreibt eine Meteostation bei Eschenz. Zur Modellierung der oberflächlichen Elemente des Wasserkreislaufs wurden die Niederschlagsdaten dieser Station sowie die Evapotranspiration der Station Schaffhausen berücksichtigt.



3.2 Hydrogeologisches Konzeptmodell der Ressource

Die obersten Quartärablagerungen der Ebene von Ramsen bis an den Rhein setzen sich aus Wechsellagerungen zwischen kiesigen, sandigen und teils tonigen Schichten zusammen, welche auf (glazio-)lakustrischen Sedimenten liegen. Der zur Trinkwasserversorgung genutzte Grundwasserleiter befindet sich in diesen Lockergesteinen. Bei den kiesigen und à priori gut durchlässigen Ablagerungen handelt sich um Schotter der Niederterrasse. Die (glazio-)lakustrischen Sedimente bilden den Stauerhorizont.

Die Biber verläuft von Norden nach Süden durch das Gebiet auf einem Bachbett bestehend aus rezenten tonigem Abschwemmlern. Die Biber drainiert den Grundwasserleiter.

Der Hemishoferbach verläuft entlang des südöstlichen Rands des Gebiets auf einem Bachbett aus rezenten tonigem Abschwemmlern. Im Bereich des Schuttfächers im Gebiet Sankert liegt der Wasserspiegel des Hemishoferbachs oberhalb des Grundwasserspiegels. Aufgrund des sehr schlecht durchlässigen Bachbetts wird von einer vernachlässigbar geringen Infiltration von Bachwasser in den Grundwasserleiter ausgegangen. Es wird davon ausgegangen, dass der Hemishoferbach den Grundwasserleiter gegen den Rhein hin drainiert.

Der Grundwasserleiter wird hauptsächlich durch einsickerndes Meteorwasser sowie durch die lateralen Zuflüsse aus den randlichen Gebieten gespeisen.

Eine Übersicht zum hydrogeologischen Konzeptmodell der Ressource ist im Anhang 2 verzeichnet.



4 Integriertes hydrologisches Modell des Bibertals

4.1 Räumliche Begrenzung des Modellgebiets und Randbedingungen

Die räumliche Begrenzung des Modellgebiets und die gewählten Randbedingungen sind im Anhang 2 verzeichnet. Nachfolgend sind die einzelnen Teilabschnitte im Uhrzeigersinn beschrieben.

Norden | Pegel-Randbedingung

Das nördliche Modellgebiet wurde mittels einer Pegel-Randbedingung anhand der gemessenen piezometrischen Höhe des Grundwasserspiegels begrenzt.

Nordosten | Undurchlässige Grenze

Im Nordosten wurde auf dem Hügel «Oberholz» eine undurchlässige Grenze gewählt, da sich dort eine unterirdische Wasserscheide befinden dürfte.

Nordosten | Pegel-Randbedingung

Im Nordosten wurde bei der Flurbezeichnung «Pfommern» eine Pegel-Randbedingung gewählt, da die Lage der unterirdischen Wasserscheide nicht bekannt ist, jedoch in diesem Bereich vorhanden sein muss. Eine Sensibilitätsanalyse wurde durchgeführt, indem der Unterschied zwischen einer undurchlässigen Modellgrenze und einer Pegel-Randbedingung betrachtet wurde. Die Analyse ergab, dass in diesem Bereich eine vernachlässigbar geringe Strömung vorhanden ist.

Osten | Undurchlässige Grenze - Wasserscheide

Im Osten wurde das Modellgebiet durch die hydrologische Wasserscheide begrenzt.

Südosten | Cauchy-Randbedingung

Im Südosten wurde eine Cauchy-Randbedingung entlang des Hemishofersbachs gewählt. Die Infiltrationsleistung des Hemishoferbachs ist marginal.

Süden | Pegel-Randbedingung

Im Süden exfiltriert das Grundwasser in den Rhein. Hier wurde eine Pegel-Randbedingung entlang des Rheins gewählt.

Südwesten | Undurchlässige Grenze

Im Südwesten wurde im Bereich des Weilers «Bibermühle» eine impermeable Grenze gewählt, da davon ausgegangen wird, dass die Grundwasserströmung in diesem Bereich parallel zur Modellgrenze verläuft.

Westen | Undurchlässige Grenze - Wasserscheide

Im Westen wurde das Modellgebiet durch die hydrologische Wasserscheide begrenzt.



4.2 Räumliche Diskretisierung des Modellgebiets

Das Modellgebiet wurde in ein adaptives Dreiecksgitter (Rechengitter) mittels der Software AlgoMesh räumlich diskretisiert. Das 2D-Rechengitter setzt sich aus 36'894 Elementen und 18'738 Knoten zusammen (vgl. Anhang 3). In der dritten Dimension wurde das Modell mittels 13 Schichten bis an die Oberfläche des Grundwasserstauers aufgebaut.

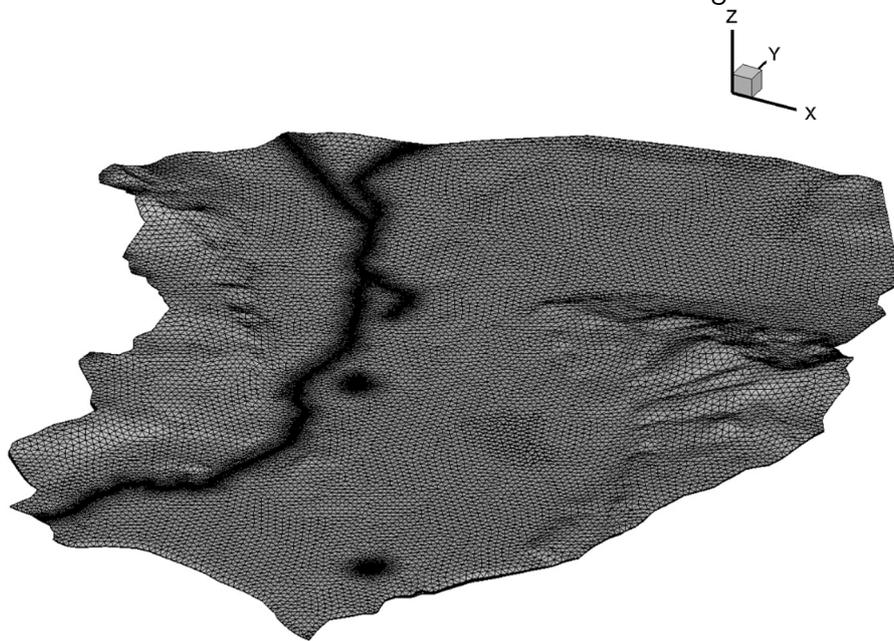


Abbildung 3: 3D Finite-Elemente Rechengitter des unteren Bibertals

Rund um die Grundwasserfassungen und entlang der Biber wurde das Rechengitter lokal verfeinert (vgl. Abbildung 4).

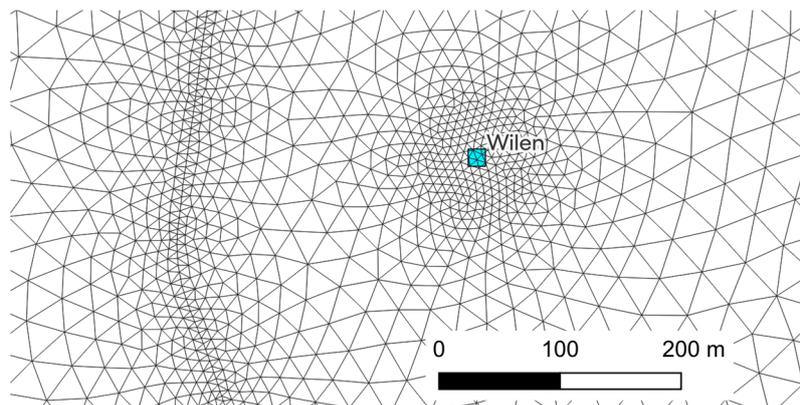


Abbildung 4: Ausschnitt des Rechengitters bei der Fassung Wilen

4.3 Hydrodynamische Parametrisierung

Oberflächenabfluss

Die Rauheitsbeiwerte der Oberfläche des Modellgebiets wurden entsprechend der Landnutzung (Waldgebiete, bebaute Gebiete, Landwirtschaftszone und Bodentyp) gewählt. Der Oberflächenabfluss wurde anhand transientser Niederschlagsdaten auf dem Höhenmodell (Swisstopo) mit einer Rasterauflösung von 50 cm explizit 2D simuliert. Die



Akkumulation von Wasser in gewissen Gebieten wird hierdurch bei der Bemessung der effektiven Grundwasserneubildung mitberücksichtigt.

Eigenschaften des Bodens

Anhand der Bodenkarte wurde das Modellgebiete in Zonen des gleichen oder ähnlichen Bodentyps unterteilt:

- Toniger Lehm
- Lehm
- Lehmiger Sand
- Sandiger Lehm

Die Durchlässigkeit der Böden wurden anhand des Ansatzes von Van-Genuchten in Abhängigkeit der Sättigung berechnet.

Eigenschaften des Grundwasserleiters

- Durchlässigkeitsbeiwert K_f

Die Durchlässigkeitsbeiwerte wurden entsprechend der vorliegenden Geologie anhand der geologischen Karte 1:25'000 und den im Gebiet durchgeführten Pumpversuchen gewählt.

- Effektive Porosität n_e

Die Werte der effektiven Porosität wurden entsprechend der vorliegenden Geologie anhand der geologischen Karte 1:25'000 gewählt.

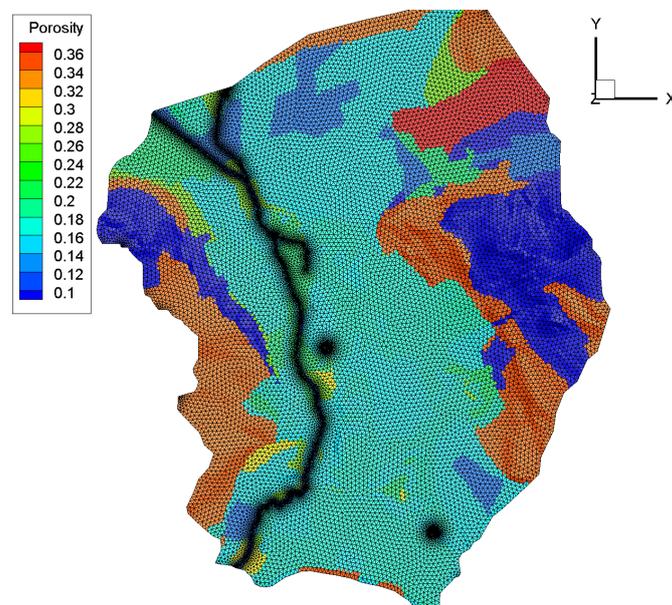


Abbildung 5: Effektive Porosität im Modellgebiet

Mächtigkeit der Lockergesteine über dem Grundwasserstauer

Die Stauertopographie wurde anhand der Bohraufnahmen im Gebiet und der geologischen Karte 1: 25'000 modelliert.



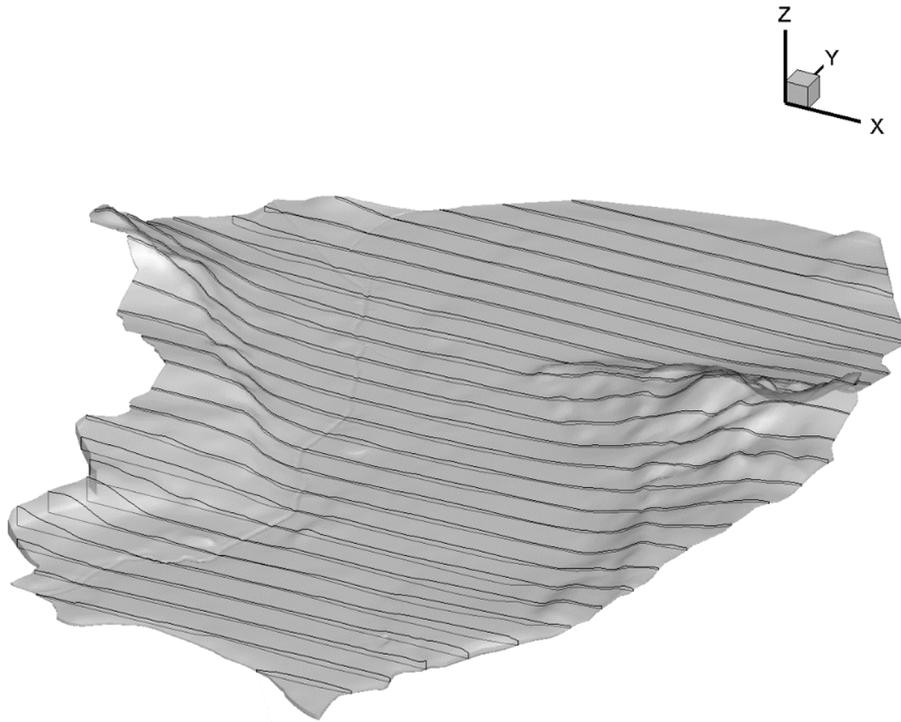


Abbildung 6: Querschnittprofile durch das Modellgebiet

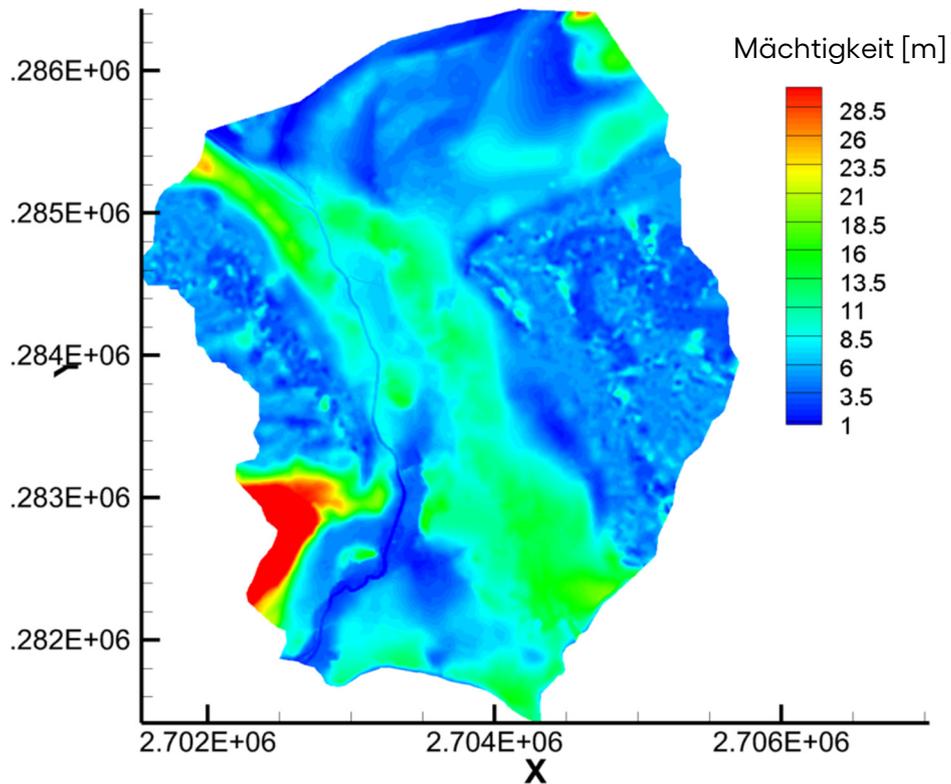


Abbildung 7 : Mächtigkeit der Lockergesteine über dem Grundwasserstauer im Modellgebiet

4.4 Numerische Parameter des Modells

Die Konvergenzkriterien für die Strömungssimulation wurden so gewählt, dass der Fehler auf die Wasserbilanz des gesamten Modells weniger als 1 % betragen darf.



Die Konvergenzkriterien für die Transportsimulation wurden auf 1×10^{-4} gesetzt. Die Péclet-Zahl muss weniger als 5 und die Courant-Zahl weniger als 1 betragen.

Die zeitliche Diskretisierung wurde adaptiv nach der Methode von Newton-Raphson vorgenommen.

4.5 Kalibration

Die Kalibration des Modells wurde entsprechend den in der Praxishilfe des Bundesamts für Umwelt festgelegten Bemessungsgrundsätzen anhand der mittleren beobachteten Grundwasserpegel vorgenommen. Zur Kalibrierung wurde die Methode der Pilotpunkte gewählt. Dabei wird an bestimmten Punkten eine Annahme zu den Parametern anhand der lokalen Kenntnisse gemacht. Die Parameter bei den Pilotpunkten werden mittels einem geostatistischen Verfahren (Kriging) regionalisiert. Das resultierende kontinuierliche Feld der Durchlässigkeitskoeffizienten wird anschliessend im Modell verwendet und die Grundwasserströmung simuliert. Es wird der Unterschied zwischen den beobachteten und berechneten Grundwasserpegel berechnet. Der Unterschied resp. die Modellanpassung wird schrittweise durch die Variation der Parameter bei den Pilotpunkten und anschliessender Regionalisierung vorgenommen bis eine zufriedenstellend Kalibration vorliegt. Insgesamt wurden 100 verschiedene kalibrierte Modellrealisation durchgeführt, woraus ein gemitteltes Feld der Durchlässigkeitsbeiwerte hergeleitet wurde.

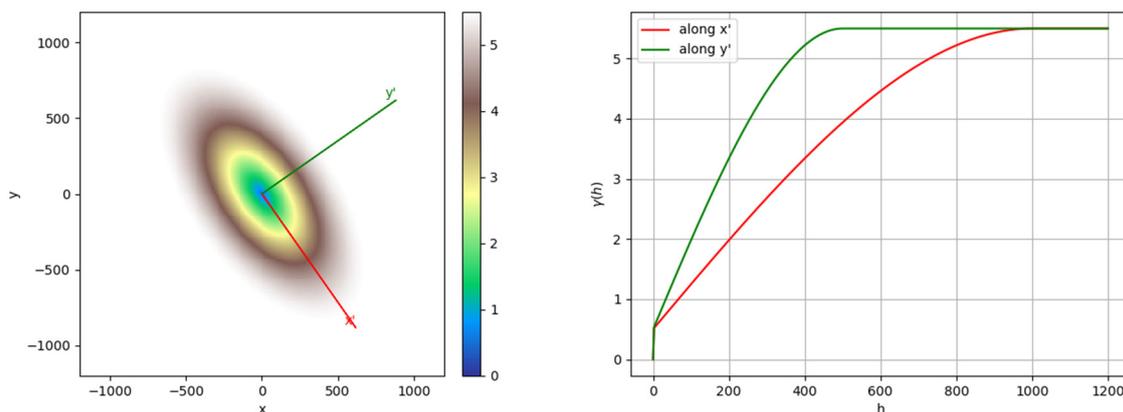


Abbildung 8: Zur Regionalisierung (Kriging) verwendetes Variogramm

Die Abbildung 9 zeigt die kalibrierten und regionalisierten Werte der Durchlässigkeitsbeiwerte im Modellgebiet.



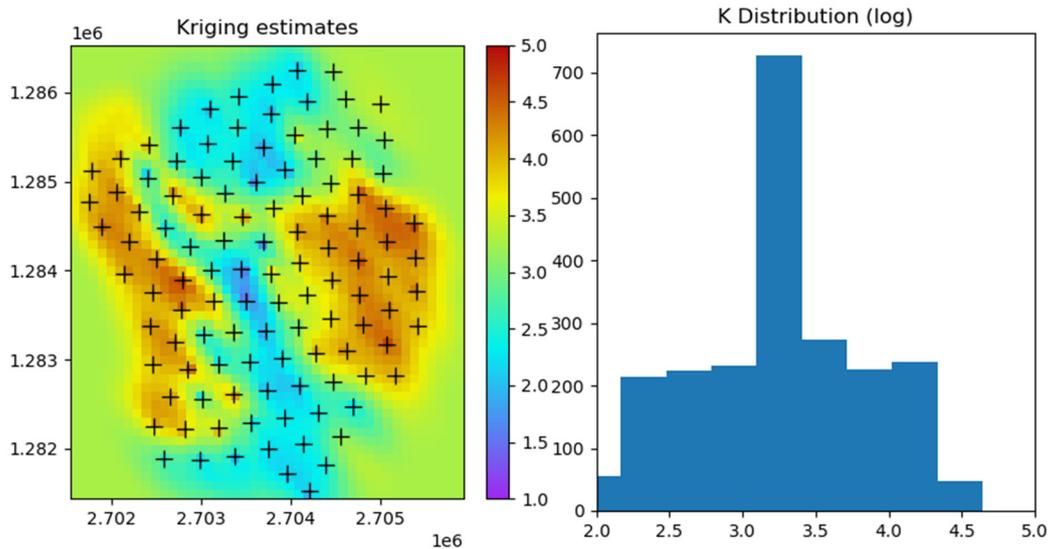


Abbildung 9: Regionalisierte kalibrierte Durchlässigkeitsbeiwerte und Verteilung der Durchlässigkeitsbeiwerte

Die

Abbildung 10 zeigt den Vergleich der berechneten gegenüber den beobachteten Grundwasserpegel im Modellgebiet.

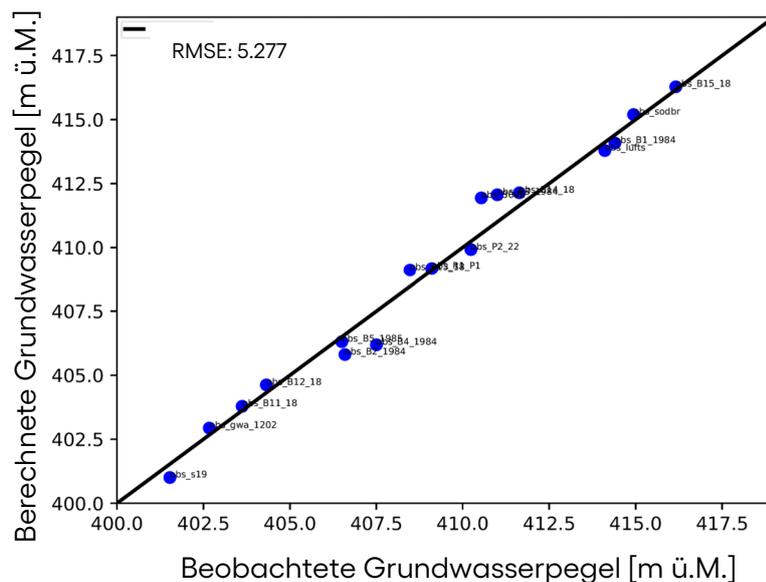


Abbildung 10: Beobachtete vs. berechnete Grundwasserpegel

4.6 Sensibilität

Die Sensibilität beschreibt die Menge an Information, welche aus einer Gruppe von Beobachtungen (z.B. Grundwasserpegel in den Piezometern) zur Schätzung einer Gruppe von Parametern (z.B. Durchlässigkeitsbeiwert) beiträgt. Je grösser diese Sensibilität ist, desto einfacher können die Parameter geschätzt werden.

Die Sensibilitätsanalyse wurde mit der Software PEST durchgeführt. Insgesamt wurden 115 Parameter (z.B. Durchlässigkeitsbeiwert bei einem Pilotpunkt) für die Sensibilitätsanalyse berücksichtigt.



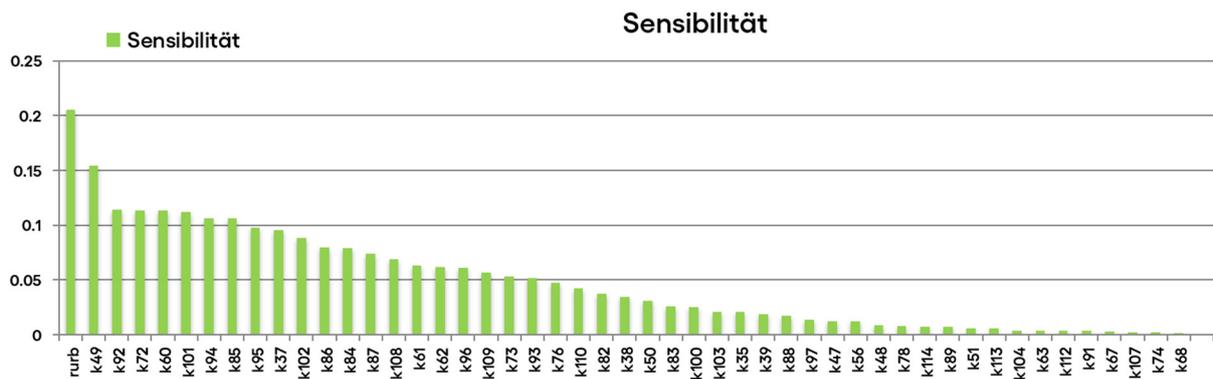


Abbildung 11: Sensibilitätsanalyse an 49 Pilotpunkten (k) und 1 Rauheitsbeiwert «rurb»

Die Sensibilitätsanalyse des Modells zeigt auf, dass nur eine kleine Anzahl an Parametern für die Abweichung der berechneten Grundwasserpegeln gegenüber den beobachteten Grundwasserpegeln verantwortlich ist. Der Parameter «rurb» beschreibt den Grundwasserneubildung in den bebauten Gebieten. Dieser Parameter weist die grösste Sensibilität auf, da im Bereich Ramsen viele Piezometer vorhanden sind (vgl. Anhang 1).

Die Sensibilitätsanalyse zeigt auf, dass über alle Parameter hinweg nicht ein einzelner Parameter übermässig bei der Kalibration ins Gewicht fällt. Global gesehen sind die Werte der Sensibilität der Parameter gering, was aufzeigt, dass die gewählten Parameter (Durchlässigkeitsbeiwerte) die berechneten Grundwasserpegel nur gering beeinflussen.



5 Resultate der Simulation

5.1 Fassung « Wilen »

Die Berechnungen für die Fassung «Wilen» wurden mit der konzidierten Menge von 1000 l/min durchgeführt. Es wurde ein permanentes Pumpregime angenommen.

Bereich	Fläche	Prozent bezgl. FEG
Fassungseinzugsgebiet FEG	218 ha	100 %
Z _U 90 %	152 ha	70 %
Z _U 70 %	97 ha	45 %
Z _U 50 %	63 ha	29 %
Grundwasserschutzzonen S1, S2 und S3	5 ha	2 %

Fassungseinzugsgebiet

Das Fassungseinzugsgebiet wurde anhand der Austretenswahrscheinlichkeit (vgl. Anhang 6) bemessen. Zur Begrenzung wurde die 2 % Iso-Wahrscheinlichkeit gewählt. Der Umriss des Fassungseinzugsgebiets ist im Anhang 4 verzeichnet.

Zuströmbereich Z_U

Der Umriss des Zuströmbereichs nach der 90 %-Regel ist im Anhang 4 verzeichnet. Weiter sind darauf die Flächen eingezeichnet, welche zu 70 % und 50 % zur Speisung der Fassung beitragen.

5.2 Fassung « Seewadel »

Die Berechnungen für die Fassung «Seewadel» wurden mit der konzidierten Menge von 500 l/min durchgeführt. Es wurde ein permanentes Pumpregime angenommen.

Bereich	Fläche	Prozent bezgl. FEG
Fassungseinzugsgebiet FEG	123 ha	100 %
Z _U 90 %	61 ha	50 %
Z _U 70 %	33 ha	27 %
Z _U 50 %	21 ha	17 %
Grundwasserschutzzonen S1, S2 und S3	15 ha	12 %

Fassungseinzugsgebiet

Das Fassungseinzugsgebiet wurde anhand der Austretenswahrscheinlichkeit bemessen. Zur Begrenzung wurde die 2 % Iso-Wahrscheinlichkeit gewählt (vgl. Anhang 6). Der Umriss des Fassungseinzugsgebiets ist im Anhang 5 verzeichnet.



Zuströmbereich Z_U

Der Umriss des Zuströmbereichs nach der 90 %-Regel ist im Anhang 5 verzeichnet. Weiter sind darauf die Flächen eingezeichnet, welche zu 70 % und 50 % zur Speisung der Fassung beitragen.

6 Schlussfolgerung

Mittels eines integrierten hydrologischen Modells wurden das Fassungseinzugsgebiet (FEG), der Zuströmbereich Z_U nach der 90 %-Regel sowie das Rahmengerüst für die Projektierung möglicher Sanierungsszenarien für beide Fassungen nach dem aktuellen Stand der Technik und den Anforderungen des Bundesamts für Umwelt bemessen. Der Zuströmbereich Z_U bildet den Bezugsraum für mögliche Sanierungsmassnahmen zur Verbesserung der Grundwasserqualität. Die bemessenen Speisungsbeiträge bilden das quantitative Rahmengerüst für die Planung und die Projektierung der Wirksamkeit von Sanierungsmassnahmen.

7 Bibliographie

Geologischer Atlas 1: 25'000. Hofmann, F. und Handke, R. Schweizerische Geologische Kommission. 1964.

Hydrogeologische Karte 1: 100'000. Jäckli, H. und Kempf, Th. Schweizerische Geotechnische Kommission. 1980.



Anhang 1

Situation 1 :25'000



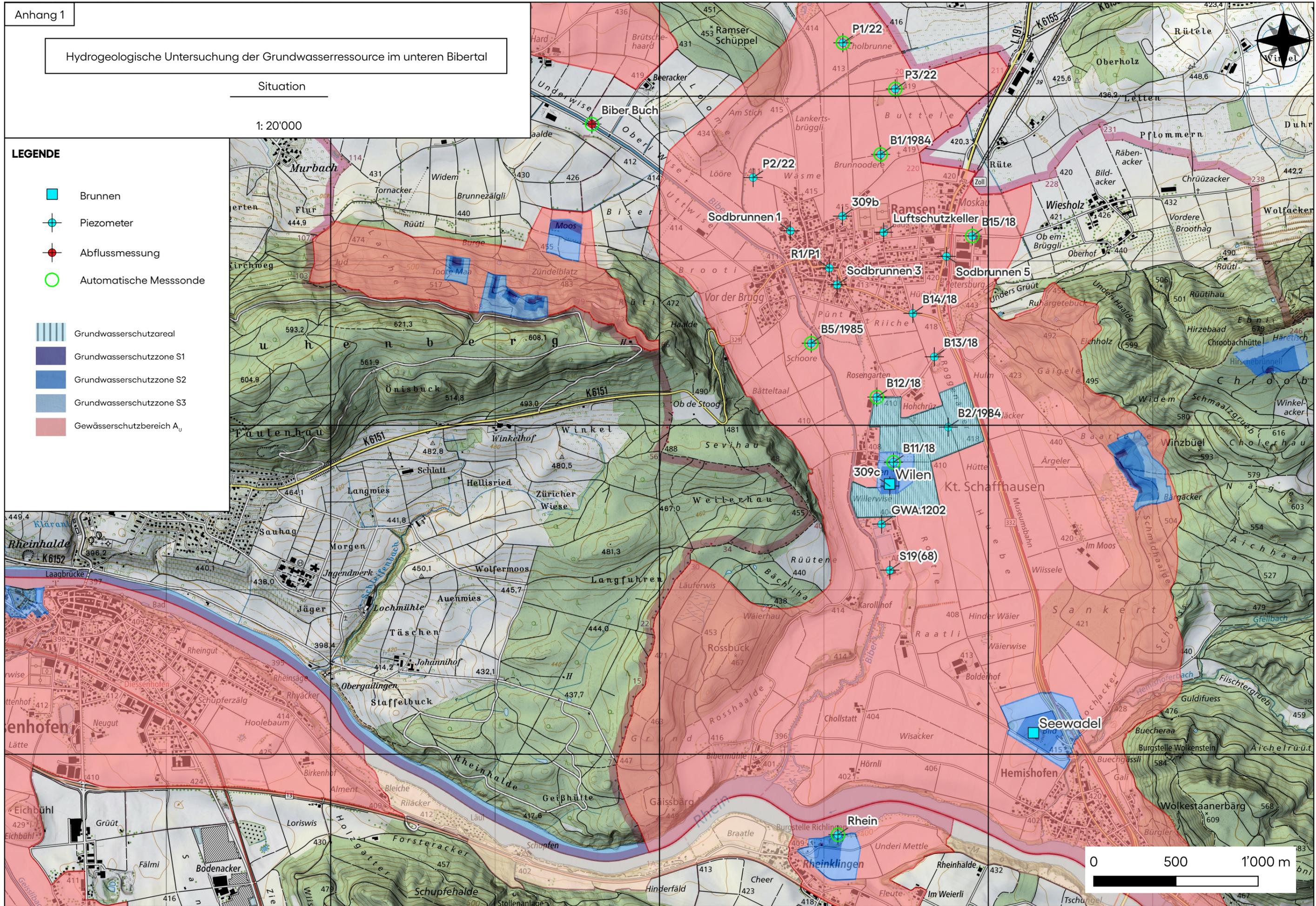
Hydrogeologische Untersuchung der Grundwasserressource im unteren Bibertal

Situation

1: 20'000

LEGENDE

-  Brunnen
-  Piezometer
-  Abflussmessung
-  Automatische Messsonde
-  Grundwasserschutzareal
-  Grundwasserschutzzone S1
-  Grundwasserschutzzone S2
-  Grundwasserschutzzone S3
-  Gewässerschutzbereich A₀



Anhang 2

Hydrogeologisches Konzeptmodell der Ressource



Hydrogeologische Untersuchung der Grundwasserressource im unteren Bibertal

Situation
Hydrogeologisches Konzeptmodell
1: 20'000

LEGENDE

Randbedingungen

- XXX Impermeabel
- OOO Pegel
- /// Wasserscheide
- XXX Cauchy
- Randliche Einzugsgebiete

Fließgewässer

Bohraufnahmen

Brunnen

Hydrogeologische Profile

Geophysikalische Messungen

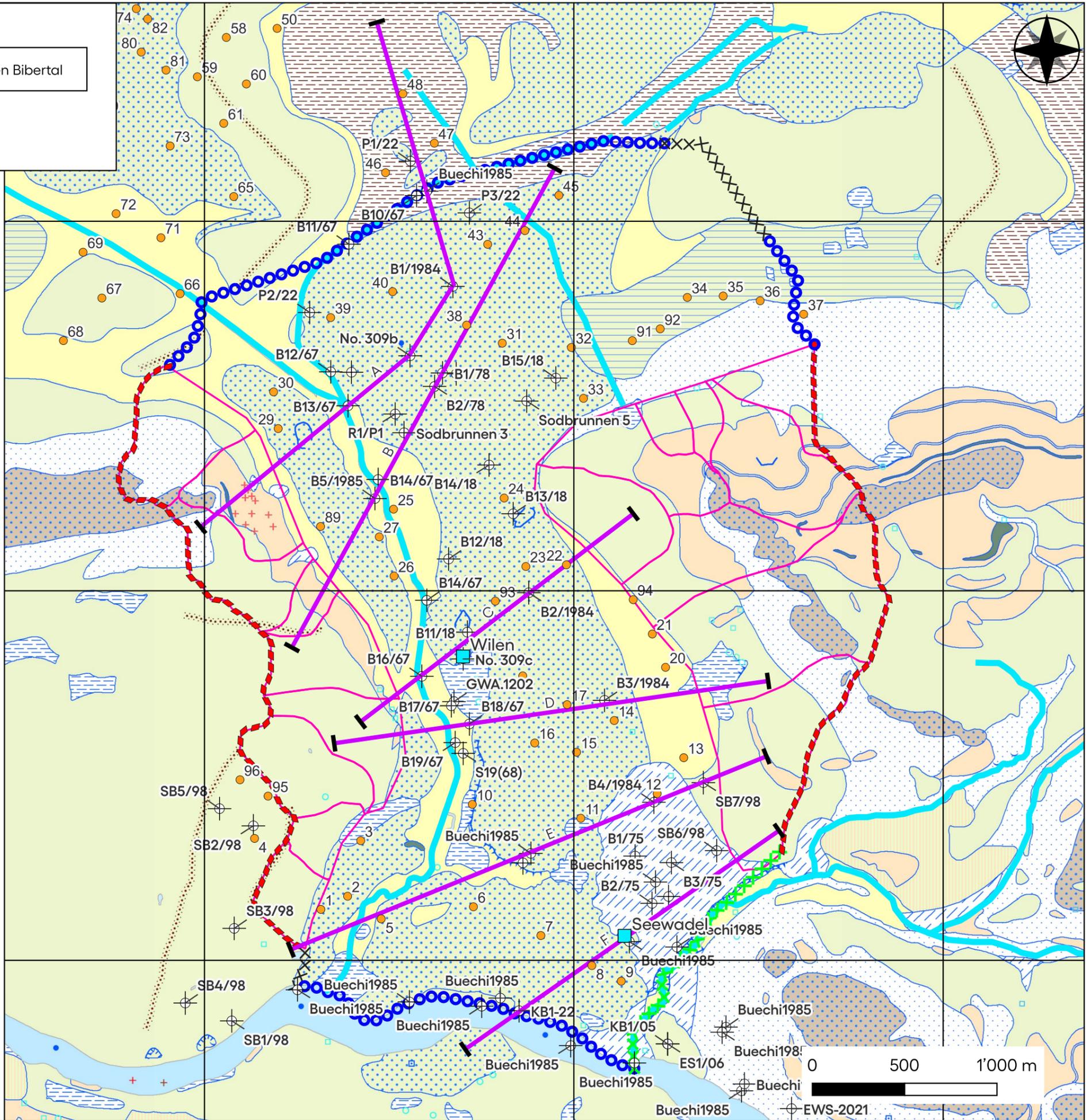
Geologie

Quartär

- Künstliche Aufschüttung
- Alluvialboden
- Terrassenränder, Erosionsränder
- Bachschuttkegel
- Rutschung mit Abrissrand
- Gehängeschutt
- Basaltblöcke (SW Ramsen)
- Kalktuff
- Sumpf, Ried
- Sumpf, Ried, drainiert
- Torf, zum Teil drainiert
- Alluvialer Beckenton
- Gehängelehm, Abschwemmlehm
- Jungquartäre Schotter

- Tertiär
- Basaltgang (SW Ramsen)
- Basalttuffe (S Karollihof)
- Deckentuffe, Tuffite, Tuffschlote unter dünner Moränendecke
- Obere Sande und Mergel
- Tuffhorizont
- Obere Öhninger Schichten (Mergel)
- Sandige Zwischenschicht
- Untere Öhninger Schichten (Mergel) (am N Schienerberg auskeilend)
- Steinbalmensande (Glimmersande) (am NW Schienerberg z. T. inkl. sandige Zwischenschicht) Hagamergel (Haldenhofmergel), Juranagelfluh
- Kirchbergerschichten
- Graupensande, Quarzsande
- Bunte Mergel
- Graue Sandsteine
- Glimmerreiche Sande und Knauer Sandsteine
- Bohnerzformation

- Beckenton vom Alter der Unteren Singener Terrasse
- Schlieren-Diessenhofen-Stadium
- Beckenton vom Alter der Oberen Singener Terrasse
- Schotter vom Alter der Oberen Singener Terrasse
- Schotter vom Alter der Fulachterrasse
- Schotter vom Alter der Munotterrasse
- Schotter vom Alter der Stokarterrasse
- Schotter vom Alter der Breiterterrasse
- Schotter vom Alter des Maximalstandes
- Schotter der Niederterrasse
- Interstadiale Sande und Kiese
- Moräne der Würm-Eiszeit i. allg.
- Moränenwall
- Drumlin
- Schotter und Moränen der Würm-Eiszeit über Schotter der Riss-Eiszeit
- Wenig mächtige Würm-Moräne über Tortonien Aquitanien
- Schotter der Hochterrasse und Rinnenschotter
- Moräne der vorletzten Eiszeit
- Jüngerer Deckenschotter
- Älterer Deckenschotter



270000

2702000

2704000

2706000

1286000

1284000

1282000

0 500 1'000 m

EWS-2021

Anhang 3

Diskretisierung des Modellgebiets

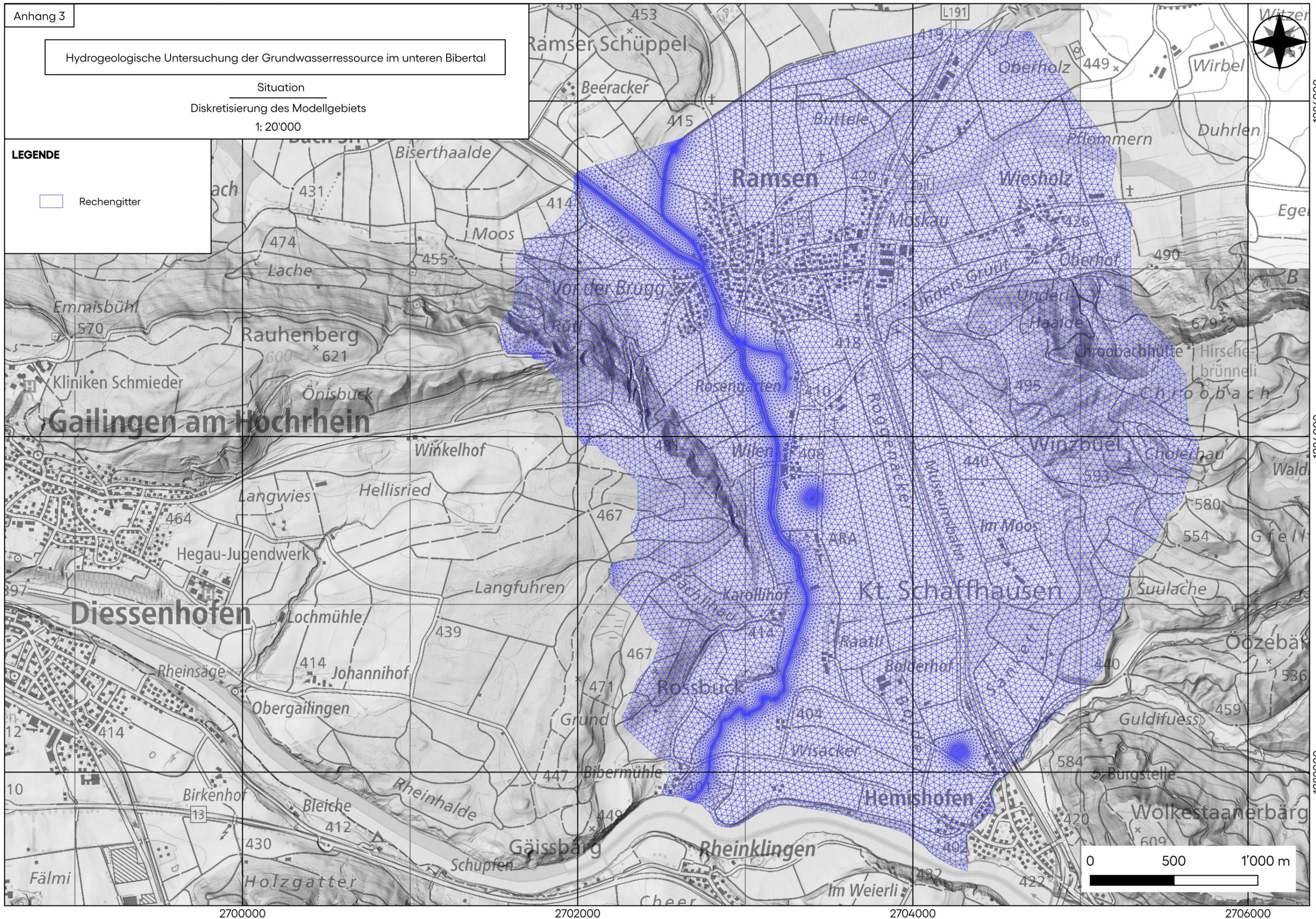


Hydrogeologische Untersuchung der Grundwasserressource im unteren Bibertal

Situation
Diskretisierung des Modellgebiets
1: 20'000

LEGENDE

Rechengitter



270000

270200

270400

270600

1286000

1284000

1282000

0 500 1'000 m

Anhang 4

Fassungseinzugsgebiet und Zuströmbereich Z_U 90 %
der Fassung «Wilen»



Hydrogeologische Untersuchung der Grundwasserressource im unteren Bibertal

Situation

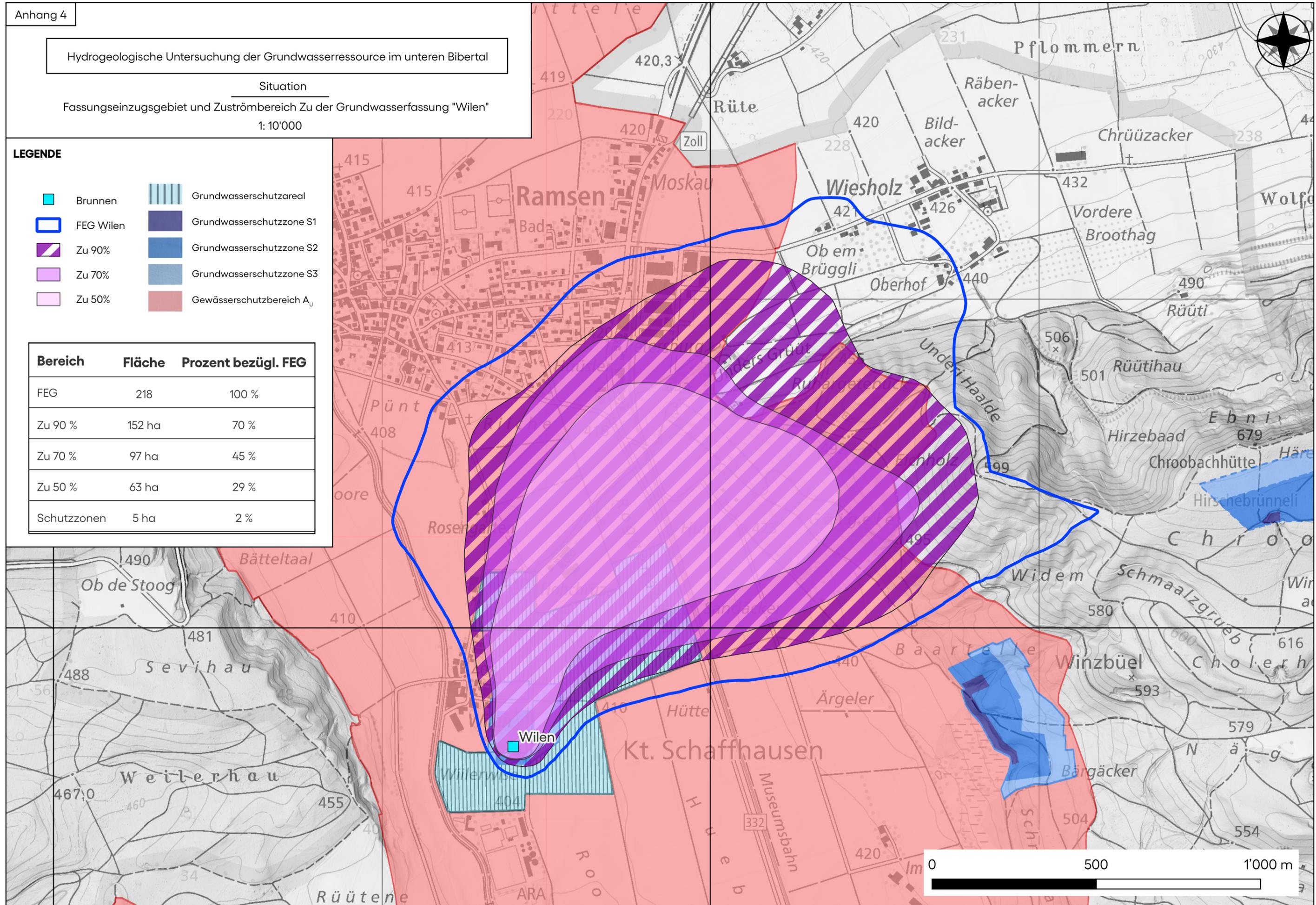
Fassungseinzugsgebiet und Zuströmbereich Zu der Grundwasserfassung "Wilten"

1: 10'000

LEGENDE

- Brunnen
- FEG Wilten
- Zu 90%
- Zu 70%
- Zu 50%
- Grundwasserschutzareal
- Grundwasserschutzzone S1
- Grundwasserschutzzone S2
- Grundwasserschutzzone S3
- Gewässerschutzbereich A_v

Bereich	Fläche	Prozent bezügl. FEG
FEG	218	100 %
Zu 90 %	152 ha	70 %
Zu 70 %	97 ha	45 %
Zu 50 %	63 ha	29 %
Schutzzone	5 ha	2 %



Anhang 5

Fassungseinzugsgebiet und Zuströmbereich Z_U 90 %
der Fassung «Seewadel»



Hydrogeologische Untersuchung der Grundwasserressource im unteren Bibertal

Situation

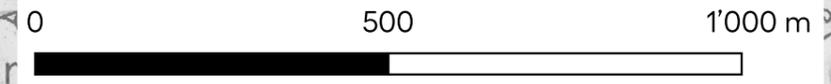
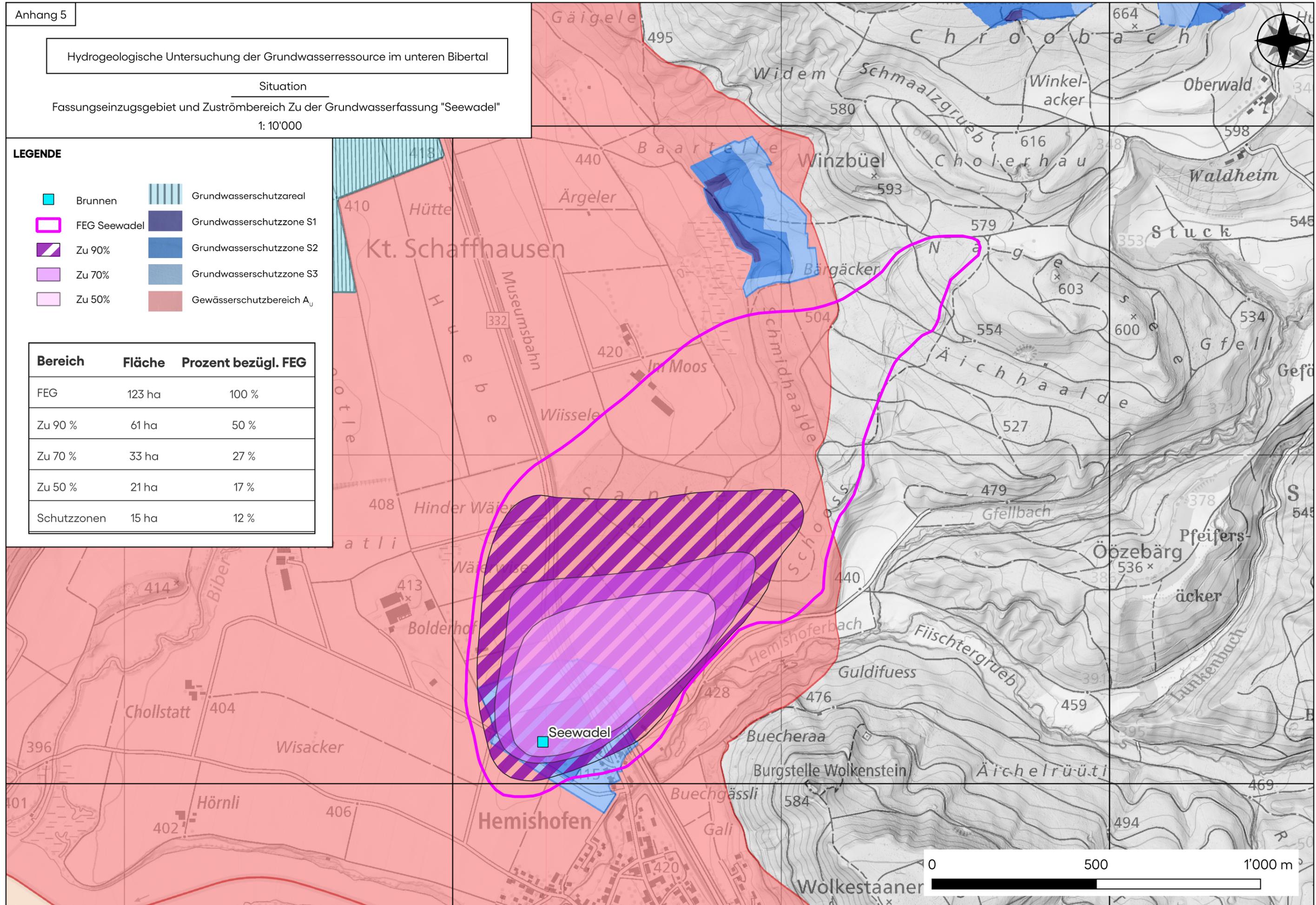
Fassungseinzugsgebiet und Zuströmbereich Zu der Grundwasserfassung "Seewadel"

1: 10'000

LEGENDE

-  Brunnen
-  FEG Seewadel
-  Zu 90%
-  Zu 70%
-  Zu 50%
-  Grundwasserschutzareal
-  Grundwasserschutzzone S1
-  Grundwasserschutzzone S2
-  Grundwasserschutzzone S3
-  Gewässerschutzbereich A_v

Bereich	Fläche	Prozent bezügl. FEG
FEG	123 ha	100 %
Zu 90 %	61 ha	50 %
Zu 70 %	33 ha	27 %
Zu 50 %	21 ha	17 %
Schutzzone	15 ha	12 %



Anhang 6

Fassungseinzugsgebiete und
Austretenswahrscheinlichkeit der
Grundwasserfassungen «Wilen» und «Seewadel»



Hydrogeologische Untersuchung der Grundwasserressource im unteren Bibertal

Situation

Fassungseinzugsgebiete (FEG) und Austretenswahrscheinlichkeit der Grundwasserfassung Seewadel und Wilen

1: 12'500

Legende

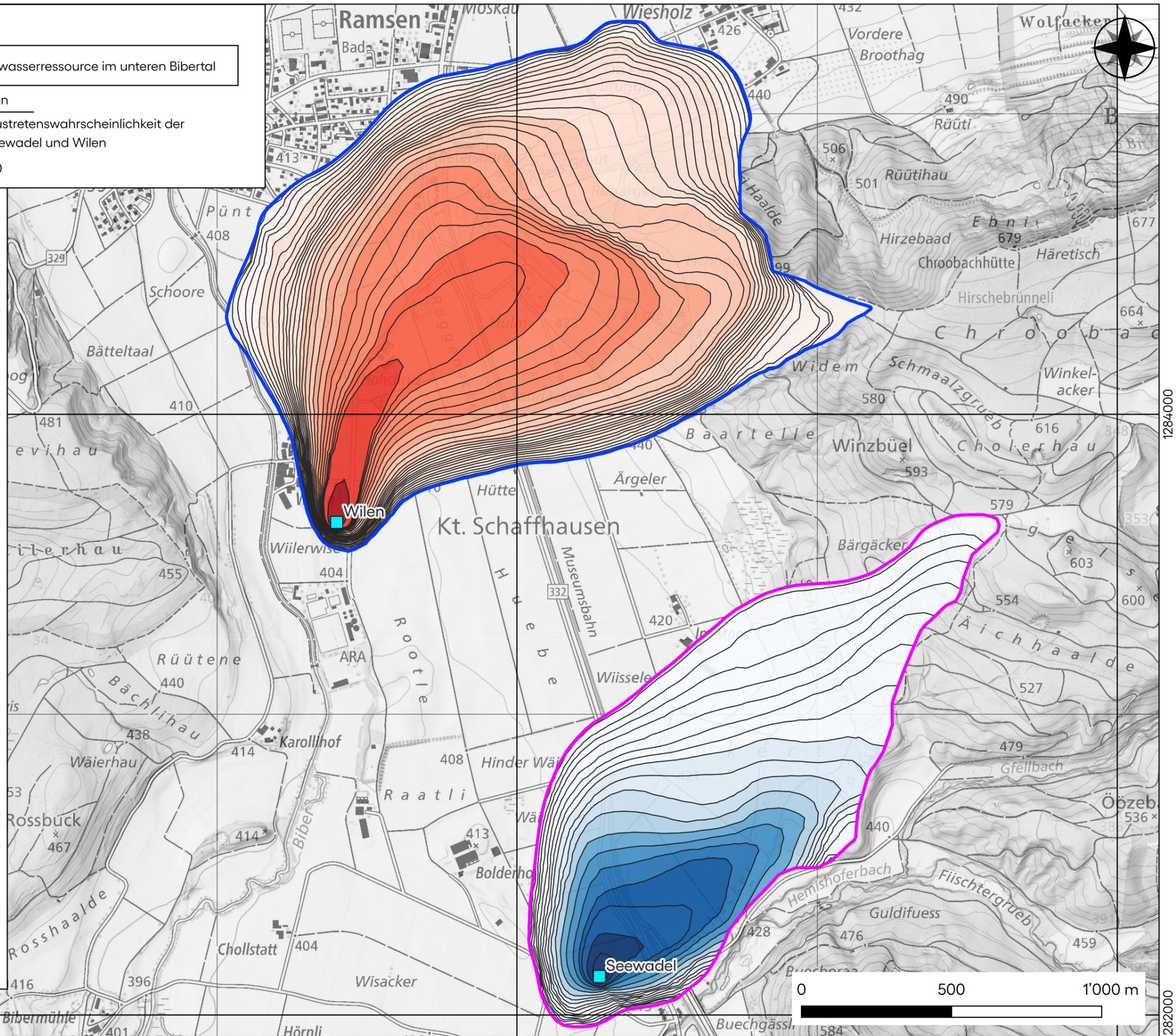
- Brunnen
- FEG Wilen
- FEG Seewadel

Austretenswahrscheinlichkeit Seewadel

- > 0.02 - 0.10
- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.60
- 0.60 - 0.70
- 0.70 - 0.80
- 0.80 - 0.90
- 0.90 - 1.00

Austretenswahrscheinlichkeit Wilen

- > 0.02 - 0.10
- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.60
- 0.60 - 0.70
- 0.70 - 0.80
- 0.80 - 0.90
- 0.90 - 1.00



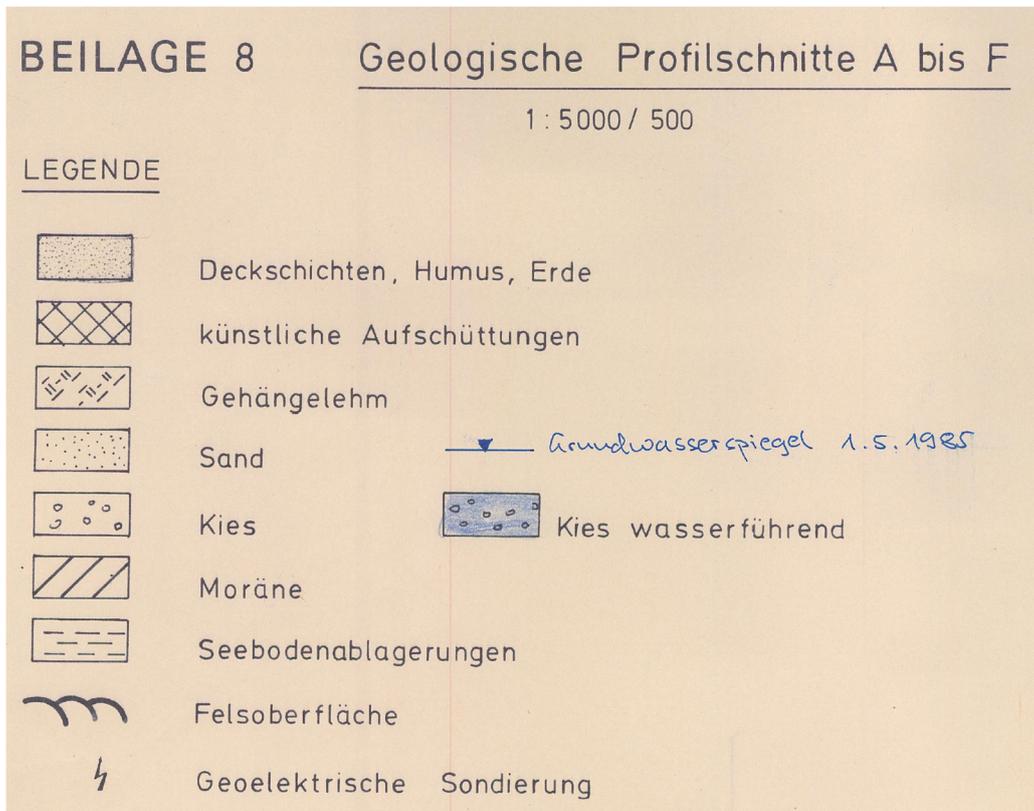
Anhang 7

Hydrogeologische Profile
aus Buechi und Mueller AG, 1985



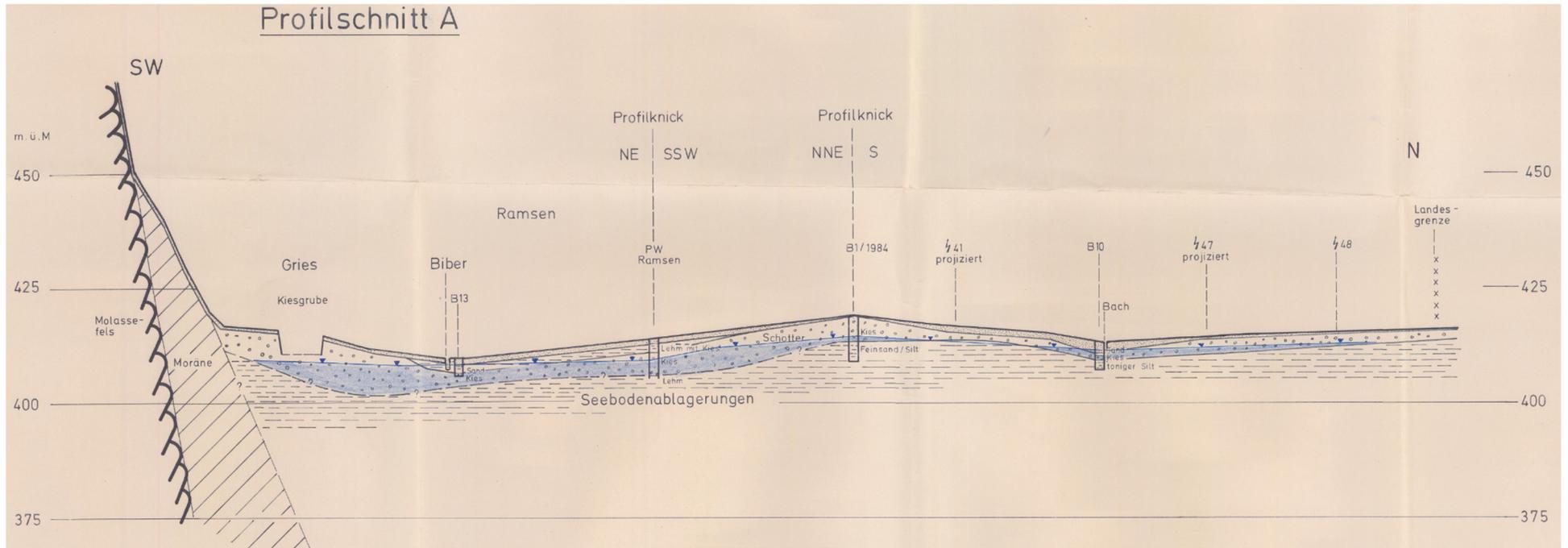
Legende zu den hydrogeologischen Profilen A bis F

Buechi und Müller AG, 1985



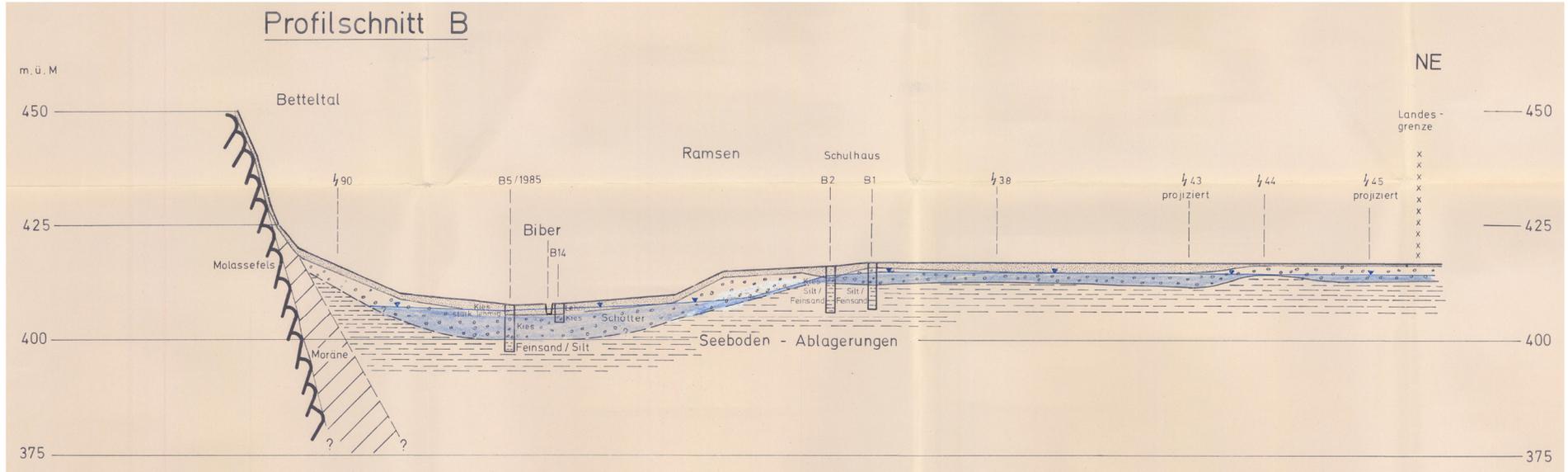
Hydrogeologisches Profil A – Situation im Anhang 2

Buechi und Müller AG, 1985



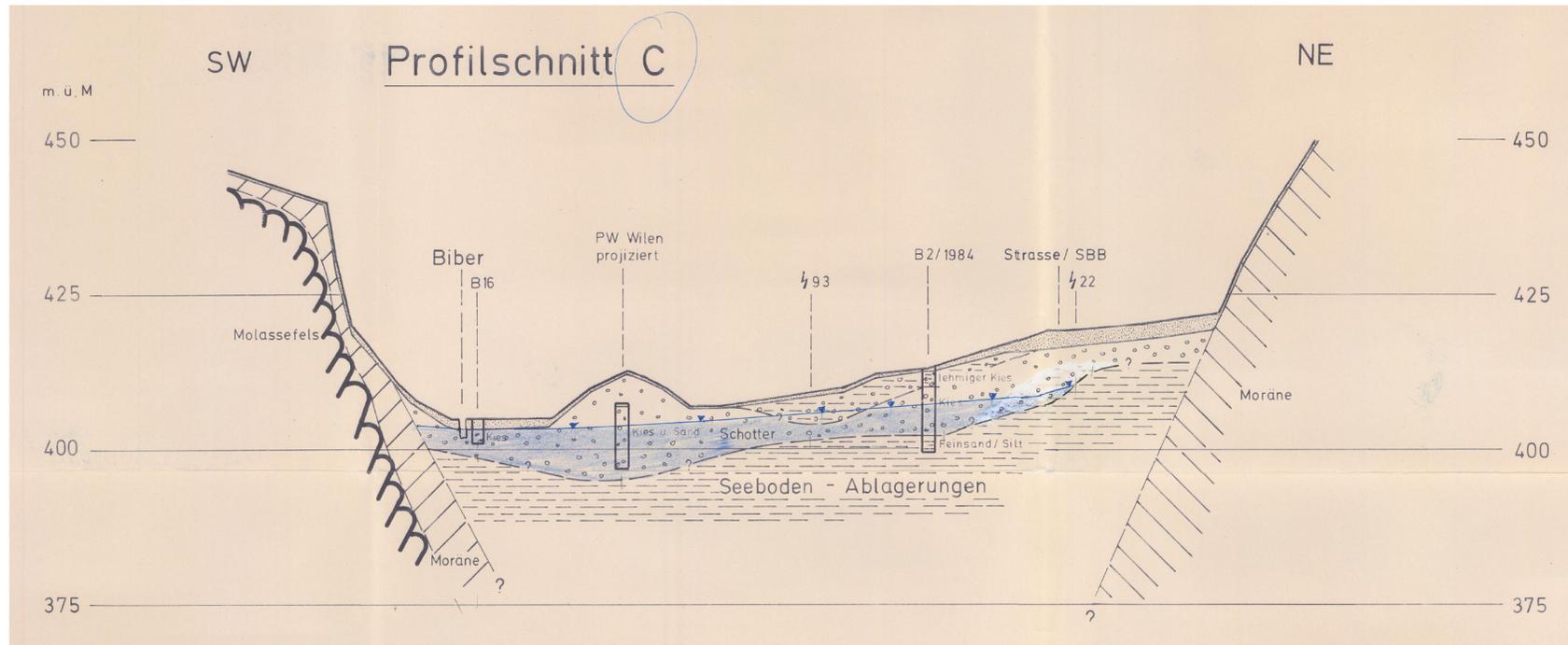
Hydrogeologisches Profil B – Situation im Anhang 2

Buechi und Müller AG, 1985



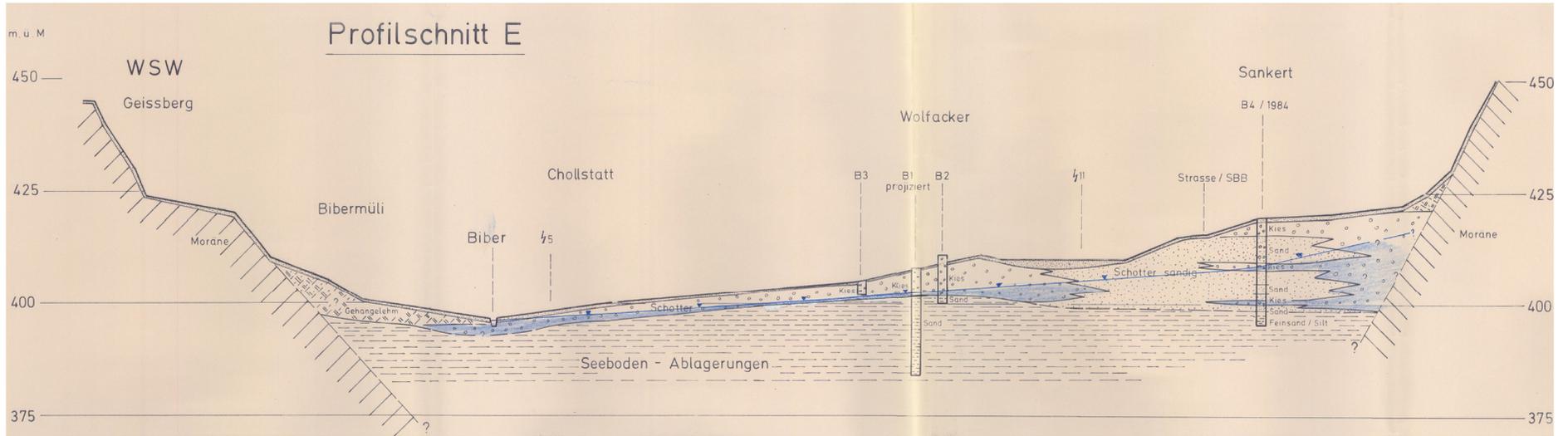
Hydrogeologisches Profil C – Situation im Anhang 2

Buechi und Müller AG, 1985



Hydrogeologisches Profil E – Situation im Anhang 2

Buechi und Müller AG, 1985



Hydrogeologisches Profil F – Situation im Anhang 2

Buechi und Müller AG, 1985

