

Bericht zum Tiefbrunnen für die WVA Kematen in Tirol (Trinkwasserprospektion und Ausführung)

Christian Kostrouch, Federico Faoro, Elisabeth Breitenlechner

K+U Umwelttechnik, Labor und Hydrologie GmbH, Eduard Bodem Gasse 5-7, Innsbruck

Kurzfassung:

Die Absicherung des künftigen Wasserbedarfes der Gemeinde Kematen in Tirol mit Erhöhung der Versorgungssicherheit wird in Zukunft durch den tieferen Grundwasserhorizont des Inn-Grundwasser-Begleitstromes im Inntal aus einer Tiefe von 95 - 115 m u Geländeoberkante GOK erfolgen. Die Exploration des bislang vorwiegend aus technischen Gründen nicht genutzten, aber in qualitativer Sicht sehr gut geschützten, Grundwasservorkommens konnte nur durch einen inter- und multidisziplinären Ansatz Hydro-/Quartär Geologie, Sedimentologie (Schwermineralanalysen), Seismischen Erkundungsmethoden (Refraktionsseismik), Paläobotanik (Altersbestimmung) sowie multipler Kombination von Bohrtechniken (Einsatz diverser Bohrverfahren zur Durchörterung der kaum bis sehr schwer bohrbaren unterschiedlichen Sedimentformationen) erfolgreich durchgeführt werden. Mittels geophysikalischer, geologischer (Bohrungen, Kartierung, Geochemie, Schwermineralanalyse) und hydrogeologischer (Hydrochemie, Isotopen-Hydrologie) Methoden wurde ein Sedimentationsmodell für den Inntalbereich bei Kematen erstellt.

Der Inntalboden ist gegenständlich oberflächennah (bis ca. 40 m u GOK) charakterisiert durch

1. Schwemmkegel der Melach mit den typischen Schwemmfächersedimenten aus dem Einzugsgebiet des Sellraintales (bohrtechnisch kaum bzw. sehr schwer mit unkalkulierbarem Aufwand zu durchörtern – Amphibolit und Gneisblöcke bis zum ø 2m).
2. Zwischenschicht überwiegend Schluffe bis Feinsande (Lakustrine Phase) zwischen ca. 40 m und 70 m u GOK
3. tiefere Bereiche werden von typischen, im Quartär mehrphasig abgelagerten weitgestuften Inn-Kiesen und Sande bis 111 m u GOK aufgebaut [mit typischem Leitgeschiebe des Inntal-Gletschers (Julier Granit)]
4. Zwischen ca. 85-90 m u GOK Kies-Sedimentation unterbrochen durch die Ablagerung von hart gelagerten Feinsedimenten (Meltout-Till?).
5. Zielhorizont: 95-115 m u GOK weitgestufte Inn-Kiese und Sande mit typischem Leitgeschiebe des Inntal-Gletschers (Julier Granit)
6. Im Liegenden der Wechselfolge dicht hart bis sehr hart gelagerte Schluff/Sand (ggf. Grundmoräne?).

1. Einführung

Die Gemeinde Kematen bezieht das Trinkwasser bis dato ausschließlich aus den im Moränenhang (Stadien Gschnitz bis Egesen) befindlichen Quellen im Senderstal (ca. 7km Transportleitung). Die wasserrechtlich bewilligte Konsenswassermenge der jahreszeitlich stark schwankenden Quellen beträgt 24,6 L/s. Der Gemeinde Kematen stehen davon allerdings nur 10,6 L/s zur Verfügung, da 11,5 L/s an die Gemeinde Völs und 2,5 L/s an die Gemeinde Grinzens abgegeben werden müssen. Zur Überbrückung von Versorgungsengpässen v.a. im Winterhalbjahr besteht ein Wasserlieferungsübereinkommen mit der Gemeinde Axams von max. 5 L/s aus der im Mittelgebirge gelegenen Tiefbrunnenanlage der Gemeinde Axams, wobei vertraglich bei Eigenbedarf von Axams die Wasserlieferung an die Gemeinde Kematen ausgesetzt werden kann.

Demgegenüber stehen die Ergebnisse der Studie über die „Auswertung und Ergänzung von Daten zur hydraulischen Modellerstellung“ des Arbeitsbereiches Umwelttechnik, Institut für Infrastruktur der Bau fakultät der Universität Innsbruck (Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Wolfgang Rauch und Dipl.-Ing. Dr. techn. Robert Sitzenfrei), welche den zukünftigen Wasserbedarf der Gemeinde Kematen (inkl. Gewerbegebiet Kematen-Nord) mit rund 48 L/s ergab.

Ziel der ggst. Untersuchung mit Abteufen der Probebohrung GW70320081 war es daher das Potential der tieferen Grundwasserhorizonte für die Trinkwassernutzung zu explorieren.

2. Geologische Übersicht

Die Talflur von Kematen ist vor allem durch fluviatile Sedimente der Innschotterfazies (weitgestufte Kiese) gekennzeichnet. An den nördlichen, und vor allem an den südlichen Seitenzubringern verzahnen diese fluviatilen Innschotter-Sedimente mit Schwemmfächer-Sedimenten. In größeren Tiefen sind Sande unterschiedlicher Mächtigkeit möglich. Schluffe und Tone stellen im Inntal oftmals den StauhORIZONT des oberen Porengrundwasserleiterbereiches dar.

Aus geologischer Sicht befindet sich das Untersuchungsgebiet in den bis zu 160 m mächtigen quartären Lockersedimenten des Inntales, umgeben von mächtigen teils reliktschen, mehrphasig angelegten Schwemmfächern und eiszeitlichen Terrassenschottern sowie angelagerten Eisrandterrassen. Neben fossilen Schwemmkegeln sind typische Eisrandterrassen markante Erscheinungsformen im Gelände. Es sind Sedimente der Rand- und Vorterrassen (hauptsächlich geröllführende Kiese), Sande und Tone der Vorterrasse von Afling, Sande des Inn im Bereich Afling, lokale Schwemmfächer und Deltasedimente mit kristallinen Anteilen sowie Paläoschwemmfächer des Axamer Baches (fluviatile, geröllführende Kiese mit hohen kalkalpinen Anteilen) als prägende Landschaftselemente anzuführen. Der von glazialen Kräften übertiefte Inntalboden ist mit quartären Lockersedimenten aufgefüllt. In diesem bis zu 160-180 m mächtigen Bereich kommen mehrere Schotterhorizonte vor, welche tiefergelegene Grundwasserhorizonte beherbergen (STEINBRENER, 2011).

Im Süden wird das Gebiet durch das Festgestein am Nordrand des Ötztal-Stubaikristallins begrenzt. Das kristalline Grundgebirge (Schiefergneise und Glimmerschiefer des Ötztal-Kristallinkomplexes) ist nur in

wenigen Bereichen des Kemater Gemeindegebietes aufgeschlossen (z.B. im Wurzelbereich des Melach-Schwemmfächers).

Der Ötztal-Stubai-Komplex bildet einen Teil der ostalpinen Decken, welche während der alpidischen Orogenese über die penninischen Einheiten geschoben wurde. Dieser Kristallinkomplex besteht zu einem überwiegenden Teil aus amphibolitfaziell geprägten Metamorphiten. Am Ostrand wird der Ötztal-Stubai-Komplex vom gering metamorphen Brennermesozoikum primär sedimentär überlagert (RODE, 2008).

2.1. Hydrogeologie

Im Bereich des Inntales zwischen Zirl und Innsbruck besteht ein durchschnittlich 1 bis 3 km breiter Talgrundwasserstrom (Inn-Begleitstrom). Die Mächtigkeit des oberen Grundwasserleiters beträgt rund 25-50 m (vgl. Amt der Tiroler Landesregierung, Wasser-Grundwasservorkommen in Tirol, 1977). Der Untergrund setzt sich vorwiegend aus gut sortierten Kiesablagerungen mit wechselgelagerten Sandlinsen zusammen. Darunter befinden sich weitere quartäre Horizonte aus Sanden und Kiesen sowie Grundwasserhorizonte, wobei dieser Bereich bislang nur spärlich untersucht ist.

Der Inntalboden selbst ist von mächtigen quartären Lockersedimenten gefüllt, die eine Mächtigkeit von bis zu 160-200 m u GOK aufweisen können (Gruber *et al.*, 2003; Preusser *et al.*, 2011; Steinbrener, 2011). Dabei wechseln Kieshorizonte mit mächtigen, feinkörnigen, aus sandig-tonigen Ablagerungen bestehenden Sedimenten ab, sodass die Existenz von mehreren, übereinander gelagerten Grundwasserhorizonten des Typs „leaky aquifer“ erklärt werden kann [vgl. Aric (1976), Bortenschlager (2003), Brüggemann (1992), Draxler (2003), Figala (1987), Magiera (2003), Patzelt (1972 und 1996), Van Husen (1990 und 2000)].

3. Voruntersuchungen

3.1. Geophysik

Im gegenständlichen Untersuchungsgebiet wurden 2 sich kreuzende Profile mit Auslage-längen von jeweils 470 m angelegt. Der Geophonabstand in den Profilen betrug 10 m. Die seismische Anregung erfolgte durch Kleinsprengungen in ca. 1,5 m Tiefe an mindestens 11 Punkten pro Auslage (48 Kanäle). Die Geophonsignale wurden mit zwei 24-kanaligen Bison-7024-Apparaturen registriert. Das Profil Ke1 verläuft WNW – OSO und das Profil Ke2 nahezu senkrecht dazu SSW NNO. Die Geophon-Erst-Einsatzzeiten wurden für jeden Schuss angerissen (Programm: FIRSTPIX)

und die resultierenden Laufzeitkurven durch ein eben geschichtetes Modell nach der Interceptzeitmethode interpretiert. Anschließend wurde die Deckschichtmächtigkeit und die Refraktorgeschwindigkeit unter jedem Geophonpunkt mit der General Reciprocal Methode bestimmt (Programm: GREMIX). Die durch die Refraktionseismik bestimmten Schichten unterschiedlicher Schallgeschwindigkeit wurden als Profilplots dargestellt.

Die geophysikalischen Untersuchungen aufgenommen in 2 Profilen Ke1 und Ke2 zur Erkundung des Untergrundes im Bereich der geplanten Probebohrung erbrachten Hinweise auf den mehrschichtigen Aufbau der Sedimentfolge, welche für die Bohrpunkt-Optimierung der Probebohrung GW70320081 genutzt

wurde. Die 3 Auswertemethoden, klassische GRM-Auswertung, tomographische Inversion und Delta-t-v-Inversion zeigen ein kongruentes Bild der Schichtabfolgen auf beiden Profilen.

Unter einer 5 – 6 m locker gelagerten Schicht finden sich stärker verdichtet Lockersedimente bis maximal 70 m die ab ca. 35 m wassergesättigt sind. Darunter zeigt sich eine relativ stark verdichtete Schicht aus Lockergestein mit Geschwindigkeiten über 2400 m/s, die üblicherweise zwar schon typisch für Festgesteine ist, aber hier aufgrund der Bohrungen in der Nähe des Messareals eher als Sand-Schluff Komplex identifiziert wird, die ebenfalls Geschwindigkeiten von 2400 – 2800 m/s erreichen kann. Das darunter liegende Festgestein zeigt sich nur in der Delta-t-v-Interpolation in einer Tiefe von maximal 160 - 180 m.

3.2. Probebohrung GW70320081

Aufgrund der positiven Resultate der refraktionsseismischen Untersuchung konnte ein Bohrpunkt für eine Probebohrung festgelegt werden. Zwischen Februar und Juli 2018 wurde die Probebohrung GW70320081 von der Firma ABT WASSER- UND UMWELTTECHNIK GMBH (Daimlerstraße 2, 87719 Mindelheim) bis eine Tiefe von 115,3 m u GOK niedergebracht.

Um die projektierte Endteufe erreichen zu können und einen Ausbau für einen Pumpversuch herstellen zu können mussten unterschiedliche Bohrverfahren angewandt werden mit mehrmaligem Wechsel des Bohrgerätes:

- 0 bis 49m unter GOK (DN508): „Direktes Symmetrixbohren“ (© Geomechanik-ABT)

Das anfallende Bohrgut wird über Druckluft zwischen dem Bohrgestänge und der mitgeführten Verrohrung nach Übertage abgefördert (keine Kerngewinnung)

- 49 bis 116m unter GOK (DN100): „weiterentwickeltes Rammkernverfahren“ (© Geomechanik-ABT)

Durchgehende Kerngewinnung – ungestörte Probe

Der Bohrgutaustrag erfolgt über das Innenrohr des Doppelwandgestänges (relativ kleiner Querschnitt). Das abzufordernde Bohrgut hat keinen Kontakt zur Bohrlochwand (ungestörte Probe für weitere Untersuchungen – z.B. Siebanalysen, Schwermineralanalysen usw.)

Bohrtechnisch handelt es sich bei der Probebohrung um ein sehr anspruchsvolles Bauwerk am Limit der heutzutage technischen Möglichkeiten. Insbesondere die harten und mächtigen Gneisblöcke des Melach-Schwemmfächers, die teils durch Auftrieb gekennzeichneten Sandlagen des trennenden Sand-/Schluffkomplexes, aber auch die lockere Lagerungsdichte der tiefen Inn-Kiesschichten stellten extrem große bohrtechnische Herausforderungen dar.

4. Ergebnisse

Der Nachweis von stark wasserführenden Inn-Kiesschichten (teil-gespannter Aquifer) unter dem Sand-Schluff-Komplex konnte positiv erbracht werden.

Nachstehend werden die im Bohrvortrieb (Probebohrung GW70320081) angetroffenen Lockergesteine in der Reihenfolge ihres Auftretens beschrieben:

1. **0,00 - 41,00 m u GOK** (Melach Fazies) - Schwemmfächer - (typische Schwemmfächer- bzw. Murschuttsediment aus Sand, Kies, Steine mit reichlich eingelagerten Kristallinblöcken /Findlingen (Gneise, Granatamphibolite), sehr schwer zu erbohren
2. **27,00 - 41,00 m u GOK** Melach Fazies (weitgestuftes Sand-, Kies Gemisch, GW-führend ab ca. 35 m, oberer GW-Horizont)
3. **41,00 - 72,00 m u GOK** trennender Sand-Schluff Komplex – feinkörnige Stillwassersedimente (spätglaziale Egesen (Allerød) –Interstadial See Ablagerungen - lakustrin). Melach Fazies (Zungenbecken)
4. **72,40 -113,00 m u GOK** Inn Fazies
 - 4a. **72,00 – 84,00** weitgestuftes Sand-, Kies Gemisch
 - 4b. **84,00 – 94,00 m u GOK** matrixgestützter Diamikt mit mäßig gerundeten Komponenten, schwer zu bohren.
Als Ausschmelztill (meltout till) interpretiert.
 - 4c. **94,00- 113,00 m u GOK** weitgestuftes Sand-, Kies Gemisch. Leitgeschiebe Julier Granit als Hinweis für Inn-Fazies
5. **113,00 -115,30 m u GOK** hart gelagerter, matrixgestützter Diamikt, feinkiesig (sandiger Matrix sowie eingelagerten feinkiesigen, gut gerundeten Komponenten). Als Grundmoräne interpretiert.

4.1. Pollenanalyse

Die Bohrkern der ggst. Aufschlussbohrung GW70320081 wurden für eine mögliche AMS Datierung evtl. vorhandenen biologischen Materials stichprobenartig auf z.B. ihre Pollenführung untersucht. Die Stichproben aus 58, 70, 89 und 113 lfm ergaben keine entsprechende Pollenfracht. Vertiefte Untersuchungen aus den konservierten Bohrkernen der ggst. Probebohrung (Inliner) sollen im Zuge der weiteren Projektbearbeitung noch folgen.

4.2. Altersdatierung

Bei den Bohrarbeiten für den Entnahmehrunnen GW70320078 (K+U Projekt 2017010) konnten organische Reste aus dem Sand/Schluff Komplex gewonnen und eine Altersdatierung des Sedimentes durchgeführt werden. Die C14 – Datierung eines Wurzelstückes – gefunden in einer Teufe von ca. 565,5 m ü A – ergab

ein Alter von 11.500 ± 40 BP (13.440 – 13.267 cal BP). Dieser Umstand lässt diese Sedimente der spätglazialen Phase (Ende des Allerød-Interstadials) zuordnen (Friedrich et al., 2001).

4.3. Schwermineralanalyse

Insgesamt wurden von jeder Probe mindestens 400, meist zwischen 500 und 700 Körner ausgezählt, wobei folgende Minerale erfasst wurden: Granat, Hornblende, Epidot/Zoisit, Apatit, Staurolith, Disthen, Turmalin, Zirkon, Rutil und Titanit. Vereinzelt wurden auch Körner von Andalusit und Sillimanit und einigen anderen, nicht aussagekräftigen Mineralen festgestellt (KRAINER, 2012).

Generell zeigen rezente Sande des Inn und der Melach deutliche Unterschiede, vor allem im Anteil an Staurolith: Sande aus dem Einzugsgebiet der Melach zeigen im Vergleich zum Inn (bei Kranebitten) deutlich höhere Gehalte an Staurolith. Die Gehalte an Apatit sind in den Innsanden etwas höher als in den Sanden der Melach. Sowohl Sande des Inn als auch der Melach werden dominiert von Granat und Hornblende, auch Epidot/Zoisit ist in etwas höheren Anteilen enthalten. Zirkon, Turmalin, Rutil und Titanit kommen sowohl in den Sanden der Melach als auch des Inn nur in geringen Mengen vor. Andere Schwerminerale (Andalusit) wurden nur in Form einzelner Körner beobachtet.

Bei den untersuchten Proben aus der Bohrung enthalten die Proben AW180218, AW180219, und AW180221 etwas geringere Gehalte an Staurolith und etwas höhere Gehalte an Apatit, außerdem zeigen diese Proben einen hohen Karbonatanteil und sind daher als Innsedimente zu betrachten. Die Proben AW180359, AW180360, AW180361 und AW180362 sind dagegen aufgrund der höheren Staurolithgehalte und geringeren Apatit-Anteile dem Einzugsgebiet der Melach zuzuordnen. Die Probe AW180220 ist dagegen nicht eindeutig zuordenbar, etwas höhere Apatitgehalte sprechen eher für Ablagerungen des Inn.

	AW 180218	AW 180219	AW 180220	AW 180221	AW 180359	AW 180360	AW 180361	AW 180362
Zirkon	2,1	3	2,7	3,1	2	0,4	1,5	1,5
Turmalin	0,5	0,9	0,5	0,6	0,7	0,4	0,6	0,1
Rutil	0,5	0,2	0,7	0,6	0,2	0,4	0,6	0,6
Granat	34,6	28	32	35,1	20,2	31	39,6	38,4
Apatit	7,2	9,8	9,7	6,2	5,4	2,2	4,8	2,3
Hornblende	36,5	48,2	36	40,5	51,7	36,7	33,4	27,1
Staurolith	9,7	4,3	11,9	5,4	10,2	24,4	13,9	24,1
Disthen	2,9	1,7	1,6	2	3,5	1,9	0,7	2,9
Epidot/Zoisit	5,5	3,5	4,5	5,7	5,2	2,6	5	2,7
Titanit	0,5	0,4	0,4	0,8	0,9	0	0	0,3

Tabelle 1:

Die Hauptkomponentenanalyse (PCA, principal component analysis) ist ein multivariates statistisches Verfahren zur Analyse eines Datensatzes mit verschiedenen voneinander abhängigen Variablen.

Im gegenständlichen Fall nutzen wir die PCA dazu, die wichtigsten Schwerminerale zur Unterscheidung der Sedimente des Melach-Schwemmfächers von denen des Inn zu identifizieren. Als Hauptkomponenten der Schwemmfächersedimente der Melach werden Turmalin, Apatit, Zirkon und Epidot ausgewählt. Die eben genannten Schwerminerale gruppieren also die Melachsedimente (Tiefenstufen 13-14m, 28-29m, 35-

36m und 50-51 m u. GOK) und grenzen sie von denen der Innkiese (Tiefenstufen 86-87m, 93-94m und 108-109 m u. GOK) ab, welche in ihrer Schwermineralzusammensetzung deutlich variabler sind. Der hohe Karbonatanteil in den Proben in den Tiefenstufen 86-87m, 93-94m und 108-109 m u. GOK bestätigt diese Kiese als Innsedimente.

Die Probe der Tiefenstufe 104-105 m u. GOK ist auf Grund der Schwermineralanalyse nicht eindeutig zuordenbar.

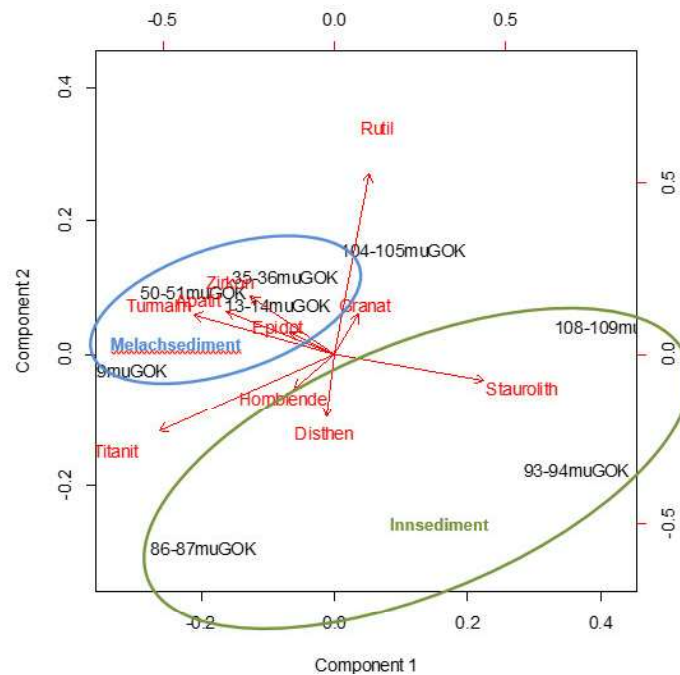


Abbildung 1 PCA Plot der Schwermineralproben der Probebohrung Kematen 2017020 (blau – Melachsediment, grün - Innsediment) (berechnet und dargestellt mit Hilfe der Statistik-Software GNU R)

4.4. Vorläufige Ergebnisse der Altersdatierung

Zum Zweck der Altersbestimmung der Wässer wurden aus der Probebohrung GW70320081 am Ende der Pumpversuche am 26.07.2018 bzw. am 01.08.2018 durch die Konsulenten folgende isopenhydrologische Proben entnommen und die Messergebnisse mit vorhandenen Messungen (GW70320058) des Untersuchungsgebietes verglichen:

- Bestimmung des Tritium-Gehaltes
- Bestimmung Sauerstoff-18/Deuterium

Die Proben wurden durch die Fa. Hydroisotop GmbH (akkreditiertes Prüflaboratorium nach EN ISO 17025) analysiert.

Die gegenständlichen vorläufigen Ergebnisse der Altersbestimmung sollen im Zuge des wasserwirtschaftlichen Versuches (2019-2021) durch weitere Untersuchung fortgesetzt sowie ggf. auf weitere

isotopenhydrologische Parameter (z.B. Datierung durch ^{85}Kr) erweitert werden, um bessere und detailliertere Interpretationsmöglichkeiten zu schaffen.

4.4.1. Tritium-Untersuchungen

Tritium (^3H) ist das einzige radioaktive Isotop von Wasserstoff mit einer Halbwertszeit von 12,32 Jahren [Lucas & Unterweger, 2000]. Es unterliegt dem β -Zerfall und zerfällt zu ^3He . Als Teil des Wassermoleküls H_2O nimmt es am Wasserkreislauf teil und ist somit ein idealer Tracer, da es das einzige Isotop ist, das tatsächlich das Grundwasser markiert. Es wird seit 1957 (erstmalig von Begemann und Libby) als Markierstoff zur Grundwasserdatierung verwendet [Clark & Fritz, 1997; Bauer et al., 2001; Aeschbach-Hertig, 2002]. Tritiumkonzentrationen werden in TU (tritium units) gemessen, dabei entspricht 1 TU in einem Liter Wasser etwa 0,119 Bq/L. Generell ist der Annahme zu folgen, dass das im Niederschlag vorhandene Tritium durch Versickerung in das Grundwasser gelangt und sich der Tritiumgehalt eines definierten „Wasserpaketes“ nur durch radioaktiven Zerfall mindert.

Anmerkung: Allgemein formuliert lässt sich Tritium als Tracer zur Altersbestimmung - infolge von komplexen Unsicherheiten – prinzipiell dazu verwenden einen Jungwasseranteil in einer Wasserprobe zu identifizieren. Über den Parameter Tritium ist eine absolute Altersbestimmung allerdings nicht möglich. Die resultierende Mittelverweildauer ist als indikative Information zu betrachten und stets im Kontext der vorliegenden hydrochemischen und hydrogeologischen Verhältnisse zu interpretieren.

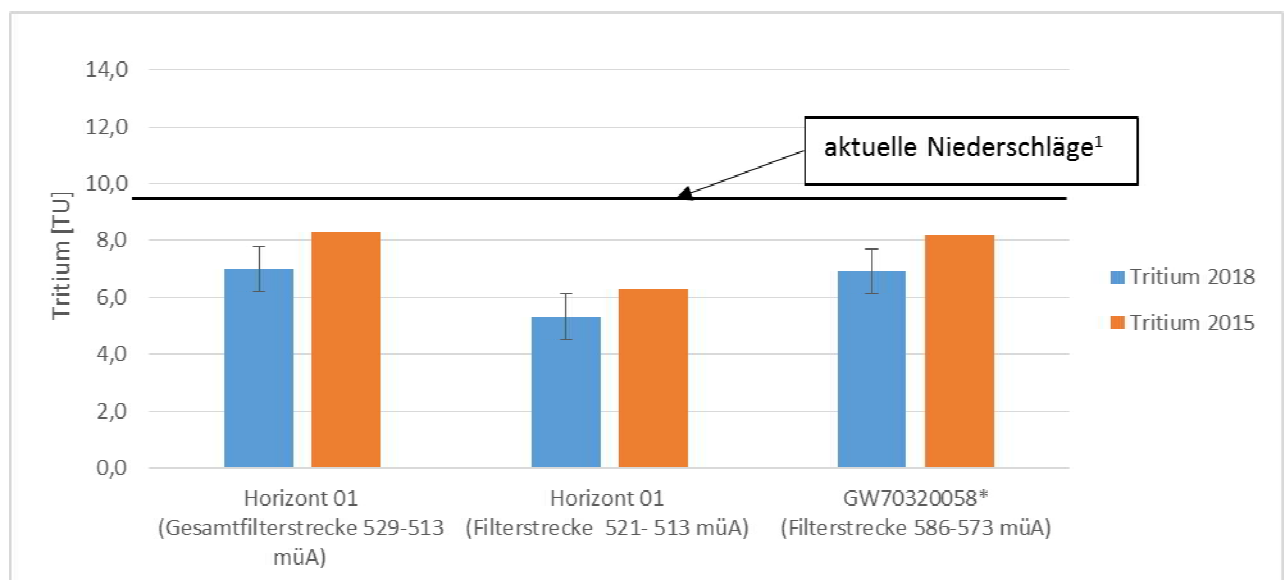


Abbildung 2: Grafische Darstellung der Tritiumgehalte

¹: Tritiumkonzentrationen aller ANIP-Niederschlagsstationen von 2010 bis 2012 (WASSERISOTOPENKARTE ÖSTERREICH. ERLÄUTERUNGEN. bmlfuw.gv.at); *: Brielmann, H., Humer, F. & Zieritz, I. (2015): Isotopenuntersuchungen an zusätzlichen Messstellen im Inntal. 27 S., Unpubl. Ber. Umweltbundesamt f. das Amt d. Tiroler Landesregierung, Innsbruck

Folgende Proben wurden am Ende der Pumpversuche aus der Probebohrung GW70320081 am 26.07.2018 bzw. 01.08.2018 aus dem Zielhorizont GW70320081-01 (ca. 529 - 513 m ü A) entnommen:

- Filterstrecken 93,7 -100,7 + 102,7-109,7 (abgepumptes Gesamtvolumen ca. 350 m³)
- Filterstrecke 102,7-109,7 mit Packer (abgepumptes Gesamtvolumen ca. 42 m³)

Die Ergebnisse liegen im Bereich von 5,3 (± 0,8) TU bis 7,0 (± 0,8) TU. Um eine Vergleichbarkeit der Tritium-Daten mit der *Wasserisotopenkarte Österreichs* zu erreichen, wurde in der u.a. Tabelle jede Tritium-Messung auf den Stichtag 15.07.2015 zerfallskorrigiert umgerechnet (siehe orange Balken in o.a. Abbildung 1).

Bezeichnung	Tritium [TU] (2018)	Tritium [TU] (2015)
Horizont 01 (Gesamtfilterstrecke 529-513 müA)	7,0	8,3
Horizont 01 (Filterstrecke 521- 513 müA)	5,3	6,3
GW70320058* (Filterstrecke 586-573 müA)	6,9	8,19

Table 2

4.4.2. Sauerstoff-18/ Deuterium-Untersuchungen

Die Isotope Sauerstoff-18/ und Deuterium sind Bestandteil des Wassermoleküls (H₂O) und bilden eine natürliche Markierung von verschiedenen Wasserpaketen. Normalerweise liegen $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^2\text{H}$ -Werte auf der meteorischen Wasserlinie (Abbildung 2).

Da die leichteren Isotope ¹⁶O und ¹H schneller verdunsten als die schwereren (¹⁸O, ²H) ist das Wasser in den Wolken bzw. im Regen leichter als Meerwasser. Daher ist die Abweichung vom Meerwasserstandard mit einem negativen (Minus-) Vorzeichen gekennzeichnet. Die Sauerstoff-18-Gehalte werden als Abweichung in Promille auf einen weltweiten Standard (SMOW „Standard Mean Ocean Water“ oder in Österreich V-SMOW „Vienna Standard Mean Ocean Water“) angegeben. Anhand der Sauerstoff-O18-Gehalte sind Aussagen zur Höhenlage des Neubildungsgebietes und somit zur Herkunft der Wässer möglich.

Die Ergebnisse zeigen Sauerstoff-18 Werte zwischen -13,33 ‰ und -13,49 ‰ (VSMOW). Zur Beurteilung wird die lokale Eichgeraden (Flauringer Tal) herangezogen (aus Bericht *ARGE Wasserversorgungsanlage Kematen – Ingenieurbüro Kirchebner – geo.zt Beratende geologen vom 15.10.2014*):

Bezeichnung	δO_{18} [‰]	Mittlere Höhe [müA]
Horizont 01 (Gesamtfilterstrecke 529-513 müA)	-13,33	ca. 1970
Horizont 01 (Filterstrecke 521- 513 müA)	-13,49	ca. 2060
GW70320058* (Filterstrecke 586-573 müA)	-12,25	ca. 1550
GW70320061**	-13,26 / -13,07	ca. 1960 / ca. 1890
Inn MO1**	-14,20 / -13,92	ca. 2340 / 2270
Inn MO2**	-14,19 / -13,93	ca. 2340 / 2270
Inn MO3**	-13,85 / -14,00	ca. 2200 / 2280
Melach MO1**	-13,43 / -13,32	ca. 2050 / 1970
Melach MO2**	-13,45 / -13,32	ca. 2050 / 1970

Tabelle 3

*: Brielmann, H., Humer, F. & Zieritz, I. (2015): Isotopenuntersuchungen an zusätzlichen Messstellen im Inntal. 27 S., Unpubl. Ber. Umweltbundesamt f. das Amt d. Tiroler Landesregierung, Innsbruck

** : ARGE Wasserversorgungsanlage Kematen – Ingenieurbüro Kirchebner – geo.zt Beratende geologen vom 15.10.2014)

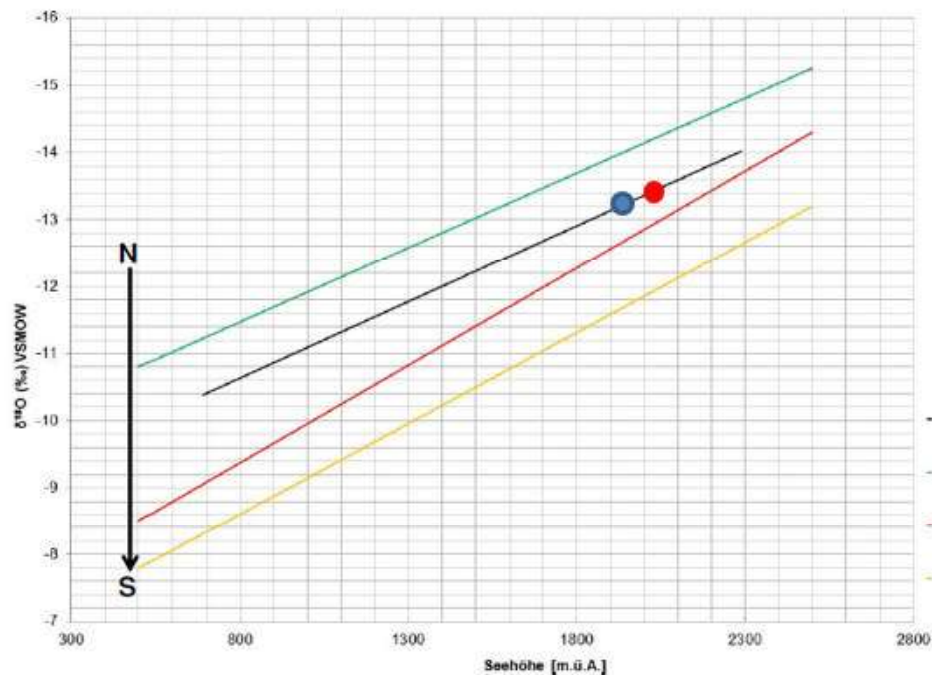


Abbildung 3: (Quelle: Gemeinde Kematen: ARGE Wasserversorgungsanlage Kematen, Ingenieurbüro Kirchebner, geo.zt beratende geologen, 2014, Bericht Geologie – Hydrogeologie, Talflur Kematen, Eichgeraden benachbarter Gebiete (grün = BEG, schwarz = Flauringer Tal, rot = Brenner, orange = Freienfeld), Korrelation zwischen Neubildungsgebiet und $\delta 180$ –Werte: schwarze Linie gültig für Flauringer Tal.

4.4.3. Interpretation der vorläufigen Ergebnisse der Altersdatierung

Mit der Klassifizierung aus der Wasserisotopenkarte Österreichs zeigt die Grundwasserprobe aus der Gesamtfilterstrecke Horizont 1 (93,7 -100,7 + 102,7-109,7) mit einem Wert von 8,3 TU (zerfallskorrigiert auf Mitte 2015) prinzipiell überwiegende Wasseranteile aus den 1960-70er Jahren.

Die Probe aus der tieferen Filterstrecke Horizont 1 (102,7-109,7 m u GOK) zeigt abweichend von der Gesamtstrecke eine geringere Tritium-Konzentration von 6,3 TU (zerfallskorrigiert auf Mitte 2015). Dieser Umstand ist unter Betrachtung der Teufenlage als Mischwassersystem bestehend aus rd. 40 % älteren Wässern (> 60 Jahre) und rd. 60 % Anteil von Wässern aus der 1960-1970er Jahre zu interpretieren.

Zum Vergleich wird der obere, seichtere Horizont Entnahmehorizont GW70320058 (Brielmann *et al.*, 2015) herangezogen. Das Wasser des seichten Entnahmehorizontes zwischen 19,0 - 31,5 m u GOK, ca. 586 - 573,5 m.ü.A weist mit einem Tritiumwert von 8,19 TU eine höhere Jungwasserkomponente infolge „Tritium-Kontamination“ durch rezente Niederschlagswässer auf. Die deutliche Beeinflussung durch Niederschlags- und Oberflächenwasser wird auch durch die physikalisch-chemischen Grundwasseruntersuchungen hinsichtlich Nitrat- und Chlorid-Gehalten bestätigt.

Das Einzugsgebiet des Grundwasservorkommens lässt sich aus den O18-Untersuchung mit ca. 1970 - 2060 m ü A bestimmen.

5. Versuchsbrunnen GW70320082 / GW70320083

Aufgrund der positiven Erfahrung mit der Probebohrung werden zwei Versuchsbrunnen abgeteuft. Der mehrmalige Wechsel des Bohrverfahrens ist für den positiven Erfolg des Projektes entscheidend.

Die schwer zu erörternde Melachsedimente (ggf. Blöcke/Steine) werden durch Trockendrehbohrverfahren aus Bohrfählentechnik bzw. Gründungspfählen (Kellybohrung) erbohrt.

- **0 bis 49m uGOK (DN1500): Kellybohren** - zählt zu den gängigsten Trockendrehbohrverfahren und dient zur Herstellung von Bohrfählen mit großem Durchmesser (ab einer Größe von ca. 500 mm). Das Verfahren eignet sich für nahezu alle Boden- und Felsarten. Das Fördern des Baugrunds erfolgt mit relativ kurzen Drehbohrwerkzeugen, wie Schnecken, Kernbohrrohren, Eimern und Sonderbohrwerkzeugen. Charakteristisch bei diesem Verfahren ist das Bohrgestänge, die sogenannte Kellystange. Diese ist teleskopierbar und ermöglicht somit sehr große Bohrtiefen (aus Bohrgeräthersteller Homepage). Es wird ein Sperrrohr (DN1226) bis 49 m uGOK verlegt und mit dem Sand-Schluff Komplex eingebunden.
- **49 bis 111,9 m uGOK (1080/762) Greiferbohren** – ist ein Trockenbohrverfahren. Der Baugrund wird, je nach verwendetem Werkzeug, schneidend oder schlagend gelöst. Als Werkzeug hängt ein Bohrgreifer, Meißel oder Sonderwerkzeug an einem Seilbagger. Je nach Bodenart werden Bohrungen mit diesen Verfahren bis ca. 75 m abgeteuft.

Besonders problematisch ist die hohe Wasserauflast, welche zum Teil den Bohrvortrieb behindert. Durch das Beherrschen der z.T. extremen hydrostatischen Druckverhältnisse konnte die Greiferbohrung bis zu einer Tiefe von ca. 112 m abgeteuft werden.

6. Hydraulische Parameter

Um die hydraulische Durchlässigkeit zu bestimmen wurden am 24.07.2018, 25.07.2018 und 26.07.2018 an dem Pegel GW70320081-01 (Endteufe 110 m) die Kurzpumpversuche 1,2 und 3 durch die Fa. ABT durchgeführt. Die hydrologische und hydrogeologische Konzipierung und Betreuung erfolgte durch den Konsulenten. Die Kurzpumpversuche wurden als 3-stufiger Pumptest ausgelegt. Die Absenkungen sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Datum	Pumpstufe	Leistung	max. Absenkung Pegel 1 (110m) (Pumpepegel)	max. Absenkung Pegel 2 (89m) (Beobachtungspe- gel)	max. Absenkung Pegel 3 (41m) (Beobachtungspe- gel)
		[L/s]	[m]	[m]	[m]
24.07.2018	PST-1	8,3	5,72	0,16	0,31
	KZP-1 PST-2	9,6	7,75	0,17	0,33
25.07.2018	PST-1	9,3	5,35	0,19	0,47
	KZP-2 PST-2	13	8,55	0,25	0,47
	PST-3	15,7	k. Beharrung	0,28	0,47
26.07.2018	PST-1	10,7	6,61	0,23	0,48
	KZP-3 PST-2	15,6	10,99	0,32	0,48
	PST-3	14	9,71	0,29	0,47
Brunnenentwicklung am 31.07.18					
01.08.2018	PST-1	16	6,79	0,1	-

Tabelle 4: Ergebnisse der Kurzpumpversuche

Die Ergebnisse wurden mit verschiedenen Modellen ausgewertet (gespannter Aquifer nach Theis bzw. Cooper und „leaky“ Aquifer nach Hantush).

Sonde	Datum	Pumpstufe	Förderleistung [L/s]	K _f -Wert nach Theis [m/s] (gespannt)	K _f -Wert nach Cooper [m/s] (gespannt)	K _f -Wert nach Hantush [m/s] (leaky)
GW081/1 (110 m)	24.07.2018	PST-1	8,3	1,07 x 10 ⁻⁴	-	-
		PST-2	9,6			
	25.07.2018	PST-1	9,3	1,07 x 10 ⁻⁴	9,92 x 10 ⁻⁵	1,42 x 10 ⁻⁴
		PST-2	13			
		PST-3	15,7			
	26.07.2018	PST-1	10,7	1,12 x 10 ⁻⁴	1,93 x 10 ⁻⁴	1,14 x 10 ⁻⁴
		PST-2	15,6			
		PST-3	14			
	K_f - Mittelwert				1,25 *10⁻⁴ m/s	
Nach Brunnenentwicklung						
GW081/1 (110m)	01.08.2018	PST-1	16	4,8 x 10⁻⁴ m/s		

Tabelle 5

7. Hydrogeologische Charakterisierung

Der Verlauf der Ganglinien (Datenlogger mit 15-Minuten Messungsintervall) zeigt, dass das Grundwasserregime von den Inn-Wasserständen dominiert wird. Der ggst. Aquifer lässt sich als Inn-Grundwasser-Begleitstrom charakterisieren, wobei der Einfluss des Inns (Amplitude) mit zunehmender Entfernung zur Vorflut abnimmt.

Das typisch „winternivale“ Abflussregime des Inn mit der Bezeichnung „WIN - Charakteristik: deutlich“ (vgl. UBA 1996) ist auch auf die Grundwasserscharakteristik übertragbar. Der Grundwasserstand zeigt alljährlich in Korrelation zu den Abflussverhältnissen am Inn bei Einsetzen der Schneeschmelze in den Monaten April bis Mai einen kräftigen Anstieg, erreicht das Maximum im Juni / Juli, fällt dann und erreicht sein Minimum im Februar bis März. Besonders hohe Grundwasserverhältnisse (Extremwerte) resultieren im Juni bis Juli, wenn sich hohe Grundwasserverhältnisse mit zusätzlichen Hochwasserspitzenabflüssen am Inn, bedingt durch Starkregenereignisse oder langanhaltende Regenperioden, mit hohen Temperaturen und fortdauernder Schneeschmelze im Hochgebirge, überlagern.

Durch die Beobachtung des Wasserstandes des Oberflächenwasserpegels Inn-Zirl in Verbindung mit einer kontinuierlichen Beobachtung des Grundwasserstandes bei der Probebohrung (Horizont 01 – 93-110 m uGOK; Horizont 03, 40 m uGOK) könnte die folgende zeitliche Korrelation im Fall des Hochwasserereignisses (HW30) von Juni 2019 feststellen:

Tabelle 6

Messstelle	HW-Wert (Datum)	Abstand Inn	Zeitabstand
Pegel Inn-Zirl	595,364 (13.06.19 03:45 Uhr)	0	-
GW70320062	588,500 (16.06.19 14:00 Uhr)	700 m	ca. 82 h
GW70320081-01	589,610 (10.07.19 10:45 Uhr)	1600 m	ca. 27 T 7h
GW70320081-03	589,588 (10.07.19 16:15 Uhr)	1600 m	ca. 27 T 12 h

Dadurch kann man bestätigen, dass die wasserführenden Horizonte bei der Probebohrung im Rahmen des Inntal - „leaky“ Aquifers hydrostatisch verbunden sind.

8. Schutz und Schongebiete

8.1. Schutz der unmittelbaren Fassungsbauwerke (Zone I)

Unter Einhaltung brunnentechnischer Baugrundsätze und einschlägiger Leitlinien kann das Schutzgebiet der Zone I auf das direkte Brunnenbauwerk bzw. -schacht beschränkt werden. Gegen den unbefugten Zutritt sind die Anlagen entsprechend abzusichern.

8.2. Schutzgebiet Zone II

Die Schutzzone II (bakteriologische Schutzzone) kann generell entfallen, da sich das teil-gespannte Grundwasser als Tiefengrundwasser erwiesen hat. Neben der dichten Deckschichte ist eine ausreichend lange Verweilzeit des Grundwassers im Untergrund gewährleistet.

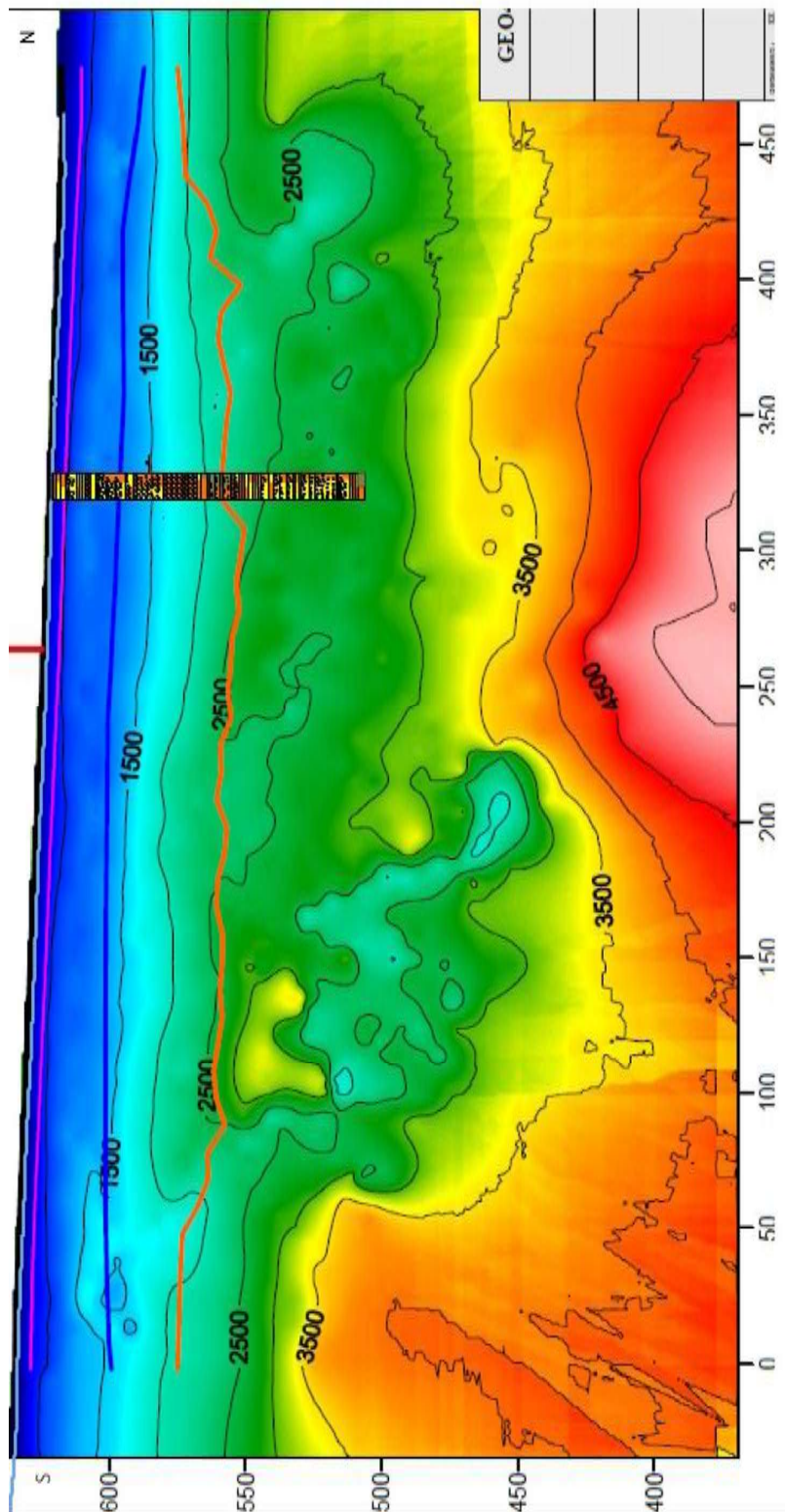
Beim gegenständlichen Aquifer handelt es sich um einen teilgespannten Grundwasserkörper mit einer ca. 30 m mächtigen, dichten, flächenhaft ausgebildeten Deckschicht über dem genutzten Grundwasserzielhorizont. Der beschriebene Schluff-/Sandkomplex schützt den genutzten Grundwasserhorizont gegen Einwirkungen, insbesondere Verunreinigungen von der unmittelbaren Erdoberfläche. Auf die Ausweisung eines Schutzgebietes II kann daher verzichtet werden.

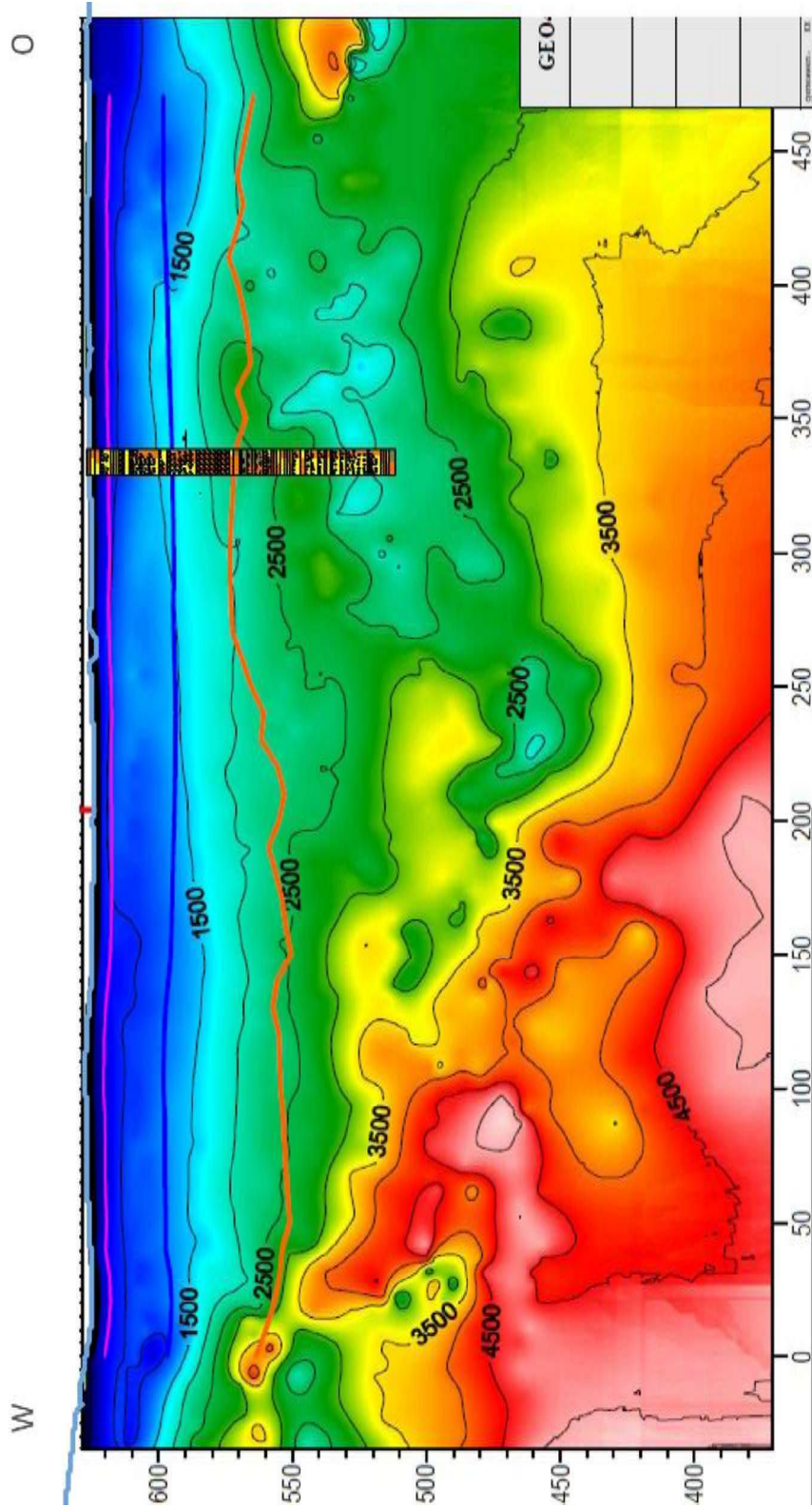
8.3. Schutz des Einzugsgebiets (Zone III)

Gegenstand des ggst. Wasserwirtschaftlichen Versuches ist die Erhebung des Einzugsgebietes sowie die Ableitung von erforderlichen Schutzgebiets-Geboten und Verboten im Einzugsbereich.

Anhang

Profil Ke1 und 2 mit Bohrprofil GW70320081(Probebohrung). Bearbeitung K+U





Direktes Symmetrixbohrverfahren (© Geomechanik-ABT) Bohrung \varnothing DN 500 (14.02.-27.02.2018) 0,0-49,0 lfm



RB50-Bohrgerät, Gerät 7502, LKW 6414,
Bauweise Nr. 9506, 5267



Stahlrohr DN 500, Doppelwandgestänge für
Imlochhammer



Imlochhammer 12"



Weiterentwickeltes Rammkernverfahren mit Spülung und Doppelkernrohr (© Geomechanik-ABT) \varnothing DN 244/178; mit Rammkern (Inliner) \varnothing DN100 (05.03.-22.03.2018) 49,0 – 115,3 lfm



RB30-Bohrgerät, Gerät 7308



Rammkernanlage



Doppelkernrohr mit PE-Inliner DN100



Kellybohrung 0-49 m uGOK



Blöcke aus Melach Schwemmfächer



Kellybohranlage (bis 49 m uGOK)



Greiferbohranlage (von 49 bis 112 m uGOK)

