



universität
wien

DISSERTATION

Titel der Dissertation

Quartär- und Hydrogeologie der Traun-Enns-Platte
im Bereich Kremsmünster – Bad Hall, Oberösterreich

Verfasser

Mag.rer.nat. Wolfgang Straka

angestrebter akademischer Grad

Doktor der Naturwissenschaften (Dr.rer.nat.)

Wien, im Dezember 2008

Studienkennzahl lt. Studienblatt: 091 432

Dissertationsgebiet lt. Studienblatt: Technische Geologie

Betreuer: Ao. Univ.-Prof. Dr. Hermann Häusler

Gewidmet meinem Vater Ernst Straka
zu seinem 80. Geburtstag

VORWORT

Die vorliegende Arbeit zur Quartär- und Hydrogeologie der Umgebung von Bad Hall entstand aus Projektarbeiten des Instituts für Geologie der Universität Wien für die OÖ Landesregierung unter dem Titel „Tiefengrundwasser Traun-Enns-Platte“, die von Univ. Prof. Dr. Hermann Häusler, Univ. Wien, geleitet sowie unter Mitwirkung von Mag. Philip Leopold, dzt. ARC Seibersdorf research GmbH, und des Verfassers durchgeführt wurden.

Die Arbeiten wurden im Herbst 1996 begonnen und sollten ursprünglich nur die Hydrogeologie des Raumes St. Florian–Steyr–Sierning (Sachbearbeitung: Mag. Leopold) betreffen. Schon im Zuge der Präsentation der ersten Ergebnisse im Frühsommer 1997 wurde eine zunächst nur kurzfristig gedachte Ausweitung der Untersuchungen auf das westlich anschließende Gebiet bis zum Kremstal beschlossen. Schließlich wurde aber zu Anfang 1998 ein separates Teilprojekt für den Raum Kremsmünster–Wartberg an der Krems–Bad Hall durch die OÖ Landesregierung beauftragt und in weiterer Folge dem Verfasser zur Sachbearbeitung übertragen.

Die Ergebnisse aller vorerwähnten Untersuchungen wurden in mehreren Teilberichten an den Auftraggeber dargestellt: Häusler & Leopold 1997, Häusler & Leopold 1998, Häusler & Straka 1998 sowie Häusler & Straka 1999. Auf Basis der beiden zuletzt genannten Berichte bzw. der darin mitgeteilten Ergebnisse entstand die vorliegende Arbeit.

Durch die oben angeführten Projektarbeiten wurde letztlich eine Gesamtdarstellung der hydrogeologischen Situation im Ostabschnitt der Traun-Enns-Platte erarbeitet. Das Ziel war aber grundsätzlich, ein qualitatives Grundwasser- bzw. Grundwasserfließmodell unter besonderer Beachtung schützenswerter Grundwasservorkommen auszuarbeiten. Die Ergebnisse sollten auch eine Entscheidungsgrundlage für wasserwirtschaftliche Planungen zur Verfügung stellen.

Zur Frage schützenswerter Tiefengrundwasservorkommen war dabei in Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit vorab folgendes zu bedenken:

Im Teilgebiet West bzw. in der Umgebung von Bad Hall enthalten die Molassegesteine Formationswässer, die vereinzelt sogar zu Tage treten und gewiss als schützenswert gelten können. Diese Tiefengrundwässer werden jedoch schon lange balneologisch genutzt und sind daher bereits gut untersucht und waren auch Anlass zur Einrichtung eines weit reichenden Grundwasserschongebietes. Die vorliegende Untersuchung bezieht daher diese Formationswässer zwar – auf Basis der veröffentlichten Literatur – in die hydrogeologische Modellerstellung mit ein, konzentriert sich aber vor allem auf die hydrogeologischen Zusammenhänge oberhalb der balneologisch interessanten Grundwasserhorizonte bzw. Speichergesteine.

Um eine geeignete Differenzierung der verschiedenen Grundwasserhorizonte bzw. einen Überblick über die möglichen Beziehungen der zahlreichen Speichergesteine untereinander zu erhalten, war es zudem nötig, detaillierte Vorarbeiten zur Quartärgeologie des Untersuchungsgebietes durchzuführen. Aus diesen Gründen bildet die Quartärgeologie neben der Hydrogeologie des Untersuchungsgebietes einen zweiten Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit.

DANK:

An erster Stelle fühle ich mich dem Leiter der Projektarbeiten und Betreuer der vorliegenden Arbeit Herrn Univ. Prof. Dr. Hermann Häusler verbunden. Er war stets um fachliche, organisatorische, moralische und auch finanzielle Unterstützung seiner Mitarbeiter bemüht. Er war sehr geduldig in der schwierigen Ausarbeitungsphase, als es darum ging, aus den (zu) vielen Informationen, die gesammelt worden waren, sinnvolle Gliederungsmöglichkeiten und Zusammenhänge herauszuarbeiten und in einem übersichtlichen Bericht zu verarbeiten. Ich danke ihm für die Bereitschaft, mich am Weg vom Projektsbericht zur Dissertation zu begleiten, und habe seine Geduld auch seither wieder beansprucht, da ich neben meiner beruflichen Tätigkeit die damaligen Ergebnisse zur vorliegenden Arbeit neu ausarbeiten musste.

Zu Dank verpflichtet bin ich weiters den Herren HR Dr. Wolfgang Leichtfried und Dr. Harald Wimmer, Geologen im Amt der OÖ Landesregierung in Linz. Sie haben die Beauftragung der Projektarbeiten sowie deren Ausweitung in mein späteres Untersuchungsgebiet initiiert und darauf hin gewirkt, dass sich die freundliche Aufnahme der ersten Ergebnisse in der Beauftragung eines erweiterten Untersuchungsprogramms niedergeschlagen hat. Nur dadurch konnten die Arbeiten über die Stufe bloßer Vorerhebungen hinaus vorangetrieben und letztlich ein Gesamtüberblick erarbeitet werden.

Herr DI Dr. Dieter Rank, vorm. Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal in Wien, hat die isotopengeophysikalischen Messungen an ausgewählten Grundwasserproben geleitet und durch sein persönliches Interesse an den Ergebnissen bzw. Bereitschaft zu einer ausführlichen Erörterung derselben wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Mag. Philip Leopold, dzt. ARC Seibersdorf research GmbH, Seibersdorf, führte die Projektarbeiten im Gebiet St. Florian–Steyr–Sierning durch. Im Zuge der Geländearbeiten hatten wir in einem Bauernhof bei Kremsmünster unser gemeinsames Quartier, waren ständige Gesprächspartner füreinander und wurden Freunde.

Helmut Leopold danke ich für seine unermüdliche Hilfe bei Durchführung der hydrochemischen Tests vor Ort im Zuge unserer Messkampagne im Sommer 1997.

Die Herren Dr. W. Nachtmann und Dr. H. Polesny, Rohöl-Aufsuchungs AG Wien, waren so freundlich, geologische Profilbeschreibungen einiger Produktionsbohrungen im Bereich des Feldes Voitsdorf zur Verfügung zu stellen.

Pater Amand, Stift Kremsmünster, Herr Johann Grasl, Wasserverband Kurbezirk Bad Hall, dzt. Bürgermeister von Bad Hall, und Herr Univ. Doz. Dr. Hermann Kohl, Linz, sowie Herr wHR DI Gernot Pfeil, vorm. Landeskuranstalt Bad Hall, hatten Zeit für informative Gespräche und stellten bereitwillig ihr Wissen sowie Unterlagen zur Verfügung. Aus denselben Gründen bin ich zahlreichen Mitarbeitern im öffentlichen Dienst der Gemeinden Kremsmünster, Rohr im Kremstal, Bad Hall, Waldneukirchen, Adlwang, Nussbach und Wartberg an der Krems sowie der Bezirkshauptmannschaften in Steyr und Kirchdorf an der Krems zu Dank verpflichtet, die ich namentlich gar nicht mehr nennen kann.

Ganz allgemein muss ich mich bei den Einwohnern und das heißt insbesondere den Eigentümern der landwirtschaftlichen Betriebe im Untersuchungsgebiet bedanken. Sie haben eine bemerkenswerte Bereitschaft an den Tag gelegt, mich an ihre Quellen und Brunnen heran zu lassen, auf Fragen einzugehen und ihre Beobachtungen mitzuteilen. Auch dies hat mir die Aufent-

halte vor Ort sehr angenehm gemacht und mir darüber hinaus einen Eindruck vermittelt, wie sehr eine große Mehrheit auch im Bereich der Landwirtschaft durchaus bereit ist, sich der Grundwasserproblematik im landwirtschaftlich intensiv genutzten Raum zu stellen.

Franz und Theresia sowie Manfred und Hans-Peter Zwicklhuber, Kremsmünster, danke ich darüber hinaus für die geradezu familiäre Aufnahme über insgesamt fünf wunderbare Monate auf ihrem Hof.

Friederike Hintermüller hat meine Bemühungen stets mit Anteilnahme verfolgt und den Text zuletzt auf Schreibfehler, Stilblüten und (besonders) schwer verständliche Passagen durchgesehen.

All den genannten Personen danke ich nochmals herzlich. Keine der genannten Personen ist jedoch für irgendeinen Teil der hier vorgetragenen Inhalte bzw. Schlussfolgerungen verantwortlich.

ZUSAMMENFASSUNG

Die **Traun-Enns-Platte (TEP)** ist eine Landschaftseinheit, die größtenteils innerhalb der Molassezone, im südlichen Randbereich teilweise auch in der Flyschzone, situiert ist und gegen Süden durch den morphologischen Alpenrand sowie durch die Flüsse Traun, Donau, Enns und Steyr begrenzt wird. Weite Teile davon sind eine vordergründig recht wenig gegliederte Hochfläche („Platte“). Dies ist vorwiegend dadurch bedingt, dass die Oberflächengestaltung durch alt- und mittelpleistozäne Moränenwälle, größtenteils aber durch zugeordnete fluviatile Schüttungen in Form von riesigen Schwemmfächern dominiert wurde. Morphologisch akzentuiert sind am ehesten die Moränenwälle beiderseits des Kremstales zwischen Wartberg und Kremsmünster. Die Auswirkungen der jungpleistozänen Vereisungen beschränkten sich auf die präexistierenden Talzüge. Zwei größere Flüsse, die Alm und die Krens mit ihren Zubringern, haben sich in diese Hochfläche und auch bis tief in den Molasseuntergrund eingeschnitten und im Zuge dessen breite Sohlentäler ausgebildet.

Ins Blickfeld der Forschung rückte die TEP an der Wende zum 20. Jh., als das Gebiet aus mehreren Gründen interessant wurde: Albrecht Penck entdeckte die TEP für die Quartärgeologie. Er fand hier sein in Bayern aufgestelltes Vier-Eiszeiten-System bestätigt. Wesentliche Fortschritte wurden erst viel später wieder in Zusammenhang mit der Bearbeitung der Paläoböden in den altpleistozänen Kiesschüttungen bei Kremsmünster erzielt. Ähnlich begann erst lange nach dem ersten – noch zufälligen – Gasfund bei einer Brunnenbohrung in Wels 1892 sowie einer ersten erfolglosen Prospektionsphase schließlich ab ca. 1943 auch die Kohlenwasserstoffexploration mit damals neuen Methoden bedeutende Kenntnisse beizutragen. Die Umgebung von Bad Hall war darüber hinaus schon seit Mitte des 19. Jh. auch wegen der Jodwasser-Vorkommen interessant, für die man erstmals in den 50er-Jahren erfolgreich (nach geochemischen Gesichtspunkten) prospektierte und dabei auch von der Bohrtätigkeit der RAG profitierte. Ein vorläufig stabiler Kenntnisstand wurde in weiterer Folge durch die Bearbeitung zahlreicher Aufschlüsse durch den Autobahnbau und eine rege öffentliche und private Bautätigkeit sowie durch die etwa gleichzeitigen Arbeiten für den Oberösterreich-Atlas in den 50er- und 60er-Jahren erreicht. In den 60er-Jahren wurde die TEP darüber hinaus auch als Grundwasserreservoir für die Städte Linz und Wels interessant, und auch viele kleinere Gemeinden begannen öffentliche Wasserversorgungsanlagen zu errichten. Auf Basis der insgesamt ca. 13.000 Schussbohrungen der RAG und geoelektrischen Messungen konnten die Gestalt der Molasseoberfläche unter quartärer Bedeckung und damit vielerorts sogenannte „Schlierrinnen“, also Rudimente alter Entwässerungssysteme, als Leitlinien der Grundwasserbewegung ausfindig gemacht werden. Sie werden auch heute noch als erstrangige Ziele der Grundwasserprospektion in der TEP angesehen.

Die vorliegende Studie wurde unternommen, um Hintergrundwissen zum Untersuchungsgebiet zu kompilieren und zu vermehren, welches – besonders den Sachbearbeitern diverser hydrogeologischer Fragestellungen im Landesdienst – es besser als bisher ermöglichen soll, die Aufindung von in der Praxis zumeist rasch gewünschten Lösungen auf aktuelle, grundwasserbezogene Fragen und Probleme auf eine objektive Grundlage zu stellen. Diese Arbeit versucht daher nicht, die im Anlassfall geforderten Lösungen in allgemeiner Weise vorwegzunehmen. Mit Hilfe des erreichten Kenntnisstandes jedoch können Diskussionen im Konfliktfeld zwischen Grundwasserschutz und Grundwassernutzung in der gegenständlichen Region künftig eher im Rahmen eines gemeinsamen wissenschaftlichen Bezugssystems geführt werden. – Zunächst wurden unter Heranziehung der regional- und quartärgeologischen Vorarbeiten die Grundwasserhorizonte und ihre möglichen Verbindungen (Fließsysteme) identifiziert und diese auf Basis

der Beobachtungen im Gelände, bei der Brunnenerhebung und einer Quellkartierung (insgesamt 262 Wasserspender) vorläufig charakterisiert. In weiterer Folge wurde diese Charakteristik durch hydrophysikalisch-chemische und isotopengeophysikalische Messergebnisse verifiziert und – soweit notwendig und sinnvoll – modifiziert. Aus der Verknüpfung zwischen (a) geologisch definierten Grundwasserhorizonten, (b) einer hydrophysikalisch-chemisch untermauerten Grundwassertypengliederung auf Basis von 126 repräsentativen Datensätzen sowie (c) den aus isotopengeophysikalischen Daten abgeleiteten Grundwasserverweilzeiten ergab sich ein Schema und eine Charakterisierung der Fließsysteme im Untersuchungsraum, die in all ihren wesentlichen Zügen in **Beilage 4** (Profil und Legende) zu dieser Arbeit wiedergegeben sind. Unten stehende Tabelle gibt eine erste Übersicht; die Reihenfolge von oben nach unten ist so gewählt, dass Grundwasserleiter ggf. von den jeweils *über* ihnen gereihten dotiert werden, selten jedoch umgekehrt.

Grundwasserhorizonte	ergänzende Bezeichnungen	
1. Grundwasser im nicht talgebundenen Quartär		
1.1 Grundwasser der Mindelmoränen	M	Endmoräne
1.2 Grundwasser im Untergrund der Mindelmoränen	K3	Graue Nagelfluh (Mindel-Vorstoßschotter), Weiße Nagelfluh, Günz-Vorstoßschotter
1.3 Grundwasser der Deckenschotter (i.e.S.)	K2	Schwebender Grundwasserleiter in Jüngeren Deckenschottern (JDS)
	K1	Ältere Deckenschotter
2. Grundwasser der Molasse		
2.1 Junges Porengrundwasser der Molasse	S3	„Schlierwasser“
2.2 Junges Kluftgrundwasser der Molasse	S4	Zerlegungszone, Störungen
2.3 Formationswasser der Molasse	S2	Haller Basisschichten
	S1	Puchkirchen-Gruppe
3. Grundwasser in Talfüllungen und talgebundenen Terrassen		
3.1 Grundwasser in talgebundenen Terrassen	HT	Hochterrasse
	–	JDS (Aiterbachtal)
3.2 Grundwasser in wärmzeitlich–rezenten Talfüllungen	RT	Rezente Talfüllung
3.3 Grundwasser in älteren Talfüllungen	–	Talfüllungen früherer Flussläufe (Pettenbachrinne ...)

Die Molassebasis der quartären Ablagerungen ist die wichtigste lithologische und hydrologische Grenzfläche im Untersuchungsgebiet. An den Verschnittlinien mit der Erdoberfläche liegen zahlreiche Quelllinien. Ein großer Teil der in den Untergrund eingesickerten meteorischen Wasser wird über dieser Altfläche gestaut. Als Mischalter dieser Wasser können sowohl für die Bereiche unter den Mindelmoränen (K3) als auch für die Älteren Deckenschotter (K1), bei denen die Versickerung an den Tal- und Dellenrändern oder – seltener – punktuell über Verwitterungsschlote stattfindet, ca. 15–30 Jahren angegeben werden. Die durchschnittliche Neigung der Altfläche und daher auch der Grundwasseroberfläche beträgt ca. 0,5% gegen Nord bis Nordost. Prominente Schlierrinnen (Pettenbachrinne, Wolfener Rinne u.a.) können Leitlinien der Grundwasserbewegung vorgeben, stehen aber durchaus nicht immer in einem erkennbaren Zusammenhang mit der Lage von ergiebigen Quellaustritten oder Quellgruppen. Ein geringerer Teil der zunächst an der präquartären Altfläche gestauten Wasser dringt nämlich in weiterer Folge in die Molasse ein und kann sich dort entweder als Kluft- (S4) oder als Porengrundwasser (S3) fort-

bewegen. Dabei lassen sich drei Situationen unterscheiden: (1) Versickerung in Sandlagen der Innviertler Serie: Ein Grund dafür wird darin gesehen, dass eine tektonische Verkippung nördlich der Bad Haller Schuppenzone Sandlagen in geeigneter Position an der Altfläche unter Quartärbedeckung ausstreichen lässt. Grundwasser wird in diesen Sandlagen bis zur H_2S -Bildung reduziert. (2) Es findet eine Versickerung in die Zerlegungszone („Brauner Schlier“) unter der Altfläche statt. Diese Wässer werden zumeist nicht oder nur schwach reduziert (NO_3 -Reduktion) und in diesem Fall auch zur öffentlichen Wasserversorgung genutzt. (3) Durch Entlastungsklüfte an den Talflanken kann Wasser von der Hochfläche weit herab geleitet werden und am Hangfuß oder sogar auf Talniveau in die rezenten Ablagerungen oder als Stau- bzw. Verengungsquellen sichtbar austreten.

In allen diesen Fällen kann sich der bröckelig zerlegte Schlier praktisch wie ein Porengrundwasserleiter verhalten. Die Grundwasserbewegung im „normalen“ Kluftsystem ist hingegen weit schwächer, die meisten Klüfte abseits der entfestigten Horizonte geschlossen oder untereinander schlecht verbunden. Dass dennoch die meisten ergiebigen „Schlierquellen“ als Kluftaustritte beobachtet werden, kann nur durch Vorhandensein von (durch Lineamentauswertungen übrigens nicht verifizierbaren) Störungszonen erklärt werden. Diese „Schlierwässer“ unterscheiden sich weder hydrochemisch noch isotopengeophysikalisch von den „Quartärwässern“, was vielfach übersehen wurde und der Annahme einer generell höheren erzielbaren Trinkwasserqualität im Schlier entgegensteht (NO_3 -Abbau in schwach reduzierten Wässern bedeutet nicht, dass diese kontaminationsfrei sind!). Auch die H_2S -führenden „Schlierwässer“ aus sandigen Schichten der Molasse sind zumeist nicht wesentlich älter. Die Entfestigungszone an der Molasse-Altfläche steht hinsichtlich der hydraulischen Eigenschaften zwischen störungs- und stratigrafisch gebundenen Aquifertypen der Molasse und liefert auch chemisch gesehen häufig Mischwässer zwischen den beiden anderen Typen.

Jüngere Deckenschotter außerhalb der günzeitlichen Zungenbecken sowie die risszeitlichen Sedimente (Pkt. 3.1 oben) sind den älteren Sedimentkörpern an den Talflanken vorgelagert und bilden daher talgebundene Aquifere, die Grundwasser verschiedener Typen seitlich aus älteren Speichergesteinen aufnehmen können. Regelmäßig verhindern jedoch Hanglehm- oder Solifluktsdecken einen direkten Austritt und führen zur Bildung von Sekundärquellen. Die Wasserdurchlässigkeit der Kiese ist diesfalls im Vergleich mit den Älteren Deckenschotter durchgehend höher, die Sickerfähigkeit der Deckschichten aber ähnlich anzusetzen. Letzteres wird unter anderem auf Karbonatlösung und –wiederausfällung im Rahmen der holozänen Bodenbildung (Parabraunerde) zurückgeführt. Mutatis mutandis gelten diese Angaben auch für die Kiesfüllungen der abgekommenen Talverläufe der Alm (Pettenbachrinne) und Steyr (Wolfener Rinne) sowie für die würmzeitlich-rezenten Talfüllungen (RT).

ABSTRACT

The „Traun-Enns-Platte“ (Traun Enns Plateau, TEP) is a landscape unit, situated for the most part within the Molasse tectonic zone (a southernmost sector also in the Flysch zone), and confined by the Alpine morphological boundary to the south and otherwise by the rivers Traun, Danube, Enns und Steyr. Large tracts of the TEP give the impression of a plateau of seemingly very low relief. The reason for this lies in the fact that Old and Middle Pleistocene (Günz, Mindel) morainic ridges to the south, and mostly the corresponding fluvial sediments in the shape of very large flat alluvial fans dominate its morphology. A somewhat more striking relief can be only found on both sides of the Krems valley between Wartberg and Kremsmünster, where morainic ridges rise to more than 100 m above the adjacent valley flats. The deposits of more recent ice ages (Riss and Würm) are limited to the preexisting valleys. Two major streams, Alm and Krems, and tributaries, have cut deep into the plateau and its Molassic substructure, developing into broad valleys with rectangular cross sections and thereby exposing the stratigraphic sequence and multiple groundwater horizons.

The present study was undertaken in order to compile and increase the background knowledge on the investigated region so as to enable future workers – especially persons dealing with diverse hydrogeological topics on behalf of the provincial government –, who often and for practical reasons are in need of quick solutions to imminent groundwater problems, to set up their answers on an objective basis. Therefore, this study does not seek premature answers to possible future problems. However, in view of the achieved knowledge base future discussions in the field of competing interests of groundwater use and groundwater protection in the region can be conducted on common scientific ground. – In a first step preliminary regional and Quaternary geological work was used to identify groundwater horizons and possible connections between them (flow systems) and, on the basis of observations in the field and in the course of a spring and well survey, these horizons were tentatively characterized. Further on this characterization was verified and – as far as necessary and meaningful – modified by virtue of hydrophysical and chemical results as well as stable isotope data. By combining the different aspects of (a) geologically defined groundwater horizons, (b) hydrophysically and chemically founded groundwater types on the basis of 126 representative data sets, and (c) retention times inferred from the isotope record, a scheme and characterization of the flow systems in the investigated area could be deduced, which – in all its fundamental aspects – is represented in a supplement („**Beilage 4**“) appended to this volume.

The Molassic sole of the Quaternary sediments is the most important lithological and hydrological interface in the investigated region. Many springs are situated at its intersection line with the ground surface. A large part of the meteoric water seeping down into the subsurface is accumulated on top of it. Average groundwater ages of these horizons are in the range of 10–30 years, which is true for areas covered by Middle Pleistocene moraines as well as for the terrace gravels of the „Ältere Deckenschotter“, where seepage occurs along the rims of various dry valleys or – much less often – through shaft-like disintegration zones (sometimes recognizable on the surface because of sink holes). The interface is a remnant peneplain on top of the molasse (and flysch in the border region toward the Alps), inclined approx. 0,5% to the North and East, and dissected by broad, little entrenched channels. These channels can act as guidelines for groundwater movement, however, quite often no clear connection can be observed with relation to major spring locations. This is because some – in cases even most – of the water accumulated on top of the interface can infiltrate the molasse and remain there either in porous or in

joint aquifers. Three processes facilitating this can be distinguished: (1) Infiltration of sand layers of the Innviertel Group: A reason for this to happen is seen in the tectonically effected slight northward inclination of the whole sediment stack, whereby sand layers could be intersected by the peneplain which is now the Molasse-Quaternary interface. Water trapped in these sand layers is chemically reduced to the stage of sulfate reduction, meaning H₂S production. (2) Infiltration into a highly porous disintegration layer that developed at or below the interface (covered by weathering clay in the latter case). Water in this horizon is not or slightly reduced, the ensuing NO₃ reduction often being the reason why many a water of this type has been tapped for public drinking water supply (3) By virtue of relief joints in the molasse of many valley sides water can move out of Quaternary aquifers and down the valley flanks without surfacing, sometimes infiltrating the valley fill or being forced to discharge on reaching the valley flat.

In all these cases the disintegrated molasse can act practically as a porous aquifer. The groundwater movement within the common joint system is much weaker, most of the joints being closed or hardly interconnected. But high-yielding springs of the molasse in fact are mostly observed as joint springs, so this is to be explained in terms of a fault system (which, by the way, could not be verified by means of an areal lineament survey). However, on the one hand, this "Molasse type water" does not differ from "Quaternary type water", neither in terms of hydrochemistry nor stable isotope data. This fact interferes with the common assumption of higher achievable drinking water quality from molasse aquifers. (Notwithstanding the abovementioned fact that NO₃ consumption can occur in fractured horizons of the molasse, it should be said that such an observation does not indicate water free of contamination!) The more thoroughly reduced "molasse type waters" in sandy aquifers, on the other hand, do not show much higher groundwater ages either. The disintegration zone on top of the molasse generally occupies a medium position between those fault-related and stratigraphically defined aquifers, in terms of hydrology as well as hydrochemistry.

Middle Pleistocene terrace gravels („Jüngere Deckenschotter“) outside the Old Pleistocene glacial basins as well as Riss-glacial sediments are perched on many valley sides, laterally covering stacks of older sediments and different groundwater horizons within these rocks. Thereby, they can be infiltrated laterally by groundwater of various type. In addition, more often than not these waters do not surface unhindered, but are blocked by loamy (often solifluction) cover units and discharge on a lower level than else would be the case. In fact, the bulk of water discharging from Riss terraces („Hochterrasse“) are derived from lateral rather than vertical infiltration. Presumably, this is due to the fact that soil carbonate incrustation has rendered the soil cap of the younger terraces nearly as precluding vertical seepage as the older, much more thickly loess and loam covered gravels of the „Ältere Deckenschotter“.

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
2. GRUNDLAGEN; METHODEN	5
2.1 VORHANDENE UNTERLAGEN	5
2.1.1 Kompilierte Geologische Karte	5
2.1.2 Schlierreliefkarte	6
2.1.3 RAG Schussbohrungen	6
2.1.4 RAG Gewinnungsbohrungen	7
2.1.5 GBA „Steinbruchkartei“	7
2.1.6 Wasserbuch	8
2.1.7 Verdachtsflächen	9
2.1.8 Trinkwasseruntersuchungen	9
2.1.9 Aufzeichnungen über Bohrbrunnen	9
2.2 GELÄNDETÄTIGKEIT	10
2.2.1 Brunnenaufnahme	10
2.2.2 Quellkartierung	12
2.2.3 Quellschüttungsdaten	12
2.2.4 Abflussmessungen	17
2.2.5 Geologische Feldaufnahme	17
2.2.6 Sedimentologische Richtungsdaten	18
2.2.7 Klufrichtungsdaten	18
2.3 HYDROPHYSIKALISCH-CHEMISCHE MESSUNGEN	19
2.3.1 Probenahme	20
2.3.2 Organoleptische Eigenschaften	22
2.3.3 Wassertemperatur (WT)	23
2.3.4 Elektrische Leitfähigkeit (LF)	23
2.3.5 Wasserstoff-Ionenaktivität (pH)	24
2.3.6 Redoxpotential (E _H)	24
2.3.7 Gelöster Sauerstoff (O ₂)	25
2.3.8 Gesamthärte (GH)	27
2.3.9 Calcium (Ca ²⁺)	29
2.3.10 Magnesium (Mg ²⁺)	29
2.3.11 Kalium (K ⁺)	29
2.3.12 Eisen (Fe ²⁺ , Fe ³⁺)	30
2.3.13 Mangan (Mn ²⁺)	31
2.3.14 Säurebindungsvermögen (SBV)	32

2.3.15	Karbonathärte (KH).....	33
2.3.16	Nichtkarbonathärte (NKH).....	33
2.3.17	Chlorid (Cl ⁻).....	33
2.3.18	Ammonium (NH ₄ ⁺).....	34
2.3.19	Nitrit (NO ₂ ⁻).....	36
2.3.20	Nitrat (NO ₃ ⁻).....	36
2.3.21	Sulfat (SO ₄ ²⁻) und Schwefelwasserstoff (H ₂ S).....	38
2.3.22	Kieselsäure (Si).....	39
2.4	ISOTOPENHYDROPHYSIKALISCHE MESSUNGEN.....	40
2.4.1	Tritium (³ H).....	41
2.4.2	Sauerstoff-18 (¹⁸ O).....	43
3.	GEOLOGIE.....	47
3.1	MOLASSEZONE.....	47
3.1.1	Senkungsgeschichte.....	47
3.1.2	Stratigrafischer Überblick.....	50
3.1.3	Molassegesteine im Untersuchungsgebiet.....	51
3.2	TRAUN-ENNS-PLATTE (QUARTÄR).....	52
3.2.1	Erforschungsgeschichte.....	52
3.2.2	Stratigrafischer Überblick.....	56
3.2.3	Günz.....	59
3.2.3.1	Ältere Deckenschotter (ÄDS).....	59
3.2.3.2	Günz-Moränen.....	62
3.2.3.3	Reste der ehemaligen Bodenbedeckung.....	64
3.2.3.4	Dellen.....	67
3.2.3.5	Lösslehmdecke.....	69
3.2.3.6	Aufschlusssituation.....	70
3.2.4	Weisse Kremsmünsterer Nagelfluh (WNF).....	71
3.2.4.1	Abtrennung von den Älteren Deckenschottern (ÄDS).....	71
3.2.4.2	Sedimentologische Merkmale.....	72
3.2.5	Mindel.....	76
3.2.5.1	Die „Kremsmünsterer“ Moräne.....	76
3.2.5.2	Stratigrafische Einstufung.....	78
3.2.5.3	Sedimentinhalt.....	79
3.2.6	Riss.....	80
3.2.6.1	Die Besonderheit der Riss-Vergletscherung.....	80
3.2.6.2	Einzelheiten zur Riss-Vergletscherung im Kremstal.....	81
3.2.6.3	Riss-Endmoränen.....	82
3.2.6.4	Die Zweiphasigkeit der Riss-Vergletscherung.....	83

3.3	TEKTONISCHER ÜBERBLICK	84
4.	SPEICHERGESTEINE UND GRUNDWASSERKÖRPER	89
4.1	GRUNDWASSER IM NICHT TALGEBUNDENEN QUARTÄR	93
4.1.1	Grundwasser der Mindelmoräne (GW-Horizonte M2, M1)	96
4.1.1.1	Seichter Grundwasserhorizont M2	96
4.1.1.2	Grundwasser-„Horizont“ in der Endmoräne M1	97
4.1.2	Grundwasser im Untergrund der Mindelmoräne (GW-Horizonte K4, K3)	99
4.1.2.1	Die „Kies-Konglomerat-Gruppe“ (KKG, GW-Horizont K3)	100
4.1.3	Grundwasser der Älteren Deckenschotter i.e.S. (ÄDS, GW-Horizonte K1, K2, D, L1)	102
4.1.3.1	Ältere Deckenschotter i.e.S. (GW-Horizont K1)	103
4.1.3.2	Jüngere Deckenschotter (JDS) / schwebender Grundwasserkörper (GW-Horizont K2)	104
4.1.3.3	Lösslehmdecken (GW-Horizont L1)	105
4.1.3.4	Dellen (GW-Horizont D)	105
4.2	GRUNDWASSER DER MOLASSE	106
4.2.1	Junges Klufftgrundwasser der Molasse (GW-Horizont S4, dazu L2)	106
4.2.1.1	Hangwasser und Sekundärquellen (GW-Horizont L2)	110
4.2.2	Junges Porengrundwasser der Molasse (GW- Horizont S3)	110
4.2.3	Formationswasser der Molasse (GW-Horizonte S1, S2)	113
4.3	GRUNDWASSER IN TALGEBUNDENEN TERRASSEN (GW-HORIZONT HT)	115
4.4	GRUNDWASSER IN TALFÜLLUNGEN (GW-HORIZONT RT)	117
4.4.1	Kremstal	117
4.4.2	Sulzbachtal	118
5.	ERGEBNISSE DER HYDROCHEMISCHEN UND HYDROPHYSIKALISCHEN UNTERSUCHUNGEN	119
5.1	HYDROPHYSIKALISCH-CHEMISCHE PARAMETER	120
5.1.1	Wassertemperatur (WT)	122
5.1.2	Leitfähigkeit (LF) und Gesamthärte (GH)	123
5.1.3	Redoxpotential (E_H) und gelöster Sauerstoff (O_2)	126
5.1.4	Eisen und Mangan (Fe, Mn)	129
5.1.5	Chlorid (Cl)	131
5.1.6	Nitrat (NO_3), Nitrit (NO_2) und Ammonium (NH_4)	135
5.1.7	Magnesium-Calcium-Verhältnis (Mg/Ca)	140
5.1.8	Nichtkarbonathärte (NKH)	142
5.1.9	Kieselsäure (Si)	146

5.2	ISOTOPENGEOPHYSIKALISCHE ERGEBNISSE	149
5.2.1	Tritium (^3H)	149
5.2.2	Sauerstoff-18 (^{18}O)	155
6.	CHARAKTERISIERUNG DER GRUNDWASSERHORIZONTE	160
6.1	GRUNDWASSER DER MINDELMORÄNE (GW-HORIZONTE M2, M1, K4)	162
6.2	GRUNDWASSER DER KIES-KONGLOMERAT-GRUPPE (GW-HORIZONT K3)	164
6.3	GRUNDWASSER DER ÄLTEREN DECKENSCHOTTER I.E.S. (GW-HORIZONT K1)	166
6.4	GRUNDWASSER DER ÄDS-DECKSCHICHTEN (GW-HORIZONTE K2, L1, D)	170
6.5	JUNGES PORENGRUNDWASSER DER MOLASSE (GW-HORIZONT S3).....	171
6.6	JUNGES KLUFTGRUNDWASSER DER MOLASSE (GW-HORIZONT S4)	173
6.7	GRUNDWASSER DER FLYSCHZONE (GW-TYP Fy).....	175
6.8	GRUNDWASSER IN TALGEBUNDENEN TERRASSEN (GW-TYP HT)	176
6.9	HANGWASSER UND SEKUNDÄRQUELLEN (GW-TYP L2)	176
7.	LITERATUR	178

TEXTANHANG

Anhang A	Liste der bearbeiteten Wasserspender	8 Seiten
Anhang B	Liste der hydrophysikalisch-chemischen Messwerte	10 Seiten
Anhang C	Auswahl und Gruppierung hydrophysikalisch-chemischer Messwerte nach Grundwassertyp	22 Seiten
Anhang D	Liste der repräsentativen Wasserspender und Datensätze	3 Seiten

BEILAGEN (FALTKARTEN)

Beilage 1	Geologische Karte 1:50.000 der Region zwischen Pettenbach und Sierning (OÖ) mit den Altmoränen des Kremstalglätschers
Beilage 2	Vereinfachte geologische Karte 1:50.000 der Region zwischen Pettenbach und Sierning (OÖ) mit Lage der Seismik- Schussbohrpunkte der RAG
Beilage 3	Lage und Klassifizierung der Messpunkte: Probenahme an Wasserspendern sowie Kluft- und Geröllmessungen

Beilage 4	Schematisches geologisches Profil zur Verdeutlichung der hydrogeologischen Zusammenhänge in der Umgebung von Bad Hall (OÖ): Profil und Legende
Beilage 5	Schematisches geologisches W–E-Profil durch die Umgebung von Bad Hall (OÖ) zur groben Klassifizierung der Grundwasservorkommen
Beilage 6	Suchraster zur Auffindung der untersuchten Wasserspender nach deren Objektcode

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1 – Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb von Österreich	1
Abb. 2 – Ausschnitt der ÖK 200 und engeres Untersuchungsgebiet	2
Abb. 3 – Digitales Höhenmodell des erweiterten Untersuchungsraumes	3
Abb. 4 – Datenblatt zur Bekanntgabe der von Analyseenergebnissen im Zuge der Brunnenerhebung	11
Abb. 5 – Quellenerhebungsformular	13–16
Abb. 6 – Tauchflasche zur Wasserprobenahme im Brunnentiefsten	21
Abb. 7 – Tritium-Zerfallskurven und Andeutung des Jahresganges der ³ H-Gehalte im Niederschlag an vier österreichischen Sammelstellen	42
Abb. 8 – Mittlere Jahresgänge der 18O-Werte im Niederschlag an fünf österreichischen Sammelstellen	45
Abb. 9 – Stratigrafische Übersicht zum Tertiär der oberösterreichischen Molassezone	49
Abb. 10 – Übersichtskarte der Traun-Enns-Platte	53
Abb. 11 – Schematisches Sammelprofil durch die eiszeitlichen Formen und Ablagerungen des Kremstales zwischen Wartberg und Kremsmünster	54
Abb. 12 – Reste einer autochthonen Bodenbildung auf Älteren Deckenschottern (Geländezeichnung)	66
Abb. 13 – Die Weiße Kremsmünsterer Nagelfluh (Kiesgrube in Pellendorf)	74
Abb. 14 – Digitales Höhenmodell des erweiterten Untersuchungsraumes	77
Abb. 15 – Die "Bad Haller Antiklinale"	85
Abb. 16 – Geologisches Profil durch die Bad Haller Schuppenzone	86
Abb. 17 – Übersichtskarte zur Struktur der oberösterreichischen Molassezone	88

Abb. 18 – Vereinfachte Geologische Karte des Untersuchungsgebietes (Umgebung von Bad Hall, Kremsmünster und Wartberg an der Krems, Oberösterreich)	93
Abb. 19 – Geologische Karte des Präquartär im Untersuchungsgebiet (Umgebung von Bad Hall, Kremsmünster und Wartberg an der Krems, Oberösterreich)	94
Abb. 20 – Lage, Art, Grundwasserhorizont (bzw. -typ) und Ergiebigkeit der untersuchten Wasserspender	95
Abb. 21 – Verteilung der Wassertemperatur-Werte auf die untersuchten Quell- und Brunnenwässer, getrennt nach Grundwassertyp (Boxplot-Diagramme)	122
Abb. 22 – Korrelation zwischen Gesamthärte und elektrischer Leitfähigkeit der untersuchten Grundwässer	124
Abb. 23 – Verteilung der Werte für die elektrische Leitfähigkeit der untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp (Boxplot-Diagramme)	124
Abb. 24 – Verteilung der LF-Werte auf die untersuchten Wasserspender	125
Abb. 25 – Verteilung der E_H -Werte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp (Boxplot-Diagramme)	127
Abb. 26 – Streudiagramm des E_H gegen die Konzentration des gelösten O_2 der untersuchten Grundwässer	127
Abb. 27 – Verteilung der Redoxspannung auf die untersuchten Wasserspender	128
Abb. 28 – Verteilung der Fe-Konzentrationen auf die untersuchten Wasserspender (qualitative Klassifikation)	130
Abb. 29 – Verteilung der Cl-Konzentrationen auf die untersuchten Wasserspender	133
Abb. 30 – Verteilung der Chlorid-Konzentrationswerte auf die untersuchten Quell- und Brunnenwässer, getrennt nach Grundwassertyp (Fehlerbalken-Diagramm)	134
Abb. 31 – Verteilung der NO_3 -Konzentrationswerte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp und einer regionalen Klassifikation (Boxplot-Diagramme)	135
Abb. 32 – Verteilung der NO_3 -Konzentrationen auf die untersuchten Wasserspender	136
Abb. 33 – Verteilung der NO_3 -Konzentrationswerte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach der Herkunft aus Quellen oder Brunnen (Fehlerbalken-Diagramm)	139
Abb. 34 – Verteilung der Mg/Ca-Werte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp und Region (Boxplot-Diagramme)	140
Abb. 35 – Verteilung der Mg/Ca-Verhältnisse auf die untersuchten Wasserspender	141

Abb. 36 – Streudiagramm der Nicht-Karbonathärte gegen die Gesamthärte der untersuchten Grundwässer	143
Abb. 37 – Verteilung der NKH-Werte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp und Region (Boxplot-Diagramme)	143
Abb. 38 – Streudiagramm des Quotienten GH/SBV gegen die NO ₃ -Konzentrationswerte der untersuchten Grundwässer	144
Abb. 39 – Verteilung der NKH-Werte auf die untersuchten Wasserspender	145
Abb. 40 – Verteilung der Si-Konzentrationen auf die untersuchten Wasserspender	147
Abb. 41 – Verteilung der Silizium-Konzentrationswerte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp (Boxplot-Diagramme)	148
Abb. 42 – Streudiagramm der Si-Konzentrationswerte gegen das Redoxpotential der untersuchten Grundwässer	148
Abb. 43 – Lage, Art und Grundwassertyp der zur Untersuchung der ¹⁸ O- und ³ H-Gehalte im Grundwasser herangezogenen Wasserspender	150
Abb. 44 – Tritium-Werte einiger ausgewählter Grundwässer, getrennt nach Grundwasserhorizont	152
Abb. 45 – Ergebnisse der Isotopenuntersuchung einiger ausgewählter Grundwässer vom Jänner 1997 (1. Kampagne)	155
Abb. 46 – Art, Grundwassertyp und Ergiebigkeit der untersuchten Quellen, Quellgruppen und Entwässerungen mit Grundwasseranteil sowie grobe Klassifizierung der Brunnenanlagen nach Ergiebigkeit.	161

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1 – Stratigrafische Übersicht über das Quartär der Traun-Enns-Platte und darin beobachtete Grundwasserhorizonte bzw. interpretierte Grundwasserfließsysteme, mit besonderer Berücksichtigung der Gegebenheiten im Kremstal	92
Tab. 2 – Grundwasser-Vorkommen mit GH/SBV < 1	144
Tab. 3 – Isotopen-Daten zu ausgewählten Wasserspendern	151

1. EINLEITUNG

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die hydrogeologische Charakterisierung sämtlicher Grundwasserstockwerke in einem Teilbereich der östlichen Traun-Enns-Platte in Oberösterreich. Der untersuchte Teilbereich liegt in der Umgebung von Bad Hall und zeichnet sich geologisch vor allem dadurch aus, dass neben den weit verbreiteten altpleistozänen Schotterfluren zusätzlich umfangreiche und vielfältig gegliederte glaziale bzw. Moränensedimente auftreten.

Das eigentliche Untersuchungsgebiet umfasst dabei das Einzugsgebiet der Krems sowie der Bäche rechts der Krems zwischen Sulzbach im Norden und Nussbach im Süden mit einer Gesamtfläche von ca. 120 km². Die Untersuchung tangiert somit die Gemeindegebiete bzw. Teilgebiete der Gemeinden Kremsmünster, Rohr im Kremstal, Pfarrkirchen, Bad Hall, Waldneukirchen, Adlwang, Nussbach und Wartberg an der Krems.

Zur Lage innerhalb Österreichs siehe **Abb. 1** unten. Eine topografische Übersichtskarte im Maßstab 1:200.000 findet sich umseitig als **Abb. 2**, **Abb. 3** soll dagegen den morphologischen Charakter des Gebietes verdeutlichen. Das engere Untersuchungsgebiet ist in den beiden letztgenannten Bildern durch eine strichlierte Linie umrissen.

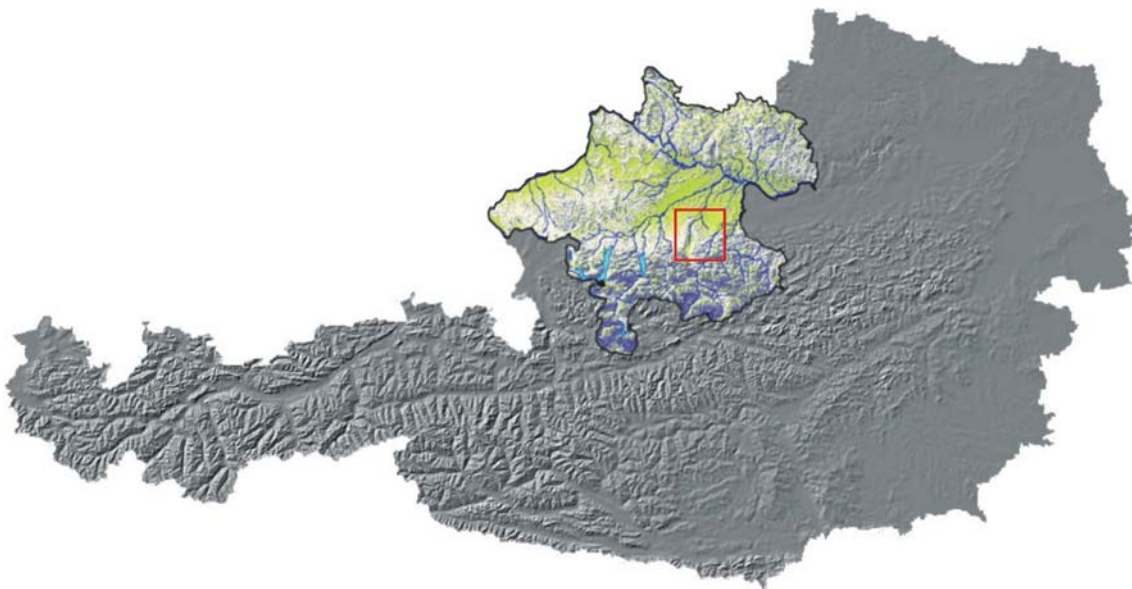


Abb. 1 – Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb von Österreich. Oberösterreich ist am Untergrund des Höhenmodells hervorgehoben; das weitere Untersuchungsgebiet rot umrandet: Dieser Ausschnitt entspricht dem Gebiet der folgenden beiden Abbildungen. (Abbildungsgrundlagen durch den Geodatendienst DORIS des Landes Oberösterreich zur Verfügung gestellt.)

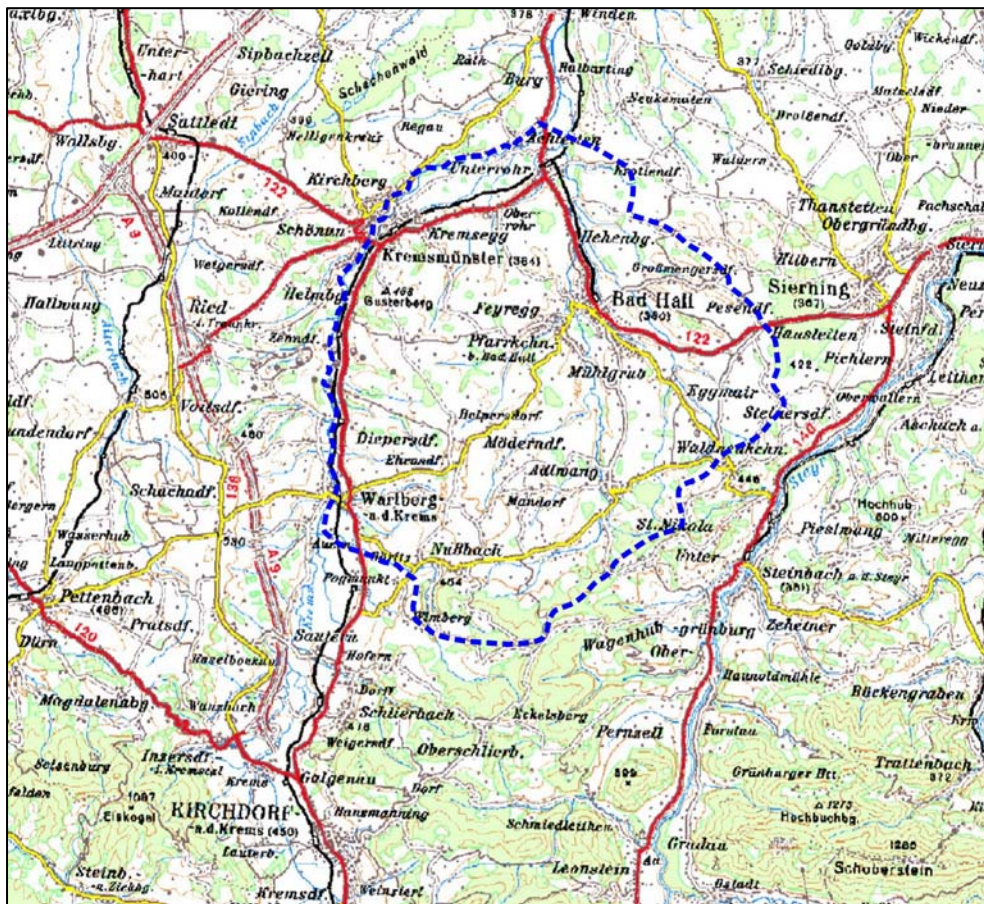


Abb. 2 – Ausschnitt der ÖK 200 und engeres Untersuchungsgebiet. Der Kartenausschnitt entspricht dem roten Quadrat in Abb.1; engeres Untersuchungsgebiet durch blaue strichlierte Linie umrandet: In diesem Areal wurden Probenahmen für hydrophysikalisch-chemische und isotopengeochemische Untersuchungen durchgeführt.

Regionalgeologisch gesehen liegt der größte Teil des Untersuchungsgebietes innerhalb bzw. am Südrand der **Traun-Enns-Platte (TEP)**, einer Landschaftseinheit zwischen dem morphologischen Alpenrand im Süden und der Donau im Norden sowie den Flüssen Traun und Enns. Hinterlassenschaften der vier „klassischen“ alpinen Vereisungen bilden im Bereich dieser nur scheinbar wenig gegliederten Hochfläche eine mächtige Bedeckung der Molassegesteine aus quartären Sedimenten. Im Bereich des mittleren Kremstales sind Ablagerungen der älteren drei dieser vier alpinen Vereisungen vorhanden (Günz, Mindel, Riss) sowie ein Sedimentkörper nicht genau bekannten Ursprungs, der einer weiteren Kaltzeit innerhalb des Günz-Mindel-Interglazials zugeordnet werden kann (Weiße Kremsmünsterer Nagelfluh).

Anmerkung zur quartärstratigrafischen Terminologie: Im Rahmen und zum Zwecke dieser Untersuchung wäre es nicht sinnvoll, die verschiedenen pleistozänen Sedimentkörper mit (neuen) Lokalbezeichnungen zu versehen, nur um die bis heute chronologisch nicht abgesicherte klassische Eiszeiterminologie zu vermeiden, ohne eine nachweislich bessere an deren Stelle setzen zu können. Die herkömmliche Terminologie wird daher beibehalten.

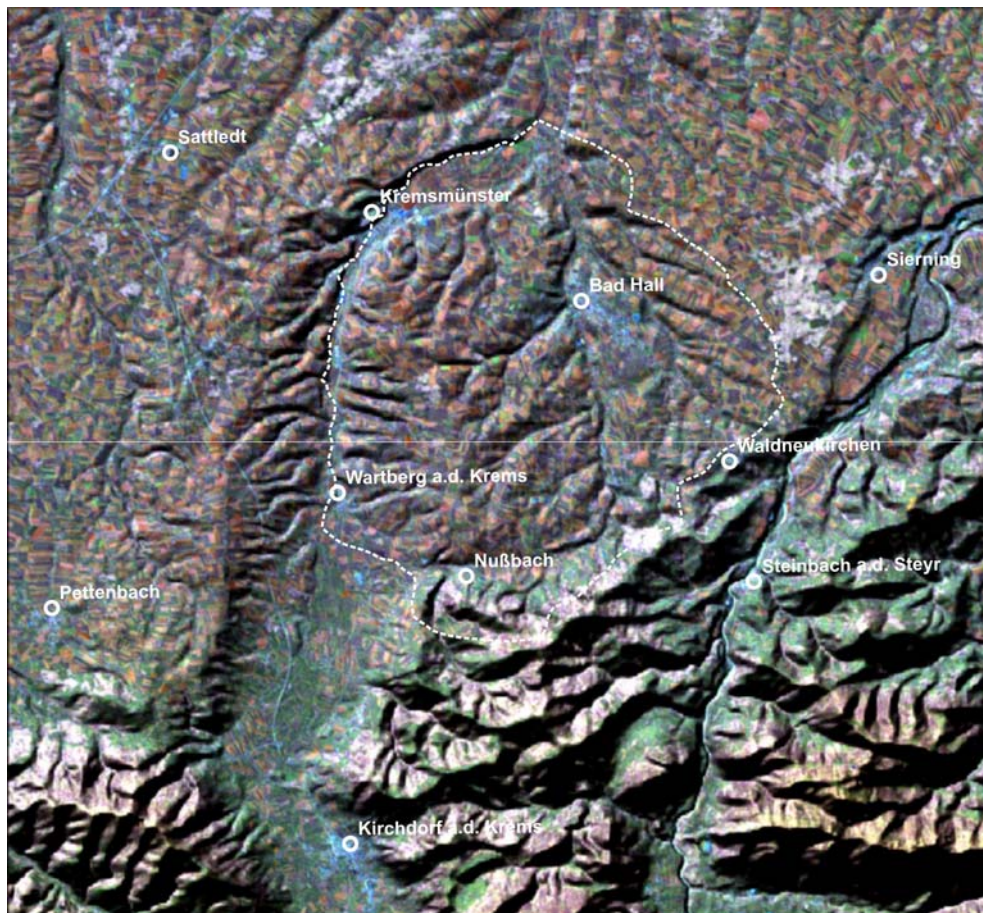


Abb. 3 – Digitales Höhenmodell des erweiterten Untersuchungsraumes. Das DHM wurde durch eine Landsat-Szene überlagert (beide durch den Geodatendienst DORIS des Landes Oberösterreich zur Verfügung gestellt). Die wichtigsten Ortszentren sind eingetragen; das engere Untersuchungsgebiet (ebenso wie in Abb. 2) durch eine strichlierte Linie umrissen.

Den tertiären Untergrund des untersuchten Teiles der TEP bilden verschiedene Formationen der **Molassezone**. Es handelt sich zum größten Teil um tonig-mergelige Beckensedimente, abschnittsweise mit grobkörnigen Einschaltungen des Eger (Untere und Obere Puchkirchen-Formation), des Eggenburg (Hall-Formation, „Haller Schlier“), und des Otnang („Robulus-Schlier“ der Innviertler Serie). Auf Basis der Aufschlüsse im Untersuchungsgebiet sind die genannten Feinsedimente allerdings kaum voneinander zu unterscheiden und werden daher auch in dieser sowie in älteren Arbeiten häufig unter dem Namen „Schlier“ zusammengefasst. Dies erscheint auch deshalb gerechtfertigt, da hinsichtlich der tertiären Formationen nicht die stratigrafischen Beziehungen, sondern die hydrogeologischen Verhältnisse im Vordergrund stehen sollen.

Die Bedeutung der Molassegesteine für die Fließsysteme der Grundwässer am Südrand der Molassezone wird durch die gestörte bzw. verschuppte Molasse stark beeinflusst. In der Umgebung von Bad Hall reichen Schuppensedimente – wenn auch größtenteils unter Quartärbedeckung – bis an die erosive Oberfläche der Molassegesteine und sind daher – vorzugsweise in Taleinschnitten – auch aufgeschlossen. Diese Bad Haller Schuppenzone hat für die Kohlenwasserstoff-Exploration in Oberösterreich eine historisch wichtige Rolle gespielt. Sie ist darüber hinaus auch hydrogeologisch durch einen

Gehalt an Iod-reichen Formationswässern bemerkenswert. Bad Hall ist für die balneologische Nutzung dieser Wässer bekannt.

Das Formationswasser der Molasse nimmt am hydrologischen Kreislauf nicht teil und ist daher auch nicht regenerierbar. Das Grundwasser oberhalb dieser isolierten Vorkommen bildet Fließsysteme unter Beteiligung verschiedener Grundwasserstockwerke. Letztere bilden den Hauptgegenstand der vorliegenden Arbeit. Die balneologisch interessanten Tiefengrundwasservorkommen werden allerdings der Vollständigkeit halber auf Basis der vorhandenen Literatur charakterisiert.

Die Arbeit ist folgendermaßen aufgebaut:

Zunächst (**Kap. 2**) werden die verwendeten Unterlagen bzw. Methoden vorgestellt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf einer Darstellung der hydrophysikalisch-chemischen und isotopengeophysikalischen Parameter und den im Verlauf der Arbeit verfügbaren Bestimmungsmethoden.

Anschließend (**Kap. 3**) wird die Regionalgeologie und Stratigrafie des Untersuchungsgebietes einschließlich der Erforschungsgeschichte sowie unter besonderer Berücksichtigung der pleistozänen Sedimentgesteine abgehandelt.

Auf Basis der zuvor beschriebenen regionalgeologischen Zusammenhänge sowie der Beobachtungen und Erhebungen vor Ort sollen in weiterer Folge (**Kap. 4**) innerhalb der vorliegenden Schichtkomplexe die Grundwasser-Speichergesteine bzw. die entsprechenden Grundwasserkörper identifiziert werden.

In **Kap. 5** werden schließlich die Ergebnisse der hydrophysikalisch-chemischen sowie der isotopengeophysikalischen Messungen vorgestellt und interpretiert.

Abschließend (**Kap. 6**) folgt dann eine zusammenfassende Charakterisierung der vorhandenen Aquifere und Grundwassertypen unter besonderer Berücksichtigung der festgestellten oder vermuteten Beziehungen der Grundwasserkörper untereinander.

Basisdaten sämtlicher Objekte, an denen Beprobungen und Analysen durchgeführt wurden, sowie Messergebnisse und daraus abgeleitete charakteristische hydrochemische Analysenwerte sind tabellarisch in einem Anhang (**Anhang A bis D**) zusammengefasst.

Um die beschriebenen Gegebenheiten und Zusammenhänge unter verschiedenen Aspekten zu veranschaulichen, wurden des weiteren fünf Faltpäne ausgearbeitet und als **Beilagen** angefügt. Ein Suchraster soll weiters die Entschlüsselung der projektinternen Objektcodes erleichtern. Beilage 4 (in zwei Teilen: Profil und Legende) gibt dabei mehrweniger die Essenz der vorliegenden Arbeit wieder und sollte generell zur Übersicht herangezogen werden.

2. GRUNDLAGEN; METHODEN

Dieses Kapitel enthält eine kurze Darstellung der im Laufe der Untersuchung verwendeten Methoden bzw. genutzten Informationsquellen. Zunächst werden die vorhandenen Unterlagen aufgezählt (**Pkt. 2.1**), anschließend die Feldaufnahme- und Erhebungstätigkeiten vor Ort angeführt (**Pkt. 2.2**) und zuletzt die hydrophysikalischen, hydrochemischen und isotopengeophysikalischen Parameter und deren Aussagekraft sowie die Art ihrer Bestimmung dargestellt (**Pkt. 2.3**).

2.1 VORHANDENE UNTERLAGEN

Die verwendeten Unterlagen enthielten einerseits geologische bzw. stratigrafische Informationen (Kompilierte Geologische Karte; Schlierreliefkarte; Schuss- bzw. Gewinnungsbohrungen der RAG; Steinbruchkartei der GBA). Das Wasserbuch und vorhandene Trinkwasseranalysen sowie der Verdachtsflächenkataster des Landes Oberösterreich andererseits konnten wertvolle Hinweise und Vorinformationen bezüglich vorhandener Wassernutzungen sowie hinsichtlich möglicher Problempunkte bei Erhebungen bzw. Interpretation von Wasseranalysen geben.

2.1.1 KOMPILIERTER GEOLOGISCHER KARTEN

Für alle geologischen Aspekte der Untersuchung war die Kompilierte Geologische Karte im Maßstab 1:20.000 von H. Kohl (1986/87) eine wertvolle Grundlage. Der Autor hat sie zum Großteil auf der Grundlage seiner eigenen Arbeiten zusammengezeichnet. Der geologische Inhalt dieser Karte hat sich in einigen Punkten als verbesserungswürdig, generell aber als nachvollziehbar erwiesen.

Einige Unstimmigkeiten sind zum Teil auf Beschriftungsfehler (z.B. Verwechslung der Almtal- und der Kremstalfazies der Jüngeren Deckenschotter), zum anderen Teil wahrscheinlich auf systematische Schwierigkeiten bei der Abgrenzung im Gelände zurück zu führen (z.B. mangelnde Differenzierung in Haupt- und Spättriss, insbesondere im Falle der Wartberger Endmoränen). Nur in Ausnahmefällen (Günzmoräne von Sattledt, Schachenwald) werden auch mächtige Deckschichten ausgeschieden. Dies ergibt zwar einerseits eine stark interpretierte und nicht den Geländeverhältnissen angepasste Sicht, erleichtert andererseits jedoch die Übersicht, wie sich durch einen Vergleich mit der veröffentlichten Geologischen Karte Blatt 49 Wels leicht zeigen lässt.

Eine geologische Kartenübersicht, die auf der besprochenen Unterlage beruht, findet sich am Ende dieser Arbeit als **Beilage 1** angefügt.

2.1.2 SCHLIERRELIEFKARTE

Eine umfassende Auswertung der Aufzeichnungen über die Seismik-Schussbohrungen der RAG (siehe unten **Pkt. 2.1.3**) zur Bestimmung des Paläoreliefs der Molassezone – und zu einem geringeren Teil auch der Flyschzone – unter mehr oder weniger mächtiger Quartärbedeckung wurde durch Flögl (1970 und 1983) im Auftrag der OÖ Landesregierung bzw. des BM für Land- und Forstwirtschaft durchgeführt und in einem „Wasserwirtschaftlichen Grundsatzgutachten“ zusammengefasst. Auf den beigelegten Falkarten ist das „Schlierrelief“ der TEP sowie des Vöckla–Ager–Traun-Gebietes flächendeckend dargestellt.

Aus folgenden Gründen kann der geologische Inhalt der genannten Schlierreliefkarten allerdings nicht unkritisch übernommen werden: Die dem Gutachten ebenfalls beigelegten Profile durch die TEP lassen einen gewissen Mangel an geologischer Interpretation erkennen (Erosionskanten erscheinen häufig abgerundet und kommen zumeist nur in Zusammenhang mit angrenzenden Steilhängen gut zum Ausdruck). In der verwendeten Schlierreliefkarte sollte weiters z.B. die Informationsunsicherheit im Bereich des südlichen Teils der Mindelmoräne zum Ausdruck kommen. Die Schussbohrungen der RAG waren dort in den bis zu ca. 100 m mächtigen pleistozänen Sedimenten verblieben, sodass keine direkte Information über den Verlauf der Schlier OK in diesem Bereich vorliegt.

Manche Problematik im Zuge der hydrogeologischen Interpretation konnte allerdings nicht auf einen Mangel der Karte zurückgeführt werden: Z.B. scheinen die ergiebigen Quellen im Untersuchungsgebiet weitgehend unabhängig von dem Verlauf der gut erkennbaren „Schlierrinnen“ aufzutreten und müssen mit anderen Eigenarten der Molassegesteine sowie der hangenden quartären Decksedimente erklärt werden (z.B. Steinbachtal bei Egendorf ca. 3,2 km ESE' Kremsmünster: eine breite Schlierrinne wird durch die westlichen Talhänge angeschnitten, ergiebige Quellen treten jedoch auf der gegenüberliegenden Ostseite des Tales auf).

Eine Isolinien-darstellung der OK Tertiär („Schlierrelief“) nach Flögl wurde in die Geologische Karte des Präquartär, **Abb. 19** (Kap. 4, Einleitung), eingearbeitet.

2.1.3 RAG SCHUSSBOHRUNGEN

Durch die Rohöl-Aufsuchungs-Aktiengesellschaft (RAG) wurden in den 1960er Jahren im Konzessionsgebiet Oberösterreich–Salzburg insgesamt ca. 13.000 Schussbohrungen für die Reflexionsseismik abgeteuft. Kopien der Aufzeichnungen über die in Oberösterreich hergestellten Bohrungen sind im Amt der OÖ Landesregierung in Linz archi-

viert. Diese Aufzeichnungen enthalten dm-genaue Höhenangaben und auch kurz gefasste geologische Profile. Sie geben daher wertvolle Aufschlüsse zur Gestalt des Paläoreliefs unter quartärer Sedimentbedeckung („Schlierrelief“) sowie mit Einschränkungen auch über Schichtabfolgen bzw. Lithologie der pleistozänen Sedimente.

Eine Lagebestimmung der Bohransatzpunkte anhand des greifbaren Kartenmaterials geht allerdings über eine ÖK50-Genauigkeit nicht hinaus. Ebenso reicht die Qualität der geologischen Informationen keineswegs dazu aus, um gesicherte stratigrafische Schlussfolgerungen zu ziehen und z.B. eine vielleicht ca. 0,5 m starke Bodenbildung zu erkennen. Ein klares Indiz in diese Richtung ist etwa der Umstand, dass im Untersuchungsgebiet nur eine einzige Schusslinie (L. 364) existiert, welche die gut bekannten Konglomerate im Niveau der Weißen Kremsmünsterer Nagelfluh systematisch erfasst (diese Konglomerate wurden offenbar völlig zerbohrt).

Wertvoll ist andererseits wiederum die Einbeziehung der Gesteinsfarbe in die Profildarstellungen. Aus der Beobachtung von Oxidationsfarben geben sich dabei Hinweise auf Sickerwasserbewegungen in den durchörterten quartären und tertiären Gesteinen.

Die Lage der verwendeten Schussbohrungen geht aus **Beilage 2** hervor.

2.1.4 RAG GEWINNUNGSBOHRUNGEN

Die geologischen Ergebnisse der ersten (nicht fündigen) Gewinnungsbohrung im gegenständlichen Abschnitt der Molassezone *Bad Hall 1* sowie der zuvor schon abgeteufeten Struktur- bzw. Prospektionsbohrungen wurden durch Braumüller (1959) bzw. Braumüller & Kollmann (1967) dargestellt und im vorliegenden Zusammenhang nicht direkt herangezogen.

Einige geologische Profilbeschreibungen von Gewinnungsbohrungen der RAG für das Feld Voitsdorf wurden freundlicher Weise durch die Herren Dr. W. Nachtmann und Dr. H. Polesny, Rohöl-Aufsuchungs-AG Wien, zur Verfügung gestellt. Diese Bohrungen waren im äußersten Osten des Feldes rechts der Krems situiert. Sie lieferten, wenn auch keine wesentlich besseren Informationen im hier interessierenden Teufenbereich, so doch willkommene Vergleichsmöglichkeiten zu den nahe gelegenen Schussbohrungen.

Diese Bohrungen sind im Lageplan der Schussbohrungen, **Beilage 2**, ebenfalls eingetragen.

2.1.5 GBA „STEINBRUCHKARTEI“

Die Fachabteilung Rohstoffgeologie der Geologischen Bundesanstalt in Wien unterhält eine Kartei mit Angaben zu bestehenden sowie aufgelassenen Abbaustellen. Ein gro-

ßer Teil der Kartei wurde in den 1940er Jahren durch A. Kieslinger und dessen Mitarbeiter angelegt. Zahlreiche Objekte wurden seither zu verschiedenen Zeiten wieder begutachtet und die Eintragungen entsprechend ergänzt.

Vereinzelt sind den Aufnahmeblättern auch Abzüge von technischen Gutachten beigelegt, die zumeist die Eignung der erfassten Gesteine zu Konstruktionszwecken dokumentieren. Im Allgemeinen sind aber die eingetragenen Informationen nicht ausreichend, um etwa bei Lockergesteinen sinnvolle Angaben über deren fazielle Eigenschaften ableiten zu können (z.B. bei Kiesgruben keine Angaben zur Lithologie der Kieskomponenten). Man kann allerdings einen großen Teil der stillgelegten oder heute vielleicht gar nicht mehr sichtbaren früheren Abbaustellen verzeichnet finden.

Im vorliegenden Fall erbrachte eine systematische Nachschau vor Ort auf Basis der Vorinformationen aus dieser Quelle keine wesentlichen neuen Erkenntnisse.

2.1.6 WASSERBUCH

Das Wasserbuch ist ein öffentliches Buch in demselben Sinne wie z.B. das Grundbuch. Es verzeichnet sämtliche Wasserbenutzungsrechte in Form von Urkunden, Bescheiden und Plänen. Es liegt bei den Bezirkshauptmannschaften auf und ist für jedermann zugänglich.

Das Kernstück jeder Urkunde war früher ein Faltblatt mit Angaben zur Lage des Objekts, den Besitzverhältnissen und dergleichen sowie einer Beschreibung der Grundwasserfassung und der weiteren technischen Anlagen. Die Ordnung der Einträge erfolgt über ein Nummernsystem, die so genannten Postzahlen. Zur geografischen Orientierung wurden die Wasserrechte in Kartenblätter („Wasserbuchblätter“) eingetragen. Seit der Wasserrechtsgesetznovelle 1990 erfolgt die Erfassung neuer sowie schrittweise auch der älteren Rechte mittels EDV. Die wichtigsten Angaben sind nunmehr in der so genannten Evidenz zusammengefasst. Bescheide, Technische Berichte oder Pläne werden dagegen in der zugehörigen Urkundensammlung archiviert. Die Wasserbuchblätter werden nicht mehr nachgeführt.

Über wertvolle Vorinformationen hinaus liefert das Wasserbuch häufig auch Ergiebigkeits- oder Quellschüttungsdaten sowie Hinweise über den Zustand einer Quelle vor der Einfassung. Es bietet allerdings keine vollständige Übersicht über die Wasserspender eines Gebietes. Darüber hinaus sind die Informationen älterer Einträge nicht selten veraltet (z.B. finden sich viele Angaben über die früher zahlreich vorhandenen Widderanlagen). Projekte der öffentlichen Wasserversorgung und der Wasserverbände sowie betriebliche bzw. Gemeinschaftsanlagen sind dagegen mit allen wichtigen Gutachten und technischen Unterlagen meist auf dem neuesten Stand dokumentiert. Das gleiche gilt auch für Tagbaue und Deponien.

Aus dieser Quelle waren für den Zweck der vorliegenden Arbeit z.B. die Informationen über die Wasserversorgungen der Gemeinde Rohr im Kremstal sowie für den Golfplatz in Pfarrkirchen wertvoll.

2.1.7 VERDACHTSFLÄCHEN

Erhebungsblätter zu allen bekannten Deponien (nicht dagegen zu allen Altlasten) des Untersuchungsgebietes sind im Verdachtsflächenkataster der Umweltrechtsabteilung der OÖ Landesregierung gesammelt. Für die vorliegende Arbeit konnten Abzüge aller relevanten Dokumente abzüglich der amtsinternen Bewertungen herangezogen werden.

Verdachtsflächen sind im vorliegenden Zusammenhang zwar als potentielle Kontaminationsquellen und daher gegebenenfalls zur Ursachenforschung bei einem Vorliegen anomaler hydrochemischer Messwerte von Bedeutung. Sie sind allerdings nicht selbst ein Gegenstand der Untersuchung.

2.1.8 TRINKWASSERUNTERSUCHUNGEN

Zahlreiche Haushalte verfügten zur Zeit der Feldaufnahmen über Gutachten zur Qualität des eigenen Trinkwassers, die zumeist nicht länger als wenige Jahre zuvor erstellt worden waren. Darüber hinaus wurden durch verschiedene Gemeinden Wasseranalysen aus dem Bereich der öffentlichen Wasserversorgung zur Verfügung gestellt. Angaben über sämtliche Hauptbestandteile (Kationen und Anionen) waren aber auch in diesen Fällen eher die Ausnahme. Der Untersuchungsumfang war insgesamt sehr verschieden und im Falle der Haushalte oft sehr beschränkt.

Auf Grund dieser Einschränkungen konnten diese ergänzenden Analyseergebnisse für die vorliegende Arbeit zwar nicht für die systematische Auswertung, aber durchaus zur Plausibilitätskontrolle herangezogen werden.

2.1.9 AUFZEICHNUNGEN ÜBER BOHRBRUNNEN

Zu den Bohrbrunnen lagen vereinzelt Bohrberichte bzw. Gutachten vor. Diese enthielten zumeist Pumpversuchsprotokolle und teilweise auch Trinkwasseranalysen sowie eher spärliche Angaben über die Untergrundverhältnisse.

Von den ausführenden Bohrunternehmen konnten jedoch keine weiteren brauchbaren Aufzeichnungen akquiriert werden.

2.2 GELÄNDETÄTIGKEIT

2.2.1 BRUNNENAUFNAHME

Zwischen November 1996 und September 1997 wurde eine repräsentative Brunnenerhebung im gesamten Untersuchungsgebiet durchgeführt. Sie umfasste im Einzelnen folgende Tätigkeiten:

- Auswahl der Objekte und Kontaktierung der Eigentümer vor Ort;
- Aufzeichnungen über Lage und Ausführung des Bauwerks;
- Probenahme und Bestimmung einiger hydrochemischer Parameter (organoleptische und Summenparameter sowie Sauerstoffsättigung und Gesamteisen) an Ort und Stelle;
- Befragung über Beobachtungen beim Bau sowie Erfahrungen mit dem Betrieb des Brunnens.

In erster Linie wurden im Zuge dieser Erhebung Wasserversorgungen landwirtschaftlicher Betriebe erfasst. Ein Vorteil dieser Vorgangsweise ist darin zu sehen, dass wegen des relativ hohen täglichen Wasserverbrauchs im Vergleich zu nicht betrieblichen Einzelversorgungen (ca. 3000 l/d als grober Durchschnitt) repräsentative Beprobungen auch ohne Kurzpumpversuche möglich waren.

Im angegebenen Zeitraum wurden auf diese Weise Kontakte zu etwa hundertfünfzig Eigentümern von Einzelwasserversorgungen geknüpft. Etwa die Hälfte dieser Kontakte führte zu einem verwertbaren Ergebnis. Somit wurden Daten über insgesamt 77 Brunnenanlagen erhoben. Die Ergebnisse der chemischen Analyse wurden den Eigentümern in Form des in **Abb. 4** wiedergegebenen Datenblattes zur Verfügung gestellt.

Häufig hatten die Eigentümer selbst noch die Grabungs- oder Bohrarbeiten mit Interesse verfolgt und konnten – normalerweise glaubwürdig und teilweise auf den Meter genau – über die Schichtabfolge und Wasserzutritte Auskunft geben. Etwa ebenso häufig fanden sich allerdings auch alte, nicht selten noch mit Natursteinen ausgelegte Brunnen, über die keine entsprechenden Informationen bekannt sind. Diese Brunnen dürften nicht selten zusammen mit den Höfen, vereinzelt sogar schon im 18. Jh. errichtet worden sein. Bei späteren Sanierungen wurde in diesen Fällen dann gerne zusätzlich eine Innenschalung aus Fertigbetonringen eingebaut.

Ein Blick in den Brunnenschacht wurde nach Möglichkeit in jedem Fall getan, um eventuelle Undichtigkeiten in Bodennähe bzw. Eintrittsstellen von möglicherweise kontaminierten Sickerwässern feststellen zu können. Eine genauere Begutachtung des technischen Zustandes der Anlage wurde allerdings in keinem Fall durchgeführt.

Wolfgang Straka Institut für Geologie, Univ. Wien, Geozentrum, Althanstraße 14, 1090 Wien Tel. 0222/31336/1900		Ergebnis einer hydrochemischen Beprobung im Zuge einer Überblicksaufnahme an Brunnen- und Quellen für das Projekt „Oberösterreichischer Zentralraum“ des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung	
Probenahme		Datum	
Meßgröße	Meßwerte in der angegebenen Einheit	in mmol(eq)/l	Grenzwert (Richtzahl) nach ÖLMB, Kap. B1
Temperatur	[°C]		25 (12) [°C]
Leitfähigkeit	[µS/cm]		
Säuregrad (pH)	[1]		(6.5 - 8.5)
Sauerstoff, gelöst.....	[mg/l]		
Gesamthärte	[°d]		
Calciumhärte	[°d]		
Karbonathärte	[°d]		
Chlorid	[mg/l]		100 [mg/l]
Sulfat	[mg/l]		250 [mg/l]
Nitrat	[mg/l]		50 [mg/l]
Eisen	[mg/l]		0.2 [mg/l]
Kalium	[mg/l]		12 (10) [mg/l]
Kieselsäure	[mg SiO ₂ /l]		
Brunnentiefe	[m]	Abstich	[m]
			Wasserstand
			[m]

Meßmethoden: Temp., Leitfähigkeit, pH und Sauerstoff: WTW-LF 318 bzw. -pH 320 bzw. -Oxi 320;
 Nitrat: Merck-Reflectoquant (Meßwerte korrigiert anhand einer Eichgeraden);
 alle anderen: Visicolor-Testbestecke der Fa. Macherey & Nagel (Ablesung auf Zehntel, Genauigkeit etwa ½ °d).

Diese Messungen dienen der Orientierung über den Zusammenhang zwischen Chemie der Grundwässer und Geologie der Grundwasserleiter; sie erfolgen — mit Ausnahme der WTW-Messungen — am Tag der Probenahme in meinem Quartier und können und wollen nicht mit Trinkwasseruntersuchungen durch dafür zertifizierte Labor konkurrieren. („Nationale Referenzlabors für die Lebensmittel- und Futtermittelkontrolle in Österreich“ siehe die Website des Lebensministeriums <http://www.wassernet.at>)

Abb. 4 – Datenblatt zur Bekanntgabe der von Analyseergebnissen im Zuge der Brunnenerhebung.

Ein Lageplan der erfassten Grundwasserspender ist in **Beilage 3** sowie in **Abb. 20** (Anf. Kap. 4) enthalten. Bei der Ausarbeitung wurden dabei in einigen Fällen eng benachbarte Grundwasserfassungen, die mit gut vergleichbarer Hydrochemie aus demselben Grundwasserleiter fördern, zu Gruppen zusammengefasst.

Die beigefügten Bezeichnungen (Codes) verknüpfen die einzelnen Objekte mit den Basisdaten im **Anhang A** sowie mit den zur endgültigen Interpretation ausgewählten Datensätzen im **Anhang D**. Die erwähnten Gruppenbildungen sollten mit Hilfe der Tabellen und Erläuterungen im **Anhang C** nachvollziehbar gemacht werden. Eine Legende der verwendeten Abkürzungen ist jedem dieser Tabellenanhänge als erste Seite beigefügt.

2.2.2 QUELLKARTIERUNG

Im selben Zeitraum wie die Brunnenerhebung wurde auch eine Quellkartierung durchgeführt. Im Gegensatz zur Brunnenerhebung war diese Kartierung einerseits auf Vollständigkeit angelegt, was die Anzahl, Lage und Art der Objekte betrifft. Andererseits musste aber aus organisatorischen Gründen auf eine separate Befragung der Eigentümer in der Regel verzichtet werden.

Es wurden zudem Entwässerungsanlagen erhoben, sofern sich (insbesondere durch Temperaturmessungen, Befragung sowie Beobachtung von Wasseraustritten in durchgehend entwässerten Hängen) eindeutige Hinweise darauf finden ließen, dass durch diese Anlagen ganz oder teilweise frühere Quellaustritte gefasst werden.

Von jeder zugänglichen Quelle wurden Skizzen zur Lage und gegebenenfalls der Fassung angefertigt sowie die Schüttungsmenge bzw. Ergiebigkeit zumeist geschätzt (siehe **Pkt. 2.2.3**). Wertvolle Anregungen zur Vorgangsweise in diesem Zusammenhang konnten dabei den Ausführungen über den Aufbau des Quellkatasters der Steiermark in Zetinigg (1996) entnommen werden.

Auf Anregung durch den Auftraggeber der ursprünglichen Studie (Häusler & Straka 1998) wurde ein Formular ausgearbeitet, das eine möglichst vollständige Basis bzw. Gedankenstütze für Erhebungen dieser Art unter verschiedenen Bedingungen schaffen sollte: Es wird umseitig in **Abb. 5** wiedergegeben (4 Seiten).

Die Lage der untersuchten Quellen bzw. Quellgruppen und Entwässerungen (Einleitungsstelle in den Vorfluter) wurde in den unter **Pkt. 2.2.1** bereits erwähnten Unterlagen (**Abb. 20; Anhang A, C, D; Beilage 3**) gemeinsam mit den Brunnenanlagen erfasst.

2.2.3 QUELLSCHÜTTUNGSDATEN

Eine genaue Bestimmung der Schüttung ohne regelrechten Ausbau zur Abflussmessstelle erwies sich im Zuge der Aufnahme als nur ausnahmsweise durchführbar. Schätzungen der Ergiebigkeit entsprechend der Klasseneinteilung in **Abb. 46** (Kap. 6) waren dagegen fast immer schon vor Ort, und in wenigen Fällen auch im Zuge eines Eigentümergespräches möglich.

Quellaufnahme		Projekt		1	
durchgeführt von				Code-Nr.	
Bearbeiter		Datum		endgült. Bez.	
[A:]	[B:]	[C:]		Fassung <input type="radio"/>	
Flußgeb.				Nutzung <input type="radio"/>	
Gewässername(n)				örtliche Bezeichnung	
Gewässername(n)				örtliche Bezeichnung	
Kartenbezug					
ÖK50		RW		HW	
m.ä.A.		m.ä.A.		m.ä.A.	
ROK, BMN o.dgl.		Koordinatenherkunft			
Grund- und Wasserrecht					
Bezirk		Gemeinde		Parz.	
KG		Parz.			
Grundigentümer				vulgo	
Grundigentümer				Tel.-Nr.	
Inhaber des Wasser[mit]benutzungsrechtes				[vulgo][Ansprechpartner]	
Inhaber des Wasser[mit]benutzungsrechtes				Tel.-Nr.	
Rechtsgrundlagen (WR.-Bescheide, Verträge)					
Letzter WB.-Bescheid			Befristung		
Wasserbuch: Kartenblatt		Postzahl		Konsens	
Qmin		Qm		Qmax	
Übersichtsskizze/karte					
Anz.		Einlageblätter			

Abb. 5 (1/4)

2		Geologie, Hydrologie				
Morphologie		Bewuchs/Bewirtsch.				
Ausbildungsform		Deckschichten und deren Bewuchs/Bewirtsch.				
Geologie		Anz. Hauptaustritte	Anströmrichtung			
<input type="checkbox"/> Schichtq. <input type="checkbox"/> Überlaufq. <input type="checkbox"/> Verengungsq. <input type="checkbox"/> Stauq. <input type="checkbox"/> andere:		<input type="checkbox"/> Wallerq. <input type="checkbox"/> Verwerfungsq. <input type="checkbox"/> Kluftq. <input type="checkbox"/> Schuttq.	<input type="checkbox"/> Folgeq. <input type="checkbox"/> Grundq. <input type="checkbox"/> GW-Blänke <input type="checkbox"/> Karstq.			
Schichtfallen	Besonderheit					
Schüttungscharakteristik		Trockenzeiten				
Abfluß/Ableitung <input type="checkbox"/> des Überwassers		<input type="checkbox"/> über offenes Gerinne <input type="checkbox"/> durch Rohrleitung <input type="checkbox"/> zus. mit Drainage				
Messungen						
Quellmeßstelle						
Probenahme am natürl. Quellaustritt <input type="checkbox"/> Probenahme für Tracer-Untersuchungen <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> schlecht	<input type="checkbox"/> nicht mögl.	Zugänglichkeit	
Q [l/s]	Bestimmungsmethode/Meßgerät				Detritus	
LT [°C]	WT [°C]	LF [µS/cm]	pH	Eh [mV]		Färbung
Meßgeräte					Geruch	
Witterung					Wassertyp	
Literatur						
Hinweise auf Analytik, Markierungsversuche, Gutachten u.dgl.						
Skizze[n]						

Abb. 5 (2/4)

Nutzung, Gefährdung								3		
Fassung <input type="checkbox"/> Brunnenfassung <input type="checkbox"/> Schlitzf. <input type="checkbox"/> Stollenf. <input type="checkbox"/> Quellstube	Material <input type="checkbox"/> Ortbeton <input type="checkbox"/> Betonfertigteil <input type="checkbox"/> Kunststoff <input type="checkbox"/> Steinmauer	konstruktive Ausführung <input type="checkbox"/> Sickerschaucht <input type="checkbox"/> Sicker Galerie <input type="checkbox"/> Fangmauer <input type="checkbox"/> konstrukt. Schutz								
<input type="checkbox"/> andere Bauweise, u.zw.:				Anz. Fass.-Stränge	Überdeck.-Höhe [m]					
Quellaustrittsstelle <input type="checkbox"/> natürl. Quellaustritt <input type="checkbox"/> Quellfassung <input type="checkbox"/> Sammelschacht <input type="checkbox"/> andere:		<input type="checkbox"/> HB <input type="checkbox"/> TB <input type="checkbox"/> Aufbereitungsanlage		Förderanlage			Leistung [l/min]			
Entfernung zur Fassungsstelle [m]				Speicherung			Vol. [m³]			
Aufbereitung										
Wasserbedarf										
Haushalt[e]		Einw.		Gäste		Garten [m²]				
Anz.										
landwirtsch. Betrieb[e]		<input type="checkbox"/> Schw.-Entn. <input type="checkbox"/> Einstreu		Milch [l/d]		Acker [ha]		Erwerbsgärten [m²]		
Anz.	GVE						Gemüsebau [m²]		Beregnung [l/d]	
Gewerbe/Industriebetr.		Art		Beschäftigte		Produktmenge		Fläche		
Anz.										
öffentl. Einrichtung[en]		Art		Verbraucher-Einheiten (Beschäftigte, Schüler, Patienten, usw.)						
Anz.										
WVA		Gemeinde[n]		Einw.		Abgabe [m³/a]				
Anz.										
Tagesbedarf (gesch.) [l/d]		Entnahmecharakteristik		Qualitätsanforderung		besondere Anforderung[en]				
		<input type="checkbox"/> laufend <input type="checkbox"/> periodisch <input type="checkbox"/> sporadisch		<input type="checkbox"/> Trinkwasser <input type="checkbox"/> Nutzw. <input type="checkbox"/> keine						
Gefährdung										
<input type="checkbox"/> Düngung <input type="checkbox"/> Güllegrube <input type="checkbox"/> Misthaufen <input type="checkbox"/> Senkgrube <input type="checkbox"/> Viehweide <input type="checkbox"/> anderes:		<input type="checkbox"/> Müllablageplatz <input type="checkbox"/> Deponie <input type="checkbox"/> Altlast <input type="checkbox"/> Abwasserkanal <input type="checkbox"/> Gewerbebetrieb		Hinweis auf Verdachtsflächenkataster oder Gutachten						
Einschätzung des Gefährdungspotentials										
Skizze[n]										

Abb. 5 (3/4)

4								Meßergebnisse	
Datum TT.MM.JJ						Grenzwerte (Richtzahlen)		Meß- methode	Jahres- mittelwert
Witterung (Symbole)						gem. EU-Richt- linie 80/778/ EWG	gem. ÖLMB Cod.-Kap. B1 <i>(nach ÖN M 6250)</i>		N [mm/a]
LT [°C]									V [mm/a]
WT [°C]						25 (12)	25 (12)		LT
LF [µS/cm]						(400 bei 20 °C)			WT
pH [1]						9,5 (6,5 - 8,5)	(6,5 - 8,5)		LF
Eh [mV]									pH
Trübe, Geruch									Eh
GesH [°d]							(3 - 30)		Trübe, Geruch
CaH [°d]						(100 mg/l = 14 °d)			GesH
KarbH [°d]							(3 - 25)		CaH
Cl [mg/l]						(25)	100 (200) (30 geol.)		KarbH
SO4 [mg/l]						250 (25)	250 (200) (150)		Cl
NO3 [mg/l]						50 (25)	50		SO4
PO4 [mg/l]									NO3
Fe [mg/l]						0,2 (0,05)	0,2 (0,1)		PO4
Mn [mg/l]						0,05 (0,02)	0,05 (0,05)		Fe
SiO2 [mg/l]									Mn
									SiO2
Q [l/s]									Q
O-18 [delta%]									O-18
Tritium [TU]									TU

Abb. 5 (4/4) – Quellenerhebungsformular.

Über Quellen, die der öffentlichen Wasserversorgung dienen, gibt es zumeist verlässliche Aufzeichnungen (Wiederauffüllung des Sammelbeckens nach Wartungs- oder Reparaturarbeiten). Aber obwohl diese Messungen teilweise für lange Zeiträume vorlie-

gen, lassen sie sich wegen der oft relativ langen Zeitintervalle zwischen den einzelnen Messungen nicht oder nur abschnittsweise zu Ganglinien zusammensetzen.

Eine brauchbare Ganglinie der beschriebenen Art kann einzig für die Sickergalerie bei der Bradingmühle (auch Pratermühle) im Schlederbachtal südlich von Oberrohr erstellt werden. Diese Quellgruppe wurde ab 1929 zur Wasserversorgung der Gemeinde Bad Hall gefasst. Über Zeiträume von fünf bzw. drei Jahre liegen jeweils monatliche Messungen der Füllzeit nach Entleerung des Sammelbehälters vor. Der Wasserverband Kurbezirk Bad Hall (Obmann J. Grasl, inzwischen Bürgermeister von Bad Hall) stellte diese Daten zur Verfügung.

2.2.4 ABFLUSSMESSUNGEN

Abflussmessungen wurden einerseits an allen Bächen, die den Kremsmünsterer Moränenrücken rechts der Krems entwässern sowie andererseits auch an einigen weiteren Bächen aus dem Bereich der Hochfläche (Ältere Deckenschotter) östlich des Sulzbaches durchgeführt.

Zur Zeit dieser Messungen im Sommer 1997 konnte dabei eine (nicht extreme) Niedrigwassersituation nach längerer Trockenheit und damit näherungsweise der dauernde grundwasserbürtige bzw. Basisabfluss erfasst werden.

In Zusammenhang mit einem kurzzeitigen Niederschlagsereignis Ende August 1997 gelang auch die vergleichende Erfassung einer Hochwasserentwicklung an vier verschiedenen Bächen mit Einzugsgebieten im Moränengebiet, den Älteren Deckenschottern sowie der Flyschzone.

Für sämtliche Abflussmessungen wurde die Salzverdünnungsmethode verwendet (siehe z.B. Schumann 2002). Dabei wurde ein WTW Taschenkonduktometer (siehe **Pkt. 2.3.4**) zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit eingesetzt und die Messwerte in möglichst gleichmäßigen kurzen Zeitabständen maximal eine halbe Stunde lang händisch aufgezeichnet. Die Auswertung erfolgte in der allgemein üblichen Art, gegebenenfalls unter Extrapolation des abfallenden Schenkels der Ganglinie bis zur Grundleitfähigkeit.

2.2.5 GEOLOGISCHE FELDAUFNAHME

Sowohl um den Inhalt der Kompilierten Geologischen Karte gem. **Pkt. 2.1.1** zu verifizieren als auch um die Grundwasserleiter lithologisch besser charakterisieren zu können, wurden Aufschlüsse in allen wesentlichen stratigrafischen Einheiten aufgesucht. In der vorliegenden Arbeit finden sich daher Beschreibungen guter Aufschlüsse in den Älteren Deckenschottern, der Weißen Nagelfluh sowie der Hochterrasse.

Der mit Sicherheit sehr differenzierte Inhalt der (mindelzeitlichen) Endmoräne von Kremsmünster ist dagegen so gut wie nicht zugänglich bzw. nur indirekt über die vorhandenen Bohrprofile zu erschließen. Ähnliches gilt trotz der großen räumlichen Verbreitung auch für die Älteren Deckenschotter, weil zahlreiche früher vorhandene Kiesgruben ab den 1950er Jahren wieder verfüllt wurden. Dies hängt mit einer in diesem Zeitraum beginnenden Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzfläche auf die ehemals durch Quellaustritte vernässten und nunmehr sukzessive entwässerten Talhänge zusammen.

Die geologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet werden – wie erwähnt – in **Beilage 1** dargestellt. Darüber hinaus sind auch alle weiteren GIS-basierten Darstellungen zur Lage oder hydrochemischen Klassifizierung der untersuchten Objekte in **Kap. 4 und 5** mit einer vereinfachten geologischen Karte hinterlegt. Um zwischen Standort und Entnahmehorizont in geologischer Hinsicht differenzieren zu können, wurden zudem die Punktdaten der Objekte selbst mit einem gesteinspezifischen Farbcode versehen.

2.2.6 SEDIMENTOLOGISCHE RICHTUNGSDATEN

Eine Verbesserung der faziellen Charakterisierung der Sedimente im Untersuchungsgebiet konnte auf einfache Weise durch eine Erfassung von Schüttungsrichtungen erreicht werden. Für die TEP fehlen derartige Beobachtungen bisher weitgehend, obwohl z.B. hinsichtlich der Weißen Nagelfluh seit langem ungeklärt ist, wo genau diese Schüttung ihren Ausgang genommen hat.

In der Weißen Nagelfluh gibt es zahlreiche gut messbare Schrägschichtungen. Geeignete Messpunkte finden sich aber häufig auch an minderwertigen Aufschlüssen, wenn – bei geeignetem Einzugsgebiet der Komponenten – hinreichend viele plattige Gerölle zu beobachten sind, die man auf eine eventuelle Imbrikation hin untersuchen kann, selbst wenn sie in einer feineren Grundmasse scheinbar schwimmen (Collinson & Thompson 1989). Schon 20 bis 30 Messungen können ein brauchbares Ergebnis liefern (Graf 1993).

Die Ergebnisse dieser Messungen wurden als Richtungsrosen (mit dunkelgrüner Füllfarbe) in **Beilage 3** verarbeitet.

2.2.7 KLUFTRICHTUNGSDATEN

Eine Erfassung der Kluftrichtungsverteilung in geeigneten tertiären als auch quartären Gesteinen wurde versucht, um zu prüfen, ob sich mit ihrer Hilfe aus Geländebeobachtungen und vorliegenden Luft- und Satellitenbildinterpretationen übereinstimmende Hinweise auf bevorzugte Strukturrichtungen ergeben, und wenn ja, ob sich diese in der Verteilung der Quellen oder von bestimmten Quelltypen widerspiegeln.

Die Frage dabei war nicht, ob es Vorzugsrichtungen etwa in der Molasse prinzipiell gibt, das geht ja bereits aus den Ergebnissen der Kohlenwasserstoff-Exploration hervor (vgl. **Pkt. 3.3, Abb. 17**), sondern ob diese an oder nahe an der Erdoberfläche hinreichend ausgeprägt sind, so dass sie für (relativ) oberflächennahes Grundwasser eine Rolle spielen.

Es zeigte sich, dass einerseits die vorliegenden Satellitenbildinterpretationen großräumige Strukturen vorgeben, die mittels Luftbildinterpretation nicht verifiziert werden konnten; und dass andererseits durch die Kluftmessungen im Gelände – von Ausnahmen abgesehen – nur Entlastungsklüfte erfasst werden konnten. Diese Entlastungsklüfte können zwar durchaus mit bleibenden Deformationen aus früheren oder weiträumigen Spannungszuständen in Beziehung stehen. Im vorliegenden Fall erwies sich allerdings eine zusammenhängende Interpretation der gesammelten Daten in hydrogeologischer Hinsicht als nicht realistisch.

Die gemessenen Klufttrichtungsdaten sind in Form von Richtungsrosen (mit roter Füllfarbe) gemeinsam mit den Schüttungsrichtungen in **Beilage 3** dargestellt.

2.3 HYDROPHYSIKALISCH-CHEMISCHE MESSUNGEN

Die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Grundwässer im untersuchten Gebiet wurde durch handelsübliche und feldtaugliche Testbestecke ermittelt. Auf Laboranalysen sämtlicher Hauptbestandteile musste aus Zeit- und Kostengründen verzichtet werden.

Zur Messung der **hydrophysikalischen Parameter** Wassertemperatur (WT), Leitfähigkeit (LF), Wasserstoff-Ionenaktivität (pH) und Gelöster Sauerstoff (O₂) standen Geräte der Fa. WTW Wissenschaftlich-technische Werkstätten, Weilheim/D, zur Verfügung; die Messung des Redoxpotentials (E_H) erfolgte mit dem Kleingerät *ORP* von Hanna Instruments, Karlsruhe/D. Die Bestimmung dieser und der organoleptischen Parameter (einschließlich Schwefelwasserstoff H₂S) sowie des Gesamteisengehaltes (Fe^{II} + Fe^{III}) konnten üblicherweise noch am Ort der Probenahme erfolgen. Die Bestimmung der weiteren **hydrochemischen Parameter** (Gesamthärte GH, Calcium Ca²⁺, Magnesium Mg²⁺, Mangan Mn, Säurebindungsvermögen SBV bzw. Karbonathärte KH, Chlorid Cl⁻, Ammonium NH₄⁺, Nitrit NO₂⁻, Nitrat NO₃⁻ und Silizium Si⁴⁺, tlw. auch Kalium K⁺) wurde im Quartier vor Ort durchgeführt.

Die Proben wurden in ½-Liter-HDPE-Flaschen, in der warmen Jahreszeit mit Hilfe einer Kühltasche, ins Quartier transportiert und zumeist am Abend desselben Tages, spätestens jedoch am darauf folgenden Tag, mit Testsätzen der Firmen Macherey & Nagel GmbH, Düren/D, bzw. (größtenteils) Merck KGaA, Darmstadt/D, ausgewertet (Macherey-Nagel GmbH 1995; Merck GmbH 1993).

Sämtliche Testreagenzien einschließlich der Waschlösungen wurden vor Ort in Kanistern gesammelt und später einer ordnungsgemäßen Entsorgung zugeführt.

Weitere Proben wurden an ausgewählten Wasserspendern zur Ermittlung von **isotopengeophysikalischen Daten** (Tritium, Sauerstoff-18) gezogen. Näheres dazu siehe **Kap. 2.4** unten.

Im Folgenden werden Hinweise zur Bedeutung der gemessenen Parameter in hydrogeologischer Hinsicht sowie genaue Angaben zu den verwendeten Testmethoden gegeben (weitgehend nach Hütter 1994 und Kölle 2003, allgemein zur chemischen Analytik Kunze & Schwedt 1996, kolorimetrische Methoden nach Degner et al. 1988, mikrobiologische Aspekte nach Chapelle 1993, Griebler & Mösslacher 2003 sowie Schlegel 1992).

Die Ergebnisse der hydrophysikalisch-chemischen Messungen sind im **Anhang B**, und ihre Verarbeitung zu charakteristischen Werten für (126) ausgewählte Wasserspender bzw. Spendergruppen im **Anhang C** zusammen gefasst. Die isotopengeophysikalischen Messwerte werden im Text als **Tab. 3** (Pkt. 5.2) wiedergegeben. Auf die Untersuchungsobjekte (Brunnen, Quellen, usw.) wird dabei durch Chiffren sowie Kurzbezeichnungen verwiesen. Die entsprechenden Basisdaten der Objekte finden sich in **Anhang A**. Dieser und die folgenden Anhänge enthalten auf der jeweils ersten Seite auch die notwendigen Erläuterungen zu den verwendeten Abkürzungen. Dass keine sprechenden Namen oder ausführliche Nennungen der Messpunkte gegeben werden, entspricht einem seinerzeit vereinbarten Modus, der eine gewisse Anonymisierung der Brunnenstandorte ermöglicht.

Zur räumlichen Lage der Objekte siehe **Beilage 3** und **Abb. 20** (Pkt. 4, Einleitung). Die Beziehungen dieser Ergebnisse zu den geologischen Befunden und hydrogeologischen Geländebeobachtungen (**Kap. 3 bzw. 4**) werden in **Kap. 5 und 6** behandelt.

2.3.1 PROBENAHEME

Wasserproben aus Brunnen, Quelfassungen oder Wasserleitungen wurden generell als Einzelproben entnommen und aus den Probenahmegefäßen in luftdichte HDPE-Flaschen umgefüllt.

Als Probenahmegefäß bei Brunnen- bzw. tiefen Quelfassungen diente eine selbst gebaute Entnahmeflasche mit ca. 1,5 Liter Füllvolumen, die sich – an einer Schnur hinab gelassen – bei Antreffen der Brunnensohle öffnet und beim Hochziehen wieder schließt (siehe **Abb. 6** auf der folgenden Seite).

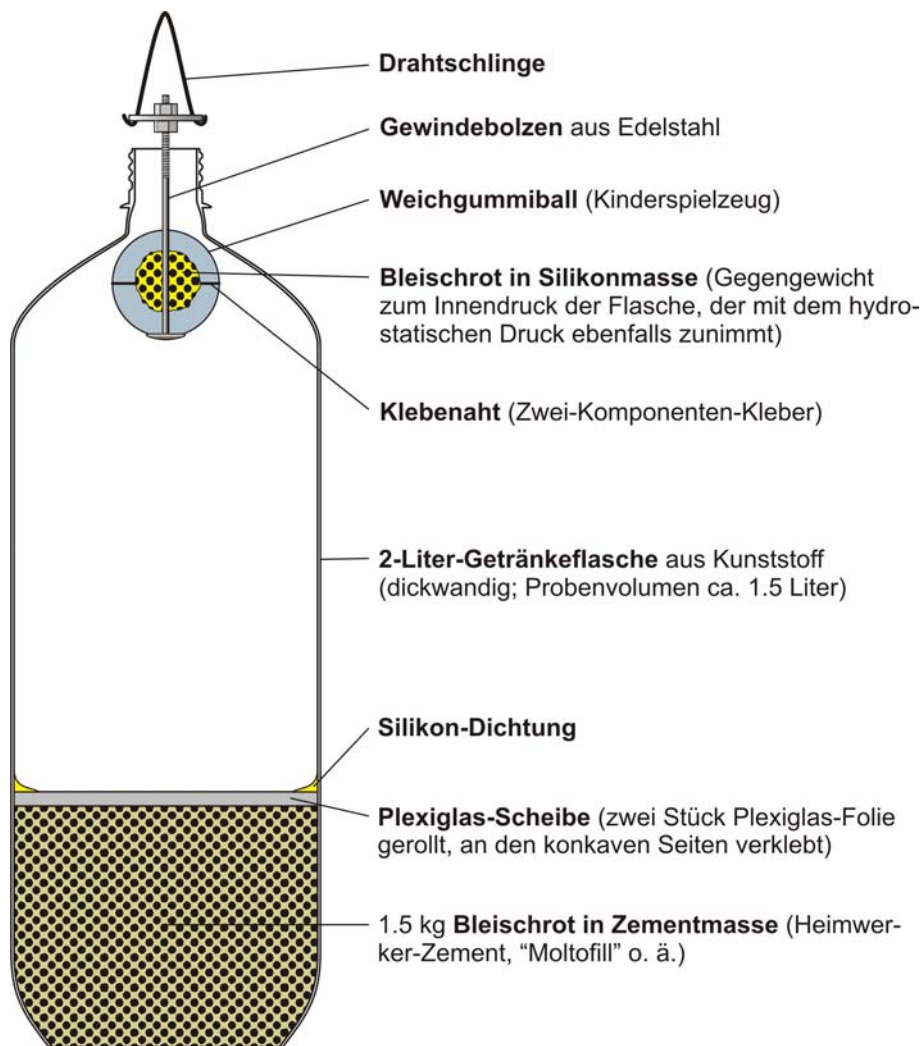


Abb. 6 – Tauchflasche zur Wasserprobenahme im Brunnentiefsten.

Die verwendeten HDPE-Flaschen für Transport und Aufbewahrung der Proben waren mit einem nach unten offenen Innenstopfen versehen. Beim Eindrücken des Innenstopfens wird die darin befindliche Luft eingeschlossen, die Probe ist also nie luftblasenfrei, allerdings vollkommen luftdicht eingeschlossen. Transport und Aufbewahrung der Proben erfolgte sommers in einer Kühltasche, winters konnten die Proben meistens im Auto verbleiben und ohne Schaden für die Kunststoffflaschen auch gefrieren.

Demgemäß wurde eine Beprobung des Brunnentiefsten bzw. der dem Grundwasseraustritt nächstgelegenen Entnahmestelle anderen Möglichkeiten vorgezogen. In manchen Fällen war dies nicht praktikabel, weil massive Schachtabdeckungen nicht beseitigt werden konnten, in Einzelfällen auch wegen Verunreinigung des Brunnentiefsten durch Sinkstoffe, u.dgl. Auf eine Entnahme an der Hauswasserleitung hingegen wurde nur dann zurückgegriffen, wenn sonst keine Entnahmemöglichkeit gegeben und auch kein Zapfhahn an der Steigleitung (vor dem Windkessel) vorhanden waren.

Zur Entnahme an einer Hauswasserleitung wurde immer das Wasser im Verteilungssystem, nur ausnahmsweise aber das Wasser im Brunnen selbst ausgetauscht. Die Berechtigung für dieses Vorgehen ergibt sich daraus, dass die weitaus meisten der untersuchten Grundwasserfassungen landwirtschaftliche Betriebe mit einem relativ hohen Wasserverbrauch von einigen Tausend Liter pro Tag versorgen, so dass in diesen Fällen praktisch zu jeder Zeit repräsentative Wasserproben im Brunnen möglich sind.

Weil im Rahmen dieser Untersuchung aber einerseits keine kostenintensive chemische Analytik von hoher Genauigkeit zur Anwendung kommen konnte, und andererseits die Wasserproben nur ausnahmsweise nicht schon vor Ort bzw. am selben Tag verarbeitet wurden, konnte auch auf gewisse weitere sonst übliche Vorsichtsmaßnahmen verzichtet werden, etwa eine Wasserentnahme unter Luftabschluss zur genaueren Bestimmung des Säurebindungsvermögens, oder eine getrennte Probenahme für Kationen und Anionen sowie Konservierungsmaßnahmen.

2.3.2 ORGANOLEPTISCHE EIGENSCHAFTEN

Die Prüfung der organoleptischen Eigenschaften Färbung, Trübung und Geruch erfolgte mit Hilfe einer 1-Liter-Glasflasche, die zur Prüfung jeweils zu $\frac{1}{2}$ – $\frac{3}{4}$ mit Probenflüssigkeit gefüllt wurde.

Färbung ist eine Absorptionerscheinung (Änderung der spektralen Zusammensetzung des Lichts). Man beurteilt sie in diffusem Licht, gegen einen weißen Hintergrund. Sinkstoffe müssen vorher absitzen, die *visuelle Färbung* enthält dann allerdings noch Einflüsse auf durch feindisperse (kolloide) Stoffe, die nicht mit absedimentieren.

Trübung ist eine Dispersionserscheinung (Streuung des einfallenden Lichts). Die Glasflasche wird geschüttelt und gegen einen schwarzen und dann weißen Hintergrund betrachtet.

Zur Beurteilung des **Geruchs** schüttelt man die verschlossene Flasche und riecht an der Luft, die unmittelbar nach Abziehen des Stopfens austritt.

Die praktische Vorgangsweise im Zuge der Untersuchung war so, dass die Färbung und Trübung im Quartier nach Ausführung der chemischen Tests, der Geruch aber an Ort und Stelle mit den HDPE-Flaschen geprüft und die Flaschen dabei gleichzeitig gespült wurden. Kunststoff besitzt einen leichten Eigengeruch, der aber den H₂S-Geruch der „Schierwässer“, auf den es in erster Linie ankam, nicht übertönen kann.

2.3.3 WASSERTEMPERATUR (WT)

Die Temperatur der Wasserproben wurde gleichzeitig mit der elektrischen Leitfähigkeit bzw. dem pH gemessen (vgl. **Pkt. 2.3.4 bzw. 2.3.5**). Das pH -Meter zeigte aus unbekannter Ursache im Vergleich zum Konduktometer eine um ca. $0,5^{\circ}C$ höhere Proben-temperatur an. Es wurden daher aus Gründen der Vergleichbarkeit durchgehend die Werte der Leitfähigkeits-Sonde verwendet. Die Ablesegenauigkeit beträgt diesfalls $0,1^{\circ}C$.

Als Messbehälter dienten Kunststoff-Bechergläser zu 500 ml; die Temperaturänderungen während der Messung waren bei diesem Mindestvolumen unabhängig von der Jahreszeit vernachlässigbar (wichtig auch für die gleichzeitigen LF-, pH - und Redox-Messungen).

Oberflächennahe Grundwässer in Mitteleuropa weisen, entsprechend dem langfristigen Jahresmittel der Lufttemperatur, eine weitgehend konstante Wassertemperatur von um ca. $10^{\circ}C$ auf. Vor allem im Winter bei Temperaturen höchstens um den Gefrierpunkt erleichterte diese Tatsache die Beurteilung von Einleitungen aus Drainagen, über die in der Regel sehr seichtes Grund- und Tagwasser, nicht selten (in unserem Untersuchungsgebiet häufig) aber auch früher dort ausgetretenes Quellwasser in den Vorfluter abgeleitet wird. Beispielsweise musste ein aus Rohrleitungen am Bachufer austretendes Wasser einer Temperatur von ca. $6-8^{\circ}C$ um diese Jahreszeit größere Anteile von Grundwasser enthalten, denn Oberflächenwasser hatte dann gemäß eigener Beobachtungen etwa $2-3^{\circ}C$, im Boden etwas angewärmtes Tagwasser hingegen nicht mehr als ca. $4-5^{\circ}C$. Winterliche Messungen an Oberflächengewässern führten auch zur Entdeckung von Grundquellen.

2.3.4 ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT (LF)

Die elektrische Leitfähigkeit einer Lösung ist ein grobes Maß für deren Gehalt an gelösten Mineralstoffen. Es besteht eine gute Korrelation mit der Summe der gelösten Stoffe, die beim Eindampfen der Lösung unter $105^{\circ}C$ ausfallen (Filtrattrockenrückstand β_{FT}). Weil beim Eindampfen nur etwa die Hälfte des HCO_3^- als Karbonat ausfällt, kann man in diesem Zusammenhang schreiben: Mineralstoffgehalt $\cong \beta_{FT} + \frac{1}{2} c(HCO_3^-)$.

Die Messausrüstung bestand aus einem **WTW Taschen-Konduktometer LF 318** mit einer TetraCon[®]-4-Elektroden-Messzelle (Putzien 1993, Rommel 1988).

Das Gerät verfügt über vier Messbereiche zwischen 0 und 200 mS/cm. Die Messtemperatur kann zwischen $-5^{\circ}C$ bis $100^{\circ}C$ betragen. Zellenkonstante, Referenztemperatur von $25^{\circ}C$ und Koeffizienten für die nichtlineare automatische Temperaturkompensation sind fix eingestellt. Ein Wässern der Sonde in den Messpausen (ähnlich einer pH -

Sonde) ist nicht nötig. Die Messzelle ist darüber hinaus unempfindlich gegen Verschmutzung; eine mechanische Reinigung ist möglich. Das Gerät ist daher insgesamt weitgehend wartungsfrei und für den Feldgebrauch sehr gut geeignet.

2.3.5 WASSERSTOFF-IONENAKTIVITÄT (pH)

Der pH hängt in Wässern, in denen die Kohlensäure-Karbonat-Spezies das dominierende Puffersystem bilden, hauptsächlich vom Verhältnis $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ ab. Gut gepufferte Wässer weisen diesfalls häufig Werte von ca. pH 6,5–7,5, karbonatreiche allerdings auch bis etwa pH 9 auf. Natürliche Wässer, in denen meist – wie auch im vorliegenden Fall – das Kohlensäure-Karbonat-Puffersystem bei weitem dominiert, sind im Wertebereich pH 7,8–9,0 *nicht* gut gepuffert: Bei pH 8,2 (25°C) bis 8,3 (10°C) liegen nämlich ca. 98% der anorganischen C-Spezies als HCO_3^- vor; es fehlen daher weitgehend die Partner, die es zum Puffersystem ergänzen beziehungsweise liegt bei diesen pH-Werten der Übergangsbereich zwischen einer $\text{H}_2\text{CO}_3\text{--HCO}_3^-$ und einer $\text{HCO}_3\text{--CO}_3^{2-}$ -Pufferung.

Aus den angegebenen Gründen schwanken die pH-Werte der untersuchten Grundwässer im schwach basischen Wertebereich zwischen ca. pH 7,3 und ca. pH 8,7 und lassen kaum weiter gehende hydrogeologische Interpretationen zu. Sie werden daher zur Diskussion der hydrochemischen Messergebnisse in **Kap. 5** nicht weiter herangezogen.

Die Messausrüstung bestand aus einem **WTW Mikroprozessor-pH-meter pH320** und der Einstabmesskette SenTix 97/T (Putzien 1989).

Zum verwendeten Geräteset gehörten darüber hinaus Pufferlösungen pH 4,01, 7,00 und 10,00; mit den Pufferlösungen pH 7,00 und pH 10,00 wurde vor jeder Messfahrt eine Kalibrierung durchgeführt.

Da eine automatische Temperaturkompensation aufgrund einer Zweipunktkalibrierung generell nicht möglich ist, sollte die Kalibrierung an sich bei der späteren Messtemperatur stattfinden. Im Zuge der Messung wiederum sollte die Messsonde die Temperatur der Probe haben. Im Zuge der Felduntersuchungen allerdings wurden die Geräte ständig mitgetragen und diese Voraussetzungen waren daher kaum zu erfüllen.

2.3.6 REDOXPOTENTIAL (E_H)

Das Redoxpotential ist eine Messgröße, die eine Zustandsbeschreibung des untersuchten Wassers durch einen komplexen Parameter ähnlich dem pH ermöglicht. Während der pH durch Säure-Base-Reaktionen verändert wird, sind Änderungen der Redoxspannung (E_H) mit Elektronenübertragungsreaktionen verknüpft: Wasserinhaltsstoff-

fe wie O_2 , $HOCl$, Fe^{II} und andere können Elektronen an ihre Lösungspartner abgeben, wobei diese reduziert, sie selbst aber oxidiert werden, oder umgekehrt; dadurch wird dem Wasser ein Oxidations- bzw. Reduktionsvermögen aufgeprägt. Sind die verantwortlichen Stoffe elektrochemisch hinreichend aktiv, kann man diese Eigenschaft durch eine „Redoxmessung“ quantifizieren.

Dem Einfluss von Puffersystemen auf den pH vergleichbar bilden die elektrochemisch aktiven Substanzen oft mehr als ein Redoxsystem (gemessen wird dann ein Mischpotential) und widersteht auch das Gesamtsystem bis zu einem gewissen Grad einer Änderung des E_H bei Redoxreaktionen (Beschwerung). Da Grundwasser meist nur geringe Konzentrationen Potential bildender Substanzen enthält (eine geringe Beschwerung aufweist), wird der E_H u.a. stark durch den Bakterienstoffwechsel beeinflusst.

Bei Luftkontakt des Wassers gewinnt der gelöste Sauerstoff unter allen Einflüssen auf das Messergebnis die Oberhand. Daher soll auch der E_H nach Möglichkeit vor Ort gemessen oder auch Messungen an Quellen so weit als möglich an bzw. in der Grundwasseraustrittsstelle durchgeführt werden.

Zur Redoxmessung wurde ein **ORP Redoxpotential Tester** der Fa. Hanna Instruments, Karlsruhe/D, eingesetzt.

Es handelt sich um ein batteriebetriebenes Taschenmessgerät mit dreistelliger LCD-Anzeige. Der zulässige Temperaturbereich liegt zwischen $0^\circ C$ und $50^\circ C$. Kontrollmessungen wurden an einem Redoxpuffer RH 28 der Fa. WTW, Weilheim/D, durchgeführt ($E_H = 427$ mV bei $pH = 7$).

Die Standard-Redoxspannung E_H ist die Potentialdifferenz zwischen einer Messelektrode und der Standard-Wasserstoffelektrode (SWE). Die abgegriffene Spannung stellt dagegen die Potentialdifferenz zwischen der Messelektrode und einer Referenzelektrode dar, deren Standardpotential (gegenüber SWE) nicht in die Anzeige eingeht und daher zur angezeigten Spannung addiert werden muss. Dabei gilt im vorliegenden Fall (für eine $Ag/AgCl$ -Elektrode, Innenelektrolyt 3 M KCl):

$$E_H = E_{gem} + \Delta E_{SWE - Ref} = E_{gem} + 217 \text{ mV } (10^\circ C)$$

Zur Zeit der Messungen war mangels Herstellerinformation die Art der Referenzelektrode des genannten Messgerätes unbekannt. Daher sind in sämtliche Wertetabellen bzw. statistischen Auswertungen und Darstellungen die **unkorrigierten Anzeigewerte – bezeichnet als E_h (statt E_H)** – übernommen worden.

2.3.7 GELÖSTER SAUERSTOFF (O_2)

Besonders in turbulentem Wasser bei Luftkontakt löst sich O_2 leicht bis zur Sättigung. Die Sättigungskonzentration hängt vom O_2 -Partialdruck in der wasserdampfgesättigten Luft über der Wasseroberfläche ab, und von der Temperatur. Bei steigender Tempera-

tur nimmt $p(\text{O}_2)_{\text{S, Luft}}$ über dem Wasser ab, $p(\text{O}_2)_{\text{S, Wasser}}$ aber steigt gleichzeitig, sodass O_2 ausgast. Für Normaldruck und 10°C beträgt die Sättigungskonzentration in Wasser

$$c_{\text{S}, 10^\circ\text{C}}(p_{\text{N}}) = 11,25 \text{ mg/l O}_2 \quad (p_{\text{N}} = 1013 \text{ mbar});$$

für einen Luftdruck $p_{\text{L}} = 964 \text{ mbar}$ entsprechend der ungefähren Meereshöhe des Untersuchungsgebietes von ca. 400 m ü.A. gilt hingegen näherungsweise

$$c_{\text{S}, 10^\circ\text{C}}(p_{\text{L}}) \approx (964 / 1013) \cdot 11,25 \text{ mg/l O}_2 \approx 10,7 \text{ mg/l O}_2 \quad (\text{vgl. Schuler 1987}).$$

Trinkwasser sollte O_2 -reich sein, weil (a) unvollkommen mineralisierte organische Substanzen sowie gelöstes Fe^{II} und H_2S häufig Geruch und Geschmack beeinträchtigen und (b) weil im Wasser gelöster Sauerstoff (in Abwesenheit aggressiver Kohlensäure) die Bildung passivierender Überzüge aus Metalloxiden im Leitungssystem begünstigt; als optimal für diesen Prozess werden 5–6 mg/l O_2 angegeben.

In O_2 -freien Ökosystemen (d.h. besonders in Sedimenten stehender Gewässer, in Böden mit stauender Nässe und im Grundwasser) entwickeln sich, wenn durch die gewöhnliche aerobe Atmung anderer Lebewesen Sauerstoffzehrung eintritt, häufig Gemeinschaften von Mikroorganismen, die ihre Stoffwechselenergie durch Gärung oder „Anaerobe Atmung“ gewinnen. Die gärenden Mikroorganismen stehen dabei am Beginn, die anaerob atmenden am Ende einer (anaeroben) Nahrungskette: Beide benutzen zumeist organische Substanzen sowohl als Kohlenstoff- wie als Wasserstoff- und Elektronen-Quelle (Chemo-organo-heterotrophie); die anaeroben Atmer verwenden dazu die Ausscheidungsprodukte der gärenden Organismen.

Der Energie liefernde Prozess kann dabei als Elektronen- und Wasserstofftransfer in einer Kette von Redoxreaktionen beschrieben werden. Als terminale H- und Elektronen-Akzeptoren dienen im Falle der Gärung Spaltprodukte des eigenen Stoffwechsels, im Falle der anaeroben Atmung aber anorganische Ionen wie NO_3^- , Fe^{III} , SO_4^{2-} oder CO_3^{2-} . Diese Ionen werden dadurch letztlich zu N_2 (oder NH_4) bzw. Fe^{II} , H_2S (oder S^0) und CH_4 reduziert. Voraussetzung für derartige Umsetzungen sind (a) der Mangel – nicht unbedingt das völlige Fehlen – von O_2 , und (b) die Anwesenheit organischer Substanzen; diese können aus dem Boden in den Untergrund ausgewaschen worden (z.B. Huminsäuren) oder vor Ort im Gestein enthalten sein (z.B. Kohle). Neuerdings kennt man auch Gemeinschaften von Mikroorganismen, die nicht von solchen Kohlenstoffquellen und damit letztlich nicht von der Sonnenenergie abhängig sind, sondern CO_2 als Kohlenstoffquelle und z.B. H_2 aus der Zersetzung kristalliner Gesteine oder als Bestandteil juveniler Fluide zur Energiegewinnung nutzen können (Amend & Teske 2005); sie spielen im vorliegenden Zusammenhang allerdings keine Rolle.

Bei O_2 -Zehrung im Grundwasser kann man also den Abbau von NO_3 , die Mobilisierung von Fe (als Fe^{II}) und die Bildung von H_2S erwarten, und zwar ganz grob in dieser Reihenfolge (die erforderliche Reduktionskraft nimmt in dieser Reihenfolge zu).

Die Messungen wurden mit einem **WTW Mikroprozessor-Taschen-O₂-Messgerät Oxi 320/SET** mit dem galvanischen Messfühler CellOx 325 (Bleianode) durchgeführt (Degner et. al. o.J.).

Das Gerät verfügt über eine automatische Luftdruck-Korrektur (elektrisches Barometer) bzw. Temperatur-Kompensation (zwei Messfühler für Messgut und Membrantemperatur). Die Kalibrierung erfolgte in wassergesättigter Luft: das Luftkalibriergefäß (OxiCal[®]-SL) wird dabei über die Sonde gestülpt; ein feuchter Schwamm dient als Wasser-Reservoir, über dem sich (temperaturabhängig) eine definierte Luftfeuchtigkeit einstellt.

Die Aufbewahrung der Sonden erfolgt bei hoher Luftfeuchtigkeit (im Kalibriergefäß oder in de-ionisiertem Wasser), um ein Austrocknen oder Ausfällungen aus dem Elektrolyten zu vermeiden. Eine Verwendung bei Verschmutzungsgefahr wurde generell vermieden, da eine Reinigung (nur mit Flüssigkeiten) relativ heikel ist. Die Membran ist nur einige µm stark, entsprechend empfindlich, und musste trotz vorsichtiger Behandlung immer wieder ersetzt werden. Zahlreiche Messungen konnten wegen Ausfallen der Sonde nicht durchgeführt werden.

2.3.8 GESAMTHÄRTE (GH)

Als „Härte eines Wassers“ versteht man nach DEV (Deutsche Einheitsverfahren) bzw. DIN 38409-H6 der Gehalt des Wassers an Ca-, Mg-, Sr- und Ba-Ionen (die frühere Formulierung „Ionen der Erdalkalien“ wird nicht empfohlen, da auf Basis der Empfehlungen der IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry – Mg nicht mehr zu den Erdalkalien gerechnet wird). Strontium oder Barium bleiben hier außer Betracht, so dass GH im vorliegenden Zusammenhang als ein Maß für die Summe aus Ca- und Mg-Gehalt eines Wassers verstanden wird.

Sickerwasser wird in der ungesättigten Zone durch die Atmung der vor allem in den obersten Bodenhorizonten reichlich vorhandenen Lebewesen stark mit CO₂ angereichert und damit fähig, größere Mengen Karbonat zu lösen. Sofern allerdings im Untergrund nicht entsprechende Mengen davon vorhanden sind, bleibt das Grundwasser aggressiv. Trotz geringer Löslichkeit der Karbonate (5 bis 8 %vol) stellt man in Grundwässern aus Karbonatgesteine führenden Einzugsgebieten jedoch meist erhebliche Gehalte an Ca und Mg fest.

Die Karbonatlösung führt dem Wasser neben Ca und Mg hauptsächlich Hydrogenkarbonat zuführt (bei pH < 8 gibt es praktisch kein CO₃ in Lösung). Dies sollte dazu führen, dass eine dem Ca+Mg-Gehalt äquivalente Menge HCO₃ (+ CO₃) vorhanden ist (Karbonathärte, siehe **Pkt. 2.3.15**). Bei Abweichungen davon ist anzunehmen, dass andere Lösungsvorgänge oder Austauschreaktionen mit dem Boden bzw. Gestein eine Rolle spielen:

- Ist die HCO_3 -Menge kleiner, entstammt der überschüssige Teil des Ca und Mg nicht der Lösung von Karbonaten, sondern von – wesentlich leichter löslichen – Sulfaten (Gips), oder von Silikaten (Nichtkarbonathärte, siehe Pkt. 2.3.16). Letztere tragen diesfalls auch zu einem gegenüber Ca erhöhten Mg-Gehalt bei.
- Ist die HCO_3 -Menge größer als die dem Ca+Mg-Gehalt äquivalente Menge, liegt das im Allgemeinen daran, dass an Tonmineralen Ca- und Mg- gegen (zumeist) Na-Ionen ausgetauscht worden sind.

Entsprechend der geringeren Löslichkeit von Dolomit gegenüber Calcit enthält Grundwasser mit aus Karbonaten stammender Härte normalerweise 4 bis 5 mal mehr Ca- als Mg-Ionen. Abweichungen von diesem Ca/Mg-Verhältnis sind aber nicht nur in dolomitischen oder silikatischen Grundwasserleitern zu beobachten, sondern auch in Grundwässern, die durch organische Dünger oder Abwässer verunreinigt sind (Hölting 2005). In vorliegender Arbeit geben wir ein Mg/Ca-Verhältnis an, weil es in erster Linie auf den relativen Mg-Gehalt ankommt ($\text{Ca/Mg} = 4\text{--}5$ entspricht $\text{Mg/Ca} = 0,20\text{--}0,25$).

Das Grundwasser im Untersuchungsgebiet kann durchgehend als mittelhart bis hart bezeichnet werden (Härtebereich 3 entsprechend $> 16^\circ\text{dH}$ nach dem österreichischen Waschmittelgesetz). Es wurde häufig über Krustenbildungen in Heißwasserrohren und dergleichen geklagt. Nicht zu vergessen sind in diesem Zusammenhang allerdings auch die Vorteile eines harten Wassers: Dazu gehören u.a. der Schutz gegen Korrosion durch Calcitbeläge in Metallrohren sowie der Umstand, dass in harten Wässern kaum Schwermetalle mobilisiert werden können. Z.B. verwenden die Landeskuranstalten in Bad Hall seit langem ausschließlich Kunststoffleitungen, hatten aus den erwähnten Gründen aber auch keine Probleme mit den früheren Bleileitungen (mündl. Mitt. Dir. HR G. Pfeil).

Zur Gesamthärtebestimmung wurden im Zuge der Untersuchung drei verschiedene feldtaugliche **Testsätze** verwendet:

- VISOCOLOR[®] *Gesamthärte H20F* der Fa. Macherey-Nagel, Düren/D:
Titration mit EDTA; Ablesung in Schritten von $0,5^\circ\text{dH}$ oder $0,1\text{ mmol/l}$.
- Aquamerck[®] 8039 *Gesamthärte-Test* der Fa. Merck, Darmstadt:
Titration mit EDTA; Ablesung in Schritten von $0,2^\circ\text{dH}$ oder $0,1\text{ mmol/l}$.
- Aquamerck[®] 8011 *Gesamthärte-Test* der Fa. Merck, Darmstadt:
Ein Tropfen des Titranten entspricht 1°dH .
(Dieser Test wurde im Dezember und Februar 1996 eingesetzt).

Bei der Methode handelt es sich um die übliche chelatometrische Titration mit Ethylen-diamin-Tetraessigsäure-Dinatriumsalz (EDTA-Na_2 , bei Merck unter dem Handelsnamen Titriplex III[®]) gegen den Metallindikator Eriochromschwarz T bei $\text{pH } 10$. Ca+Mg-Titrationen dieser Art sind dabei praktisch immer GH-Bestimmungen, denn Strontium- und Barium-Ionen werden dabei stets mitbestimmt.

Die genannten Testbestecke eignen sich zur GH-Bestimmung bis etwa 5 mmol/l entsprechend 28°dH. Dieser Wert wurde im Zuge der Untersuchung nur selten erreicht oder überschritten.

2.3.9 CALCIUM (CA²⁺)

Zur Calciumbestimmung wurden folgende **Testsätze** verwendet:

- VISOCOLOR[®] *Calcium CA 20* der Fa. Macherey-Nagel, Düren/D:
Titration mit EDTA; Ablesung in Schritten von 0,5°dH oder 0,1 mmol/l.
- Aquamerck[®] 11110 *Calcium* der Fa. Merck, Darmstadt/D:
Titration mit EDTA; Ablesung in Schritten von 2 mg/l oder 0,05 mmol/l.

Die nasschemische Ca-Bestimmung durch chelatometrische Titration mit EDTA-Na₂ (Titriplex III[®]) – diesfalls gegen den Indikator Calconcarbonsäure bei pH 12–13 – folgt denselben Reaktionsprinzipien wie die oben beschriebene Gesamthärtebestimmung. Mg²⁺ wird zuvor als Hydroxid gefällt. Eine Mitfällung von Ca (als Folge der Alkalierung) kann dabei den Farbumschlag verschleppen; eine schnelle Titration ist daher vorteilhaft. Der Farbumschlag von Rot – über Rotviolett kurz vor dem Titrationsendpunkt – nach Blauviolett ist relativ zart. Strontium- und Barium-Ionen werden mitbestimmt.

2.3.10 MAGNESIUM (MG²⁺)

Der Magnesiumgehalt ergab sich aus der Differenz zwischen den Messwerten für Gesamthärte (GH) und Calcium (ausgedrückt als Calciumhärte CaH):

$$\text{Mg} = \text{GH} - \text{CaH} \quad [^\circ\text{dH oder mmol/l}]$$

2.3.11 KALIUM (K⁺)

Der Kaliumgehalt von Grundwasser ist normalerweise gering (1–2 mg/l); geringer als der Natriumgehalt (wenige bis ca. 50 mg/l), trotz gleicher Verbreitung in den Gesteinen, aus denen die Alkalimetalle stammen. Die Ursachen dafür sind die geringe Löslichkeit der Kalifeldspäte und die hohe Adsorptionsfähigkeit der Böden für Kalium. Höhere Gehalte (5–10 mg/l) sind meist durch Auswaschen von Kalidünger – insbesondere aus humusarmen Böden – bedingt.

Im Zuge vorliegender Untersuchung wurde eine Kaliumbestimmung nur dann unternommen, wenn ein Verdacht auf anthropogene Verunreinigung (durch Düngemittel) vorlag. Dies hatte seinen Grund einerseits darin, dass die Untersuchung – wie erwähnt

– zur Gänze mittels feldtauglicher analytischer Mittel durchgeführt werden sollte (die übliche Bestimmungsmethode wäre die Flammenphotometrie). Andererseits gibt es zwar einen feldtauglichen (Trübungs-)Test auf Natrium, dieser ermöglicht aber eher nur qualitative als quantitative Rückschlüsse. Er eignet sich allerdings, um rasch und vor Ort eine Grundwasserverunreinigung zu erkennen.

Es wurde folgender **Testsatz** verwendet:

VISOCOLOR® *Kalium* der Fa. Macherey-Nagel, Düren/D

Kalium-Ionen reagieren im alkalischen Milieu (NaOH-Zugabe) mit Na-tetraphenyl-borat zu einem weißen Niederschlag. Die getrübe Lösung wird in ein Messröhrchen gegossen, bis das schwarze Kreuz am Boden dieses Röhrchens dem Blick (von oben) gerade entschwindet, und der Kaliumgehalt wird – entsprechend dem Flüssigkeitsspiegel – an der dem Messröhrchen aufgeprägten Skala abgelesen (oder besser: abgeschätzt). Die Abstufung der Skala 2–3–4–6–8–10–15 mg/l beginnt erst oberhalb der gewöhnlich in nicht verunreinigten Grundwässern festgestellten Konzentrationen.

2.3.12 EISEN (Fe^{2+} , Fe^{3+})

Lösliches Eisen (überwiegend Fe^{II}) ist in fast allen natürlichen Wässern zumindest in Spuren vorhanden. In „reduzierenden Grundwässern“ stellt man dagegen häufig Gehalte von 1–3 mg/l, manchmal auch bis 10 mg/l fest (zusammen mit O_2 -Armut, CO_2 -Reichtum, NH_4^+ - und H_2S -Gehalt). Aus Leitungsrohren kann Fe^{II} durch aggressive Kohlensäure freigesetzt werden (zumeist wird es aber in Wasserfassungen und Wasserversorgungsanlagen eher oxidiert bzw. als Fe^{III} -Oxihydroxid gefällt).

Bei Fe-Konzentrationen $> 0,3$ mg/l nimmt Wasser einen „metallischen“ Geschmack an. Durch chemische Fällung bei Zutritt von Sauerstoff bilden sich kolloide Niederschläge, und getrübe, opaleszierende Lösungen entstehen. Ablagerung von Fe^{III} -Oxihydroxiden und Bildung von Fe-Krusten sind dagegen im Allgemeinen mit der Tätigkeit von „Eisenbakterien“ verknüpft. Diese Erscheinungen kann man schon vor Anwendung der chemischen Analytik meist richtig als Anzeichen hoher Fe-Gehalte deuten.

Bei der so genannten Verockerung von Grundwasserfassungen hingegen handelt es sich um kombinierte Ablagerungen von Fe-Mn-Oxihydroxiden und Kalk. Oft sind diese voluminös und schlammig bzw. gallertig, mit steigendem Mangan- und Kalkgehalt tritt darüber hinaus eine zunehmende Verfestigung (Versinterung) ein. Bakterielle Umsetzungen tragen dabei wahrscheinlich wesentlich mehr als anorganische zur Versinterung bei.

Sowohl (orangerote) Eisenoxihydroxid-Suspensionen und –überzüge als auch verhärtete (schwarze) Fe-Mn-Verkrustungen, z.B. an Drainageleitungen oder Pumpanlagen, wurden an verschiedenen Stellen im Untersuchungsgebiet beobachtet und gaben im

Zuge der Kartierung schon wertvolle Hinweise auf die großteils reduzierten Grundwässer der Molasse.

Zur Gesamteisen-Bestimmung im Grundwasser wurde folgender **Testsatz** verwendet:

VISOCOLOR[®] *HE Eisen* der Fa. Macherey-Nagel, Düren/D:

Kolorimetrische Bestimmung mit Hilfe des Komplexbildners Ferrospectral[®].

Aromatische Verbindungen, die eine Diimin-Gruppe $-N=C-C=N-$ enthalten (z.B. 1,10-Phenantrolin) bzw. im vorliegenden Fall das Diphenyl-sulfonsäure-pyridyl-triazin (Ferrospectral[®]) bilden mit Fe^{II} -Ionen rot gefärbte Komplexe. Diese Reaktionen sind kolorimetrisch oder photometrisch verwertbar. Fe^{III} wird durch ein geeignetes Reduktionsmittel in Fe^{II} überführt.

Bei dem verwendeten Reagenssatz handelt es sich um einen so genannten **Komparator-Test**: Die im Reaktionsgefäß entstandene Farbe wird mit einer Reihe auf Karton gedruckter oder im Durchlicht mit gefärbten Kunststoffgläsern erzeugter Farben verglichen. Beim dem oben genannten Test wird ein Farbvergleich mit einer Blindprobe gegen eine 10-stufige drehbare Komparatorscheibe aus Karton durchgeführt; Abstufung: 0,00–0,01–0,02–0,03–0,04–0,05–0,07–0,10–0,15–0,2 mg/l Fe. Bei höheren Konzentrationen muss verdünnt werden.

Der Test ist prinzipiell empfindlich und zuverlässig. Das Ergebnis gibt allerdings über den wahren Gesamteisengehalt keine vollständige Auskunft, weil das erwähnte Reduktionsmittel zumeist einen unbekanntem Teil des vorhandenen Fe^{III} nicht in Fe^{II} überführen kann.

2.3.13 MANGAN (Mn^{2+})

Die Chemie des Mangan ähnelt der des Eisens. In „reduzierenden Wässern“ ist Mn ebenso leicht löslich, wird aber weniger leicht oxidiert als Fe und liegt daher meistens 2-wertig vor. Oxidation zu Mn^{IV} kann allerdings durch bakterielle Umsetzungen erfolgen (Gattung *Pseudomonas*). In Grundwässern finden sich üblicherweise maximal 1–2 mg/l Mn.

Es wurde folgender **Testsatz** verwendet:

VISOCOLOR[®] *HE Mangan* der Fa. Macherey-Nagel, Düren/D:

Kolorimetrische Bestimmung mit Hilfe des Komplexbildners Formaldoxim (Komparator-test; Abstufung: 0,00–0,03–0,06–0,10–0,15–0,20–0,25–0,30–0,40–0,50 mg/l Mn).

Durch den Einfluss des Luft- O_2 wird Mn^{II} zu Mn^{IV} oxidiert; dieses bildet mit Formaldoxim $CH_2=N-OH$ bei pH 9,5–10,5 einen rotbraunen Komplex $[Mn(CH=N-OH)_6]^{2-}$. Fe^{III} wird vor der Testreaktion maskiert und nach der Reaktion selektiv zerstört (D. Rein-

hardt, Macherey-Nagel GmbH, 2000, Email an Verf.). Mit dieser Methode kann – gegebenenfalls durch Verdünnung – ein Konzentrationsbereich von 0,03–10 mg/l Gesamt-Mn abgedeckt werden.

2.3.14 SÄUREBINDUNGSVERMÖGEN (SBV)

„Säurebindungsvermögen“ (SBV) ist synonym mit „Säurekapazität bis pH 4,3“ ($K_{S, 4.3}$). Dieser Wert ist etwa gleich dem so genannten +m-Wert, das ist der Säureverbrauch in mmol(eq)/l bei Titration bis zu jenem pH-Wert, für welchen gilt: $c(\text{HCO}_3) = 0.01 c(\text{TIC})$, d.h. nur mehr 10% des gelösten anorganischen Kohlenstoffs (Total Inorganic Carbon) liegen in der Form HCO_3 vor, der Rest hat sich zu $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 (= \text{H}_2\text{CO}_3^*)$ umgesetzt. Bei 25°C und 10 mmol/l Ionenstärke liegt dieser Wert bei pH 4,3. Der geeignete Indikator zur Bestimmung des SBV ist Methylorange (daher „m-Wert“).

Der m-Wert von reinem Wasser beträgt 0,05 mmol/l und wird bei hohen Ansprüchen an die Analytik vom Ergebnis abgezogen („Korrigierte Säurekapazität“). SBV ($K_{S, 4.3}$) bezeichnet hingegen *immer* das *unkorrigierte* Ergebnis der Titration.

Die Säurekapazität bis pH 8,2 \approx +p-Wert wird analog dazu am Umschlagpunkt des Indikators Phenolphthalein bestimmt. Entfärbt sich dieser Indikator in der Probe, dann ist $K_{S, 8.2}$ nicht bestimmbar (+p = 0). Falls +p \neq 0, wird zuerst $K_{S, 8.2}$ bestimmt und anschließend bis pH 4.3 weiter titriert. $K_{S, 4.3}$ entspricht dann immer dem gesamten HCl-Verbrauch (gegebenenfalls einschließlich +p).

In allen hier untersuchten Fällen erwies sich +p = 0 (Phenolphthalein wird bei Eintropfen in die Probelösung farblos). Für den pH-Bereich der untersuchten Wässer (leicht basisch) gilt daher in guter Näherung $\text{SBV} \approx c(\text{HCO}_3)$, denn CO_3^{2-} und OH^- müssen erst bei pH-Werten über 8,3 bzw. 9,5 berücksichtigt werden.

Es wurden folgende **Testsätze** verwendet:

- VISOCOLOR® *Carbonathärte C 20* der Fa. Macherey-Nagel, Düren/D:
Titration mit HCl; Ablesung in Schritten von 0,5°dH oder 0,1 mmol/l.
- Aquamerck® 8048 *Carbonathärte* der Fa. Merck, Darmstadt/D:
Titration mit HCl; Ablesung in Schritten von 0,2°dH oder 0.1 mmol/l.

Nasschemische Bestimmung durch Titration mit HCl gegen Methylorange. Der Farbumschlag von Blau über Grauviolett nach Rot setzt bei pH 4,3 ein. Im pH-Bereich 4,5–8,2 ist $K_{S, 4.3}$ (+m-Wert) praktisch gleich $c(\text{HCO}_3)$. Die Angabe erfolgt in mmol/l (oder mmol(eq)/l), auf maximal zwei Dezimalstellen genau.

2.3.15 KARBONATHÄRTE (KH)

Die KH ist derjenige Anteil von Ca^{2+} und Mg^{2+} , der durch eine äquivalente Menge von HCO_3^- - und CO_3^{2-} -Ionen (sowie aus deren Hydrolyse stammender OH^- -Ionen) neutralisiert wird. Dem Begriff liegt die Vorstellung zu Grunde, dass dieser Anteil aus der Lösung von Karbonaten stammt.

Wir nehmen – wie bei den meisten natürlichen Wässern berechtigt – an, dass bis zum Wert der Gesamthärte (GH) die KH gleich dem Säurebindungsvermögen (SBV) ist (jeweils in Einheiten der Äquivalentkonzentration).

Wenn $\text{SBV} > \text{GH}$, so wird $\text{KH} = \text{GH}$ gesetzt, denn der über GH hinausgehende Anteil von HCO_3^- wird diesfalls durch weitere Kationen neutralisiert, die nicht unter den Begriff von der Härte eines Wassers fallen. In dieser Form ist der Begriff einer Karbonathärte allerdings nicht glücklich, weil ja tatsächlich die gesamte Menge an $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ aus der Lösung von Karbonaten stammt (abgesehen davon, dass eine „Härte der Anionen“ dem Begriff widerspricht (Hütter 1994, S. 251; die DEV empfehlen daher nur mehr die Verwendung des Begriffes Säurekapazität bis pH 4,3).

2.3.16 NICHTKARBONATHÄRTE (NKH)

Die Differenz der Karbonathärte (KH) zur Gesamthärte (GH) wird auch Nichtkarbonathärte genannt:

$$\text{NKH} = \text{GH} - \text{KH}$$

Ist das Säurebindungsvermögen $\text{SBV} > \text{GH}$ und daher (definitionsgemäß) $\text{KH} = \text{GH}$, wird $\text{NKH} = 0$ gesetzt. Obwohl die KH als ein Teil der GH (also der Kationen Ca und Mg) definiert ist, hat es sich eingebürgert, über die NKH als einem Teil der den Härtebildnern Ca und Mg äquivalenten Menge *Anionen* zu sprechen (nämlich demjenigen Teil, der über $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ hinausgeht). Diese Inkonsistenz erleichtert den Sprachgebrauch in vielen Argumenten, die mit diesem Parameter operieren, und wir folgen daher teilweise dieser Gewohnheit.

Der Hauptbestandteil der NKH (im Sinn einer „Anionenhärte“) ist gewöhnlich Sulfat (vgl. **Pkt. 2.2.21 Sulfat und Schwefelwasserstoff**).

2.3.17 CHLORID (Cl^-)

Chlorid im Grundwasser stammt zumeist aus NaCl und KCl (aus der Verdunstung von Meerwasser oder Lösung aus Steinsalz). Sofern der Alkaligehalt nicht durch Ionenaustauschvorgänge verändert wurde, sollte das $(\text{Na}+\text{K})/\text{Cl}$ -Molverhältnis daher etwa gleich

Eins sein. Als weitere Quellen sind allerdings Verunreinigungen mit Abwässern, Straßenstreusalz (NaCl , CaCl_2) oder Kalidünger (KCl , NH_4Cl) zu nennen.

Chlorid wird – auch im Boden – kaum adsorbiert. Zu hohe Konzentrationen können deshalb praktisch nur durch Verdünnung beseitigt werden. Der Cl-Gehalt der Bodenlösung wird in erster Linie durch die Evapotranspiration erhöht. Im Sicker- bzw. Grundwasserstrom unterliegt er dann kaum mehr Veränderungen. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, aus nicht geo- oder anthropogenen Cl-Gehalten im Grundwasser abzuschätzen, wie viel vom Niederschlag dem Boden durch Evapotranspiration entzogen wird. Dazu muss die Annahme berechtigt sein, dass einerseits nur die Verdunstung vom Boden und durch Pflanzen zur Aufkonzentrierung der Bodenlösung führt (jedenfalls relativ zur nassen und trockenen Deposition) sowie andererseits die Sickerwässer allein wiederum zur Grundwasserneubildung beitragen (Mattheß & Ubell 1983; Mazor 1997).

Zur Chloridbestimmung wurden zwei verschiedene Methoden eingesetzt bzw. **Testsätze** verwendet:

- Microquant® 14753 *Chlorid* der Fa. Merck, Darmstadt/D:
Kolorimetrische Bestimmung; Farbgleich mittels Drehkomparator (drehbare Scheibe mit Farbgläsern); Abstufung: 0–3–6–10–18–30–60–100–180–300 mg/l.
- VISOCOLOR® *Chlorid CL 500* der Fa. Macherey-Nagel, Düren/D:
Mercurimetrische Titration; Ablesung in Schritten von 5 mg/l.
- Aquamerck® 11106 *Chlorid-Test* der Fa. Merck, Darmstadt/D:
Mercurimetrische Titration; Ablesung in Schritten von 2 mg/l.

Die kolorimetrische Methode beruht auf der Bildung von orangerotem $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ aus der Umsetzung $2 \text{Cl}^- + \text{Hg}(\text{SCN})_2 + \frac{2}{3} \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{HgCl}_2 + \frac{2}{3} \text{Fe}(\text{SCN})_3$. Sie wurde bis Mai 1997 verwendet und danach durch die beiden titrimetrischen Testsätze (Titration mit $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ gegen den Indikator 1,5-Diphenyl-carbazon) ersetzt. Durch Verwendung der 2- bzw. 5-fachen Probemenge konnte dabei die Ablesegenauigkeit auf 1,0 mg/l gesteigert werden (Chloridgehalte der untersuchten Wässer durchweg unter 50 mg/l).

2.3.18 AMMONIUM (NH_4^+)

Ammonium (NH_4^+) als Kation wird hier eingefügt, weil es im Stickstoffkreislauf eng mit den Anionen Nitrit (NO_2^-) und Nitrat (NO_3^-) verbunden ist, denen die beiden folgenden Abschnitte gewidmet sind.

In Ammonium liegt Stickstoff in seiner niedrigsten Oxidationsstufe vor (–3). Es ist die erste anorganische N-Verbindung, die als Produkt des Protein-Harnstoff-Abbaus im Boden entsteht. Durch fortschreitende N-Mineralisierung (Nitrifikation) entstehen dann,

katalysiert durch nitrifizierende Bakterien, üblicherweise Nitrit (siehe **Pkt. 2.3.19**) sowie – als Endprodukt – Nitrat (siehe **Pkt. 2.3.20**).

Als Quellen für Ammonium kommen weiters in Frage:

- mikrobieller Abbau organischer Substanzen (Proteine, Harnstoff);
- Exkremate bzw. Gülle (enthält fast nur Ammonstickstoff $\text{NH}_4\text{-N}$);
- Düngerauswaschung aus landwirtschaftlich genutzten Böden;
- mikrobielle Nitrat-Reduktion (Nitrat-Ammonifikation; siehe **Pkt. 2.2.20**);
- chemische Nitrat-Reduktion durch H_2S (siehe **Pkt. 2.1.20 bzw. 2.1.21**).

Ammonium bildet mit Ammoniak ein Redoxsystem $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$. Der prozentuale Anteil jedes der beiden Komponenten ist pH-abhängig: Bei steigendem pH (> 8) und steigender Temperatur nimmt der NH_3 -Anteil stark zu. Das hat zwei ökologisch unerwünschte Folgen: (1) in gedüngten Böden steigen die (gasförmigen) N-Verluste, und (2) in den Gewässern die Fischtoxizität stark an (NH_3 ist giftig, NH_4^+ nicht). Aber auch die weitgehende Nitrifikation des NH_4^+ hat Nachteile: sie verbraucht 4,6 mg O_2 pro mg $\text{NH}_4\text{-N}$ und führt zu Sauerstoffzehrung unterhalb NH_4^+ -reicher Einleitungen in Gewässer, z.B. aus Kläranlagen. Auch in Leitungsnetzen gibt es Nitrifikation, meist aber nur unvollständig zu Nitrit.

Im vorliegenden Zusammenhang wurde Ammonium in erster Linie als Indikator für (a) ein reduzierendes Grundwassermilieu und (b) Grundwasserverschmutzung durch Gülle gewertet. Gülle spielt dabei auf Grund der Wirtschaftsweise (intensive Schweinehaltung) im Untersuchungsgebiet die Hauptrolle. Da Stickstoff in Gülle fast ausschließlich als NH_4 vorliegt, trägt diese unmittelbar zum „ NH_4 -Pool“ in dem Boden bei, der die Gülle aufnehmen muss (siehe **Pkt. 2.3.20**).

Die Messausrüstung bestand diesfalls aus einem **Kleinreflektometer RQflex[®]** in Verbindung mit Testsätzen Reflectoquant[®] 16892 *Ammonium-Test* (Teststäbchen) der Fa. Merck KGaA, Darmstadt/D.

Die Methode beruht auf Berthelots Reaktion (zu einem blauen Indophenol-Derivat), die kolorimetrisch, photometrisch oder eben – wie in unserem Fall – reflektometrisch zur Konzentrationsbestimmung verwendet werden kann. Die Teststäbchen sind mit zwei aufgeklebten Reaktionskissen versehen. Sie bleiben acht Minuten in der (chlorierten) Probelösung, bevor sie in die Messkammer des Reflektometers eingeschoben werden. Messbereich 0,2–7,0 mg/l NH_4^+ ; Ablesegenauigkeit 0,1 mg/l.

NH_3 wird ebenfalls erfasst. Das Verhältnis der beiden Spezies hängt von pH und Temperatur ab. Bei pH $< 8,0$ (d.h. im pH-Bereich der untersuchten Wässer) liegt der NH_3 -Anteil auch bei relativ hoher WT jedoch unter 10%.

2.3.19 NITRIT (NO_2^-)

NO_2^- tritt als Zwischenprodukt bei Nitrifikations- und Denitrifikationsprozessen auf; in reinem Wasser findet man es höchstens in Spuren bis 0,001 mg/l NO_2^- . Bei sinkendem $\text{pH} < 6$ bildet sich immer mehr die undissoziierte Form der Salpetrigen Säure HNO_2 ; im pH -Bereich natürlicher Wässer spielt diese Umformung kaum eine Rolle, wird aber zur NO_2^- -Bestimmung ausgenutzt (s.u.).

Direkte Aufnahme durch den Menschen findet praktisch nur über die feste Nahrung statt (Nitritpökelsalz zur Konservierung besteht aus einer Mischung von Speisesalz mit ca. 4–5 g/kg NaNO_2).

Zur Nitritbestimmung wurde folgender **Testsatz** verwendet:

Aquamerck® 11118 *Nitrit-Test* der Fa. Merck, Darmstadt/D:
Kolorimetrische Bestimmung; Farbabgleich mittels Farbkarten-Komparator;
Abstufung: 0,05–0,1–0,25–0,5–1,0 mg/l NO_2^- .

NO_2^- reagiert in saurer Lösung (in der es überwiegend in der Form HNO_2 vorliegt) mit aromatischen Aminen (Sulfanilsäure, N-[Naphthyl-(1)]-ethylendiamin-dihydrochlorid) zu einem Diazoniumsalz und in weiterer Folge zu einem rot gefärbten Azofarbstoff. Die Reaktion ist sehr empfindlich: prinzipiell ist $1\mu\text{g}/\ell$ nachweisbar. Der verwendete Test ist im Konzentrationsbereich 0,005–3,0 mg/l NO_2^- anwendbar.

2.3.20 NITRAT (NO_3^-)

Oberflächengewässer haben natürliche Nitratgehalte von ca. 0,4–8 mg/l, verschmutzte häufig 50–150 mg/l. Zumeist ist eine geogene Herkunft auszuschließen, und das Nitrat stammt dann zum Großteil aus der Oxidation von organischen und anorganischen Abbauprodukten, hauptsächlich im Boden. Praktisch alle Abbauprodukte, vor allem die der Proteine, führen zunächst zu Ammonium NH_4^+ . Gülle und Dünger tragen direkt zu diesem NH_4 -Pool bei (vgl. **Pkt. 2.3.18**). Von diesem zentralen Punkt im N-Kreislauf nimmt die N-Mineralisierung (**Nitrifikation**) ihren Ausgang und führt über Nitrit zum natürlichen Endprodukt Nitrat (höchste Oxidationsstufe +5).

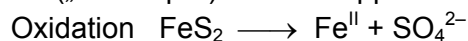
Nitrat ist in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft und daher auch im vorliegenden Fall ein wichtiger Verschmutzungszeiger. Ergänzend dazu sollte allerdings auch gesagt werden: Wenn im Grundwasser der Gehalt an NO_3^- zwar hoch, an NH_4^+ und NO_2^- aber im Allgemeinen vernachlässigbar klein ist, so mag zwar die Verschmutzung des Wassers eine Tatsache sein; ebenso ist aber die Fähigkeit des Bodens sowie der – auch im tieferen Untergrund vorhandenen – Biofilme gegeben, einen hohen anthropogenen Stickstoffanteil weitestgehend zu mineralisieren. Dies kann durchaus positiv als ein Teil der Fähigkeit zur „Selbstreinigung“ des Untergrundes verstanden werden.

Mannigfaltiger als die Wege der Nitrifizierung sind diejenigen, auf denen das Nitrat wieder abgebaut werden kann:

Zahlreiche fakultativ anaerobe Bakterien können Nitrat über Nitrit zu N₂-Gas „veratmen“ (das heißt: als Elektronenakzeptor benutzen; **Denitrifikation**) und dabei Stickstoff bis zur Oxidationsstufe 0 reduzieren. Dieser Prozess findet zumeist bei Sauerstoffgehalten < 5 mg/l O₂ bzw. Redoxspannungen im Bereich von E_H ≈ 300–700 mV statt. Einige obligat anaerobe Bakterien schaffen in stark reduzierendem Milieu (E_H < 300 mV; Eh gem. **Pkt. 2.3.6** < 80 mV) auch die N-Reduktion bis zur niedrigsten Oxidationsstufe –3, das heißt bis zum NH₄⁺ (**Nitrat-Ammonifikation**). Daneben gibt es auch eine anorganische NO₃⁻-Reduktion durch Kontakt mit H₂S-führendem Wasser, die ebenfalls mit der Bildung von NH₄⁺ verbunden ist.

Von der mikrobiellen Denitrifikation gibt es zwei maßgebliche Spielarten:

Chemo-litho-autotrophe Denitrifikation: Die dafür verantwortlichen anaeroben Bakterien gewinnen Energie (zumeist) aus Redoxreaktionen („chemotroph“), benutzen reduzierte *anorganische* Verbindungen als H- bzw. Elektronenquelle, z.B. FeS₂ oder andere Sulfide der Oxidationsstufen –2 bis +4 („lithotroph“); und sie verwenden CO₂ als Kohlenstoffquelle („autotroph“). Sie verkoppeln etwa die Energie liefernde



mit der Reduktion NO₃⁻/NO₂⁻ → N₂.

Als Oxidationsmittel (gewöhnlich NO₃⁻) kann unter Umständen auch O₂ fungieren („fakultativ anaerob“), aber nur unter O₂-Ausschluss (oder nach Verbrauch des vorhandenen O₂) kommt es zum beschriebenen Nitratabbau bei gleichzeitiger Anreicherung von SO₄²⁻ und Fe^{II} (sowie H₂).

Chemo-organo-heterotrophe Denitrifikation: Auch dabei dient eine Redoxreaktion zur Energiegewinnung und ebenfalls Nitrat als Oxidationsmittel, aber in diesem Falle sind *organische* Substanzen sowohl die H- („organotroph“) als auch die C-Quelle („heterotroph“) für den Organismus. Der NO₃⁻-Abbau geht mit einer äquivalenten Erhöhung der HCO₃⁻-Konzentration einher. Der limitierende Faktor für diesen Mechanismus ist die Verfügbarkeit von organischer Substanz. Diese könnte etwa zusammen mit Nitrat aus der Bodenzone ausgewaschen worden sein; wenn der Vorrat allerdings erschöpft ist, kann Nitrat nicht mehr auf diese Weise abgebaut und dann möglicherweise ungehindert weiter verfrachtet werden.

Das Endprodukt der mikrobiellen Denitrifikation ist somit üblicherweise gasförmiges N₂. Die Denitrifikation ist daher ebenfalls ein Prozess, der für die „Selbstreinigung“ des Untergrundes von überschüssigen N-Verbindungen wesentlich ist. Eine Anhäufung unerwünschter N-Spezies kann in diesem Sinne auf besondere Faktoren hinweisen, welche die Denitrifikation behindern.

Zur Nitratmessung wurde das **Kleinreflektometer RQflex[®]** in Verbindung mit Teststäbchen Reflectoquant[®] 16995 bzw. 16971 *Nitrat-Test* (Teststäbchen) der Fa. Merck KGaA, Darmstadt/D, eingesetzt.

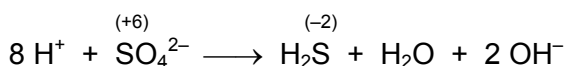
Nach Reduktion durch Cadmium erfolgt die Bestimmung als Nitrit wie unter **Pkt. 2.3.19** beschrieben (Bildung eines roten Azofarbstoffes; $\text{NO}_2^- > 0,5 \text{ mg/l}$ täuscht Nitrat vor und muss zuvor beseitigt werden). Die Teststäbchen werden 2 sec in die Probe getaucht und nach 1 min in die Messkammer eingeschoben. Die Methode ist im Konzentrationsbereich $3\text{--}90 \text{ mg/l NO}_3^-$ (Art.-Nr. 16995) bzw. $5\text{--}225 \text{ mg/l NO}_3^-$ (Art.-Nr. 16971) anwendbar; Ablesegenauigkeit $1,0 \text{ mg/l}$.

2.3.21 SULFAT (SO_4^{2-}) UND SCHWEFELWASSERSTOFF (H_2S)

Grundwässer enthalten im Allgemeinen ca. $10\text{--}30 \text{ mg/l SO}_4^{2-}$. **Sulfat** ist häufig Hauptbestandteil der Nichtkarbonathärte (NKH) und daher meist in geringeren Stoffmengen vorhanden als Ca und Mg zusammengenommen; wo das nicht der Fall ist, muss man an zwei mögliche Ursachen denken: (1) Entfernung von Ca durch Ionenaustausch und (2) Verunreinigung durch Dünger (MgSO_4 , in Kombination mit K_2SO_4 als „Patentkali“) oder Abwässer.

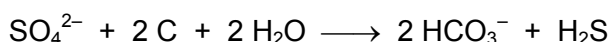
Sofern im Einzugsgebiet keine Gipsvorkommen auftreten, kommt neben dem Niederschlag als Quelle hauptsächlich die mikrobielle Oxidation (Mineralisierung) von Sulfiden, H_2S oder S-haltigen organischen Substanzen in Frage. Sulfat entsteht darüber hinaus auch bei der mikrobiellen Nitratreduktion (vgl. **Pkt. 2.3.20**). Denitrifizierende Bakterien benutzen dabei NO_3^- und/oder NO_2^- als Oxidationsmittel zur Umsetzung von Fe-Sulfid zu löslichem Fe^{2+} und SO_4^{2-} . Dieser Vorgang läuft im Prinzip auch unter aeroben Bedingungen ab, aber nur unter O_2 -Abwesenheit muss NO_3^- verbraucht werden bzw. kann sich Fe^{2+} anreichern.

In O_2 -freien Grundwässern findet aber häufig umgekehrt eine mikrobielle Sulfatreduktion (anaerobe „Sulfat-Atmung“, Desulfurikation) statt:



Obligat anaerobe Bakterien der Gattung *Desulfovibrio* bzw. *Desulfotomaculum* betreiben diese Reaktion bei $\text{pH } 5,0\text{--}9,5$ und Redoxspannungen $E_H < 0 \text{ mV}$. Sie benutzen dabei SO_4^{2-} als Wasserstoff- bzw. Elektronenakzeptor (Endpunkt der Atmungskette). NO_3^- ist unter den Bedingungen dieser Reaktion normalerweise nicht mehr vorhanden.

Daneben gibt es bei völligem Fehlen von O_2 sowie NO_3^- auch eine abiotische Sulfatreduktion durch organische Substanz, die (ähnlich der heterotrophen Nitratreduktion) mit einer äquivalenten Erhöhung der HCO_3^- -Konzentration einhergeht:



In beiden Fällen entsteht **Schwefelwasserstoff**, so dass dieser – schon durch seinen Geruch – häufig in „reduzierenden Wässern“ festgestellt werden kann. Im Falle, dass für die Umsetzungen ausreichend organischer Kohlenstoff vorhanden ist, können also zusammenfassend nacheinander folgende Umsetzungen stattfinden:

- Aerobe Mineralisation sowie bei Sauerstoffzehrung anaerobe Vergärung von organischer Substanz;
- NO_3^- -Abbau durch chemo-organotrophe (heterotrophe) sowie – in geringerem Ausmaß – durch chemo-lithotrophe Denitrifikation, letztere verbunden mit einer Anreicherung von SO_4^- und Fe^{II} ;
- SO_4^{2-} -Reduktion durch Desulfurikanten („Sulfat-Atmer“) sowie – in weit geringerem Ausmaß – auch durch organischen Kohlenstoff, unter Freisetzung von H_2S .

Sowohl bei der heterotrophen NO_3^- als auch bei der abiotischen SO_4^- -Reduktion entsteht außerdem HCO_3^- . Grundwasser mit hohen H_2S -Gehalten ist in der Regel arm an Keimen, denn der E_{H} in solchen Wässern ist oft schon bakterizid.

Kommen nun H_2S -führende Wässer mit anderen in Berührung, die Sauerstoff oder andere Oxidationsmittel (Nitrat) enthalten, so können folgende Umsetzungen eintreten:

- NO_3^- wird unter Bildung von NH_4^+ reduziert;
- O_2 -Kontakt führt zur Entwicklung H_2S -oxidierender Bakterien (*Thiobacillus*), H_2SO_4 -Bildung und einer dementsprechenden pH-Senkung.

Zur H_2S -Erkennung ist anzumerken, dass bei pH 7 etwa 50%, bei pH 9 aber schon knapp 100% des gelösten Sulfid in der Form HS^- (Hydrosulfid) vorliegt. In dieser Form kann es durch den Geruchssinn nicht mehr erfasst werden.

2.3.22 KIESELSÄURE (Si)

Gelöstes Silizium liegt fast ausschließlich als undissoziierte *ortho*-Kieselsäure $\text{Si}(\text{OH})_4$ (auch H_4SiO_4 geschrieben) oder $\text{H}_2\text{SiO}_3\text{aq}$ vor (SiO_4^- -Ionen nur in stark alkalischen Wässern).

Dieser Parameter wurde in Bereichen des Untersuchungsgebietes gemessen, wo eine hydrochemische Beeinflussung der untersuchten Grundwässer durch Reaktion mit den Gesteinen der Molasse möglich schien. Nach längeren Verweilzeiten in den Sandsteinen der Molasse weist das Grundwasser häufig deutlich erhöhte Si-Gehalte auf.

Zur Siliziumbestimmung wurden zwei verschiedene **Testsätze** verwendet:

- VISOCOLOR[®] *Kieselsäure* der Fa. Macherey-Nagel, Düren/D:
Kolorimetrische Bestimmung als Silikomolybdänblau; Farbgleich Probe gegen Blindprobe in zwei Rechteckküvetten (mit Farbgläsern zu einem Komparatorgerät kombiniert); Abstufung: 0,2–0,5–1,0–2,0–3,0–5,0 mg/l SiO_2 .
- Microquant[®] 14792 *Silicium-Test* der Fa. Merck KGaA, Darmstadt/D:
Kolorimetrische Bestimmung als Silikomolybdänblau; Farbgleich mittels Dreh-

komparator (drehbare Scheibe mit Farbgläsern); Abstufung: 0,0–0,3–0,6–1,0–1,5–2,0–3,0–5,0–7,0–10,0 mg/l Si .

Schwefelsaures Ammonium-heptamolybdat $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ reagiert im pH-Bereich 1.2–1,7 mit den Silikationen zu β -Silicomolybdänsäure $\text{H}_4[\text{Si}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4]$, die anschließend zu einer blauen Modifikation reduziert wird. Gegebenenfalls anwesende *ortho*-Phosphationen werden zuvor durch Weinsäure zerstört. Es wird nur der Molybdat-reaktive Anteil des Gesamt-Si in Lösung bestimmt (ansonsten Sodaaufschluss notwendig).

2.4 ISOTOPENHYDROPHYSIKALISCHE MESSUNGEN

An ausgewählten Wasserspendern wurden insgesamt 19 Proben gezogen und die isotopengeophysikalischen Parameter **Tritium-Gehalt (^3H)** sowie **Massenverhältnis Sauerstoff-18/16 (^{18}O)** des Wassers ermittelt.

Diese Untersuchungen dienten vor allem dazu, um

- aus den Tritiumgehalten eine Vorstellung von den Verweilzeiten des Grundwassers in den verschiedenen Aquifere nach Infiltration zu erhalten, sowie
- um mit Hilfe der ^{18}O -Gehalte zu überprüfen, ob sich Unterschiede in der Höhe der Einzugsgebiete verschiedener Grundwässer erkennbar auf deren Isotopie auswirken (trotz der relativ geringen Höhenunterschiede im Hügelland südlich Kremsmünster), und ob nicht Teile dieser Einzugsgebiete in den höheren Regionen der Flyschzone vermutet werden müssen.
- Darüber hinaus ergaben sich aus den ^{18}O -Werten auch Hinweise auf die Versickerungsbedingungen im Untersuchungsgebiet.

Die Erhebung fand in zwei Kampagnen statt:

- Jänner 1997: 9 Proben, Untersuchung aller Proben auf ^{18}O und Tritium;
- September 1998: 10 Proben, Untersuchung aller Proben auf Tritium. Diese Kampagne erfasste bevorzugt Quellen mit hohen Schüttungsmengen. An drei der bereits 1997 untersuchten Objekte wurden darüber hinaus erneut Proben genommen und an diesen (sowie einer weiteren Probe eines „Schlierwassers“) zusätzlich der ^{18}O -Gehalt bestimmt. Für die drei zweifach beprobten Wasserspender liegen demgemäß je zwei ^3H - und ^{18}O -Werte aus verschiedenen Jahreszeiten vor.

Die Proben wurden vor Ort in 1-L-HDPE-Flaschen abgefüllt und luftdicht verschlossen (Innenstopfen). Tritium kann zwar mit der Zeit durch die Kunststoffwand der Flaschen nach außen diffundieren; die Proben waren davon allerdings unberührt, weil sie im beauftragten Labor umgehend in Glasflaschen umgefüllt und auch die Rückstellproben in solchen aufbewahrt wurden. Die Messungen wurden am Geotechnischen Institut des Bundesforschungs- und Prüfzentrum Arsenal (seither Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal GmbH, kurz: ÖFPZ Arsenal) in Wien durchgeführt.

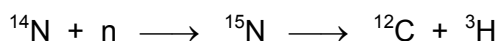
Im Folgenden wird nun, getrennt für Tritium und Sauerstoff-18, auf Grundlagen der Interpretation dieser Parameter für hydrogeologische Zwecke eingegangen (wir folgen dabei den Angaben in Hölting 1992, Humer et al. 1995, Mazor 1997, Moser & Rauert 1980, Rank et al. 1991 sowie Scheidleder et al. 1998).

Die Lage der auf Isotopengehalte untersuchten Wasserspender (**Abb. 43**) und die Messergebnisse (**Tab. 3**) sowie eine Interpretation dieser Ergebnisse werden alle unter **Pkt. 5.2** wiedergegeben bzw. dargelegt.

2.4.1 TRITIUM (^3H)

Tritium (^3H oder T) ist ein radioaktives schweres Wasserstoffisotop der Atommasse 3, das mit einer Halbwertszeit $T_{1/2} = 12,3$ a zu ^3He zerfällt, wobei β^- -Teilchen abgestrahlt werden. Diese Strahlung ist massenspektrometrisch bestimmbar, und man kommt dadurch zu einer ^3H -Konzentrationsangabe für das untersuchte Wasser. Die Konzentration wird als $^3\text{H}/^1\text{H}$ -Verhältnis ausgedrückt. $^3\text{H}/^1\text{H} = 10^{-18}$ ist dabei definiert als die Einheit des Tritium-Gehaltes (Tritium Unit, 1 TU).

Natürliches Tritium entsteht aus dem Stickstoff der höheren Atmosphäre durch Bombardierung mit kosmischen Neutronen, über das radioaktive Zwischenprodukt ^{15}N :



Das so entstandene Tritium oxidiert zu schwerem Wasser THO oder T_2O . Der natürliche ^3H -Gehalt im **Niederschlag** und den davon abgeleiteten Grundwässern vor Beginn der Kernbombenversuche betrug – nach Analysen am Inhalt alter, datierter Weinflaschen – etwa 5–6 TU.

1952 begannen auf der nördlichen Hemisphäre die Kernbombentests. 1963 erreichte deren Intensität einen Höhepunkt, und die ^3H -Gehalte in den Niederschlägen auf der Nordhalbkugel stiegen auf das tausendfache der natürlichen Konzentration (auf der Südhalbkugel war der Anstieg viel geringer). Im selben Jahr trat ein internationales Abkommen in Kraft, das oberirdische Kernwaffenversuche untersagte, und die ^3H -Gehalte der Atmosphäre nahmen seitdem wieder ab, in den ersten Jahren nach dem Höhepunkt der Entwicklung dramatisch, seit den 70er-Jahren immer weniger und in den letzten Jahren kaum noch. Die Entwicklung der letzten Jahre ist dadurch bedingt,

dass der natürliche Zerfall von den in den letzten Jahrzehnten zunehmenden Emissionen kerntechnischer Anlagen teilweise wieder aufgewogen wird.

Das „Bombentritium“ gelangte in die Stratosphäre und wird bevorzugt im Frühjahr in die tiefere Troposphäre eingemischt und dort in relativ kurzer Zeit ausgegnet. Dadurch ergibt sich für die ^3H -Gehalte im Niederschlag ein Jahresgang mit einem Tiefpunkt im Winter- und einem Höhepunkt im Sommerhalbjahr. Darüber hinaus gibt es beträchtliche geographische Unterschiede. Die Eingangsfunktion für die Altersbestimmung (die ja im Prinzip die Kenntnis des Anfangsgehaltes für das untersuchte Isotop voraussetzt), hat beim Tritium also einen komplexen zeitlichen Verlauf, der bekannt sein muss, wenn man nicht nur relative Altersunterschiede abschätzen will.

Grundwasservorkommen enthalten außerdem generell auch (unbekannte) Anteile – oft zahlreicher – Jahresniederschläge. Durch Messungen von **Grundwasser** erhält man daher jederzeit nur Mischalter bzw. kann absolute Angaben zur mittleren Verweilzeit im Aquifer nur in Einheiten von Jahrzehnten treffen. Mit hoher Sicherheit kann man ^3H -freies Grundwasser (in der Praxis $< 0,5$ TU) als vor 1950, signifikant ^3H -haltiges (in der Praxis > 10 TU) als nach 1950 infiltriert betrachten.

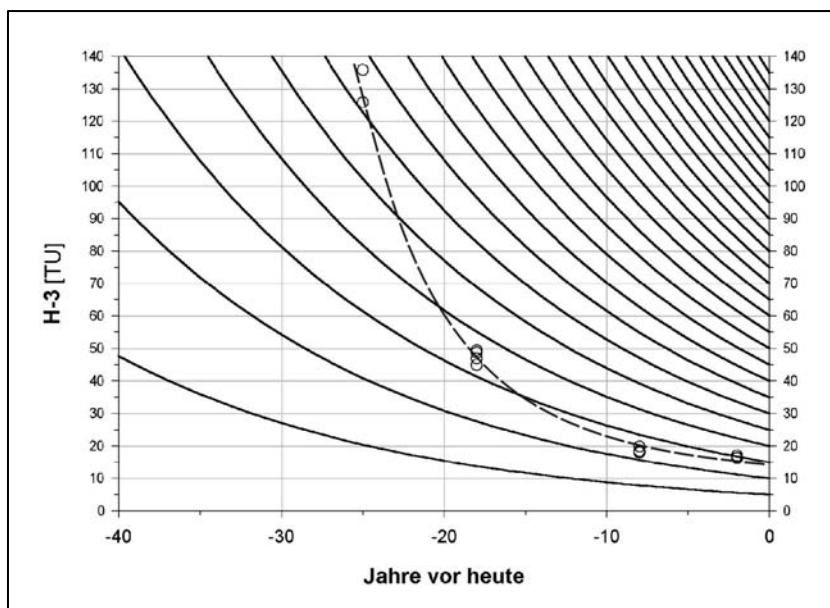


Abb. 7 – Tritium-Zerfallskurven und Andeutung des Jahresganges der ^3H -Gehalte im Niederschlag an vier österreichischen Sammelstellen. Die Zerfallskurven sind auf bestimmte ^3H -Konzentrationen im Jahr Null abgestellt. Die strichlierte Linie zeichnet den Abfall der mittleren ^3H -Konzentration im Niederschlag der letzten Jahrzehnte an den Sammelstellen Salzburg, Braunau/Inn, Weyregg und Feuerkogel nach, das sind die in Hauptwetterrichtung dem Untersuchungsgebiet am nächsten gelegenen Meßstellen. Das Jahr Null entspricht dabei dem Jahr 1998. – Datengrundlage: Humer et al. (1995: S. 22) und (für 1996) Scheidleder et al. (1998: S. 5).

Die Verhältnisse in **Oberösterreich** werden durch **Abb. 7** oben verdeutlicht: Die Zerfallskurven des Tritium sind mit der Andeutung einer Zeitreihe für die ^3H -Gehalte im Niederschlag an den vier angegebenen Sammelstellen überlagert, beruhend auf veröf-

fentlichten Jahresmittelwerten für die Jahre 1973, 1980 und 1990 nach Humer et al. (1995) sowie für 1996 nach Scheidleder et al. (1998). Man sieht, dass die Werte trotz weit gestreuter geographischer und auch verschiedener Höhenlage der Sammelstationen scheinbar über die gesamte Zeit eng beieinander liegen. In der Molassezone Oberösterreichs und angrenzenden Gebieten kann man offenbar von den Ergebnissen dieser Stationen ausgehen (in Westösterreich sind die zeitlichen und örtlichen Schwankungen viel größer und würden ein solches Vorgehen nicht rechtfertigen). An den oberösterreichischen Sammelstellen liegt die jahreszeitliche Schwankungsbreite im Niederschlag derzeit zwischen 5 TU und 30 TU, das (mit den Niederschlagsmengen) gewichtete Jahresmittel bei 16–17 TU (für die Jahre 1995 und 1996 nach Scheidleder et al. 1998).

Nach dem Diagramm **Abb. 7** wäre zum Beispiel ein 20 Jahre vor 1998 infiltriertes Grundwasser ca. 20 Jahre alt. Diese Überlegung gilt aber nur im Falle, dass ein Röhrenmodell (piston flow) für den Grundwasserfluss im Aquifer realistisch ist. Eine Mischung mehrerer Jahrgänge des Niederschlags im Grundwasserleiter ist dann ausgeschlossen. Tatsächlich geht man heute im Allgemeinen von einem Exponentialmodell der Alterszusammensetzung aus, das heißt von der Annahme, dass der Anteil des heurigen Niederschlags im Grundwasser immer am höchsten ist und die Anteile der vergangenen Jahrgänge mit zunehmender zeitlicher Entfernung exponentiell abnehmen. Der Median dieser Verteilung entspricht dann der mittleren Verweilzeit des Wassers im Aquifer. Auf dieser Grundlage am ÖFPZ Arsenal durchgeführte Berechnungen mit den Zeitreihen der verfügbaren oberösterreichischen Sammelstellen als Inputfunktionen bilden auch den Ausgangspunkt für die unter **Kap. 5.2** dargelegten Schlussfolgerungen hinsichtlich der Verweilzeiten der hier untersuchten Grundwässer.

2.4.2 SAUERSTOFF-18 (^{18}O)

Ca. 2 auf 1000 H_2O -Moleküle sind von der Art $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$. Nachdem es sich bei ^{18}O um ein stabiles Sauerstoffisotop handelt, ist die Gesamtzahl dieser schweren Wassermoleküle annähernd konstant (Änderungen durch Kernreaktionen sind möglich, aber unbedeutend).

Die Bestimmung der Absolutgehalte von ^{18}O im Wasser ist aufwendig und für die meisten praktischen Zwecke auch nicht notwendig. Stattdessen wird üblicherweise die Differenz der $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Mengenverhältnisse zwischen der Probe und einem Standard bestimmt und mit Hilfe der so genannten Delta-Notation angegeben, wobei:

$$\delta^{18}\text{O} = [(R_{\text{Probe}} - R_{\text{Standard}}) / R_{\text{Standard}}] \cdot 1000 \text{ ‰}$$

$R = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Mengenverhältnis; Einheitsbezeichnung: δ -‰

Als Standard dient eine 1966 im Auftrag der IAEA (International Atomic Energy Agency) in Wien hergestellte Wasserprobe, deren ^{18}O -Gehalt dem des Meerwassers nahe kommt. Dieser Standard heißt V-SMOW (Vienna Standard Mean Ocean Seawater); für ihn gilt $^{18}\text{O}/^{16}\text{O} = (2005,20 \pm 0,45) \cdot 10^{-6}$. Eine hinreichend genaue Messung ist derzeit

nur durch Massenspektrometrie möglich. Als Messgas dient dabei Flaschen- CO_2 , das durch circa 20-stündigen Kontakt mit der Probe ^{18}O bis zur Sättigung aus dieser aufgenommen hat (über das gelöste HCO_3). Die Messgenauigkeit liegt bei $\pm 0,1 \text{ ‰}$.

Physikalische Grundlage der Phänomene, deretwegen Messungen stabiler Isotope im Wasser durchgeführt werden, ist die Isotopenfraktionierung. Eine Fraktionierung, d.h. An- oder Abreicherung bestimmter Isotope relativ zu anderen Isotopen desselben Elements, findet generell bei Phasenübergängen, aber auch bei Lösungs- und osmotischen Vorgängen statt. Der Fraktionierungsfaktor $\alpha = R_{\text{Wasser}} / R_{\text{Dampf}}$ bei Verdunstung bzw. Kondensation von Wasser ist temperaturabhängig (er steigt mit sinkender Temperatur). In jedem Fall aber reichern sich die schweren Isotope in der flüssigen Phase an, und bei Phasenübergängen mit einer festen Phase in der letzteren (daher gelten die folgenden Betrachtungen zum ^{18}O -Gehalt im Niederschlag auch für Schnee und Eis).

Um die Veränderungen der ^{18}O -Gehalte im **Niederschlag** zu überblicken, ist es nützlich, von der Abreicherung der schweren Isotope, einerseits bei Verdunstung (Wolkenentstehung) im Wasserdampf bzw. andererseits bei Kondensation (Niederschlagsbildung) in der Restfeuchtigkeit auszugehen. Bei geringeren Verdunstungs- und Kondensationstemperaturen ist die Fraktionierung stärker. Daraus ergeben sich verschiedene „Effekte“, die man auf Basis der räumlichen und zeitlichen Verteilung der ^{18}O -Gehalte im Niederschlag allgemein feststellen kann. Im vorliegenden Fall sind davon die folgenden drei von Interesse:

Temperatureffekt: Die Temperaturabhängigkeit des Fraktionierungskoeffizienten bewirkt, dass einerseits die Jahres-, aber auch die Monatsmittel der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte mit den entsprechenden Mittelwerten der Lufttemperatur positiv gut korreliert sind. Andererseits wirkt sich das mit der Temperatur steigende Ausmaß aller Verdunstungsvorgänge hinsichtlich Fraktionierung die gleiche Richtung aus, so dass sich generell ein ausgeprägter $\delta^{18}\text{O}$ -Jahresgang ergibt.

In einer globalen Untersuchung von Dansgaard 1964 (nach Mazor 1997) wird die Korrelation zwischen der Jahresmitteltemperatur und dem durchschnittlichem ^{18}O -Gehalt im Niederschlag folgendermaßen angegeben:

$$\delta^{18}\text{O} = 0,7 \vartheta_m - 13 \text{ ‰} \quad (\vartheta_m \dots \text{ Jahresmitteltemperatur}),$$

das sind $0,7 \text{ ‰}/^\circ\text{C}$. Eine regionale Aufgliederung ergibt, wie zu erwarten, dass diese Abhängigkeit in kälteren Regionen stärker ist (Humer et al. 1995).

Höheneffekt: Die mit der Seehöhe zunehmende Abreicherung von schweren Isotopen im Niederschlag ist vorwiegend auf das Phänomen der Steigungsregen zurückzuführen. Abreicherung durch (a) Ausregnen und (b) den Temperaturabfall während des Aufstiegs wirken dabei wiederum gleichsinnig. Das gilt – vor allem in der warmen Jahreszeit und bei einer waagrecht dahin ziehenden Wolkendecke – auch für (c) die Verdunstung des Niederschlages selbst, denn mit abnehmender Fallhöhe von Regentropfen nimmt die Verdunstungsmenge und die entsprechende Wiederanreicherung innerhalb der Regentropfen ebenfalls ab.

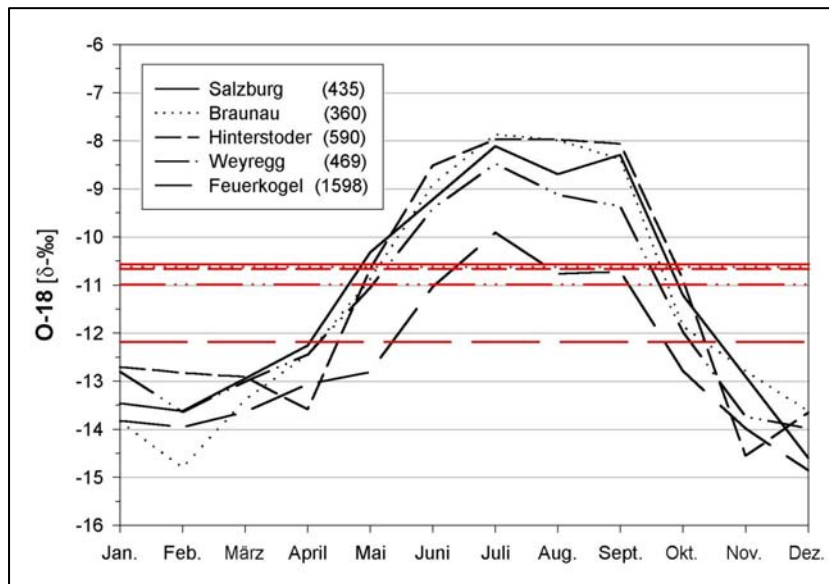


Abb. 8 – Mittlere Jahressgänge der ^{18}O -Werte im Niederschlag an fünf österreichischen Sammelstellen. Die in der Legende mit ihrer jeweiligen Seehöhe genannten Sammelstellen sind die dem Untersuchungsgebiet in Hauptwetterrichtung am nächsten gelegenen. Die roten Linien repräsentieren die langjährigen Jahresmittel. – Datengrundlage: 10-Jahresmittel 1976–1985 für jeden Monat nach Rank et al. (1991: S. 118, Tab. 2).

Mengeneffekt: Starkregen sind isotopisch leichter, möglicherweise wegen der dann meist geringeren Temperatur (die Tropfengröße könnte ebenfalls eine Rolle spielen).

Die jahreszeitlichen Schwankungen des ^{18}O -Gehaltes im Niederschlag für Messstationen in **Oberösterreich und Salzburg** sind in **Abb. 8** oben wiedergegeben. Für diese dem Untersuchungsgebiet in Hauptwetterrichtung am nächsten gelegenen Messstellen sind – mit Ausnahme der Station *Feuerkogel*, die wesentlich höher als die anderen liegt – mittlere ^{18}O -Gehalte im Wertebereich von $-11,0$ bis $-10,5$ $\delta\text{-‰}$ ersichtlich. Die Differenz zwischen den Messstellen *Ebensee* und *Feuerkogel*, die nahe beieinander liegen, sich aber in der Seehöhe um 1173 m unterscheiden, suggeriert einen ^{18}O -Höheneffekt in diesem Gebiet in der Größenordnung von $-0,13$ ‰ pro 100 m. Aus einer Schweizer Untersuchung (Siegenthaler & Oeschger 1980) liegen andererseits Werte vor, die für Niederschlag sowie Grund- und Flusswasser vergleichbar sind und bei $-0,26$ ‰ pro 100 m liegen.

Für Österreich nördlich des Alpenhauptkammes geben Humer et al. (1995) einen Mittelwert von $-0,18$ ‰ pro 100 m an (in Südösterreich ist der Höheneffekt geringer; hier ergeben sich durch den Mittelmeereinfluss und ohne den Ausreißer *Villacher Alpe* durchschnittlich $-0,15$ ‰ pro 100 m). Die Aussagekraft dieser Mittelwerte für die Verhältnisse im oberösterreichischen Voralpenbereich ist allerdings zweifelhaft. Nach Erfahrungen, die bei Untersuchungen des ÖFPZ Arsenal gesammelt wurden, sind ganz allgemein Werte von $-0,17$ bis $-0,3$ ‰ pro 100 m als möglich, und Werte von $-0,2$ bis $-0,25$ ‰ pro 100 m als die wahrscheinlichsten anzusehen (D. Rank, ÖFPZ Arsenal, 1999, mündl. Mitt.). Diese Werte stimmen darüber hinaus auch mit den Angaben ande-

rer Autoren viel besser überein (Moser & Rauert 1980: $-0,25$ bis $-0,5$ ‰ pro 100 m; Siegenthaler & Oeschger 1980: $-0,26$ ‰ pro 100 m).

Nach Versickerung unter die Bodendecke bzw. im **Grundwasser** können sich die Isotopenverhältnisse des Wassers kaum mehr anders als durch Mischung mit Wasser von anderer isotopischer Zusammensetzung ändern. Daher ist es möglich, aus den ^{18}O -Werten des Grundwassers Aussagen über die mittlere Seehöhe des Einzugsgebietes (der Einzugsgebiete), in denen die Versickerung stattgefunden hat, zu gewinnen. Voraussetzung ist, dass man den oben beschriebenen Höheneffekt quantifizieren kann.

Die Schwankungsbreite von etwa $0,5$ ‰ für die Mittelwerte der – nicht zu hoch gelegenen – oberösterreichischen Stationen verdeutlicht allerdings, dass (a) der Höheneffekt für jedes Untersuchungsgebiet eigens definiert werden muss und (b), dass die relativ geringen Höhenunterschiede im Gebiet, dem die vorliegende Studie gewidmet ist, für eine Bestimmung der mittleren Einzugsgebietshöhen möglicherweise nicht ausreichen. In jedem Fall gewinnt man aber durch Vergleich der Messwerte verschiedener Grundwasservorkommen Informationen über räumliche (und durch Beprobung zu verschiedenen Jahreszeiten auch zeitliche) Unterschiede hinsichtlich der Bedingungen, in denen Niederschlag und Versickerung stattfinden. Dabei überlagern sich prinzipiell verschiedene Faktoren wie Temperatur, Feuchtigkeit, Meereshöhe, Vegetation, jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge und Herkunft der Luftmassen, unter denen die Seehöhe nicht dominieren muss.

3. GEOLOGIE

Im Untersuchungsgebiet sind zwei stratigrafische Komplexe zu unterscheiden: Die tertiäre **Molasse** und ihre **quartäre Bedeckung**; letztere enthält Ablagerungen mehrerer Eiszeiten. Beide Einheiten haben gerade im Bad Haller Raum eine Reihe von Besonderheiten aufzuweisen, zum Teil mit überregionaler Bedeutung für die Forschungsgeschichte und Rohstoff-Exploration, die es lohnen, näher darauf einzugehen.

Zunächst wird nun die Molassezone behandelt (**Kap. 3.1**), im Anschluss die regionale Quartärgeologie (**Kap. 3.2**); zuletzt wird noch eine Übersicht zur tektonischen Situation gegeben (**Kap. 3.3**).

3.1 MOLASSEZONE

Die folgenden Ausführungen zur Molassezone stützen sich im wesentlichen auf Arbeiten von Wagner (1996a, 1996b, 1998), die stratigrafischen Übersichten bei Roetzel & Krenmayr (1996) sowie Rögl & Rupp (1996), und die allgemeinen Darstellungen von Faupl (1997a) sowie Schönenberg & J. Neugebauer (1997). An einige allgemeine Bemerkungen schließt sich ein Überblick zur Stratigrafie, der die für uns relevanten Schichtglieder betont: in **Abb. 9** (S. 49) sind diese Formationen farbig hervorgehoben. Auf strukturelle Aspekte, bei deren Erforschung der Raum von Bad Hall eine wichtige Rolle gespielt hat, gehen wir in **Kap 3.3** über den tektonischen Rahmen der Untersuchung etwas näher ein.

3.1.1 SENKUNGSGESCHICHTE

Die Molassezone ist eine tektonische Einheit, entstanden aus den Ablagerungen in ein vielleicht 200 km breites, lange Zeit vom Meer der Zentralen Paratethys erfülltes Senkungsbecken, das während der obereozänen (mesoalpiner) Phase der alpinen Gebirgsbildung nördlich der Alpen Gestalt annimmt. Die Subduktion der Europäischen Platte unter die Adriatische verlagert sich zu dieser Zeit ins Nordpenninikum (spätere Flyschzone), dann ins Helvetikum (Ende der Alpen Tethys). Das Molassebecken senkt sich dabei in helvetischen Untergrund ein und übernimmt im Oligozän die Rolle der Flyschzone als pelagische Vortiefe der entstehenden Alpen (Sedimentgesteine, die diesen Übergang vom Flysch- ins Molassebecken dokumentieren, sind in Österreich nur ganz im Westen, im Vorarlberger Alpenvorland, aufgeschlossen). Für einen ursächlichen Zusammenhang zwischen Überschiebung und Einsenkung spricht unter

anderem der asymmetrische Bau des Beckens mit den größten Mächtigkeiten der Beckenfüllung (bis 4000 m) am Alpenrand.

Die unter die Alpen geschobene Platte wird abwärts gebogen und der Beckenuntergrund entwickelt daher synthetische und antithetische Abschiebungen, die später als Fallen für das Erdöl wirken, dessen Muttergesteine sich bald nach Beginn der Molasse-Entwicklung ablagern. Dem Interesse der Erdölindustrie verdankt man das schließlich das detaillierte Wissen auch um die nicht aufgeschlossenen Teile der Molassezone.

Das Becken füllt sich mit Abtragungsmaterial der Alpen, zuerst der – im Oligozän bereits landfesten – Zentralalpen, während sich der südliche Meeresrand zunächst im Bereich der späteren Kalkalpen befindet, in zunehmendem Maß aber dann auch mit kalkalpinem Material (allerdings machen kalkalpine Gerölle nicht früher als im Pleistozän die Hauptmasse kiesiger Ablagerungen aus). Das tiefere Becken füllt sich hauptsächlich durch submarine Gleitungen (Turbidite machen nur etwa 10% aus).

Im untermiozänen (neopalinen) Abschnitt der alpinen Orogenese überschieben dann die Flysch-Helvetikum-Decken den Südteil des Molassebeckens; im heutigen Oberösterreich sind Ablagerungen des Eger in diesen Prozess noch voll einbezogen. Dadurch entsteht die Subalpine (Allochthone) Molasse, die wenigstens 40 km unter die Alpen hineinzieht, ihrerseits aber mehrfach verschuppt ist, sodass die kumulative Überschiebungswerte viel größer ist (>100 km). Die Ungestörte (Autochthone) Molasse ist nur ein schmaler Rest des ursprünglichen Beckens.

Im Karpat erreichen die nordalpinen Decken ihre endgültige Position. Das Meer beginnt sich ins Becken der Östlichen Paratethys zurückzuziehen, wo auch die Überschiebungen noch weitergehen. Im Bereich der Westlichen Paratethys lagern sich zu der Zeit schon terrestrische Sedimente ab (Obere Süßwassermolasse). In der oberösterreichischen Molassezone sind dagegen noch im Eggenburg und Ottnang tektonische Schichtverstellungen, aber keine Überschiebungen mehr zu beobachten. Karpat-sedimente sind hier bis dato nicht bekannt geworden.

Im Baden greift dann die Obere Süßwassermolasse von Westen auf die österreichische Molassezone über und füllt sie (wie die angrenzenden Gebiete im Norden und Süden) bis zum oberen Pannon mindestens zur Höhe des Kobernaußer Waldes auf. In den acht Millionen Jahren seither sind auf den Kalkalpen im Süden und der Böhmisches Masse im Norden alle Molassesedimente bis auf wenige oligo-miozäne Reste wieder abgetragen worden. In der Molassezone selbst greift die Abtragung im Osten bis auf Oligozän hinab.

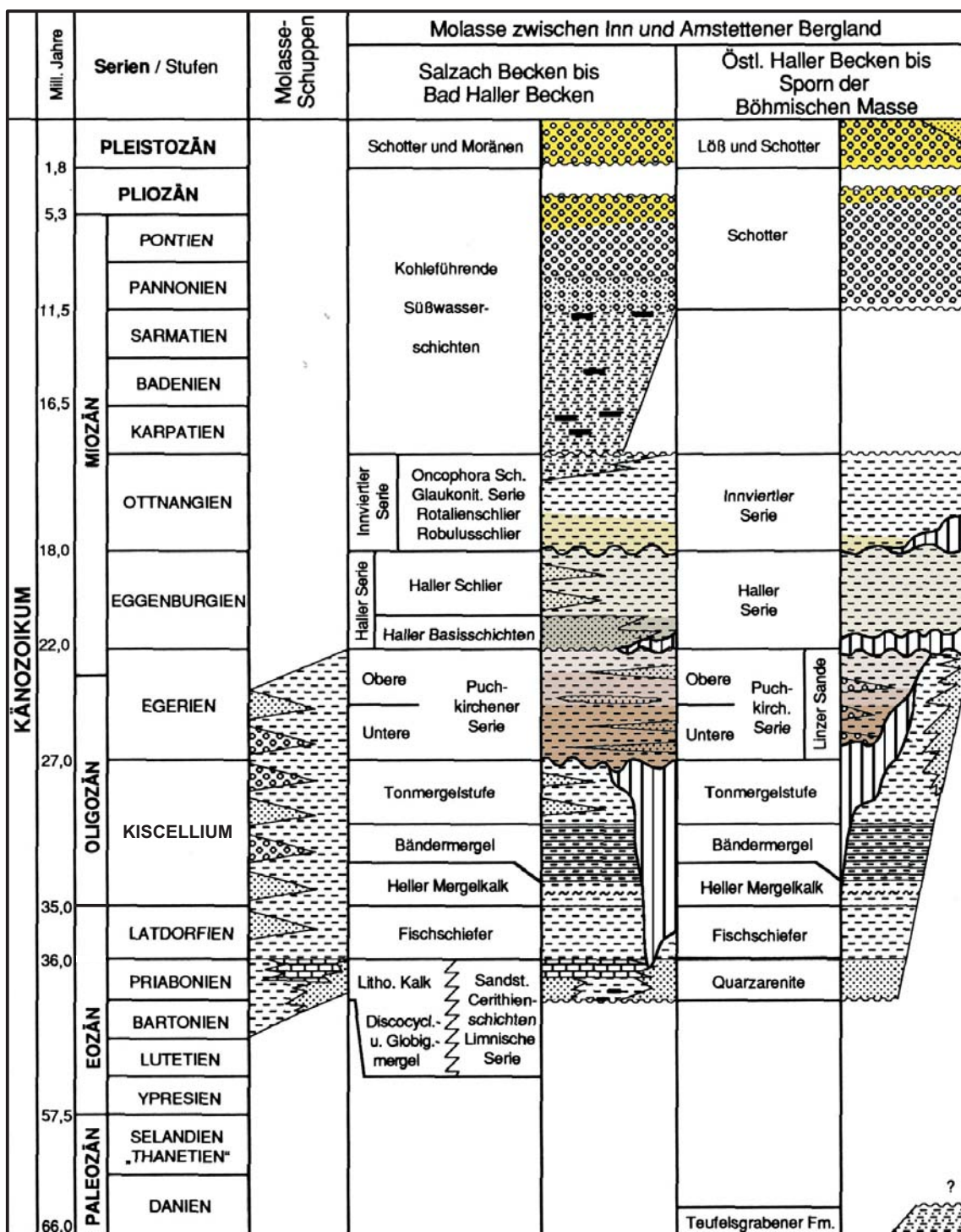


Abb. 9 – Stratigraphische Übersicht zum Tertiär der oberösterreichischen Molassezone. Aus Malzer et al. (1993) in Brix & Schultz (Hg.): Erdöl und Erdgas in Österreich, S. 294; verändert durch Eintragung der wichtigsten Erosionsphasen (vertikale Schraffur) sowie farbige Hervorhebung der für die vorliegende Untersuchung relevanten Schichtglieder. Diese Farben werden auch in den Profildarstellungen **Abb. 15** und **16** verwendet. Verändert sind darüber hinaus die Grenzziehung zwischen Eozän und Oligozän, da in neuester Zeit das Latdorf im Priabon aufgegangen ist, und die Bezeichnung "Rupel" wurde durch "Kiscell" ersetzt (stratigraphisch nicht ganz korrekt, für unsere Zwecke jedoch ausreichend genau).

3.1.2 STRATIGRAFISCHER ÜBERBLICK

Die Beckenfüllung weist eine reiche fazielle Gliederung auf, grundsätzlich unterscheidet man jedoch eine externe Randfazies – gegen die Böhmisches Masse im Norden –, eine (nur spärlich überlieferte) Alpenrandfazies, und eine Beckenfazies („Schlierentwicklung“). Wir beschränken uns im wesentlichen auf die Entstehung der für die Untersuchung wichtigen Schichtglieder:

Im **Kiscell** (früher etwa: Rupel) kennzeichnet das Einsetzen der Schliersedimentation – die bis ins Otnang anhält – den Beginn einer eigenständigen Beckenentwicklung. Während sich Flyschdecken auf das Helvetikum schieben, verlagert sich die Flyschsedimentation zunehmend in die Molassevertiefe. Im **Eger** findet die Überschiebung auch des südlichen Molassebeckens statt. In der Westlichen Paratethys lagert sich zu dieser Zeit die *Untere Süßwassermolasse* ab. Die Zentrale Paratethys bleibt marin, allerdings mit starker Faziesdifferenzierung. Auf der Höhe von Salzburg nimmt man eine tiefmarine Verbindung zur Tethys an, und in der Beckenachse eine kalte Tiefenströmung, für die ersteres eine Voraussetzung ist.

Mit Verlagerung der Beckenachse zufolge Überschiebung durch die alpinen Decken greift die kalte Tiefenströmung tief in ältere Sedimente ein. In Zeiten nachlassender Strömung füllen sich die Erosionsrinnen mit den bis 2000 m mächtigen Tonmergeln der **Unteren** und **Oberen Puchkirchen-Formation** (UPF, OPF): Dabei handelt es sich zu >80% um Rutschmassen aus Nord und Süd (massenhaft aufgearbeitete Faunen bis zur Kreide zurück), untergeordnet um kiesig-sandige Turbidite und Contourite aus dem Süden. Erosionsrinnen durchziehen auch das Innere der beiden Formationen (vor allem der OPF). Die jüngsten Rinnen enthalten >300 m mächtige Puchkirchner Serien des unteren Eggenburg.

Die Transgression des **Eggenburg** greift von Osten in die Zentrale Paratethys herein. Im oberen Eggenburg nimmt diese wiederum Verbindung zur Rhonesenke auf (im tieferen Otnang ist die gesamte Molassevertiefe meeresgefüllt), die „Salzburger“ Verbindung zur Tethys hingegen schließt sich im untersten Eggenburg. Die Schlierentwicklung setzt sich mit der *Hall-Formation* fort („**Haller Schlier**“, im Osten *Sandstreifenschlier*). Sie besteht (über grobklastischen *Haller Basisschichten*) aus distalen Turbiditen mit Contourit-Einschaltungen hauptsächlich aus dem Süden. Submarine Erosion tritt häufig auf, auch von älteren Sedimenten (des Eger). Die Schliersedimentation füllt schließlich das gesamte tiefere Becken und greift weit nach Norden aus, allerdings werden dort (im Norden) noch im Eggenburg, noch vor der großen submarinen Erosionsphase an der Wende zum Otnang, der Haller Schlier und erst recht die randfazialen Bildungen zur Gänze abgetragen. Am Südrand wird das Miozän auf seiner alpinen Unterlage infolge Hebung der Alpen erodiert. Daher gibt es in Oberösterreich keine Seichtwasserfazies des Eggenburg (in Niederösterreich gibt dagegen es die fossilreichen Eggenburger Schichten und mit dem Buchberg-Konglomerat auch einen Rest der Alpenrandfazies). Im Eggenburg erreichen außerdem die Molasseschuppen (in Oberösterreich) etwa ihre heutige Position. Danach gibt es noch Verschiebungen innerhalb der Schuppenzone und dadurch Verstellungen in darüber liegenden Sedimenten.

Im **Ottnang** wird das Meer seichter, sandige oder sandreiche Abschnitte unterbrechen mehrfach die Schlierentwicklung. Ihre Entstehung denkt man sich heute unter dem Einfluss starker Gezeitenströmungen als subtidale Sandwellen. Im Osten Oberösterreichs ist diese Beckenfazies des Ottnang (*Innviertel-Gruppe*) relativ einheitlich pelitisch entwickelt: *Robulus-Schlier* (s.str.), von Westen übergreifende *Atzbacher Sande*, und der fossilreiche *Ottnanger Schlier* (der als einzige dieser Formationen eine Fauna aus größeren Wassertiefen enthält) werden daher auch zum „**Robulus-Schlier**“ s.l. zusammengefasst. Der Robulus-Schlier s.str. ist das jüngste Schichtglied der Molasse im Untersuchungsgebiet.

3.1.3 MOLASSEGESTEINE IM UNTERSUCHUNGSGBIET

Molassegesteine gehören im Untersuchungsgebiet drei verschiedenen stratigrafischen Einheiten an: *Obere und Untere Puchkirchen-Formation* (Eger, „Oligozänschlier“), *Haller-Formation* (Eggenburg, „Haller Schlier“), und „Robulus-Schlier“ der Innviertel-Gruppe (Ottnang, gegenwärtig kein Formationsbegriff). Die Innviertler Serie zeichnet sich durch sandige Einschaltungen aus, die im Robulus-Schlier, dem ältesten Schichtglied, noch geringmächtig sind. Sie haben für die vorliegende Untersuchung große Bedeutung (siehe **Kap. 3.2.2**). Die „Basisschichten“ der Haller Serie sind ebenfalls grobkörniger als der Rest der Formation und enthalten Iod-reiches Formationswasser, das an zwei Stellen im Sulzbach- und Fernbachtal früher natürliche Austritte hatte (**Kap. 3.2.3**).

Ansonsten sind die genannten stratigrafischen Einheiten im Gelände kaum zu unterscheiden und werden für praktische Zwecke daher unter dem Namen „Schlier“ zusammengefasst. Auch ihre hydrologische Rolle in den Fließsystemen des Grundwassers ist bis auf die genannten Besonderheiten gleichartig (**Kap. 3.2.1**). Dies liegt daran, dass es sich durchweg um tonig-mergelige Beckensedimente handelt. Braumüller (1959) spricht bezüglich der Aufschlüsse im Sulzbachtal von einer untypischen faziellen Ausbildung. Die aufgeschlossenen Gesteine waren auch überraschend mikro-fossilarm. Tatsächlich wurden damals, zur Zeit der Erdölexploration im Bereich der Bad Haller Schuppenzone, viele der natürlichen Aufschlüsse trotz mikropaläontologischer Untersuchung stratigrafisch aufgrund der nächstgelegenen Bohrungen eingestuft.

Über die tektonische Stellung dieser Molasse-Formationen wird in **Kap. 1.2** das Wesentliche gesagt, auf deren hydrogeologische Bedeutung gehen wir in **Kap. 4.2.2** näher ein.

3.2 TRAUN-ENNS-PLATTE (QUARTÄR)

Nach einem Abriss über die Geschichte der Quartärforschung und der Rohstoffexploration in der Traun-Enns-Platte (TEP) geben wir hier einen Überblick über die Quartärstratigrafie und die Lage der Sedimentkörper zueinander in diesem Raum. Zur Illustration dienen die folgenden zwei Abbildungen (**Abb. 10 und 11**) nach Hermann Kohl. Auf diesen Autor gehen fast alle neueren Bearbeitungen quartärgeologischer Fragen in der TEP zurück, sodass sich spezielle Hinweise auf seine Arbeiten für dieses allgemeine Kapitel erübrigen. Zu einigen Einzelheiten über die Rolle der Kohlenwasserstoff-Exploration für die Erforschungsgeschichte siehe Braumüller (1959), Janoschek et al. (1996) sowie Polesny (1997). Eine quartärstratigrafische Übersichtstabelle zur TEP, die eine Verbindung zu den später beschriebenen Grundwasserhorizonten herstellt, wird als **Tab. 1** zu Beginn von Kap. 4 gegeben.

3.2.1 ERFORSCHUNGSGESCHICHTE

Die TEP ist eine Landschaftseinheit größtenteils innerhalb der Molassezone, die gegen Süden vom morphologischen Alpenrand und sonst durch die drei Flüsse Traun, Donau und Enns begrenzt wird. Weite Teile davon sind eine vordergründig recht wenig gegliederte Hochfläche (was die Bezeichnung „Platte“ rechtfertigt). Zwei größere Flüsse, die Alm und die Krems, haben sich breite Sohlentäler bis tief in die Molasse gegraben, wodurch sie den Inhalt der Schotterplatte und ihre Unterlage prinzipiell gut aufgeschlossen haben. Trotzdem gab es in der TEP immer schon einen Mangel an wirklich guten Aufschlüssen und vermutlich nicht zuletzt dadurch erschien sie früher als Untersuchungsobjekt nicht besonders attraktiv. Ins Blickfeld der Forschung rückte die TEP zum ersten Mal ab der Jahrhundertwende, als das Gebiet aus mehreren Gründen interessant wurde:

Albrecht Penck entdeckte die TEP für die **Eiszeitgeologie**. Er fand hier sein in Bayern aufgestelltes Vier-Eiszeiten-System bestätigt, und die Tatsache, dass die TEP Reste von vier vollen glazialen Serien, insbesondere der als älteste angesehenen (Günz) enthält, macht sie auch heute noch bemerkenswert. Penck konnte allerdings die Günzmoränen noch nicht erkennen, da diese erst beim Bau der Westautobahn in den 50er-Jahren gut aufgeschlossen wurden; anderswo wurden sie ja meist von den Gletschern der Mindelzeit überwunden und dabei weitgehend zerstört. Nach den viel versprechenden ersten Ansätzen (Penck & Brückner 1909, Forster 1903, Abel 1913) flaute das Interesse wieder ab, wurde aber durch einzelne Forscher wie Götzing (1936) oder Rohrhofer (1938) doch aufrechterhalten. Insbesondere war Kremsmünster eine Station wichtiger internationaler Exkursionen: Internationaler Geologenkongress in Wien 1903 ((Penck & Brückner 1903); INQUA-Kongreß in Wien (Götzing 1936); auch die DEUQUA nahm 1955 diesen Punkt in ihr an sich auf die letzte Eiszeit abgestimmtes Exkursionsprogramm auf (Weinberger 1955).

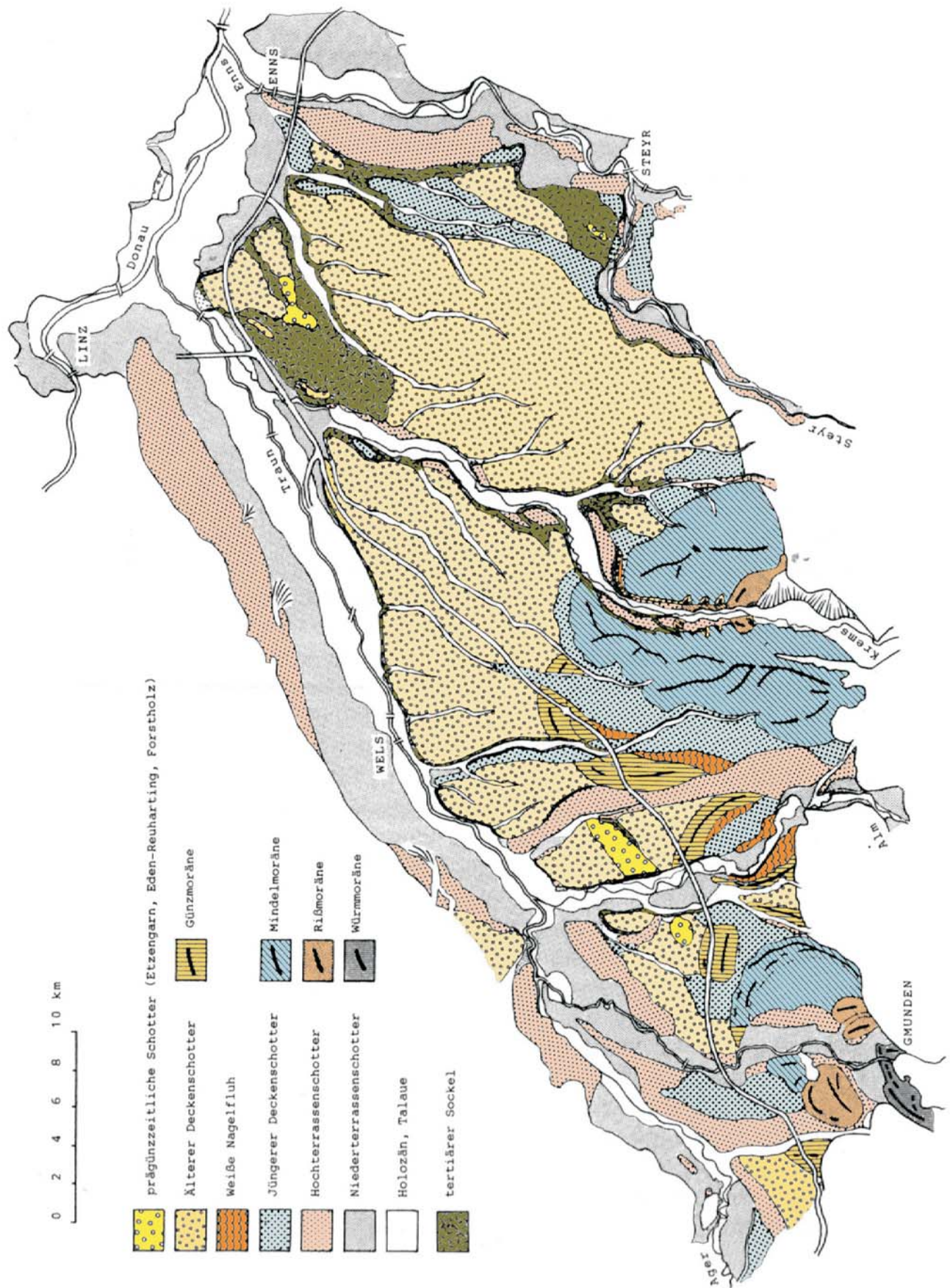


Abb. 10 – Übersichtskarte der Traun-Enns-Platte. Aus Kohl, H. (1994): Die glazifluvialen Schottermassen im Bereich der Traun-Enns-Platte. - Jb. Oö. Mus.-Ver., 139/I, 86. Verändert durch Färbelung; die Farben in dieser und der folgenden **Abb. 11** entsprechen einander.

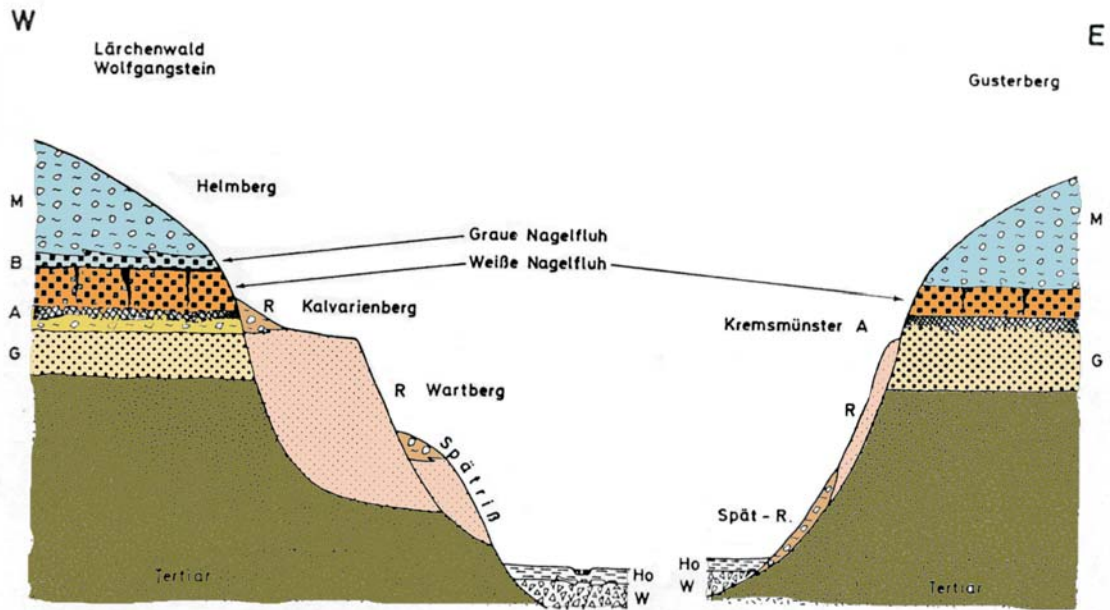


Abb. 11 – Schematisches Sammelprofil durch die eiszeitlichen Formen und Ablagerungen des Kremstales zwischen Wartberg und Kremsmünster. Blick nach Norden, nicht maßstäblich (stark überhöht). Aus Kohl, H. (1981): Das Quartär in Oberösterreich und die internationale Quartärforschung. - Jb. Oö. Mus.-Ver. 126/1, 241. Die Farbgebung (eigene Zutat) entspricht derjenigen der Übersichtskarte der Traun-Enns-Platte (**Abb. 10**).

Abkürzungen:

G = Günz ("Ältere Deckenschotter" ÄDS oder genauer: Günz-Vorstoßschotter; auf der Westseite des Kremstals mit Resten der Günz-Moräne im Hangenden)

A = Kremsmünster A (Bodenbildung auf ÄDS)

B = Kremsmünster B (Verwitterungsschlote und Rudimente einer Bodenbildung der Weißen Nagelfluh)

M = Mindel (einschließlich Vorstoßschotter = Graue Nagelfluh)

R = Riss (Hochterrasse, Endmoränen der Maximalstände auf den Hochterrassen, und Grundmoräne des Spättriß auf der Ostseite des Kremstals)

W = Würm

Ho = Holozän

Die (grün eingefärbte) Molasse wird von vier **Erosionsflächen verschiedenen Alters** begrenzt:

- (1) Vor-günzzeitliche "Altfläche" unter ÄDS; auf ihr stapeln sich die eiszeitlichen Ablagerungen bis zur Mindelzeit übereinander.
 - (2) Tiefe erosive Einschneidung vor dem Riß; dadurch sind ab der Rißzeit talgebundene Terrassen den älteren Ablagerungen talseitig vorgelagert und können Grundwasser aus verschiedenen Grundwasser-Stockwerken des Quartär und der Molasse erhalten.
 - (3) Gletscherrückzug und nochmalige Einschneidung zwischen Haupt- und Spättriß, fast bis auf würmzeitliches Niveau, wie man an der Grundmoräne der Kremstal-Ostflanke sieht, die unter die gegenwärtige Talfüllung einfällt.
 - (4) Würmzeitliche Erosion wenig unter das rißzeitliche Niveau.
- (Im Holozän keine zusätzliche Erosion der Molasse.)

Mit dem ersten noch zufälligen Erdgasfund bei einer Brunnenbohrung in Wels 1892 begann eine erste (erfolglose) Phase der **Kohlenwasserstoffsuche** in Oberösterreich, die sich anfangs auf den seichten nördlichen Teil der Molassezone beschränkte und sich später auf andere Teile und darunter den Sockel der TEP ausbreitete, nachdem Friedl (1924) die Überschiebung der Flyschzone auf die Molasse und die damit zusammenhängende Asymmetrie des Molassebeckens erkannt und die Steilstellung der Schichten im Schlier südlich der später so genannten *Zehrmühlenlinie* (einer markanten Aufschiebungslinie innerhalb der Molasseschuppen südlich von Bad Hall) als Anzeichen einer Antiklinalstruktur gedeutet hatte. Die entscheidende Mitarbeit Braumüllers an den Kartierungsarbeiten, die seit 1943 von der RAG initiiert wurden, brachte schließlich auch bedeutende Fortschritte für die Quartärforschung (teilweise durch den Kontakt mit Lotze, der als erster die Kremsmünsterer Moräne richtig als einheitlich vorrisszeitlich erkannt, seine Ergebnisse aber nur in einem Manuskriptkärtchen festgehalten hat; Lotze 1945). – Bad Hall war auch wegen seiner **Jodwasser-Vorkommen** interessant, für die man erstmals in den 50er-Jahren erfolgreich (nach geochemischen Gesichtspunkten) prospektierte und dabei auch von der Bohrtätigkeit der RAG profitierte (Grill 1952, Schmölder 1955, 1956).

Eine wesentliche Verbesserung der Aufschlussituation in den 50er- und 60er-Jahren durch den Autobahnbau und das Einsetzen reger öffentlicher und privater Bautätigkeit fiel schließlich zusammen mit dem Beginn der Arbeiten für den Oberösterreich-Atlas, an dem unter anderen Hermann Kohl mitwirkte, der später als langjähriger Direktor des Oberösterreichischen Landesmuseums in Linz und als Bearbeiter hydrogeologischer Gutachten noch lange Jahre im Quartär Oberösterreichs forschte und letztlich fast alle Arbeiten verfasst hat, auf die man zur Einarbeitung in die Geologie der TEP heute zurückgreifen muss. Weitere Fortschritte zur Bodenkunde und Lössstratigrafie sind mit den Namen Fink und Janik verbunden (Fink 1976, 1978; Janik 1974b, 1975). Ergänzend zur Quartärgeologie der Alpengletscher wird man die Arbeiten van Husens über die Gletscher im Enns-, Traun- und Steyrtal heranziehen (z.B. van Husen 1975).

In den 60er-Jahren wurde die TEP auch aus einem anderen Grund noch wichtig, nämlich als Prospektionsgebiet für **Trinkwasser** für die Städte Linz und Wels. Auch viele kleinere Gemeinden errichteten öffentliche Wasserversorgungsanlagen. Da im Konzessionsgebiet der RAG insgesamt etwa 13.000 Schussbohrungen für die Sprengseismik niedergebracht worden sind, gibt es reichlich Information über die Lage der Molasseoberfläche unter quartärer Bedeckung. Insbesondere so genannte „Schlierrinnen“, also Rudimente alter Entwässerungssysteme, können als Leitlinien der Grundwasserbewegung fungieren und waren daher seither das Ziel jeder Grundwasserprospektion in der TEP. Sie lieferten auch Kohl wertvolle Erklärungsansätze bei seinen hydrogeologischen Untersuchungen für die Stadtwerke Linz und die Wasserwerke Wels.

Die einzige umfassende Auswertung dieser Unterlagen ist jedoch Flögl (1970, 1983) zu verdanken, der im Auftrag der Oberösterreichischen Landesregierung und später des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft seine „Wasserwirtschaftlichen Grundsatzgutachten“ erstellt hat, denen Schlierreliefkarten beigegeben sind. In einigen Teilgebieten der TEP, die in den letzten Jahren für geophysikalische Untersuchungen unter Einsatz verschiedener luft- und bodenbürtiger Methoden herangezogen wurden,

hat man seither ein wesentlich differenzierteres Relief der Schlieroberfläche gefunden (Bieber, Motschka & Römer 2004), die Ergebnisse durch Flögl, die für den gesamten Raum vorliegen, bleiben jedoch grundsätzlich weiterhin gültig. Zuletzt muss noch auf die unveröffentlichten Arbeiten durch Schadler hingewiesen werden, der bereits Anfang der 50er-Jahre, vor den großen Seismik-Kampagnen, mit systematischen Brunnenmessungen zur Bestimmung der Schlieroberfläche und der Grundwassermächtigkeit begann (vgl. Kohl 1955). An der erdwissenschaftlichen Abteilung des Oberösterreichischen Landesmuseums in Linz ist ein „Schadlerarchiv“ eingerichtet, das auch diese Ergebnisse enthält.

3.2.2 STRATIGRAFISCHER ÜBERBLICK

Quartäre Ablagerungen im engeren Untersuchungsgebiet stammen aus drei der vier klassischen alpinen Eiszeiten und einer Kaltzeit zwischen Günz und Mindel; vorgünzzeitliche Quartärsedimente kommen nicht vor; wärmzeitliche derart untergeordnet, dass wir auf ihre gesonderte Behandlung in weiterer Folge ebenfalls verzichten. Es folgen daher Unterkapitel über das Günz, die Weiße Kremsmünsterer Nagelfluh (ein kaltzeitliches Sediment aus dem Günz-Mindel-Interglazial?), und über das Mindel bzw. Riss. Zunächst jedoch ein allgemeiner Überblick:

Neben der Enns haben vor allem die Alm und die Krems und noch weitere Bäche (besonders Aiterbach, Ipfbach) sich tief in die Molasse eingeschnitten und damit den Untergrund der Platte vielfach aufgeschlossen. Beim **Untergrund** handelt es sich um Molassegesteine der Puchkirchner, Haller und Innviertler Serie (die wir im folgenden häufig als „Schlier“ zusammenfassen), am Alpenrand auch Gesteine der Flyschzone. Deren Oberfläche lag nach Abtragung der Oberen Süßwassermolasse (Hausruckschotter usw.) im Pliozän lange Zeit frei und unterlag einer erosiven Ausgestaltung. Diese erosive Molasseoberfläche („Altfläche“) trägt eine Bedeckung aus – nur teilweise verfestigten – Lockergesteinen des Pleistozän. Als Hinweise auf eine eiszeitliche Gestaltung schon im **Ältestpleistozän** können einige Vorkommen von Restschottern auf besonders hohem Molassesockel (Schotter von Etzengarn, Eden-Reuharting und Forstholz) gewertet werden. Nach dieser Zeit ging die Abtragung weiter und hinterließ – in Form flacher, sich teilweise kreuzender Rinnen – ein Relief, aus dem man eine Prägung durch zwei verschieden alte Entwässerungssysteme ablesen kann (Kohl 1974).

Charakteristisch für die TEP sind allerdings Ablagerungen aus allen **klassisch-alpinen Eiszeiten**. Die großen Täler der TEP (Traun, Alm, Krems, Steyr, Enns) in Glazialzeiten vergletschert, aber breit ins Vorland ausströmende Piedmont-Gletscher (wie im Westen) konnten sich nur ansatzweise entwickeln. Denn Oberösterreich liegt in den Eiszeiten im Übergangsbereich zwischen Vorland-Vergletscherung (Salzachgletscher) und Talvergletscherung am Ostrand des Eisstromnetzes (der ja innerhalb der Alpen liegt). Der Hauptast des Steyr-Gletschers zum Beispiel dringt sogar in der Günzzeit nicht über den Alpenrand vor, obwohl die Günzgletscher hier untypischer Weise am stärksten

entwickelt waren und sein Nebenast, der Kremsgletscher, relativ weit ins Vorland (bis Sattledt) vorstößt.

Einen großen Teil der TEP nehmen die zwei Sanderkegeln des günzzeitlichen Steyr-Krems-Gletschers (**Ältere Deckenschotter, ÄDS**) ein. An den im Vergleich zu den Schüttungen späterer Eiszeiten auffallend reichlichen Sedimentmassen ist gewiss viel wieder aufbereitetes Material prä-günzeitlicher, vielleicht sogar tertiärer Entstehung beteiligt. Von den beiden sehr flachen Kegeln scheint der westliche von der Umgebung von Sattledt auszugehen, der östliche von dem Bereich, in dem die Steyr den morphologischen Alpenrand erreicht. Während dort keine zeitgleiche Moräne erhalten ist, hat man beim Bau der Westautobahn die Günz-Endmoräne von Sattledt entdeckt, von der der westliche ÄDS-Fächer ausgeht. Der günzzeitliche Gletscher drang aus dem Kremstal nach NNW vor, während der mindelzeitliche eine andere Richtung einschlug. Nicht zuletzt deshalb konnte als Besonderheit der TEP eine volle glaziale Serie des Günz erhalten bleiben.

Die günzzeitlichen Alm- und Kremsgletscher hinterließen Zungenbecken, vermutlich mit Zungenbeckenseen, in die noch vor der Mindelzeit der oder die Schwemmfächer der **Weißten Kremsmünsterer Nagelfluh (WNF)** geschüttet wurden. Diese Schwemmfächer füllten diese Becken praktisch bis zum Rand, kamen jedoch scheinbar nirgends darüber hinaus (die Zungenbeckenseen wirkten als Sedimentfallen). Es sieht so aus, dass die WNF ein Schwemmfächer der Alm war (vgl. jedoch Kap. 3.2.4.2). Ursprünglich hielt man diesen oft sehr hart konglomerierten und daher als Baustein vielfach gebrochenen Kieskörper für die Hangendpartie der ÄDS. Die Entdeckung einer Bodenbildung zwischen ÄDS und WNF (Kremsmünster A), die wiederum durch periglazialen Frostwechsel gestört worden war, als sie schließlich von der WNF überschüttet wurde, zwang dazu, eine warmzeitliche Verwitterungsphase zwischen beiden einzuführen und ließ vermuten, dass WNF und Frostboden zeitgleich und die WNF daher kaltzeitlich sei. Dafür gibt es weitere Hinweise, auf die wir ausführlich eingehen werden. Warum in einer Kaltzeit innerhalb des Günz-Mindel-Interglazials ein riesiger Schwemmfächer ausgerechnet aus dem Almtal kommt, ist allerdings weiterhin ungeklärt.

Der mindelzeitliche Kremsgletscher hat die morphologisch auffallendste Struktur der TEP hinterlassen, nämlich die sehr breite und bis zu 100 m mächtige **Endmoräne von Kremsmünster**. Die Verzweigungen des Kammverlaufes (Kohl 1962a, Abb. 1) lassen vermuten, dass der mindelzeitliche Gletscher zuerst dieselbe Richtung wie der günzzeitliche einschlug, nämlich NNW, und später erst die des heutigen Kremstales. Dabei würde er einen Schmelzwasserdurchbruch zum Sulzbachtal geschaffen haben, der dem heutigen WSW–ENE-Verlauf der Krems entspricht.

Der mindelzeitliche Kremsgletscher strömte auf eine Schotterplatte aus ÄDS und WNF. Bis zur Mindelzeit stapeln sich im Kremstal die Ablagerungen der einander folgenden Kaltzeiten übereinander; das bewirkte die Nagelfluh-Füllung des günzzeitlichen Zungenbeckens. Außerhalb des Beckenrandes (der Günz-Endmoräne), im Sulzbachtal östlich der Mindelmoräne zum Beispiel, schneiden sich die Schmelzwasserflüsse der Mindelzeit tief in die ÄDS und sogar die Molasse ein, sodass die fluvioglazialen Kiese der **Jüngeren Deckenschotter (JDS)** in breite Rinnen geschüttet werden und nir-

gends mehr das Niveau der ÄDS-Oberfläche erreichen (vgl. die JDS-Füllung des Aiterbachtals). Das bedeutet etwa, dass die „Aiterbach-Schotterflur“ am westlichen Rand der Mindelmoräne noch auf höherem Sockel als die ÄDS liegt, weiter im Westen schon in die WNF einschneidet (der erosive Kontakt geht sogar aus dem Bild der kleinen Übersichtskarte hervor), und sich im Aiterbachtal eine Rinne in den Schlier gegraben hat. Im kleinen ist eine solche Terrassenkreuzung im Kremstal und im Sulzbachtal zu beobachten. Die stratigrafisch äquivalenten Mindel-Vorstoßschotter unter der Endmoräne haben (in Anspielung auf den hohen Gehalt an Flyschkomponenten) den besonderen Namen **Graue Nagelfluh (GNF)**, zur Unterscheidung von der Weißen Nagelfluh, der sie aufliegen.

Nach einer Phase tiefer erosiver Einschneidung im Mindel-Riss-Interglazial, die sicher tektonische Ursachen und nichts mit der Länge des Interglazials zu tun hat, endet der risszeitliche Kremsgletscher als Talgletscher innerhalb der wesentlich größeren Mindelmoränen. Im Gegensatz dazu erreichen die Rissgletscher der Alm und der Steyr wie schon im Mindel gar nicht mehr den Alpenrand. Die Schmelzwässer des Almgletschers graben sich eine tiefe Rinne in die Nahtzone zwischen den günz- und mindelzeitlichen Schüttungen der Alm und der Krems. Diese so genannte *Pettenbachrinne* füllt sich am Alpenrand bis zum Niveau der ÄDS und kann von der spätrisszeitlichen Alm nicht mehr benutzt werden, wodurch sich auch im Almtal noch eine Hochterrasse ablagert. Ganz ähnlich hat sich die mindelzeitliche Steyr verhalten, als sie zuerst durch die *Wolfener Rinne* direkt zur Donau, später über das unterste Steyrtal zur Enns hin entwässerte, wodurch es auch bei Steyr JDS gibt.

Charakteristisch für den Verlauf des Riss ist seine Zweiteilung in ein **Haupt- und Spät-riss**, zwischen denen es, wie man im Kremstal beobachten kann, doch eine überraschend wirksame Erosionsphase gibt, die mit einem weitgehenden Gletscherrückzug verbunden gewesen sein muss. In Übereinstimmung mit den Verhältnissen im Enns- und Steyrtal gibt es zu jeder der beiden Risszeiten einen Maximalstand, der kilometerweit über den Hauptstand vorgestoßen ist, und zwar gegen Ende des Hauptriss und dann wieder gegen Ende des Spät-riss. Zur Risszeit werden nur mehr einzelne große Täler von Schmelzwässern erreicht. In den kleineren Tälern bilden sich autochthone Hochterrassen, die ihr Material aus dem lokalen Einzugsgebiet beziehen.

Die Würmgletscher erreichen gerade bei Gmunden noch den Alpenrand, der Steyr-Gletscher endet schon im Windischgarstener Becken, im Kremstal gibt es nur mehr den Lokalgletscher der Kremsmauer, der seine Schotter ins Becken von Micheldorf schüttet. Bei Wartberg gibt es unter der Kremstalsole wahrscheinlich noch ein Vorkommen von Periglazialschottern.

3.2.3 GÜNZ

3.2.3.1 Ältere Deckenschotter (ÄDS)

Die ÄDS bauen zusammen mit ihrer mächtigen Lösslehmdecke einen Großteil der welligen Hochfläche der Traun-Enns-Platte auf. Östlich der Alm scheinen zwei große Sanderkegel zu bestehen, wovon der eine (westliche) an die Sattledter Günzmoräne anschließt, der andere (östliche) aber von der Stelle ausgeht, an der die Steyr den morphologischen Alpenrand erreicht (dort sind keine zeitgleichen Moränenreste erhalten). Diese Morphologie wird deutlich aus (1) einer Betrachtung der Höhenschichtlinien der Hochfläche ohne die erosiven Einschnitte, und (2) dem radialstrahligen Entwässerungssystem, das sich vor allem nördlich des Sattledter Moränenbogens entfaltet (Kohl 1981). In die Nahtlinie zwischen beiden Fächern haben sich der Sulzbach und unterhalb der Sulzbachmündung die Krems eingetieft.

Die ÄDS westlich dieser Linie erreichen südlich Wels knapp 30 m Mächtigkeit, nördlich Sattledt noch um die 20 m, und lassen sich in geringer werdender Mächtigkeit (Größenordnung 10 m) nach Süden unter die Günzmoränen verfolgen. An guten Aufschlüssen beim Bau der Westautobahn (Brücke über die Alm, Einschnitt bei Wollsberg im Aiterbachtal; Kohl 1955, S. 325f.) war zu sehen gewesen, dass die Korngröße nach oben zunimmt, Sortierung, Rundung und Schichtung aber abnehmen (letztere verschwindet ganz), und dass keine Verwitterungszone eingeschaltet ist. Vielmehr ist ein Übergang in das Moränensediment (mit Blöcken bis 2 m Durchmesser) zu beobachten, sodass hier Fluss- und Gletscherablagerungen zeitlich unmittelbar aufeinander folgen.

An der Dürren Laudach (linker Zubringer der Alm) keilen die ÄDS unter der zugehörigen Moräne aus, sodass Blockmoräne unmittelbar auf Molasse zu liegen kommt. Südlich von Sattledt und in den Tälern der Alm und Krems – mit einem Wort: im Günz-Zungenbecken – kann man sie bis knapp vor den Alpenrand nach Süden weiterverfolgen. In diesem Bereich sind die ÄDS eigentlich die Günz-Vorstoßschotter, wir möchten aber der Einfachheit halber den Namen in Form der Abkürzung ÄDS beibehalten.

Ältere Angaben über eine Mächtigkeit von knapp 20 m südlich von Sattledt beziehen die erst später von Kohl (1962b) abgetrennte Weiße Kremsmünsterer Nagelfluh (WNF) mit ein. Tatsächlich schwankt die Mächtigkeit stark, bedingt durch die gegenseitige Lage zweier Diskordanzflächen: (1) die ÄDS selbst füllen ein prä-quartäres Relief des Molasseuntergrundes („Schlierrelief“) auf, und (2) die darauf folgende Schüttung der WNF erodiert verschieden tief in die ÄDS hinein.

Zusammenfassend: Die ÄDS (in unserem Sinn) umfassen (a) die Vorstoßschotter im Günz-Zungenbecken, wo sie ältere Erosionsrinnen auffüllen und ihrerseits von jüngeren Schüttungen (WNF und JDS) überlagert und teilweise erodiert werden; und (b) die Terrassenschotter außerhalb der zeitgleichen Endmoränen. Diese ÄDS i.e.S. wurden zum größeren Teil als zwei riesige flache Sanderkegel in sehr flache ältere Einmuldungen geschüttet, die nach N ziehen (Flögl 1983, Kt. 1; Kohl 1994, S. 101), dabei aber

der generellen Vorflutrichtung folgend auch nach Osten verschleppt. Der westliche Sander wird in Fließrichtung etwas mächtiger, was man auf die Stauwirkung der äquivalenten Aufschotterung im Trauntal zurückführen kann (Kohl 1955, S. 332f.). Der östliche Schotterkegel hatte seine konzentrierte Quelle an der Mündung des Steyrtales in das Vorland und erreicht (wahrscheinlich deshalb) in dieser Gegend seine größten Mächtigkeiten (30 m ohne Deckschichten), während er gegen Norden an dem Molassehoch südlich von Linz auskeilt. Die zeitgleichen Schüttungen der Enns sind zur damaligen Zeit gegen NE gerichtet und daher für das betrachtete Gebiet nicht relevant.

SEDIMENTOLOGIE

Lithologisch handelt es sich bei den ÄDS im allgemeinen um recht grobe sandige, allenthalben konglomerierte Kiese. Meist erkennt man undeutliche, unruhig-horizontale Schichtung, kenntlich an feineren Lagen und Linsen, seltener Schrägschichtung (bei abnehmender Korngröße).

Von jüngeren Schotterfluren unterscheiden sich die ÄDS durch höheren Gehalt an Kristallinkomponenten, stärkere (Tiefen-)Verwitterung und mächtige Verwitterungsschwarze und Lösslehmauflage.

Kristallingerölle sind an der Basis angereichert („**Basisschotter**“); manchmal ist der Quarzgehalt so hoch, dass man von Residualschottern sprechen kann. Aus dem Almtal nennt Kohl 1955, S. 325) Hornblende-Gneis, Granat führende Gneise und Schiefer, Marmor, Quarz und Quarzit; zum Hangenden nehmen Kalk-, Dolomit- und Flyschgesteinsanteile zu (Dolomite charakterisieren vergleichsweise die „Almtalfazies“ der JDS). Von nördlich Sattledt beschreibt Kohl (1967b) außerdem Grünschiefer und Amphibolit sowie große Gerölle (bis 30 cm) mit hohem Rundungsgrad. In derselben Arbeit stellt er fest, dass in den ÄDS südlich von Sattledt Kristallingerölle dominieren, vor allem abseits der großen Alpentäler, also im Zungenbecken hauptsächlich die Basisschotter vorhanden sind.

In der nördlichen Traun-Enns-Platte gibt es in den Basisschottern knapp über der Molasseoberfläche einzelne Perlgneisblöcke, die aus der Böhmisches Masse stammen müssen (Kohl 1955) und daher anzeigen, dass die kristallinen- und quarzreichen Liegendanteile der ÄDS vielfach umgelagertes tertiäres Material enthalten. Dieses muss zu Zeiten ins Alpenvorland gekommen sein, als im nördlichen Einzugsgebiet ein Relief bestand, das den Transport von Blöcken ermöglichte, also zur Zeit der Abtragung der miozänen Süßwassermolasse. Das damalige Flusssystem muss sich vom heutigen wesentlich unterschieden haben, und sogar von dem am Schlierrelief heute noch ablesbaren vor-günzeitlichen System, das ja auch schon im Bereich der späteren Traun-Enns-Platte eine Entwässerung nach NE anzeigt. Insbesondere muss eine Vorläuferin der Donau südlich dieser Perlgneis-Vorkommen geflossen sein.

Interessant sind auch die wiederholten Beobachtungen mächtiger Kalk- und Flyschblöcke in den Hangendpartien der ÄDS. Aus Waitzendorf ca. 5 km SE' Wels zum Beispiel

berichtet Rohrhofer 1938, zit. in Kohl 1955: S. 331) von einem 10 m³-Block (ohne Gesteinsangabe) neben kleineren (darunter Gosaukonglomerat). Kohl (1955: S. 331f.) fand bei Giering ca. 2 km nördlich von Sattledt eine horizontale Anreicherung von Blöcken bis ca. 2 m Durchmesser. Diese „Blockschichten“ werden nach Süden gegen die Endmoränen zu mächtiger, und sind offensichtlich von den Kristallinblöcken der Basis-schotter zu unterscheiden. Sie können mit kurzfristigen Eisvorstößen, Massenbewegungen oder (bevorzugt) auf Eisschollen, keinesfalls aber durch rollende Bewegung an der Flusssohle transportiert worden sein. Ihr Vorkommen in den Hangendpartien lässt daran denken, dass die gletscherbürtigen Teile der ÄDS über eine relativ mächtige Unterlage aus damals wieder umgelagerten älteren Sedimenten abgelagert wurden. Dafür spricht auch die Kristallin-Vormacht in den Vorstoßschottern, die außerdem vom Gletscher selbst teilweise wieder abgetragen sein werden und seitdem wesentlich aus umgelagerten tertiären „Basisschottern“ bestehen.

VERWITTERUNGSERSCHENUNGEN

Die tiefbraunen (auch rötlichbraunen), sehr tonigen Kiese der autochthonen Verwitterungsschwarte werden landläufig „**Pechschotter**“ genannt. Im Bereich der Sanderkegel sind diese unter m-mächtigen Deckschichten größtenteils erhalten. Die ursächliche Verwitterung hat bis zur Basis der ÄDS durchgegriffen. Diese Tiefenverwitterung zeigt sich vor allem in zu weißem Gesteinsmehl zerfallenen – oder wie man auch sagt: „veraschten“ – Dolomiten. Diese sowie mürbe Kristallingerölle zerfallen mit der Zeit, jedenfalls bei Wiederaufarbeitung, und vermehren dann die Sandfraktion und den Anteil von Dolomit und kristallinbürtigen Mineralen darin. Aus diesem Grund sind die ÄDS immer sandreicher als die jüngeren Kiese.

Der Zerfall der Kristallingerölle in Sand–Feinsand–Gesteinsmehl und die Auflösung von Kalk-, Dolomit- und Mergelgeröllen können in einzelnen, oft (karst)schlotartig konzentrierten Bereichen zu Verlehmung und schließlich einem solchen Substanzverlust des Sedimentgesteins führen, dass der Verwitterungsschlot zusammensackt und an der Erdoberfläche Setzungen oder Erdfälle entstehen („**Geologische Orgeln**“). Kohl (1968a: S. 35) berichtet von solchen Strukturen mit einer Tiefenreichweite von 7–10 m.

Über der autochthonen Verwitterungsschwarte liegen bis ca. 10 m mächtige **Lösslehmdecken**, die an den Talrändern allerdings oft geringmächtig oder ganz abgetragen sind. Kohl (1967b: S. 6) berichtet zum Beispiel, dass die ÄDS im Sipbachtal über weite Strecken fast ohne Lehmdecke anstehen (was zur Anlegung einer größeren Zahl von Kiesgruben Anlass gegeben hat).

DIE ÄDS IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

Im Kremstal zwischen Wartberg und Oberrohr beschreiben Angerer (1910) und Göttinger (1936) „Ältere Deckenschotter“; Lotze (1945) nennt sie „Basis-“ oder „Krems-

münsterer Schotter“. Damals waren die Endmoränen noch unbekannt, die erstmals Kohl (1955) diesen Ablagerungen zuordnete. Tatsächlich haben wir es mit den Günz-Vorstößschottern zu tun, die jedoch für hydrogeologische Zwecke in vorliegender Arbeit ebenfalls unter der Abkürzung ÄDS subsumiert werden.

Unter den erwähnten Moränen setzen sich vor allem die kristallinreichen Basisschotter gegen Süden fort. Ihr stellenweise hoher Anteil an groben Quarz- und Quarzitzeröllen nimmt gegen Wartberg zugunsten der Karbonate ab. Im Kremstal können Quarz und Quarzit >50% der Gerölle ausmachen, im Sulzbachtal >70% (Kohl 1962a). Bei Kremsmünster beobachtete Angerer 1910: S. 31ff.) bis ca. 1 m große, angewitterte Kalk- und Flyschblöcke in den Hangendpartien; einige sind in mehr sandige Horizonte eingebettet (Kohl 1955: S. 322). Stellenweise sind die ÄDS stark konglomeriert. Etwa 3 km SW' Bad Hall – vermutlich im Feyreggerbachtal – sah Kohl (1962a: S. 6) vertikale Klüfte mit sinterartig oder knollig verfestigten (Sand-)Lehm-Auskleidungen. Auch sonst sind diese Konglomerate von zahlreichen Rissen durchzogen.

Die als „Pechschotter“ angesprochene Verwitterungsschwarte ist verschiedentlich erhalten, eine Bodenbildung war allerdings unbekannt, bis Kohl (1962b: S. 383f.) den bisher einzigen Aufschluss beschrieb, der Reste einer solchen enthält: In der (ehemaligen) Kiesgrube Adamsmayr in der Teufelleithen ca. 3 km südlich Kremsmünster rechts der Krems trennt eine bis halbmetermächtige tonig-lehmige, rötlich-gelbe bis sepiabraune Verwitterungszone die ÄDS von der hangenden WNF, wahrscheinlich der Erosionsrest einer wesentlich mächtigeren Bodenbildung. Es zeigte sich hier, dass ÄDS und Weiße Nagelfluh, die man früher zusammengezählt hatte, zeitlich durch eine Warmzeit getrennt sind.

Unter den Deckschichten ist eine Sonderentwicklung unter dem sumpfigen Schachengewald nördlich Kremsmünster hervorzuheben: Von der Lehmbedeckung der hier geringmächtigen ÄDS einer Gesamtmächtigkeit von 14–16 m entfallen 5–10 m auf lehmige Verwitterungsschwarte und sehr tonige Lehmbedeckung. Stagnierendes Tagwasser führt zu starker Vergleyung mit einem charakteristischen Farbwechsel zwischen dunkelbraun und grau-grün.

3.2.3.2 Günz-Moränen

Schon Penck hatte die Deckenschotter der TEP-Hochfläche seiner Günz-Eiszeit zugeordnet. Den ÄDS entsprechende Moränen aber waren bis um 1950 generell unbekannt. Erstmals erkannte Weinberger (1950, zit. in Kohl 1983b: S. 378) eine Günzmoräne des Salzachgletschers. Beim Bau der Westautobahn entstanden dann Aufschlüsse, die es Kohl ermöglichten, das Vorkommen günzzeitlicher Endmoränen im Gebiet zwischen Traun und Enns zu belegen.

Die besten (wenn auch temporären) Aufschlüsse wurden bei den Bauarbeiten an Talübergängen freigelegt: an der Autobahnbrücke über die Alm, und im Autobahneinschnitt ca. 1 km SE' Wollberg im Aiterbachtal (Kohl 1955: S. 325f.). In beiden Fällen waren

die als Moränen gedeuteten Ablagerungen durch Übergänge mit den ÄDS verbunden (nach oben hin abnehmende Schichtung und Sortierung); eingelagerte Blöcke aus verschiedenen Gesteinen, hauptsächlich Karbonaten und (Flysch-)Sandsteinen, waren bis ca. 2 m groß, teilweise lang gestreckt und scharfkantig, und einige auch mit Kratzern bedeckt. Die Verwitterungsschwarte griff taschenförmig bis ca. 10 m tief in diese Diamiktite hinein. Ein schon früher vorhandener Aufschluss, in der *Spieldorfer Leithen* östlich Spieldorf im Pettenbachtal, hatte aufgrund einiger sedimentologischer Besonderheiten (lagenweise Konglomerierung, stellenweise Schrägschichtung) Ähnlichkeit mit der nach-günzzeitlichen Weißen Kremsmünsterer Nagelfluh und war daher durch Forster (1903) auch so kartiert worden (Kohl 1955: S. 326f.).

Nach der Erkenntnis Weinbergers schließlich, dass die Moränen des Traungletschers bei Laakirchen mindelzeitlich und eine weitere, darunter einfallende daher günzzeitlich sei, zeichnete sich das Kartenbild einer **dreifachen Günz-Endmoränengirlande** in der Traun-Enns-Platte ab (Kohl 1958): Ein *westlicher* Bogen setzt am Fuß des Hochkogels an der Flyschzone an, verläuft östlich der Laudach bis Eggenstein, setzt sich westlich des Flüsschens in West-Richtung fort und streicht unter die Mindelmoräne von Laakirchen hinein. – Ein *mittlerer* Bogen setzt am Fuß des Feichtenberges an der Flyschzone an, verläuft zwischen Dürrer Laudach und der Alm bis südlich Voitsdorf, und bildet östlich der Alm einen Wall, der bei Kohl 1958 noch SW–NE-, ab 1975 jedoch als NW–SE-streichend eingezeichnet wurde. (An dieser – im Kartenbild sehr auffälligen – Diskrepanz kann man die Schwierigkeit ahnen, die einer exakten Aufgliederung dieser scheinbar so einförmigen Schotterplatte in die enthaltenen Sedimentkörper entgegensteht und schon entgegen stand, als die Aufschlussituation noch viel besser als heute war.) – Ein *östlicher* Moränenwall schließlich beginnt östlich Eberstallzell an der Pettenbachrinne, verläuft im Bogen über Sattledt und taucht unter die Mindelmoräne von Kremsmünster. Dort taucht er an der West-Seite des Kremstales in Resten wieder auf (Kohl 1971) oder wird durch kantige Blöcke bis ca. 2 m Größe vertreten (an der Sohle des ehemaligen, heute verfüllten Nagelfluh-Bruches „Lärchenwald“). Unter den Blöcken fanden sich Gosaukonglomerat und selten auch Kristallin; das Zwischenmittel war verlehmt. Morphologisch fallen die Moränenwälle kaum auf. Das liegt daran, dass einerseits die Übergangskegel zu den riesigen ÄDS-Fächern sehr flach sind, und andererseits die Zungenbecken(seen) schließlich bis auf das Niveau der ÄDS aufgefüllt worden sind.

Für Zungenbeckenseen sprechen nach Kohl (1958: S. 140) die Beobachtung einer Deltaschichtung in der Weißen Nagelfluh südlich Eggenstein im Almtal und das Vorkommen der so genannten *Tone von Sattledt* an der Innenseite des westlichen der drei Moränenbögen: das sind bis ca. 10 m mächtige gelbe und rote, stark tonige Lehme, die beim Bau der Kreuzung zwischen West- und Pyhrnautobahn und zum Abbau in der ehemaligen Ziegelei in Sattledt aufgeschlossen waren. Das Relief der Günzmoränen verebnete durch Bodenfließen während der folgenden Eiszeiten, wofür die 1,5 m dicke Solifluktsdecke über den Lehmen der erwähnten Ziegelgrube ein Beleg ist (Kohl 1955: S. 328f.). Die Tatsache, dass es südlich des Sattledter Hauptwalles noch weitere Wälle gibt, lässt auch an eine Deutung der Tone und Lehme als Ablagerungen kleinerer Seen zwischen den Endmoränen zur Zeit des beginnenden Gletscher-Rückzuges denken. Dagegen spricht aber nicht etwa ihre beachtliche Mächtigkeit, die von den

Schluff-Füllungen kleiner Eisrandstauseen tatsächlich erreicht wird, sondern der hohe Gehalt an Ton und dessen teilweise rote Färbung: Ist die Abschwemmung roter Böden die Ursache hierfür, kann das nur nach einer Warmzeit stattgefunden haben. Die Tone von Sattledt wären in diesem Falle zeitgleich mit der Weißen Nagelfluh (eine Verzahnung der beiden war aber scheinbar nirgends zu sehen gewesen).

3.2.3.3 Reste der ehemaligen Bodenbedeckung

Im Tal der so genannten Teufelleithen ca. 2,0 km südlich von Kremsmünster liegt auf Grund im Eigentum des Hofes *Adamsmayr* eine ehemalige Kiesgrube („**Grube Adamsmayr**“): Sie war bis in die 80er-Jahre im Betrieb durch die Gemeinde Kremsmünster, zur Gewinnung von Schotter für Straßenbau und Straßenerhaltung und für den Bau der RAG-Pumpenanlagen sowie des Zentraltanklagers in Krift (eine Ortschaft ca. 3,5 km südlich Kremsmünster). Als Kohl (1962b: S. 383f.) den Bruch beschrieb, war noch eine 15 m hohe Aufschlusswand mit (1) ca. 8,0 m ÄDS sowie (2) 4,5 m Weißer Nagelfluh sowie (3) 2,5 m Grauer Nagelfluh zu sehen, und noch vor 10–15 Jahren war im Westteil der Grube für Straßenbauzwecke eine ca. 7,0 m hohe Abbauwand geöffnet worden. Heute ist der Bruch teilweise verstürzt, und die Schutthalden bedecken praktisch zur Gänze die ÄDS. Die Bedeutung der Grube liegt darin, dass hier erstmals zwei Paläoböden (**Kremsmünster A und B**) beschrieben wurden und in Folge ermöglichten, das die drei oben genannten Schichtkomplexe sauber zu trennen sowie außerdem einen kaltzeitlichen Sedimentkörper (die Weiße Kremsmünsterer Nagelfluh) zu erkennen und in die Zeit zwischen Günz und Mindel einzustufen; mehr dazu siehe **Kap. 3.2.4.1** unten. Um diese Bodenbildung trotz der gegenwärtig sehr schlechten Aufschlussverhältnisse begutachten zu können, haben wir am östlichen Rand der Grube die Schutthalde oben abgegraben und die Verwitterungszone der ÄDS auf einer Fläche von 2 x 4 m wieder aufgeschlossen (**Abb. 12**, S. 66).

Lithologisch sind diese ÄDS als sandige, steinige Mittel- bis Grobkiese anzusprechen; die Komponenten sind vorwiegend kalkalpiner Herkunft, darunter viel Dolomit (bis 15 cm), aber auch Sandsteine und Gneise sind zahlreich vorhanden; Kohl (1962b: S. 383) nennt außerdem Quarz und Quarzit, die wahrscheinlich in tieferen, heute nicht mehr sichtbaren Lagen angereichert sind, und beziffert den Kristallingehalt auf 30–40%. Er hat seinerzeit auch mehrere bis 25 cm mächtige Feinsand-Linsen beobachtet und in seine Skizze der damaligen Aufschlusswand einen kreuzgeschichteten Bereich und einen fossilen Grundwasserstand eingezeichnet. Die Tiefenverwitterung (zersetzte Kristallin- sowie „veraschte“ Dolomitgerölle) hat den gesamten Sedimentkörper ergriffen; die eigentliche Verwitterungszone beschränkt sich allerdings auf die obersten 1,0–1,5 Meter.

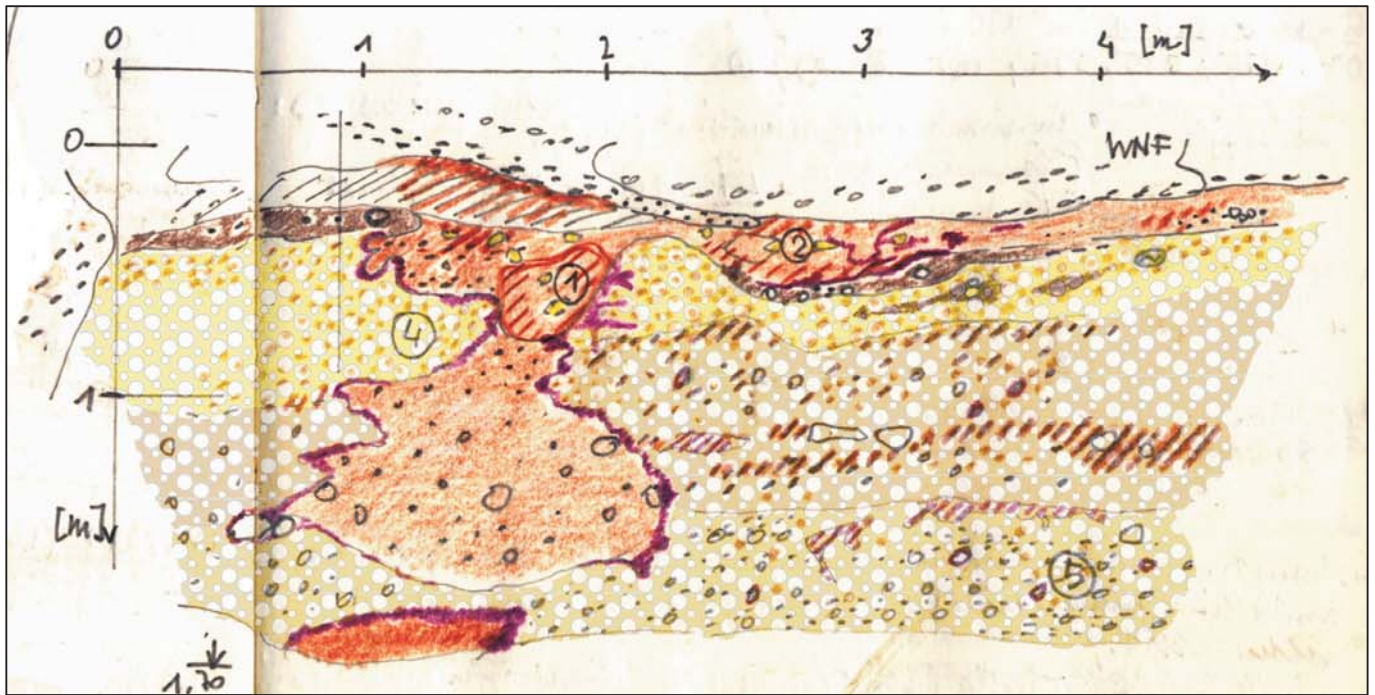
Am neu abgegrabenen Aufschluss konnte man unterhalb des rotbraunen Lehmbandes eine Gliederung in wenigstens drei Horizonte durchführen: (1) Zuerst ein Kalkanreicherungs-horizont, der wegen des aus der Bodenlösung gefällten Kalzitpulvers (in FAO-Nomenklatur: *soft powdery lime*) eine weißliche Farbe hatte. Linsen aus violettstichigem (vermutlich Manganoxid-haltigen) Lehm waren an der Grenze zum rotbraun-

nen Lehm angereichert und sollten vielleicht als eigener Horizont betrachtet werden. (2) Der untere Horizont stellt das Ausgangsmaterial der Bodenbildung dar, enthält aber noch Mn-reiche Fasern, Gerölle mit Mangankrusten und stellenweise Kalkausscheidungen. (3) Dazwischen wurde ein Übergangshorizont ausgeschieden.

Der rotbraune Lehm ist stellenweise sehr tonig und enthält völlig zersetzte Dolomit- und Gneisgerölle und violett-stichige Fasern. Nach oben ist er scharf und diskordant gegen die Weiße Nagelfluh abgesetzt. Das ursprüngliche Bodenprofil ist also wahrscheinlich zum größeren Teil abgetragen. Auch die Untergrenze ist nicht annähernd eben, sondern unruhig-wellig und stellenweise taschenförmig in den Untergrund eingetieft. Mit Kohl (1962b: S. 384) werden interpretiert man diese Erscheinung als Frosttaschen, das heißt kryoturbater Entstehung, nimmt sie als Beweis einer kaltzeitlichen Überarbeitung des ursprünglichen Bodens vor Überschüttung durch die Weiße Nagelfluh, und vermutet, dass letztere in dieselbe Kaltzeit gehört. Dies wurde allerdings erst durch den Fund eines Lehmblockes in der Weißen Nagelfluh wahrscheinlich.

In der Umgebung der neu aufgeschlossenen Lehmtasche waren Deformationen im Sediment keineswegs stark ausgeprägt, jedoch konnten wir Anzeichen für Kryoturbation und Solifluktion allenthalben beobachten: Die Grenzen des Kalkfällungshorizontes nach oben und unten waren verformt und stellenweise leicht gefaltet, die sepiabraunen lehmigen Linsen im Übergangshorizont erschienen gewellt. Der sehr tonige Bereich an der Kante zwischen Sohle und Wand des künstlichen Einschnitts hängt vielleicht – dreidimensional betrachtet – mit dem gleichartigen obersten Teil der Lehmtasche zusammen. Möglicherweise ist ein bestehender warmzeitlicher Verwitterungsschlot (angelegt an einer Wurzelbahn zum Beispiel) später unter periglazialen Bedingungen im Auftaubereich deformiert worden. Ebenso möglich ist, dass die ganze Lehmtasche eine Fließbewegung des Auftaubodens mitgemacht hat. Der einigermaßen waagrechte Abschluss der Tasche nach unten im Niveau des Übergangs zu den nicht verlehmtten ÄDS spricht dafür, dass hier die Untergrenze für Wechselfrostbedingungen war.

Im mittleren Teil der Grube *Adamsmayr* ergab eine weitere kleine Grabung ca. 70 cm rotbraunen, stark fein- bis mittelkiesigen Lehm mit schwarzen (Manganoxid-)Fasern. In dieser Ausbildung werden die verlehmtten oberen ÄDS häufig als **Pechschotter** bezeichnet. An der gegenständlichen Lokalität erreichen sie laut Kohl (1962b: S. 384) bis 1,5 m Mächtigkeit, was durchaus typisch ist. Während jedoch erkennbare Reste eines Bodenprofils nur an der beschriebenen Lokalität erhalten sind, finden sich Pechschotter fast überall, wo nicht eine jüngere Schüttung die gesamte Verlehmungszone darunter erodiert hat. Insbesondere unter Lösslehmbedeckung ist mit ihnen zu rechnen, denn auf den eiszeitlichen Sanderflächen war die periglaziale Erosion in Rinnen und Mulden konzentriert, dazwischen überwog offensichtlich die Akkumulation (von Löss). Es ist daher nicht recht verständlich, warum man diese Verlehmung nicht schon früher als Hinweis auf eine warmzeitliche, autochthone Verwitterungsschwarte der ÄDS aufgefasst hat: Auch im Steinbruch *Steller* im Ortsteil Wolfgangstein in Kremsmünster sind die ÄDS unter der Weißen Nagelfluh durch rötlich-braunen Lehm gebunden, soweit man das heute noch sehen kann.



[m] Profil Charakterisierung der Horizonte:

2 1 0		F Gut abgerollte Kiese der Weißer Nagelfluh . Grenze zum Liegenden ist eine scharfe Erosionsdiskordanz .
		E Lehm, rotbraun , einzelne Kies-Gerölle: v.a. Dolomit und Gneis, völlig zersetzt. Violett: Mn-Oxihydroxid-Ausfällungen .
		D Lehm, sepiabraun , teilw. ins Violette, Gerölle mit Mangankrusten .
		C Calcit-Anreicherungshorizont : großteils Mittelkies, mehr-weniger lehmig, mit sepiabraunen Linsen wie Horizont D. Ein größeres, mürbes Gneisgeröll (1 dm). Weißliche Farbe von pulverförmigen Kalkabscheidungen ("soft powdery lime" nach FAO).
		B Übergangshorizont : Mittel- bis Grobkies und einzelne Blöcke, sandig. Schraffiert: sepiabraune bis rotbraune lehmige Bereiche (violett: mangan-reich). Einzelne Gerölle mit Mangankrusten. Calcit-Anreicherung nur mehr vereinzelt.
		A Ausgangsgestein der Bodenbildung : Mittel- bis Grobkies und Blöcke, stark sandig. Einzelne Mangan-Abscheidungen. Tiefenverwitterung reicht bis (tief) unter Aufschlußsole.



Frosttasche:

Manganoxid-Abscheidungen am Rand der Frosttasche.

"Frosttasche": rotbrauner, toniger Lehm mit Geröllen.

Abb. 12 – Reste einer autochthonen Bodenbildung auf Älteren Deckenschottern (Geländezeichnung). Händisch neu aufgeschlossener Bereich in der ehemaligen Kiesgrube *Adamsmayr* in der Teufelleithen ca. 3 km südlich Kremsmünster rechts der Krems. Erosionsrest einer Bodenbildung auf Älteren Deckenschottern, überdeckt und teilweise abgetragen durch die Schüttung der Weißen Nagelfluh. Lehmtaschen der abgebildeten Art werden als Frostbodenerscheinungen gedeutet. Obwohl Störungen durch Kryoturbation angenommen werden müssen, ist eine deutliche Horizontierung erkennbar: Der Bodenbildungshorizont scheint hier weniger gestört als von anderen Teilen derselben Kiesgrube berichtet wurde (vgl. Kohl 1962b).

Hydrogeologisch bedeutsam an dieser sehr wenig durchlässigen Verwitterungsschwarte ist folgendes:

- Überall im Verbreitungsgebiet der ÄDS, wo diese die Terrassenfläche aufbauen, muss man erwarten, dass die „Pechschotter“ unter der Lösslehmdecke einen Stauhorizont bilden, und:
- Unter der Weißen Kremsmünsterer Nagelfluh fehlen sie weitgehend, womit eine hydrologische Trennung zwischen beiden Kies- Körpern entfällt.

Hydrologische Bedeutung können auch **Verwitterungsschlote** haben, wenn sie nicht genauso stark verlehmt sind wie die Pechschotter, sondern wegen Einbruch des Sedimentgerüsts der nachbrechende Lehm aufgelockert wird oder sogar Hohlräume entstehen. Derartige „Geologische Orgeln“ konnten in den ÄDS des Untersuchungsgebietes nicht beobachtet werden, von anderen Orten gibt es jedoch Berichte über punktuelle Versickerungsstellen über Deckenschottern (sowie über kleine Erdfälle in oder über der Weißen Nagelfluh, was aber ebenso gut auf Verkarstung der Nagelfluh selbst zurückgeführt werden kann).

3.2.3.4 Dellen

Als „Delle“ bezeichnet man in der Geomorphologie eine lang gestreckte Senke ohne perennierendes Gerinne. Dellen fungieren zwar als Wassersammelstellen und zeitweise auch als Leitlinien der oberflächlichen Entwässerung, können von dieser jedoch derzeit nicht gestaltet werden und ermangeln daher junger Erosionsformen. Die häufig vorrezente Talfüllung bildet keinen ebenen Talboden, sondern ist im Querschnitt eher flach konkav. An ihrer Bildung beteiligen sich oft Massenbewegungen, was zur Entwicklung einer sanften Morphologie beiträgt.

Die Dellen der TEP sind häufig „trockene“, talaufwärtige Fortsetzungen der rezenten Täler auf alte (größtenteils vor-risszeitliche) Terrassenflächen. Zwar gibt es sie auch auf den Mindelmoränen, aber nur als Anfangsmulden der nach den ersten definierten Quellaustritten gleich recht tief eingeschnittenen Täler. Auch auf der Weißen Nagelfluh kommen sie vor, wenn auch nicht im Untersuchungsgebiet: Ein Beispiel dafür ist der linke Seitengraben zum Aiterbach südlich der Straße zwischen Wipfing bei Eberstallzell und Großendorf; die Erosionsstufe der östlichen Talflanke, in der sich etliche alte Abbaustellen der Weißen Nagelfluh befinden, rührt von einer alten Talasymmetrie her.

Wirklich charakteristisch sind die Dellen allerdings für die Hochfläche der ÄDS. Hier verlängern sie die Gerinne führenden Täler, nicht selten nur kurze Seitengräben, um oft mehrere Kilometer. Die Delle des Weyerbachtals zum Beispiel ist ca. 8 km lang und damit länger als das Gerinne führende Haupttal. Zahlreich sind auch kurze Dellen, die die Seitenhänge der größeren Täler zerschneiden und mit Annäherung an diese einen Gefälleknick aufweisen (entsprechend einer Mündungsstufe; Kohl 1968a: S. 5). Kohl

(1968a: S. 5f.) ist der Ansicht, dass oft schon einige Kilometer oberhalb der Bachursprünge zeitweise Wasser führende Erosionsgräben zu beobachten seien, besonders unter Waldbedeckung. Vielleicht waren Ende der 60er-Jahre noch mehr Wälder vorhanden; gegenwärtig sind sie fast alle ausgeräumt (sogar in den Quellsümpfen) und die Gräben vermutlich mit Sickerrohr versehen und zugeschüttet.

Genetisch betrachtet zeichnen die Dellen ein altes Entwässerungssystem nach, das schon zu Ende der Günzzeit angelegt worden sein muss, als die Sanderflächen noch im Periglazialbereich lagen und die Schmelzwasserrinnen in den gefrorenen Untergrund einschneiden konnten, ohne zu versickern. Später fungierten sie als Leitlinien der Abtragung, in den Eiszeiten für das Bodenfließen, in den Zwischeneiszeiten für die rückschreitende Erosion. Mit zunehmender Eintiefung in den Molassegrund verlängerten sich die Linien der Quellaustritte auf diesem talaufwärts, wurden ältere Talfüllungen beseitigt und die ÄDS an vielen Hängen freigelegt. Die von diesen Vorgängen nicht betroffenen Abschnitte behielten ihre lehmige Füllung aus Solifluktsdecken.

Die **Dellenfüllungen** stellen wir uns folgendermaßen entstanden vor: In jeder (auf das Günz) folgenden Eiszeit konnten frisch abgelagerter Löss bzw. Lösslehm und Oberboden durch Solifluktion in die Mulden verlagert werden, und es entstanden gelbe und rote Fließerden. Auch die Kiesunterlage an den Dellenrändern war betroffen, weil infolge der Abtragung dort die Bedeckung immer gering war. Dadurch mischten sich Gerölle in die Fließerden, ein Vorgang, der bei nur einfacher Bodendecke in der Mindelzeit besonders zum Tragen gekommen sein muss. Bei Sondierungen oder anderen künstlichen Aufschlüssen in den Dellen finden sich denn auch immer wieder Kiese am Grund der Dellenfüllungen. Das folgende, beispielhafte Profil stammt von einer Baugrundsondierung für eine geplante Aral-Tankstelle in Kremsmünster (Wieder 1965; die Delle liegt südlich des Ortes am Nordfuß des Gusterberges):

Tiefe [m]	M. [m]	Bezeichnung
0,00 – 0,50	0,50	Mutterboden
– 2,43	1,93	Aufschüttung
– 2,75	0,32	Humus, alt
– 3,42	0,67	Lehm, hellgelb
– 4,50	1,08	Lehm mit Kies, gelbrot, sehr feucht
– 5,65	1,15	Lehm, Kies, Wasser führend
– 6,75	1,10	Lehm, Kies, Wasser führend, größere Steine

Man kann annehmen, dass die Dellenfüllungen zum großen Teil würmzeitlich sind. Jeden Sommer, den unter periglazialen Bedingungen ein Auftauboden entsteht und zur nächsten Senke kriecht, erhalten die Dellen ihren Nachschub an Solifluktsmaterial, aber auch große Mengen an Schmelzwasser. Dadurch erfolgt Transport nicht nur zur nächsten Mulde hin, sondern verstärkt auch in deren Längsrichtung, und ein Teil der älteren Füllung kann wieder abgetragen werden. Zur Füllung hat allerdings auch der

Mensch beigetragen: Als im Quellsumpf des Haselbergergrabens bei der Brunnhub ca. 3,5 km östlich Bad Hall der Wald entfernt und Drainagen angelegt wurden, stieß man in ca. 1,5 m Tiefe auf Baumstümpfe *in situ*, die offenbar mit der Axt gefällt waren. Gelänge es, an diesen Bäumen eine Altersbestimmung durchzuführen, hätte man einen Anhaltspunkt zur Beurteilung der durchschnittlichen Bodenerosion in den vergangenen Jahrhunderten.

3.2.3.5 Lösslehmdecke

Lösslehmdecken entstehen durch ein Wechselspiel zwischen kaltzeitlicher Akkumulation (Lössbildung) und warmzeitlicher Bodenbildung (Verlehmung). Prinzipiell können sie auf allen vor-würmzeitlichen Terrassen vorkommen, charakteristisch sind sie aber als die meter-mächtigen Deckschichten der ÄDS. Tatsächlich schwankt die Mächtigkeit sehr stark (0–15 m), weil sie an Tal- und Dellenrändern immer teilweise, manchmal gänzlich abgetragen sind.

Löss besteht mineralogisch meist (je nach Auswehungsgebiet) aus Quarz, Glimmer, Feldspat und Kalzit; er enthält also leicht verwitterbare Minerale, sodass er in Warmzeiten zuerst entkalkt und lösliche Ionen an die Bodenlösung abgibt. Die weitere Verwitterung stellt man sich folgendermaßen vor (vgl. Hintermaier-Erhard & Zech 1997): Eisen, das sich zum Beispiel aus Biotit löst, fällt oft schon an der Oberfläche des Glimmerblättchens als Oxid wieder aus; jedenfalls führt die Aufoxidation des Eisens zur Verbräunung. Wenn die hydrolytische Verwitterung der Silikatminerale fortgeschritten ist, bilden sich aus Hydrolyseresten und gelösten Ionen Tonminerale (Verlehmung). Die Tonminerale kleben das Korngerüst zusammen, das sich infolge Entkalkung gelockert hatte. Dadurch entsteht ein recht lockeres Gerüst von hoher Porosität (bis >50%), wenn auch relativ geringem nutzbaren Hohlraumanteil (rund ein Drittel). – Die Durchlässigkeit der Lösslehme schwankt zwischen 10^{-6} und 10^{-10} m/s. Über den ÄDS enthalten sie darüber hinaus im typischen Fall zwei Bodenhorizonte zwischen den Pechschottern und dem rezenten Boden, mit höheren Tongehalten, die den Sickerstrom behindern und Staunässe verursachen können. Jedenfalls ist dadurch die vertikale Durchlässigkeit zusätzlich eingeschränkt. Andererseits entwickeln Lösslehme bei Austrocknung tiefe Risse; wirksamer bezüglich der vertikalen Wasserwegigkeit sind jedoch Wurzel- oder Grabgänge.

Zur Permeabilität und zur Verdichtungsfähigkeit des Bodens auf ÄDS-Deckschichten des Untersuchungsgebietes gibt es folgendes Untersuchungsergebnis: Vor Errichtung des Golfplatzes in Pfarrkirchen nahm man aus einem halben Meter Tiefe eine gestörte und eine ungestörte Bodenprobe und bestimmte die Durchlässigkeit der gestörten Probe zu $3 \cdot 10^{-10}$, die der ungestörten zu $7 \cdot 10^{-5}$ m/s (Lohberger & Thürriedl 1995). Die Werte umspannen den gesamten Wertebereich, in dem Lösslehme liegen können. Man muss auch bedenken, dass das Untersuchungsgebiet sehr „gletschernah“ liegt: Auch aus dem Flugstaub lagern sich gröbere Partikel eher ab. Insgesamt spricht nichts gegen die Möglichkeit, dass Niederschlag auf der ÄDS-Hochfläche nicht nur versickert, sondern sich in den Lösslehmdecken auch bewegen kann. Der Sickerstrom ist aller-

dings so langsam, dass das Wasser lange noch dem Einfluss der Evapotranspiration ausgesetzt ist und wahrscheinlich zum größten Teil wieder verdunstet.

Lösskarst ist eine Erscheinung in Löss(lehm)decken, die über einem Staukörper liegen: „Wenn Löss undurchlässige Gesteine überlagert, bildet sich an seiner Basis oft ein unterirdisches Entwässerungssystem, das [...] Brunnen geringer Leistung speisen kann.“ (Mattheß & Ubell 1983: S. 202). Die Pechschotter in ihrer typischen Ausbildung sind praktisch undurchlässig. Nun gibt tatsächlich in Deckschichten gegrabene Brunnen geringer Ergiebigkeit, die nicht unter die Pechschotter hinabreichen (z.B. Hof *Eiglsee* bei Bad Hall: C12B01), Erzählungen vom Brunnenbau lassen diesfalls jedoch eher auf einen sandigen – statt im obigen Sinn „verkarsteten“ – Basishorizont schließen (Flugsand).

Der übliche **Oberboden** auf Löss ist in unserer Klimazone die Parabraunerde; bei Staunässe jedoch der Pseudogley mit seinem typischen Aspekt: Aggregate und Wurzelhöhlen innen rostig-braun, außen gebleicht (grau).

Etliche der oben beschriebenen Merkmale können am besten (außerhalb des Untersuchungsgebietes) in der Lehmgrube der Ziegelei in Neuhofen an der Krems beobachtet werden.

3.2.3.6 Aufschlusssituation

Die Aufschlusssituation im ganze Gebiet, besonders aber bezüglich der ÄDS, hat sich in den letzten 30 Jahren dramatisch verschlechtert, weil die unzähligen kleinen Abbaustellen, wovon in manchen Gebieten vielleicht jedes Gehöft eine hatte, mit Verbesserung der Transportmittel seit den 50er-Jahren (Traktoren) und damit gleichzeitig der Möglichkeit, Schotter und Sand in besserer und auf den Zweck zugeschnittener Qualität zu bekommen, verschwanden. Es ist aber nicht der Fall, dass die alten Gruben bloß verwilderten: In den 60er-Jahren wurden Zuschüsse für Maßnahmen zur Vergrößerung der landwirtschaftlichen Fläche gewährt, und den erwünschten Verbesserungen fielen einerseits Feuchtgebiete zum Opfer, vor allem an Hängen mit hohem Schlierabsturz, die häufig von Quellen in dieser Höhe gänzlich vernässt waren. Andererseits füllte man die vielen Kiesgruben an (nicht selten auch mit Unrat) und bedeckte sie mit Erdreich.

Wenn man sich das *grosso modo* ziemlich einheitliche Erscheinungsbild der verschiedenen Günz-, Mindel- und Rissterrassen vor Augen hält, sind die Vorteile einer kleinen hauseigenen Grube in Zeiten eingeschränkter Mobilität offensichtlich: Im Prinzip sind diese Ablagerungen alle von der Art sandiger Kiese, stellen- oder lagenweise dicht oder nur löchrig konglomeriert, häufig sind auch kleinere Sandkörper eingelagert. Man kann daraus Bausteine verschiedener Belastbarkeit herstellen, Wegeschotter und Mauersand gewinnen, und den Rest als Füllmaterial verwenden. Das alles ist heute natürlich nicht mehr rentabel, und daher sind praktisch alle Gruben im Bereich der ÄDS planiert. Nicht selten dienten sie vorher noch als Deponie. Für Weiße Nagelfluh und

Hochterrasse gilt das nicht so sehr, weil sie gerne Steilkanten und –hänge bilden, die niemand landwirtschaftlich nutzen will.

Diese Umstände haben dazu geführt, dass eine sedimentologische Bearbeitung der ÄDS der Traun-Enns-Platte nach modernen Gesichtspunkten (Faziesanalyse) sich derzeit nur auf sehr wenige gute Aufschlüsse stützen könnte.

3.2.4 WEISSE KREMSMÜNSTERER NAGELFLUH (WNF)

3.2.4.1 Abtrennung von den Älteren Deckenschottern (ÄDS)

Die Kremsmünsterer WNF ist eine Besonderheit der Gegend und war früher als Baustein sehr beliebt (Kohl 1986b). Den Lokalnamen hat sie daher, dass sich im Kremstal einige gewissermaßen klassische Abbaustellen befanden, insbesondere für das Stift Kremsmünster. Eine ganze Reihe alter Steinbrüche, vom Almtal im Westen bis zum Feyreggerbachtal östlich Bad Hall sind in einem Kärtchen von Kohl (1986b: S. 250, Abb. 2) verzeichnet.

Für Angerer (1909, 1910) lag die WNF ohne Verwitterungsband auf ÄDS, und auch für Abel (1913) war sie ein oberer Horizont der ÄDS. Götzinger (1936) dachte sich einen Günz-spätglazialen oder Günz-Mindel-interglazialen Schwemmkegel der Alm. Die Vorstellung eines Alm-Schwemmfächers stützte sich dabei auf die Abnahme der Mächtigkeit von über 25 m im Almtal (südlich Eggenstein; Kohl 1958: S. 139) auf maximal 10 m an der Krems (im Tiefenbachtal; 1971: S. 85). Ein weiteres Argument für diese Vorstellung hat sich im Zuge unserer Arbeit durch die Bestimmung der Schüttungsrichtung von Schrägschichtungskörpern an mehreren Stellen im Kremstal ergeben: Die vorgefundenen Richtungen tendieren gegen Ost bis Südost (vgl. **Beilage 3**).

Mit Kenntnis der Günz-Moränenkränze lässt sich (seit Kohl 1958: S. 138) die WNF aufgrund ihres Vorkommens nur innerhalb derselben als Zungenbeckenfüllung interpretieren; die Zungenbeckenseen fungierten offenbar als Sedimentfalle. Kohl (1958: S. 139f.) beschreibt 30° NNE-fallende Deltaschichtung an einem Steinbruch nördlich Eggenstein im Almtal, und lässt die WNF im Zungenbecken des günzzeitlichen Kremsgletschers gegen Sattledt auskeilen, wo Tone und Lehme ihren Platz einnehmen (Tone von Sattledt).

Dass die WNF durch eine Warmzeit von ihrem Hangenden getrennt ist, ließ schon die Beobachtung Angerers (1909) vermuten, dass sie durch ein schmales, teilweise mitverfestigtes Lehmband überlagert wird. Kohl (1971: S. 86) präzisiert, dass in den Steinbrüchen *Steller* im Ortsteil Wolfgangstein und *Lärchenwald*, beide Kremsmünster, dieser Lehm stellenweise 15–20 cm in die Verfestigung der WNF miteinbezogen ist und sich auch als 1–2 cm dicke, ebenfalls mitverfestigte Beläge an den Wänden von Lösungsspalten findet, die ansonsten mit dem flyschreichen Material der darüber liegenden Mindel-Vorstoßschotter (Graue Nagelfluh) gefüllt sind. Aus einem Steinbruch nörd-

lich Eggenstein im Almtal beschreibt er (1958: S. 139f.) eine WNF, die in der Risszeit teilweise abgetragen wurde, jedoch Erosionsreste von Verwitterungstaschen mit gelbbrauner Lehmfüllung aufweist.

Eine Abtrennung der WNF von den ÄDS konnte erst mit Kenntnis des **Paläobodens Kremsmünster A** erfolgen (siehe **Kap. 3.2.3.3** oben; die ehemalige Bodenbildung auf der WNF wurde dagegen „Kremsmünster B“ genannt). Nun schließt Kohl (1962b: 384) in seiner Arbeit über die (damals) „unbekannte Verwitterungszone“ schon aufgrund der Soliflukts- und Frostwechsel-Merkmale, die sich darin finden, auf eine kaltzeitliche Entstehung der WNF. Dies ist zunächst keineswegs zwingend, da die WNF diesen Boden ja erst nach dessen periglazialer Überarbeitung verschüttet und teilweise abgetragen haben kann. Im unteren Teil der Kiesgrube im Tiefenbachtal gab es allerdings (neben Flysch- und Kalkblöcken) auch einen etwa halbmetergroßen Lehmblock (Kohl 1997: pers. Mitt.), der den Transport nur in gefrorenem Zustand so überstanden haben kann. Eine Überprüfung ergab, dass die Stelle heute wegen teilweisen Versturzes der Grube nicht mehr zugänglich ist. Somit ergibt sich für die stratigrafische Stellung der WNF eine Einstufung zwischen Günz und Mindel, wahrscheinlich innerhalb einer Kaltzeit. Auf der *Geologischen Karte der Republik Österreich Blatt 49 Wels* ist sie – mit Fragezeichen – der aus Bayern bekannten Haslach-Kaltzeit zugeordnet.

3.2.4.2 Sedimentologische Merkmale

Sedimentologisch gesehen ist die WNF ein gut geschichteter, sandiger Kieskörper, dessen Besonderheit es ist, dass er – in den obersten 1–2 m, an den abbauwürdigsten Stellen aber auch mehrere Meter – weitgehend dicht konglomeriert ist (technisch gesehen ein zäh-harter Sprengfels). Das Geröllspektrum ist überwiegend kalkalpin, Gesteine der Flyschzone sowie Quarz und Kristallin treten zurück. Die Armut an Flyschgesteinen ermöglicht eine recht klare Trennung von der hangenden Grauen Nagelfluh (Mindel-Vorstoßschotter), die Abgrenzung von den quarz- und kristallinreichen ÄDS (Günz-Vorstoßschotter) ist allerdings problematisch. Die Aussage Kohls (1962b: 384), die Konglomerate im Kriftergraben (südlich Kremsmünster) seien trotz Flysch- und Kristallin-Armut nicht mit WNF oder ÄDS identisch, verdeutlicht das Problem.

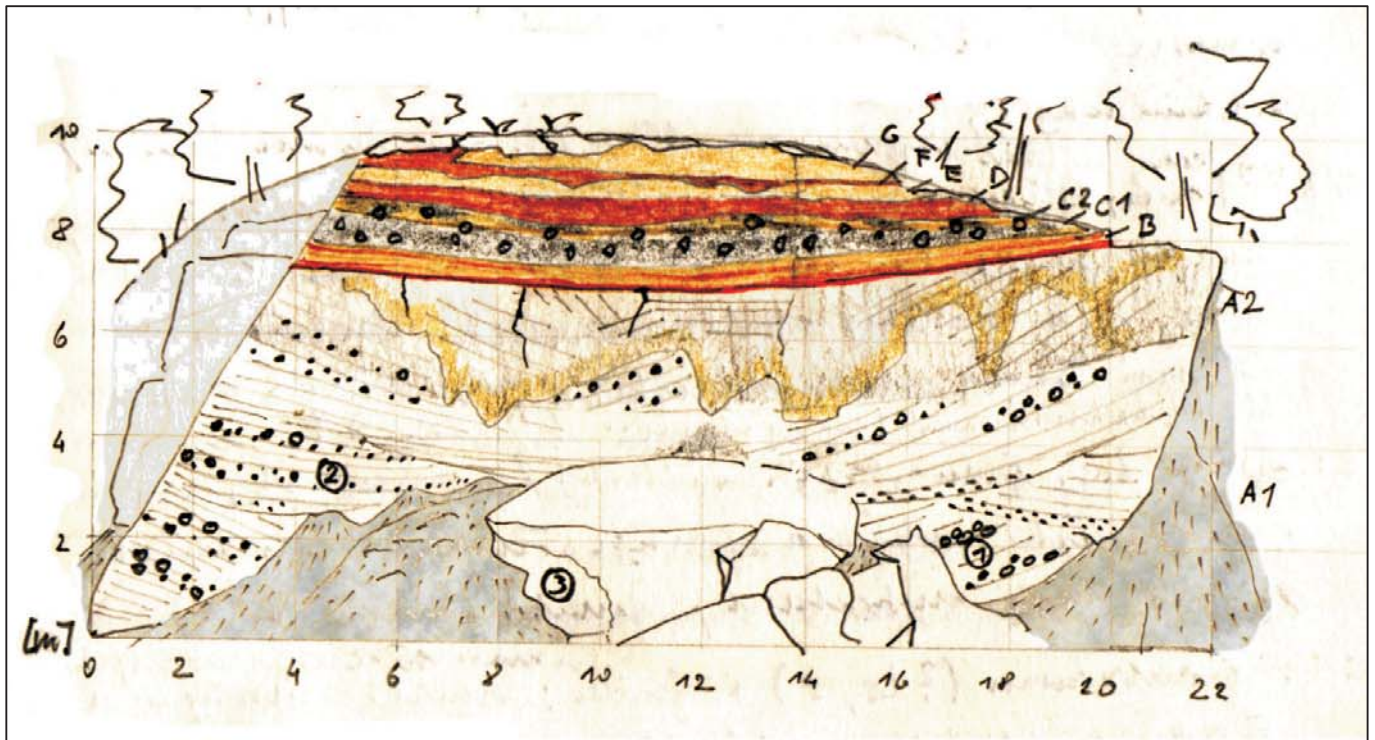
Aus eigener Anschauung können wir dazu folgende Beobachtungen aus dem ehemaligen **Steinbruch Mandorfer** (in der Föhrenleithen im südlichen Ortsgebiet von Kremsmünster) beisteuern: Die Grubenwand ist ca. 20 m hoch, davon die untersten ca. 8,0 m durch die Schutthalde verdeckt, und hat in mittlerer Höhe (12,5–14,0 m) eine Berme, die in Analogie zu der klaren Trennung zwischen ÄDS und WNF in der Kiesgrube *Adamsmayr* an die ÄDS–WNF-Grenze denken lässt. Im unteren Teil erkennt man viele stark angewitterte Kristallingerölle, im oberen eine Vormacht gut gerundeter Kalkgerölle, bei genauerer Betrachtung aber auch einen beträchtlichen Quarzgehalt (stellenweise bis geschätzte 30%). An einer Stelle ist die erdbedeckte Berme nicht ausgebildet und daher die Wand über deren Höhe hinweg durchgehend aufgeschlossen. Auch bei genauerer Betrachtung ist keine gut definierte Erosionsfläche zu erkennen, jedoch sind vor allem in groben Kiesen solche Flächen manchmal nur im Metermaßstab auszumachen.

chen. Die ÄDS–WNF-Grenze wird in diesem Fall schließlich doch mit der auffallenden Geländestufe gleichgesetzt, wegen des Quarzgehaltes bei gleichzeitiger Abwesenheit von Kristallingeröllen in den Liegendpartien der vermuteten WNF. Die WNF hat in dieser Interpretation Teile der ÄDS aufgearbeitet, die stark zersetzten Kristallingerölle sind dabei zu Sand zerfallen, die Quarze übrig geblieben.

Ein besseres Beispiel für die sedimentologischen Eigenschaften der WNF bietet eine Kiesgrube am Schaffelgrabenbach, der genau 4,0 km südlich Kremsmünster am Südrand des RAG-Zentraltanklagers in Krift orografisch rechts in die Krems mündet; genauer liegt sie 1150 m oberhalb der Mündungsstelle im Zwickel zwischen dem Hauptbach und einem rechten Seitengraben. Nach dem Vulgonamen ihres Besitzers wird sie **Kiesgrube Pellendorfer** genannt. Diese Abbaustelle bzw. der Aufbau des aufgeschlossenen Sedimentkörpers wird durch **Abb. 12** veranschaulicht.

Die Stelle ist in der *Kompilierten Geologischen Karte 1:20.000* (KGK20) als ÄDS kartiert, vermutlich aufgrund des relativ hohen Kristallingehaltes im Gestein. Wir wählen dieses Beispiel jedoch in der Überzeugung, dass diese Einstufung korrigiert werden muss, aufgrund sedimentologischer Merkmale, nicht zuletzt auch in Analogie zur Kiesgrube im Tiefenbachtal, die auch nach vorliegenden geologischen Karten als WNF anerkannt ist: Beide Aufschlüsse liegen an der südlichen Verbreitungsgrenze der WNF im Kremstal, und belegen außerdem, dass diese Schüttung stellenweise bis auf den Molassegrund hinab greift; das heißt, sie muss die ÄDS völlig erodiert und teilweise in sich aufgenommen haben. Daher auch der örtlich höhere Kristallingehalt. Während wir im Tiefenbachtal keine genaue Untersuchung durchgeführt haben, ist im vorliegenden Fall der Schlier als Untergrund gesichert. Er steht im Einschnitt des Schaffelgrabenbaches an, seine Oberfläche wird durch eine Quelle knapp unterhalb der Grubensohle markiert, und die Sohle selbst ist immer vernässt. (Beide Gruben sind übrigens in jüngster Zeit teilweise verbrochen, wodurch das Gestein frisch ansteht.)

Ganz allgemein handelt es sich um sandige, vielfach schräg geschichtete Fein- bis Grobkiese, mit Steinen und Blöcken bis mehrere dm Durchmesser. Die WNF kann schlecht sortiert sein und lässt dann Schrägschichtung unter Umständen vermissen. In feineren, auch isolierten, Partien tritt diese jedoch fast immer auf (im Tiefenbachtal gut zu beobachten). In der Grube *Pellendorfer* ist fast die gesamte Schüttung in trogförmiger Schrägschichtung abgelagert, wahrscheinlich durch die Wanderung sichelförmiger Kiesbarren. Sandlinsen einerseits und Lagen ganz ohne sandiges Zwischenmittel andererseits zeigen einen vielfachen Wechsel der Strömungsintensität sowie auch des Transport- und Ablagerungsmechanismus an. Der Sandanteil ist allgemein hoch, aber sehr ungleichmäßig verteilt. In den sandreichen Lagen und Linsen kann sich der Sandanteil nur in der Art von Massenbewegungen gleichzeitig mit den Geröllen abgelagert haben, ansonsten nur bei fallendem Wasserstand gegen Ende einer Flut in eine gerade abgelagerte Kiesbank eingesickert sein. Die Schichtung der meisten Kieslagen ist tatsächlich gradiert, mit Sand oft nur in den feineren oberen und ohne Zwischenmittel in den unteren Teilen, wobei der Übergang von unten nach oben verschieden stark gleitend ausfällt.



[m]	Profil	Charakterisierung der Horizonte:
7		F 10-25 cm, wie Horizont D , kleinere Gerölle (einige cm), weniger veraschte Dolomite. Zum Liegenden teilw. taschenförmig begrenzt, 1 cm breite Schlotte greifen bis 1 dm tief in Horizont E hinunter.
6		E 20-30 cm schluffiger Lehm, gelbbraun, steif. Komponenten bis 5 cm, kantig, ohne Einregelung, darunter mehlig zersetzte Dolomite. Die untersten 2 cm weißlich durch Calcit-Anreicherung.
5		D 50-75 cm Fein- bis Grobkies (max. 7 cm) in dunkelbraunem, sandigen Lehm, Komponenten wie in Horizont C (Moräne), dazu mehlig zersetzte Dolomite; Gefüge komponentengestützt , locker gelagert, plattige Gerölle mehr-weniger waagrecht eingeregelt . Mangankrusten.
4		C 80 cm Grundmoräne , bräunlich-grau, Gefüge matrixgestützt , sehr steif; Komponenten bis 15 cm, kantengerundet, gekritzelt. Die obersten 20 cm verbraunt , unten dunkel-, oben auch rötlich-braun, mit mehlig zersetzten Dolomiten.
3		B 70 cm Wechselagerung: lehmiger Sand bis toniger Lehm , graue und sepia-, gelb- oder rotbraune Lagen. Rostflecken, Kalkkonkretionen . Übergang in die hangende Moräne.
2		A/B 1-2 cm Rotlehm mit einzelnen Geröllen über 5 cm Fein- bis Mittelkies , dicht verfestigt, unter Einbeziehung von Teilen des roten Lehms. Hohle Gerölle. Weißliche Wurzelreste (?).
1		A Fein- bis Grobkies und Blöcke bis 30 cm, sandig, einzelne Sandlinsen, durchgehend schrägeschichtet . Gerölle : Kalke, viel Kristallin und Quarz, wenig Sandstein; Kristallin teilw. Mürbe, Dolomite randlich zersetzt (Tiefenverwitterung). Verfestigung der feinkörnigeren Hangendpartie besonders stark, sonst "wolkig", ohne Beziehung zur Schichtung und löchrig, oder auf einzelne Schichten beschränkt und dann dichter. Klüfte und Lösungsspalten im Hangenden teilw. offen, teilw. mit Sinterauskleidung oder verfestigter Füllung aus grün-grauem Lehm.

Abb. 13 – Die Weiße Kremsmünsterer Nagelfluh (Kiesgrube in Pellendorf). Die Grube liegt recht genau 4 km südlich Kremsmünster und schließt eine Weiße Nagelfluh auf, die unmittelbar auf Molasseuntergrund liegt; die Schüttung hat also hier die Älteren Deckenschotter, die normalerweise das Liegende bilden, völlig erodiert. - Auch die *Graue Nagelfluh*, die in den meisten anderen Aufschlüssen unter Mindelmoräne als deren Vorstoßschotter das Hangende bildet, fehlt. Trotz dieser Besonderheiten ist dies der beste Aufschluß der Weißen Nagelfluh im Untersuchungsgebiet.

Aus der beschriebenen sedimentologischen Vielfalt kann man schließen, dass einerseits häufig Sand nachträglich in vorhandene Barren infiltriert sein muss, andererseits aber ebenso häufig *lag deposits* durch *grain flows* (murenartige Massenbewegungen, jedoch mit geringem Feinkornanteil) überlagert wurden. Im letzteren Fall ist die Korngrößenzusammensetzung im oberen Teil eines solchen Barrens von der Art, dass die feineren Komponenten die Zwickelräume zwischen jeweils größeren füllen und daher gemeinsam abgelagert sein müssen (technisch gesehen entspricht dem die Sieblinie nach Fuller; vgl. z.B. Koenler 1989, S. 33 ff.). Die Folgen sind *erstens* ein größeres Wasserhaltevermögen: aus karbonatreichen Lösungen kann in der Verweilzeit leichter Kalk ausfallen; und *zweitens* kann dieser Kalkzement den geringen Hohlraum größtenteils oder sogar vollständig ausfüllen. Wenn der Prozess einmal begonnen hat, wirkt er außerdem selbstverstärkend. Mit diesen Beobachtungen und dem folgenden Gedankengang soll erklärt werden, warum die häufig beobachtete lagenweise Konglomerierung im Allgemeinen auch die Schichtung nachzeichnet, und einen Anhaltspunkt liefern, warum Konglomerierung gerade ein so auffälliges Charakteristikum der WNF ist.

Schon die Erfahrung beim Abbau zeigte, dass vor allem die feinkörnigen Partien besonders stark verfestigt sind. Genauer kann man sagen, dass einzelne Schichten oder Schichtserien einen Kornaufbau entweder (a) fast nur im Fein- bis Mittelkies-Bereich haben oder (b) derart, dass die jeweils kleineren Komponenten nicht als Schlüpfkörner durch die Zwickel zwischen den größeren in bestehende Kiese infiltriert sein können. Wenn außerdem keine Schichtung ausgeprägt ist, sind solche Schichten auf Massenbewegungen (*grain flows*) zurückzuführen, wie sie in verwilderten Flusssystemen, und besonders auf Schwemmkegeln – wenn auch eher im proximalen Bereich – immer wieder auftreten. Das Phänomen ist natürlich nicht auf die WNF beschränkt. Im Steinbruch *Mandorfer* (s.o.) findet sich ein solcher, völlig dicht konglomerierter Horizont nahe der Basis der ÄDS.

In der WNF ist tatsächlich der oberste, um 1,0 m mächtige Anteil häufig deutlich feinkörniger, in der Grube *Pellendorfer* auch deutlich schräg geschichtet. Der geringe Hohlraumanteil kann vom Kalzitzement völlig angefüllt werden und erzeugt eine dichte Konglomeratplatte. Im Südteil der Grube fällt sie mit einem Schrägschichtungsset zusammen. Die obersten 2 dm im Mittelteil der Grube bestehen im Kornaufbau fast nur aus Feinkies. Auch wo sonst keine Verfestigung auftritt, sind wenigstens die obersten paar Dezimeter oft völlig dicht konglomeriert. Eine Brunnengrabung am Nordhang des Gusterberges (*Kälberhub*: E11B03) traf nur auf eine halbmeter-dicke Konglomeratplatte. Eine Verfestigung dieser Art fehlt vermutlich nirgendwo, typischerweise erfasst sie aber die obersten 1–2 m. In einigen Seitentälern zum Kremstal, die von der Oberfläche der WNF in kleinen Wasserfällen einige Meter tief abfallen, ist die Oberfläche der WNF gut aufgeschlossen, wie eine Betonplatte ausgebildet und vielerorts genauso eben nach oben zu abgeschnitten. Die entsprechend geraden Erosionskanten kann man an den Talflanken oft auch dann verfolgen (und geradezu als Kartierkriterium verwenden), wenn die ursprüngliche Geländestufe sonst durch Hangschutt völlig verdeckt ist.

Diese **Hangendverfestigung** erklärt sich wegen der Konstanz ihres Auftretens am leichtesten als pedogen. Als Anzeichen einer intensiven Verwitterung und Bodenbil-

dung gelten allerdings auch die Lösungserscheinungen im selben Konglomerat. Sie können als Lösungsschlote auftreten wie im Steinbruch *Steller* in Wolfgangstein, oder als Lösungsspalten, die von Klüften ausgegangen sein müssen. In dem kalzitisch zementierten Kalkkonglomerat entwickelt sich wie in jedem anderen Kalkgestein unter warmzeitlicher Verwitterung eine zunehmende **Verkarstung** bis zur Höhlenbildung mit Tropfsteinen. Das bekannteste Beispiel ist die Lettenmayr-Höhle in Kremsmünster, die in der letzten Eiszeit von Höhlenbären und Menschen bewohnt war (die Fundstelle ist praktisch schon im vorigen Jahrhundert geplündert worden). In der Grube *Pellendorfer* sieht man außerdem einige Zentimeter weit offene Spalten, die von der Oberfläche der WNF ausgehen. Auf dieser Oberfläche liegen 2–3 cm rotbrauner Lehm, in den einzelne Gerölle der WNF hinein stehen und der auch selbst einzelne Gerölle enthält, unter anderem veraschte Dolomite. Der Lehm ist auch ein Bestandteil des Zements in den obersten 5 cm Konglomerat. Darin finden sich einige hohle Gerölle.

Über dem Rotlehm liegen insgesamt 70 cm mächtige verschiedenfärbige dünne Lagen aus lehmigem Sand bis tonigem Lehm, mit Kalkkonkretionen und Rostflecken. Dieser Horizont geht nach oben in eine Grundmoräne über. Auch grüngrauer Lehm tritt als Spaltenfüllung auf. Er ist dann kalzitisch zementiert und dabei gleichzeitig mit der Spaltenwand fest verbunden. Daher müssen die Lösungsspalten aus der Zeit der bunten Lehme stammen, also vor der Mindelzeit. Die Grundmoräne könnte in dieser Höhenlage (415 m SH) auch noch risszeitlich sein (Haupttriss-Maximalstand), viel wahrscheinlicher ist aber aufgrund ihrer starken Konsolidierung die Herkunft von einem mächtigeren mindelzeitlichen Gletscher.

3.2.5 MINDEL

3.2.5.1 Die „Kremsmünsterer“ Moräne

Die Endmoränen auf beiden Seiten des Kremstales zwischen Schlierbach und Kremsmünster treten morphologisch stärker hervor als alle anderen Elemente der Traun-Enns-Platte. Der *westliche* Wall setzt am Magdalenaberg in etwa 590 m SH an und fällt bis westlich Wartberg auf etwa 530 m SH ab. In der gleichen Höhe beginnt östlich von Wartberg (oder besser nördlich von Nußbach) der *östliche* Moränenwall und setzt sich nach Norden bis zum Gustermairberg (488 m SH) südlich Kremsmünster fort. Der westliche Teil des Moränenbogens fällt – anders als der östliche – in Stufen ab, bis auf 460 m SH bei Kremsmünster, und sein Kammverlauf ist dergestalt verzweigt, dass man an eine Ablagerung in mehreren Phasen, vielleicht sogar in mehr als einer Eiszeit denken muss (vgl. Kohl 1967a: S. 9, Abb. 1):

Die *älteste* der mindelzeitlichen Gletscherzungen scheint, wie auch schon die der Günzzeit, in NNW' Richtung vorgestoßen zu sein, die vom Becken von Kirchdorf–Micheldorf ja vorgezeichnet wird und sich im Verlauf des Aiterbaches fortsetzt. Der Aiterbach verläuft allerdings nicht geradlinig nach NNW, sondern lenkt am Außenrand der Moräne in NNE' Richtung um, und könnte sich ursprünglich im Sipbach fortgesetzt

haben, oder im Weyerbachtal. Dafür spricht die voluminöse Schüttung Jüngerer Deckenschotter in diese Richtung (siehe **Abb. 10** oben). – Ein *älteres* Zungenbecken (vielleicht schon eines zweiten Gletschervorstoßes) zeichnet sich im Umkreis von Wartberg mit Stoßrichtung in die Gegend von Sattledt ab. Am Digitalen Höhenmodell des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesens (siehe **Abb. 14** unten) wird die Form dieses Zungenbeckens bei 7–10-facher Überhöhung deutlich. – Ein *jüngerer* Eisvorstoß (oder jüngere Eisvorstöße) richtete sich nach Norden und verbaute die früheren Schmelzwasserdurchbrüche mit hohen Moränenwällen. Die Schmelzwässer durchbrachen die Moräne vermutlich in NE' Richtung zum Sulzbach hin und schufen dabei den Nordostverlauf der Krems unterhalb von Kremsmünster.

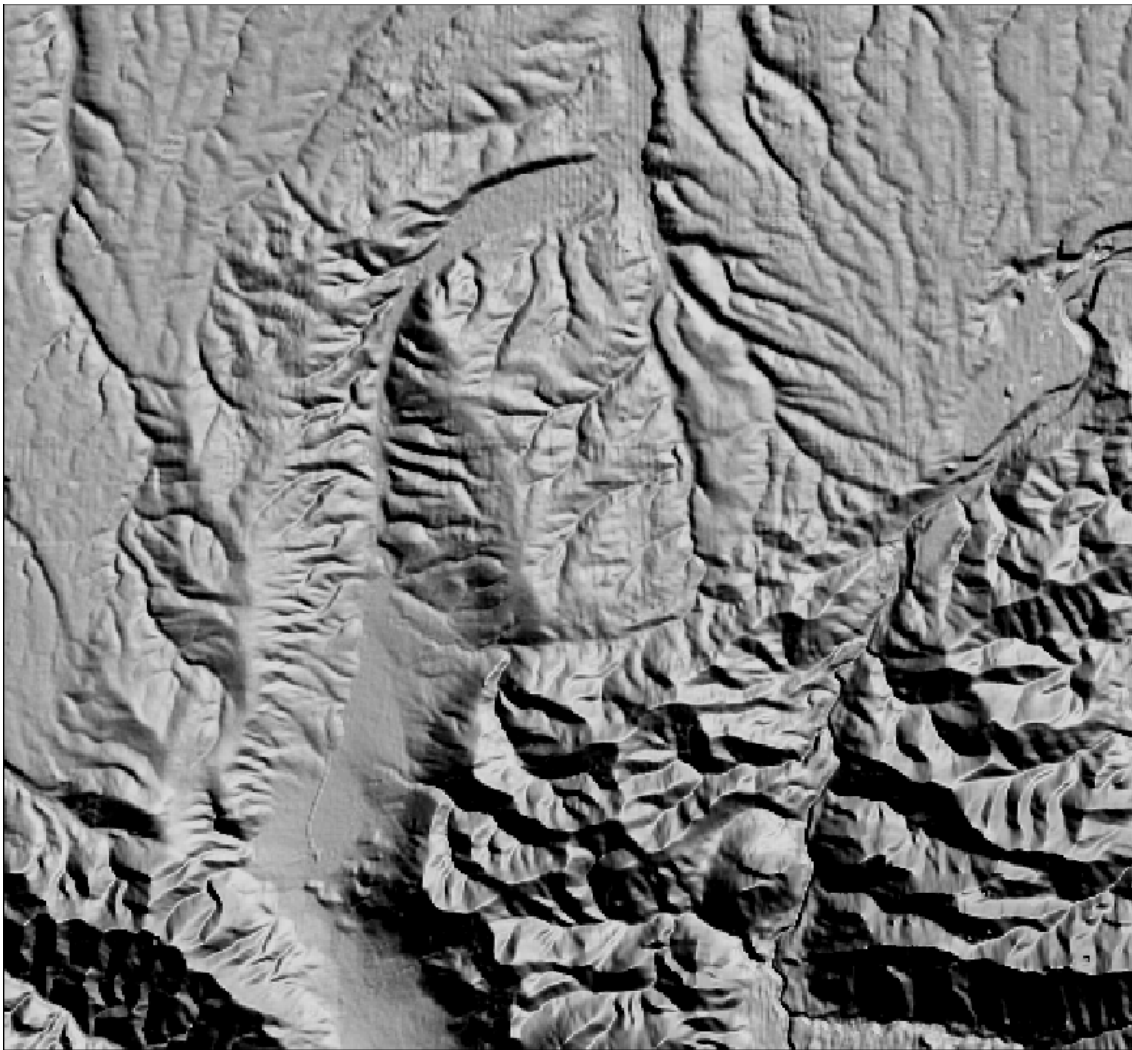


Abb. 14 – Digitales Höhenmodell des erweiterten Untersuchungsraumes. Ausschnitt in etwa wie **Abb. 2 und 3**; Überhöhung 7-fach; Beleuchtung aus NE. Links vom Zentrum, beiderseits des Kremtales, die Kremsmünsterer Moräne. Rein morphologisch scheinen sich zumindest zwei Teilzungenbecken abzuzeichnen, die gegen NNE bzw. NW vorstoßen. (DHM durch den Geodatendienst DORIS des Landes Oberösterreich zur Verfügung gestellt.)

3.2.5.2 Stratigrafische Einstufung

Die stratigrafische Einstufung der Kremstalmoränen war lange Zeit unsicher und begann sich erst aufzuklären, als 1945 ein Teil der heutigen Geologischen Bundesanstalt vor Kriegsende einige Monate lang unter dem Namen *Reichsanstalt für Bodenforschung – Außenstelle Kremsmünster* im dortigen Benediktinerstift untergebracht war, und Franz Lotze die Umgebung des Ortes kartierte, in dem er nun Direktor dieser Außenstelle war. Damals sah man im äußeren Teil des westlichen Moränenwalls wegen seiner Verbindung zu den **Jüngeren Deckenschottern (JDS)** im Aiterbachtal eine Mindelmoräne; die inneren und höheren Teile stellte Angerer (1910: S. 10) ins Riss, und noch 1955 (S. 323) bezeichnet Kohl die höchsten Teile als Rissmoräne, aus der die Hochterrassen hervorgingen (es ist nicht klar, welche). Den östlichen Wall sah man dagegen als zur Gänze risszeitlich an; nur Rohrhofer (1938) trat für die Einheitlichkeit des gesamten Komplexes ein, allerdings auch für sein risszeitliches Alter.

Lotze (1945) entdeckte schließlich, dass die Hochterrassen im Kremstal bis weit ins Innere der großen Endmoräne („**Altmoräne**“) zurückreichen, also nicht von den Schmelzwässern eines Gletschers stammen können, der gleichzeitig diese Endmoräne abgelagert hat. Veröffentlicht hat diese Tatsachen allerdings Braumüller (1959: S. 127); er beruft sich dabei auf mündliche Mitteilungen von Lotze, gemeinsame Begehungen mit ihm und eigene Beobachtungen. Er sieht auch östlich des Sulzbaches noch einen Ausläufer der Kremsmünsterer Moräne. Damit ergibt sich dieselbe Beziehung zu den Hochterrassen wie im Kremstal nun auch für das Sulzbachtal: Wenn die Terrassen dort risszeitlich sind (was nicht sicher ist, aber von Braumüller so gesehen wurde), dann hat sich das Sulzbachtal vor dem Riss in mindelzeitliche Ablagerungen eingetieft und später risszeitliche Schmelzwasserschüttungen aufgenommen.

In der *Kompilierten Geologischen Karte* (Kohl 1986/87) ist der mindelzeitliche Sedimentkörper östlich des Sulzbaches als JDS interpretiert, eine Vorstellung, die im Gelände schwer nachvollziehbar ist, jedoch mit den Profilen der RAG-Schussbohrungen im Einklang steht, besser als eine Interpretation als Moränensediment. Schussprofile aus der Umgebung von Sitzleinsdorf zeigen eine Tonlage innerhalb des Kieskörpers zwischen Molasse und Lösslehmdecke, die von der Kuppe eines Molasserückens auszugehen, also deren Abtragungsprodukt zu sein scheint; eine vergleichbare Situation am Nordrand der Flyschzone haben Wieser (1978) und Ingerle (1985) dargestellt (nähere Angaben in **Kap. 4.1.3.2**). Die Jüngeren Deckenschotter haben also wahrscheinlich hier die Älteren überschüttet, und zwar (im Widerspruch zu den bisherigen Kartendarstellungen) bis an den Rand der Flyschzone.

Hinsichtlich der geschilderten Beziehungen der Hochterrassen zur „Altmoräne“ im Kremstal ist man zur bisher unwidersprochenen Ansicht gelangt, dass diese Beziehungen der Altmoräne ein wahrscheinlich einheitlich mindelzeitliches Alter zuweisen.

3.2.5.3 Sedimentinhalt

Lotze (1945) war auch der erste, der eine lithologische Differenzierung der Mindelmoräne versucht hat. Er zeichnet in seine Manuskriptkarte zwei Kieshorizonte ein und kommt dadurch auf eine vertikale Gliederung des östlichen Moränenwalls (genauer dessen Nordteil) in: *Unterer Geschiebemergel – Zwischenschotter – Oberer Geschiebemergel – Höhenschotter* (Kohl 1968b: S. 4). Kohl (1967a: S. 3, 1968: S. 8) berichtet dagegen von der Mindelmoräne westlich der Krems die Beobachtung unzusammenhängend eingelagerter Sand-Kies-Lagen und -Linsen in wechselnder Höhenlage, und von einer Häufung bescheidener Quellaustritte, ebenfalls in wechselnder Höhe (um 480 und 500–510 m SH), sodass einerseits ein Zusammenhang zwischen durchlässigen Einschaltungen und Grundwasseraustritten nahe liegt. Andererseits können die Kieseinschaltungen aber auch zur Versickerung führen, wo Gerinne sie anschneiden, und kleine Bäche vorübergehend zum Versiegen bringen (1967b: S. 10).

Die erwähnten Kieslagen sind wegen früherer Abbautätigkeit tatsächlich das einzige, was von der Endmoräne in unserem Untersuchungsgebiet einigermaßen gut aufgeschlossen ist. Drei Kieshorizonte, die im nördlichen Teil der Mindelmoräne eine Unterscheidung entsprechender Grundwasserstockwerke ermöglichen, sind in **Kap. 4.1.1.2** zu besprechen. Ebendort wird ein Modell zur inneren Gliederung des Moränenkörpers vorgestellt, das auf allgemeinen Überlegungen zu dessen (mehrphasiger) Entstehung beruht und einige unerwartete Beobachtungen zur Grundwassersituation erklären soll. Auf diese qualitative Vorgangsweise müssen wir in Anbetracht der Aufschlusssituation zurückgreifen und aufgrund der Tatsache, dass die Profile der RAG-Schussbohrungen zu wenig differenziert sind, um mehr als eine grobe lithologische Gliederung zu ermöglichen.

Zur Aufschlusssituation sei noch angemerkt, dass im landwirtschaftlich genutzten Bereich Vorsicht geboten ist, wo der Untergrund nicht einige Meter tief aufgeschlossen ist, weil eine anthropogene Umarbeitung der Geländeoberfläche (nicht nur durch Pflügen) allerorten zu bemerken ist. Die Oberfläche ist nicht selten planiert oder mit Fremdmaterial angeschüttet. Letzteres verrät sich meist durch Beimengungen von Bauschutt. Lesesteine geben daher nur einen Hinweis auf das Geschiebespektrum, regelrechte Lesesteinkartierungen sind nur sehr eingeschränkt möglich. Die besten Anhaltspunkte geben kleine, sämtlich aufgelassene, Kiesgruben.

Kohl (1962a: S. 6) beobachtete an mehreren Stellen (auf der Westseite des Kremstales) blockreiche Moräne mit hohen bis sehr hohen Gehalten an Flyschkomponenten, in Meereshöhen nicht über 450 m. Es erscheint leicht verständlich, dass sich der Flyschreichtum der Vorstoßschotter (Graue Nagelfluh) zunächst im liegenden Teil der Endmoräne fortsetzt. In den „Zwischenschottern“ ist er nicht mehr feststellbar; und der beachtliche Kristallingehalt, den man aus verwachsenen Abbaustellen und Lesesteinen auf der Anhöhe erschließen kann, ist auch nur in größerer Höhe zu erwarten, weil ein Transport über die Pässe zum Ennstal nur bei entsprechenden Eismächtigkeiten denkbar ist.

3.2.6 Riss

3.2.6.1 Die Besonderheit der Riss-Vergletscherung

Lotze (1945) und Braumüller (1959) entdeckten, dass sich im Kremstal die Hochterrassen bei Kremsmünster noch weit ins Innere des „Altmoränen“-Kranzes Richtung Wartberg fortsetzen. **Hochterrassen** selbst waren natürlich schon vorher bekannt und sind zumindest unterhalb Kremsmünster auch morphologisch gut zu erkennen, was teilweise daran liegt, dass auf den Terrassenflächen einige auffällige Gebäude stehen: Schloss Achleiten, die Kirche (am Ort der früheren Burg) von Rohr im Kremstal, Schloss Kremsegg, Stift Kremsmünster und der Kalvarienberg von Kremsmünster. Die erwähnte Entdeckung besteht darin, dass sich die „Kalvarienbergterrasse“, wenn auch morphologisch weniger deutlich als in Kremsmünster, bis vor Wartberg nach Süden fortsetzt. Das jüngere Alter im Vergleich zur „Altmoräne“ (Mindelmoräne) geht dabei hauptsächlich aus der wesentlich tieferen Lage des Terrassensockels im Vergleich zur Unterlage dieser Moräne hervor. Die Unterlage besteht aus Älteren Deckenschottern (ÄDS) und Weißer Nagelfluh (WNF). Mit der Einstufung der ÄDS ins Günz und der „Kalvarienbergterrasse“ ins Riss ergibt sich für die „Altmoräne“ ein mindelzeitliches Alter. Damit sind im Quartär des Kremstales drei der vier klassischen alpinen Eiszeiten vertreten, und eine vermutete weitere Kaltzeit, in der die WNF entstanden sein soll.

Im Bereich der Mindelmoräne, die sich auf einer Platte aus ÄDS und WNF abgelagert hat, sind die glazialen Ablagerungen nicht in Form einer Terrassentreppe ineinander geschachtelt, sondern haben sich bis zur Mindelzeit übereinander gestapelt. Erst danach folgt eine ausgeprägte Erosionsphase, die zur Einschneidung der Gerinne bis tief in die Molasse führt. Heute ist man nicht mehr durchgehend der Ansicht, dass das (früher so genannte) „Große Interglazial“ wesentlich länger als die übrigen Zwischeneiszeiten gewesen sein muss, aber das Mindel-Riss-Interglazial brachte offenbar doch die relativ stärkste Einschneidung mit sich. Die Gründe dafür können sehr gut in tektonischen Vorgängen liegen (Hebung der Einzugsgebiete, Senkung der Vorländer), das Mindel-Riss-Interglazial scheint aber auch zwei Warmzeiten zu enthalten (vgl. Ehlers 1994, S. 230).

Wegen der Ausschürfung tiefer Rinnen nach der Mindelzeit konnte keiner der Rissgletscher in der TEP die Endmoränen der vorangegangenen Eiszeit überwinden oder seine Hochterrassenschüttungen das Niveau der Deckenschotter erreichen. Mit einem Wort, die risszeitlichen Eiszungen endeten als Talgletscher (im Kremstal innerhalb der Mindel-Moränenwälle), und die Schmelzwasserschüttungen füllten die im vorangegangenen Interglazial bis tief in den Schlier gegrabenen Rinnen auf.

Die (auch als Grundwasserreservoir) bedeutendste derartige Rinnenfüllung ist die so genannte **Pettenbachrinne**. Sie zieht sich von der Alm südwestlich des Ortes Pettenbach nach Norden zur Traun. Der Pettenbach schneidet erst nördlich Eberstallzell in diese Schüttung ein (und erzeugt damit eine Terrassenform); bis dorthin ist die Rinne völlig eben angefüllt und morphologisch nur wenig von den Deckenschottern abge-

setzt, reicht allerdings mit einer Tiefe von etwa 60 m bis über 20 m unter die Deckenschotter-Basis (Kohl 1955: S. 337ff.). Die Füllung der Pettenbachrinne wurde nicht mehr vom Wasser einer späteren Alm zerschnitten, weil sie am Alpenrand das Niveau der ÄDS erreichte und das Wasser sich daher einen anderen Weg suchen und in die älteren Schüttungen einschneiden konnte. Schon die Schmelzwässer des spätrisszeitlichen Almgletschers benutzten das heutige Almtal und schütteten auch dort noch eine Hochterrasse auf. Im Kremstal war ein Ausweichen nicht möglich, und in die zerschnittene Hochterrasse des Hauptriss lagerte sich auf tieferem Niveau eine spätrisszeitliche Schüttung ein, deren Erosionsreste sich morphologisch undeutlich an der Westseite des Kremstales zwischen Wartberg und Kremsmünster abzeichnen (nicht jedoch weiter nördlich).

3.2.6.2 Einzelheiten zur Riss-Vergletscherung im Kremstal

Im Kremstal ist die Einschneidung in die Molasse so tief, dass die Talfüllung des Hauptriss einige Kilometer nördlich des damaligen Gletscherrandes (bei Wartberg) nicht mehr das Niveau der vor-günzzeitlichen Schlieroberfläche erreicht. Diese Altfläche bildet ein gemeinsames Erosionsrelief von Flysch und Molasse, wird am morphologischen Alpenrand SW' Wartberg von einer 25 m hohen Stufe nach Süden begrenzt, und liegt dort etwa 65 m über der Krems. Zwischen Wartberg und Kremsmünster fällt die Altfläche von 415 auf 385 m SH ab, die Hochterrassenfläche dagegen von 430 auf 380 m SH (vgl. Kohl 1962a: S. 6 sowie 1968a: S. 8f.; bezogen auf die Westflanke des Kremstals). Bei Kremsmünster und talabwärts baut daher Schlier den unteren Teil der Hänge über der Hochterrasse auf. Die Grenze zum darüber liegenden, von Kies und Konglomerat gebildeten Teil der Talgehänge wird meist von einer einspringenden Geländekante markiert.

Nördlich Krift (ein Ort ca. 3 km südlich Kremsmünster) bildet der Schlier aber auch die tiefsten Teile der Talflanken, unter der Hochterrasse. Nach Kohl (1962a: S. 11) steigt nämlich der Schliersockel des risszeitlichen Tales nach Norden an und erreicht bei Krift das Niveau des heutigen Talbodens; südlich des Ortes sinkt er umgekehrt unter die Oberfläche der jüngsten Talfüllung ab. In einer anderen Arbeit berichtet Kohl (1971: S. 87f.) vom Bau der Kremstal-Bundesstraße, dass damals unter die Talsohle einfallende Grundmoräne kilometerweit aufschloss war, und (1962a: S. 11) von einer RAG-Bohrung 1250 m südlich der Bahnhaltestelle Krift am Hangfuß der westlichen Talseite, die in 2,6–16,1 m u.G. Grundmoräne erbrachte (beschrieben als Schotter, gebunden durch grauen, sandig-kalkigen Lehm).

Zum Vergleich: Die Gewinnungsbohrung V20 der RAG unweit SSE' des Zentraltanklagers in Krift stand in ca. 382 m SH und durchörterte in 1–12 m u.G. ebenfalls eine (Riss-)Moräne. Diese ruht daher auf einem Felssockel ca. 10 m *über* dem heutigen Talniveau (360 m SH); die Moräne der zuvor genannten (nicht genau identifizierten) Bohrung muss auf einem Sockel um die 10 m *unter* diesem Niveau liegen. Der bestmögliche (in der Literatur aber nicht beschriebene) Aufschluss zur Klärung dieses scheinbaren Widerspruchs ergab sich durch den Bau des RAG-Zentraltanklagers, an

den Seitenwänden der Baugrube für den am Talhang gelegenen Teil der Einrichtungen. Die Moräne lag einer Erosionsfläche auf, die den Schlier, im oberen Teil aber auch Reste einer älteren Hochterrasse zum Tal hin begrenzt (Kohl 1997: mündl. Mitt.).

Zusammen mit den vorhin genannten Beobachtungen anlässlich verschiedener Bohrungen und beim Straßenbau zeichnet sich ein differenzierter Verlauf der Riss-Vergletscherung im Kremstal ab. Nach der Schüttung einer älteren, auf relativ hohem Sockel gelegenen Hochterrasse gab es eine Erosionsphase, die das Kremstal fast bis auf den heutigen Untergrund vertiefte. Diese spätrisszeitliche Rinne füllte sich mit glazifluvialen Kiesen, deren Reste heute als morphologisch schwach ausgeprägte tiefere Hochterrasse an der Kremstal-Westseite zu erkennen sind. Eine zeitweise noch weit nach Norden über Wartberg hinaus vorstoßende Gletscherzunge hat aber an der Kremstal-Ostseite die spät-risszeitliche Talfüllung wieder bis auf die Molasse erodiert und eine Grundmoräne hinterlassen, die teilweise unter der heutigen Talfüllung liegt.

Einige Bohrprofile der RAG-Schusslinie 364 (SP 9751–9752–8248–9753–9518–9754) kann man zu einem W–E-Profil über das Kremstal zusammenstellen und damit die eben beschriebene Situation illustrieren: Das heutige Talniveau liegt in 360 m SH, die Lockersedimente der Talfüllung und der östlichen Talflanke bestehen abzüglich der Lehmdecke aus bis zu ca. 5,0 m mächtigem Kies und gelbbraunem, sandigen Zwischenmittel (verwitterte Grundmoräne). Eine Terrasse ist auf der Ostseite nicht ausgebildet, wohl aber auf der Westseite: Der Sockel dieser Hochterrasse (des Hauptriss) liegt in 388 m SH, ihre Oberfläche erreicht gerade das Niveau der Schlieroberfläche unter den ÄDS (406 m SH).

Hydrogeologisch bedeutsam sind bei all dem folgende Zusammenhänge: Senkrecht zur Profilebene in *südliche* Richtung steigt die Oberfläche der Hochterrasse an und diese verdeckt somit zunehmend die vor-risszeitliche Molasse-Quartär-Grenze (OK Schlier und Flysch). Grundwasser in den älteren Quartärsedimenten, das an der Molasse gestaut wird, kann diesfalls in die Hochterrasse infiltrieren. In *nördliche* Richtung sinkt die Oberfläche der Hochterrasse ab und gibt dabei einen Teil der risszeitlichen Schlieroberfläche frei; nur mehr Grundwasser in Klüften und Sandlagen der Molasse kann die Hochterrasse unterirdisch infiltrieren. In beiden Fällen wird das Einzugsgebiet von Quellen an der Basis der Hochterrasse wesentlich über deren Oberfläche hinaus erweitert.

3.2.6.3 Riss-Endmoränen

Den Hochterrassen zugeordnete Moränen kennt man seit Anfang der 60er-Jahre. Kohl (1971: 84) gibt an, dass Braumüller eine Endmoräne *bei Wartberg* (Ansatz am Hang in 430 m SH) und er selbst eine *bei Helmburg* (5.5 km nördlich Wartberg; 415 m SH) entdeckt hatten. Aufschlüsse in der Moräne von Helmburg gab es im Tiefenbachtal: der Sedimentkörper enthält Kalk-, Flysch- und untergeordnet Kristallinblöcke und lehnt sich vom Tal her an ÄDS und WNF an (Kohl 1962: 11).

Später gelang es Kohl (1962: 11 und 1997: pers. Mitt.), an den proximalen Seiten der bereits bekannten weitere, *spät-risszeitliche* Endmoränen in je etwas tieferer Lage abzugrenzen (390 bzw. 380 m SH). Auf der südlichen größeren steht der Ortskern von Wartberg: Der Hügel besteht aus einem Flyschrücken, ummantelt von bis 10 m mächtiger verlehmteter Moräne. Aufschlüsse ergaben sich aus einer Brunnengrabung, in Baugruben und vor allem bei der Kreamsregulierung. Die kleine Endmoräne an der Innenseite der Moräne von Helmberg wurde dagegen rein morphologisch ausgeschieden.

3.2.6.4 Die Zweiphasigkeit der Riss-Vergletscherung

In Analogie zum Steyrtal kann man mit van Husen (1975: S. 279) die grundsätzliche Zweiphasigkeit der Riss-Vergletscherung feststellen und ihren Verlauf folgendermaßen zusammenfassen:

Jeder der beiden Phasen der Risszeit (Haupt- und Spättriss) kann man einen Haupt- und einen Maximalstand zuordnen. Jeder der beiden **Maximalstände** hat die Endmoräne und die Schmelzwasserschüttungen des vorangegangenen Hauptstandes überfahren und seine eigene kleinere Endmoräne produziert. Im Kremstal hatten beide **Hauptstände** ihre Endmoränen in der Gegend von Wartberg. Von diesen umrundet die ältere den Ort in großem Bogen im Norden, auf der jüngeren (spät-risszeitlichen) liegt dagegen der Ortskern von Wartberg. Die Endmoräne von Helmberg sitzt auf der Hochterrasse des älteren Haupttriss und stammt von einer Gletscherzunge, die spät im Haupttriss noch ihre eigenen älteren Schmelzwasserschüttungen einige Kilometer weit überfahren hat. Die Grundmoräne der Kremstal-Ostseite und ein kleiner Endmoränenrest südlich Helmberg sind dagegen dem Spättriss („Wartberger Stadium“) zuzuordnen.

Dass sich der Maximalstand des Haupttriss über einer bestehenden Hochterrasse gebildet hat, lässt sich am besten mit der Moränenlage im Hangenden der Hochterrasse bei der Gablonzer Siedlung belegen. Die „Gablonzer Hochterrasse“ ist 36 m mächtig, ihre Basis liegt in ca. 360 m SH, das ist ca. 10 m über dem heutigen Talboden. In einer großen Kiesgrube, die derzeit mit Aushubmaterial verfüllt wird, war früher auch die Hangendmoräne gut aufgeschlossen. Nach van Husen (1975: S. 279) verzahnt die Moräne gegen Norden mit Terrassenschottern, und die Kiese unmittelbar darunter sind durch Gletscherbewegungen gestört. Das bedeutet, dass die Gletscherzunge des Maximalstandes noch bis hierher vorgedrungen sein muss, aber nur zeitweise, da sie allein bei Helmberg über längere Zeit eine morphologisch deutliche Endmoräne anhäufen konnte (d.h. es gab gewissermaßen auch einen kurzzeitigen Maximalstand des Maximalstandes).

Interessanterweise hat sich die dünnste der risszeitlichen Eiszungen, die des spättrisszeitlichen Maximalstandes, ziemlich tief in die bestehenden Schmelzwasserschüttungen (des Spättriss) eingegraben, sonst könnte ihre Grundmoräne ja nicht bis unter die rezente Talfüllung reichen. Die Grundmoräne bei Krift liegt nach den RAG-Schussprofilen bis zu 30 m tiefer als der Sockel der Hochterrasse des Haupttriss auf

der gegenüberliegenden Talseite. Dem Spättriss muss daher ein beträchtlicher Gletscherrückzug vorausgegangen sein, der eine entsprechende Erosionsphase erklären kann. **Spättrisszeitliche Hochterrassen** sind nur an der Westflanke des Kremstales morphologisch einigermaßen erkennbar, allerdings nur bis vor Kremsmünster. Durch die Rechtsbiegung der Krems um Kremsmünster wären sie, wenn vorhanden, am Prallhang natürlich weggeräumt worden, aber auch an der anderen Talseite findet sich kein Rest von ihnen mehr. Vermutlich waren sie in diesem Bereich geringmächtiger als die jetzige Talfüllung und sind in späteren Schüttungen aufgegangen.

3.3 TEKTONISCHER ÜBERBLICK

Tektonische Rahmenbedingungen (Subduktion der Europäischen unter die Adriatische Platte, teilweise Überschiebung und Verschuppung des Molassebeckens, Ende der Deckenbewegungen im Karpat etc.) wurden bereits in **Kap. 3.1.1** dargestellt. Darüber hinaus gehend legen wir im Folgenden besonderes Augenmerk auf die **Bad Haller Schuppenzone** und die Hintergründe der dortigen Explorationstätigkeit, die für unsere Kenntnisse verantwortlich ist. (Zum Inhalt des Kapitels allgemein vgl. Braumüller 1959, Weber 1993, Janoschek et al. 1996 sowie Polesny 1997.)

Im 19. Jahrhundert dachte man sich die Molassezone grundsätzlich symmetrisch aufgebaut, entsprechend einer Synklinale, und das blieb bis in unser Jahrhundert so, zum Beispiel ging noch Abel (1913) von dieser Ansicht aus. Das Verdienst, nicht nur die Asymmetrie des Beckens, sondern auch den Überschiebungscharakter seines südlichen Randes erkannt zu haben, schreibt Braumüller (1959: S. 122) Friedl zu, der im Auftrag der Ölindustrie kartierte und 1924 einen unveröffentlichten Bericht darüber verfasste. Friedl (1924) fand auch das Umkippen des normalerweise mehr-weniger flachliegenden Schlier in steiles Südfallen südlich der so genannten Zehrmühlenlinie (die Zehrmühle liegt im Sulzbachtal ca. 1,5 km südlich von Bad Hall), und deutete diese Erscheinung als Anzeichen einer Antiklinale, also einer möglichen Erdölfalle. Daher auch der früher für die Bad Haller Schuppenzone gebräuchliche Name „Bad Haller Antiklinale“.

Daraufhin begannen umfangreiche Untersuchungen in diesem Raum, zuerst – in den 30er-Jahren – der Eurogasco (European Gas and Electric Company), die erstmals in unserem Raum mikropaläontologische Methoden als Hilfsmittel der **Erdölprospektion** einsetzte (aus dieser Zeit stammen Begriffe wie „Robulus-Schlier“ oder „Oligozän-Schlier“; siehe Petters 1936). Ab 1934 war die Rohöl-Aufsuchungs-AG (RAG) hier tätig, unter wesentlicher Mitwirkung Braumüllers, der später seine Erkenntnisse in zwei wichtigen Arbeiten von 1959 und 1961 zusammenfasste. Mitte der 40er-Jahre ging man anhand eines Forschungsauftrages der Geologischen Bundesanstalt von der Kartierung zu aufwendigeren Methoden über, bis Mitte der 50er-Jahre wurden etwa vier Dutzend Erkundungsbohrungen abgeteuft, ab 1952 Reflexionsseismik durchgeführt.

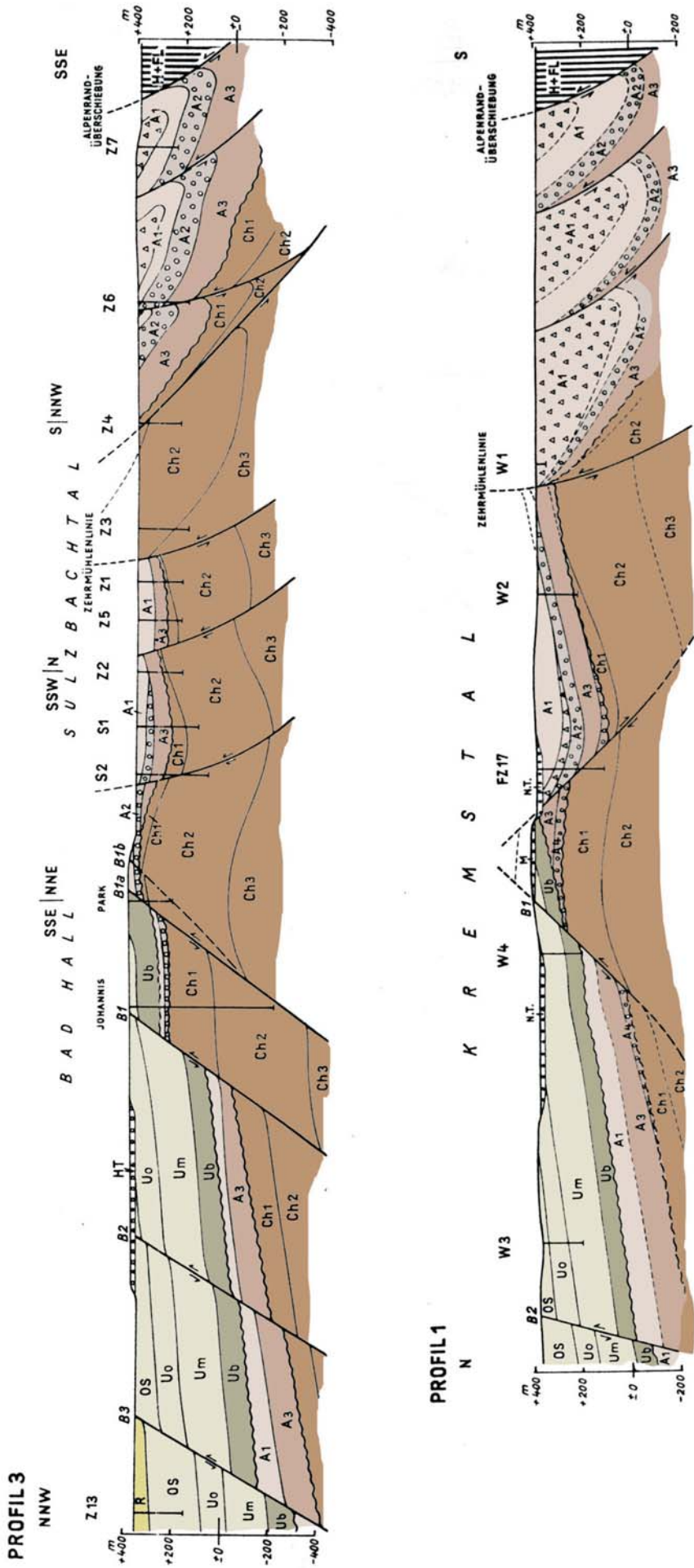


Abb. 15 – Die “Bad Haller Antiklinale”. Ältere, überholte, aber historisch wichtige Interpretation der Struktur der verschuppten Molasse in der Umgebung von Bad Hall; aus Braumüller (1959). Ausgehend von den Vorarbeiten Friedls (1924) wird der Kontakt zur Flyschzone als Überschiebung und die Hochlage des Oligozän als Folge einer Antiklinale interpretiert. Als südliche und nördliche Begrenzung fungieren eine prominente Aufschiebung, die sogenannte *Zehrmühlentlinie*, bzw. eine Staffel von Abschiebungen. Braumüller nahm an, dass Vorkommen von Öl, Gas und Formationswässern durch diese tektonischen Elemente isoliert würden. Zwischen Zehrmühlentlinie und Flyschzone liegen die Schuppen in Form von überkippten Synklinalen vor. Zum Vergleich mit einer Neuinterpretation von Ende der 60er-Jahre siehe **Abb. 16**. - Stratigrafische Kürzel: **Ch** = Chatt (entspr. Untere Puchkirchen-Formation), **A** = Aquitan (entspr. Obere Puchkirchen-Fm.), **Uo/Um/Ub** = oberer/mittlerer/basaler Teil der Haller Serie, **OS** = Oberer Haller Schlier, **R** = Robulus-Schlier (der Innvierter Serie). Die Nummerierung der Chatt- und Aquitan-Untereinheiten folgt dem Bohrfortschritt von oben nach unten. Die Grobsediment-Einschaltungen des Aquitan sind durch Übersignaturen gekennzeichnet (Kreise für Konglomerate, Dreiecke für Brekzien).

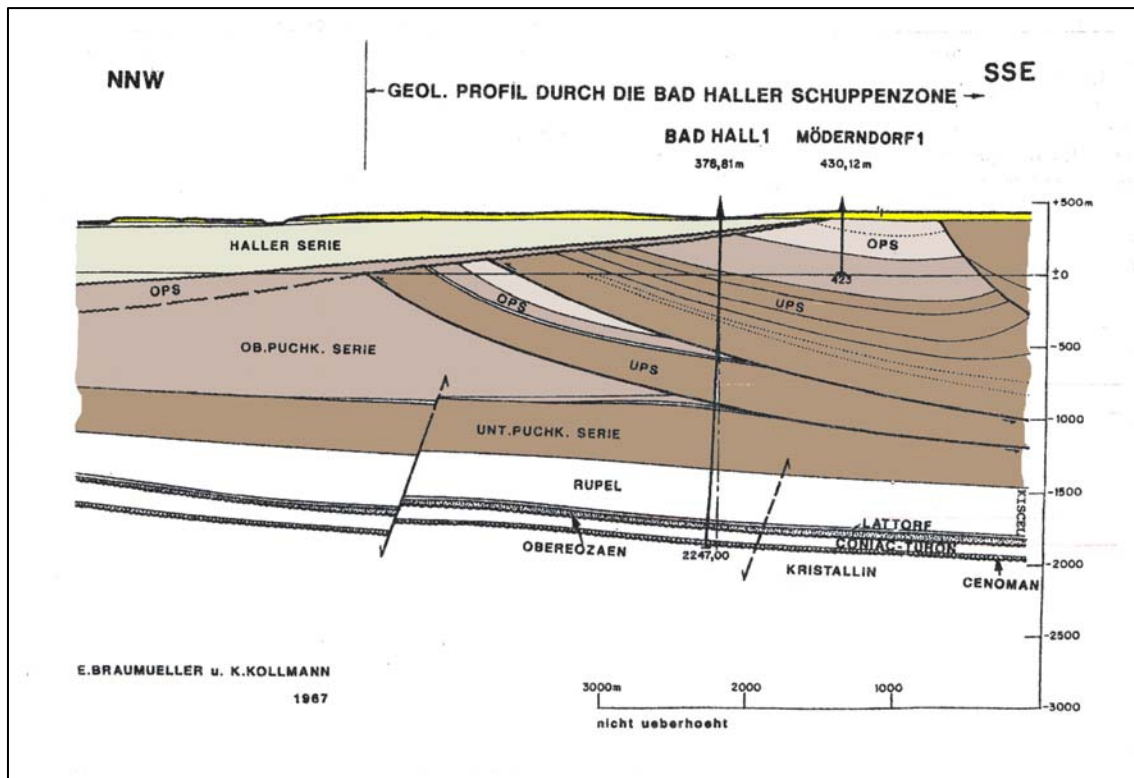


Abb. 16 – Geologisches Profil durch die Bad Haller Schuppenzone. Neuere Interpretation durch Braumüller (zus. mit Kollmann, 1967) aufgrund von Erkenntnissen aus Untersuchungen des Öl- und Gasfeldes Voitsdorf (Bohrung Voitsdorf 1: 1962/63). Die oben dargestellte Bohrung Bad Hall 1 (1954) hingegen war eine nichtfündige Ölbohrung (heute zur Iodwassergewinnung genutzt). – Die Struktur der Schuppenzone entspricht danach im Widerspruch zu früheren Auffassungen den zuvor schon bekannten Verhältnissen im westlichen Oberösterreich (Bohrungen Perwang 1, Oberhofen 1 und seismische Profile, veröffentlicht durch Wagner et al., 1986, bzw. Wagner, 1996b): Geringmächtige Obere Puchkirchen-Formation und Haller Serie liegen auf der erosiven Oberfläche der Molasseschuppen und sind von deren Bewegungen noch relativ geringfügig betroffen gewesen (während die Bildung der Schuppen selbst bereits ausgesetzt hatte). Die Innviertler Serie liegt im Prinzip ungestört darüber, durch Nachbewegungen des gesamten verschuppten Sedimentstapels jedoch ein wenig gegen Norden verkippt. – Abkürzungen: OPS, UPS = Obere bzw. Untere Puchkirchner Serie.

Die Ansicht von einem asymmetrischen Beckenbau bestätigte sich, man erkannte außerdem syn- und antithetische Abschiebungen (die nach neuerer Vorstellung von der Zerrung der subduzierten Europäischen Platte herrühren) sowie gekrümmte, etwa W–E-streichende, im Raum von Bad Hall zusätzlich WSW–ENE-streichende Brüche. Für eine Gesamtinterpretation im Sinne der Antiklinaltheorie mit Karte und einigen Profilen siehe Braumüller (1959): die Profile der **Abb. 15** (letzte Seite oben) sind dieser Arbeit entnommen. Die Ergebnisse sprachen nicht gegen die Hoffnungen, die man sich schon aufgrund früherer Befunde gemacht hatte: (1) Wechsel von Nord- auf Südfallen an der Zehrmühlenlinie (Friedl 1924), (2) Hochlage des Oligozän (Petters 1936), sowie (3) Jodwasser-Vorkommen und Gasführung der Wässer (Schmölzer 1956).

Vorläufiger Höhepunkt dieser Entwicklung war 1956 die Ölbohrung *Bad Hall 1*, die allerdings nicht fündig wurde und dann zusammen mit anderen Bohrungen („Strukturbohrungen“) in die Nutzung der Landeskuranstalten überging. Im gleichen Jahr erschloss die RAG mit der Bohrung *Puchkirchen 1* jedoch ein gewinnbringendes Feld,

und 1962/63 das größte Öl- und Gasfeld der Molasse, das Feld *Voitsdorf*. In den 60er-Jahren fand eine große sprengseismische Kampagne statt; insgesamt wurden an die 13.000 Schussbohrungen abgeteuft. Aufgrund dieser Erfahrungen konnte man rückblickend auch die Daten aus Bad Hall neu bewerten und die Struktur der Bad Haller Schuppenzone völlig neu interpretieren. Dies zeigt ein Vergleich zwischen **Abb. 15** und **Abb. 16** (Profil durch die Bad Haller Schuppenzone von Braumüller & Kollmann 1967, in Polesny 1997). Über dem Feld Voitsdorf wandte man zudem schon 1984 ein 3D-seismisches Verfahren an. Für den Raum Bad Hall sind vergleichbare Untersuchungen inzwischen ebenfalls durchgeführt worden; diese Daten sind allerdings nicht zugänglich und für unsere Zwecke auch nicht von vordringlichem Interesse.

Folgende drei Themen, die den Gegenstand unserer Untersuchung berühren, sind jedoch beachtenswert:

1. *Struktur der Bad Haller Schuppenzone (Abb. 16)*: Das Wesentliche daran ist, dass sie genauso wenig antiklinal aufgebaut ist wie zum Beispiel im westlichen Oberösterreich (vgl. Wagner et al. 1986). Vielmehr liegt die übliche intensive Verschuppung innerhalb der Puchkirchen-Gruppe vor, wobei die einzelnen Schuppen auf verschiedenen alte Sedimente vor allem der *Oberen Puchkirchen-Formation* (OPF) übergreifen. Abzüglich Nachbewegungen setzt der Schuppenbau noch im Eger aus und es kann sich geringmächtige OPF auf den Schuppen ablagern. Darüber folgen Haller Schlier und Innviertler Serie, die beide leicht nach Norden einfallen, weil sie von relativ geringen Nachbewegungen noch betroffen waren. Diese Zusammenhänge sind vor allem in **Kap. 4.2.2** wichtig und werden dort kurz wiederholt.
2. *Brüche und Seitenverschiebungen*: Der kristalline Untergrund der Molasse ist in Schollen zerlegt, deren begrenzende Brüche zum Teil schon im Paläozoikum angelegt sind. Das gilt insbesondere für die großen SW–NE- und NW–SE-streichenden Störungen, zum Beispiel Diendorfer, Steyr- oder Rodl-Störung. Während der Ein-senkung des Molassebeckens entstehen auch – wie gesagt – neue, es werden aber auch die alten wiederbelebt, wenn die anfängliche Extension mit der Molasseüberschiebung in Kompression umschlägt. Die alten Brüche werden zu Seitenverschiebungen mit starker Normalkraftkomponente (transpressives Regime), und verzweigen sich nach oben in *flower structures*, wodurch die betroffenen Schichtpakete in ein kompliziertes Bruchschollenmosaik zerlegt werden (vgl. Wagner 1996b: S. 231–233, Fig. 14, 15). Die größten Störungen begrenzen einige Großschollen; sie werden in **Abb. 17** unten benannt (nach Polesny 1997: S. 13, Abb. 5; vgl. auch Wagner 1998: S. 342, Fig. 3). Normalerweise sind die Brüche nicht höher als bis in die OPF nachgewiesen.
3. *Neuer tektonischer Ansatz*: Mit der Neuinterpretation der „Bad Haller Antiklinale“ als Schuppenzone ist eine Erklärungsmöglichkeit dafür abhanden gekommen, warum gerade hier Molassegesteine bis ins Oligozän herab an die Oberfläche treten. In jüngeren Jahren erkannte Zusammenhänge, die den Raum Bad Hall in das System der großen alpinen Blattverschiebungen einbindet, und vielleicht zu einer neuen Erklärung führt (Egger 1997), sind in **Abb. 17** angedeutet.

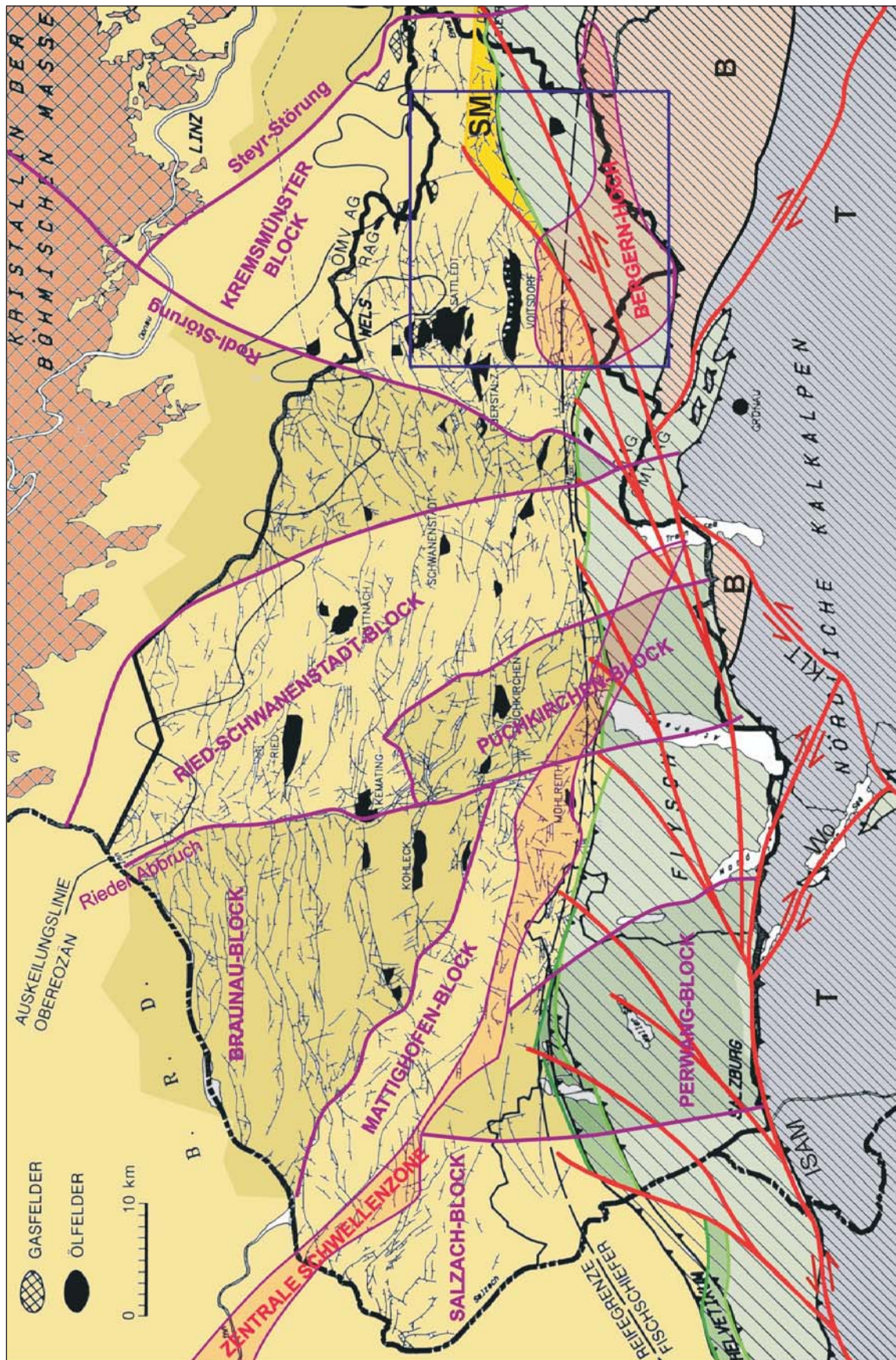


Abb. 17 – Übersichtskarte zur Struktur der oberösterreichischen Molassezone. Grundlage aus Brix & Schultz (1993: S. 313), Blockzerlegung und Kristallinschwellen der Molassezone aus Polesny (1997: S. 13), Innsbruck-Salzburg-Amstetten-Blattverschiebungssystem nach Egger (1997). **Abkürzungen:** T = Tirolikum, B = Bajuvarikum, SM = Subalpine Molasse, ISAM = Innsbruck-Salzburg-Amstetten-Blattverschiebung, Wo = Wolfgangsee-Störung, KLT = Königsee-Lammeraltaunsee-Störung. – Blau eingerahmt ist die weitere Umgebung des Untersuchungsgebietes: Der Nordrand der Flyschzone wird hier scheinbar teilweise von der ISAM gebildet. Von deren Bewegungen muss auch die Bad Haller Schuppenzone betroffen gewesen sein. Ob die besondere Hochlage des Oligozän in diesem Bereich durch die ISAM (mit) bedingt ist, lässt sich gegenwärtig nicht sagen.

4. SPEICHERGESTEINE UND GRUNDWASSERKÖRPER

Im Folgenden werden die bisher dargelegten regionalgeologischen und tektonischen Gegebenheiten für den Untersuchungsraum hydrogeologisch interpretiert. Im Zuge dessen wird eine Klassifizierung der Speichergesteine und Grundwasserkörper eingeführt, die sowohl die Untergliederung des vorliegenden Kapitels bestimmt als auch in weiterer Folge bei der Darstellung der hydrophysikalisch-chemischen Untersuchungsergebnisse, Zusammenhänge und Implikationen in den nachfolgenden **Kap. 5 und 6** beibehalten werden wird. Auf die einzelnen Grundwasserhorizonte wird dabei häufig in Kurzform verwiesen. Die entsprechende Nomenklatur, die hinsichtlich Nummerierung im Allgemeinen (Ausnahme Typ L) einer stratigrafischen Reihenfolge von unten nach oben verpflichtet ist, wird in der nun folgenden Tabelle wiedergegeben:

GLIEDERUNG DES KAPITELS	GRUNDWASSERHORIZONTE
4.1 Grundwasser im nicht talgebundenen Quartär	
4.1.1 Grundwasser der Mindelmoräne	M2 Oberflächennah M1 Endmoräne
4.1.2 Grundwasser im Untergrund der Mindelmoräne	K4 Graue Nagelfluh K3 ÄDS (eig. Günz-Vorstoßschotter + WNF = KKG (Kies-Konglomerat-Gruppe))
4.1.4 Grundwasser der Älteren Deckenschotter i.e.S.	L1 Lösslehmdecke D Delle K2 Schwebender GWL K1 ÄDS der Hochfläche
4.2 Grundwasser der Molasse	
4.2.1 Junges Kluftgrundwasser der Molasse	S4 Kluft-GW im Schlier L2 Hangwasser und Sekundärquellen
4.2.2 Junges Porengrundwasser der Molasse	S3 „Schlierwasser“
4.2.4 Formationswasser der Molasse	S2 Haller Basisschichten S1 Puchkirchen-Gruppe
4.3 Grundwasser in talgebundenen Terrassen	HT Hochterrasse
4.4 Grundwasser in Talfüllungen	
4.4.1 Kremstal	RT (Rezente) Talfüllung
4.4.2 Sulzbachtal	RT (Rezente) Talfüllung

Dieses Kapitel kann auch als eine Erläuterung des beigelegten schematischen hydrogeologischen Profils („Modellprofils“) durch die Umgebung von Bad Hall (**Beilage 4**) gelesen werden. Es ist nach folgenden drei Gesichtspunkten gegliedert:

1. Die gegenseitigen Lagebeziehungen der als Grundwasserleiter in Frage kommenden Formationen der Molasse und des Quartär zeichnen Möglichkeiten für das Grundwasser vor, sich von der Versickerung bis zum unterirdischen Abfluss und letztlich Wiederaustritt durch den Untergrund zu bewegen (Fließsysteme zu entwickeln). Wir folgen in der Anordnung des Kapitel (wenn auch nicht bei der Nummerierung der Grundwasserhorizonte innerhalb der Gruppen) eher diesem Aspekt als einer stratigrafischen Reihenfolge, weil letztere hydrogeologisch weniger aussagekräftig ist. Demgemäß werden die seichten Grundwasservorkommen der Mindelmoräne zuerst, die Formationswässer der Molasse (die in kein Fließsystem eingebunden sind) zuletzt behandelt.
2. Die Quartär-Molasse-Grenze („Schlierrelief“, „Molasse-Altfläche“) ist die wichtigste lithologische und hydrologische Grenzfläche und staut den größten Teil des Grundwassers, das schon den Sickerweg durch die darüber gestapelten quartären Grundwasserleiter zurückgelegt hat. Ein geringerer Teil kann aber stellenweise in die Molasse eindringen und sich dort entweder als Kluft- oder als Porengrundwasser fortbewegen. Dieses versickerte „Quartärwasser“ ist jung jedenfalls im Vergleich mit den Formationswässern der Molasse, die mit keinem der anderen Grundwassertypen in Verbindung stehen und der Vollständigkeit halber dem Kapitel über das Grundwasser der Molasse angeschlossen werden.
3. Im Kremstal stapeln sich bis zur Mindelzeit die quartären Ablagerungen übereinander. Infolge der tiefen erosiven Einschneidung im darauf folgenden Interglazial sind die risszeitlichen Sedimente alle talgebunden, das heißt, den älteren Sedimentkörpern an den Talflanken vorgelagert. Dadurch können sie, bei jeweils geeigneten Bedingungen, Grundwasser verschiedener Typen aus diesen älteren Speichergesteinen beziehen und ihrerseits meist über der Schlieroberfläche austreten lassen. Regelmäßig verhindern Hanglehm- oder Soliflukationsdecken den direkten Austritt und führen zur Bildung von Sekundärquellen. Diese sind als Typ L1 dem Kapitel über die Kluftwässer der Molasse (*S4 Kluft-GW im Schlier*) angeschlossen, weil in Zusammenhang mit diesem Typ ein gutes Beispiel vorliegt.

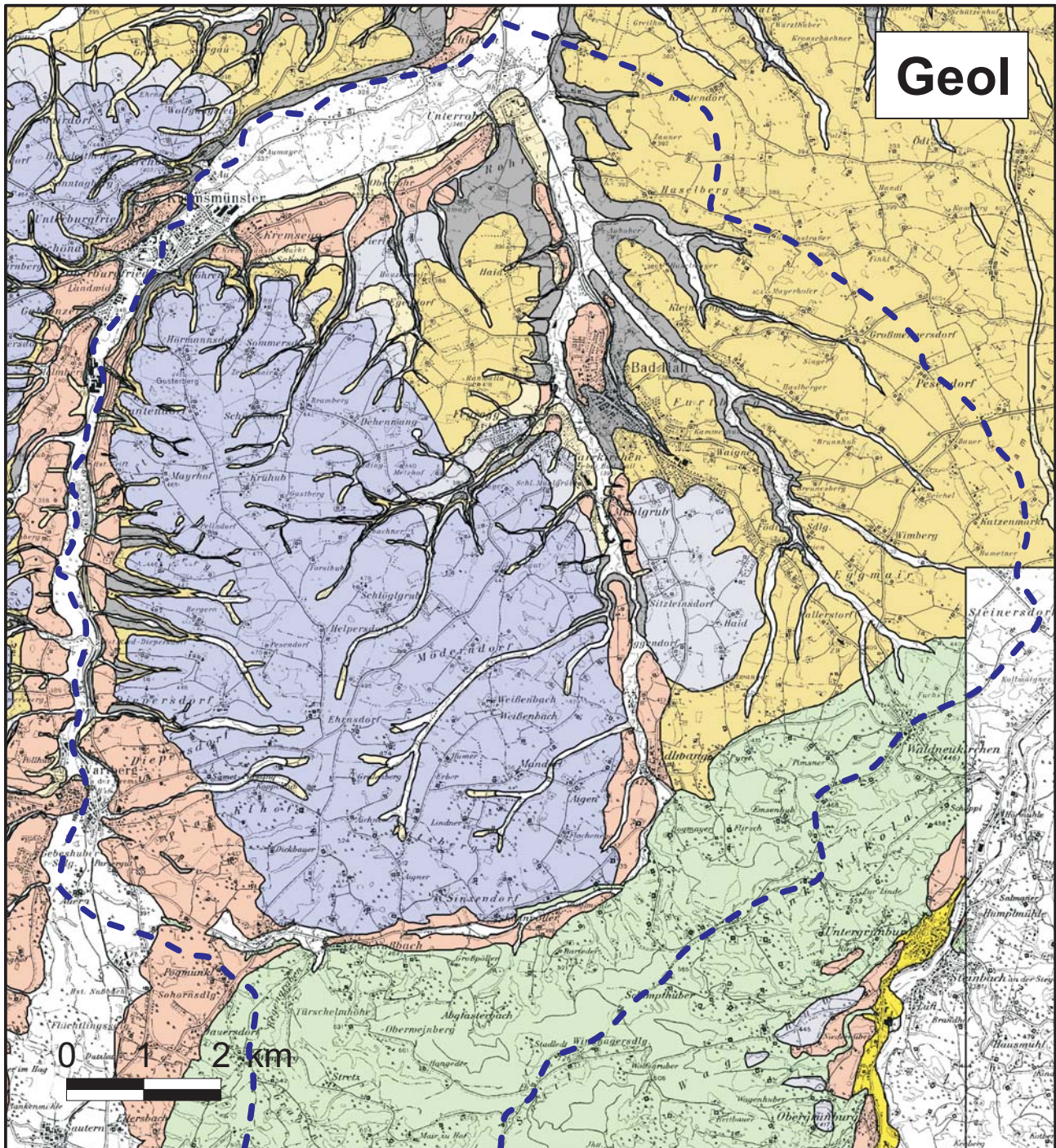
In **Tab. 1** auf den beiden folgenden Seiten wird zur besseren Übersicht noch mal eine quartärstratigrafische Übersicht geboten und zugleich mit den Grundwasserhorizonten in Beziehung gesetzt. Es wird dabei angenommen, dass letztere miteinander sowie mit oberflächennahen Flysch- und Molassegesteinen zu (möglichen) Grundwasserfließsystemen verbunden sind. Diese Vorannahmen waren im Zuge der weiteren Arbeiten durch hydrophysikalisch-chemische und isotopengeophysikalische Messdaten zu verifizieren bzw. – soweit notwendig und sinnvoll – zu modifizieren. In **Abb. 18 bis 20** werden daraufhin eine vereinfachte Geologie der Erdoberfläche im näher betrachteten Gebiet, die geologische Struktur sowie der Höhenverlauf der Molasse-Altfläche und zuletzt eine Übersicht der Untersuchungsobjekte wiedergegeben. Auf dieser Basis erfolgen dann auch alle weiteren Darstellungen zur Lage bestimmter Objektgruppen bzw. Werteverteilung hydrophysikalisch-chemischer Schlüsselparameter. Alle diese Abbildungen beziehen sich dabei auf denselben Kartenausschnitt. **Abb. 18** enthält darüber hinaus die Objektkürzel, auf die im Folgenden immer wieder verwiesen werden wird. Ein Suchraster, der die Auffindung erleichtert, ist als **Beilage 6** beigelegt.

Stratigraphische Gliederung	Glaziale Ablagerungen	(Glazi-)Fluviale Ablagerungen	Abk	Geologische Prozesse, fazielle Besonderheiten	Grundwasserführung (Fliebsysteme)	GW-Typ	Grundwassertyp (Bezeichnung)
Postglazial		„Rezente“ Talfüllungen	RT		Durch mächtige Schluffhorizonte der RT und Lehndecken der Hänge stellenweise über Talniveau gespannt. Seitl. GW-Eintritte aus Kluff- (S4) und Poren-GW-Leitern (S3) der Molasse, oder Schwemmkegeln.	RT	GW der Talfüllung Im Kremstal teilw. gespannt, im Sulzbachtal stellenw. Typ S3 <i>Junges Poren-GW der Molasse.</i>
Würm		Periglazialschutt im Liegenden der Talfüllung		Eisstromnetzt endet im Becken von Windschgarsten; <i>Lokalglazialer der Kremsmauer</i> , zugehörige Niederterrasse im Becken von Micheldorf. Keine wesentliche erosive Einschneldung mehr.			
R/W-Interglazial							
Riß	Endmoräne von Wartberg Maximalstandsmoräne S' Helmberg Grundmoräne an der Kremstal-E-Seite	(tiefere) Hochterrasse (zwischen Wartberg und Kremsmünster)	HT	Talvergletscherung nach Gletscherückzug und Talerosion bis fast auf rezentes Niveau. Maximalstand gegen Ende des Spättriß. Talvergletscherung, N' des Alpenrandes innerhalb der Mindel-Moränen. Maximalstand gegen Ende des Haupttriß. Abschnitt der Schmelzwasserschüttungen aufochthone Hochterrasse.	Dotierung der (vorgelagerten, talgebundenen) Hochterrasse aus älteren Sedimentkörpern (KKG, ADS, JDS) auf höherem Sockel oder durch <i>Junges Kluff-</i> (S4) und <i>Poren-GW</i> (S3) der Molasse, v.a. im Bereich von deren Entfestigungszone. Teilweise mischen sich GW der Typen K3, S4 <i>Junges Kluff-GW</i> und S3 <i>Junges Poren-GW der Molasse</i>	HT	GW der Hochterrasse; darunter subsumiert das GW der hydrologisch gleichwertigen talgebundenen JDS. Sekundärniveaus durch Versickerung in Molasseklüften (S4) oder wegen Austritt durch Decklehne (L2)
Hauptriß	Endmoränenbogen nördl. Wartberg Moräne von Helmberg (Maximalstand)	(höhere) Hochterrasse					
M/R-Interglazial				Tiefste erosive Einschneldung aller bekannter Interglaziale.			
Mindel	„Kremsmünsterer“ Endmoräne („Mindelmoräne“)			Vorland-Vergletscherung aus dem Kremstal über ADS + WNF, wahrscheinlich mehrphasig, mit Gletscherückzug und Talerosion in den Interstadialen (oder Interglazialen?). Letzter Vorstoß in NE-Richtung. Schmelzwasserdurchbruch zum Sulzbach, Entstehung des NW-Verlaufs der Krems unterhalb Kremsmünster.	Seichte GW-Vorkommen in Verwitterungszone der Mindelmoräne und in Kieslagen knapp darunter Isolierte lokale GW-Körper innerhalb der Mindelmoräne. Teilw. stark gespanntes GW. GW-Stau an Einschaltungen von Grundmoräne wahrscheinlich.	M2	Oberflächennahes GW der Mindelmoräne GW der Mindelmoräne
		Jüngere Deckenschotter	JDS	Teilw. Überschüttung der ADS mit JDS (S' Bad Hall).	Schwebender GW-Letter über tonigen Abtragungsprodukten von Flysch und Molasse über ADS.	M1	
		Mindel-Vorstoßschotter (Graue Nagelfluh)	GNF	Hoher Anteil an Flyschkomponenten.	Hydrologische Position wie Hochterrasse (Dotierung aus älteren Sedimentkörpern). Gering-ergiebige GW-Körper über dicht konglomerierter WNF.	K2	Schwebendes GW im Bereich der ADS-Sander (Unter Hochterrasse subsumiert) (Gering-ergiebige GW der Grauen Nagelfluh)

Tab. 1 (Teil 1) – Stratigraphische Übersicht über das Quartär der Traun-Enns-Platte ... (Forts. nächste Seite).

Stratigraphische Gliederung	Glaziale Ablagerungen	(Glazi-)Fluviatile Ablagerungen	Abk.	Geologische Prozesse, fazielle Besonderheiten	Grundwasserführung (Fließsysteme)	GW-Typ	Grundwassertyp (Bezeichnung)
G/M-Interglazial II				Verwitterungsschlote und Verkarstungserscheinungen der WNF. Reste einer Bodenbildung <i>Kremsmünster B</i> .	Relative Stauwirkung der Hangendkonglomerierung der WNF. Versickerung in die Kies-Konglomerat-Gruppe über Klüfte und Lösungsspalten.		
Haslach (?)		Weißer Kremsmünsterer Nagelfluh	WNF	Füllung des Günz-Zungenbeckens mit Schwemmfächer aus dem Almtal. (Im Zungenbecken) teilw. Aufarbeitung der ÄDS und Erosion von deren Bodenbildung	„Kies-Konglomerat-Gruppe“ (KKG) aus ÄDS und WNF im Günz-Zungenbecken (wegen Erosion der trennenden Bodenbildung ein einheitlicher GW-Körper).	K3	(Ergiebiges GW der) Kies-Konglomerat-Gruppe (KKG) Hauptquellniveau W' des Sulzbaches Sekundärniveau durch Versickerung in Molasseklüften (S4) oder wegen Austritt durch Decklehne (LZ)
G/M-Interglazial I				Verwitterung der ÄDS („Pechschotter“). Bodenbildung <i>Kremsmünster A</i> .	Ergiebiger GW-Körper unter Mindel-moräne, von deren Sickerwässern dotiert, über stauender Molasse;		
Günz	Moräne von Satleedt	Günz-Vorstößschotter (im Text meist ebenfalls ÄDS bezeichnet) Ältere Deckenschotter	ÄDS	Vorland-Vergletscherung aus dem Kremstal, Tal-Vergletscherung im Steyrtal. Wiederaufarbeitung älterer Schüttungen, mit Komponenten der Süßwassermolasse. Sander-Schüttungen der Gletscherzunge von Satleedt und aus dem Steyrtal. Spätglaziale Entstehung der Dellen .	teilw. Versickerung in deren Entfestigungszone oder Sandlagen der Innviertler Serie.	K1	(Ergiebiges GW der) Älteren Deckenschotter Hauptquellniveau E' des Sulzbaches Sekundärniveau s. o.
Prägünz		Schotter von Eizengarn, Eden-Reuharting und Fostholz		Restschotter aus alpleistozänen, nicht erhaltenen Vereisungen. Erosive Aklfläche der Molasse mit epigenetischem) Rinnensystem (Vorflut am N-Rand der Molassezone).	Ergiebiger GW-Körper über stauender Molasse; teilw. Versickerung in deren Entfestigungszone (oder Sandlagen der Innviertler Serie).		
Pliozän				Abtragung der Süßwassermolasse ; keine Reste des Flußsystems erhalten	Alpleistozänes Erosionsrelief („Schillerrelief“) mit Resten zweier sich kreuzender Entwässerungssysteme als Leitlinien der GW-Bewegung.		

Tab. 1 (Teil 2) – Stratigraphische Übersicht über das Quartär der Traun-Enns-Platte und darin beobachtete Grundwasserhorizonte bzw. interpretierte Grundwasserfließsysteme, mit besonderer Berücksichtigung der Gegebenheiten im Kremstal.



RT	Rezente Talfüllung (Holozän)	JDS	Jüngere Deckenschotter (mindelzeitliche Terrassenschotter) und Graue Nagelfluh (Mindel-Vorstößschotter)
L	Hanglehm, Solifluktsdecke, Dellenfüllung (größtenteils würmzeitlich)	KKG	Kies-Konglomerat-Gruppe = Ältere Deckenschotter (günzeitl. Terrassen- und Vorstößschotter) + Weißer Nagelfluh (Günz/Mindel)
NT	Niederterrasse (Würm)	Sch	“Schlier” = Puchkirchen-Gruppe (Eger) + Hall-Formation (Eggenburg) + Innviertel-Gruppe (hier: Robulus-Schlier, Ottlang)
HT	Hochterrasse (Riss)	Fy	Flyschzone (inkl. Helvetikum)
M	Endmoräne (Mindel)		Grenze des Untersuchungsgebietes

Abb. 18 – Vereinfachte Geologische Karte des Untersuchungsgebietes (Umgebung von Bad Hall, Kremsmünster und Wartberg an der Krens, Oberösterreich). Auf Basis der Kompilierten Geologischen Karte 1:20.000 des oberösterreichischen Zentral- und Donauraumes (Kohl 1990).

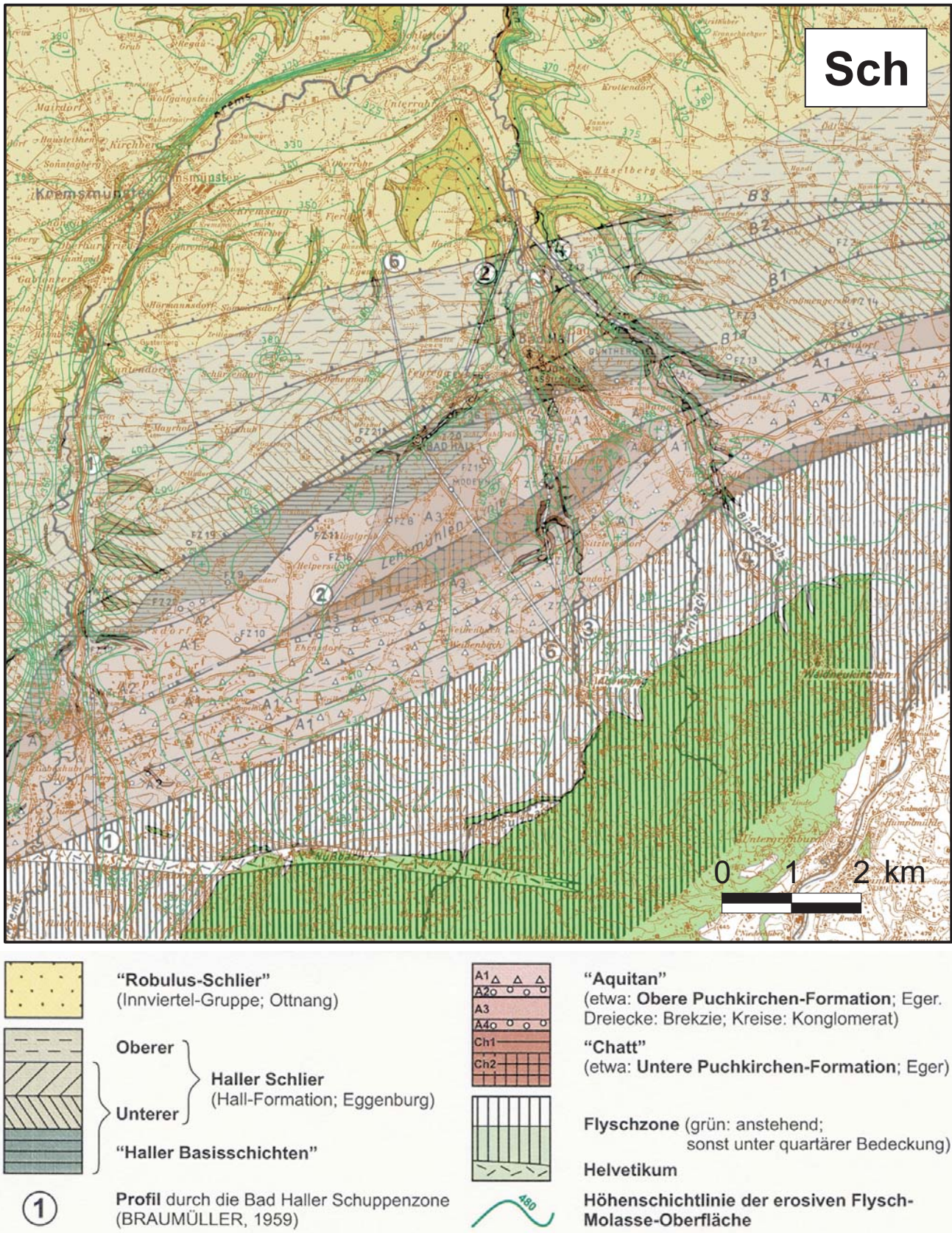


Abb. 19 – Geologische Karte des Präquartär im Untersuchungsgebiet (Umgebung von Bad Hall, Kremsmünster und Wartberg an der Krems, Oberösterreich). Grundlagen: Braumüller 1959; Anstehendes der Flysch- und Molassezone (erhöhte Farbgrauwerte) nach Kompilierte Geologische Karte 1:20.000 ... (Kohl 1990); Höhenschichtlinien der Flysch-Molasse-Altfläche ("Schlierrelief") nach Flögl 1983. – Revidierte Interpretationen wurden von der geologischen Struktur der Bad Haller Schuppenzone (Braumüller 1966), nicht jedoch von der hier zugrunde liegenden geologischen Karte veröffentlicht. Hydrogeologisch sind die bekannten Unterschiede nur von zweitrangiger Bedeutung. Profile (1) und (3) durch die Bad Haller Schuppenzone siehe **Abb. 15**.

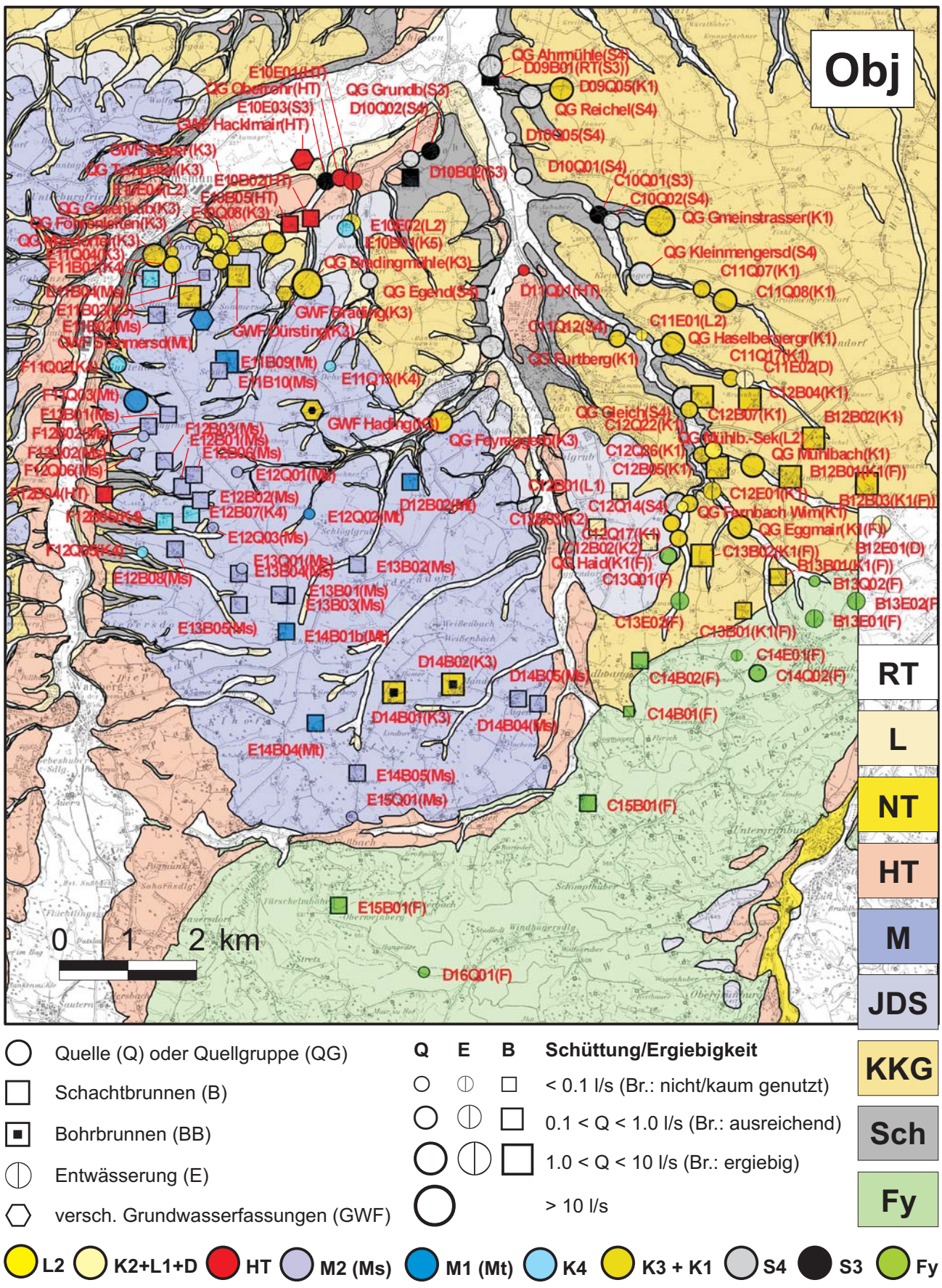


Abb. 20 – Lage, Art, Grundwasserhorizont (bzw. -typ) und Ergiebigkeit der untersuchten Wasserspender. Datengrundlage sind 126 repräsentative Datensätze, tabelliert im **Anhang D**. Die Zuordnung zu diesen Typen wird durch eine der geologischen Legende angepasste Farbgebung verdeutlicht. Die Art der Zusammenfassung verschiedener Wasserspender zu Gruppen (von Quellen: QG; von unterschiedlichen Grundwasserfassungen: GWF) geht aus den Tabellen zu den einzelnen Grundwassertypen im **Anhang C** hervor.

4.1 GRUNDWASSER IM NICHT TALGEBUNDENEN QUARTÄR

Auf einer erosiven, durch flache Rinnen gegliederten vor-günzzeitlichen Landoberfläche liegen Günz-Mindel-zeitliche Ablagerungen übereinander. Die risszeitlichen Hochterrassen dagegen sind diesen gegen die Täler zu vorgelagert, sind hydrologisch größtenteils von älteren Ablagerungen abhängig, und werden daher später besprochen (**Kap. 4.3 Grundwasser in talgebundenen Terrassen**). Das vorliegende Unterkapitel gliedert sich entsprechend dem möglichen Zusammenschluss von übereinander liegenden quartären Speichergesteinen zu einem Fließsystem in Abschnitte zu Mindelmoräne (**Kap. 4.1.1**), Graue Nagelfluh und Mindel-Vorstoßschotter (zusammen: „Kies-Konglomerat-Gruppe“, **Kap. 4.1.2**) sowie Ältere Deckenschotter i.e.S. (**Kap. 4.1.3**).

4.1.1 GRUNDWASSER DER MINDELMORÄNE (GW-HORIZONTE M2, M1)

Im Bereich der Mindelmoräne unterscheiden wir zwei Grundwasserstockwerke: gut definierbar ist ein seichtes Stockwerk (M2 *Mindel, oberflächennah*), ansonsten gibt es vermutlich nur lokale, untereinander teilweise verbundene Grundwasserkörper (zusammengefasst: M1 *Endmoräne*). Wir beginnen mit einigen Beispielen für Horizont M2 (oberflächennahe) und gehen dann zu einer mehr grundsätzlichen Diskussion über, wie man sich den größtenteils unzugänglichen Rest der Mindelmoräne („Horizont“ M1) vorstellen kann.

4.1.1.1 Seichter Grundwasserhorizont M2

Unter dem Höhenrücken der Mindelmoräne gibt es vielerorts ein sehr seichtes Grundwasser. Zum Beispiel liegt der Grundwasserspiegel in dem Rücken zwischen *Mayrhof* und *Krühub* (ca. 2 km SSE' Kremsmünster) nur ca. 2,0 m unter Gelände. Südwestlich davon lag ein Quellsumpf (jetzt Fischteich) nur wenige Höhenmeter unter dem flachen Sattel zwischen *Krühub* und *Forsthub*. Mancherorts, zum Beispiel in Ehrnsdorf, sind geringmächtige Kieshorizonte etwa 10 m unter Gelände belegt. In Schürzendorf gibt es eine verwachsene Abbaustelle in einem konglomerierten Kies ca. 15 Höhenmeter unterhalb des Kammes. Das Grundwasser des Kieskörpers tritt dort aber nicht an dessen Basis aus, sondern wird durch die lehmige Füllung einer Delle zurückgehalten bzw. ein zeitweise beobachtbarer Grundwasseraustritt talabwärts verlegt. In der Delle steht der Vorschacht einer ehemaligen RAG-Bohrung, jetzt als Brunnen verwendet. Bei Grundwasser-Hochstand kann man zum Wasserspiegel im Schacht mit der Hand hinunter greifen und manchmal tritt Wasser weiter unten flächenhaft aus.

Es ist klar, dass unter diesen Bedingungen die Verschmutzungsgefahr (und auch die tatsächliche Verschmutzung) prinzipiell sehr hoch ist. Trotzdem treten in den zahlrei-

chen Brunnen auf der Moränenkuppe (z.B. in Helpersdorf) wenig oder so gut wie gar nicht belastete Wässer auf. Einer der seichten Brunnen in Ehrnsdorf führt Wasser mit Nitratgehalten von über 20 mg/l im oberen und (nach Auspumpen) unter 2,0 mg/l im unteren Teil der Wassersäule. Der relativ hohe erste Wert kann mit seitlicher Einsickerung von kontaminierter Bodenlösung in Zusammenhang gebracht werden, die man durch Inspektion im Brunnenschacht sogar verifizieren kann (Sinterausscheidungen, teilweise braun gefärbt). Offenbar ist das Belastungspotential beträchtlich, wird aber durch eine gute Filterwirkung des Moränenmaterials zum großen Teil abgefangen.

4.1.1.2 Grundwasser-„Horizont“ in der Endmoräne M1

Die vorhin besprochenen Grundwasserkörper sind im Modellprofil als Typ M2 zusammengefasst. Man kann sie als einzige der innerhalb der Mindelmoräne gelegenen einigermaßen klar abgrenzen; die restlichen bilden die Gruppe M1 und sind im Modellprofil nur rein hypothetisch angeordnet. Dabei wurde versucht, zwei quartärgeologische Aspekte zu verdeutlichen, *einerseits* (a): wie kann man sich den – wahrscheinlich durch mehrere Gletschervorstöße entstanden – Aufbau der Endmoräne prinzipiell vorstellen, und *andererseits* (b): welche besonderen Situationen wurden *punkto* Wasserführung beobachtet.

Jeder Gletschervorstoß hat ein Zungenbecken geschaffen und darin Grundmoräne abgelagert (die am tiefsten liegende Mindel-Grundmoräne taucht in der Kiesgrube *Pelendorfer* ca. 4 km südlich Kremsmünster auf). Das jüngste Zungenbecken zeichnet sich morphologisch recht gut ab (im Modellprofil die Verflachung in der Ostflanke des Kremstales). Es werden also im proximalen Teil des Moränenrückens Stauhorizonte vorhanden sein, die Grundwasserkörper nach unten abdichten können. Außerhalb der Endmoränen wurden fluvioglaziale Kiese angeschüttet und außerdem wahrscheinlich Rinnen in älteres Moränenmaterial gegraben. Die fluvioglazialen Kiese (Jüngere Deckenschotter, JDS) wurden dabei in bestehende breite Täler geschüttet, und zwar teilweise auf einen tieferen Sockel als die ÄDS (Terrassenkreuzung). Die größeren Vorkommen, insbesondere östlich des Sulzbaches, liegen jedoch auf ÄDS und werden besser mit diesen zusammengefasst (siehe **Kap. 4.1.3.2**). Tatsächlich lässt sich nur eine einzige der aufgenommenen Quellen mit Sicherheit den JDS zuordnen. Grundsätzlich wäre es durch die besagte Terrassenkreuzung möglich, dass Grundwasser aus den ÄDS infiltriert und – etwa im Feyreggerbachtal – bis ca. 15 m unterhalb des Sockelniveaus wieder austritt; dies konnte jedoch nirgends beobachtet werden. Aus diesen Gründen sind im Modellprofil die JDS nicht ausgeschieden.

Im Zuge unserer Erhebungen wurden wiederholt Situationen angetroffen, die auf ein enges Nebeneinander von begrenzten und gegenseitig weitgehend oder völlig isolierten Grundwasserträgern schließen lassen. Zum Beispiel: *Puffhub* und *Oberhading* knapp 4 km südöstlich Kremsmünster sind zwei Gehöfte ca. 600 m voneinander entfernt und durch ein flaches Tal getrennt. Die *Puffhub* liegt näher am Moränenkamm (gegen Westen), aber nur etwas höher, und hat einen ca. 40 m tiefen Schachtbrunnen mit etwa 2 m Wasserstand. Der ebenfalls ca. 40 m tiefe Bohrbrunnen bei *Oberhading*

hat ca. 36 m Wasserstand, kann also nicht im selben Grundwasserleiter stehen. Eine denkbare Ursache hierfür ist eine Rinnenfüllung innerhalb der Moräne, die durch jüngeres Moränenmaterial später wieder abgeschnitten und bedeckt (und daher nach unten „abgedichtet“) wurde. Während dies nur eben denkbar ist, kann dagegen mit Sicherheit ein flächenhaft verbreiteter, nach Osten abfallender Aquifer hier örtlich ausgeschlossen werden. Die Frage ist auch, was Grundwasser am Eindringen in die ÄDS hindert, die am besprochenen Ort noch darunter liegen und nicht viel weiter im Osten auch lateral an die Mindelmoräne anschließen. An dieser Stelle ist jedoch daran zu erinnern, dass in gedachter Fortsetzung des Günz-Moränenbogens von Sattledt unter die Kremsmünsterer Mindelmoräne etwa hier, wo auch der Übergang von den Günz-Vorstoßschottern in die äquivalenten Terrassenschotter, also die ÄDS der Umgebung von Ranwalln stattfindet, zumindest ein Erosionsrest dieser Günzmoräne zu wohl erwarten wäre. Außerdem zeigen die Verhältnisse um Sattledt, dass am Außenrand des Günz-Zungenbeckens der WNF äquivalente Feinsedimente auftreten können. Auf Basis dieser Idee wurde eine Günzmoräne ins Modellprofil aufgenommen.

Ähnlich stark **gespannte Grundwässer** wie bei Oberhading (30–40 m Wasserstand) gibt es auch andernorts, in Pellendorf oder Ehrnsdorf. Dort kann man auch Grundmoräne den Aquifer nach unten abschließen lassen. Darüber hinaus entstehen geeignete Aquifere mit einiger Sicherheit auch dadurch, dass im selben Bereich immer wieder Kiesschüttungen stattfinden, die an zufälligen Berührungspunkten zu größeren, auch vertikal ausgedehnten, komplexen Kieskörpern verbunden sind. Auch wenn Schachtbrunnen wie der in Pellendorf eine Zusickerung von den Seiten erfahren, müssen diese stark gespannten Grundwasserkörper zumindest im unteren Teil fast völlig abgedichtet sein. Ein indirekter Hinweis auf isolierte oder unübersichtlich miteinander verbundene Kieskörper ergibt sich aus den größtenteils erfolglosen Versuchen, die Profile der RAG-Schussbohrungen im Bereich der Mindelmoräne untereinander zu korrelieren.

Flächenhaft verbreitete Kieskörper („**Zwischenschotter**“ mit dem Begriff von Lotze 1945) gibt es nur in den nördlichen Ausläufern der Altmoräne, etwa nördlich des Feyreggerbachtals. Nur in diesem Bereich kann man auch die Beobachtungen über frühere Abbaustellen, Wasserzutritte in Brunnen und die Lage verschiedener Quellen im Profil zu Grundwasserhorizonten zusammenstellen. Danach gibt es über der Weißen und Grauen Nagelfluh drei Wasser führende Kieskörper innerhalb der Mindelmoräne:

1. 425–440 m SH: „Vogelhuber Schotter“ nach der ehemaligen Kiesgrube, jetzt Deponieareal, bei der Vogelhub 3 km ESE Kremsmünster, im Schlederbachtal gegenüber Brading. Sie bilden die Ebene zwischen Dehenwang und Bramberg und den Sporn von dort gegen die Vogelhub. In Dehenwang ist die Oberfläche konglomeriert und kann einen Teich nach unten abdichten; unterhalb des Weilers tritt an ihrer Basis eine Quelle aus (E11Q13).
2. 445–455 m SH: „Sommersdorfer Schotter“ nach einer Abbaustelle in Sommersdorf ca. 2 km südöstlich Kremsmünster. Sie bilden eine Verebnung zwischen Sommersdorf und Schürzendorf und führen Grundwasser, das in zwei der aufgesuchten Brunnen genutzt wird und in einer Quelle in Sommersdorf austritt (Fischteich;

E11Q02). Auch der Hausbrunnen zum Gasthof *Baum mitten in der Welt* am Gusterberg (E11B01) hat seine Basis in derselben Höhe, führt allerdings gespanntes Grundwasser.

3. 460–470 m SH: „Schürzendorfer Schotter“ nach der verwachsenen Abbaustelle oberhalb Schürzendorf. Sie bilden das seichte Grundwasserstockwerk knapp unterhalb der Anhöhe, von dem schon die Rede war. Zu diesem Niveau gehören ein weiterer Wasserzutritt im Brunnen *Baum mitten in der Welt* (E11B01), der Brunnen des Mörtelbauers in Hörmannsdorf (E11B02) und Quellaustritte östlich dieses Ortes.

Diese Zwischenschotter können, wo sie durch die Geländeoberfläche angeschnitten werden, auch Anlass zu einer raschen Versickerung geben. Die Quelle in Dehenwang zum Beispiel wäre aus diesem Grund durch etwaige Verunreinigungen gefährdet.

4.1.2 GRUNDWASSER IM UNTERGRUND DER MINDELMORÄNE (GW-HORIZONTE K4, K3)

Zum quartären Untergrund der Mindelmoräne gehören drei Schichtglieder: Ältere Deckenschotter (ÄDS, hier eigentlich Günz-Vorstoßschotter), Weiße Nagelfluh (WNF) und Graue Nagelfluh (GNF, Mindel-Vorstoßschotter). Daraus ergeben sich jedoch nur zwei Grundwasserstockwerke (K4 *Graue Nagelfluh* und K3 *Kies-Konglomerat-Gruppe*), da man die ersten beiden Formationen hydrologisch zusammenfassen muss: Die autochthone Verwitterungsschwarte der ÄDS ist nämlich im Verbreitungsgebiet der WNF von dieser Schüttung größtenteils erodiert worden. Ein Bodenprofil ist, wie ausführlich besprochen, überhaupt nur an einer Stelle erhalten (Kiesgrube *Adamsmayr* 2 km südlich Kremsmünster), und auch die „Pechschotter“ (verlehnte Hangendpartien der ÄDS) sind kaum irgendwo anzutreffen. Daher gibt es keine hydrologisch wirksame Vertikalgliederung des Schichtkomplexes ÄDS + WNF und die beiden mehr-weniger konglomerierten Kieskörper können zu einer „**Kies-Konglomerat-Gruppe**“ (KKG) zusammengefasst werden.

Zwei Charakteristika dieser Einheit werden von der WNF beigesteuert: Einerseits ist dies die oft völlig dichte Konglomerierung der Hangendpartien. Andererseits gibt es in diesem kalzitisch zementierten Kalkkonglomerat auch Verkarstungserscheinungen: Verwitterungsschlote, Lösungsspalten und sogar Höhlen; außerdem ist die Verfestigung oft nicht vollständig („Löcherige Nagelfluh“). Die WNF wirkt durch Kombination dieser Merkmale normalerweise als relativer Stauer. Sie führt zwar lokal zur Entstehung geringmächtiger Grundwasserkörper in der darüber liegenden GNF, hindert das Grundwasser aber nicht dauernd am Versickern in tiefere Stockwerke. Diese Funktion als relativer Stauer kann man am besten im Winter beobachten, wenn zum Beispiel an den Hängen der Seitengraben zur Krems das über WNF gestaute Grundwasser gezwungen ist, seitlich auszutreten, am Weg nach unten schon gefriert und mit der Zeit dicke Eisvorhänge bildet. Eiszapfen bilden sich dann auch an den Decken der verbreiteten Halbhöhlen; und in manchen Höhlen ganzjährig sogar Tropfsteine. Es gibt daher über der WNF auch einzelne gering-ergiebige Quellaustritte. Dies, und weil der Wasser

leitende Horizont – die GNF – ein gut definiertes Schichtglied darstellt, sind die Gründe, es rechtfertigen, ein eigenes Grundwasserstockwerk (**K4 Graue Nagelfluh**) einzuführen. Eine K4-Quelle aus der GNF dient sogar zur Wasserversorgung eines Bauernhofs und eines Einfamilienhauses (F11Q02).

4.1.2.1 Die „Kies-Konglomerat-Gruppe“ (KKG, GW-Horizont K3)

Die Kies-Konglomerat-Gruppe (KKG) ist das ergiebigste Grundwasserstockwerk unter der Mindelmoräne. Die Chancen, reichlich Grundwasser zu finden, wenn man eine Bohrung bis auf den Schlier abteuft, sind daher im Allgemeinen sehr gut, es gibt jedoch drei mögliche Fälle, in denen eine Bohrung in die KKG wenig oder kein Wasser liefert, nämlich (1) eine Aufwölbung des Untergrundes, (2) durchgehende Konglomerierung, sowie (3) Versickerung im tieferen Untergrund (Molasse). Dazu einige Beispiele:

1. *Aufwölbung der KKG Basisfläche:* Das dürfte zum Beispiel der einfache Grund für Wasserknappheit am Hof *Unterdürsting* ca. 2 km südöstlich Kremsmünster sein. Der Hof *Oberdürsting* ca. 100 m gewinnt aus der gleichen Tiefe Wasser in einer Menge, die ausreichen würde, den Hof *Unterdürsting* mit zu versorgen. Es liegt kein Fall von Übernutzung zum Nachteil eines Unterliegers vor, da das Problem schon bestand, bevor der Oberlieger den Brunnen anlegte. Die Grundwassermächtigkeit beträgt hier aber nur ca. 4,0 m, sodass der bei *Unterdürsting* etwas höher liegende Schliersockel diese so weit verringert, dass bei überdurchschnittlichem Bedarf nicht genug Raum für die erforderliche Grundwasserabsenkung vorhanden ist. Eine mögliche Lösung wäre die Vertiefung des Brunnens in den sterilen Untergrund, um das Brunnenreservoir zu vergrößern, eine andere ein oberirdisches Reservoir, in dem bei relativ kleiner Entnahmemenge über längere Zeit Wasser für den Bedarfsfall angesammelt werden könnte.
2. *Durchgehende Konglomerierung:* Die WNF ist oben so gut wie immer, insgesamt jedoch sehr verschieden stark verfestigt; letzteres gilt auch für die ÄDS. Ein gutes Beispiel liefern die Brunnen der beiden soeben erwähnten Höfe *Unter-* bzw. *Oberdürsting*. Obwohl nur ca. 100 m voneinander entfernt, hat man im ersten Fall keine besondere Konglomerierung in der gesamten KKG, im anderen aber auf ca. 23 m Sprengfels angetroffen. Lokal greift also die Verfestigung bis (fast) ganz zum Untergrund durch. Das Grundwasser ist dann lokal gespannt (zum Beispiel auch Hof *Erber*. D14B01). Es kommt auch vor, dass dann aber die Ergiebigkeit zur ständigen Versorgung nicht mehr ausreicht (vermutlich bei E14B01 *Schmied zu Ehrnsdorf* der Fall: eine 100-m-Bohrung, die wieder verfüllt wurde). Im Modellprofil ist die Konglomerierung übrigens durch helle vertikale Schraffen angedeutet, die an einer Stelle bis zur Molasse-Altfläche hinuntergezogen sind.
3. *Versickerung im Untergrund:* Die als „Schlier“ zusammengefassten Gesteine weisen durch lange Exposition vor dem Pleistozän prinzipiell eine dicke Verwitterungsschwarte bzw. Entfestigungszone auf. Der Schlier ist von vornherein stark geklüftet gewesen, und bei Entlastung durch die Abtragung haben sich diese Klüfte geöffnet

und noch weitere Entlastungsklüfte gebildet, Verwitterungslösungen sind eingedrungen, und zwischen noch festen Brocken (ursprüngliche Kluffkörper) aus grauen bis bläulich-grauen Mergeln hat sich als Verwitterungsprodukt toniger Feinsand angesammelt. Der zersetzte Schlier erscheint dann zuerst grünlich-grau und später braun („**Brauner Schlier**“ ist ein am Bau verbreiteter Begriff). Dieser Prozess kann meter-tief unter die Oberfläche hinabreichen. Als wechselfestes Gestein zerfällt der Schlier außerdem unter Bedingungen periodischer Austrocknung und Wiederbefeuchtung, oder wird zumindest weich. Diese Bedingungen sind jedoch – wie die Bodenbildung – mehr auf die Erdoberfläche beschränkt. Das Endprodukt ist in jedem Fall von der Art eines lehmigen Tons, der bei lateral geschlossener Ausbildung die ehemalige Festgesteinsoberfläche undurchlässig macht. Darunter befindet sich eine Felsübergangszone mit zahlreichen offenen Kleinklüften, die alterierte Kluffflächen, aber nicht oder nur teilweise tonige Kluffüllungen aufweisen.

Eine Altfläche im Schlier oder verwandten Gesteinen wird normalerweise beide Alterationshorizonte ausbilden, oben einen, der Sickerwasser staut, und darunter einen, der Grundwasser aufnehmen und leiten kann. Erosion kann in weiterer Folge die Verwitterungsschwarte ganz oder teilweise abtragen sowie an Taleinschnitten übersteile Hänge bilden, an denen – unter Beteiligung von Massenbewegungen – zunächst frischer Schlier freigelegt wird und sich dann wiederum durch Entlastung und Austrocknung Klüfte öffnen. Wenn sich nun dadurch eben die Prozesse wie von der Altfläche her vertikal auch zusätzlich vom Talrand her lateral in den Untergrund fortpflanzen, wird der Braune Schlier am Ende gegen die Talränder zu besonders stark aufgelockert sein. Versickerung in diesen potentiellen Grundwasserleiter ist dann überall möglich, wo die undurchlässige Oberfläche abgetragen ist. Man kann davon ausgehen, dass dies bei der Anschüttung der ÄDS an vielen Stellen geschehen sein wird, auch wenn insgesamt die Auffüllung des Altreliefs diese erosive Tätigkeit überwogen hat. Es gibt tatsächlich Fälle, in denen zwar nicht die ÄDS, aber der unterliegende „Braune Schlier“ als (sogar reichlich) Grundwasser führend angetroffen wurden.

Die KKG ermöglicht, wo sie von Bächen angeschnitten wird, deren teilweise oder gänzliche Versickerung. Talabwärts tritt Grundwasser aus der KKG dann zunächst als Grundquellen – und weiter talabwärts an den Talhängen – wieder zutage: die Talsohle versumpft, wird breiter und das Gefälle verringert sich (an den Tallängsprofilen im Modell erkennbar). Die Fließwege zwischen Versickerung und Wiederaustritt sind im Untersuchungsgebiet allerdings kurz, im Gegensatz zur Außenseite der Mindelmoräne, wo die Versickerungstrecken auf ÄDS und JDS zum Teil kilometerlang sind. Ein Beispiel für Bachversickerung in die ÄDS liefert das Gerinne an der Ostseite der Kiesgrube *Adamsmayr* in der Teufelleithen ca. 2 km südlich Kremsmünster. Eine Grundquelle findet sich zum Beispiel im Kriftergraben ca. 2,5 km südlich Kremsmünster. Im Februar 1997 war dort ein Anstieg der Wassertemperatur über 100 m Fließweg von 2,5 auf 3,5 °C zu beobachten. Im Modellprofil ist die Versickerungsmöglichkeit angedeutet, einschließlich der Kontaminationsgefahr; letztere ist allerdings derzeit gering, weil die umgebenden Hänge zumeist bewaldet sind.

Die KKG bezieht Wasser aus dem Sickerstrom in der darüber liegenden Moräne. Aufgrund ihrer Zusammensetzung und Mächtigkeit (bis zu 100 m) entfaltet diese eine beträchtliche Filterwirkung. Tatsächlich kann man an einigen sehr verschiedenen tiefen Brunnen einen annähernd linearen Zusammenhang (negative Korrelation) zwischen Überdeckungshöhe und Nitratgehalt herstellen.

Chemisch unterscheiden sich die Wässer der KKG kaum von denen in der Mindelmoräne, die allerdings wesentlich stärker streuen. Nur am südlichen Verbreitungsrand des Stockwerks, unter der höchsten Erhebung des Moränenrückens in der Höhe von Wartberg, gibt es – keineswegs eindeutige – Hinweise auf eine Beeinflussung aus der Flyschzone, die dort bereits den Untergrund bildet. Eine Einsickerung aus dem Sulzbachtal ist dagegen nicht nachweisbar. Die räumliche Verteilung der Nitratgehalte (vgl. **Kap. 5.1.6**) zeigt klar, dass Kontaminationsgefahr vor allem dort gegeben ist, wo die mindelzeitliche Überdeckung größtenteils abgetragen ist oder nie recht mächtig war, also unter den Ausläufern der Altmoräne, vor allem im Norden und Nordosten, oder wo Täler und Dellen sich bis nahe an den Grundwasserleiter einschneiden, und an den Einschnitten selbst. Die Nitratquelle liegt dabei entweder *lokal* unweit über dem Grundwasserkörper oder flächig verteilt im Einzugsgebiet. Beispiele für ersteres findet man gleich südlich Kremsmünster: Maisbau und Düngung in einer flachen Mulde oberhalb des Hofes, Güllegrube und am Abhang darunter Viehhaltung unmittelbar oberhalb der Hausquelle; in der Nachbarschaft: Abflussmöglichkeit von Stallabwässern über eine Runse ebenfalls in Richtung Hausquelle (im Winter 1997 Versickerung von Stallabwässern knapp oberhalb der Erosionskante der WNF beobachtet).

Als Beispiel für *flächig* verteilte Kontamination kann das Quellenband bei der Bradingmühle 2,75 km ESE Kremsmünster angeführt werden, das zur Wasserversorgung von Bad Hall durch eine Sickergalerie erschlossen ist. Bei Schüttungsmengen (des gefassten Teils) zwischen 20 und 40 l/sec kann eine unmittelbare Nitratquelle keine Rolle spielen. Trotzdem stellt man hier Nitratgehalte oft sehr knapp unter dem Trinkwassergrenzwert (50 mg/l) fest. Man beachte, dass bis ca. 2 km weit südlich der Quellen die „Vogelhuber Schotter“ verbreitet sind, die dort größere Teile der Erdoberfläche bilden und sehr gut vertikale Verbindungen mit der KKG haben können. Für die Gegend zwischen Bramberg und dem Feyreggerbachtal gibt es zudem eine Reihe von RAG-Schussprofilen, die über tonigen Schichten eine bis ca. 30 m tief (oder sogar bis zum Schlier hinunter) reichende Verlehmung der Moräne und damit eine entsprechende Wegigkeit für Verwitterungslösungen andeuten (L. 349: SP 9445; L. 364: SP 9757–9759–9761). Im selben Gebiet liegen auch zwei schon erwähnte Brunnen, *Puffhub* und *Oberhading*, die trotz ca. 40 m tiefer Brunnen Nitratgehalte in derselben Größenordnung wie die Quellen bei der Bradingmühle ergeben haben.

4.1.3 GRUNDWASSER DER ÄLTEREN DECKENSCHOTTER I.E.S. (ÄDS, GW-HORIZONTE K1, K2, D, L1)

Die ÄDS in der Ausbildung als Terrassenschotter – mit den Grundwasserstockwerken K1 ÄDS (**Kap. 4.1.3.1**) und K2 *JDS/Schwebender Grundwasserkörper* (**Kap. 4.1.3.2**)

sind lithologisch mit der Kies-Konglomerat-Gruppe (KKG; GW-Horizont K3) unter der Mindelmoräne vergleichbar und liegen dem Molasseuntergrund ebenfalls direkt auf. Auch dieser Grundwasserleiter ist ergiebig und alimentiert gleichartige Sekundärquellniveaus wie K3 KKG. K1–K3 sind daher im Modellprofil durch einheitlich orange Farbe gekennzeichnet. Im folgenden besprechen wir auch die Grundwasserstockwerke L1 Lösslehm (**Kap. 4.1.3.3**) und D Dellen (**Kap. 4.1.3.4**), weil sich die Speichergesteine beider Grundwassertypen auf den ÄDS der Hochfläche entwickeln.

4.1.3.1 Ältere Deckenschotter i.e.S. (GW-Horizont K1)

Die bis ca. 40 m mächtigen ÄDS i.e.S. bilden *westlich* des Sulzbaches eine Terrassenfläche, in deren Zentrum der Ort Ranwalln liegt, und gehen südwestlich des Ortes aus den Günz-Vorstoßschottern und einer vermutlich unter Mindelsedimenten verborgenen, aber in Resten vorhandenen Günzmoräne hervor. *Östlich* des Sulzbaches vereinigen sich gleichzeitige Schwemmfächer aus dem Kremstal sowie dem Steyrtal. Zusammen genommen nehmen diese Terrassen fast den gesamten östlichen Teil des Untersuchungsgebietes ein.

Charakteristisch im Vergleich zur KKG unter Mindelmoränen-Bedeckung ist nun, dass die ÄDS ihre autochthone Verwitterungsschwarte („Pechschotter“) erhalten haben, auf der sich im Wechsel der folgenden Eiszeiten (Lössablagerung) und Zwischeneiszeiten (Verlehmung) eine im voll entwickelten Zustand ca. 10, maximal ca. 15 m mächtige Lösslehmdecke gebildet hat.

Die **Versickerung** wird zweifelsohne durch die Pechschotter entscheidend behindert. Wir sehen drei Möglichkeiten, wie Sicker- oder Grundwasser diese Barriere umgehen kann, nämlich (1) Geologische Orgeln, (2) Dellen und Dellenränder, sowie (3) Talränder und Erosionsreste der ÄDS:

1. *Geologische Orgeln*: Wegen Substanzverlust in Verwitterungsschloten eingetretener Zusammenbruch des Sedimentgefüges und Nachbruch können verlehnte Bereiche auflockern und punktuelle Versickerungsstellen schaffen.
2. *Dellen und Dellenränder*: In den ÄDS zeichnen Dellen ein spät-günzzeitlich angelegtes Entwässerungsnetz nach. Eine Dellensohle erhält nach-günzzeitlich eine Verwitterungsschwarte wie die umgebende Hochfläche. In den folgenden Eiszeiten fungierten die Dellen als Leitlinien der Abtragung durch Bodenfließen, und sammelten die Schmelzwässer aus dem Auftauboden, wodurch in Tallängsrichtung Transport beschleunigt und vielleicht auch Erosion ermöglicht wurde. Auch wenn letzteres nicht zur Abtragung der Verlehmungszone führte, bleiben als Versickerungszonen immer noch die Dellenränder, wo die Bedeckung immer gering war.
3. *Talränder und Erosionsreste der ÄDS*: Natürlich ist nicht nur an Dellen- sondern auch an allen Talrändern die Lösslehmdecke ausgedünnt. Auf Erosionshängen

sind die ÄDS sogar teilweise freigelegt oder nur von Hanglehm bedeckt. Wird ein Terrassensporn von zwei oder mehr Seiten angeschnitten, kann er seine Bedeckung größtenteils verlieren. Als Beispiel für einen Erosionsrest der ÄDS bietet sich der Furtberg östlich Bad Hall an. Der schmale Vorberg noch weiter östlich zwischen Fernbachtal und Haselbergergraben trägt vielleicht noch die Verlehmungszone; trotzdem hat man an seiner Spitze in etwa 400 m SH eine Deponie angelegt (heute planiert). Die hohen Nitratwerte aus den Brunnen dort verdeutlichen das Problem.

Die **Quellaustritte** in den Tälern, die die ÄDS durchschneiden, beginnen mit Quellsümpfen, wo die Talsohle sich bis zum Grundwasserspiegel abgesenkt hat, und folgen talabwärts in relativ zunehmend höherer Lage über der Gerinnelinie. Ein gutes Beispiel ist der Haselbergergraben: Der Quellsumpf befand sich bei der *Brunnhub* (er ist heute drainagiert, der Wald entfernt; Quellwasserdrainage: C11E02). Im Wald nordöstlich der Brunnhub liegen die Quellen knapp über der Talsohle (die sich sofort nach Austritt der ersten Quellen zu bilden beginnt; C11Q17). Am Furtberg liegen sie ganz hoch am Hang (Nutzung für das *Schneidergut*, einen Fischteich, ein Wohnhaus im Tal; C11Q09/10/11), an der gegenüberliegenden Talflanke ebenso hoch, nur sind sie dort unter Erdbedeckung gefasst und werden in ca. 20 Höhenmeter unterhalb angelegte Fischteiche oder direkt in den Bach geleitet (C11Q14/15/16). Der Zweck solcher Einfassungen war ursprünglich zumeist, die früher unausweichliche Vernässung der Hänge, die ja häufig keineswegs zu steil für ackerbauliche Nutzung sind, zu unterbinden.

4.1.3.2 Jüngere Deckenschotter (JDS) / schwebender Grundwasserkörper (GW-Horizont K2)

Stellenweise treten im Bereich der ÄDS schwebende Grundwasserleiter auf. Ein Beispiel liefert der Brunnen der *Wiegľhub* in Sitzleindorf 2,75 km SSE Bad Hall (C12B03); man muss dazu die Tiefenreichweite des Brunnens mit den Profilen einiger nahe gelegener RAG-Schusspunkte vergleichen. Daraus erkennt man, dass in der Umgebung von Sitzleindorf der Schotterkörper – wenn auch nicht an jedem dokumentierten Punkt – durch eine bis knapp 5,0 m mächtige Ton- und Lehmschicht in einen unteren und einen oberen Schichtkomplex zweigeteilt ist (L. 353: SP 12657–9544–9545; L. 364: SP 12640–12641–12642). Der obere Schichtkomplex ist wahrscheinlich als JDS anzusprechen. Die Tone und Lehme selbst sind als Abtragungsprodukte zweier Molasserücken bei Sitzleindorf (SP 12640) sowie nördlich des Ortes (L. 353: SP 12655) zu interpretieren, deren Höhe (405 m SH) mit der der Tonlage übereinstimmt.

Eine vergleichbare Situation beschreibt Ingerle (1980) aus der Umgebung St. Blasien–Kallersdorf–Steinersdorf, gleich nördlich der Erosionskante, mit der die Flyschoberfläche bis ca. 25 m tief unter quartäre Bedeckung und auf das Niveau der Flysch-Molasse-Altfläche abfällt. In diesem Bereich waren es die Abtragungsprodukte vom Nordrand der Flyschzone, die eine Teilung innerhalb der ÄDS bewirkt haben (vgl. Wieser 1978, Ingerle 1985). Die Oberfläche der Tonschicht hat an ihrem nördlichen Rand dieselbe Höhenlage wie jene bei Sitzleindorf. Wenn man dieser Beobachtung str-

tigrafische Bedeutung zumessen kann, dann folgt daraus, dass die JDS östlich des Sulzbaches weiter verbreitet sind, als man es bisher angenommen hat, nämlich bis an die Grenze der Flyschzone und bis über Kallersdorf hinaus nach Osten.

Die Stockwerksbezeichnung *K2 Schwebender Grundwasserkörper* bezieht sich auf beide der oben beschriebenen Situationen (Sitzleinsdorf und St. Blasien–Kallersdorf–Steinersdorf) und es wird angenommen, dass es sich um JDS auf einer tonigen, undurchlässigen Unterlage handelt. Die JDS kommen weiters auch in Form von talgebundenen Terrassen vor, zum Beispiel im Feyreggerbachtal, in einer hydrologisch den Hochterrassen vergleichbaren Position (d.h. an den Talflanken älteren Ablagerungen vorgelagert, von denen sie Grundwasser aufnehmen können; vgl. **Kap. 4.3**). Wegen dieser Lageverschiedenheit im Zusammenhang der verschiedenen Fließsysteme (terrassenartig auf ÄDS oder talgebunden vergleichbar der HT) ist es besser, von einer Definition eines eigenen Grundwasserstockwerkes „JDS“ abzusehen und die JDS jeweils den größeren Einheiten zuzuordnen, mit denen sie hydrologisch verbunden sind.

4.1.3.3 Lösslehmdecken (GW-Horizont L1)

Die Lösslehmdecken können zufolge ihrer hohen Porosität viel Wasser aufnehmen, über längere Zeit festhalten und auf diese Weise dafür sorgen, dass der größere Teil des oberflächlich eingesickerten Wassers durch Verdunstung wieder verloren geht. Die Lösslehmdecken können aber auch das letztlich durchsickernde und an den Pechschottern gestaute Wasser in größeren Horizonten, die – wegen eines erhöhten Flugsandanteils in diesen ehemals gletschernahen Gebieten – im Liegenden allenthalben vorkommen, aufnehmen und eventuell sogar in Richtung auf die nächste Delle weiterleiten (vgl. **Kap. 3.2.3.5** und Mattheß & Ubell 1983: S. 202). Auch heute noch haben manche Häuser Brunnen in diesen sehr wenig ergiebigen Grundwasserleitern (zum Beispiel Hof *Eiglsee*: C12B01).

4.1.3.4 Dellen (GW-Horizont D)

Grund- oder Hangwasser, das die Dellenränder erreicht, wird zumindest teilweise dort versickern, weil an diesen Rändern Erosions- und Soliflukationsprozesse vielfach die Deckschichten auf den unterliegenden Kieskörpern teilweise abgetragen haben. Ein Teil mag über grobe Lagen in den Soliflukationsdecken ins Innere der Dellenfüllung gelangen, und kann in Kieseinschlüssen am Grund der Dellenfüllungen – die in künstlichen Aufschlüssen nicht selten beobachtet werden – lokal kleine Grundwasserkörper entstehen lassen, oder weiter versickern. Belege dafür finden sich sporadisch in Sondierungen (vgl. **Kap. 3.2.3.4**); Brunnen sind in derart wenig ergiebigen Horizonten nicht gegraben und Baugruben in diesen Senken nur selten angelegt worden.

4.2 GRUNDWASSER DER MOLASSE

Wir betrachten zunächst die (zwei) Möglichkeiten, wie Grundwasser der Quartärsedimente in den Molasseuntergrund eindringen und später anderswo wieder austreten kann: Daraus resultieren die beiden Grundwasserhorizonte S4 *Junges Kluftgrundwasser* (**Kap. 4.2.1**) und S3 *Junges Porengrundwasser* (**Kap. 4.2.2**). Umstände, die diesen Wiederaustritt erschweren, führen zur Erscheinung der Sekundärquellen und werden in **Kap. 4.1.2.2** über Horizont L2 *Hangwasser/Sekundärquellen* berücksichtigt. Daran anschließend besprechen wir die von den untersuchten Grundwasserwegen abgeschnittenen Stockwerke des Tiefengrundwassers der Molasse: Horizont S1 *Puchkirchen-Gruppe* und S2 *Haller Basisschichten* (**Kap. 4.2.3**). – Schichtkomplexe, die in die anderen bis dahin besprochenen eingeschachtelt oder ihnen vorgelagert sind, sodass sie Wasser aus allen diesen aufnehmen und aus diesem Grund zwar eine ähnliche hydrochemische Charakteristik aufweisen können, nämlich Hochterrassen (HT) und Talfüllungen (RT), werden dann in weiterer Folge und abschließend in zwei eigenen Unterkapiteln abgehandelt.

4.2.1 JUNGES KLUFTGRUNDWASSER DER MOLASSE (GW-HORIZONT S4, DAZU L2)

So genannte „Schlierquellen“ – meist sind Grundwasseraustritte aus Spalten im Schlier gemeint – sind im Einzugsgebiet der Krems recht häufig. Man hat geradezu den Eindruck, dass sie ein Sekundärquellniveau zu den Grundwasseraustritten an der Molasseoberfläche bilden. Früher griff man zur Trinkwasserversorgung auch deshalb gern auf sie zurück, weil man ihr Wasser für besser als das „Schotterwasser“ hielt. Die Erfahrung steigender Nitratgehalte auch in diesen Quellen hat diese Vorstellung inzwischen unterminiert. Tatsächlich unterscheidet sich Wasser aus den Schlierspalten hydrochemisch und –physikalisch nicht wesentlich von dem der quartären Sedimente über dem Schlier („Quartärwasser“; siehe folgendes Kapitel). Isotopenuntersuchungen bestätigen auch, dass „Schlierwässer“ in diesem Sinne keineswegs älter sind.

Es kann also davon ausgegangen werden, dass Quartärwässer in den Schlier eindringen und an Talflanken unterhalb der Quartär-Molasse-Grenze wieder zutage treten. Auf die Frage nach der Ursache gibt es zwei mögliche Antworten: (1) Versickerung und Transport in Störungszonen, sowie (2) Versickerung in die unter **Pkt. 4.1.2.1** oben beschriebene Felsübergangszone:

VERSICKERUNG UND TRANSPORT IN STÖRUNGSZONEN

Störungen, das heißt großmaßstäbige Kluftscharen oder Bewegungsfugen, enthalten einerseits oft ein feinkörniges Zwischenmittel oder Störungsgestein und wirken dann

eher Wasser hemmend, sind andererseits aber auch häufig von Zerrüttungszonen begleitet, in denen zahlreiche Klüfte zwar alterierte Klufflächen, aber keine Wasser hemmende Kluffüllungen enthalten. Solche Störungszonen können Grundwasser gerichtet und schnell über größere Distanzen transportieren. Nun ist direkte Einsicht in diese Strukturen im Untersuchungsgebiet nur selten möglich; indirekte Aufschlüsse jedoch sind durch Klufthemessungen, Luftbild- und Radar-Satellitenbild-Auswertung sowie durch Vergleich der Ergebnisse untereinander und mit der räumlichen Verteilung relevanter Quellaustritte möglich. Obwohl an sich im Rahmen dieses Projekts nicht vorgesehen, wurde doch eine Überblickskartierung der **Lineamente** auf Basis der an der Geologischen Bundesanstalt Wien vorhandenen Luftbilder sowie Klufthemessungen im Gelände durchgeführt (siehe **Beilage 3**), und mit den bekannten Quellen im etwas erweiterten Untersuchungsgebiet verglichen. Dabei wurde einerseits zwar der Eindruck gewonnen, dass gewisse Abschnitte von Tälern – allerdings außerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebietes – an Störungen angelegt sein können, andererseits jedoch keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen Quellaustritten und Lineamenten erkannt. Nicht sonderlich überraschend ist dies, wenn man bedenkt, dass der Großteil des Untersuchungsgebietes im Gebiet der Mindelmoränen und davon unmittelbar abgeleiteter Sedimentkomplexe situiert ist und somit wenig Wahrscheinlichkeit besteht und darüber hinaus wahrscheinlich auch zu wenig Untersuchungsfläche verblieben ist, dass Zusammenhänge sichtbar werden bzw. um solche sichtbar werden zu lassen. Hinsichtlich des Verteilungsmusters der Dellen ist kein Zusammenhang zu erwarten; viel wahrscheinlicher wäre ein solcher bei den Schlierrinnen gegeben, die eventuell Störungslinien folgen könnten. Im Untersuchungsgebiet sind jedoch diese Rinnensysteme im Vergleich zum westlichen Teil der TEP viel weniger deutlich ausgeprägt, und auch in potentiell eindeutigen Situationen kann bei genauerer Betrachtung manchmal kein eindeutiger Zusammenhang zwischen ergiebigen Quellen und der Tiefenlinie einer Schlierrinne hergestellt werden. Insgesamt ergaben sich somit keine ausreichenden Hinweise auf die an sich erwarteten Beziehungen zwischen Lineamenten (vermuteten Störungssystemen), Schlierrinnen und Quellverteilung, womit auch die Sinnhaftigkeit einer weiteren Luftbild- oder Satellitenbildinterpretation nicht gegeben war und zur Betrachtung von ähnlichen Untersuchungsgebieten für diese Zwecke generell in Zweifel gezogen werden muss.

Für einen direkten Nachweis störungsgebundener Wasserwege in der Molasse gibt es im Untersuchungsgebiet jedoch ein Beispiel: Bei Untersuchungen zur Erneuerung der Wasserversorgung von Rohr im Kremstal an zwei Orten etwa 0,5 km nordöstlich und ca. 0,75 km ENE' Rohr gelang es, zwei wasserwegige Störungsrichtungen auszumachen, einmal bei Aushubarbeiten für eine Quelfassung (N–S; Neumayer 1985), das andere Mal durch Färbeversuche im vermuteten Einzugsbereich der Quelle nördlich der Ahrmühle ca. 0,5 km nordöstlich von Unterrohr (ENE–WNW; Wieser 1967b). In diesem Fall wurde eine Transportgeschwindigkeit von ca. 100 m in 4,5 Stunden (d.i. ca. 6 mm/sec) errechnet.

VERSICKERUNG IN DIE FELSAUFLOCKERUNGSZONE DER MOLASSE

Bei diesem Mechanismus handelt es sich – nicht nur im Untersuchungsgebiet – um die grundlegende Ursache der Erscheinung isotopisch junger Kluffgrundwässer im Schlier. Die Grundlagen wurden in **Kap. 4.1.2.1** oben bereits erläutert; zum Vergleich der resultierenden Grundwasserleiter mit hydrochemisch davon klar abgegrenzten weiteren innerhalb der Molasse sowie zur Erscheinung von Mischwässern beider Typen siehe **Kap. 4.2.2** weiter unten.

Weil Versickerung häufig im talnahen Bereich und Wiederaustritt nicht weit darunter im Niveau der Grenze zum unverwitterten Schlier erfolgt, könnte man vielerorts von Sekundärquellen sprechen (Beispiel: Banklerquelle am Fuß des Kalvarienberges in Kremsmünster). Wir möchten den Begriff der Sekundärquellen jedoch auf Situationen einschränken, in denen ein dem Speicherhorizont auflagerndes, feinkörniges Lockersediment (Lehm) einen Grundwasseraustritt im erwarteten Niveau verhindert und hangabwärts verlagert. Es liegt dann nur im trivialen Sinn ein eigener Grundwasserleiter, aber kein eigentlicher Grundwasserspeicher vor. Der entfestigte Schlier hingegen hat zumindest die Tendenz, einen eigenständigen Grundwasserleiter unterhalb der Molasse-Altfläche zu bilden. Er besteht – in fortgeschrittener Ausprägung – aus einem braunen, bröckelig zersetzten Horizont („Brauner Schlier“) mit einer tonigen Hangendschicht und fungiert in dieser Form vielfach beinahe als Porengrundwasserleiter, der durch einen Stauhorizont vom nächst höheren Stockwerk isoliert ist. Wo diese Isolierung vor oder zu Beginn der Anschüttung der ÄDS durchlöchert oder abgetragen wurde, haben Quartärwässer die Möglichkeit, in diesen obersten Molasseaquifer einzudringen.

An Erosionshängen schaffen Talklüftung und – der Altfläche vergleichbare – oberflächennahe Entfestigung zusätzlich Wasserwegigkeiten, die den gesamten Taleinschnitt erfassen und sogar bis unter die derzeitige Talsohle reichen können. An hohen Erosionshängen tritt daher nicht selten von den Quartärwässern nicht unterscheidbares Grund- oder Hangwasser erst einige 10 m unterhalb des Stockwerkes wieder aus, von dem es sich offenbar ableitet. In den meisten geschieht dies im Niveau der Talsohle. Unten angelangt, kann das Hangwasser in diesen Fällen nicht zur Gänze durch die – häufig weniger durchlässige – rezente Talfüllung aufgenommen werden und fließt in Form einer **Stau- oder Verengungsquelle** über. Es kann dabei Eindruck entstehen, als käme es zu einem Grundwasseraufstieg. Dass dies stellenweise auch tatsächlich der Fall ist, zeigt folgendes Beispiel: Die Aumühle ca. 1,0 km nördlich von Bad Hall hatte eine Quelle in einer flachen Quellnische direkt am Sulzbach. Die Mulde diente später als Gemeindedeponie und nahm Schutt und Abfall jeglicher Art auf. Heute steht am Ort der ehemaligen Quelle der Hausbrunnen (D10B04) in der planierten Deponie, die wahrscheinlich keine Abdichtung hat, und liefert Wasser, von dem es mehrere positive Trinkwasserbefunde gibt. Der Zustrom von unten verhindert offenbar, dass Deponiesickerstoffe in den unmittelbaren Entnahmebereich eindringen, der unter der Deponiesohle liegt. Ein weiteres Beispiel für eine Stau- oder Verengungsquelle ist die Quellsfassung des Hofes *Engelmair* ca. 1,2 km nördlich von Bad Hall (D10Q01).

Das beste Beispiel für einen Zusammenhang der vier Grundwasserhorizonte (K1 ÄDS, S4 *Junges Kluffgrundwasser der Molasse*, HT *Hochterrasse* und L2 *Hangwasser bzw. Sekundärquellen* unter dem Regime des gegenständlichen Versickerungsmechanismus lieferten Untersuchungen vor Errichtung des Golfplatzes „Herzog Tassilo“ in Pfarrkirchen bei Bad Hall (Lohberger & Thürriegl 1995; die Situation ist im Modellprofil recht genau in Bildmitte dargestellt). Als man 1992 eine Trink- und Nutzwasserquelle für den – später errichteten – Golfplatz benötigte, teufte man eine Bohrung in der Nähe von Ranwalln ab, mitten auf der ÄDS-Terrasse, konnte bis zum Schlier allerdings kein Grundwasser erschließen. Am Ostrand der Terrasse am Sulzbach treten starke Quellen aus dem Schlier aus, die man schließlich auch nutzte, aber keine Quellen auf dem Sockelniveau der ÄDS. Der Schluss liegt nahe, dass das Grundwasser aus den ÄDS in den Schlier sickert und am Sulzbach wieder austritt. Im Sulzbachtal ist den ÄDS außerdem eine Hochterrasse auf ca. 20 m tieferem Sockel vorgelagert, und über Erosionshängen, die derzeit nicht vom Sulzbach unterschritten werden, haben sich Hanglehme abgelagert. Dies hat lokal zur Ausbildung von drei unterschiedlichen Quellhorizonten auf engstem Raum geführt:

1. Über dem Schlier, der an einem Prallhang gut aufgeschlossen ist, steigt der bewaldete Abhang der Hochterrasse an. Am Hangfuß ca. 10 m über Talsohle gibt es Nassstellen und eine kleine Quelle; knapp nördlich dieser Stelle sind die Nassgalen durch ein feuchtes Birkenwäldchen vertreten (Horizont HT).
2. Aus dem Schlier unter der Hochterrasse tritt ebenfalls Grundwasser aus, zumeist aus Schichtfugen; einige Höhenmeter unter dem erwähnten Birkenwäldchen sind Quellen am Schlierhang vorhanden, auf primitive Weise zur Nutzung durch Fischteiche gefasst (Horizont S4).
3. Abseits vom Sulzbach liegen den Hängen Decklehme auf, die einen Teil des Wassers im Hang daran hindern, direkt auszutreten. Das Hangwasser hat sich hier – vormaligen Sickerlinien folgend – schlauchförmige Hohlräume im und unter dem Lehm gegraben und tritt genau über der Talfüllung aus 1–2 dm großen, runden Löchern hervor („Piping“; Sekundärquellen, Horizont L2).

Trotz dieser sprechenden Beobachtungen muss gesagt werden, dass an der soeben beschriebenen Stelle im Sulzbachtal die Auflockerungszone im Schlier nicht direkt eingesehen werden konnte: *Einerseits* ist der Schlier am Rand des Bachbetts aufgeweicht, mit gut sichtbaren Klüften, die jedoch alle geschlossen sind (die braunen bis rotbraunen Bestege können schon bei Luftzutritt entstehen). Diese Aufweichung und oft auch Braunfärbung im Spritzwasserbereich kommt vom dauernden Wechsel zwischen Trockenheit und Nässe, sind also Verwitterungserscheinungen und entsprechen zwar der Tonbildung an der Oberfläche des Braunen Schlier. *Andererseits* aber ist in dem bloß angewitterten Gestein des Prallhanges zwar eine engständige Bankung, kaum jedoch eine Vertikalklüftung, geschweige denn eine weiter gehende Entfestigung, zu erkennen. Man muss allerdings bedenken, dass diese Talhänge bis ca. 10 m über dem Bach zur jüngsten (zumindest nach-risszeitlichen) Erosionsphase gehören. Die Bedingungen zur Entstehung des Braunen Schlier mit Tondecke sind aber nur un-

ter der Altfläche mit ihrer längeren Geschichte ohne mächtige Bedeckung durch Fremdsedimente gegeben. Und die Voraussetzungen zur Weiterentwicklung des talnahen Kluftgrundwasserleiters an den Talhängen sind am besten dort gegeben, wo unter ÄDS nur Schlier freilegt wurde, ohne eine vorgelagerte jüngere Terrasse. Das ist im Fernbachtal der Fall, und von dort stammen denn auch die diesbezügliche Evidenz (für Quartärwasserableitung bis zur Talsohle, wo dann Stauquellen austreten). Unmittelbare Evidenz für das Versickerungsmodell wurde hingegen im Zuge von Untersuchungen im östlichen Teil der TEP durch P. Leopold (1998) geschaffen (siehe auch Leopold & Häusler 2004); im gegenständlichen Untersuchungsgebiet müssen wir uns auf gelegentlich mitgeteilte Erfahrungen (in Zusammenhang mit Bohr- oder Grabarbeiten) stützen.

4.2.1.1 Hangwasser und Sekundärquellen (GW-Horizont L2)

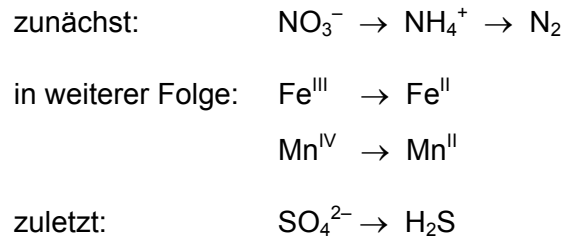
Lehmdecken (Hanglehm, Solifluktsdecken, Dellenfüllungen) sind Verursacher von Sekundärquellen, wie bereits im letzten Abschnitt in Zusammenhang mit einem konkreten Beispiel gezeigt. Abschnittsweise können sie Grundwasser aufstauen und vermehren damit unter Umständen die Schüttung nahe gelegener Quellen oder die Wasserstände nahe gelegener Brunnen, wie folgendes Beispiel zeigt: Beim Kelleraushub für die Tischlereischule in Kremsmünster flossen nach Anschneiden der Lehmdecke ca. 10 l/sec ab und verringerten die Schüttung der Stiftsquellen von 10,1 auf 4,3 l/sec innerhalb von neun Monaten (Wieser 1967b); ein Hausbrunnen im Einzugsgebiet musste daraufhin nachgegraben werden (Wieser 1969c). Nicht zuletzt können Rutschungen an Schlierhängen einerseits von Grundwasseraustritten mit verursacht, andererseits umgekehrt die Ausbildungsform des Quellbereiches dabei verändert werden. So können weitere Sekundärquellen entstehen, zum Beispiel im Feyreggerbachtal südlich des Ortes Feyregg bei Bad Hall.

4.2.2 JUNGES PORENGRUNDWASSER DER MOLASSE (GW-HORIZONT S3)

Der Ausdruck „Schlierwasser“ in unserem Sinne bezieht sich nicht auf die bisher besprochenen Vorkommen von „Quartärwasser“, das in stark zerlegte Horizonte unter der Molasse-Altfläche eingedrungen ist. Vielmehr ist damit Porengrundwasser gemeint, erkennbar an einigen hydrochemischen Kennzeichen, die vom Molassegestein „aufgeprägt“ und/oder durch bakterielle Umsetzungen bedingt sind, und die es andererseits vom Grundwasser der quartären Bedeckung der Molasse unterscheiden. Bevor wir auf die geologischen Rahmenbedingungen dieser Vorkommen eingehen, soll zunächst diese – im Prinzip wohlbekannte – hydrochemische Charakteristik etwas näher eingegangen werden:

Die Prägung durch das **chemische Milieu** im Schlier besteht in der Hauptsache darin, dass nach der Einsickerung Reduktionsprozesse in Gang gesetzt werden, die nach-

einander je nach Zusammensetzung und Reduktionskraft des Systems verschiedene Ionen freisetzen oder auch entfernen, die man alle leicht und mit feldtauglichen Mitteln messen kann, was die Identifizierung schon im Gelände sehr erleichtert. Die Reihenfolge, in der die wichtigsten reduzierbaren Ionen freigesetzt werden, lautet:



Zum Beispiel bedeutet dieses Schema, dass in einem Wasser mit H_2S -Geruch erstens das gesamte verfügbare Eisen löslich sein wird, und dass darin kein Nitrat mehr zu erwarten ist. Diskussionen hydrochemischer Zusammenhänge auf höherem Niveau werden oft mit Stabilitätsdiagrammen bestritten ohne Berücksichtigung der Lebewelt. Tatsächlich werden so gut wie alle wichtigen Reaktionen im Grundwasser durch Mikroorganismen katalysiert oder überhaupt erst möglich. Über die tatsächlichen Zusammenhänge zwischen Chemie und Biologie im Grundwasser von terrestrischen Lockersedimenten und festen Gesteinen ist allerdings noch recht wenig bekannt (vgl. Chapelle 1993, Griebler & Mösslacher 2003).

Aus dem Gesagten geht jedoch hervor, welche die chemischen Kennzeichen der „Schlierwässer“ sind: (1) Geringes Redoxpotential (in unserer Untersuchung negativ, vgl. **Kap. 2.3.6**), (2) wenig O_2 , (3) wenig oder kein NO_3 , (4) merkbarer Gehalt an Fe^{II} (und Mn^{II} ; für die Zwecke dieser Arbeit heißt das: mit den Schnelltestbesteckern nachweisbar), und im fortgeschrittenen Fall (5) H_2S -Geruch. – Überraschend ist nun zunächst die **Isotopie** einiger Wasserproben, die wir Grundwässern vom Typ K3 *Kies-Konglomerat-Gruppe* und S3 *Junges Porengrundwasser im Schlier* aus dem Untergrund der Mindelmoräne bzw. einem „Schlierbrunnen“ nördlich der Moräne entnommen haben: Die Tritium-Werte sagen nämlich aus, dass Schlierwässer im oben genannten Sinn nicht wesentlich älter als die Quartärwässer sind. Durch die Art des Vorkommens, von dem wir im folgenden sprechen, wird dies allerdings verständlich.

Das junge Porengrundwasser in der Molasse im Untersuchungsgebiet ist an Sandlagen gebunden. Sandkörper verschiedenster Größe gibt es im Schlier (Robulus-Schlier s.l.) der Innviertler Serie, und nur im Verbreitungsgebiet dieser Formationen wurde der gegenständliche Grundwassertyp beobachtet. Neben mächtigen Sandformationen wie den Atzbacher Sanden (die im Untersuchungsgebiet keine Rolle spielen) sind überall geringmächtige sandige Horizonte verbreitet, die auch Grundwasser führen. Um dessen Herkunft zu erklären, ist nun die tektonische Position der Innviertler Serie im Verhältnis zur Bad Haller Schuppenzone wichtig:

Tektonisch befinden wir uns mit der Innviertler Serie schon oberhalb der verschuppten Molasse (im Otnang waren die Deckenbewegungen bereits abgeklungen). Die Bad Haller Schuppenzone ist zudem – im Widerspruch zu älteren Auffassungen von Friedl

(1924) bis Braumüller (1958) – nicht antiklinal aufgebaut, sondern durch eine intensive Verschuppung innerhalb der Unteren und Oberen Puchkirchen-Formation (UPF, OPF) gekennzeichnet. Auf die erosive Oberfläche der Schuppen lagerte sich noch geringmächtige OPF ab, darüber folgen die Hall-Formation und die ältesten Schichtglieder der Innviertel-Gruppe. Die Haller Serie ist im Süden noch von den letzten Verstellungen betroffen, Robulus-Schlier der Innviertler Serie liegt ungestört darüber. (Haller Schlier beißt im Sulzbachtal in der unmittelbaren Umgebung von Bad Hall aus, im Kremstal etwa zwischen den Bahnhaltstellen Ried-Diepersdorf und Krift; Robulus-Schlier steht nördlich dieses Streifens an.)

Die gesamte Schichtfolge über der Schuppenzone wurde im Zuge des ausklingenden Alpennordschubes noch im Süden leicht angehoben und fällt daher leicht gegen Norden ein. Die Sandlagen im Robulus-Schlier, die im Kremstal unterhalb Kremsmünster bei Aushubarbeiten immer wieder auftreten, steigen daher nach Süden an und müssen noch vor einer Linie Krift–Bad Hall auf der Molasseoberfläche ausbeißen. An dieser Ausbisslinie unter Quartärbedeckung muss daher die Möglichkeit bestehen, dass Grundwasser aus der quartären Bedeckung eindringt oder eingedrungen ist und weiter nördlich weitgehend isolierte Grundwasserkörper bildet. An den Ausbisslinien im Kremstal, praktisch immer unter Lehmbedeckung, ist das Wasser entsprechend leicht gespannt, auf einem Druckniveau etwas unterhalb der Molasse-Altfläche.

Von Aushubarbeiten aller Art (Hausbau, Drainagierung, Grabarbeiten im Hausgarten) wurde die Beobachtung mitgeteilt, dass nach Verletzung der Lehmdecke Wasser in hohem Bogen aus der Erde geschossen sei, Wasser aus einer Sandlage über Nacht die Baugrube angefüllt habe und ähnliches. Beides war zum Beispiel beim ehemaligen Kremsmairhof (jetzt ein Mehrfamilienhaus) in Oberrohr der Fall. Das Trinkwasser gewinnt man dort aus einer Fassung im Kellerboden (E10B03); es enthält wider Erwarten kein lösliches Eisen. Die Hausquelle der Rohrmühle (E10Q11) 400 m weiter westlich dagegen, die an der Basis der Hochterrasse austritt, schüttet leicht eisenhaltiges Wasser. Beide Stellen liegen knapp unter dem Hochterrassen-Sockel. Dieser enthält offenbar Sandlagen, die von der Entfestigung des Sockels mit betroffen sind und daher überwiegend das Grundwasser der Hochterrasse führen.

Recht typisch für den Unterschied im Auftreten der Horizonte S3 *Junges Porengrundwasser* und S4 *Junges Kluftgrundwasser* ist dagegen die Situation am Grundbach südwestlich Unterrohr. Das Quellenband am Fuß der südlichen Talflanke ist – bis auf eine Teichanlage und eine Quelfassung – zur Gänze drainagiert. Einige Drainagerohre fallen durch Eisenoxid-Ablagerungen auf und liefern offenbar geringe Mengen an Schlierwasser, zeitweise mit Hangwasser vermischt. Die Quelfassung des Lehnergutes (D10Q02) führt soviel Wasser wie alle Drainagen (in Trockenzeiten) zusammen; das Quellwasser ist eisenfrei, im Gegensatz zu dem einer Quellentwässerung ca. 500 m talabwärts (D10Q04; 2.2 mg/l Fe). Die ergiebigste Drainage (D10E01) ca. 150 m talaufwärts der Quelfassung liefert ein Mischwasser, das in der Zusammensetzung je nach Hangwasserzufluss stark schwankt. Nitrat enthalten alle drei Wässer, aber nur in der großen Drainage wird der Wert von 50 mg/l überschritten. Das Charakteristische an der Situation ist, dass drei Varianten von „**Schlierwasser**“ in unmittelbarer Nach-

barschaft zueinander auftreten; daneben gibt es die besondere Situation im Sulzbachtal, wo Grundwasser vom S3-Typ unterirdisch in die Talfüllung eintritt:

1. *S3 Porengrundwasser*: Geringfügige Austritte, manchmal nur Vernässungen, aus geringmächtigen, geringdurchlässigen Sandaquiferen. Sie verraten sich manchmal durch Eisenoxid-Ausscheidungen (z.B. westlich der Kirche in Oberrohr, obwohl dort eine Bauschuttdeponie darüber liegt: E10E03), und werden sicher oft von mächtigen Lehmdecken verhindert.
2. *S4 Kluftgrundwasser*: Viel ergiebiger Quellen, die eisenfrei und damit von den unmittelbar benachbarten Vorkommen vom ersten Typ unbeeinflusst sind. Es muss sich um Wasser aus Klüften handeln (im Falle der Quellen am Grundbach vielleicht aus einer Störung), die es relativ rasch an den begrenzenden Schichten vorbeiführen. Die größere Menge bringt auch einen Verdünnungseffekt.
3. Mischwässer, wie weiter oben aus Oberrohr beschrieben: Wechselnde Anteile beider vorangegangener Typen mischen sich in der Entfestigungszone des Schlier, im Sockel einer Terrasse oder an einem hohen, lange exponierten Schlierhang.

Das beste Beispiel für den Grundwassertyp S3 *Junges Porengrundwasser der Molasse* im Untersuchungsgebiet stammt aus dem Bohrbrunnen *Unterschickmayr* (D10B02) am Molasserücken südlich des Grundbaches, oberhalb der schon beschriebenen Quellen. Das dort geförderte Trinkwasser hat außer den genannten Kennzeichen auch einen leichten H₂S-Geruch. Der Tritiumgehalt beträgt $23,8 \pm 1,1$ TU und liegt damit etwas höher als die Werte in Grundwasserstockwerk K3 *Kies-Konglomerat-Gruppe* unter den Nord-Ausläufern der Mindelmoräne, wo die Ausbisse der Sandhorizonte auf der Molasseoberfläche liegen müssen (E11B03: $19,4 \pm 0,9$ TU; Bradingmühle E11Q03: $17,9 \pm 0,9$ TU; vgl. **Kap. 5.2.1**). Die Wässer vom Typ S3 sind also, wenn diese Zahlen repräsentativ sind, etwas älter, was man ja wegen des „Umweges“ durch den weniger durchlässigen Sand erwarten würde. – Als abschließendes Beispiel soll das Brunnenwasser der Ahrmühle im Sulzbachtal ca. 1,0 km nordöstlich Unterrohr erwähnt werden: Man kann dort feststellen, dass reduzierendes, Eisen-reiches, Sauerstoff-armes, fast Nitrat-freies Grundwasser in der rezenten Talfüllung auftaucht, in diese offenbar vom Hang her eingedrungen ist, aus einem Grundwasserleiter unter dem Niveau der nahe gelegenen Kluftquellen, und sich mit dem Grundwasserbegleitstrom des Sulzbaches mischt. Das Brunnenwasser der Ahrmühle schwankt entsprechend stark in der Zusammensetzung.

4.2.3 FORMATIONSWASSER DER MOLASSE (GW-HORIZONTE S1, S2)

Hierbei handelt es sich um Tiefengrundwasser. Darunter verstehen wir hier Grundwasser, das nur in sehr langen Zeiträumen am hydrologischen Kreislauf teilnimmt, sodass eine Beeinflussung durch junges Sickerwasser nicht feststellbar ist. Man sollte sich besser nicht, wie der Name suggeriert, auf die Tiefenlage des Grundwasserkörpers

beziehen. Nach Goldbrunner (1984) war Zötl (1978) der erste, der als besseres Kennzeichen weitgehende Tritiumfreiheit (< 1 TU) verwendet hat, unabhängig von der Tiefe des Vorkommens. Gerade die berühmten Iodid führenden Grundwässer von Bad Hall liefern ein gutes Beispiel: Im Sulzbachtal und Fernbachtal gibt es nämlich zwei natürliche Austritte von tritiumfreien Iodwässern (Tassilo- bzw. Guntherquelle), die also – wiewohl knapp unter der Erdoberfläche, dennoch – keinen Kontakt zu meteorischen oder allgemein jungen Wässern gehabt haben können.

Aufgrund dieser natürlichen Austritte waren die Salzwässer schon sehr früh bekannt. Die Gründungsurkunde des Stiftes Kremsmünster (aus dem Jahr 777) erwähnt schon eine Salzgewinnung in Bad Hall; sie wurde noch im Mittelalter eingestellt. Erst im 19. Jh. fanden die Iodwässer wegen ihres balneologischen Nutzens erneut Beachtung. Der Bäderbetrieb blühte rasch auf, die beiden natürlichen Quellen wurden ordentlich gefasst, und neue künstliche Quellen gesucht. Der damaligen Vorstellung von der Störungsgebundenheit entsprechend hielt man sich bis in die 20er-Jahre an die Verbindungslinie (vermeintliche „Hauptquellspalte“) zwischen Tassilo- und Guntherquelle, und teufte viele erfolglose Bohrungen ab. Erst Grill und Schadler erweiterten die Suchkriterien auf geochemische Hinweise und hatten Erfolg (Feyregg 1, Möderndorf 1). Dabei hatte Grill (1952: 86f.) erkannt, dass es sich um Formationswässer handelt. Diese unterscheiden sich von „gewöhnlichen“ Tiefengrundwässern vor allem dadurch, dass sie nicht regenerierbar sind, weil sie im Sedimentgestein verharren und am hydrologischen Zyklus überhaupt nicht teilnehmen.

Sehr nützlich für die Erschließung der **Iodwasser**-Vorkommen waren die gleichzeitigen Aktivitäten der Erdölindustrie (seit 1943 RAG) im Umkreis von Bad Hall. Schon vor Abteufen der Bad Hall 1 (BH 1) im Jahre 1956 regelte ein Abkommen zwischen RAG und Land Oberösterreich die Übernahme geeigneter Strukturbohrungen durch die Landeskuranstalten. Nachdem die BH 1 kein Erdöl erbrachte, wurde auch sie übernommen, (von der Endteufe in ca. 2250 m) bis 700 m Tiefe verfüllt, von 700 bis 518 m herauf perforiert, und fördert seitdem frei fließend ein Iodid-reiches NaCl-Wasser mit geringen Erdgasmengen, die zu 91,8% aus Methan bestehen (Braumüller, 1959: 128f.). Somit verfügen die Kuranstalten über die BH 1, neun Struktur- und drei eigene Bohrungen (die übrigens häufig als „Quellen“ bezeichnet werden – „Johannisquelle“, „Parkquelle“ usw. – und in die Planbeilagen zum Wasserbuch der BH Steyr tatsächlich fälschlicherweise als Quellen eingetragen sind).

Die erschlossenen Aquifere sind kiesig-sandige Horizonte innerhalb der Oberen Puchkirchen-Formation. Eine Andeutung dieses Vorkommens ist im Modellprofil rechts unten als Kieslinse eingetragen (Grundwasserhorizont S1 *Formationswasser der Puchkirchner Serie*). Die beiden natürlichen Quellen schütten allerdings nach einem Kärtchen Braumüllers (1959) aus den Haller Basisschichten, die reich an Sandlagen sind (S2 *Formationswasser der Haller Basisschichten*). Goldbrunner (1984) sagt über diesen Aquifer nur, dass seine Eigenschaften noch wenig bekannt sind. Eine wesentliche Verbesserung der Kenntnis könnte es in zwei Bereichen geben: *Einerseits* durch eine Veröffentlichung von Ergebnissen der neuesten 3D-Seismik; *andererseits* durch längerfristige Analysenreihen. Letztere gibt es bisher nur von einzelnen Bohrungen. Ein Ergebnis daraus ist (nach Schmölzer 1954), dass zum Beispiel das J/Cl-Verhältnis mit

der Tiefe schwankt, statt gleichmäßig zu variieren, vermutlich entsprechend der Herkunft aus isolierten Speichern (Weber 1993). Neuere Analysen des Paracelsus-Instituts des Landes Oberösterreich an der Tassiloquelle ergaben, dass die Zusammensetzung des Wassers im Laufe eines Jahres schwankt, während im Vergleich die BH 1 1970, 1776 und 1981 praktisch gleiche Werte lieferte (Weber 1993: S. 51f.). Das hängt sicher mit der unterschiedlichen Tiefenlage der Aquifere zusammen.

Die Iodidgehalte der Bad Haller Heilquellen erreichen ca. 50 mg/l J^- . Zur Herkunft des Iodids (sowie des ebenfalls angereicherten Bromids) wird der Vollständigkeit halber nur gesagt, dass es sich aus der Zersetzung von mit dem Meerwasser im ehemaligen Sediment eingeschlossener organischer Substanz herleitet. Die Zusammensetzung der ursprünglichen Porenlösung verändert sich dadurch, bleibt aber immer dem Meerwasser ähnlich (NaCl-Wasser). Im Meerwasser ist nun wenig Iodid enthalten, aber es gibt Lebewesen, zum Beispiel Braualgen, die es extrem anreichern können. Da Erdölbildung die Zersetzung solcher Lebewesen beinhaltet, kommt Iodid auch häufig in Erdölwässern vor und wird auch als Standardparameter zu deren Charakterisierung verwendet.

4.3 GRUNDWASSER IN TALGEBUNDENEN TERRASSEN (GW-HORIZONT HT)

Die Hochterrassen führen reichlich Grundwasser aus höheren (stratigrafisch älteren) Stockwerken, das (1) auf einem älteren, von der Hochterrasse verborgenen Talniveau oder (2) aus einem Kluftaquifer seitlich in die Terrasse eintritt, oder (3) auf der Terrassenoberfläche versickert. Selten haben Quellen ihr Einzugsgebiet allein auf der Hochterrasse; ihre Schüttung ist dann sehr gering. Alle drei soeben genannten Fälle kommen wurden im Untersuchungsgebiet beobachtet:

GRUNDWASSEREINTRITT AUF EINEM HÖHEREN, VERDECKTEN TALNIVEAU

Das ist zum Beispiel auf der ganzen Südseite des Kremstales zwischen Kremsmünster und Rohr der Fall. Die sanften Abhänge waren früher vernässt, und unterhalb der Bahnstrecke gab es zahlreiche Quellen und Teiche. Heute wird dieses Wasser in Drainagen zum kanalisierten Aubach abgeleitet. Der Aubach „entspringt“ im Schlossteich zu Kremsegg, der von Quellen aus der Basis der Schlossterrasse gespeist wird. Wegen der Bedeckung der Hänge durch Fließerden ist der Hochterrassen-Sockel nur ausnahmsweise aufgeschlossen und die Quellen liegen oder lagen unterhalb des Sockelniveaus (ca. 430 m SH), wenn auch knapp oberhalb der Talsohle, und sind daher großteils Sekundärquellen (Typ L2). Daher wird ihr Wasser stellenweise von Schlierwässern beeinflusst (z.B. Entwässerung unterhalb Hof *Hacklmair*: E10E09).

Auf einem höherem Sockel (ca. 350 m SH), den die Hochterrasse verdeckt, liegen weiters Jüngere Deckenschotter (JDS), die führen, das sie teilweise wahrscheinlich ihrerseits wieder aus der KKG (Typ S3 *Kies-Konglomerat-Gruppe*, Basis ca. 370 m SH) beziehen. An der JDS-Basis liegen die teilweise drainagierten, teilweise für die Fischhaltung genutzten Quellen im Steinbachtal bei Fierling (E10Q17). Die JDS (und ihre glazialen Äquivalente) liegen südlich Fierling *auf* der KKG, um Fierling selbst aber auf tieferem Niveau *neben* denselben (Terrassenkreuzung). Die talgebundenen Vorkommen der JDS sind hydrologisch in der gleichen Position wie die Hochterrassen und werden daher mit diesen unter dem Begriff „talgebundene Terrassen“ subsumiert. (Auf die andere Erscheinungsform der JDS als ein Element der Hochfläche südlich von Bad Hall, wo sie die ÄDS teilweise überschüttet haben und einen schwebenden Grundwasserleiter bilden (Typ K2 *JDS/Schwebender Grundwasserkörper*), sind wir schon in **Kap. 4.1.3.2** eingegangen.)

GRUNDWASSEREINTRITT IN DIE HOCHTERRASSE AUS EINEM VERDECKTEN KLUFTAQUIFER

Im Sulzbachtal westlich Bad Hall gibt es drei übereinander liegende Quellniveaus, in denen Grundwasser austritt, das unter der ÄDS-Terrasse von Ranwalln (Grundwassertyp K1) in die Molasse eingesickert ist. Es alimentiert die im Tal vorgelagerte Hochterrasse (Typ HT), tritt auf tieferem Niveau als die Hochterrasse auch direkt aus Schlierklüften aus (Typ S4) und wird teilweise durch Hanglehne zum Austritt in Sekundärquellen gezwungen (Typ L2; vgl. **Kap. 4.2.1.1**). Ein Eintritt in die Hochterrasse direkt auf dem Basisniveau der ÄDS ist dort nicht möglich, weil die Hochterrassen-Oberfläche dieses Niveau gar nicht erreicht.

Im Kremstal ist die Situation um Kremsmünster mit der im Sulzbachtal vergleichbar: südlich des Ortes steigt zwar die Oberfläche der Hauptriss-Terrasse über das Sockelniveau der KKG an. Diese Hochterrasse wird aber nicht im erwarteten Ausmaß alimentiert, weil die Mindelmoräne teilweise direkt auf Molasse aufsitzt (Kohl, 1971: 86f.). Jedenfalls gibt es die ersten großen Quellaustritte im Kremstal erst in Kremsmünster. Hier könnte eine teilweise Weiterleitung von Grundwasser der KKG durch die Entfestigungszone unter den sanften Schlierhängen in die wenige Höhenmeter darunter beginnende Hochterrasse zu den kräftigen Quellaustritten an deren Fuß beitragen (Fischteiche des Stifts, Quellen bei der Schiedlmühle). Ein erstes (Haupt-)Quellniveau liegt dort in etwa 350 m SH, ein zweites knapp über der Talsohle in etwa 340 m SH ist das Sekundärniveau des ersten (vgl. Wieser 1967b).

Spätriss-Terrassen sind in Kremsmünster keine mehr ausgebildet, aber zwischen Kremsmünster und Wartberg sind sie der Hauptrissterrasse auf weite Strecken vorgelagert. Die Profile der RAG-Schusslinie 364, die wir für das Modell verwendet haben, zeigen einen vielleicht untypisch hohen Sockel der Hauptrissterrasse (388 m SH). Die Spätriss-Terrassenschotter liegen wesentlich tiefer und könnten ebenfalls über die Verwitterungszone mit Wasser versorgt werden. Außerdem scheinen sie wie die Grundmoräne an der Ostflanke abschnittsweise unter die Kremtalsohle zu reichen (vgl. KGK20). Auch das kann ein Grund für den Mangel an starken Quellaustritten sein und

andererseits die Talfüllung dotieren (z.B. artesisch gespanntes Grundwasser im Liegenden der Talfüllung links der Krems in Höhe des Zentraltanklagers; siehe **Kap. 4.4 Grundwasser in Talfüllungen**).

WIEDERVERSICKERUNG IN DER HOCHTERRASSE

Ein kleines Beispiel ist das Überwasser (Horizont K3) der Hausquelle der Gosenhub in Kremsmünster (E10Q01), das sofort wieder in einem Hochterrassen-Rest versickert, der gerade das Basisniveau der KKG an dieser Stelle erreicht. In Kremsmünster, im so genannten *Ursprung* nördlich des Stiftes, beginnt mit bachartigen Quellaustritten ein flaches Tal, das die Hochterrasse nach Osten durchzieht, bevor es steiler zur Krems hin abfällt. In dieser Senke versickert sicher ein Teil des Quellwassers und trägt zu den Quellen zum Beispiel der großen Quellnische bei der Schiedlmühle bei. Beim Abteufen eines Brunnens dort wurde 9.3 m mächtiger Quelltuff durchstoßen (Wieser 1983).

4.4 GRUNDWASSER IN TALFÜLLUNGEN (GW-HORIZONT RT)

Die Bezeichnung RT bedeutet „Rezente Talfüllung“. Es gibt kaum Anhaltspunkte, wie weit die Talfüllungen vor-rezente Anteile enthalten. Würmzeitliche Periglazialschotter werden aus dem Liegendsten der Füllung des Kremstales bei Wartberg beschrieben. Bei der Krems-Regulierung hat man dort einige Meter unter dem Talboden Eichenstämme entdeckt und in Analogie zu ähnlichen Funden im Donautal als postglazial interpretiert (Kohl, 1971).

4.4.1 KREMSTAL

Nördlich Wartberg sind in lateral und vertikal wechselnder Anordnung Kiese, Sande, Schluffe und Grundmoräne vertreten. Es gibt Beweise, dass man zumindest zwei Horizonte unterscheiden muss:

1. Ein seichtes Stockwerk, das vom Wasserspiegel der Krems beeinflusst wird: Bei Untersuchungen vor Errichtung eines Brunnens zur Wasserversorgung des RAG-Zentraltanklagers in Krift stellte man nahe dem rechten Talrand Grundwasser-Schwankungen fest, die den Wasserstand der Krems mit einem Tag Verzögerung nachzeichneten (RAG, 1967).
2. Gespanntes Grundwasser unter der Krems: Bei denselben Untersuchungen für den Brunnen des Zentraltanklagers hatte man links der Krems eine Sonde, aus der

3 l/min Wasser artesisch austrat. Der Versorgungsbrunnen der Fa. Greiner & Söhne in Kremsmünster (Betriebsareal knapp südlich des Orts) förderte Wasser aus einem Sandhorizont 22–26 m unter dem Talboden, das bis 3 m unter Gelände aufstieg. Während eines Pumpversuches versiegte ein Schlierbrunnen an westlichen Talhang (Wieser 1967b).

Die Talfüllung nimmt offenbar Wasser aus der Entfestigungszone des Schliers auf und dieses wird wegen lückenloser Abdichtung unter Lehmbedeckung des Hanges und mächtigen Schluffen in der Talfüllung sogar bis über das Niveau des Talbodens gespannt. Unterhalb von Kremsmünster ist die Talfüllung dagegen kiesig und führte früher Grundwasser bis knapp unter den Talboden, wodurch dieser dauernd versumpft war (Flurname *Au* östlich Kremsmünster). Die Regulierung der Krems in unserer Zeit führte zu Einschneidung und zu entsprechender Senkung des Grundwasserspiegels im Tal. Dadurch wurde landwirtschaftliche Nutzung möglich, man entfernte die Auwälder und legte Drainagen an (die oberhalb von Rohr sind im Luftbild sehr gut sichtbar). Die seitlichen Quellzuflüsse werden über den kanalisierten Aubach der Krems zugeleitet, ebenso der Schlederbach; der Steinbach ist im Talbereich unter die Erde verlegt. Trotzdem gibt es noch unterirdische Zuflüsse, zum Beispiel aus dem seichten Schwemmkegel des Kremseggerbaches (Wieser, 1967a).

4.4.2 SULZBACHTAL

Die Talfüllung ist großteils feinkörnig, nimmt Hangwasser nur teilweise auf und verursacht dadurch – wie in **Kap. 4.2.1** oben dargestellt – Stau- bzw. Verengungsquellen am Hangfuß (Horizont S4 *Junges Kluftgrundwasser*). Der Grundwasserkörper ist ungliedert, der Grundwasserspiegel generell frei (ungespannt). Am unteren Ende des Sulzbachtals ist die Talfüllung etwa 8 m mächtig und hat auf der Ostseite Verbindung mit Sandlagen im Robulus-Schlier, aus denen Schlierwasser in die Talfüllung gelangt, das sich mit dem Grundwasserbegleitstrom mischt (siehe **Kap. 4.2.3** oben).

5. ERGEBNISSE DER HYDROCHEMISCHEN UND HYDROPHYSIKALISCHEN UNTERSUCHUNGEN

Zur Methodik der Erhebung der Wasserspender sowie der Probenahme und Analytik, und zur Bedeutung der einzelnen Parameter für die Interpretation im Allgemeinen, kann hier nur mehr auf **Kap. 2.3** oben verwiesen werden. Zur Methodik der Klassifikation und Interpretation der Ergebnisse wird in den einleitenden Abschnitten der folgenden Unterkapitel das Notwendige gesagt. Ansonsten werden im Folgenden nur die Ergebnisse der hydrophysikalischen, hydrochemischen und isotopengeophysikalischen Messungen dargestellt und daraus Randbedingungen der Interpretation abgeleitet. Die Schlussfolgerungen im Sinne einer Klassifizierung und Charakterisierung der Grundwassertypen im Untersuchungsgebiet sind dann Gegenstand des abschließenden Kapitels (**Kap. 6**).

Die Datengrundlage der folgenden Überlegungen ist in einem Anhang beigegeben: **Anhang A** enthält die Objektdaten wie geographische Koordinaten oder Art des Wasserspender (die Kodifizierung der Objekte, die auch im Text häufig zur Bezugnahme verwendet wird, ist am Frontblatt erläutert); **Anhang B** tabelliert die Messdaten für diese Objekte. In die vorgenannten Tabellen (Anhänge A und B) sind zudem Trinkwasser-Kontrolluntersuchungen aufgenommen: Alle Datensätze mit Datum vor November 1996 stammen aus entsprechenden Messprotokollen. **Anhang C** enthält schließlich die Begründung und **Anhang D** zuletzt das repräsentative Ergebnis der Auswahl, Klassifizierung und ggf. Gruppierung der untersuchten Wasserspender. Demnach wurden letztlich 126 ausgewählte Datensätze, häufig Mittelwerte von wiederholten Messungen oder über Gruppen von Wasserspendern, sowie zur abschließenden Interpretation sowie zur Ausfertigung von **Verteilungskarten** herangezogen. Diese auf GIS-Basis (mit Hilfe des Computerprogramms ArcGIS von ESRI) ausgearbeiteten Karten sind im Folgenden zur Illustration in die Darstellung eingearbeitet. Als Grundlage dient hierbei immer die vereinfachte geologische Karte wie **Abb. 18** (siehe Pkt. 4, Einleitung): Die Randleiste mit den Farben und Abkürzungen für die stratigrafischen Einheiten entsprechen der dortigen Legende. Die Objektcodes sind aus **Abb. 20** (oder **Beilage 3**) ersichtlich und werden in den Verteilungskarten nicht wiederholt; in Kurzform angegeben sind hingegen die Grundwasserentnahmehorizonte.

Bei Klassifizierung der Wasserspender auf Basis der hydrophysikalisch-chemischen Eigenschaften wurde in manchen Fällen von der geologisch begründeten Klasseneinteilung in Grundwasserhorizonte abgewichen. In diesen Fällen wurden auch neue Abkürzungen eingeführt (z.B. „Fy“ für Flyschzone). Jedenfalls sind bei einer Bezugnahme auf einen (**Grundwasser-), „Typ“** immer auf eine hydrochemisch begründete Klassifizierung abgestellt. Letztlich hat es sich jedoch – das sei vorweggenommen – als nicht zielführend erwiesen, die geologische mit einer hydrochemischen Klassifizierung zu überlagern bzw. zu verschneiden; dazu sind die Möglichkeiten, auf Basis der gewonnenen Ergebnisse mehr als eine grobe Gliederung in zwei oder drei deutlich unterscheidbare Grundwassertypen einzuführen, zu gering. Es war sinnvoller, die ursprüng-

lichen Spekulationen über Fließsysteme empirisch zu untermauern, wozu auch einfache Unterscheidungen bessere Dienste als komplexere statistische Analysen leisten konnten. Auf diese Weise konnten die bereits erkannten Grundwasserhorizonte und ihre Verknüpfungen für alle praktischen Fragestellungen (die schließlich als Ausgangspunkt dieser Arbeit im Vordergrund stehen sollten) durchaus hinreichend charakterisiert bzw. abgesichert werden.

5.1 HYDROPHYSIKALISCH-CHEMISCHE PARAMETER

Hydrophysikalische Parameter sind Farbe, Trübung, Wassertemperatur und elektrische Leitfähigkeit. Im weiteren Sinne gehören dazu auch die stabilen Isotope Deuterium, Tritium und Sauerstoff-18, weil sie gewisse Eigenschaften des Wassers selbst, unabhängig von chemischen Prozessen, charakterisieren. Messungen der stabilen Isotope Tritium und Sauerstoff-18 werden allerdings erst (als „isotopengeophysikalische“ Methoden bezeichnet) in **Kap. 5.2** besprochen. Zu den *hydrochemischen* Parametern zählen neben den Wasserinhaltsstoffen die komplexen Messgrößen *pH* und *Redoxpotential*, die in allgemeiner Weise die Art charakterisieren, in der im untersuchten Wasser Säure-Base- bzw. Redoxreaktionen stattfinden können.

Im vorliegenden Kapitel werden nun der Reihe nach diejenigen hydrophysikalischen und hydrochemischen Parameter besprochen, die zur Charakterisierung der angetroffenen Grundwasser-Typen sinnvoll herangezogen werden können, und die Verteilung der Werte auf die verschiedenen Kategorien von Grundwasserleitern mit Diagrammen aus der explorativen Statistik illustriert. Dabei hat sich vor allem der *Box-and-Whisker-Plot* zur Beurteilung der Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den bereits gebildeten Kategorien bewährt, weil er eine gute Vorstellung von der Werteverteilung einer Datenmenge vermittelt und gleichzeitig sofort Datensätze mit extremen Werten erkennen lässt. Der „Kasten“ in jedem Boxplot zeigt die drei Quartilwerte an: die untere und obere Kante den 25- bzw. 75%-Perzentilwert, der starke waagrechte Strich den 50%-Perzentilwert (Median). Die Querbalken an den Enden der senkrechten Linie (*Whisker*) bezeichnen die höchsten und niedrigsten Werte, die keine Ausreißer oder Extremwerte sind. *Ausreißer* und *Extremwerte* liegen 1,5–3,0 bzw. > 3,0 Kastenlängen von den nächstgelegenen Rändern des Kastens entfernt und werden mit kleinen Kreisen bzw. Sternen, und in unseren Diagrammen mit den Kurzbezeichnungen der jeweiligen Fälle gekennzeichnet. Die beigegebenen Boxplot- und Streudiagramme sind mit dem Programm SPSS 7.0 erstellt (Janssen & Laatz 1997).

Ein Problem bei der Bearbeitung, das nicht verschwiegen werden soll, lag in der Heterogenität des vorliegenden Zahlenmaterials: Deren Ursache liegt im Aufbau der Untersuchung aus mehreren Kampagnen, während die nötigen Erfahrungen mit den analytischen Mitteln erst mit der Zeit gewonnen werden mussten (z. B. Geräteabhängigkeit der Nitratwerte); darüber hinaus ergab sich im Laufe der Untersuchung, dass es sinn-

voll war, weitere, in das anfängliche Programm nicht aufgenommene Parameter zu bestimmen. Den analytischen Wert des Datenmaterials konnten wir durch Kontrollmessungen an Standardlösungen erhöhen (insbesondere sind alle Nitratwerte korrigiert), nicht jedoch die fehlenden Daten zu einzelnen, anfänglich nicht bestimmten Parametern ersetzen. Letzteres behinderte die statistische Untersuchung; daher bestand die Klassifizierungsmethode in einer Durchsicht der Tabellen auf Regelmäßigkeiten und Zusammenfassung verschiedener Wasserspender zu Gruppen, unterstützt durch eine explorative statistische Analyse anhand von 126 ausgewählten Datensätzen (**Anhang D**).

Eine rein statistische Auswertung sowohl des gesamten Materials als auch der in Anhang C enthaltenen Auswahl wurde in Form einer **Clusteranalyse** versucht. Diese Methode führte im vorliegenden Fall jedoch nicht zu besseren Ergebnissen, als durch bloße Begutachtung der Messdaten gewonnen werden konnte, und zwar vermutlich aus drei Gründen:

1. Einige zur Gruppenbildung geeignete Parameter (E_H , O_2 , Si) fehlen aus oben angedeuteten Gründen in vielen Datensätzen, sodass die Anzahl Datensätze, die alle geeigneten Parameter enthält, zu gering ist.
2. Einige wesentliche Parameter (NO_2 , NH_4 , Fe, Mn) können aus statistischen Gründen ausgeschlossen werden, weil ihr Wert sehr häufig = 0 ist: Solche Variablen (bzw. allgemein konstante Merkmale) sind in einer Clusteranalyse nicht trennungswirksam (Backhaus et al. 1996: S. 314).
3. Die chemischen Eigenschaften der untersuchten Grundwässer (abseits der Flyschzone) schwanken nicht sehr stark, sodass – vom Konzept der Fließsysteme ausgehend – von wahrscheinlichen sowie erkennbaren Trends ausgegangen werden muss. Es hat zudem wenig Sinn, die geologisch gut umgrenzten Vorkommen zum Beispiel im Hügelland der Mindelmoränen wiederum in einige chemische Untertypen einzuteilen, wenn man gerade das Auftreten kleinerer, teilweise isolierter Grundwasserleiter zur *allgemeinen* Charakterisierung heranziehen kann.

Trotz der Heterogenität sowohl der Grundwasserverhältnisse selbst als auch des Datenmaterials können wir eine sinnvolle Interpretation vorlegen, die in erster Linie dazu dient, die im ersten Berichtsteil ausgeführte, im wesentlichen geologisch begründete Abgrenzung von Grundwassertypen zu unterstützen. Wir besprechen demgemäß diejenigen Parameter, die Wesentliches zur Klassifizierung beigetragen haben. Daher findet sich im folgenden etwa kein Abschnitt zu den pH-Werten. Das Säurebindungsvermögen (SBV) und die Karbonathärte (KH) gehen hauptsächlich über den Parameter Nichtkarbonathärte ($NKH = GH - KH$) in die Diskussion ein, der Ca-Gehalt über das Mg/Ca-Verhältnis. Die Gesamthärte (GH) ist einerseits mit der elektrischen Leitfähigkeit (LF) eng verknüpft und andererseits auch durch die Rechenwerte Mg/Ca und NKH vertreten.

5.1.1 WASSERTEMPERATUR (WT)

Daten zur WT sind in die Tabellen, mit denen später die einzelnen Grundwassertypen charakterisiert werden, nicht aufgenommen worden, weil die Erfahrung gezeigt hat, dass sie wenig zur Unterscheidung zwischen diesen Typen beitragen. Allerdings können die Winter- und Sommertemperaturen auf zwei mögliche Einflüsse hinweisen:

1. Temperaturlausgleich mit der Bodendecke bei Einsickerung in Deckschichten;
2. Einmischung von Hang- oder Sickerwasser.

Das Boxplot-Diagramm **Abb. 21** unten verdeutlicht, dass die Wassertemperatur in den untersuchten Brunnen nur wenig um die im mitteleuropäischen Flachland übliche Durchschnittstemperatur von 10°C schwankt. Die geringen systematischen Unterschiede zwischen den Grundwassertypen der günz- und mindelzeitlichen Sedimentkörper (M- und K-Typen) sowie der Molasse (Typ S3) sind durch den zeitlichen Fortschritt der Untersuchung in Richtung M2+M1 → K4+K3 → K2+K1+S3 bedingt. Wesentlich auffälliger als bei den übrigen Wasserspendern – und in **Abb. 21** durch eine blaue Linie verdeutlicht – sind diese zeitlich bedingten Unterschiede bei den Quellen, sodass immerhin die größere Schwankungsbreite der WT der Quellwässer im Vergleich zu derjenigen der Brunnenwässer zum Ausdruck kommt, dazu noch der Kälteeinfluss im Winter 96/97 auf das seichte Grundwasser der Mindelmoräne (Typ M2) im Vergleich zu den tieferen Grundwasser-Vorkommen des Typs M1.

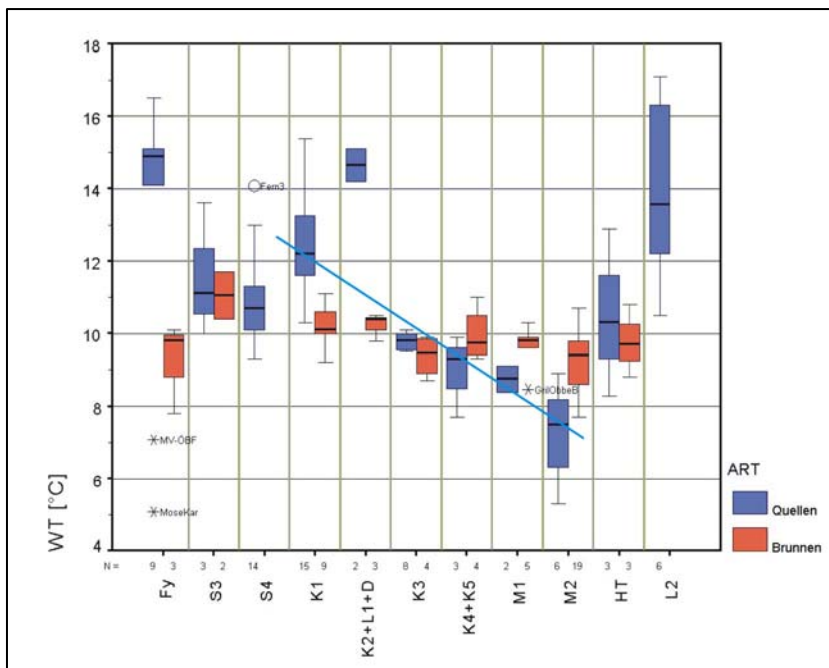


Abb. 21 – Verteilung der Wassertemperatur-Werte auf die untersuchten Quell- und Brunnenwässer, getrennt nach Grundwassertyp (Boxplot-Diagramme). Die blaue Linie verdeutlicht den Anstieg der WT an Quellen mit Grundwasser der quartären Sedimente von Winter- zu Sommerwerten mit dem Fortschritt der Untersuchung zwischen Ende 1996 und Herbst 1997. Tatsächlich liegen die mittleren WT auch in diesen Fällen sicher um 10°C wie die Brunnenwässer. – Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze).

Eindeutige Abweichungen von der insgesamt gleichförmigen Verteilung der WT-Werte um den Mittelwert von 10°C liefern (1) die Quellen und seichten Brunnen des bewaldeten Berglandes des Flyschzone (D16Q01 *MV-ÖBF*, E15B01 *MoseKar*), sowie (2) die Quellen und Entwässerungen mit Grundwasser aus Deckschichten (Grundwassertypen Fy[Q], K2+L1+D, L2), das im Sommer 1997 WT-Werte um 14°C annimmt.

Wir fassen das Gesagte in folgenden Punkte zusammen:

- Die WT von Grundwasser nördlich der morphologischen Flyschzone und ohne längere Aufenthaltsdauer in Deckschichten schwankt um den Mittelwert von etwa 10°C, und zwar in Brunnen nur wenig ($\pm 1^\circ\text{C}$), in Quellen und Entwässerungen wesentlich stärker (durchschnittlich $\pm 2^\circ\text{C}$, in Extremfällen $\pm 4^\circ\text{C}$).
- Seichtes Grundwasser der morphologischen Flyschzone unter Waldbedeckung weicht von der genannten Verteilung zu geringeren Werten ab (im Winter um 6°C).
- Grundwasser in Deckschichten oder mit erzwungener Aufenthaltsdauer unter Hanglehmen (Typ Fy[Q], K2+L1+D, L2) erreicht im Sommer 1997 WT-Werte zwischen 14 und 16°C.

5.1.2 LEITFÄHIGKEIT (LF) UND GESAMTHÄRTE (GH)

Abb. 22 illustriert, dass die beiden Parameter LF und GH recht gut korrelieren und daher nicht beide zur Differenzierung zwischen einzelnen Grundwassertypen herangezogen werden müssen. Die weitere Diskussion führen wir daher anhand der LF: Die Werteverteilung, getrennt nach Grundwasserhorizonten, geht aus **Abb. 23** hervor; eine Klasseneinteilung dieser Werte sowie die räumliche Verteilung dieser Klassen im Untersuchungsgebiet sind in der Karte **Abb. 24** dargestellt. Die Verteilungen der LF-Werte in den verschiedenen Horizonten über den gesamten Schwankungsbereich überlappen zumeist sehr stark, die Wässer der Flyschzone stehen von den anderen jedoch eindeutig ab. Man kann daher zumindest zwei Klassen schon aufgrund der LF unterscheiden:

1. Das Grundwasser der Flyschzone (Fy) ist gering mineralisiert; 50% der LF-Werte liegen zwischen 400 und 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
2. Die anderen Grundwassertypen haben LF-Werte zwischen 600 und 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, wobei die Werteverteilungen stark überlappen. Innerhalb der Sedimentstapel im Osten (Hochfläche der Älteren Deckenschotter; ÄDS) und Westen (Mindelmoräne und deren Untergrund) des Untersuchungsgebietes scheint die Mineralisierung des Grundwassers mit tieferer stratigrafischer Position etwas zuzunehmen. Die Hochterrasse (HT) fügt sich als letztes Glied in diese Reihe, da sie hydrologisch von den Grundwasserleitern der älteren Formationen abhängt.

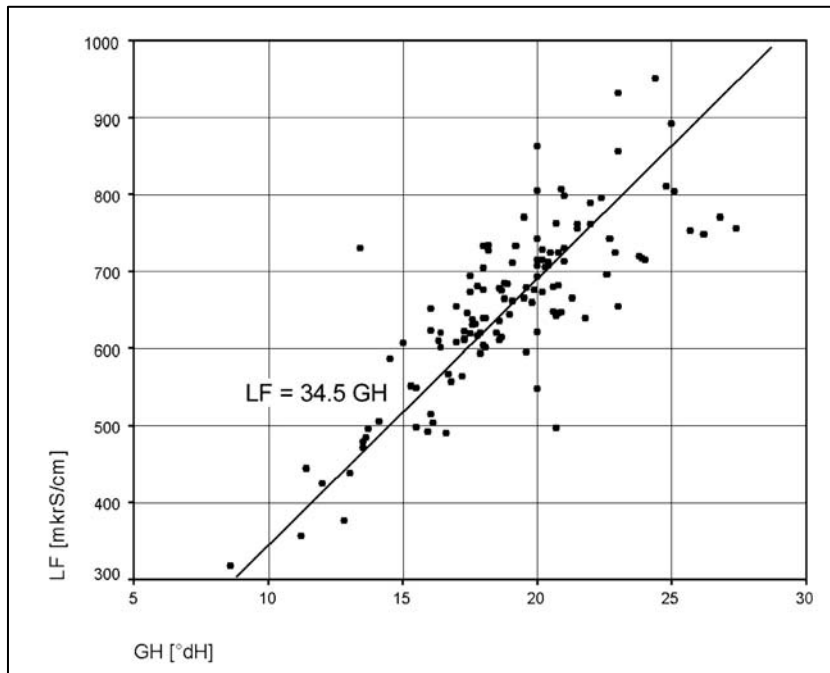


Abb. 22 – Korrelation zwischen Gesamthärte und elektrischer Leitfähigkeit der untersuchten Grundwässer. Eine Regressionsgerade ist zusammen mit ihrer Gleichung eingetragen; der Korrelationskoeffizient nach Pearson beträgt 0,80. – Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze).

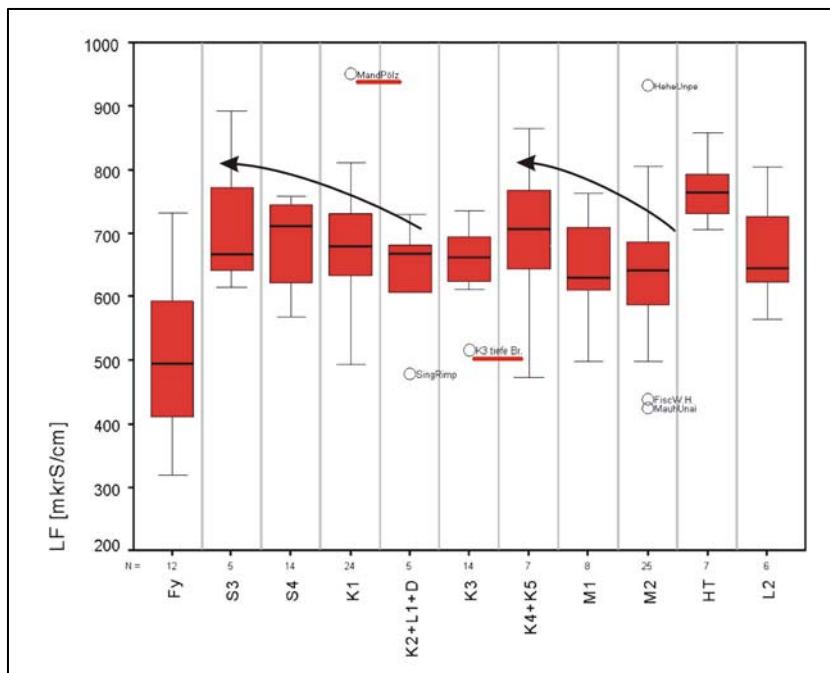


Abb. 23 – Verteilung der Werte für die elektrische Leitfähigkeit der untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp (Boxplot-Diagramme). Die schwarzen Pfeile verdeutlichen den leichten Anstieg der LF mit zunehmender tieferer stratigraphischer Position der Grundwasserleiter in den Quartär-sedimenten und deren Molasse-Untergrund. Rot unterstrichen sind zwei Ausreißer, die im Text gesondert besprochen werden. – Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze).

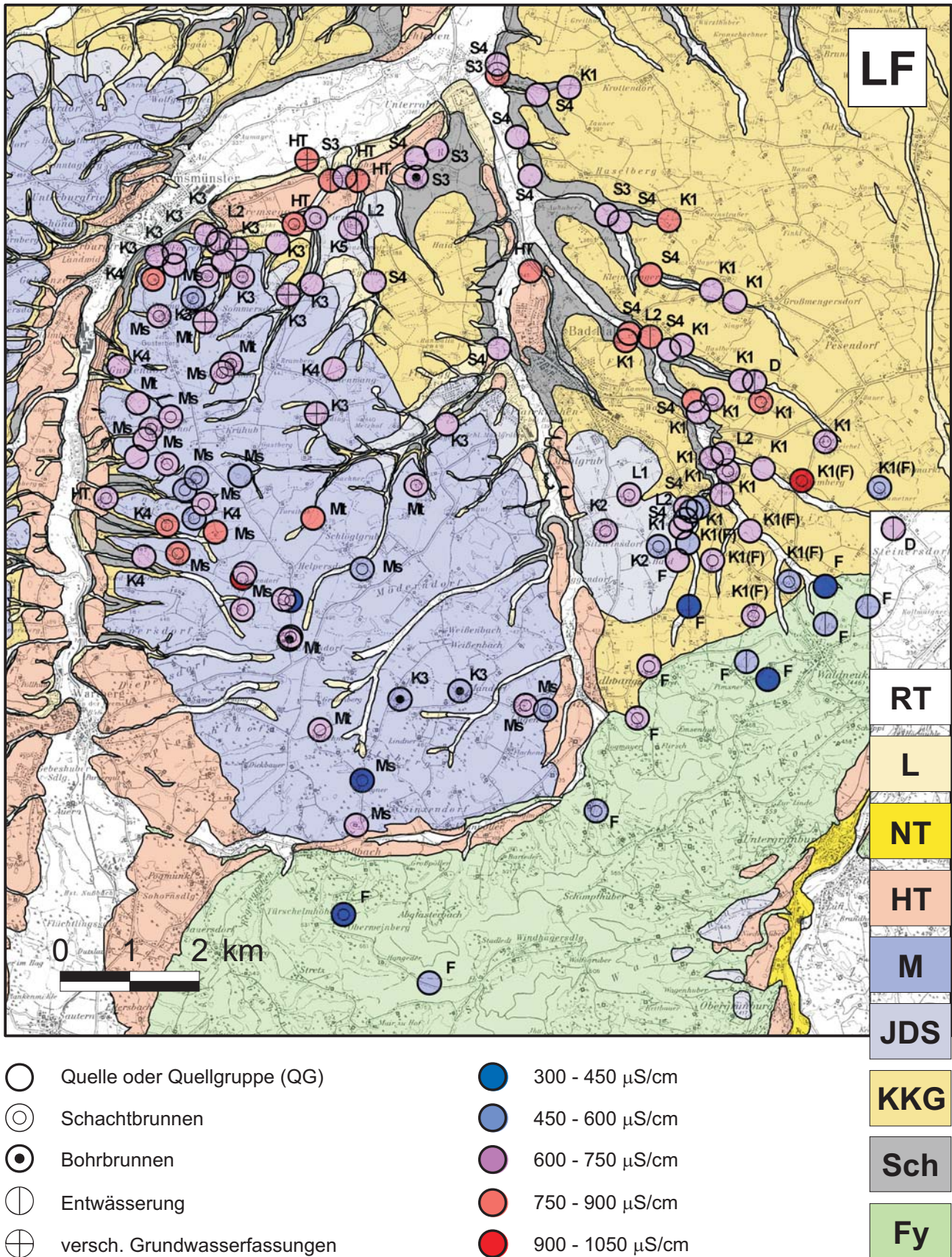


Abb. 24 – Verteilung der LF-Werte auf die untersuchten Wasserspender. Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze häufig Mittelwerte über Gruppen von Wasserspendern, Quellgruppen vor allem). Die Klassen sind unter Einschluss der oberen Grenze zu verstehen.

Auf zwei Objekte mit Extremwerten soll speziell hingewiesen werden:

1. *MandPölz* (B12B01) fällt durch einige Extremwerte auf und lässt – wie auch *ZehheSchm*: C12B04 – an die Möglichkeit denken, dass einzelne Stellen mit relativ hoher vertikaler Durchlässigkeit oder einzelne Verschmutzungsquellen dafür verantwortlich sind, dass die höchsten NO_3 -Gehalte im Untersuchungsgebiet (knapp unter 100 mg/l) auf einige eng begrenzte Umgebungen beschränkt sind (Genaueres in **Kap. 4.1.3.1 Grundwasser der ÄDS i.e.S.**).
2. *K3 tiefe Br.* (E11B03, D14B01-B02) sind einige Zehnermeter tiefe Brunnen mit Wasser aus der Kies-Konglomerat-Gruppe (KKG), das dadurch auffällt, dass es im Vergleich zu den Wässern aus den Randbereichen desselben Grundwasserleiters geringer mineralisiert und nicht oder kaum NO_3 -belastet ist. Dieses Grundwasser kann zumindest teilweise im südlichsten Teil der Moränenhügel infiltrieren, in dem chemisch ähnliche Wässer nahe der Oberfläche vorkommen, und während des Abfließens in Richtung auf die (nördlichen) Ränder des Grundwasserleiters mit stärker verschmutzten seichteren Wässern angereichert werden.

Auf Fragen der Infiltration im südlichen Teil der Mindelmoräne und auf die Frage, ob aus der Flyschzone eindringendes Grundwasser in diesem Bereich eine Rolle spielt, wird in **Kap. 5.2 Isotopengeophysikalische Untersuchungen** noch eingegangen.

5.1.3 REDOXPOTENTIAL (E_H) UND GELÖSTER SAUERSTOFF (O_2)

Auch die nach Grundwassertypen gesonderten Verteilungen der E_H -Werte lassen sofort zwei Klassen erkennen (**Abb. 25**):

1. Das *Porengrundwasser der Molasse* (Typ S3) zeichnet sich durch niedrigen E_H jedenfalls < 50 mV aus. Dem entsprechen bis 4,0 mg/l sinkende O_2 -Gehalte.
2. Die Werteverteilungen für die restlichen Grundwassertypen überlappen stark, lassen aber auch (wie schon bei der LF) eine Änderung – in diesem Fall eine Abnahme – mit tieferer stratigrafischer Position erkennen, wobei die oft sowohl aus quartären als auch Molasse-Aquiferen versorgten Grundwasserleiter des Typs HT *Hochterrasse* und L2 *Hangwasser und Sekundärquellen* E_H -Werte zwischen denen der Herkunftstypen annehmen. Besonders interessant ist der Unterschied zwischen den beiden Molassetypen S3 und S4: das *Junge Kluffgrundwasser der Molasse* (Typ S4) schließt sich an die Grundwässer der Quartärsedimente an.

Die räumliche Verteilung hoher und niedriger E_H -Werte (eingeteilt in fünf Klassen) über das Untersuchungsgebiet wird in **Abb. 27** (S. 128) gezeigt.

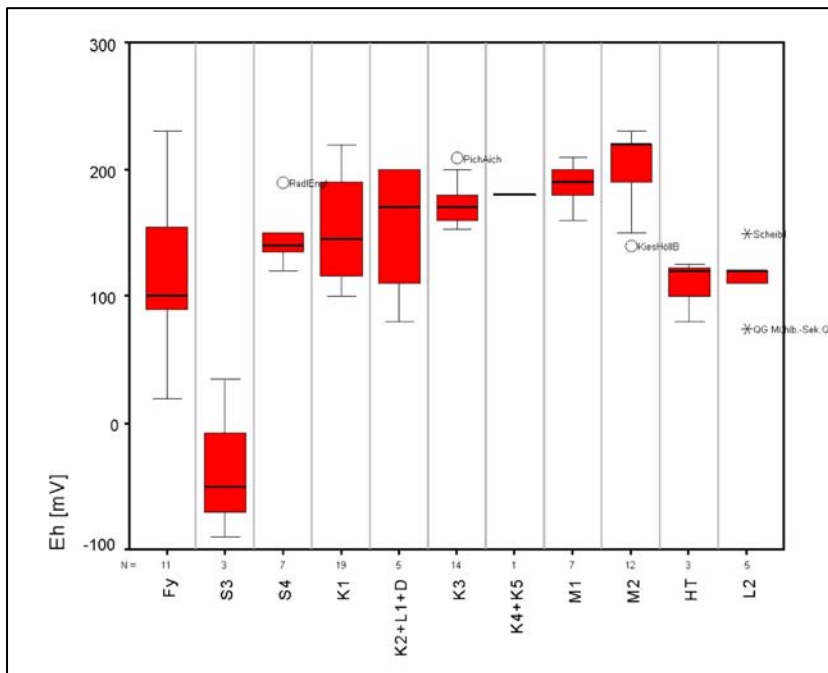


Abb. 25 – Verteilung der EH-Werte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp (Boxplot-Diagramme). Die angegebenen Redoxpotential-Werte sind vom Gerät direkt abgelesen und nicht um die Standardspannung der Referenzelektrode korrigiert (mit Ag/AgCl-Elektrode und 10°C: Addition von etwa 220 mV). – Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze).

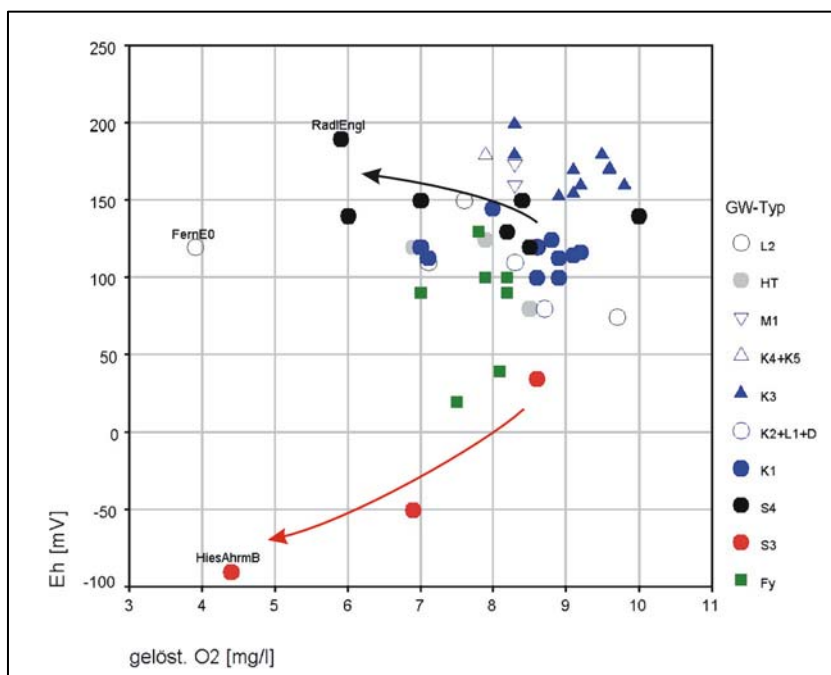


Abb. 26 – Streudiagramm des EH gegen die Konzentration des gelösten O₂ der untersuchten Grundwässer. Die Farbgebung der einzelnen Datenpunkte folgt der Einteilung in Grundwassertypen. Die beiden Pfeile verdeutlichen die Entwicklungsmöglichkeiten des Grundwassers nach Eindringen in die Molasse (schwarz: Typ S4; rot: Typ S3). – Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze).

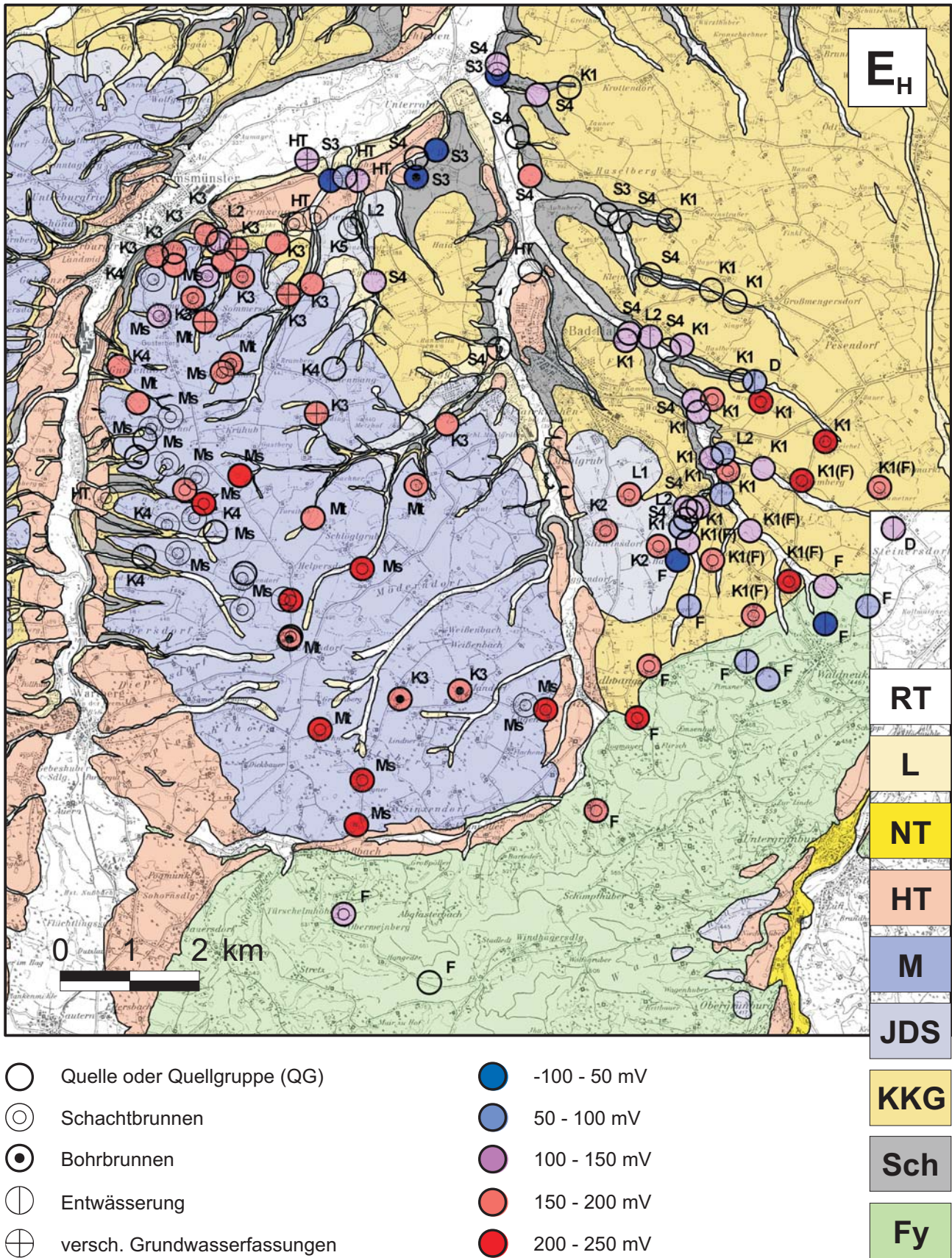


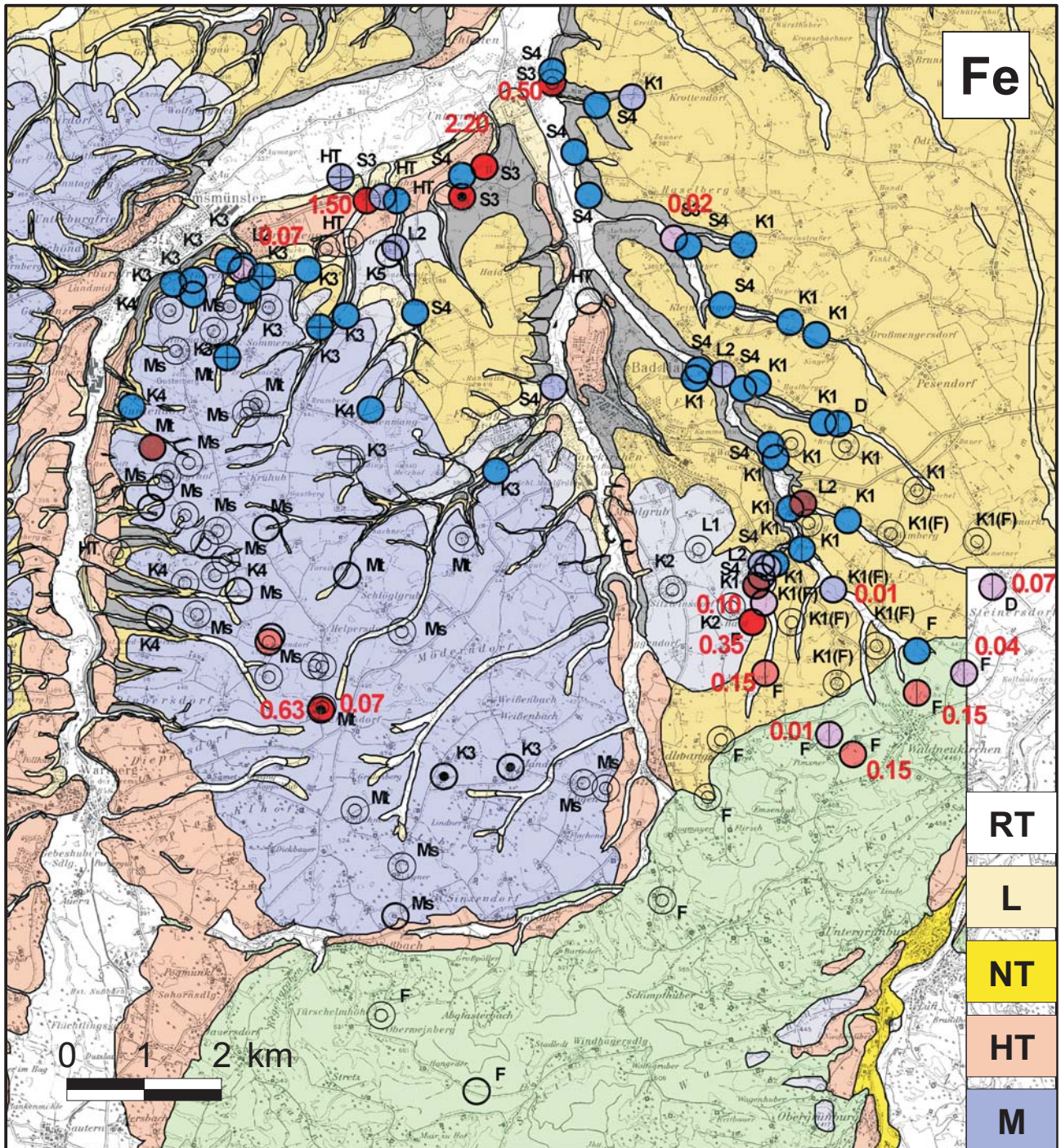
Abb. 27 – Verteilung der Redoxspannung auf die untersuchten Wasserspender. Die Klassen sind unter Einschluss der oberen Grenze zu verstehen. Die genannten Werte sind die am Gerät abgelesenen (der E_H geht daraus eigentlich erst durch Addition der Standardspannung der Referenzelektrode, bei 10°C etwa 220 mV, hervor). – Datengrundlage: **Anhang D** (126 ausgewählte Datensätze; häufig Mittelwerte über Gruppen von Wasserspendern, insbesondere Quellgruppen).

Wasser in Kontakt mit Luft-Sauerstoff nimmt in der Regel hohe E_H -Werte an, die praktisch allein vom Gehalt an gelöstem O_2 abhängen. Bei O_2 -reichem Wasser deckt sich daher meist die Aussagekraft einer O_2 -Messung mit der einer E_H -Messung. Das Verhältnis der beiden Parameter kann im vorliegenden Fall jedoch zur chemischen Gruppierung der untersuchten Grundwässer beitragen, wie das Streudiagramm **Abb. 26** oben illustriert. Darin sind die Entwicklungsmöglichkeiten des Grundwassers der Molasse bezüglich der Parameter E_H und O_2 durch Pfeile verdeutlicht. Man kann daraus folgende zusammenfassende Aussagen ableiten:

- Das Grundwasser im Quartär des Moränen-Hügellandes (Typ M1, M2, K3, K4, K5) hat O_2 -Gehalte nahe an der Sättigungsgrenze, und E_H -Werte > 150 mV.
- Grundwasser vom Typ K1 *Ältere Deckenschotter* und das von diesen abgeleitete Grundwasser des Typs S4 *Kluftgrundwasser der Molasse* haben etwas geringere E_H - und O_2 -Werte als die vorhin genannten ($E_H < 150$ mV).
- Im *Kluftgrundwasser der Molasse* (Typ S4), das sich ja größtenteils von Grundwasser der bisher genannten, darüber liegenden Stockwerke ableitet, liegen die E_H -Werte im gleichen Bereich, aber es kann der O_2 -Gehalt (bis etwa 6,0 mg/l) sinken – das heißt: Sauerstoff vermutlich mikrobiotisch verbraucht werden – ohne dass der E_H -Wert ebenfalls sinken muss.
- Im *Porengrundwasser der Molasse* (Typ S3), das nach Einsickern aus dem darüber liegenden Quartär in weitgehend isolierten Grundwasserleitern langsam abfließt, können Mikroorganismen zuerst O_2 verbrauchen und danach weiteren Sauerstoff aus NO_3 und schließlich sogar aus SO_4 gewinnen, wobei letztlich H_2S entsteht (in einem Fall nachweisbar: D10B02). Natürlich können O_2 und NO_3 nahe an der Erdoberfläche wieder hinzutreten, sodass die hier eingeordneten Wässer selten ganz frei davon sind (D10B02; vgl. **Pkt. 5.1.6**). Der E_H dieser Grundwässer sinkt jedoch mit deren O_2 -Gehalt (bis etwa -100 mV bei 4 mg/l O_2 : siehe D09B01).

5.1.4 EISEN UND MANGAN (FE, MN)

Gehalte an Fe und Mn sind häufig in Grundwasser festzustellen, für das längere Verweilzeiten in Gesteinen der Flysch- oder Molassezone angenommen werden kann. Diese chemischen Parameter waren daher nützlich, wenn es darum ging, die Beziehung eines Grundwassers zum prä-quartären Untergrund zu beurteilen. Es ist jedoch nicht sinnvoll, die erkannten Zusammenhänge auch in diesem Fall durch Diagramme der explorativen Statistik zu illustrieren, weil die beiden Variablen sehr häufig Nullwerte annehmen. Stattdessen muss auf die Tabellenanhänge und die Verteilungskarte der klassifizierten Werte, **Abb. 28**, verwiesen werden.



- | | | | | |
|-------------|--|---|---------------------------------------|-----|
| ○ | Quelle oder Quellgruppe (QG) | ● | nicht nachweisbar | JDS |
| ⊙ | Schachtbrunnen | ● | nachweisbar (bei QG: stellenw. vorh.) | KKG |
| ⊗ | Bohrbrunnen | ● | vorhanden (< 0,1 mg/l Fe) | Sch |
| ⊖ | Entwässerung | ● | reichlich (Max. < 0,3 mg/l Fe) | Fy |
| ⊕ | versch. Grundwassersfassungen | ● | reichlich (Max. > 0,3 mg/l Fe) | |
| 0.15 | festgestellte Maximalkonzentration (mg/l Fe) | ● | MN, nicht jedoch Fe nachweisbar | |

Abb. 28 – Verteilung der Fe-Konzentrationen auf die untersuchten Wasserspender (qualitative Klassifikation). Wo Mn und Fe nicht, wie üblich, gemeinsam auftreten, sind Mn-Gehalte gesondert berücksichtigt. "Vorhanden" und "reichlich" bedeuten, dass regelmäßig, nicht nur zeit- oder stellenweise, Konzentratione < bzw. > 0,1 mg/l Fe zu beobachten sind. Die roten Zahlen geben die am jeweiligen Ort festgestellte Fe-Maximalkonzentration (mg/l Fe) an. – Datengrundlage: **Anhang C.**

Folgende generelle Aussagen sind möglich:

- Wirklich typisch sind höhere Fe- und Mn-Gehalte für *Porengrundwasser der Molasse* (Typ S3) und teilweise auch Grundwasser der *Flyschzone* (Typ Fy). Dabei werden nicht selten die Trinkwasser-Grenzwerte (bei geogener Ursache 0,3 mg/l Fe, 0,1 mg/l Mn) überschritten, allerdings mehrheitlich in Drainagewässern (die aber häufig früher am jeweiligen Ort natürlich ausgetretenes Grundwasser enthalten). Hohe Fe- und Mn-Gehalte gehen bei diesen Grundwassertypen mit niedrigen E_H -Werten < 50 mV Hand in Hand (O_2 -Gehalte um 8,0 mg/l können durch Luftzutritt vor der Quellaustrittsstelle zustande kommen).
- Grundwasser vom Typ S4 *Kluftgrundwasser der Molasse* oder HT *Hochterrasse* oder L2 *Hangwasser und Sekundärquellen* kann von Grundwasser der vorgenannten Art beeinflusst sein und daher ebenfalls Fe und Mn führen, zumeist an der Nachweisgrenze der verwendeten Tests. Am ehesten ist dies bei *Hangwasser* (Typ L2) der Fall, das meistens durch Entwässerungen abgeleitet wird. Die Eisenkrusten an den Entwässerungsrohren sind ggf. sehr auffallend.
- Das Grundwasser der Kiese und Konglomerate über dem Flysch-Molasse-Untergrund (Typ K1, K3) ist im allgemeinen Fe- und Mn-frei. Ausnahmen bilden nur vereinzelte Quell- und Drainagewässer aus ÄDS über Flyschgesteinen (C12Q11; C12-E06 – diese Probe vom August 1997: 0,1 mg/l Fe bzw. 0,03 mg/l Mn).

Aus Grundwasser der *Mindelmoräne* (Typ M1, M2) waren Informationen über erhöhte Fe- und Mn-Gehalte nur aus Trinkwasser-Kontrolluntersuchungen zu erhalten. Das eigene Datenmaterial (das im Fall der Mindelmoräne zum Großteil aus den Anfängen der Untersuchung stammt, als diese beiden Parameter noch keine Berücksichtigung fanden) lässt den Schluss zu, dass die entsprechenden Wässer aus den *nördlichen Ausläufern* der Mindelmoräne *frei* von Fe und Mn sind.

Der Fall des heute aufgelassenen Bohrbrunnens *PeseSchm* (E14B01b), der 1992 stark gespanntes Grundwasser mit Fe- und Mn-Gehalten lieferte (0,63 mg/l Fe bzw. 0,17 mg/l Mn), welche die zulässigen Höchstkonzentrationen der beiden Metalle um mehr als das dreifache überstiegen, zeigt, dass sich reduzierende Bedingungen auch in isolierten Bereichen der Mindelmoräne entwickeln können, wo wahrscheinlich Tone mit reichlich organischer Substanz vorhanden sind. Vohryzka (1993: S. 5) stellte tatsächlich organischen Detritus in den zur Wasseruntersuchung gezogenen Proben fest; das Fe muss dagegen aus Silikaten stammen (Kristallingeschiebe).

5.1.5 CHLORID (CL)

Die Cl-Gehalte der verschiedenen Grundwassertypen lassen – trotz regionaler Unterschiede gemäß **Abb. 29** – tatsächlich keine klare Differenzierung erkennen, solange man nicht zwischen Brunnen- und Quellwässern unterscheidet: Das Diagramm

Abb. 30 enthält die Mittelwerte jeder Gruppe \pm deren Standardfehler. Aufgrund des Diagramms scheinen zunächst folgende Aussagen möglich, die allerdings anschließend wesentlich eingeschränkt werden müssen:

- Brunnenwässer aus den quartären Sedimentstapeln des Moränen-Hügellandes (Typ K3, K4, M1, M2) und der Deckenschotter-Hochfläche (Typ K1) haben vergleichbare Cl-Gehalte, mehrheitlich von 10–20 mg/l.
- Quellwässer aus den ergiebigen Stockwerken der Kies-Konglomerat-Gruppe (KKG) und der Älteren Deckenschotter (ÄDS) scheinen signifikant höhere Cl-Gehalte als entsprechende Brunnenwässer zu haben.
- Grundwässer der tieferen Stockwerke (Typ S3, S4) und der von ihnen beeinflussten Grundwasserleiter (Typ HT, L2) erreichen Cl-Werte von durchschnittlich um die 20 mg/l, auch die aus Brunnen geförderten.
- Der geringe Cl-Gehalt von Grundwasser der Flyschzone (in der Regel < 10 mg/l) entspricht dessen geringer Mineralisierung.

Da Cl ein sehr konservativer Wasserinhaltsstoff ist, der seine Konzentration kaum ohne Mischung mit Wasser anderer Zusammensetzung ändern kann, scheint dieses Ergebnis unseren Vorstellungen von den hydrologischen Abhängigkeiten der verschiedenen Grundwassertypen untereinander zu widersprechen (warum enthält zum Beispiel Grundwasser des Typs S4 so viel mehr Cl als Brunnenwasser des Typs K3, von dem es sich ja herleiten sollte?).

Tatsächlich sind die aufgezählten Tendenzen teilweise vom zeitlichen Ablauf der Quellkartierung bedingt, da diese erst wesentlich später als die Brunnenerhebung gegen Osten in das Gebiet der ÄDS-Hochfläche ausgedehnt werden konnte. Für die Grundwassertypen Mt und GW-Typ K1 (**Anhang C, Tab. C2 bzw. C4**) sind diese jahreszeitlichen Verschiebungen sehr deutlich, für GW-Typ K3 (**Tab. C3**) weniger; von den Typen M2 und K4 gibt es fast nur frühe Werte. Der auffallende Anstieg im durchschnittlichen Cl-Gehalt der Quellwässer in der Reihenfolge M2–M1–K3–K2–K1–S4 spiegelt damit teilweise bloß den zeitlichen Fortschritt der Untersuchungen wider. Nun ist es so, dass im Herbst 1996, als die ersten Erhebungen stattfanden, ein ungewöhnlicher Grundwasser-Hochstand im ganzen Untersuchungsgebiet zu beobachten war. Wir stützen uns dabei auf die Aussagen vieler Brunnenbesitzer, aber auch auf wiederholt gemessene Wasserstände einzelner Brunnen: In eng begrenzten, gering-ergiebigen Grundwasserleitern zum Beispiel in der Kuppe der Mindelmoräne bei *Forsthub* gab es in den folgenden Monaten extreme Senkungen des Grundwasserspiegels (E12B03: Abstich November 1996: 5,16 m; Februar 1997: 12,54 m). Andererseits steigen im Untersuchungszeitraum, währenddessen eine generelle Abnahme im Grundwasserdargebot aufgrund der Brunnenmessungen zu beobachten war, die Messwerte für die Parameter GH, Cl, Mg/Ca und NKH oft beträchtlich an. Auf die Tendenzen der letzten beiden Parameter gehen wir später noch ein; insbesondere Cl und Mg/Ca bilden an manchen Probenahmepunkten eindrucksvolle Zeitreihen (z.B. D12Q01 *BibeUrba* [Typ K3], E11Q01 *KiesHöll* [Typ K3] oder F11Q03 *WienUnkr* [Typ M1]).

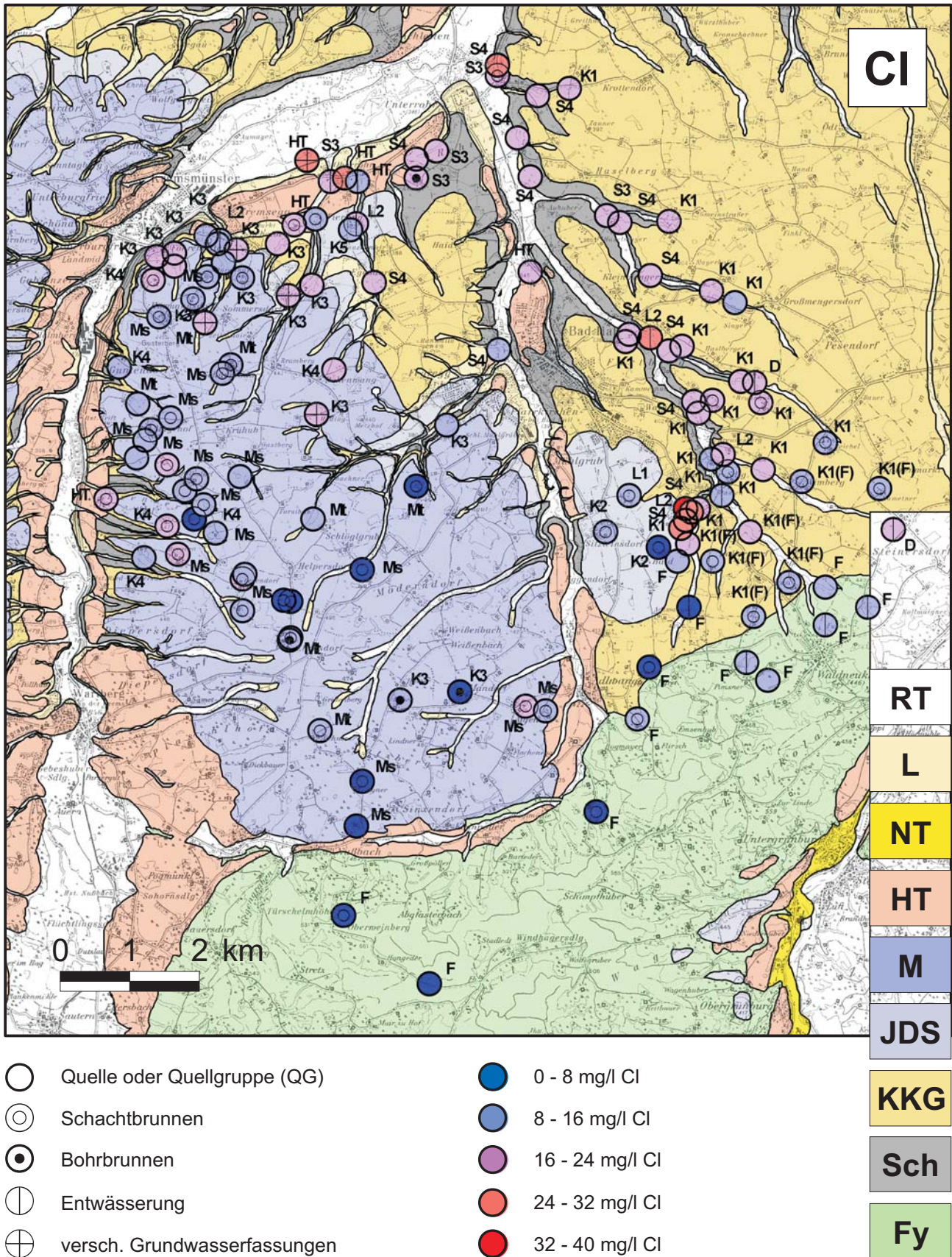


Abb. 29 – Verteilung der Cl-Konzentrationen auf die untersuchten Wasserspender. Datengrundlage sind die 126 ausgewählten Datensätze im **Anhang D** (häufig Mittelwerte über Gruppen von Wasserspendern, insbesondere Quellgruppen). Die Klassen sind unter Einschluß der oberen Grenze zu verstehen.

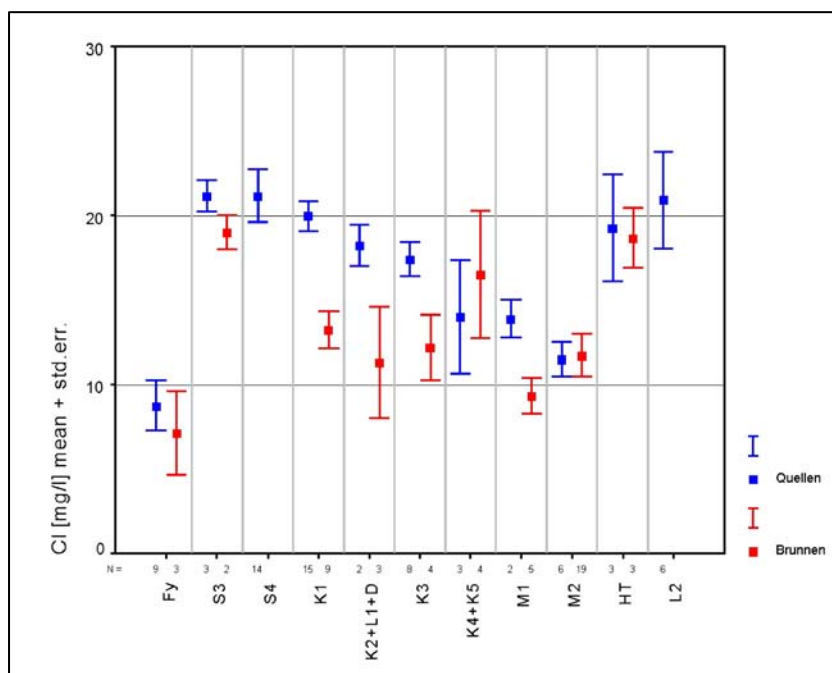


Abb. 30 – Verteilung der Chlorid-Konzentrationswerte auf die untersuchten Quell- und Brunnenwässer, getrennt nach Grundwassertyp (Fehlerbalken-Diagramm). Die (für Quellen) blauen und (für Brunnen) roten Balken stellen die jeweiligen Mittelwerte \pm 1 Standardfehler dar. Der scheinbare Anstieg der Cl-Konzentration in Quellwässern zunehmend tieferer stratigrafischer Position ist vermutlich von derselben Art wie der aus **Abb. 21** für die WT ersichtliche. – Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze).

Zur Erklärung lässt sich anführen, dass die jährlichen Niederschlagssummen im untersuchten Gebiet seit 1990 jedes Jahr überdurchschnittlich waren und an der Messstation Kremsmünster 1992 und 1996 Höchstwerte von 1400 bzw. 1338 mm erreichten (Normalzahl 1022 mm). Ein erhöhter Sickerwasserdruck brachte sehr junges Wasser bis in größere Tiefen, das weniger als gewöhnlich der Verdunstung im Bodenniveau ausgesetzt war und mit dem Gestein des Grundwasserleiters kaum anders als durch Karbonatlösung reagiert hatte, aber stellenweise viel NO_3 von der Oberfläche mitbrachte. Daher die geringen Cl-, Mg/Ca- und NKH-Werte; dagegen waren die NO_3 -Gehalte zur Zeit November/Dezember 1996 oft am höchsten (bis um 90 mg/l). Diese Einflüsse erscheinen im Datenmaterial mit dem Fortschreiten der Untersuchung immer weniger, in erster Linie die leichter beeinflussbaren Quellwässer betreffend.

Die Cl-Gehalte scheinen also im Laufe des Jahres 1997 den gewöhnlichen Werten von etwa 20 mg/l zuzustreben. Dafür sprechen auch die relativ wenig schwankenden Werte für die Grundwassertypen S4 und HT (**Anhang C, Tab. C6 bzw. C8**), die aus verschiedenen Jahreszeiten stammen. Entsprechende Überlegungen kann man für die Parameter Mg/Ca und NKH anstellen (**Kap. 5.1.7 bzw. 5.1.8**).

5.1.6 NITRAT (NO₃), NITRIT (NO₂) UND AMMONIUM (NH₄)

Das Diagramm **Abb. 31** illustriert die Verteilung der NO₃-Werte auf die einzelnen Grundwassertypen, wobei zusätzlich eine regionale Einteilung in zwei Bereiche getroffen wird:

1. NE (grün) bezeichnet Grundwasservorkommen im Sedimentstapel unter der Hochfläche der ÄDS, aber nördlich der Flyschzone (die sich nördlich ihres morphologischen Randes noch 1,5–2,0 km weit unter Quartär fortsetzt), das heißt: im NE des Untersuchungsgebiets.
2. SW (rot) bezeichnet das Grundwasser der Flyschzone (Fy), im Falle von Typ K1 das Grundwasser der auf Gesteinen der Flyschzone liegenden ÄDS (im südlichen Teil der Hochfläche), und in allen anderen Kategorien das Grundwasser der Sedimente unter dem Moränen-Hügelland (westlich des Sulzbaches).

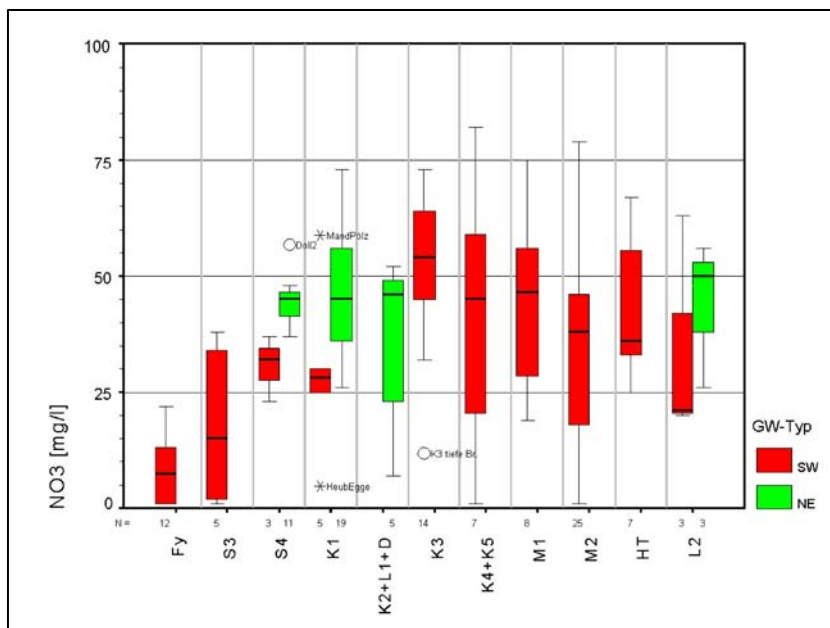


Abb. 31 – Verteilung der NO₃-Konzentrationswerte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp und einer regionalen Klassifikation (Boxplot-Diagramme). Die Bedeutung der Bezeichnungen SW und NE wird im Text erläutert, geht aber auch anschaulich aus der Betrachtung der Abb. 35 hervor. Grob gesagt bezeichnet NE den (im NE des Untersuchungsgebietes gelegenen) Bereich der ÄDS-Hochfläche nördlich der Flyschzone. – Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze).

Die anschauliche Bedeutung dieser Benennung vermittelt die Karte zur Verteilung der NO₃-Werte (**Abb. 32**). Die Einteilung ist der Übersichtlichkeit halber so gewählt, dass im Boxplot-Diagramm nur zwei Kategorien notwendig werden, um regionale Unterschiede – wenn vorhanden – deutlich werden zu lassen. Folgende generelle Tendenzen lassen sich erkennen:

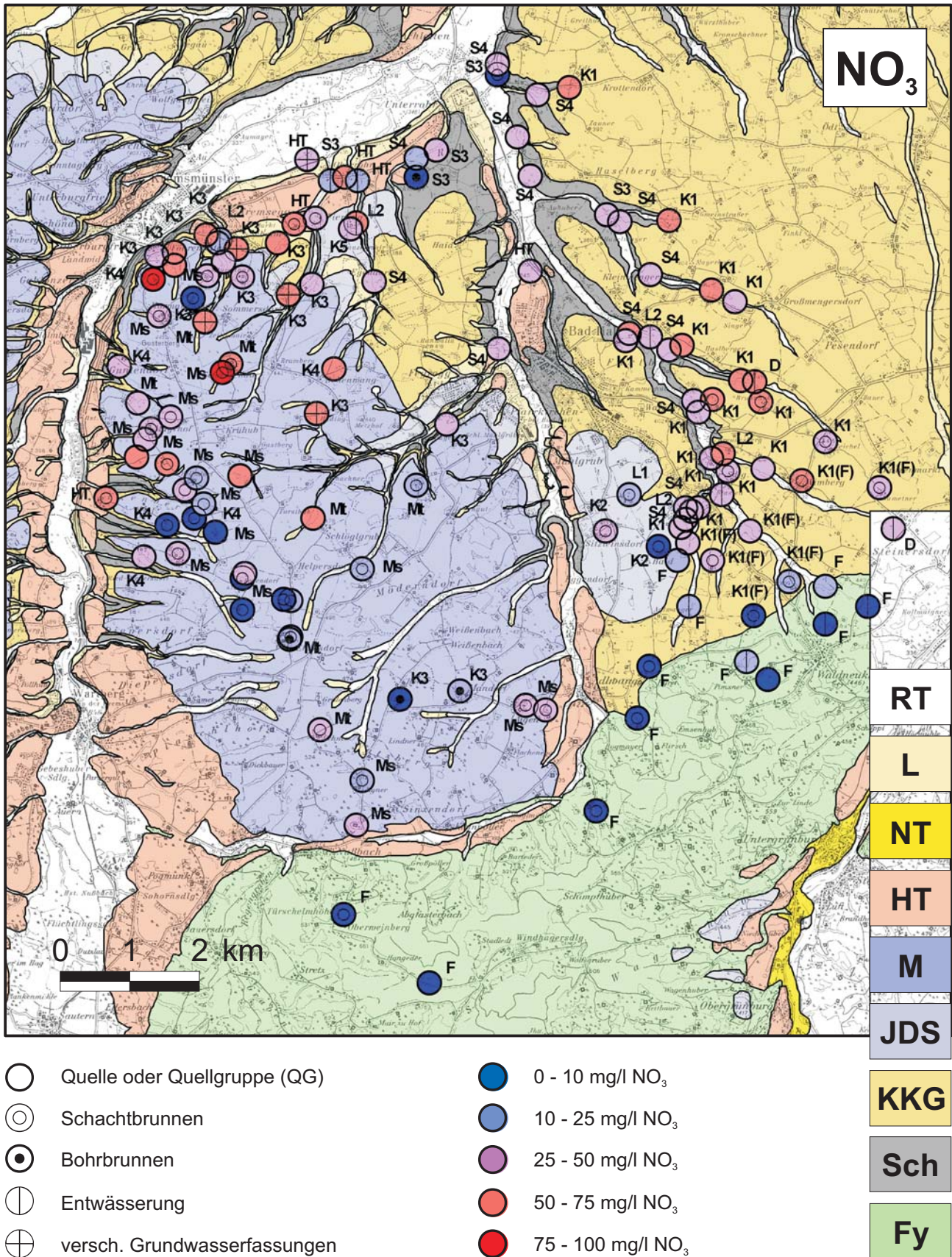


Abb. 32 – Verteilung der NO₃-Konzentrationen auf die untersuchten Wasserspender. Datengrundlage sind die 126 ausgewählten Datensätze im Anhang D (häufig Mittelwerte über Gruppen von Wasserspendern, insbesondere Quellgruppen). Die Klassen sind unter Einschluß der jeweiligen oberen Grenze zu verstehen.

Das Grundwasser der *Flyschzone* (Fy) ist kaum, unter Waldbedeckung überhaupt nicht, nitratbelastet. Akute Verschmutzung – auch mit reduzierten N-Spezies – zeigen nur Proben aus Entwässerungen an: Die gemessenen Werte übersteigen auch dann nicht den Richtwert von 25 mg/l NO₃, stellenweise aber entschieden die Trinkwasser-Grenzwerte für NO₂ und NH₄ (0,1 bzw. 0,5 mg/l).

Im *Porengrundwasser der Molasse* (Typ S3) wird nach O₂-Abbau den oxidierten anorganischen Verbindungen der Sauerstoff entzogen, dabei zuerst dem NO₃. Die vorhandenen (relativ geringen) NO₃-Gehalte normalerweise < 40 mg/l sind durch Zumischung belasteter Wässer bedingt. Gelegenheit dazu bietet sich in Oberflächennähe, wo das Grundwasser dieses Typs meist durch Hanglehne zurück gestaut wird, ehe es in geringer Menge austritt. Das zeigt sich deutlich am Vergleich einiger Quellen im Grundbachtal südwestlich von Rohr im Kremstal mit dem H₂S-haltigen Wasser des Bohrbrunnens D10B02 *LandLehn* und am Austritt gespannter Grundwässer bei Grabungsarbeiten in der näheren Umgebung (Oberrohr).

In den Grundwasserstockwerken unter dem **Moränen-Hügelland** zwischen Sulzbach und Kremstal (M2–M1–K4–K3) erhöht sich der Nitratgehalt mit tieferer stratigrafischer Position. Eine Ausnahme macht wiederum das Wasser der tiefen Brunnen unter mächtiger Bedeckung durch Moränenmaterial. Für dieses scheinbar paradoxe Verhalten sind folgende drei Gründe ausschlaggebend:

1. Die seichten Grundwässer der *Mindelmoräne* (Typ M2) haben den geringsten durchschnittlichen NO₃-Gehalt, weil etliche der hier eingeordneten Wasserspender auf den Kuppen des Hügellandes liegen und belastete Tagwässer über der Grundwasser Oberfläche seitlich wegfließen können. Charakteristisch in Bezug auf den NO₃-Gehalt ist für den Grundwassertyp M2 aber die Variationsbreite und die starken zeitlichen Schwankungen der NO₃-Gehalte.
2. Grundwasser des Typs M2 stammt zum größten Teil aus Brunnen, während Proben der Grundwassertypen M1, K4 und K3 in der Mehrzahl von Quellen genommen sind, die grundsätzlich einer stärkeren Verschmutzungsgefahr ausgesetzt sind.
3. Das Grundwasser der KKG (Typ K3) fließt im Allgemeinen, während es sich den Quellen nähert, aus denen die Mehrzahl der Proben stammt, unter immer geringerer Bedeckung. Eine Zumischung jüngerer Wässer auf dem Fließweg kann man auch aus den Isotopendaten erschließen (**Kap. 5.2**). Die Herkunft des NO₃ in Wässern des Typs K3 wird durch den Vergleich des Brunnens *SöllKälb* (E11B03) mit den nahe gelegenen Quellen am nördlichen Rand des Moränenrückens erhärtet.

Grundwasser in den ÄDS nördlich der Flyschzone sowie im Kluftgrundwasser der darunter liegenden Molasse (Typ S4) haben vergleichbare NO₃-Gehalte, nicht allerdings Vorkommen in vergleichbarer Position über Gesteinen der **Flyschzone**. Deren Werteverteilung ist trotz der geringen Probenmenge (N = 6) folgendermaßen interpretierbar:

- Für den durchschnittlich geringeren NO_3 -Gehalt kann es zwei Ursachen geben: (1) Zumischung von Wasser aus der Flyschzone, und (2) Schutzwirkung der tonigen Abtragungsprodukte, über denen in diesem südlichen Bereich der ÄDS wahrscheinlich Jüngere Deckenschotter liegen.
- *HeubEGge* (C13B01) liegt am südlichen Rand der ÄDS-Hochfläche und ist kaum NO_3 -belastet; ein Zuzug von Wasser aus der Flyschzone ist hier am wahrscheinlichsten. Man kann sich das so vorstellen, dass das Wasser in der Flyschzone zum Oberflächenabfluss gehört, und nach Zusammenfließen in Dellen, die auf die ÄDS-Hochfläche hinausführen, im dortigen Kieskörper versickert. Ein unterirdisches Eindringen in die ÄDS ist ebenfalls denkbar, weil die Flysch-Molasse-Altfläche unter dem südlichen Rand der quartären Bedeckung in einer 30 m hohen Erosionsstufe auf ca. 400 m SH abfällt (Seehöhe der unteren Enden dreier Brunnen in diesem Bereich, von Süden nach Norden: C13B01 *HeubEGge* 425 m – dieser Brunnen ist 7,0 m tief –, B13B01 *RossTrei* 419 m, C13B02 *ScheMose* 400 m).
- Im Einzugsgebiet von B12B01 *MandPölz* ist eine besondere Verschmutzungsquelle anzunehmen: Dass hier wohl ein flächenmäßiger Eintrag in einen schwebenden Grundwasserleiter und von dessen nördlichen Rändern in die ÄDS vorliegt, wird in **Kap. 6.3 Grundwasser der ÄDS i.e.S.** noch ausführlich begründet. Das genannte Objekt wird dabei mit zwei anderen (C12B04 *ZehSchm* und C12B07 *HiesGlei*) zusammengefasst, die nicht über Gesteinen der Flyschzone liegen, sodass die Unterscheidung zwischen den Untertypen K1 und K1(F) in diesem Zusammenhang bloß heuristischen Wert besitzt.

Das *Kluftgrundwasser der Molasse* (Typ S4), das sich aus Grundwasser der KKG (Typ K3) ableitet, hat signifikant geringere NO_3 -Gehalte als das Kluftwasser aus den Hängen am Rand der ÄDS-Hochfläche:

- Der erstgenannte **Untertyp „S4kkg“** hat möglicherweise längere Wege durch Molasseklüfte (Störungszonen) zurückzulegen und wird durch den Grundwassertyp S3 (Nitratabbau) beeinflusst, wie manchmal nachweisbare Eisen-Gehalte zeigen.
- Der zweitgenannte **Untertyp „S4äds“** ist chemisch auch in anderer Hinsicht dem Grundwasser in den ÄDS sehr ähnlich und wird sicher oft einfach in der talrandnahen Entfestigungszone der Molasse den Austrittsstellen am Hang zugeleitet. Ein Zuzug von Wasser des Typs S3 erfolgt auf diesem Weg im Untersuchungsgebiet nicht; Austrittsstellen für reduzierende, eisenhaltige Wässer an den Ostflanken des Sulzbachtals sind nur unter dem Niveau der Talfüllung anzunehmen und nachgewiesen (vgl. D09B01 *HiesAhm*).

Einen weiteren Aspekt eröffnet die Unterscheidung zwischen Wasser aus **Brunnen und Quellen**, durch **Abb. 33** in derselben Art illustriert wie für den Parameter *Chlorid* (Fehlerbalkendiagramm):

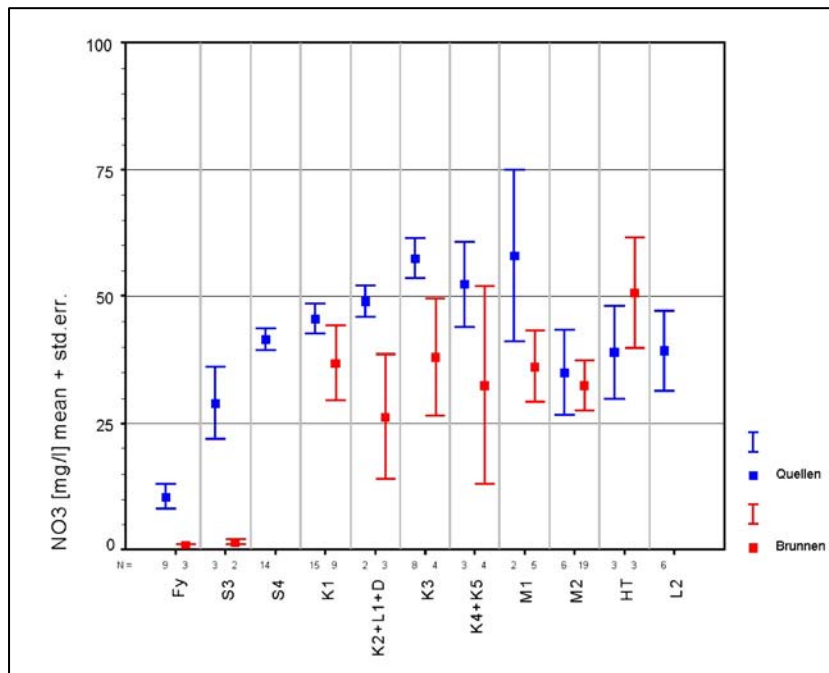


Abb. 33 – Verteilung der NO₃-Konzentrationswerte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach der Herkunft aus Quellen oder Brunnen (Fehlerbalken-Diagramm). Die (für Quellen) blauen und (für Brunnen) roten Balken stellen – wie in **Abb. 30** – die jeweiligen Mittelwerte ± 1 Standardfehler dar. – Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze).

- Brunnenwässer der quartären Sedimente liegen mehrheitlich < 50 mg/l NO₃, aber ganz klar getrennt von reduzierenden Wässern des Typs Fy Flyschzone oder S3 Porengrundwasser der Molasse, die praktisch NO₃-frei sind.
- Quellwässer der quartären Sedimente des Moränen-Hügellandes (Typ K3, K4, M1, teilweise M2) liegen häufig > 50 mg/l NO₃, die der ÄDS-Hochfläche (Typ K1, K2) etwas darunter; an den Quellwässern der Molasseaquifere wirkt sich deren Herkunft von weniger belastetem Grundwasser unter größerer Bedeckung abseits der Taleinschnitte, und der mikrobiotische NO₃-Abbau aus.

Das Fehlerbalken-Diagramm **Abb. 33** bestätigt anschaulich, dass die größte (nicht punktuelle) Verschmutzungsgefahr von den Nutzungsbedingungen über den Randbereichen der Grundwasser führenden Sedimentkörper ausgeht. Die Tendenzen, die in der Abbildung hinsichtlich NO₃ zum Ausdruck kommen, scheinen denen der **Abb. 30** für den Parameter Cl mit umgekehrten Vorzeichen zu entsprechen. Im Fall des NO₃ können aber die anhand der Cl-Werte geltend gemachten Einflüsse (**Kap. 5.1.5** oben) nicht im vollen Umfang gelten, denn die Jahrgänge des NO₃ – soweit erkennbar – zeigen nicht nur im Herbst (Nov./Dez. 1996), sondern auch im Frühjahr (Mai 1997) ein Maximum (während die Jahrgänge der Parameter GH, Cl, Mg/Ca und NKH vielfach im Herbst 1996 mit absolut minimalen Werten beginnen).

5.1.7 MAGNESIUM-CALCIUM-VERHÄLTNIS (MG/CA)

Weil es bei der folgenden Betrachtung im wesentlichen auf den relativen Mg-Gehalt ankommt, dessen Erhöhung durch Lösung an den Kristallinkomponenten der Moränen und der günzeitlichen Kiese und Konglomerate erklärbar ist, verwenden wir im Gegensatz zur sonst üblichen Praxis das Verhältnis Mg/Ca (nicht Ca/Mg). Im Boxplot-Diagramm **Abb. 34** wird zudem eine regionale Einteilung („NE“/„SW“) getroffen, und zwar so wie in **Abb. 31** für den Parameter Nitrat. Eine Differenzierung ergibt sich daraus für die Grundwässer des Typs S4. Die Verteilung der klassifizierten Werte im Untersuchungsgebiet ist in **Abb. 35** ersichtlich.

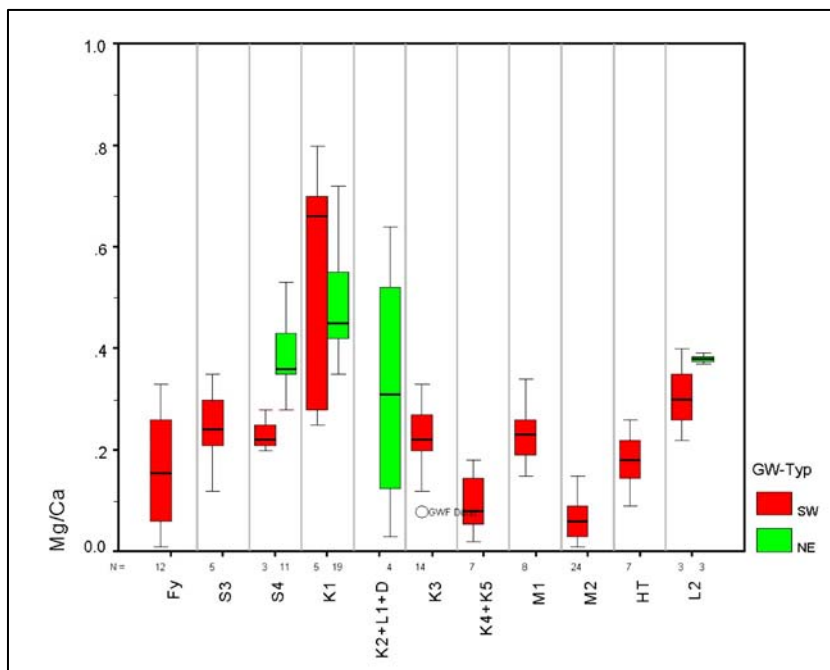


Abb. 34 – Verteilung der Mg/Ca-Werte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp und Region (Boxplot-Diagramme). Die Bezeichnungen SW und NE haben die gleiche Bedeutung wie in **Abb. 31**. Ein Mg/Ca-Quotient von 0,20–0,25 entspricht einem Ca/Mg-Verhältnis (wie es üblicherweise angegeben wird) von 4,0–5,0. – Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze).

Das Mengenverhältnis zwischen Mg und Ca, das in Karstwasser-Untersuchungen viel verwendet wird, ist auch hier ein nützlicher Parameter zur Differenzierung von Grundwassertypen, und ermöglicht folgende Aussagen:

1. Im Grundwasser der tieferen Schichten der Mindelmoräne (Typ M1), den darunter liegenden Kiesen und Konglomeraten (Typ K3) sowie im davon abgeleiteten *Kluft- und Porengrundwasser der Molasse* (Typ S3, S4-SW) liegt Mg/Ca meist bei 0,2–0,3. Der hohe Wert von 0,4 aus dem weit südlich gelegenen Brunnen *WassErbe* (D14B01) könnte mit dem Fehlen der Weißen Nagelfluh (eines Kalkkonglomerats) und dem Vorherrschen von kristallinreichen ÄDS innerhalb der KKG in diesem Bereich zusammenhängen.

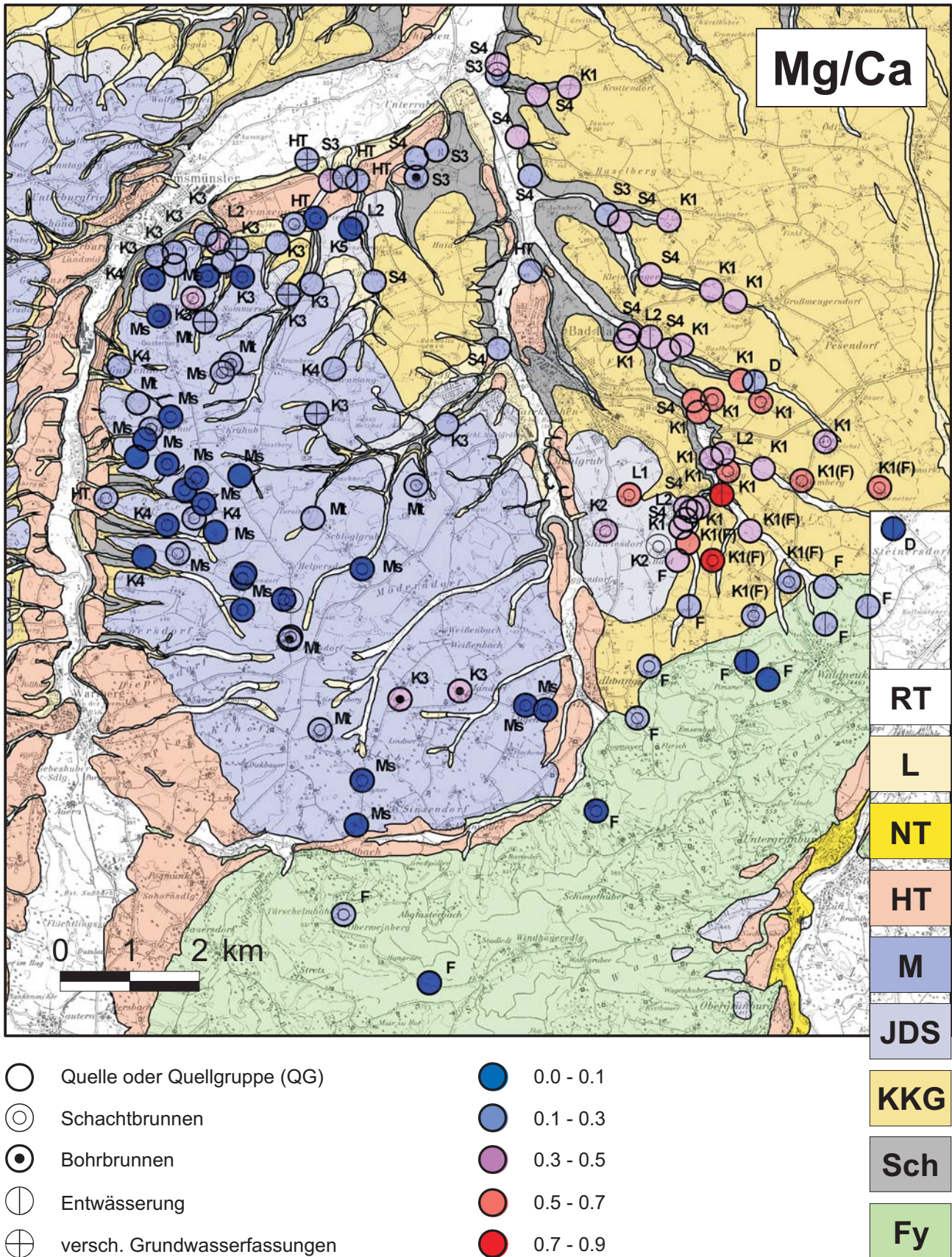


Abb. 35 – Verteilung der Mg/Ca-Verhältnisse auf die untersuchten Wasserspender. Datengrundlage sind die 126 ausgewählten Datensätze im **Anhang D** (häufig Mittelwerte über Gruppen von Wasserspendern, insbesondere Quellgruppen). Die Klassen sind unter Einschluss der jeweils oberen Grenze zu verstehen. Einem Mg/Ca-Verhältnis von 0,20–0,25 entspricht das üblicherweise für ein Wassereinzugsgebiet mit reichlich Karbonatgesteinen angegebene Ca/Mg-Verhältnis 4,0-5,0. Die Farbskala *Blau nach Rot* drückt in diesem Fall daher steigenden relativen Mg-Gehalt aus.

Das seichte Grundwasser der Mindelmoräne liefert im allgemeinen geringere, zeitlich aber auch stark schwankende Werte. Der Datensatz F11Q03 *WienUnkr* verdeutlicht die enorme Schwankungsbreite, die sich auch in den Parametern NKH, weniger ausgeprägt Cl, nicht aber NO₃ ausdrückt. Der Anstieg über die Monate Nov./Dez. 1996 – Feb./Mrz. – Mai – Aug. 1997, den man an den Mg/Ca-Werten aus den Tabellen für die GW-Typen M2, M1, K4 und K3 insgesamt ablesen kann, hat sicher dieselben Gründe wie für den Parameter Chlorid (**Kap. 5.1.5**). Damit können die geringen Mg/Ca-Werte für den Typ Ms natürlich teilweise ein Artefakt sein, weil die Messungen in diesem Bereich mit der einen Ausnahme F11Q03 *WienUnkr* aus der Zeit von Ende 1996 bis Anfang 1997 stammen. Entscheidend sind die für den Typ Mt gemessenen relativ hohen Werte auch in dieser frühen Phase der Untersuchung.

Ähnlich verhalten sich die wenigen Vorkommen des Typs K4, die sich über der Weißen Nagelfluh stauen. Sie sind also eher von seichten Wässern des Typs M2, weniger von tieferen des Typs M1 abgeleitet. Diese Vorstellung passt zu der Beobachtung nur geringer Schüttungsmengen an den Quellen der östlichen Kremstalflanke und zu der generell geringeren vertikalen Durchlässigkeit des Untergrundes in diesem Bereich, den man aufgrund der geologischen Situation erwartet (mindelzeitliches Zungenbecken mit Grundmoräne).

2. Das Grundwasser der ÄDS (Typ K1) und das Kluftgrundwasser in deren Molasseuntergrund (Typ S4-NE) liefert ein signifikant höheres Mg/Ca-Verhältnis als alle anderen Gruppen, meist > 0,3. Dieser Umstand ist durch Reaktion des Grundwassers mit den kristallinreichen ÄDS leicht erklärbar.

5.1.8 NICKTKARBONATHÄRTE (NKH)

Ein Streudiagramm NKH gegen GH (**Abb. 36**) illustriert den erwarteten Zusammenhang der beiden Parameter: Nachdem NKH definitionsgemäß ein Teil der GH ist, treten höhere NKH-Werte am ehesten bei relativ hoher GH auf (im Bereich überdurchschnittlicher GH-Werte ist der Zusammenhang relativ deutlicher). Letztlich kann jedoch der Parameter NKH mehr als GH zur Differenzierung der Grundwassertypen beitragen: Aus einem Vergleich der **Abb. 36** mit **Abb. 34** (Mg/Ca) kann man ablesen, dass die Verteilung der NKH-Werte und der Mg/Ca-Verhältnisse auf die Grundwassertypen den gleichen Tendenzen folgen; die NKH-Werte allerdings streuen wesentlich stärker. Eine Erklärung für dieses Verhalten kann sich auf zwei Bemerkungen stützen:

1. Überschüssige Härtebildner (die nicht aus der Lösung von Karbonaten stammen) gelangen durch Reaktion des Grund- und Sickerwassers mit Silikaten in Lösung, deren Mg-Gehalt gleichzeitig relativ höher als der der Karbonate ist (Dolomite herrschen nirgends vor).

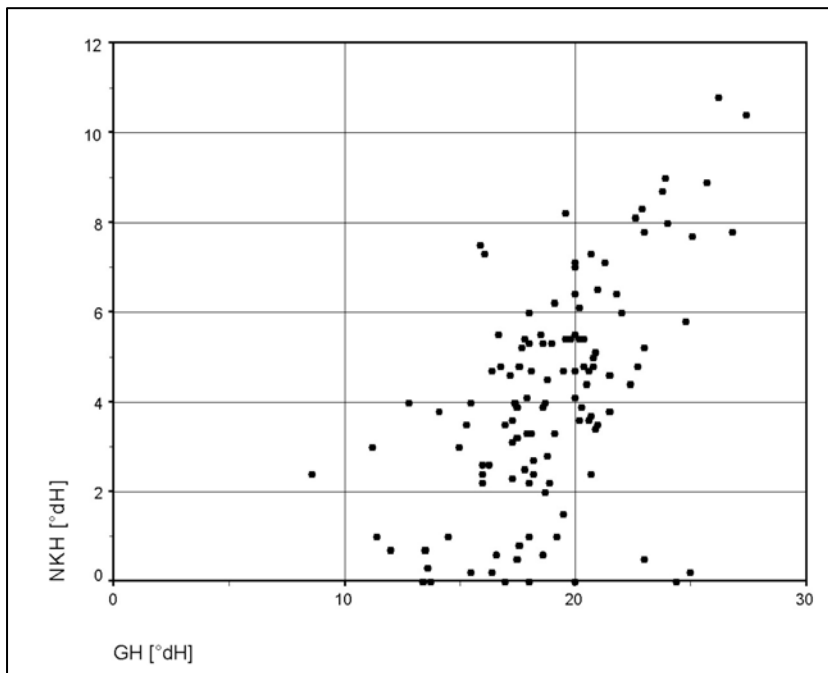


Abb. 36 – Streudiagramm der Nicht-Karbonathärte gegen die Gesamthärte der untersuchten Grundwässer. Da die NKH definitionsgemäß ein Teil der GH ist, treten höhere NKH-Werte am ehesten bei relativ hoher GH auf. Die mittlere GH liegt bei 19°dH; im Bereich zwischen dem GH-Minimum und diesem Mittelwert ist der Zusammenhang zwischen den beiden Größen weniger deutlich als bei überdurchschnittlicher GH. – Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze).

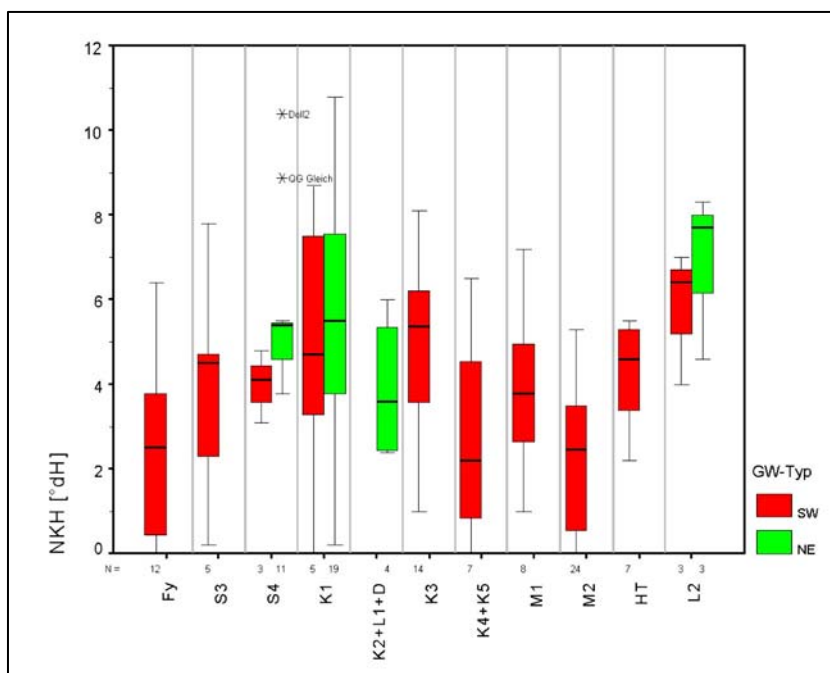


Abb. 37 – Verteilung der NKH-Werte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp und Region (Boxplot-Diagramme). Zu den Bezeichnungen SW und NE siehe **Abb. 31**. Die Gleichartigkeit der Tendenzen der Werteverteilung über die Grundwassertypen, die in diesem und dem Mg/Ca-Diagramm **Abb. 34** zum Ausdruck kommen, belegt, dass von der GH in erster Linie der Mg-Anteil für die NKH verantwortlich ist. – Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze).

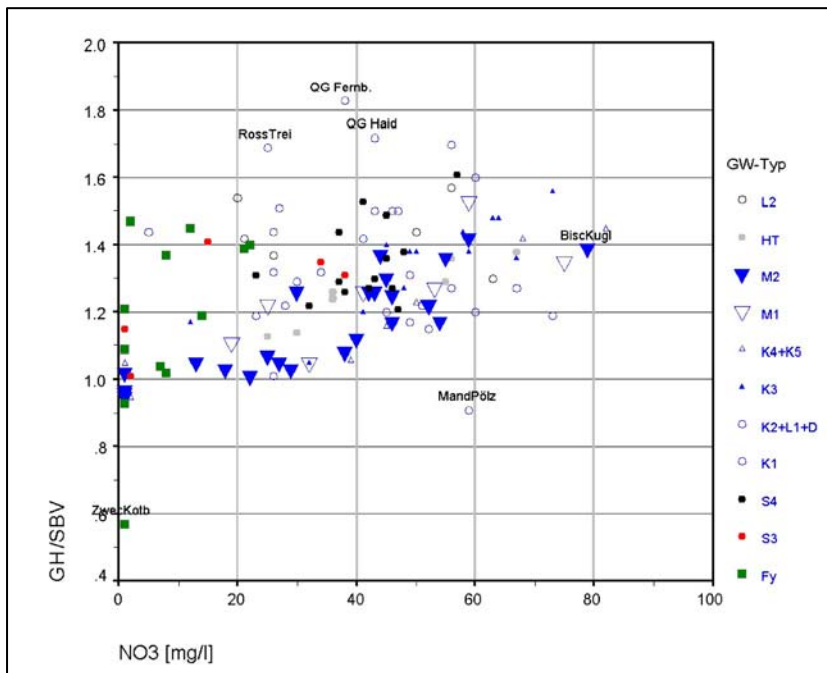


Abb. 38 – Streudiagramm des Quotienten GH/SBV gegen die NO₃-Konzentrationswerte der untersuchten Grundwässer. Der Quotient GH/SBV ermöglicht gegenüber der Differenz NKH, das Ausmaß darzustellen, in dem die GH das SBV stoffmengenmäßig übertrifft, oder aber unterschreitet (in den letzteren Fällen ist die NKH immer definitionsgemäß gleich Null). Vor allem im seichten Grundwasser der Mindelmoräne (Typ M2) wird erkennbar eine höhere NKH auf der Anionenseite durch Auswaschung von NO₃ kompensiert. – Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze).

2. Andere Faktoren spielen ebenfalls eine Rolle, vor allem NO₃ in seichten Grundwässern. **Abb. 38** oben verdeutlicht, dass vor allem in den seichten Grundwässern der Mindelmoräne (Typ M2; etwas weniger bei Typ M1) NO₃ bei Gehalten > 30 mg/l ein Hauptbestandteil der NKH ist.

Die Verwendung des **GH/SBV-Quotienten** (statt NKH) in **Abb. 38** ermöglicht die Hervorhebung von Datenpunkten für die GH < SBV gilt (die NKH ist in allen diesen Fällen = 0). Ein beträchtliches Defizit an Härtebildnern relativ zum SBV ist auf Ionenaustausch-Reaktionen am Gestein zurückzuführen. Umgekehrt könnten die hohen NKH-Werte der Wässer aus Sekundärquellen (Typ L2) auf eine beträchtliche Retention in der Verwitterungszone hindeuten.

Code	Kurzbez.	Typ	Mg/Ca	GH/SBV	Cl	NO ₃
B12B01	MandPözl	K1(F)	0.70	0.91	16	59
C14B01	Zweckotb	F	0.26	0.57	11	1
C15B01	AchaWiln	F	0.01	0.93	3	1
F12B05	SteilMiex	K4	0.08	0.95	22	2
E12Q03	DaubMoos	M1	0.09	0.95	14	1
E13B03	SteilKlpe	M2	0.06	0.96	5	1
E13B05	Poschgut	M1	0.10	0.97	10	1

Tab. 2 – Grundwasser-Vorkommen mit GH/SBV < 1. In all diesen Fällen ist NKH = 0; das Verhältnis GH/SBV ermöglicht, das Ausmaß des GH-Mengendefizits darzustellen. Ergänzend dazu einige weitere kennzeichnende Parameter.

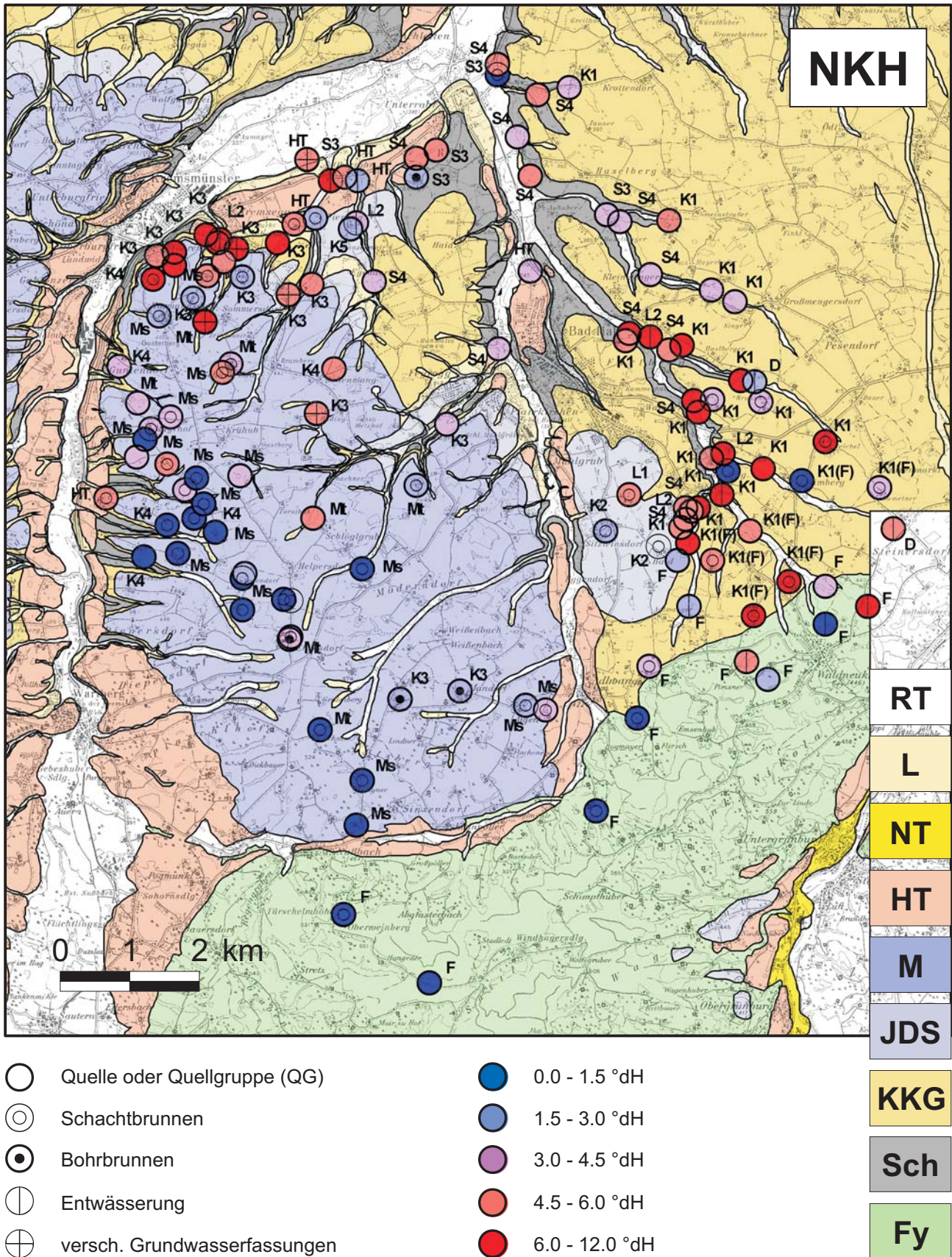


Abb. 39 – Verteilung der NKH-Werte auf die untersuchten Wasserspender. Datengrundlage: Anhang D (126 Datensätze, häufig Mittelwerte über Gruppen von Wasserspendern, insbesondere Quellgruppen). Die Klassen sind unter Einschluss der jeweiligen oberen Grenze zu verstehen.

Tab. 2 oben fasst alle Datensätze aus Anhang D mit **GH/SBV < 1** zusammen:

- Die ersten beiden Fälle sind vermutlich anomal: B12B01 *MandPölz* haben wir schon in **Kap. 5.1.2** erwähnt, C14B01 *ZwecKotb* ist ein kaum genutzter Schachtbrunnen: der extrem niedrige GH/SBV-Wert ist singulär.
- Die anderen Fälle haben auffallende Gemeinsamkeiten, obwohl sie verschiedenen Grundwassertypen angehören: GH/SBV ist um wenig $< 1,0$; Mg/Ca durchgehend niedrig; NO_3 praktisch nicht vorhanden; und das auffallendste aus regionaler Sicht: alle Fälle aus dem Bereich der Mindelmoräne sind auf einen Bereich an deren Westflanke beschränkt (vgl. **Abb. 39**).

5.1.9 KIESELSÄURE (Si)

Abb. 40 bis 42 verdeutlichen, dass der Si-Gehalt ein aussagekräftiger Parameter zur Unterscheidung verschiedener Klassen von Grundwasservorkommen ist. Leider liegen Si-Werte nicht für die Mehrzahl der Datensätze vor, aber folgende Aussagen scheinen möglich:

- In den Sedimentstapeln des Quartär und der darunter liegenden Molasse scheint der Si-Gehalt der Grundwässer mit tieferer stratigrafischer Position anzusteigen. Der Typ Fy *Flyschzone* steht nur wegen allgemein geringer Mineralisierung abseits: das zeigt ein der **Abb. 41** entsprechender Vergleich der Si/Cl-Verhältnisse.
- Wesentlicher ist die Unterscheidung zwischen dem Grundwasser im Quartär (M1–K4–K3–K1: Si-Gehalte < 5 mg/l) und dem Grundwasser der Molasse (S4–S3: Si-Gehalte > 5 mg/l). Trotz einer Überlappung der Spannweiten sind die Werteverteilungen in diesen beiden Gruppen gut getrennt.
- Die hydrologisch abhängigen Grundwasserstockwerke liefern Si-Werte, die im Durchschnitt zwischen denen der beiden ersten Gruppen liegen: Es bestätigt sich, dass die beiden Grundwassertypen HT *Hochterrasse* und L2 *Hangwasser und Sekundärquellen* wechselnde Anteile anderer Typen enthalten.

Nach Hesske et al. (1997: S. 161f.) liegt der mittlere Si-Gehalt von Quellwässern der Molasse bei 6,2 mg/l, der Si-Gehalt von Grundwasser aus den Brackwasser-Schichten der Oberen Meeresmolasse (wazu auch die Innviertler Serie des Ottnang gehört) kann jedoch Werte bis 19 mg/l annehmen (das liegt an der Si-Sättigungsgrenze im Kontakt mit Kieselgel). Die von Hesske und Mitarbeitern untersuchten Quellwässer dieses Typs mit Si-Gehalten > 10 mg/l sind an quarzreiche, feinkörnige Sedimente gebunden, offenbar weil Quarz mit seiner Feinkörnigkeit entsprechend großer reaktiver Oberfläche die Si-Quelle ist. Diese „Si-Grundwasserfazies“ ist übrigens auf die oberösterreichische und einen kleinen angrenzenden Teil der bayrischen Molasse beschränkt (Hesske et al. 1997: S. 160, Fig. 6).

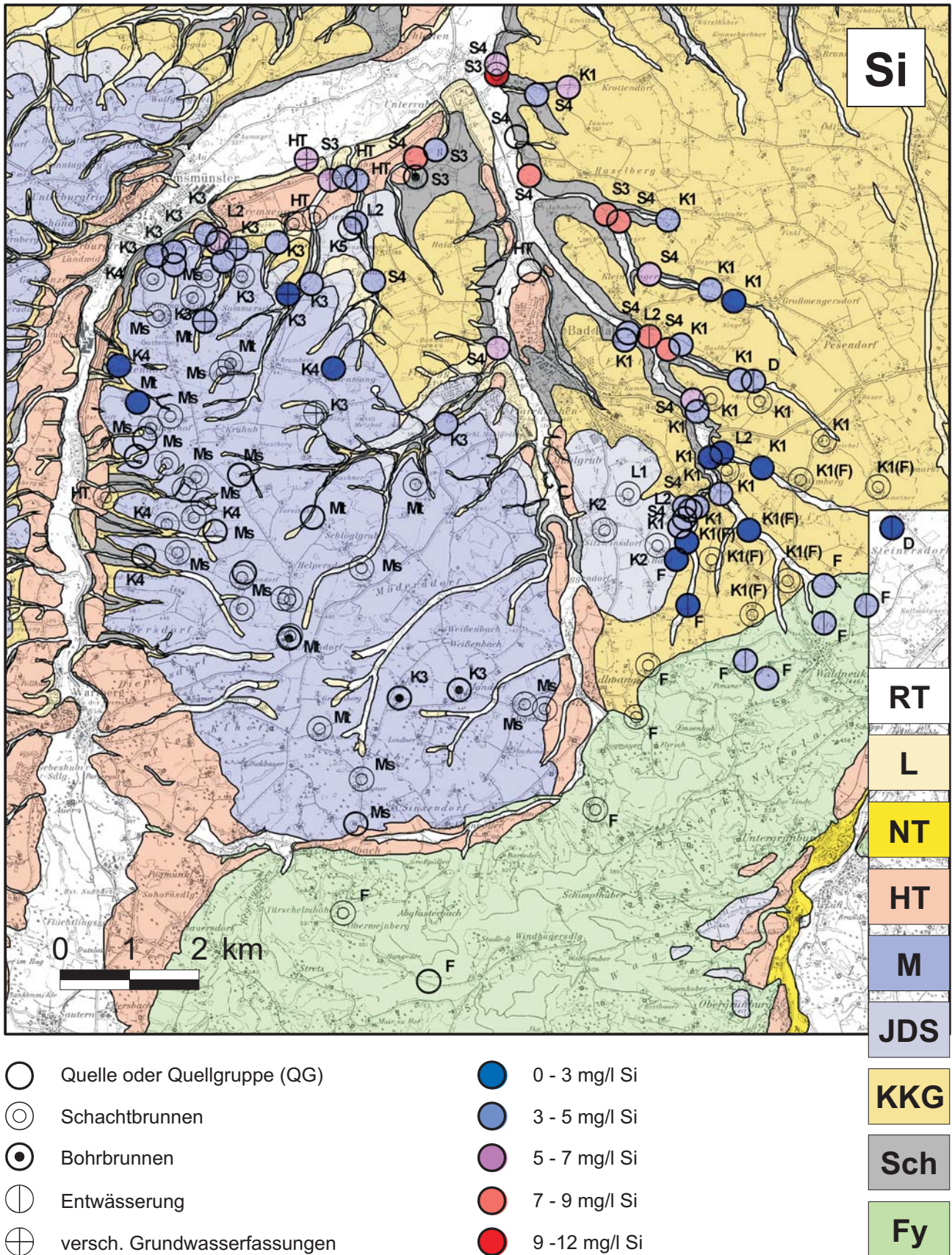


Abb. 40 – Verteilung der Si-Konzentrationen auf die untersuchten Wasserspender. Datengrundlage sind die 126 ausgewählten Datensätze im **Anhang D** (häufig Mittelwerte über Gruppen von Wasserspendern, insbesondere Quellgruppen). Die Klassen sind unter Einschluss der jeweiligen oberen Grenze zu verstehen.

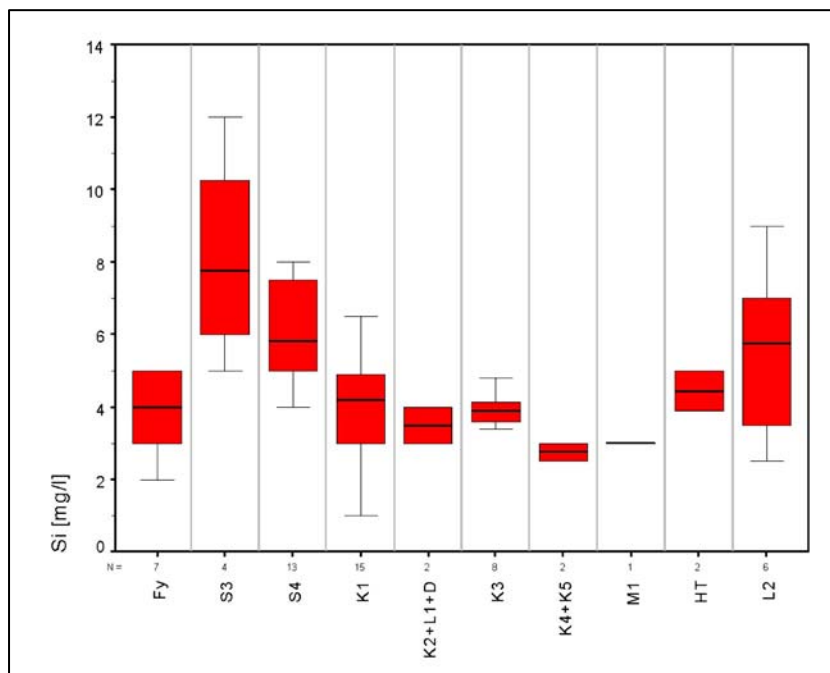


Abb. 41 – Verteilung der Silizium-Konzentrationswerte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp (Boxplot-Diagramme). Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze).

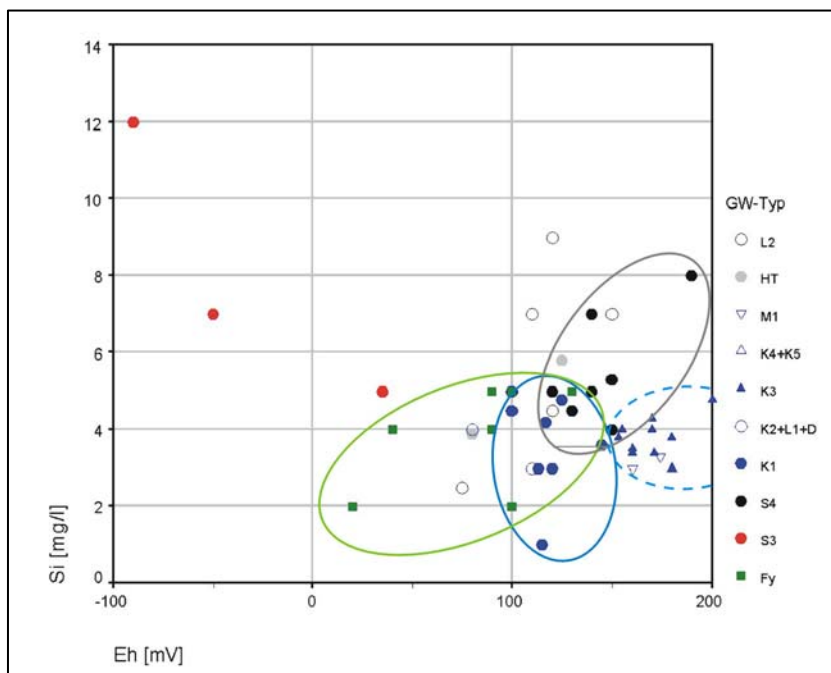


Abb. 42 – Streudiagramm der Si-Konzentrationswerte gegen das Redoxpotential der untersuchten Grundwässer. Die Farbgebung der Datenpunkte folgt deren Einteilung in Grundwassertypen, ebenso die der Ellipsen, die zur Verdeutlichung der gegenseitigen Lage Punkte einzelner Typen umschließen. Das unterschiedliche chemische Verhalten der beiden Molasse-Typen S3 und S4 wird durch einen Vergleich mit **Abb. 26** (Streudiagramm E_H gegen O_2) noch deutlicher. – Datengrundlage: **Anhang D** (126 Datensätze).

Aus **Abb. 41** lässt sich ablesen, dass *Porengrundwasser der Molasse* (Typ S3) tatsächlich Si-Werte bis > 10 mg/l aufweist. Im vorliegenden Untersuchungsgebiet kommen am ehesten Sand-Schluff-Horizonte der Innviertler Serie als Si-Quelle in Frage. *Kluftgrundwasser der Molasse* (Typ S4) liefert im Untersuchungsgebiet dagegen Si-Werte in dem für die Molasse insgesamt typischen Bereich.

Das Streudiagramm *Si gegen E_H* (**Abb. 42**) bestätigt zuletzt die bisher getroffenen Einteilungen auf Basis hydrochemischer Tendenzen, insbesondere die divergenten hydrochemischen Trends der beiden Typen S3 und S4 des *Jungen Poren-* bzw. *Kluftgrundwassers der Molasse*, wie schon aus **Abb. 26** (O_2 vs. E_H) ersichtlich war.

5.2 ISOTOPENGEOPHYSIKALISCHE ERGEBNISSE

Die Lage, die Kurzbezeichnung und die Art sowie der jeweilige Entnahmehorizont (vereinfachte Klassifikationen) der zur Messung der stabilen Isotope Tritium (3H) und Sauerstoff-18 (^{18}O) herangezogenen Objekte geht aus der Karte **Abb. 43** (umseitig) hervor. **Tab. 3** (S. 151) gibt dann sämtliche Messdaten sowie relevante Basisdaten wieder.

Die Interpretation gliedert sich in Abschnitte für die beiden Isotope, es werden jedoch Querverweise angebracht, wo dies im Hinblick auf eine Gesamtinterpretation erforderlich ist.

5.2.1 TRITIUM (3H)

In **Abb. 44** (S. 152) sind die Tritium-Daten aus beiden Kampagnen graphisch mit der geologischen Einteilung der Wasserspender verknüpft. Die (aus Kap. 4) bekannten Kürzel für die Grundwasserhorizonte sind gegebenenfalls um den Hinweis auf die Lage des Objekts im Süden (S) oder Norden (N) des Untersuchungsgebietes erweitert.

Auf der Tritium-Skala ist es sinnvoll, zwei Bereiche hervorzuheben:

1. Knapp unterhalb der derzeitigen Jahresmittelwerte im Niederschlag (15–17 TU) kommen sehr junge Grundwässer mit Verweilzeiten von wenigen Jahren zu liegen. Ihre 3H -Gehalte waren zur Zeit der Infiltration mit den heutigen Werten vergleichbar und sind seither wegen des radioaktiven Zerfalls etwas gesunken.
2. Werte über 20 TU deuten – nach Berechnungen aufgrund der Daten für verschiedene Niederschlags-Sammelstellen und eines Exponentialmodells für den Zeitaufwand zur Durchfließung des Aquifers – auf mittlere Verweilzeiten zwischen 1 und 3 Jahrzehnten hin.

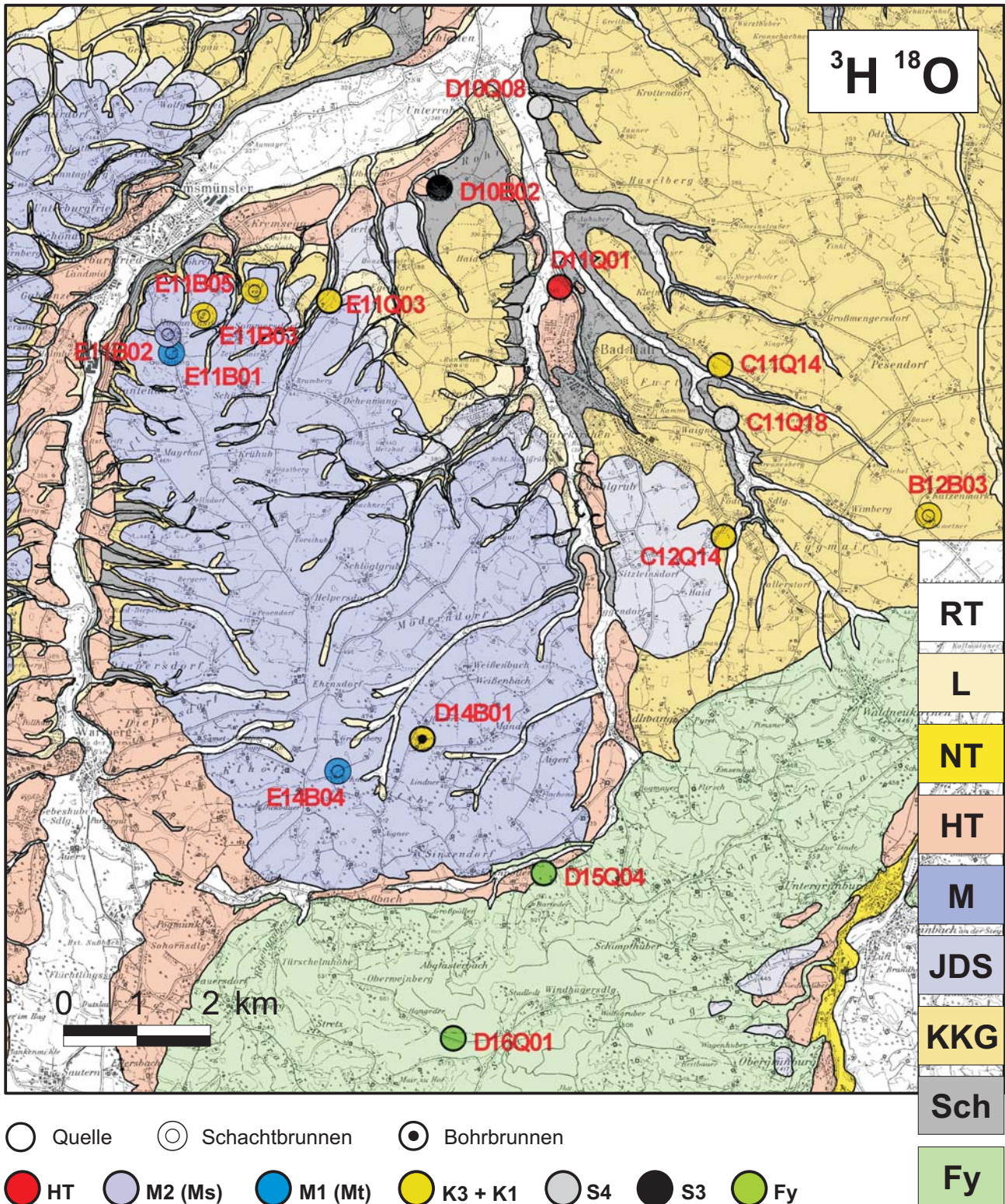


Abb. 43 – Lage, Art und Grundwassertyp der zur Untersuchung der ^{18}O - und ^3H -Gehalte im Grundwasser herangezogenen Wasserspender.

Code	Kurzbez.	Kampagne	Typ	SH [m.ü.A.]	Tiefe [m]	¹⁸ O [‰]	³ H [TU]
D11Q01	BadHallHT	Jan. 1997	HT	370	–	– 10.10	18.3
E14B04	PichAich	Jan. 1997	M2	515	14	– 10.42	13.5
E11B02	SchnMürt	Jan. 1997	M1	475	12	– 10.60	14.0
E11B01	ZaunBaum	Jan. 1997	M1	488	45	– 10.97	25.9
E11Q03	BradWVBb	Sept. 1998	K3(N)	390	–		17.9
E11B05	PeneUndü	Jan. 1997	K3(N)	425	37	– 10.39	18.6
E11B03	SöllKälb	Jan. 1997	K3(N)	445	61	– 10.51	19.6
		Sept. 1998				– 10.61	19.4
D14B01	WassErbe	Jan. 1997	K3(S)	498	97	– 10.43	11.4
		Sept. 1998				– 10.41	8.7
C11Q14	Hasel1	Sept. 1998	K1(N)	382	–		21.7
B12B03	MandHame	Jan. 1997	K1(S)	430	32	– 10.62	21.1
		Sept. 1998				– 10.74	21.2
C12Q14	GarsTrem	Sept. 1998	K1/K2	390	–		23.3
C11Q18	Fern13	Sept. 1998	S4/K1	375	–		19.0
D10Q08	SchwReic	Sept. 1998	S4/K1	330	–		24.8
D10B02	LedeUnsc	Sept. 1998	S3	365	39	– 9.96	22.8
D15Q04	SteiAdlw	Sept. 1998	F	465	–		14.5
D16Q01	MV-ÖBF	Jan. 1997	F	730	–	– 10.86	18.5

Tab. 3 – Isotopen-Daten zu ausgewählten Wasserspendern. Die vorliegenden Datensätze sind nach Grundwassertyp und dabei auch in etwa stratigraphisch geordnet; die Zusätze (N) und (S) bedeuten die Lage der so bezeichneten Wasserspender im nördlichen oder südlichen Teil des Untersuchungsgebietes. S4/K1 und K1/K2 in der Spalte Typ geben eine Hinweis auf den Fließweg, S4/K1 zum Beispiel meint: Grundwasser des Typs S4, gespeist aus den ÄDS (Typ K1). Als ergänzende Angaben sind die Seehöhe der Brunnenoberkante oder Quelle, bei Brunnen auch deren Tiefe angegeben.

Abb. 44 lässt eine Aufteilung des Datensatzes in folgende acht Gruppen plausibel erscheinen:

1. **Flyschquellen** (D16Q01 *MV-ÖBF*, D15Q04 *SteiAdlw*): Im Flysch dominieren generell Oberflächen- und Zwischenabfluss die Versickerung in Horizonte unterhalb der Verwitterungszone. Letztere verursacht den raschen Zwischenabfluss, kann aber stellenweise einen geringen Teil des eingesickerten Wassers längere Zeit binden und kontinuierlich abgeben. Daher ist in der Flyschzone sehr junges Grundwasser häufig, *SteiAdlw* ist dafür bezeichnend.

MV-ÖBF (D16Q01: Mehrfachversorgung für einige Häuser; im Besitz der Österreichischen Bundesforste) ist eine Quelle mit geringer, aber konstanter Schüttung, die offenbar Grundwasser von etwas längerer Verweilzeit liefert (etwa 1 Jahrzehnt), aus einem Aquifer, der das wenige Sickerwasser aufnimmt, das in dem Höhenrücken zwischen *Sattl* und *Mair zu Hof* 2,5 km SE' Nußbach den Weg unter die Verwitterungsschwarte findet.

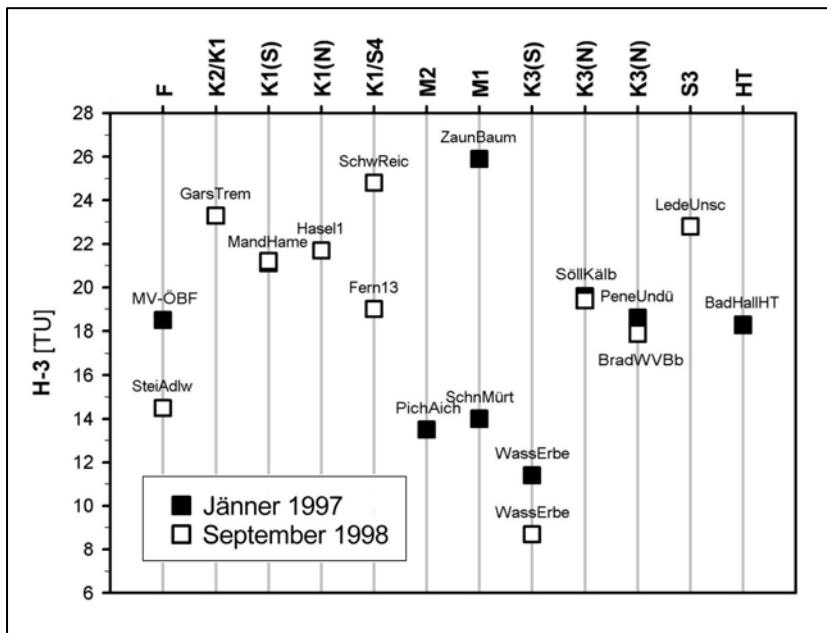


Abb. 44 – Tritium-Werte einiger ausgewählter Grundwässer, getrennt nach Grundwasserhorizont. Die den Kurzbezeichnungen zugeordneten Codes der berücksichtigten Objekte werden im Text erwähnt; weitere Erläuterungen ebenfalls im Text.

2. Grundwasser aus **Älteren Deckenschottern** (ÄDS; GW-Typ K1): Von dem Brunnen B12B03 *MandHame* liegen zwei so gut wie identische Werte aus beiden Kampagnen vor, die anderen vier unter diesen Typ subsumierten Objekte sind Quellen mit nur wenig schwankenden Schüttungsmengen von > 1 l/s. Auch die Einzelwerte können daher sinnvoll interpretiert werden:

Generell sind für das Grundwasser der ÄDS Verweilzeiten von wenigen Jahrzehnten wahrscheinlich. Unter den Objekten dieser Gruppe sind neben dem genannten Brunnen zwei Schichtquellen angeführt: C11Q14 *Hasel1* tritt unmittelbar an der Molasse-Oberfläche aus, C12Q14 *GarsTrem* etwas darunter. Die scheinbar etwas höhere Verweilzeit im letzteren Fall ist vielleicht durch tonige Schichten verursacht, die sich im Einzugsgebiet der Quelle zwischen ÄDS und Jüngere Deckenschotter einschalten („K2/K1“).

Es ist auch zu bemerken, dass Grundwasser aus dem südlichen (B12B03 *MandHame*) und nördlichen (C11Q14 *Hasel1*) Bereich des untersuchten Teils der ÄDS-Hochfläche sich im mittleren Alter nicht unterscheidet. Das ist verständlich, denn Versickerungsmöglichkeiten sind über das gesamte Gebiet verteilt (wir denken dabei in erster Linie an Talränder und Dellen; über Verwitterungsschlote liegen keine aussagekräftigen Beobachtungen vor).

3. C11Q18 *Fern13* und D10Q08 *SchwReic* sind **Kluftquellen**, die ihr Wasser durch Versickerung aus den ÄDS in die Molasse beziehen (GW-Typ S4 *Kluftgrundwasser der Molasse*): Während *Fern13* eher die oberflächennahe Entfestigungszone entleert, tritt *SchwReic* aus einer riesigen Quellschneise am Fuß eines hohen Schlierhanges aus und ist wahrscheinlich an eine Störung gebunden, wie es für die

nahe gelegenen Quellen bei der Ahrmühle (D09Q01/Q03/Q04) erwiesen ist (Wieser 1975). Daraus mag der Altersunterschied ihrer Wässer verständlich werden: *Fern13* führt mehr von dem Wasser, das nahe am Talrand versickert, *SchwReic* entspricht mehr dem typischen Fall eines Grundwassers der ÄDS (vgl. die hydrochemischen Daten).

4. Grundwasser innerhalb der mindelzeitlichen **Endmoräne** (GW-Typen M1 und M2): Offensichtlich gibt es hier große Unterschiede:

E14B04 *PichAich* und E11B02 *SchnMürt* sind ganz junge Wässer (^3H etwas unterhalb der heutigen Gehalte im Niederschlag), während E11B01 *ZaunBaum* den höchsten ^3H -Gehalt aller untersuchten Wässer hat (knapp 26 TU). Die ersten beiden Objekte sind seichte Brunnen, wovon *PichAich* auf der höchsten Erhebung (ca. 520 m SH) des Endmoränenrückens östlich der Krems liegt und nur von der Versickerung auf dieser Kuppe gespeist werden kann.

E11B01 *ZaunBaum* ist ein knapp 40 m tiefer Brunnen auf der Anhöhe des Gustermairberges südlich Kremsmünster, dessen geringe Ergiebigkeit zusätzlich darauf hindeutet, dass wir es hier mit einem der isolierten kleinen Grundwasservorkommen zu tun haben, deren Verbindungen innerhalb der Mindelmoräne im einzelnen nicht durchschaubar sind. E11B02 *SchnMürt* könnte mit dem obersten der drei Grundwasser führenden Horizonte im Brunnen *ZaunBaum* in Verbindung stehen; auf die Zusammensetzung der Probe, die von der Basis des zuletzt genannten tiefen Brunnens stammt, kann dieser Horizont aber kaum einwirken.

5. Grundwasser im **Kies-Konglomerat-Stockwerk** unter der Mindelmoräne (GW-Typ K3): Der Grundwasserleiter hat im Einzugsgebiet der drei hierher gehörigen Wasserspender Überdeckungshöhen von einigen Zehnermetern; daher sind die Verweilzeiten des Grundwassers Typ K3 erwartungsgemäß höher als die der relativ seichten Wässer vom Typ M2 oder M1 (sofern deren Aquifere nicht weitgehend isoliert sind). Vom 61 m tiefen Brunnen E11B03 *SöllKälb* liegen wieder zwei praktisch gleiche Werte aus beiden Kampagnen vor. Die mittleren Verweilzeiten können nicht wesentlich über 1 Jahrzehnt liegen.
6. **D14B01 WassErbe** (ein fast 100 m tiefer Bohrbrunnen) ist ein Sonderfall: Das Wasser gehört zum GW-Typ K3 der geologischen Einteilung und hat in beiden Kampagnen den niedrigsten ^3H -Wert geliefert; diese Werte zeigen allerdings im Gegensatz zu den Werten aus den anderen Wiederholungsproben beachtliche Schwankungen an. Der höhere Wert (11,4 TU) kann durchaus von einem sehr jungen Grundwasser stammen, der kleinere Wert (8,7 TU) ist allerdings auffällig und kann auch einem mehrere Jahrzehnte alten Wasser zugeordnet werden. Jedenfalls ist eine derartige Abnahme (von 11,4 auf 8,7 TU) auch unter Berücksichtigung der Fehlergrenzen nur schwer durch den zeitlichen Abstand der ersten von der zweiten Probenahme zu erklären.

Es bieten sich also im wesentlichen zwei mögliche Erklärungen an (eine abschließende Beurteilung ergibt sich aus der Berücksichtigung der ^{18}O -Werte im folgenden Kapitel):

Entweder: Es handelt sich um ein Mischwasser zwischen einer jungen, der lokalen Versickerung entstammenden Komponente, und einer wesentlich älteren (einige Jahrzehnte alten), die aus der Flyschzone hinzutritt, die hier im Süden bereits den Untergrund des Quartär bildet, oder einen anderen Versickerungsweg durch die Mindelmoräne als die jüngere Komponente genommen hat. Auffallend ist auch, dass D14-B01 *WassErbe* ähnlich geringe Werte für die Parameter LF, Cl und Mg/Ca liefert wie der nicht sehr weit entfernte seichte Brunnen E14B04 *PichAich*; für die untersuchten Wässer der Flyschzone gilt das allerdings auch.

Oder: Das Wasser ist tatsächlich generell sehr jung, was bei der Überdeckungshöhe von fast 100 m Moränenmaterial erstaunlich wäre. Andererseits ergibt die Betrachtung der Profile der RAG-Schusslinie 379, die in N–S-Richtung über den südlichen Teil der Mindelmoräne führt, dass hier Gesteine von sehr verschiedener Durchlässigkeit den Untergrund bilden. Die Profilvereihe SP 10098–10095 verdeutlicht die Möglichkeit für das Grundwasser, sich unter der höchsten Kuppe der Endmoräne in zwei seichteren Aquifere zu sammeln, nach Süden zum Sulzbach hin – schon über Gesteinen der Flyschzone – abzufließen, aber auch über durchlässige Kieskörper, die in das vorwiegend tonmergelige Moränenmaterial eingelagert sind, lokal begrenzt in tiefere Grundwasserleiter einzusickern.

7. Porengrundwasser der Molasse („**Schlierwasser**“, GW-Typ S3): Das betreffende Beispiel – *LedeUnsc* (D10B01) – ist ein leicht H_2S -führendes Brunnenwasser aus einem Sandhorizont der Innviertler Serie knapp 40 m u.G. Das offenbar höhere Alter (ca. 2 Jahrzehnte) im Vergleich zum Grundwasser des Typs K3 unter den nördlichen Ausläufern der Mindelmoräne (*K3(N)*), kann mit der längeren Fließdauer in den Sandhorizonten der Molasse erklärt werden. Der GW-Typ K3 ist ja der Ausgangspunkt auch für das Porengrundwasser der Molasse (Typ S3), das langsam in seinem weitgehend isolierten Aquifer nach Norden abfließt.

Dagegen sind die Grundwasser-Vorkommen in der Kies-Konglomerat-Gruppe nach oben nicht isoliert und unterliegen während des Abfließens in nördliche Richtung der Einmischung umso jüngerer Sickerwässer, je geringer die Mächtigkeit der Moränenbedeckung bei Annäherung an die Talflanken wird. Vertikal verbundene Kies-Einlagerungen in die nordöstlichen Ausläufer der Endmoräne unterstützen diesen Vorgang. Das erkennt man deutlich an den drei Messwerten für E11B03 *SöllKälb* (19,5 TU), E11B05 *PeneUndü* (18,6 TU) und E11Q03 *BradWVBb* (17,9 TU), angeordnet in der Reihenfolge *tieferer–seichterer Brunnen–Quelle*. In Grundwasser vom Typ S3 gibt es keine derartige Einmischung, sonst hätte es auch einen merklichen NO_3 -Gehalt (wo dieser auftritt, erfolgt die Beeinflussung im Hangbereich).

8. **D11Q01 *BadHallHT*** ist eine Quelle von geringer Ergiebigkeit am Nordrand des Schlierrückens, auf dem der Ort Bad Hall errichtet ist. Sie entwässert eine isolierte Hochterrasse. Diese kann von der Oberfläche her Wasser aufnehmen, das nicht

schon von der örtlichen Kanalisation „entsorgt“ wird, und gibt dieses Wasser in Zeitspannen von etlichen Jahren wieder ab. Die Kanalisation verhindert vermutlich eine unmittelbare Beeinflussung durch den Niederschlag, andererseits zeigt das Versiegen der Quelle nach langen Trockenperioden, dass sich das Einzugsgebiet tatsächlich auf diese Hochterrasse beschränkt. Wie bei *MV-ÖBF* in der Flyschzone und *PichAich* auf der Anhöhe der Mindelmoräne kann man für diesen Wasserspender die Einzugsgebietshöhe gut schätzen, und das war – im Hinblick auf die Höhenabhängigkeit der ^{18}O -Gehalte – auch der Grund für die Probenahme.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass die ^3H -Daten – obwohl in der Mehrzahl Einzeldaten – eine sinnvolle und mit den geologischen und hydrochemischen Beobachtungen vereinbare Interpretation zulassen. Überlegungen, wie gut diese Daten die zugehörigen Grundwasser-Vorkommen repräsentieren, würden durch wiederholte Probenahme erheblich unterstützt; einige diesbezügliche Hinweise geben die ^{18}O -Daten, auf die wir im Folgenden eingehen.

5.2.2 SAUERSTOFF-18 (^{18}O)

Abb. 45 fasst die Ergebnisse der ersten Kampagne (in der allein für alle Proben sowohl ^3H - als auch ^{18}O -Daten vorliegen) in einem einzigen Diagramm zusammen:

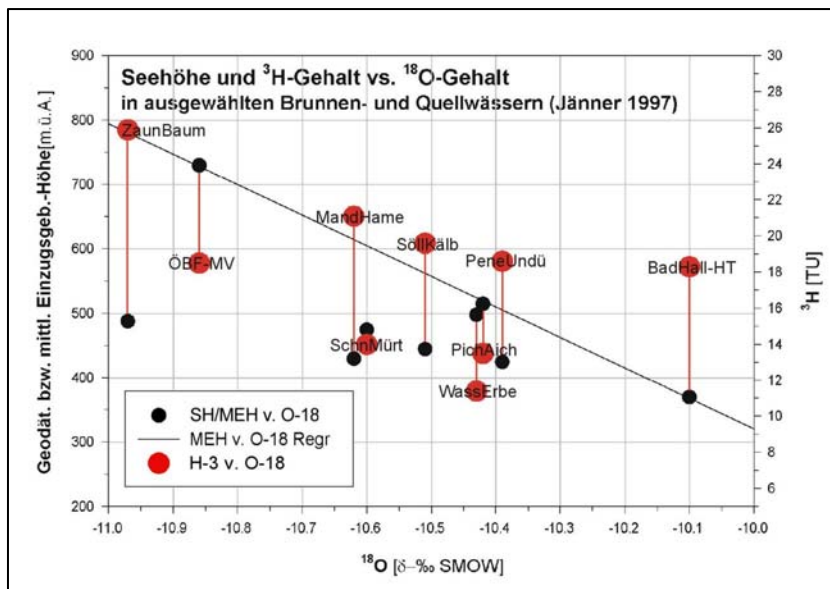


Abb. 45 – Ergebnisse der Isotopenuntersuchung einiger ausgewählter Grundwässer vom Jänner 1997 (1. Kampagne). In dieser Darstellung sind zwei Streudiagramme überlagert: Mithilfe der roten Datenpunkte werden ^{18}O - und Tritium-Gehalte (rechte Skala) in Beziehung gesetzt. Die senkrechten Strecken verbinden jeden roten mit dem entsprechenden schwarzen Datenpunkt, der die Seehöhe des jeweiligen Wasserspenders darstellt (linke Skala). Die schwarze Regressionsgerade führt durch drei Punkte, die zu Objekten mit gut definierbaren Wassereinzugsgebieten gehören, und stellt daher einen möglichen Zusammenhang zwischen ^{18}O -Gehalt und Einzugsgebietshöhe dar (^{18}O -Höheneffekt).

Die ^{18}O -Gehalte der untersuchten neun Proben sind einerseits gegen die ^3H -Gehalte derselben Proben aufgetragen (rote Kreisflächen mit Kurzbezeichnungen), andererseits gegen die Seehöhe der entsprechenden Wasserspender bzw. in drei Fällen die wahrscheinliche mittlere Einzugsgebietshöhe der geförderten Grundwässer (schwarze Punkte). Die drei zur Definition der Höhenabhängigkeit herangezogenen mittleren Einzugsgebietshöhen sind durch eine Regressionsgerade verbunden.

Zur Frage, wie gut die erhaltenen Einzelwerte die mittlere isotopische Zusammensetzung repräsentieren, kann man generell vorausschicken, dass zur Zeit der Probenahme und in den vorhergehenden Wochen im Untersuchungsgebiet eine durchgehende Schneedecke von etwa 1–2 dm vorhanden war, sodass jedenfalls eine aktuelle Beimischung von Schmelzwasser ausgeschlossen werden kann. Darüber hinaus zeigen die ^3H -Gehalte, dass an der Mehrzahl der untersuchten Grundwässer (zumindest solchen > 16 TU) Niederschläge mehrerer Jahre vertreten sind. E11B02 *SchnMürt* und E14B04 *PichAich* sind dagegen sehr junge, seichte Grundwässer, und kurzzeitige Einflüsse hier durchaus möglich; nicht dagegen bei D14B01 *WassErbe*, wo eine fast 100 m mächtige Überdeckung durch Moränenmaterial vorhanden ist. (Wie schon erwähnt, ist *WassErbe* ein Sonderfall, weil sich die ^3H -Daten beider Kampagnen im Sinne einer generell geringen mittleren Verweilzeit von nur einigen Jahren *oder* einer Mischung aus um Jahrzehnte verschieden alten Komponenten interpretieren lassen.)

Drei der neun auf ^{18}O untersuchten Proben wurden genommen, um die **Höhenabhängigkeit** der ^{18}O -Gehalte zu quantifizieren: D16Q01 *ÖBF-MV*, E14B04 *PichAich* sowie D11Q01 *BadHallHT* (vgl. **Abb. 43**). Die Einzugsgebiete sind in diesen Fällen leicht abzugrenzen. Die Punkte im Diagramm **Abb. 45**, welche die mittlere Höhenlage dieser drei Einzugsgebiete repräsentieren, liegen eng auf einer anhand dieser Werte ermittelten Regressionsgeraden. Deren Steigung von etwas mehr als $1,0 \delta\text{-‰}$ auf 500 m = $0,2 \delta\text{-‰}$ auf 100 m liegt sowohl nahe des für Österreich nördlich des Alpenhauptkammes rein rechnerisch ermittelten Durchschnittswertes von $-0,18 \delta\text{-‰} / 100 \text{ m}$ als auch im unteren Bereich der Erfahrungswerte nach *ÖFPZ Arsenal* ($-0,2$ bis $-0,25 \delta\text{-‰} / 100 \text{ m}$). Ein Höheneffekt im genannten Ausmaß ist also durchaus realistisch.

Darüber hinaus fällt jedoch auf, dass die weiteren Daten – von *WassErbe* abgesehen – stark ^{18}O -abgereichert sind, sodass eine Interpretation im Rahmen des bekannten Höheneffektes schwer fällt. Die resultierenden Einzugsgebietshöhen würden um bis zu 300 m über den aus geologischen Gründen maximal möglichen liegen: Grundwasser auf der Anhöhe der Mindelmoräne (um 500 m SH) kann aber nicht aus 600–800 m SH stammen. Zur weiteren Eingrenzung der Problematik muss man auf folgende Umstände hinweisen:

- Die drei zur Festlegung des ^{18}O -Höheneffektes herangezogenen Wasserspender haben leicht umgrenzbare Einzugsgebiete, ansonsten aber auch Besonderheiten, die ihre Vergleichbarkeit möglicherweise einschränken:
 1. *ÖBF-MV* hat als einziger Wasserspender ein größtenteils bewaldetes Einzugsgebiet: Die Interzeptionsverluste sind daher wahrscheinlich im Sommer oft wesentlich größer als im Winter, allerdings sollte dieser Effekt bei den hiesigen

Jahresniederschlagsmengen von durchschnittlich > 1000 mm keinen großen Einfluss haben.

2. *PichAich* fördert aus einem seichten Grundwasser mit relativ geringer Verweilzeit, dessen isotopische Zusammensetzung vermutlich Schwankungen unterworfen ist.
 3. *BadHallHT* entwässert ein Einzugsgebiet, dessen Wasserhaushalt durch Versiegelung und Kanalisation im Ortsgebiet von Bad Hall verändert worden ist.
- Die Höhenunterschiede sind nur am südlichen Rand des Untersuchungsgebietes (Flyschzone) beträchtlich, ansonsten eher gering. Unter diesen Bedingungen können Einflüsse aus der örtlichen Variation der Niederschlags- und Infiltrationsbedingungen – die ihrerseits mit Orografie und Vegetation zusammenhängen – den Höheneffekt der ^{18}O -Gehalte im Niederschlag überdecken.
 - Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung war es aus budgetären Gründen nicht möglich, die Beprobung der ausgewählten Wasserspender so oft zu wiederholen, dass Jahrgänge erkennbar werden und verlässliche Jahresmittelwerte zu gewinnen sind. Außerdem sind die Eingangsdaten (Jahresmittelwerte des Niederschlags) auch für die Niederschlagssammelstation in Kremsmünster bisher unbekannt.

Im Hinblick auf die **Einzugsgebietshöhen** der untersuchten Grundwässer muss man zusammenfassend sagen, dass die ^{18}O -Daten keine konsistente Interpretation in diese Richtung zulassen. Eine solche Interpretation kann hier nur durch eine räumliche und zeitliche Verdichtung der Beprobung erreicht werden, die es ermöglicht, Jahrgänge oder zumindest Schwankungsbreiten zu erkennen und aussagekräftige Jahresmittelwerte zu errechnen. Ergänzend dazu müsste auch der Niederschlag untersucht werden. Als positive Aussage kann man ableiten, dass andere Faktoren als der Höheneffekt auf die ^{18}O -Gehalte der Grundwässer im Untersuchungsgebiet einwirken und diesen Effekt vielleicht weitgehend überdecken.

Aussagekräftig sind allerdings die ^{18}O -Daten für die drei zweifach untersuchten Wasserspender: In den Fällen B12B03 *MandHame* (Typ K1) und E11B03 *SöllKälb* (Typ K3) liegen die Werte nur knapp außerhalb der Fehlergrenzen des jeweils anderen Wertes und sind daher nicht notwendig verschieden. Sowohl ^{18}O - als auch ^3H -Gehalte dieser beiden – auch nur wenig verschmutzungsanfälligen – Brunnen bleiben also mehrweniger konstant. Die an den chemischen Daten schon beobachtete geringe Schwankungsbreite der Wasserzusammensetzung spiegelt sich also in den Isotopengehalten wieder und lässt die Proben insgesamt repräsentativ für ihren jeweiligen Grundwassertyp erscheinen.

Ganz anders liegt der Fall des 100 m tiefen **Bohrbrunnens D14B01 *WassErbe* (Typ K3)**: Den beinahe identischen ^{18}O -Werten stehen hier nicht leicht erklärliche Unterschiede im ^3H -Gehalt gegenüber (–10,43 und –10,41 δ -‰ ^{18}O bzw. 11,4 und 8,7 TU). Mögliche Gründe für die Verschiedenheit und allgemein geringe Höhe der ^3H -Werte

wurden bereits erwogen; der konstante ^{18}O -Gehalt bedeutet aber jedenfalls, dass auch das Infiltrationsgebiet weitgehend konstant ist. Damit scheidet die Möglichkeit einer Beeinflussung durch (von Süden zufließendes) Wasser der Flyschzone aus und es ist weiterhin anzunehmen, dass die Versickerung zur Gänze auf dem südlichen Teil des Mindelmoränen-Rückens erfolgt. Es bleibt allerdings die Möglichkeit bestehen, dass die mittlere Verweilzeit dieses Grundwassers tatsächlich einige Jahrzehnte beträgt. Der Wert von Jänner 1997 (11,4 TU) zwingt noch nicht zu dieser Annahme zwingt, der Wert vom September 1998 aber liegt eindeutig unter dem Niveau, das für vadoses Wasser desselben oder der vorhergehenden Jahre möglich ist (die derzeitigen ^3H -Gehalte im Niederschlag der oberösterreichischen Messstellen betragen 15–17 TU).

Es wird daher folgende Interpretation bevorzugt und auf das Grundwasser der Kies-Konglomerat-Gruppe (KKG) insgesamt angewandt: Das Wasser im Brunnen D14B01 versickert auf dem Rücken der Mindelmoräne und nimmt verschiedene Sickerwege durch sehr verschieden durchlässige Schichten (vgl. die schon erwähnten Profile SP 10089–10095 der RAG-Schusslinie 379); vermutet werden Verbindungen zwischen lokalen Grundwasserkörpern innerhalb der Moräne und Sickerlinien mit unterschiedlicher Verweilzeit. Dies ist angesichts besprochenen des sehr heterogenen Aufbaus der Altmoräne (**Kap. 3.2.5.1**) und entsprechender Beobachtungen zur Verschiedenheit der darin angetroffenen Grundwässer (**Kap. 4.1.1.2**) jedenfalls plausibel. Das Mischalter des Grundwassers in der KKG unterliegt als Folge davon beträchtlichen Schwankungen entsprechend dem Verhältnis der Anteile, die sich aus verschiedenen Sickerlinien mit unterschiedlicher Verweilzeit ableiten.

Unter oben beschriebenen Rahmenbedingungen sowie aus der Erfahrung von Reihenbeprobungen an Quellwässern, die im Gefolge von Starkniederschlägen plötzlich „altern“, kann eine weitere Erklärungsmöglichkeit abgeleitet werden: Heftige Niederschläge wie die von 3.–6. September 1997 vor der Probenahme am 25. des Monats (insgesamt 56,8 mm an der Station Kremsmünster) können sich über erhöhten Sickerwasserdruck auf einzelne Wasserwege stärker als auf andere auswirken und dadurch das Mischalter im „Zielgrundwasserleiter“ verändern. Hierbei muss ein direkter Einfluss im Sinne einer Beimischung nicht gegeben sein und kann im vorliegenden Fall (Wert vom September 1997) auch wegen der hohen Differenz zum derzeitigen Durchschnittswert im Niederschlag ausgeschlossen werden.

Abschließend erwähnenswert ist der Einzelwert von $-9,96 \delta\text{-‰}$ vom September 1998 für den **Bohrbrunnen D10B02 LedeUnsc (Typ S3)**: Er ist der höchste (am wenigsten negative) der gemessenen Werte und kann dahingehend interpretiert werden, dass sich bei dieser Anreicherung von Sauerstoff-18 relativ zu den anderen Messwerten der Höheneffekt *doch* auswirkt. Unter dieser Annahme kann sich das Einzugsgebiet nicht weit von der Probenahmestelle Richtung Süden erstrecken (Umgebung Haid bei Hehenberg). Diese Vorstellung ist mit der Verbreitung der Innviertler Serie vereinbar, an die ja das Porengrundwasser der Molasse (Typ S3) gebunden ist: Die Grenze der Innviertler Serie zum Haller Schlier verläuft zwischen Hehenberg und Bad Hall (etwa in Richtung WSW–ENE); nördlich dieser Grenze müssen die Sandlagen, die Grundwas-

ser aus der KKG aufnehmen, an der Molasse-Oberfläche unter Quartärbedeckung ausbeißen.

6. CHARAKTERISIERUNG DER GRUNDWASSERHORIZONTE

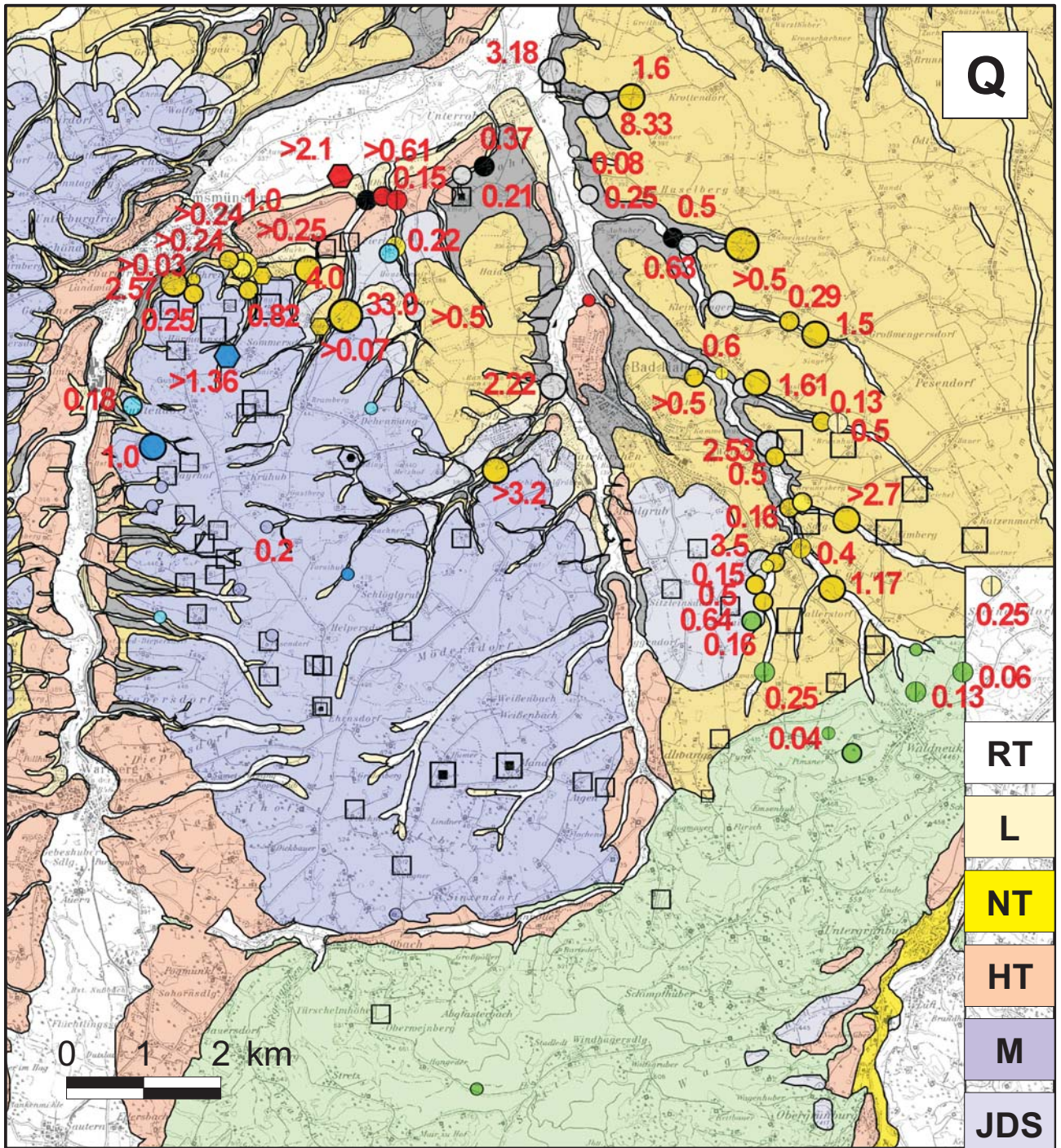
Die zu den einzelnen hydrophysikalisch-chemischen Parametern gewonnenen und im letzten Kapitel dargestellten Ergebnisse werden nun zur Charakterisierung der schon bekannten Grundwassertypen mit der geologischen Charakterisierung der Grundwasserhorizonte zusammengeführt. Diese abschließende Charakterisierung der Grundwasser- bzw. Aquifertypen wird durch **Beilage 4** illustriert und auch als tabellarische Übersicht ausführlich wiedergegeben. **Beilage 5** dagegen wurde als eine vereinfachte Variante konzipiert, wobei die grundlegenden Zusammenhänge leichter fasslich dargestellt und die Grundwassergefährdungspotentiale deutlicher hervorgehoben werden. Die Aufbereitung der empirischen Grundlagen hierfür erfolgte *grafisch* in Form der Karten und Abbildungen in **Kap. 5** sowie *tabellarisch* im **Anhang C und D** (Hydrophysik-Chemie) bzw. **Tab. 3** (Kap. 5.2, Isotopie). Anhang C enthält darüber hinaus Karten zur besseren Lagebestimmung der jeweils anschließend tabellierten Wasserspender.

Das Kapitel gliedert sich in die unten aufgelisteten neun Unterkapitel. Diese Gliederung folgt im Wesentlichen der geologisch begründeten Reihenfolge aus **Kap. 4** (siehe dort auch die verwendeten Abkürzungen für Speicherhorizonte und Grundwassertypen), jedoch überlagert durch eine Gruppeneinteilung der Aquifere, die sich aus der Interpretation der hydrophysikalisch-chemischen Ergebnisse herleitet. Die Formationswässer der Molasse werden an dieser Stelle nicht mehr behandelt, da sie nicht Gegenstand der eigenen Untersuchungen waren (siehe jedoch **Kap. 4.2.3**).

GLIEDERUNG DES KAPITELS	GW-HORIZONTE
4.1 Grundwasser der Mindelmoräne	M2, M2, K4
4.2 Grundwasser der Kies-Konglomerat-Gruppe	K3
4.3 Grundwasser der Älteren Deckenschotter i.e.S.	K1
4.4 Grundwasser der ÄDS-Deckschichten	K2, L1, D
4.5 Junges Porengrundwasser der Molasse	S3
4.6 Junges Klufftgrundwasser der Molasse	S4
4.7 Grundwasser der Flyschzone	Fy
4.8 Grundwasser in talgebundenen Terrassen	HT
4.9 Hangwasser und Sekundärquellen	L2

Die im Folgenden häufigen Hinweise auf Abbildungen und Tabellen im **Anhang C** erfolgen in abgekürzter Form (Abb. C1, Tab. C1, usw.).

Ergänzend folgt in **Abb. 46** eine kartografische Zusammenstellung und Klassifikation der Objekte nach Ergiebigkeit, mit quantitativen Angaben zu den Quellen.



○	Quelle (Q) oder Quellgruppe (QG)	○	⊖	□	Q E B Schüttung/Ergiebigkeit	○	⊖	□	< 0.1 l/s (Br.: nicht/kaum genutzt)	KKG
□	Schachtbrunnen (B)	○	⊖	□	0.1 < Q < 1.0 l/s (Br.: ausreichend)	○	⊖	□	1.0 < Q < 10 l/s (Br.: ergiebig)	Sch
■	Bohrbrunnen (BB)	○	⊖	□	1.0 < Q < 10 l/s (Br.: ergiebig)	○	⊖	□	1.0 < Q < 10 l/s (Br.: ergiebig)	Fy
⊖	Entwässerung (E)	○	⊖	□	> 10 l/s (Schüttung in l/sec)	○	⊖	□	> 10 l/s (Schüttung in l/sec)	
⬢	versch. Grundwasserfassungen (GWF)	○	⊖	□	29.5	○	⊖	□	29.5	
●	L2	●	●	●	HT	●	●	●	M2 (Ms)	
●	K2+L1+D	●	●	●	M1 (Mt)	●	●	●	K4	
●		●	●	●	K3 + K1	●	●	●	S4	
●		●	●	●	S3	●	●	●	Fy	

Abb. 46 – Art, Grundwassertyp und Ergiebigkeit der untersuchten Quellen, Quellgruppen und Entwässerungen mit Grundwasseranteil sowie grobe Klassifizierung der Brunnenanlagen nach Ergiebigkeit. Datengrundlage: Anhang D (126 Datensätze). Rote Zahlen = Schüttungsmengen in l/sec (Messungen großteils im Februar 1997), im Falle der Quellgruppen werden Summen bzw., wenn Angaben für einzelne Austritte fehlen, ein Mindestwert angegeben (vorangestellten Größer-als-Zeichen). Auf nur eine Dezimalstelle angegebene Schüttungsmengen sind zumeist geschätzt.

6.1 GRUNDWASSER DER MINDELMORÄNE (GW-HORIZONTE M2, M1, K4)

Die **Grundwasserhorizonte M1 und M2** werden gemeinsam besprochen, weil es der Übersicht halber nötig war, eine Zweiteilung der ganzen Gruppe M1+M2 aufgrund der chemischen Eigenschaften durchzuführen, die mit den beiden ursprünglich zusammengefassten Gruppen teilweise überlappen. Die chemischen Typen heißen „Ms“ (*Mindel seicht*, **Abb. und Tab. C1**) und „Mt“ (*Mindel tief*, **Abb. und Tab. C2**); als Trennungskriterium wird das Mg/Ca-Verhältnis verwendet. Im letzten Absatz kommen wir kurz auf den Grundwasserhorizont K4 *Graue Nagelfluh* zur sprechen, weil die chemischen Daten zeigen, dass K4 wahrscheinlich mit M2 (bzw. Ms, weniger mit M1 bzw. Mt) in Verbindung steht (**Tab. C2**).

Es war häufig schwer zu unterscheiden, ob eine an den Hängen des Moränenrückens austretende Quelle Wasser eher aus einem seicht oder tiefer liegenden Aquifer aufnimmt. Oft ist wahrscheinlich beides der Fall, wie aus **Tab. C1** entnommen werden kann. Aus **Tab. C2** lässt sich hingegen ableiten, dass der chemische Typ Mt tatsächlich mehrheitlich Wasserspendern des Horizonts M1 zugeordnet werden kann. Abweichend verhalten sich in erster Linie einige Wasserspender im Bereich des Weilers *Ehrnsdorf* und ein Brunnen südlich davon (E14B04 *PichAich*; in **Tab. C2** dunkelgrau unterlegt). E13B04 *HehUnpe* (**Tab. C1**) und F11Q03 *WienUnkr* sind Grenzfälle. Entscheidend für die Einordnung unter Mt sind die schon im Winterhalbjahr 96/97 relativ hohen Mg/Ca-Werte ($> 0,1$) und Gehalte an Fe oder Mn: Beide Kennzeichen deuten darauf hin, dass (a) eine im Vergleich zum Typ Ms geringere Beeinflussung durch sehr junges Sickerwasser vorliegt sowie (b) vergleichsweise längere Verweilzeiten in Teilen der Moräne angenommen werden müssen, die reich an Kristallinkomponenten sind.

Die chemische Charakteristik der beiden **Grundwassertypen Ms und Mt** unterscheidet sich nur graduell. Folgende Punkte sind dabei zu beachten:

- **Mg/Ca** liegt für Ms bei Werten $\leq 0,1$, für Mt bei Werten $> 0,1$; den größten Wert (0,4) lieferte E14B01c *PeseSchm3*, in unmittelbarer Nachbarschaft eines heute nicht mehr genutzten seichten Schachtbrunnens (E14B01a) und eines liquidierten tiefen Bohrbrunnens (E14B01b), deren Wasser in Trinkwasser-Kontrolluntersuchungen des Jahres 1992 beträchtliche Fe- und Mn-Gehalte aufweisen (E14B01b *PeseSchm2* im Nov. 92: 0,63 mg/l Fe und 0,17 mg/l Mn; Vohryzka 1993).
- **Fe und Mn** treten nach eigenen Messungen zumindest im Grundwasser der nördlichen Ausläufer der Mindelmoräne nicht in Erscheinung, und sind wahrscheinlich nur in Wässern nachweisbar, die an den Westhängen zum Kremstal hin austreten oder gefördert werden.

Die beträchtlichen **Fe-Gehalte im Grundwasser unter Ehrnsdorf** und westlich davon, von denen wir aus Gutachten mit beigegebenen Trinkwasseranalysen und aus dem Bericht eines Brunnenbesitzers (E13B04 *HeheUnpe*) wissen, müssen keine

konstante Fe-Mn-Führung der umliegenden Quellen bedeuten (vgl. F11Q03 *WienUnkr*), führen aber in einzelnen Brunnen zu Problemen mit der Verwendung des Wassers (E13B04: Fe-Oxidfällung im Leitungssystem; E14B01b: aufgelassen und daher nicht mehr aktuell).

Die Beobachtung, dass manche Brunnen (E12B06 *MayrObpe* bzw. E14B01b *PeseSchm2*) stark **gespanntes Grundwasser** mit chemischen Eigenschaften der darüber liegenden seichten Grundwasser-Vorkommen führen, kann nur bedeuten, dass in die Mindelmoräne (wahrscheinlich nur deren geologisch in dieser Hinsicht begünstigten Westteil) stellenweise weitgehend isolierte Grundwasserkörper eingelagert sind, die durch lokal versickertes Wasser gespeist werden. Ein gewisser Grundwasserzug von den gespannten Aquifere zu einzelnen Quellaustritten kann folgende zwei Phänomene erklären: (1) Die Senkung der Potentialhöhe in E14B01b *PeseSchm2* relativ zu E14B01a *PeseSchm1*, der ebenfalls leicht gespanntes, aber seichtes Grundwasser führt, das mit dem erstgenannten wahrscheinlich – wenn auch nur über wenig durchlässiges Moränenmaterial – kommuniziert; sowie (2) die wenigstens zeitweise an manchen Quellen des Grundwasserhorizonts M1 beobachtete Fe/Mn-Führung (F11Q03 *WienUnkr*).

- **E_H-Werte** im *seichten* Grundwasser der Mindelmoräne liegen um 200 mV (und der Gehalt an gelöstem O₂ vermutlich an der Sättigungsgrenze), die *tiefere*n Grundwässer neigen zu etwas geringeren Werten.
- **Cl-Gehalte** betragen in Grundwasser des Typs Ms meist 10–15 mg/l, in den tieferen Wässern des Typs Mt zwischen 10 und 20 mg/l, wobei die geringsten Werte auf den Kuppen des Moränenrückens und auf dessen Südseite auftreten. An **Tab. C2** wird deutlich, dass besonders im tieferen Grundwasser der Mindelmoräne relativ niedrige Cl-Werte an den südlichen, relativ höhere an den nördlichen Teil der Hügelkette gebunden sind.
- **NO₃-Gehalte** im *seichten* Grundwasser der Mindelmoräne (Ms) variieren sowohl zeitlich wie räumlich stark. November- und Mai-Werte sind im allgemeinen höher als andere; das hängt natürlich mit Gülle-Ausbringungen zu Beginn und Ende der kalten Jahreszeit zusammen. Geringe NO₃-Gehalte sind mit Werten für die NKH nahe Null kombiniert; diese Fälle finden sich nur auf der Westflanke des Moränenrückens (vgl. Tab. 1). Über 30 mg/l NO₃ zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen NO₃ und NKH, sodass man als weiteres Kennzeichen für den seichten Grundwassertyp Ms anführen kann, dass NO₃-Auswaschung (bzw. die aus dem Boden stammende äquivalente Ca-Menge) für einen wesentlichen Teil der NKH verantwortlich ist.

Die NO₃-Gehalte im *tiefere*n Grundwasser (Mt) liegen regelmäßig > 50 mg/l, vor allem in den nördlichen Ausläufern der Mindelmoräne, und unterliegen geringeren räumlichen und zeitlichen Schwankungen als die der seichteren Grundwässer (Ms).

Das Grundwasser der Mindelmoräne zeigt ein räumlich und zeitlich stark differenziertes Verhalten. Ein großer Teil des eingesickerten Wassers hält sich in seicht liegenden grobkörnigen Schichten auf und verlässt diese in Quellen, die in verschiedenen Höhen

am Moränenrücken austreten, oder über untiefe (selten mehr als 20 m tiefe) Brunnen. Die Gerinne führenden Täler setzen bereits auf der Anhöhe des Moränenrückens an. Stellenweise ist das Moränenmaterial reich an Kristallinkomponenten, enthält aber auch Tone mit reichlich organischer Substanz (C-Quelle für Mikroorganismen). Je nach Verweilzeit kann dann auch seichtes Grundwasser daraus Fe und Mn sowie Mg aufnehmen. Diese Erscheinungen, verbunden mit etwas sinkenden E_H -Werten und O_2 -Gehalten (vermutlich verbunden mit NO_3 -Abbau) sind naturgemäß im tiefen Grundwasser der Mindelmoräne ausgeprägter.

Sowohl die Verteilung stark gespannter Grundwässer und ihr Vorkommen neben ungespannten, als auch die Beobachtung seichter Grundwässer mit ähnlichen chemischen Eigenschaften wie nahe gelegene tiefere Grundwasser-Vorkommen zeigt, dass lokal sehr verschiedene Möglichkeiten zur Einsickerung in tiefere Grundwasserleiter bestehen. Die im ersten Berichtsteil (Häusler & Straka 1998: S. 53f.) für die Nordausläufer der Endmoräne dokumentierte Situation, dass über vertikal verbundene Stapel von Kieseinlagerungen in die anderweitig eher tonmergelige Moräne eine stellenweise relativ rasche Versickerung bis in den Untergrund der Mindelmoräne möglich ist, wird für den Südteil der Moräne aus den Profilen der RAG-Schusslinie 364 anschaulich ersichtlich. Die mittleren Verweilzeiten auf diesen Sickerwegen können normalerweise nicht viel mehr als 10 Jahre, aber auch mehrere Jahrzehnte betragen.

Grundwasser im Horizont K4 (Abb. und Tab. C9), das sich lokal über der Weißen Nagelfluh (WNF) staut, leitet sich – nach seinen chemischen Eigenschaften zu schließen – im Allgemeinen vom seichten Grundwasser des Typs M2 (oder Ms) an der Westflanke der Mindelmoräne ab. Weniger wahrscheinlich ist, dass es sich im tieferen Inneren der Moräne über der leicht ostfallenden WNF ansammelt, um teilweise in Überlaufquellen nach Westen auszutreten. Im Fall F11Q02 *KnollW.H.* ist noch am ehesten eine Komponente im Sinne der zuletzt genannten Vorstellung plausibel (Werte vom August 1997).

Der in den Boxplot-Diagrammen auftauchende GW-Typ K5 *JDS* wurde nur einem einzigen Brunnen zugeordnet (E10B01 *SöllFier*), der Grundwasser aus den mindelzeitlichen Terrassenschottern (Jüngere Deckenschotter; *JDS*) im Nordosten der gleichzeitigen Endmoräne fördert. Dieses einzelne Objekt rechtfertigt keine besondere Betrachtung und wurde daher letztlich dem stratigrafisch äquivalenten GW-Typ K4 zugeordnet.

6.2 GRUNDWASSER DER KIES-KONGLOMERAT-GRUPPE (GW-HORIZONT K3)

Zu einer Großgruppe mit sehr ähnlicher chemischer Zusammensetzung der geförderten Grundwässer kann man die Quellen (und einige wenige Brunnen) aus dem Kies-Konglomerat-Stockwerk (KKG) am Nordrand der Mindelmoräne zusammenfassen

(**Abb. und Tab. C3**): die grün unterlegte Zeile in **Tab. C3** gibt die durchschnittliche chemische Zusammensetzung dieses Grundwassers an. Zum Vergleich sind darunter andere Quell- und Brunnenwässer desselben Typs und einige weitere – dunkelgrau unterlegte – anderer Grundwassertypen angeführt. Eine Gruppe für sich bilden drei tiefe Brunnen, die Grundwasser aus der Kies-Konglomerat-Gruppe fördern, wo diese durch Zehnermeter mächtige Moränensedimente überlagert wird (D14B01 *WassErbe*, D14B02 *SturW.H.*, E11B03 *SöllKälb*). Das geförderte Wasser ist in diesen Fällen relativ gering mineralisiert (LF 450–550 $\mu\text{S}/\text{cm}$; etwa 7–10 mg/l Cl) und kaum oder gar nicht NO_3 -belastet.

Hydrochemische Charakterisierung:

- **Cl-Gehalte** sind denen der darüberliegenden Stockwerke (M1, M2) vergleichbar, allerdings in Wasser aus Quellen insgesamt signifikant höher als in Wasser aus Brunnen. Die niedrigsten Werte (≤ 10 mg/l) treten wiederum eher im südlichen Verbreitungsgebiet des Grundwasserleiters auf (vgl. die tiefen Brunnen D14B01 *Wass-Erbe* und D14B02 *SturW.H.* mit dem nahegelegenen seichten Brunnen E14B04 *PichAich*).
- **NO_3 -Gehalte** liegen regelmäßig > 50 mg/l, (wie beim Grundwassertyp M1) vor allem unter den nördlichen Ausläufern der Mindelmoräne, wo die Bedeckungshöhe und damit die Schutzwirkung des Moränensediments nach Norden zu – in Richtung des Grundwasserstroms – allmählich abnimmt. Dazu wird in diesem Bereich die vertikale Sickerwasserbewegung durch eine Aufeinanderfolge mehrerer durchlässiger Kieskörper unterstützt. Daraus erklärt sich wohl auch ein erheblicher Nitrit-Gehalt des Wassers aus der sehr ergiebigen Sickergalerie bei der Bradingmühle (öffentliche Wasserversorgung für Bad Hall; Wert vom Aug. 97: 0.1 mg/l NO_2).
- Weitere verallgemeinerungsfähige Eigenschaften der hier eingeordneten Wässer:
 - E_H meist > 150 mV, der minimale Wert geht mit (zeitweise nachweisbaren) NO_2 - und/oder NH_4 -Gehalten Hand in Hand;
 - Mg/Ca fast durchweg um 0,2 ;
 - Si < 5 mg/l.

Zur Frage, wo die **Versickerungsgebiete** für das Grundwasser vom Typ K3 liegen, war mit den gegebenen Mitteln keine genaue Antwort möglich. Als sicher erscheint allerdings, dass es sich zum größten Teil um lokal (in den Moränenrücken) versickertes Wasser handelt, das sich 1–3 Jahrzehnte in den Fließsystemen in der Mindelmoräne und deren Untergrund aufhält. Es nimmt dabei zu einem großen Teil Wege durch die Moränensedimente nach unten und über die KKG nach Norden (und Osten) zu den mengenmäßig dominierenden Quellaustritten von diesem Typ. Nur im Fall D14B01 *WassErbe* lassen die Isotopendaten die Möglichkeit einer Beimischung wesentlich älteren Wassers zu.

Drei besondere Versickerungsgebiete lassen sich immerhin eingrenzen:

1. Auf der höchsten Erhebung der Mindelmoräne und den südlich anschließenden Abhängen zum Sulzbachtal liefern einzelne Brunnen Grundwasser des Typs M1 und M2 von ähnlicher Zusammensetzung wie das K3-Wasser der genannten tiefen Brunnen (geringe Cl- und NKH-, mäßige NO₃-Gehalte; teilweise recht niedrige – allerdings zeitlich schwankende – LF-Werte). In diesem Bereich liegt wahrscheinlich das lokale Versickerungsgebiet für das Grundwasser von der Art D14B01 *Wasserbe*; die Möglichkeit verschiedener Wege des Sickerwassers in die KKG mit sehr verschiedenen langen Verweilzeiten kann zeitlich variierende Mischalter bedingen, wie die Isotopendaten für den Brunnen D14B01 suggerieren.
2. Die nördlichen Ausläufer der Mindelmoräne enthalten mehrere übereinanderliegende, ausgedehnte Einschaltungen schlecht sortierter, aber durchlässiger Kiese. Die zuoberst gelegenen dieser Schichten bilden im Bereich Sommersdorf – Brading – Dehenwang einen Teil der Geländeoberfläche und lassen dort großflächige Versickerung zu. Dieser Umstand ist vermutlich für die NO₃- und zeitweise NO₂-Belastung der Quellen bei der Bradingmühle (E11Q03) hauptverantwortlich.
3. Eine zu Punkt 1 vergleichbare Situation ist an den chemischen Eigenschaften der Probe D12B02 *GrilObbeB* im Vergleich zu D12Q01 *BibeUrba* ablesbar: ein Teil der Versickerung in die KKG findet hier offenbar in den unmittelbar südlich anschließenden Ausläufern der Mindelmoräne statt.

Die drei letzten Datensätze in **Tab. C3** ermöglichen einen Vergleich zu den Werten für den Quellsumpf E11Q04 *Föhr1* in der Föhrenleiten südlich Kremsmünster. Sie illustrieren den Einfluss von Wasser aus der Molasse (Typ S3 und S4) auf die Zusammensetzung von Mischungen mit Grundwasser aus der KKG. Davon wird in **Kap. 6.6** *Junges Kluffgrundwasser der Molasse* noch die Rede sein.

6.3 GRUNDWASSER DER ÄLTEREN DECKENSCHOTTER I.E.S. (GW-HORIZONT K1)

In **Tab. C4** werden zunächst verschiedene Quellgruppen gebildet und diese wiederum danach zusammengefasst, ob die herangezogenen Quellen über Gesteinen der Flyschzone oder der Molassezone austreten (grüne bzw. rote Signatur in **Abb. C4**). Darauf werden die untersuchten Brunnen der ÄDS-Hochfläche derselben regionalen Klassifizierung unterzogen, und zum Vergleich einige weitere Wasserspender angeführt.

Der wesentliche Unterschied des Grundwassertyps K1 zu allen anderen Typen, die in quartären Sedimenten vorkommen, ist das hohe Mg/Ca-Verhältnis von durchschnittlich

ca. 0,5. Auch wenn man an den mehrfach beprobten Wasserspendern des Typs M1 oder K3 zum Teil extreme Steigerungen der Mg/Ca-Werte im Laufe des Jahres 1997 beobachten kann, übersteigen diese doch nie den Wert von 0,3. Die Ursache für diesen Unterschied wird darin gesehen, dass die Silikate der in den ÄDS reichlich vorhandenen und von der Tiefenverwitterung angegriffenen Kristallingerölle im Vergleich zu den Kalkkomponenten mehr Mg enthalten, das im Grundwasser in Lösung geht.

Die beiden Brunnen B13B01 *RossTrei* und C13B01 *HeubEgge*, die als einzige Wasserspender (allerdings im März 1997) Mg/Ca-Werte $< 0,3$ geliefert haben, sind am südlichen Rand der ÄDS-Hochfläche gelegen, wo Grundwasser der Flyschzone eine Rolle spielen könnte, oder vielleicht gar keine ÄDS vorliegen, sondern JDS, die ja im Bereich zwischen Sitzleinsdorf und Steinersdorf den hangenden Teil der quartären Sedimente bilden.

Hydrochemische Charakterisierung:

- **Si-Gehalte** im Grundwasser des Typs K1 liegen wie beim GW-Typ K3 < 5 mg/l; durch den Silikatabbau wird das Grundwasser also mit Mg, nicht jedoch mit Si angereichert.
- **Cl-Gehalte** sind aus den in Kap. 3.5 *Chlorid* genannten Gründen durchschnittlich mit etwa 20 mg/l anzunehmen. Drei der untersuchten Brunnen geben anschauliche Beispiele für die Schwankung im Cl-Gehalt des Grundwassers, die im Herbst 1996 zu ungewöhnlich niedrigen Werten führte. Es handelt sich um die Objekte C12B03 *ZeheSchm*, C12B07 *HiesGlei* und B12B01 *MandPözl*; für zwei dieser Brunnen liegen auch Trinkwasser-Kontrolluntersuchungen vor, die in Tab. 6 aufgenommen sind.
- **NO₃-Gehalte** liegen nördlich der Flyschzone im Bereich des Trinkwasser-Grenzwertes von 50 mg/l, in Brunnenwässern aus ÄDS über Gesteinen der Flyschzone deutlich niedriger als in solchen aus ÄDS nördlich der Flyschzone, desgleichen für Grundwasser aus Quellen.

Die Herbst-Maxima im Jahresgang der NO₃-Gehalte, die man aus den Daten für das Grundwasser der Mindelmoräne und ihres Untergrundes erschließen kann, sind im Bereich der ÄDS-Hochfläche nur wenig ausgeprägt. Die NO₃-Konzentration der früher beprobten *Brunnenwässer* ist regelmäßig im Winter 1997 höher als im vorangegangenen Herbst. Die später beprobten *Quellwässer* lieferten im Mai 1997 höhere NO₃-Werte als im darauf folgenden August.

Die jahreszeitlichen Schwankungen der NO₃-Konzentration im Grundwasser der ÄDS (TypK1) sind im allgemeinen relativ gering, in einzelnen Brunnen aber auffallend groß. Es sind das dieselben, die wegen stark schwankender Cl-Werte schon oben erwähnt werden (C12B03 *ZeheSchm*, C12B07 *HiesGlei*, B12B01 *MandPözl*). Diese hohe Variabilität der Parameter Cl und NO₃, wobei niedrige und hohe Werte der beiden Messgrößen parallel auftreten, geht nicht mit entsprechenden Tendenzen der Parameter LF oder GH einher, sodass nicht Schwankungen in der Mineralisie-

rung (durch zeitweise Verdünnung mit ganz jungem Sickerwasser) zur Erklärung herangezogen werden können.

Die höchsten gemessenen NO_3 -Werte sowie ähnlich hohe aus Trinkwasser-Kontrolluntersuchungen der vergangenen Jahre, dazu die höchste gemessene LF, stammen aus dem Monat März, in einem Fall auch Mai, jedenfalls scheinen die Cl- und NO_3 -Maxima im Frühjahr aufzutreten. Im Dezember 1996 lag im Untersuchungsgebiet eine geschlossene Schneedecke, Ende Februar bis Anfang März herrschte Tauwetter und veranlasste viele Landwirte, Gülle auszuführen. Der eingebrachte Stickstoff kann zu dieser Jahreszeit zwar von Mikroorganismen mineralisiert, nicht aber von höheren Pflanzen aufgenommen werden. Eine solche Erklärung, die voraussetzt, dass bevorzugte Versickerungswege vorhanden sind, steht allerdings mit der Beobachtung gleichzeitig hoher Cl-Gehalte im Widerspruch. Denn eine Aufkonzentration kommt zu dieser Jahreszeit weder durch Verdunstung und Transpiration höherer Pflanzen noch aufgrund von Düngung in Frage (siehe jedoch weiter unten).

- **Reduzierte N-Spezies** (NO_2 , NH_4) sind in Grundwasser, das die ÄDS über Quellaustritte verlässt, regelmäßig nachweisbar; Überschreitungen der Trinkwasser-Grenzwerte kommen vor und gehen dann meist (aber nicht immer) mit einem verminderten E_H einher. Dieser liegt in der Regel bei Werten < 150 mV.

Ein Vergleich mit jahreszeitlichen Änderungen im Grundwasser des Typs K2 (vgl. das folgende **Kap. 6.4**) und die Betrachtung der räumlichen Verteilung der Brunnen mit mehr oder weniger belastetem Grundwasser der ÄDS lassen folgende **Interpretation** der soeben besprochenen Ergebnisse zu:

- Grundwasser des Typs K2 (das heißt: der JDS, die im Bereich zwischen einer Linie Sitzleinsdorf – St. Blasien – Steinersdorf und dem morphologischen Nordrand der Flyschzone den ÄDS aufliegen) unterliegt Schwankungen der Zusammensetzung von einer Art, wie man sie auch an Brunnen beobachten kann, die außerhalb dieses Bereiches an die Basis der ÄDS hinabreichen (B12B02 *EderReic*, C12B04 *ZehSchm*, C12B07 *HiesGlei*, B12B01 *MandPölz*, B12B03 *MandHame*). Dabei sind die von der genannten Linie am weitesten entfernten Brunnen B12B02 *EderReic* und B12B03 *MandHame* relativ am wenigsten betroffen.
- Das Grundwasser im südlichen Randbereich der ÄDS, das von den tonigen Verwitterungsprodukten zwischen ÄDS und JDS geschützt wird, unterliegt relativ geringen Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung, wobei letztere einen mäßigen oder geringen NO_3 -Gehalt mit einschließt (B13B01 *RossTrei*, C13B01 *HeubEgge*, C13B02 *ScheMose*; C12B05 *AdamUnho* liegt am Rand des geschützten Bereichs).
- Bei C13B01 *HeubEgge* ist nicht klar, ob dieser bloß ca. 7 m tiefe Brunnen in die ÄDS gegraben ist, die über der Erosionsstufe liegen, mit der die Oberfläche der Flyschzone zur Flysch-Molasse-Altfläche abfällt, oder in JDS, welche die ÄDS in diesem und dem nördlich bis vor St. Blasien anschließenden Bereich überschüttet haben. Die Situation ist auch nicht leicht einzuschätzen, weil sich die JDS-

Schüttung auf flache Rinnen beschränken könnte (vielleicht bestand zur Zeit der Sedimentation sogar eine in Richtung Steyrtal).

Die Zusammensetzung des Grundwassers außerhalb des Verbreitungsgebietes der JDS wird durch Mischung aus drei Komponenten bestimmt:

1. Grundwasser der ÄDS unter tonigen Verwitterungsprodukten der Flyschzone einzelner Molasserücken, über denen wahrscheinlich JDS liegen und einen schwebenden Grundwasserleiter bilden. Nach den RAG-Schussprofilen aus diesem Bereich am Südrand der ÄDS-Hochfläche ist keine durchgehende Tonlage vorhanden, allerdings kann auch ein nicht erodierter Teil der Verwitterungsschwarte der ÄDS selbst die vertikale Durchlässigkeit vermindern und eine Filterwirkung ausüben.
2. Grundwasser, das über die Ränder des schwebenden Grundwasserleiters (GW-Typ K2) in die ÄDS einsickert und die Schwankungsbreite seiner eigenen Zusammensetzung auf die des Grundwassers im tieferen Stockwerk überträgt. Dieser Einfluss lässt mit zunehmender Entfernung vom Rand des schwebenden Grundwasserleiters nach.
3. Grund- und Sickerwasser der ÄDS-Deckschichten (GW-Typ L1), das über Verwitterungsschote oder an den Rändern der für die ÄDS-Hochfläche typischen Dellen in den darunter liegenden Kieskörper eindringen kann. Durch die lange Aufenthaltsdauer in den Lösslehmen ist dieses Wasser größtenteils der Wiederverdunstung preisgegeben, das verbleibende Sickerwasser also an Chlorid konzentriert (bis etwa 30 mg/l).

Diese Überlegungen lassen auch eine Interpretation der Zusammensetzung der **Quellwässer** im gerade betrachteten Gebiet zu:

- Die Quellgruppen (QG) *Mühlbach*, *Fernbach Wim*, *Haid* und *Eggmair* schütten Grundwasser aus den ÄDS im Verbreitungsgebiet der darüber liegenden JDS und sind daher – auch wo Dellen oder bewirtschaftete Hänge über dem Grundwasserstrom liegen – relativ weniger NO₃-belastet (um 40 mg/l NO₃) als weiter nördlich gelegene Quellen (50–60 mg/l NO₃), und führen auch weniger regelmäßig reduzierte N-Spezies.
- Die QG *Gmeinstrasser*, *Furtberg* und *Haselbergergraben* illustrieren die drei hauptsächlichen Gefährdungsmomente, denen Grundwasser im Randbereich des Grundwasserleiters ausgesetzt ist:
 1. QG *Gmeinstrasser* besteht aus dem Quellsumpf, der eine Delle mit dem Gerinne führenden Abschnitt desselben Tales verbindet, und einigen Quellen unmittelbar unterhalb. Hier wirken sich die Versickerungsmöglichkeiten an den Dellenrändern und eventuell auch die Wasserführung am Grund der Delle selbst aus.

2. QG *Furtberg* liegt am Rand eines Erosionsrestes der ÄDS-Terrasse, wo die schützenden Deckschichten stärker als anderswo abgetragen sind. Die tatsächliche Belastung mit NO_3 , NO_2 und NH_4 ist allerdings geringer als die der folgenden Gruppe, vermutlich, weil das Einzugsgebiet sehr beschränkt ist (natürlich spielt auch die Wirtschaftsweise eine Rolle).
3. QG *Haselbergergraben* tritt hoch an der Nordflanke des gleichnamigen Tales aus und hat früher den darunter liegenden Schlierhang völlig vernässt; heute wird dieses Wasser gefasst und über ein Entwässerungssystem abgeleitet, zum Großteil in Fischteiche. Hier sind die Hänge nicht sehr steil, sodass landwirtschaftliche Nutzung möglich ist.

Für zwei dieser Quellgruppen sind das regelmäßige Auftreten reduzierter N-Spezies, für QG *Furtberg* auch das von Kalium ($> 2 \text{ mg/l}$) nachgewiesen (für die anderen Fälle liegen keine Daten vor). Da es sich um Augustwerte handelt, kann man vorhergehende Anwendung von Gülle und Kalidünger im Einzugsgebiet annehmen.

Als Versickerungsgebiet zur Grundwasserneubildung in den ÄDS steht prinzipiell die gesamte Hochfläche zur Verfügung, auch wenn eine Konzentration auf Talränder, Dellen und Verwitterungsschlote vorausgesetzt werden muss. Trotz der generell nordwärtigen Fließrichtung unterscheiden sich die mittleren **Verweilzeiten** des Grundwassers der im nördlichen und südlichen Teil des Untersuchungsgebietes gelegenen ÄDS daher *nicht*. Das mittlere Alter zweier dafür charakteristischer Wässer liegt bei 2 Jahrzehnten (C11Q14, B12B03: **Tab. 3**). Die Grundwasserneubildung im Verbreitungsgebiet des schwebenden Grundwasserleiters (Typ K2) im südöstlichen Teil der ÄDS-Hochfläche kann dagegen etwas längere Zeit in Anspruch nehmen (C12Q14).

6.4 GRUNDWASSER DER ÄDS-DECKSCHICHTEN (GW-HORIZONTE K2, L1, D)

Jedes der hier eingeordneten Objekte ist ein Fall für sich und muss daher separat erläutert werden (**Abb. und Tab. C10**):

- B12E01 *MühlE* entwässert eine **Delle**, die schon in der Flyschzone ansetzt; daher nicht nur erhebliche Gehalte an reduzierten N-Spezies (je 1 mg/l NO_2 und NH_4), sondern auch an Fe und Mn ($0,07$ bzw. $0,06 \text{ mg/l}$; alle Werte vom August 1997). Das Mühlbachtal führt schon oberhalb der Quellsümpfe südlich *Wimberg* ein perennierendes Gerinne und ist in diesem Punkt den weiter südlich gelegenen Tälern des Binderbaches und Fernbaches ähnlich, die aus Quellen der Flyschzone entspringen.
- C11E02 *BrunnE* entwässert einen ehemaligen **Quellsumpf** nördlich *Brunnhub* und die talaufwärts gelegene Delle. Quellsümpfe dieser Art, in denen Grundwasser der ÄDS zutage tritt, geben den meisten Tälern der ÄDS-Hochfläche ihre erste dauernde

Wasserführung, darunter allen Bächen im Untersuchungsgebiet nördlich des Mühlbaches.

Die chemische Zusammensetzung der Probe vom 17. August 1997, nach den heftigen Gewitterregen zwei Tage zuvor genommen, lässt durch niedrige Mg/Ca- und NKH-Werte den Einfluss erkennen, den junges Wasser ausübt, das chemisch nicht von den ÄDS geprägt ist, sich vermutlich aber längere Zeit schon durch Deckschichten und Dellenfüllung bewegt hat (Cl-Gehalt 20 mg/l), und sich nach der Erhöhung des Sickerwasserdrucks durch die erwähnten Niederschläge in größeren Mengen zum Grundwasser der ÄDS mischt.

Der relativ niedrige E_H kann mit der Zersetzung organischer Substanz zusammenhängen. Bei den Rodungs- und Grabungsarbeiten zum Bau der Entwässerung entdeckte man hier, dass ca. 1,5 m unter Gelände ein altes Bodenniveau existiert, das Baumstümpfe *in situ* enthält. Diese Bäume wurden in vergangenen Jahrhunderten mit der Axt gefällt und seither 1½ m mächtig mit Erosionsmaterial überschüttet.

- C12B01 *SchuEigl* ist ein Brunnen, der Wasser aus der **Lösslehmdecke** der ÄDS fördert. Die Schwankungsbreite der chemischen Zusammensetzung ist extrem. Der geringe Cl- und NO₃-Gehalt im November 1996 geht hier – anders als bei den besprochenen Brunnenwässern der ÄDS – mit entsprechend niedrigen LF- und GH-Werten einher; daher kann man in diesem Fall die geringe Mineralisierung der vadosen Wässer verantwortlich machen.
- C12B03 *BreiWieg* fördert aus dem **schwebenden Grundwasserleiter** des Typs K2, der hier durch verschwemmtes toniges Verwitterungsmaterial eines Molasserückens nach unten abgedichtet wird. Dieses Grundwasser unterliegt Schwankungen der chemischen Eigenschaften von derselben Art wie das der ÄDS im Umkreis des schwebenden Grundwasserkörpers.
- C12B02 *SingRimp* führt geringer mineralisiertes Wasser arm an NO₃, von dem keine Wiederholungsmessung vorliegt (Nov. 1996: LF = 480 im Vgl. zu 650 µS/cm; NO₃ = 7,0 im Vgl. zu 42 mg/l); der NO₃-Gehalt bei C13B03 *BreiWieg* ist sicher auch deshalb wesentlich größer, weil dort bis in jüngste Zeit noch eine Senkgrube in unmittelbarer Nähe des Brunnens bestand, die nur eine Schale aus Holzplanken hatte (inzwischen hat der Hof einen Anschluss an die öffentliche Wasserversorgung).

6.5 JUNGES PORENGRUNDWASSER DER MOLASSE (GW-HORIZONT S3)

Räumliche Verteilung der hier eingeordneten Wasserspender und deren Grundwassercharakteristik sind aus **Abb. und Tab. C5** ersichtlich. Als Musterbeispiel für diesen Grundwassertyp kann D10B02 *LedeUnsc* dienen, obwohl für diesen Brunnen weder Fe/Mn- noch Si-Werte vorliegen. Hohe Fe- und Mn-Gehalte (um 1,0 mg/l) können aber

als sicher gelten, weil anlässlich der Probenahme zur Erhebung der Isotopengehalte gegen Ende der Untersuchungen vor Ort die Fe/Mn-Krusten an der schadhaften und daher ausgebauten Unterwasserpumpe begutachtet werden konnten. Bei dieser Gelegenheit wurde auch ein leichter H₂S-Geruch festgestellt, was einen nennenswerten O₂- oder NO₃-Gehalt ausschließt (NO₃ < 1 mg/l; O₂ < 5 mg/l; Fe- und H₂S-Gehalte von 1,0 bzw. 0,1 mg/l sind miteinander verträglich).

Wegen Fehlens einiger Messwerte bei D10B02 *LedeUnsc* ziehen wir zur Ergänzung die Quellen im Grundbachtal und den Brunnen der Ahrmühle D09B01 *HiesAhrm* heran. Das Wasser einiger Quellen am Fuß der Südhänge des Grundbachtals wird dem Bach über Entwässerungen zugeleitet und stammt aus demselben Grundwasserleiter, den der erwähnte Brunnen anzapft, ist aber natürlich hangwasserbeeinflusst: Im Mai 1997 nahm nicht nur der Parameter NO₃, sondern auch K und Cl hohe Werte an (56 mg/l NO₃, 7 mg/l K, 29 mg/l Cl), was auf Anwendung von Gülle und Kalidünger auf den Feldern über dem entwässerten Bereich schließen lässt.

Sonderfall D09B01 *HiesAhrm*: Dabei handelt es sich um einen Brunnen in der Sedimentfüllung des Sulzbachtals, der ein Mischwasser fördert, das neben einem seitlich aus der Molasse in die Talfüllung eintretenden Grundwasser des Typs S3 Teile des Grundwasser-Begleitstroms des nahen Sulzbaches erfasst. Im Mai 1997 – bei Hochwasser – überwog der Einfluss des Begleitstroms, im August desselben Jahres – bei Niedrigwasser – der des Grundwassers aus der Molasse: Der geringe NO₃-Gehalt (2 mg/l) bei gleichzeitig hohem NH₄-Gehalt weit über dem Trinkwasser-Grenzwert (1,8 mg/l; niedrigste Oxidationsstufe des Stickstoffs), und die beträchtlichen Fe- und Mn-Werte (0,5 bzw. 1,0 mg/l, ebenfalls über den Grenzwerten) passen zu dem niedrigsten gemessenen E_H von –90 mV. Bemerkenswert ist auch der höchste gemessene Si-Gehalt von 12 mg/l.

Zusammenfassend kann der Grundwassertyp S3 folgendermaßen charakterisiert werden:

- **Redoxpotential:** Die mikrobiotische Veratmung von O₂ und oxidierten anorganischen Spezies wie NO₃ und SO₄ erzeugt das reduzierende chemische Milieu, das sich in geringen O₂-gehalten und niedrigen E_H-Werten äußert; dabei sinken die O₂-mit den E_H-Werten, bei E_H < 0 mV schließlich unter 5 mg/l O₂. Stellenweise ist ein H₂S-Gehalt (vermutlich um 0.1 mg/l) am Geruch feststellbar. NO₃ ist in typischen Fällen praktisch nicht vorhanden (< 2 mg/l), wohl dagegen können reduzierte N-Spezies (NH₄ vor allem) in Mengen weit über den Trinkwasser-Grenzwerten (NO₂: 0.1 mg/l; NH₄: 0.5 mg/l) anwesend sein.
- **Fe und Mn** sind ebenfalls typisch und können ebenso wie die reduzierten N-Spezies Werte weit über den Trinkwasser-Grenzwerten annehmen; die höchsten gemessenen Fe- und Mn-Werte stammen von der Quellentwässerung D10Q04 *Grund3* (Aug. 97): 3,0 mg/l Fe, 1,2 mg/l Mn. Dass > 0,05 mg/l Fe in Drainagewässern nicht mit < 5 mg/l O₂ einhergeht, wird durch Luftzutritt in das Entwässerungssystem erklärt, wobei die Oxidation des gelösten Fe wird offenbar verzögert stattfindet. In einer

Wasserprobe, die verschlossen stengelassen wird, sinkt – wie Kontrollmessungen ergeben haben – der Fe-Gehalt innerhalb eines Tages etwa auf die Hälfte.

- **Silizium** > 5 mg/l; Werte bis 12 mg/l Si kommen vor.

Zum Vergleich mit dem folgenden Typ S4 enthält **Tab. C5** (grau unterlegt) einige Daten für eine gefasste Quelle im Grundbachtal (D10Q02 *LandLehn*), die unter den weniger ergiebigen Quellen (vom Typ S3) in unmittelbarer Nachbarschaft als einzige *kein* Eisen führt.

Isotopendaten liegen nur für den Fall des Bohrbrunnens D10B02 *LedeUnsc* vor: Sie beweisen, dass lokal versickertes Wasser der Ursprung dieses Vorkommens (Typ S3) sowie auch des Grundwassers im darüber liegenden ÄDS-Stockwerk (Typ K3) ist, von dem es abstammt. Die mittlere **Verweilzeit** beträgt 2–3 Jahrzehnte; erwartungsgemäß etwas mehr als für die untersuchten Wässer des Typs K3.

6.6 JUNGES KLUFTGRUNDWASSER DER MOLASSE (GW-HORIZONT S4)

Grundwasser des Typs S4 (vgl. **Abb. und Tab. C6**) tritt aus „Schlierklüften“ zutage, leitet sich jedoch von Grundwasser der KKG (Typ K3) und der ÄDS (Typ K1) ab. Es sickert in Störungen oder die Entfestigungszone der Molasse ein und mischt sich während seiner relativ schnelleren Bewegung durch den Kluftgrundwasserleiter nur wenig mit Porengrundwasser der Molasse vom Typ S3. Daher ist dieses Grundwasser den Herkunftstypen K1 und K3 chemisch durchaus vergleichbar und führt nur selten im Triazin-Test nachweisbares Fe (oder Mn). Die mittlere **Verweilzeit** im Untergrund liegt naturgemäß im Bereich des Grundwassers der ÄDS (Typ K1) oder ist vielmehr etwas jünger oder älter als der K1-Durchschnitt, vermutlich je nachdem, ob das Kluftwasser einen relativ kurzen Weg die Talflanken herab (Beispiel: C11Q18) oder einen längeren durch weit unter den ÄDS-Körper hineinreichende Störungen zurückgelegt hat (D10Q08: siehe **Tab. 3**, Pkt. 5.2).

Keine einzige Quelle dieses Typs, die in Zusammenhang mit ÄDS steht, hatte im Sommer 1997 nachweisbaren Fe-Gehalt. Die wenigen Quellen, wo das der Fall war, befinden sich alle westlich des Fernbachs. *Westlich* Fernbach und Sulzbach – am Grundbachtal und an der Südflanke des Kremstales – sind Sandlagen im „Robulus-Schlier“ der Innviertler Serie und darin leicht gespanntes Grundwasser hoch über der Kremstalsohle belegt, sodass Mischungen zwischen Grundwasser der Typen S3 und S4 an sich zu erwarten sind. Trotzdem ist das Wasser der Quelle D10-Q02 *LandLehn*, die in unmittelbarer Nachbarschaft von Entwässerungen mit Fe-Oxid-Krusten an den Sammelrohren tatsächlich Fe-frei. Das unterstreicht die Andersartigkeit im Fließverhalten von Grundwasser des Typs S4 im Vergleich zu dem der Entwässerungen (Typ S3); vielleicht ist hier eine Störung vorhanden, die die Fließrichtung vorgibt. Mischwässer treten

dagegen aus der Hochterrasse aus, sind jedoch dem entsprechenden Typ HT zugeordnet worden (siehe weiter unten). – *Östlich* von Fernbach und Sulzbach sind keine Quellen mit Grundwasser des Typs S3 bekannt geworden; nur im Fall des Brunnens D09B01 *HiesAhrm* ist ein Übertritt von Wasser solcher Art aus der Molasse in die Tal-füllung anzunehmen, unter dem Niveau der benachbarten Quellen (QG *Ahrmühle*, QG *Reichel*). Letztere führen alle Grundwasser des Typs S4.

Unter der Annahme, dass sich die Kluftwässer der Molasse vom Grundwasser der darüber liegenden quartären Sedimente – der KKG (Typ K3) und der ÄDS (Typ K1) – ableiten, sollten sich die jeweiligen Charakterzüge dieser Grundwassertypen auch im Datenmaterial der **Tab. C6** wieder finden, die dem Grundwassertyp S4 gewidmet ist. In der Spalte „Ch-Typ“ ist eine Einteilung in zwei **Untertypen S4kkg und S4äds** vorgenommen: Ein Vergleich der Werteverteilung für die Parameter Mg/Ca und NKH kann diese Annahme bestätigen:

- Mg/Ca(S4kkg) < 0,3 (im Durchschnitt etwas über 0,2), NKH um 4°dH;
- Mg/Ca(S4äds) > 0,3 (im Durchschnitt etwas unter 0,4), NKH um 5°dH;

die Abweichung zu höheren Werten als 0,3 bei der QG *Egendorf* (bei D11Q03a) kann damit erklärt werden, dass hier eine Grundwasser-Komponente aus den ÄDS der Umgebung von Ranwalln eine Rolle spielt; auch der Si-Gehalt von nur 4 mg/l deutet in diese Richtung. Allerdings könnte das genauso gut für das Grundwasser der QG *Kogler* gelten, an dem man jedoch das dem Untertyp *S4kkg* eigene Mg/Ca-Verhältnis um 0,2 feststellt. Genauer sind die Verhältnisse unter der Hochfläche von Ranwalln mit dem vorliegenden Datenmaterial nicht nachvollziehbar. Sicher ist allerdings, dass eine Bohrung bei Ranwalln auf Grundwasser der dortigen ÄDS kein solches Grundwasser angetroffen hat, sodass die Quellen bei Kogl und Egendorf aus einem Kluftgrundwasserleiter gespeist werden müssen, der seinerseits hydrologisch vom Grundwasserkörper der KKG abhängt, die unter dem nordöstlichen Rand der Mindelmoräne seitlich an die ÄDS anschließt.

Zusammenfassend charakterisieren wir den GW-Typ S4 durch folgende Merkmale:

- Das Kluftgrundwasser der Molasse leitet sich vom Grundwasser der darüber liegenden quartären Sedimente ab und stimmt daher weitgehend mit diesem Grundwassertyp überein.
- Der **Si-Gehalt** liegt im allgemeinen bei Werten > 5 mg/l und ist durchschnittlich jedenfalls höher als im Grundwasser der quartären Überdeckung; Konzentrationen bis 10 mg/l kommen vor. Damit scheint der Parameter Si mit Werten von mehrheitlich 5–10 mg/l das Grundwasser der Molasse insgesamt von anderen GW-Typen zu unterscheiden. Dies gilt insbesondere für das Kluftgrundwasser vom Typ S4, dessen weitere Eigenschaften von den Herkunftstypen K1 und K3 abhängen.
- Die Unterschiede zwischen dem Grundwasser der KKG (Typ K3) und der ÄDS (Typ K1) – vor allem bezüglich der Parameter Mg/Ca und NKH – finden sich im davon

abgeleiteten Grundwasser des Typs S4 wieder (KKG und *S4kkg*: Mg/Ca < 0,3; ÄDS und *S4äds*: Mg/Ca > 0,3 ; bei der NKH sind der Unterschied bloß graduell).

- Die E_H -Werte sind ebenfalls im Bereich der Grundwässer vom Typ K1 und K3 angesiedelt (≤ 150 mV); O_2 kann jedoch bis zu Konzentrationen zwischen 5 und 6 mg/l herab vermindert („veratmet“) werden, ohne dass der E_H dabei gleichermaßen sinkt.

6.7 GRUNDWASSER DER FLYSCHZONE (GW-TYP FY)

Grundwasser der Flyschzone, das nach dem NO_3 -Gehalt zu urteilen unverschmutzt ist, zeichnet sich in erster Linie durch seine geringe Mineralisierung aus (LF im allgemeinen < 600 μ S/cm; Cl < 10 mg/l). Man kann die untersuchten Wasserspender (siehe **Abb. und Tab. C7**) in zwei Untergruppen teilen:

1. Brunnen und Quellen im bewaldeten Bergland der Flyschzone führen das am wenigsten mineralisierte Grundwasser, mit Cl-Werten von nur 2–3 mg/l. Obwohl es sich nach Aussage der Tritium-Daten größenordnungsmäßig durchaus einige Jahre im Grundwasserleiter aufhält, bleibt Grundwasser von dieser Art vermutlich größtenteils auf die oberflächennahe, ausgelaugte Entfestigungszone beschränkt. Der sehr geringe Cl-Gehalt lässt sich durch die vor Verdunstung schützende Bewaldung erklären; er ist tatsächlich nur etwa doppelt so hoch wie im einsickernden Wasser (durchschnittlich 1,3 mg/l = nasse + trockene Deposition / Niederschlagssumme von 1984 bis 1996).
2. Die Quellwässer der in der Flyschzone gelegenen oberen Einzugsgebiete von Binderbach und Fernbach werden fast alle über Entwässerungen dem nächstgelegenen Graben zugeleitet. Hier lassen sich beträchtliche Gehalte an löslichem Fe und Mn (bis 0,35 mg/l Fe bzw. 0,3 mg/l Mn) und zum Teil sehr hohe Werte für reduzierte N-Spezies feststellen (in derselben Probe C13Q01 mit den genannten Fe- und Mn-Werten: 0,4 mg/l NO_2 und 2,6 mg/l NH_4). Der E_H sinkt mit zunehmender Konzentration der genannten Ionen, nicht aber gleichermaßen der O_2 -Gehalt; auch hier bestehen also Werte von > 0,05 mg/l Fe und > 5 mg/l O_2 nebeneinander, wie schon an den Daten für den GW-Typ S3 beobachtet. Hier wie dort dürften Luftzutritt und verzögerte Fe- bzw. Mn-Fällung die Ursache sein.

Wieweit Fe- und Mn-Führung das Grundwasser der Flyschzone allgemein kennzeichnet, kann mangels Daten aus dem (nicht zum Untersuchungsgebiet gehörenden) Flysch-Bergland nicht sicher gesagt werden, aber die beiden Entwässerungen B13E01 und B13E02 in der Umgebung des Gehöftes *Fuchs*, die geringe NO_3 -Konzentrationen (7 bzw. 2 mg/l) mit nachweisbaren, aber nicht zu Verkrustungen führenden (und daher nicht sofort auffallenden) Fe- und Mn-Gehalten, können durchaus typisch sein.

In der Flyschzone schütten die meisten Quellen sehr junges Wasser. Die Verwitterungszone kann einen Teil der einsickernden Niederschläge wenige Jahre speichern, nachdem sie den größten Teil davon über den Zwischenabfluss schnell wieder abgeleitet hat. Darüber hinaus sind sandige Schichten bekannt, die Grundwasser in geringer Menge, jedoch beständig, an die Oberfläche abgeben. Eine gleichmäßig aus einem solchen Grundwasserleiter unterhalb der Verwitterungsschwarte schüttende Quelle (D16Q01: **Tab. 3**) lieferte ein mittleres Alter von etwa 1 Jahrzehnt.

6.8 GRUNDWASSER IN TALGEBUNDENEN TERRASSEN (GW-TYP HT)

Die risszeitlichen Terrassen sind den älteren Formationen talwärts vorgelagert und infolgedessen hydrologisch im Wesentlichen von den Grundwasserleitern dieser älteren Formationen abhängig. Die vertikale Infiltration im Bereich der Hochterrasse ist von sehr beschränktem Umfang; den größten Teil ihres Grundwassers erhalten die Hochterrasse lateral sowohl aus Quartär- als auch Molasse-Aquiferen. Dass es sich um entsprechende Mischwässer handelt, wird dadurch belegt, dass die chemischen Eigenschaften der hier eingeordneten Wässer (des Typs HT) eine Mittelstellung zwischen den genannten Herkunftstypen einnehmen (**Abb. und Tab. C8**). Man sieht das am besten an den Boxplot-Diagrammen für die Parameter LF, E_H und Si (**Abb. 23, 25 und 41**). Eine Fe-Führung ist stellenweise gegeben; sie liegt dann im Bereich der Nachweisgrenze für den Triazin-Test.

Grundwasser des Typs HT liefert an gewissen Orten die höchsten gemessenen Cl-Werte (E10Q11 *LeonRohr1*: um 44 mg/l; QG *Hacklmair*: um 30 mg/l). Das mag zumeist durch den Einfluss von – im Bodenniveau aufkonzentrierten – Hangwassers erklärbar sein. Im Fall E10Q11 *LeonRohr1* sind der absolut höchste Cl-Wert allerdings mit erheblichen Gehalten an NO_2 und NH_4 sowie einem relativ niedrigen E_H kombiniert, so dass Chlorid zumindest hier auch ein Verschmutzungsindikator ist.

6.9 HANGWASSER UND SEKUNDÄRQUELLEN (GW-TYP L2)

Wie man nach dem bisher gesagten aus **Tab. C11** leicht entnehmen kann, sind hier Eigenschaften aller Grundwassertypen (außer Fy *Flyschzone*) vertreten. Das ist auch zu erwarten, nachdem Hanglehne und Soliflukionsdecken nicht selten die bergseitig aus verschiedenen Stockwerken andrängenden Grundwässer stauen, ihren Austritt auf tieferem Niveau erzwingen – wenn nicht verhindern – und dabei eine gewisse Vermischung der verschiedenen Herkunftstypen verursachen. Beachtenswert sind die im

Vergleich zu anderen GW-Typen höheren **Cl-Gehalte** einiger Proben, deren mögliche Ursachen – wie für das Grundwasser der Hochterrasse gerade besprochen – in einer Aufkonzentration durch Verdunstung im Bodenniveau und/oder in der Anwendung anorganischer Dünger liegen. An den **Fe/Mn-Werten** ist auffallend, dass Mn im Ausmaß von 0,01 mg/l in zwei Fällen ohne einen nachweisbaren Fe-Gehalt auftritt; vermutlich ist hier das Fe gemäß seiner vergleichsweise geringeren Löslichkeit schon bei Luftzutritt im Boden ausgefallen.

Zum Abschluss wird noch mal auf **Beilage 4** hingewiesen. Sie wurde als eine grafische und tabellarische Synthese zur vorliegenden Arbeit konzipiert. Diese Arbeit wiederum wurde unternommen, um Hintergrundwissen zum Untersuchungsgebiet zu kompilieren und zu vermehren, das – besonders den Geologen im Landesdienst – ermöglichen soll, die Auffindung von in der Praxis zumeist rasch gewünschten Lösungen auf aktuelle, grundwasserbezogene Fragen und Probleme auf eine objektive Grundlage zu stellen. Diese Arbeit versucht daher nicht, die im Anlassfall geforderten Lösungen in allgemeiner Weise vorwegzunehmen. Sie versucht aber wohl, in einem Untersuchungsraum mit bislang für die Bearbeiter verschiedenster Anlassfälle und lange Zeit auch für den Autor recht verwirrenden hydrogeologischen Vielfalt Ordnung und Übersicht zu schaffen. Wenn dies gelungen ist, können Diskussionen im Konfliktfeld zwischen Grundwasserschutz und Grundwassernutzung in der gegenständlichen Region künftig eher im Rahmen eines gemeinsamen Bezugssystems geführt werden. Die Traun-Enns-Platte stellt für Prozesse und Betrachtungen dieser Art ein gutes Versuchsfeld dar.

7. LITERATUR

- Abel, O. (1913): Wels–Kremsmünster. Geol. Kt. 1:75.000, Zone 13, Kol. X. (Mitarb.: A. Till). — Wien: Geol. R.-A. (Geologische Reichsanstalt, Wien: Geologische Spezialkarte der Österreichisch-Ungarischen Monarchie; 4752) Dazu Aufnahmeber. in: Verh. Geol. R.-A. 1905: 353–360; 1907: 19f.; 1908: 20ff.; 1909: 18f.; 1910: 19.
- Amend, J.P. & Teske, A., 2005: Expanding frontiers in deep subsurface microbiology. – *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 219, 131–155.
- Angerer, L. (1910): Geologie und Prähistorie von Kremsmünster. — S. 31–115 in: *Dirktion des k. k. Obergymnasiums zu Kremsmünster (Hg.): Sechzigstes Programm des kais. kön. Obergymnasiums der Benediktiner zu Kremsmünster für das Schuljahr 1910.* — Linz: Akad. Buchdruckerei d. kath. Pressver. (Programm/Jahresberichte des Gymnasiums Kremsmünster; 60)
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber R. (1996): *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung.* 8. Aufl. — Berlin [u.a.]: Springer.
- Bieber, G., Motschka, K. & Römer, A. (2004): *Fachliche Bewertung und Verifizierung der aerogeophysikalischen Befliegung der Messgebiete Traun/Ennsplatte und der Detailgebiete Sierning und Neuhofen an der Krems (OÖ).* Gemeinschaftsbericht der Projekte ÜLG20/ÜLG28/ÜLG35. — Wien: Geol. B.-A.
- Bischofsberger, W., et al. (1998): *Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Skript [Website].* Techn. Univ. München, Lehrstuhl und Prüfamt für Wassergüte und Abfallwirtschaft. — http://www.lrz-muenchen.de/~skript_wga/inhalt.html, (letzte Änd. :) 16. Oktober 1998.
- Brassington, R. (1995): *Finding Groundwater. A Guide to the Construction and Maintenance of Private Water Supplies.* 2nd ed. — Chichester [u.a.]: Wiley.
- Braumüller, E. (1959): *Der Südrand der Molassezone im Raume von Bad Hall. Mit mikropaläontologischen Beiträgen von W. Schors.* — *Erdoel-Zt.*, 75, 122–130.
- Brix, F. & Schultz, O. (1993): *Erdöl und Erdgas in Österreich.* 2. Aufl. — Horn: Naturhist. Museum Wien und F. Berger.
- Chapelle, F.H. (1993): *Groundwater-Microbiology and Geochemistry.* — New York [u.a.]: Wiley.
- Collinson, J. D. & Thompson, D. B. (1989): *Sedimentary Structures.* – 2nd ed., London [u.a.]: Unwin Hyman.

- Degner, R., Heilbock, J. & Winkler J. (1988): Fibel zur photometrischen Wasser- und Abwasser-Analytik. Einführung in die Photometrie. — Firmenschr., Weilheim: WTW.
- Degner, R., et al. (ca. 1993): Oxi-Fibel. Einführung in die Gelöstsauerstoff-Mess-technik. — Firmenschr., Weilheim: WTW. (Neubearb. von Schuler 1987)
- Egger, H. (1997): Das sinistrale Innsbruck-Salzburg-Amstetten-Blattverschiebungssystem: ein weiterer Beleg für die miozäne laterale Extrusion der Ostalpen. — Jb. Geol. B.-A., 140, 47–50.
- Ehlers, J. (1994): Allgemeine und historische Quartärgeologie. — Stuttgart: Enke.
- Faupl, P. (1997a): Historische Geologie. Eine Einführung. —Wien: WUV-Univ.-Verlag. (WUV-Studienbücher Naturwissenschaften; 1)
- Fink, J. (Red.) (1976): Exkursion durch den österreichischen Teil des nördlichen Alpenvorlandes und den Donaauraum zwischen Krems und Wiener Pforte. Erweiterter Führer zur Exkursion: 2. Tagung der IGCP-Projektgruppe "Quaternary Glaciations in the Northern Hemisphere", 1974, Wien. (Mit Beiträgen von J. Fink, H. Fischer, W. Klaus, A. Kocí, H. Kohl, J. Kukla, V. Lozek, L. Piffli, G. Rabeder.) — Wien: Österr. Akad. Wiss. (Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften; 1) Exkursion durch die Traun-Enns-Platte, Beschreibung von H. Kohl: S. 9–13, 24–48.
- Fink, J. (Red.) (1978): Exkursion durch den österreichischen Teil des nördlichen Alpenvorlandes und den Donaauraum zwischen Krems und Wiener Pforte. Anlässlich: DEUQUA-Tagung, 1978, Wien.— Wien: Österr. Akad. Wiss. (Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften; 1, Erg.-Bd.) Exkursion durch die Traun-Enns-Platte, Beschreibung von H. Kohl: S. 1–5, 7–18.
- Flögl, H. (1970): Wasserwirtschaftliches Grundsatzgutachten Vökla–Ager–Traun–Alm. Hg.: Amt d. Oberösterr. Landesregierung. — Unveröff. Bericht, Hauptgutachten (174 S.), Einzelgutachten (64 S.), Tabellenbd., 12 Ktn. (1:50.000), Linz.
- Flögl, H. (1983): Wasserwirtschaftliches Grundsatzgutachten Traun-Enns-Platte. Hg.: BM f. Land- und Forstwirtsch., Sektion IV/1: Wasserwirtschaftskataster. — Unveröff. Bericht, Linz.
- Forster, A.E. (1903): Geologische Übersichtskarte der Traun-Enns-Platte. — In: Penck, A. & Richter E.: Glazialexkursion in die Ostalpen. Führer für die Exkursionen (Bd. XII), IX. Internationaler Geologenkongreß, 1903, Wien.
- Friedl, K. (1924): Geologisches Gutachten über die Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit eines Öl- und Gasvorkommens in der Gegend von Bad Hall in Oberösterreich. — Unveröff. Bericht, Wien.

- Goldbrunner, J.E. (1984): Zur Hydrogeologie des oberösterreichischen Molassebeckens. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 36, 83–102.
- Götzinger, G. (1936): Die Traun-Enns-Platte (Steyr–Kremsmünster–Wels–Gmunden). — S. 75–82 in: Führer für die Quartär-Exkursionen in Österreich: III. INQUA-Konferenz, 1936, Wien.
- Graf, H.R. (1993): Die Deckenschotter der zentralen Nordschweiz. — Zürich: Eidgen. Techn. Hochschule, Diss.
- Griebler, C. & Mösslacher, F. (Hg.), 2003: Grundwasser-Ökologie. — Wien: Facultas.
- Grill, R. (1952): Neue Jodwasserbohrungen in Bad Hall. — Verh. Geol. B.-A., 1952, 85–92.
- Häusler, H. & Straka, W. (1999): Endbericht über das Projekt "Tiefengrundwasser Traun-Enns-Platte", Teilprojekt Kremsmünster–Bad Hall–Wartberg, O.-Ö. L.-R.: BauW-II/LG-930007/8-1998/KOL/HB. — Unveröff. Bericht, Wien, 31. Dezember 1998.
- Hesske, S., Parriaux, A. & Bensimon, M. (1997): Geochemistry of springwaters in Molasse aquifers. Typical mineral trace elements. — Ecl. Geol. Helv., 90, 151–171.
- Hintermaier-Erhard, G. & Zech, W. (1997): Wörterbuch der Bodenkunde. Systematik, Genese, Eigenschaften, Ökologie und Verbreitung von Böden. — Stuttgart: Enke.
- Höltling, B. (2005): Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. 6. Aufl. — München: Elsevier.
- Humer, G. (1995): Niederschlagsisotopenmessnetz Österreich. (Mitarb.: D. Rank, P. Trimborn, W. Stichler). — Wien: BM f. Umwelt, Umweltbundesamt. (Umweltbundesamt: Monographien; 52)
- Hütter, L.A. (1994): Wasser und Wasseruntersuchung. Methodik, Theorie und Praxis chemischer, chemisch-physikalischer, biologischer und bakteriologischer Untersuchungsverfahren. 6. Aufl. — Frankfurt [u.a.]: Salle + Sauerländer.
- Ingerle, Kurt, 1980: Wasserversorgung Waldneukirchen. Erweiterung Steinersdorf. Auftrag.: Amt d. Oberösterr. Landesregierung, Abt. Wasserwirtschaft und Hydrographischer Dienst. — Unveröff. Bericht, 13 S., 2 Faltpl. — Innsbruck, 28. April 1980.
- Ingerle, K. (1985): WV. Waldneukirchen. Brunnen Hametwald. Auftrag.: Amt d. Oberösterr. Landesregierung, Abt. Wasserbau, Wasserwirtschaftliche Planung. — Unveröff. Bericht, Innsbruck.
- Janik, V. (1974b): Sedimentpetrographische Untersuchungen der quartären Profile von St. Georgen a. d. Mattig und Mauerkirchen (Oberösterreich). — Jb. Oö. Mus.-Ver., 119, 145–178.

- Janik, V. (1975): Mathematisch-statistische Auswertung von Untersuchungsergebnissen quartärer Sedimente aus Oberösterreich. — Jb. Oö. Mus.-Ver., 120, 291–314.
- Janoschek, W., Malzer, O. & Zimmer, W. (1996): Hydrocarbons in Austria, past, present and future. — S. 43–63 in: Wessely, G. & Liebl W. (eds.): Oil and Gas in Alpidic Thrustbelts and Basins of Central and Eastern Europe. — London: Geological Society.
(EAGA – European Association of Geoscientists and Engineers: Special Publication; 5)
- Janssen, J. & Laatz, W. (1997): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests. 2., Aufl. — Berlin [u.a.]: Springer.
- Koensler, W. (1989): Sand und Kies. Mineralogie, Vorkommen, Eigenschaften, Einsatzmöglichkeiten. — Stuttgart: Enke.
- Kohl, H. (1955): Altmoränen und pleistozäne Schotterfluren zwischen Laudach und Krems. — Jb. Oö. Mus.-Ver., 100, 321–344.
- Kohl, H. (1958): Unbekannte Altmoränen in der südwestlichen Traun-Enns-Platte. — Mitt. Geogr. Ges. Wien, 100, 131–143.
- Kohl, H. (1962a): Zur Eiszeitgeologie der Traun-Enns-Platte. Neue Aufnahmen im Raume des Kremstales. — Oberöstr. Heimatblätter, 16 (1), 1–12.
- Kohl, H. (1962b): Eine unbekannte Verwitterungszone zwischen altpleistozänen Schottern bei Kremsmünster. — Verh. Geol. B.-A., 1962, 383–386.
- Kohl, H. (1967a): 1. Teilbericht über die hydrogeologischen Aufnahmen in der Traun-Enns-Platte. Aiterbachgebiet. Auftrag.: Stadtwerke Linz. — Unveröff. Bericht, Linz.
- Kohl, H. (1967b): 2. Teilbericht über die hydrogeologischen Aufnahmen in der Traun-Enns-Platte. Ried-Sipbachgebiet. Auftrag.: Stadtwerke Linz. — Unveröff. Bericht, Linz.
- Kohl, H. (1968a): 3. Teilbericht über die hydrogeologischen Aufnahmen in der Traun-Enns-Platte. Weyerbachgebiet. Auftrag.: Stadtwerke Linz. — Unveröff. Bericht, Linz.
- Kohl, H. (1968b): 4. Teilbericht über die hydrogeologischen Aufnahmen in der Traun-Enns-Platte. Kremsgebiet. Auftrag.: Stadtwerke Linz. — Unveröff. Bericht, Linz.
- Kohl, H. (1971): Das Quartärprofil von Kremsmünster in Oberösterreich. — Geogr. Jahresber. Österr., 33, 82–88.

- Kohl, H. (1974): Die Entwicklung des quartären Flussnetzes im Bereich der Traun-Enns-Platte / Oberösterreich. — *Heidelberger Geogr. Arb.*, 40, 31–41.
- Kohl, H. (1981): Das Quartär in Oberösterreich und die internationale Quartärforschung. Univ.-Prof. Julius Fink zum Gedenken. — *Jb. Oö. Mus.-Ver.*, 126/I, 229–251.
- Kohl, H. (1983b): Das Quartär. — S. 81–91 in: *Bibliographie zur Landeskunde von Oberösterreich 1930–1980*: — *Jb. Oö. Mus.-Ver.*, 128, 2. Erg.-Bd.
- Kohl, H. (1986/87): *Kompilierte Geologische Karte. 1:20.000. Proj.: Massenrohstoffe OÖ II (OA 1f/87). Red.: G. Letouzé-Zezula, G. Pascher. Hg.: Geologische Bundesanstalt Wien, Fachabt. Rohstoffgeologie. — Wien: Geol. B.-A., 1986–1988. (Verwendet: Bl. 5132, 5232, 5133, 5233, 5333)*
- Kohl, H. (1986b): Die Weiße Nagelfluh der Traun-Enns-Platte und ihre Bedeutung als Bau- und Dekorationsstein. — *Oberösterr. Heimatblätter*, 40, 245–265.
- Kohl, H. (1990a): *Kompilierte Geologische Karte 1 : 20 000 des oberösterreichischen Zentral- und Donauraumes. (Einleitung: G. Letouzé-Zezula) — Ber. Geol. B.-A., 20.*
- Kohl, H. (1994): Die glazifluvialen Schottermassen im Bereich der Traun-Enns-Platte. Eine vergleichende Studie der eiszeitlichen Schmelzwasserschüttungen aus den vier großen alpinen Eiszeiten. — *Jb. Oö. Mus.-Ver.*, 139/I, 83–109.
- Kohl, H. (2000): *Das Eiszeitalter in Oberösterreich. Abriss einer Quartärgeologie von Oberösterreich. — Linz, Oö. Mus.-Ver. (Schriftenreihe des OÖ. Musealvereines – Gesellschaft für Landeskunde; 17)*
- Kölle, W. (2003): *Wasseranalysen – richtig beurteilt. Grundlagen, Parameter, Wassertypen, Inhaltsstoffe, Grenzwerte nach Trinkwasserverordnung und EU-Trinkwasserrichtlinie. 2. Aufl. — Weinheim: Wiley-VCH.*
- Kralik, M., Humer F., Loishandl-Weisz, H. & Grath, J. (2008): *Pilotprojekt Grundwasseralter. Endbericht 2008. Im Auftrag von Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, AZ: BMLFUW-UW.3.1.4//0062-VII/1/2005. – Unveröff. Bericht, Umweltbundesamt GmbH, Wien.*
- Krasel, G., et al. (1993): *Die Trinkwasserkontrolle in Österreich : Rechtliche Bestimmungen und fachliche Erfordernisse. — Wien: Orac.*
- Kunze, U.R. & Schwedt, G. (1996): *Grundlagen der qualitativen und quantitativen Analyse. 4. Aufl. — Stuttgart: Thieme.*
- Langguth, H.R. & Voigt, R. (2004): *Hydrogeologische Methoden. 2. Aufl. — Berlin [u.a.]: Springer.*

- Leopold, P. (1998): Hydrogeologie der Molassezone im Bereich St. Florian – Steyr – Sierning (Oberösterreich). — Dipl.-Arb., Univ., Wien.
- Leopold, P. & Häusler, H. (2004): Beitrag zur nachhaltigen Bewirtschaftung „seichtliegender Tiefengrundwässer“ in der oberösterreichischen Molassezone. — Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft, 56 Jg., H. 5–6, 71–78.
- Lohberger, W. & Thürriedl, K. (1995): Technischer Bericht. Be-/Entwässerungsprojekt Golfplatz Herzog Tassilo – Pfarrkirchen/Bad Hall. Auftrag.: Golfplatz Errichtungs- und VerwaltungsgesmbH, Bad Hall, OÖ. — Unveröff. Bericht, Linz. (Dazu: Amt d. Oö. Landesreg., Landesbaudir., Boden- und Baustoffprüfstelle: Prüfungszeugnis. BauS-V/15.020-1991/Hi/Ba . Proj.: Teichanlagen Golfplatz Bad Hall, Ermittlung der Durchlässigkeit. – Linz, 24. April 1991)
- Lotze, F. (1945): Geologische Kartenaufnahme von Kremsmünster und Umgebung. [Geol. Kt.] 1:25.000. — Unveröff. Arbeitskt., Wien: Geol. B.-A.
- Macherey-Nagel GmbH (1995): Schnellteste : pH- und Indikatorpapiere. Testbestecke zur Wasseruntersuchung. Photometrische Wasseranalysen. — Katalog, Kat.-Nr. d7/5/0/1.95.
- Mattheß, G. & Ubell, K. (1983): Allgemeine Hydrogeologie. Grundwasserhaushalt. — Berlin, Stuttgart: Bornträger. (G. Mattheß (Hg.): Lehrbuch der Hydrogeologie; 1)
- Mattheß, G. (1994): Die Beschaffenheit des Grundwassers. 3. Aufl. — Berlin, Stuttgart: Bornträger. (G. Mattheß (Hg.): Lehrbuch der Hydrogeologie; 2)
- Mazor, E. (1991): Chemical and Groundwater Hydrology. The Applied Approach. 2nd ed. — New York [u.a.]: Dekker.
- Merck GmbH (1993): Fertigtests. Aquamerck, Aquaquant, Mikroquant für die mobile Analytik. — Katalog, Kat.-Nr. W240010.
- Moser, G. (2005): Lössle und Lösslehme in Oberösterreich südlich der Donau – Funktion und Bedeutung für den Grundwasserschutz. Wien: Universität, Diss.
- Moser, H. & Rauert W. (1980): Isotopenmethoden in der Hydrologie. (Mit Beitr. v. H. Behrens, W. Drost, M. A. Geyh, D. Klotz, S. Lorch, H. Pahlke, K.-P. Seiler, W. Stichler.) 3. Aufl. — Berlin, Stuttgart: Bornträger. (G. Mattheß (Hg.): Lehrbuch der Hydrogeologie; 8)
- Neumayer, M. (1985): Wasserschutzgebiet – Vorschlag. Gemeinde Rohr im Kremstal. Auftrag.: Gem. Rohr i. Kremstal. — Unveröff. Gutachten, Linz.
- Penck, A. & Brückner, E. (1909): Die Alpen im Eiszeitalter. Bd. 1. — Leipzig: Tauchnitz.
- Penck, A. & Richter, E. (1903): Glazialexkursion in die Ostalpen. Führer für die Exkursionen (Bd. XII): IX. Internationaler Geologenkongreß, 1903, Wien. (Dazu: Geol. Übersichtskarte der Traun-Enns-Platte 1:250.000, von A. E. Forster)

- Petters, V. (1936): Geologische und mikropaläontologische Untersuchungen der Eurogasco im Schier Oberösterreichs. — *Petroleum*, 32, 10–12.
- Polesny, H. (1997): Der Raum Kremsmünster und seine Bedeutung für die Öl- und Gasindustrie. — *Ber. Anselm Desing-Ver.*, 37, 4–19, Kremsmünster.
- Putzien, J. (Red.) (1993): Leitfähigkeits-Fibel. Einführung in die Konduktometrie für Praktiker. (Verf.: K. Rommel, R. Keller, F. Honold, M. Kaul, J. Heilbock, R. Degner.) — *Firmenschr.*, Weilheim: WTW. (Neubearb. von Rommel 1988)
- Putzien, J. (1989): pH-Fibel : Einführung in die pH- und Redox-Messtechnik. — *Firmenschr.*, Weilheim: WTW.
- RAG – Rohoel-Gewinnungs AG (1967): Technischer Bericht für den Bau dreier Wasserbrunnen und einer Wasserentnahmestelle bei der Krems. (Flutprojekt der Erdöllagerstätte Voitsdorf). Hg.: RAG - Rohoel-Gewinnungs AG, Förderbetriebsleitung (FBL), A-4550 Kremsmünster/Krift, OÖ. — Unveröff. Bericht, Kremsmünster.
- Rank, D. (1991): "Umweltisotope" – Fortschritte in Forschung und Anwendung. — *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 83 (1990), 91–108.
- Rank, D., Papesch, W., Lust, G., Nussbaumer, W. & Rajner, V. (1991): Isotopenhydrologie in Österreich, Stand 1990. — *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 83 (1990), 109–124.
- Roetzel, R. & Krenmayr, H.G. (1996): Das Tertiär der Molassezone in Oberösterreich und Salzburg. — S. 32–35 in: Egger, H., Hofmann, T. & Rupp, C. (Red.): Ein Querschnitt durch die Geologie Oberösterreichs. Exkursionsunterlagen: Wandertagung 1996, 7.–11. Oktober 1996, Wels. Veranst.: ÖGG – Österreichische Geologische Gesellschaft. — Wien. (Österreichische Geologische Gesellschaft: Exkursionsführer; 16)
- Rögl, F. & Rupp, C. (1996): Stratigraphie in der Molassezone Oberösterreichs. — S. 66–72 in: Egger, H., Hofmann, T. & Rupp, C. (Red.): Ein Querschnitt durch die Geologie Oberösterreichs. Exkursionsunterlagen: Wandertagung 1996, 7.–11. Oktober 1996, Wels. Veranst.: ÖGG – Österreichische Geologische Gesellschaft. — Wien. (Österreichische Geologische Gesellschaft: Exkursionsführer; 16)
- Rohrhofer, J. (1938): Die eiszeitlichen Ablagerungen im Alpenvorland zwischen Traun und Enns. — *Mitt. Erdkde. Linz*, 1938, 50–68, 97–122.
- Rommel, K. (1988): Leitfähigkeits-Fibel. Einführung in die Konduktometrie für Praktiker. (Mit einem Beitr. v. P. Schuler & R. Degner.) — *Firmenschr.*, Weilheim: WTW.
- Scheidleder, A., Kralik, M., Rank, D., Rajner, V., & Tesch, R. (1998): Tritiummessnetz Österreich. Jahresbericht 1995 und 1996. Report-Nr. R-148. Hg.: BM f. Umwelt, Jugend und Familie, Umweltbundesamt. — Wien: Umweltbundesamt. (Bundesforschungs- und Prüfzentrum Arsenal & Umweltbundesamt: Reports)

- Schlegel, H.G. (1992): Allgemeine Mikrobiologie. 7. Aufl. — Stuttgart, New York: Thieme.
- Schmölzer, A. (1955): Zur Geochemie der Jod-Solequellen. — Chemie der Erde, 17, 192–210.
- Schmölzer, A. (1956): Zur Geochemie der Jodquellen Bad Halls. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 47 (1954), 99–120.
- Schönenberg, R. & Neugebauer, J. (1997): Einführung in die Geologie Europas. 7. Aufl. — Freiburg i. Br.: Rombach.
- Schuler, P. (1987): Oxi-Fibel. Einführung in die Gelöstsauerstoff-Messtechnik. — Firmenschr., Weilheim: WTW.
- Schumann, A.H. (2002): Hydrometrisches Messen. — Studienunterlage, Ruhr-Univ. Bochum: Lehrstuhl für Hydrologie, Wasserwirtschaft und Umwelttechnik.
- Siegenthaler, U. & Oeschger, H. (1980): Correlation of ^{18}O in precipitation with temperature and altitude. — Nature 285, 314–317.
- van Husen, Dirk (1975): Die quartäre Entwicklung des Steyrtales und seiner Nebentäler. — Jb. Oö. Mus.-Ver., 120, 271–289.
- Vohryzka, E. (1993): Hydrogeologisches Gutachten für einen Bohrbrunnen in Ehrnsdorf bei Wartberg an der Krems. Auftrag.: G. L. Pesendorfer, Diepersdorf 18, 4552 Wartberg/Kr. — Unveröff. Gutachten, Linz. (Beil.: "Niederschrift über den Reinheitspumpversuch", 5–8. Aug. 1993)
- Wagner, L.R. (1996a): Die tektonisch-stratigrafische Entwicklung der Molasse und deren Untergrundes in Oberösterreich und Salzburg. — S. 36–65 in: Egger, H., Hofmann, T. & Rupp, C. (Red.): Ein Querschnitt durch die Geologie Oberösterreichs. Exkursionsunterlagen: Wandertagung 1996, 7.–11. Oktober 1996, Wels. Verant.: ÖGG – Österreichische Geologische Gesellschaft. — Wien. (Österreichische Geologische Gesellschaft: Exkursionsführer; 16)
- Wagner, L.R. (1996b): Stratigraphy and hydrocarbons in the Upper Austrian Molasse Foredeep (active margin). — S. 217–235 in: Wessely, G. & Liebl W. (eds.): Oil and Gas in Alpidic Thrustbelts and Basins of Central and Eastern Europe. — London: Geological Society. (EAGA – European Association of Geoscientists and Engineers: Special Publication; 5)
- Wagner, L.R. (1998): Tectono-stratigraphy and hydrocarbons in the Molasse Foredeep of Salzburg, Upper and Lower Austria. — S. 339–369 in: Mascle, A., Puigdefàbregas, C., Luterbacher, H.P. & Fernández, M. (eds.): Cenozoic Foreland Basins of Western Europe. — London: Geological Society. (Geological Society: Special Publications; 134)

- Wagner, L.R., Kuckelkorn, K. & Hiltmann, W. (1986): Neue Ergebnisse zur alpinen Gebirgsbildung Oberösterreichs aus der Bohrung Oberhofen 1 – Stratigraphie, Fazies, Maturität und Tektonik. — Erdöl Erdgas Kohle, 102, 12–19.
- Weber, F.K. (1993): Das Jodwasservorkommen Bad Hall. — S. 48–54 in: Zötl, Josef G. & Goldbrunner, J.E.: Die Mineral- und Heilwässer Österreichs. — Wien, New York: Springer.
- Weinberger, L. (1950): Gliederung der Altmoränen des Salzach-Gletschers östlich der Salzach. — Zt. Gletscherkde. Glazialgeol., 1, 167–186.
- Weinberger, L. (1955): Exkursion durch das österreichische Salzachgletschergebiet und die Moränengürtel der Irrsee- und Atterseezweige des Traungletschers. — S. 7–34 in: Geologische Bundesanstalt Wien (Hg.): Beiträge zur Pleistozänforschung in Österreich. Führer zur Exkursion: DEUQUA-Konferenz, 1955, Wien. — Verh. Geol. B.-A., Sonderheft D.
- Wieser, F. (1965): Geologisches Gutachten. Aral-Tankstelle Kremsmünster-Krift. Auftrag.: Aral-Austria Gesellschaft. — Unveröff. Gutachten, Bestell-Nr. B 1.871, Linz.
- Wieser, F. (1967a): Grundwasserverhältnisse im Bereich der Wiener Glasfabrik Otto Lutzky & Co., Zweigwerk Kremsmünster, Kremsegg Nr. 42, Abwasserbeseitigung, w.r. Bewilligung, Wa-659/1-1966/Br. — Unveröff. Gutachten, Linz.
- Wieser, F. (1967b): Geologisches Gutachten. Beeinflussung der Quelle auf Parz. 825/2 durch den Brunnen der Fabrik Greiner u. Söhne, Kremsmünster. Auftrag.: Fa. Greiner & Söhne. — Unveröff. Gutachten, Linz.
- Wieser, F. (1969a): Geologisches Gutachten. Beeinflussung der Quellen der Stiftes Kremsmünster durch den Berufsschulbau. Auftrag.: Stift Kremsmünster, OÖ. — Unveröff. Gutachten, Linz.
- Wieser, F. (1969c): Geologisches Gutachten. Berufsschulinternatsbau und Wasserspiegelabsenkung im Brunnen Zachl Georg, Kirchberg 66, Kremsmünster. Auftrag.: Amt d. Oberösterreich. Landesregierung, Landesbaudir., Abt. Hochbau. — Unveröff. Gutachten, Linz.
- Wieser, F. (1975): Geologisches Gutachten. Abschluss der Vorarbeiten für Brunnen Rohr/Kr. Auftrag.: Gem. Rohr i. Kremstal, OÖ. — Unveröff. Gutachten, Linz.
- Wieser, F. (1978): Geologisches Gutachten. WVA Waldneukirchen, Probebohr- und Pumpversuchsergebnis in Steinersdorf. Auftrag.: Gem. Waldneukirchen, OÖ. — Unveröff. Gutachten, Linz.
- Wieser, F. (1983): Hydrogeologisches Gutachten. Brandstätterquelle für Lutzkyglas, Kremsmünster. Auftrag.: Lutzkyglas GmbH, Kremsmünster. — Unveröff. Gutachten, Linz.

WTW – Wissenschaftlich-Technische Werkstätten, Weilheim/D (Hg.) (1997): Redox-Fibel. Grundlagen und Tips zur Redoxmessung. — Firmenschr., Weilheim: WTW.

Zetinigg, H. (1996): Der Quellkataster der Steiermark. Die systematische Kartierung von Quellen. (Mit Beiträgen von E. Fabiani, H. Stadlbauer.) — Graz: Amt d. Steiermärk. Landesreg. (Amt d. Steiermärk. Landesregierung, Landesbaudir., Fachabt. IIIa: Wasserwirtschaft, Referat II: Wasserversorgung (Hg.): Berichte der wasserwirtschaftlichen Planung; 79/1)

Zötl, J.G. (1978): Tiefenwässer – Nutzung und Beherrschung. — Österreichische Wasserwirtschaft, 30, 46–52.

ANHANG A

LISTE DER BEARBEITETEN WASSERSPENDER

Inhalt: Liste sämtlicher aufgesuchter Wasserspender (Brunnen und Quellen) und die wichtigsten Basisdaten dazu. Es folgt zunächst eine Erläuterung der Spalteninhalte und Abkürzungen:

Code	<p>Chiffre, gebildet aus</p> <p>(a) der Bezeichnung des Aufnahmequadranten (vgl. Beilage 6), gefolgt von</p> <p>(b) einem Buchstaben zur Grobeinteilung in drei Arten von Wasserspender: Q = Quelle, B = Brunnen, E = Entwässerung, und</p> <p>(c) einer fortlaufenden Nummer;</p> <p>diese Nummern werden immer zweistellig (ggf. mit führender Null) angegeben.</p>
KurzBez	<p>Kurzbezeichnung, gebildet aus</p> <p>(a) Name des Baches / der Flur / des Gehöftes, an oder nahe dem sich eine Quelle oder Entwässerung befindet, bzw. im Falle einer Grundwasserfassung: Name des Besitzers, und</p> <p>(b) Hofname oder fortlaufende Nummer, oder ein anderes Kürzel, z.B. FT = Fischteich, dazu eventuell</p> <p>(c) im Falle gleich lautender Namen ein weiteres Kürzel zur Unterscheidung;</p> <p>diese Kurzbezeichnungen wurden zur eigenen Orientierung im Zuge der Arbeiten eingeführt und trugen dem Wunsch nach einer gewissen Anonymisierung der Ortsbezeichnungen Rechnung.</p>
Art	<p>Art des Wasserspenders:</p> <p>Q = Quelle, QF = Quellfassung, QG = Quellgruppe, QS = Quellsumpf, QE = Quellentwässerung, B = Brunnen, BB = Bohrbrunnen, E = Entwässerung;</p> <p>Zusätze in Klammern:</p> <p>(E) = Einzelwasserversorgung, (M) = Mehrfachwasserversorgung, (B) = Betriebswasserversorgung, (Ö) = öffentliche Wasserversorgung, (T) = Teichanlage;</p> <p>unter einer QE verstehen wir dabei eine Drainage, die aus einem Hang früher dort ausgetretenes Quellwasser zum nächstgelegenen Vorfluter ableitet.</p>
BMN-re	Rechtswert in Bundesmeldenetz-Koordinaten;
BMN-ho	Hochwert in Bundesmeldenetz-Koordinaten.
SH	Seehöhe in Meter über Adria [m ü.A.].
Tiefe	Brunnentiefe in Meter [m].
Erg.	Ergiebigkeit: Bei Quellen quantitativ, bei Brunnen halbquantitativ in Kategorien von 1 (unergiebig) bis 4 (sehr ergiebig). Dieser Einteilung folgt die Legende zur Übersichtskarte Abb. 20 (für Quellen siehe auch Abb. 46).
Q	Quellschüttung in Liter pro Sekunde [l/s]; meist nur einmal gemessen und daher als Anhaltspunkt zu verstehen.
Typ	Grundwassertyp: Zur Bedeutung siehe Kap. 4 und 6 . Zusätze in Klammern geben einen Hinweis auf die Herkunft des Wassers aus einem Grundwasserhorizont anderen Typs: F (in Tabellen) = Fy (Text und Abb.).

Code	KurzBez	Art	BMN-re	BMN-ho	SH [m.ü.A]	Tiefe [m]	Ug [m]	Q [l/s]	Typ
B12B01	MandPölz	B(E)	519020	320430	420	15.0	1		K1(F)
B12B02	EderReic	B(E)	519350	320990	421	24.4	1		K1
B12B03	MandHame	B(E)	520120	320335	430	31.9	1		K1(F)
B12B04	FreuKnei	B(E)	518750	322300	402	6.6	0		K1(F)
B12E01	MühlE	E	520325	319745	423	–	2	0.25	D
B13B01	RossTrei	B(E)	518840	319000	425	6.3	1		K1(F)
B13E01	FuchsE1	E	519350	318390	437	–	2	0.13	F
B13E02	FuchsE2	E	519950	318650	432	–	2	0.06	F
B13Q01	Binder4	QE	519280	319030	415	–	1		K1(F)
B13Q02	Binder5	QE	519360	318930	423	–	1		F
B13Q03	Fuchs1	QS	519560	318330	441	–	2		F
B13Q04	Fuchs2	QS	519990	318610	434	–	2		F
B13Q05	HöllSchr	QG	518860	318400	430	–	2		F
C10B01	BreiSchm	B(E)	515870	324900	392	190	1		S1
C10E01	EdtE1	QE	516040	324360	350	–	1		L2(S4)
C10E02	EdtE2	E	516110	324285	350	–	1		L2(S4)
C10Q01	Edt1	QF	516240	324230	350	–	2	0.50	S3
C10Q02	Edt2	QF(T)	516420	324120	355	–	2	0.63	S4
C10Q03	WeißBrand	QF	517070	324215	373	–	2	0.30	K1
C10Q04	Gmein1	Q	517090	324180	372	–	3		K1
C10Q05	Edt3	QS	517140	324125	373	–	3		K1
C11E01	FernE0	E	516860	322480	358	–	1	0.08	L2(K1)
C11E02	BrunnE	E	518340	321840	387	–	2	0.50	K1
C11F01	SchimpF	F	517870	323110	390	–		3.00	
C11Q01	Klmeng2	Q	516580	323260	373	–	1	0.08	S4
C11Q02	Klmeng1	QF(M)	516530	323330	370	–	2	0.50	S4
C11Q03	Sigl1	QF(M)	516640	323420	365	–	2	0.50	S4
C11Q04	Edt4	QS	517090	323340	372	–	2		S4
C11Q04a	Edt4a	QS	517050	323380	375	–	1		S4
C11Q05	Diri1	QF(E)	517520	323200	383	–	2		K1
C11Q05a	Edt6	QS	517560	323210	378	–	2		K1
C11Q06	Edt7	QF(M)	517570	323250	380	–	2		K1
C11Q07	Schimp1	QG(T)	517730	323150	383	–	2	0.29	K1
C11Q08	Schimp2	QS	518070	322980	392	–	3	1.50	K1
C11Q08a	Edt8	QS	518150	322980	392	–	3	1.50	K1
C11Q09	RinnSchn	QF(E)	516310	322420	382	–	2		K1
C11Q10	Doll1	QF(E)	516500	322440	380	–	1	0.03	K1
C11Q11	GruberFT	QF(T)	516730	322340	380	–	2	0.45	K1
C11Q12	Doll2	QF	516550	322530	358	–	2	0.60	S4
C11Q13	Hasel3	QG(T)	517130	322295	365	–	2	0.29	S4

B12B01–C11Q13

Code	KurzBez	Art	BMN-Re	BMN-Ho	SH [m.ü.A]	Tiefe [m]	$\frac{Q}{U}$	Q [l/s]	Typ
C11Q14	Hasel1	QF	517300	322365	382	–	3	1.00	K1
C11Q15	Hasel2	QF	517140	322430	382	–	2	0.40	K1
C11Q16	Hasel4	QF(E)	517490	322290	390	–	2	0.21	K1
C11Q17	Brunn1	QS	518140	321860	387	–	2	0.13	K1
C11Q18	Fern13	Q	517390	321640	375	–	3	1.50	S4
C11Q19a	Edt5a	Q	516680	323510	365	–	0		L2(K1)
C11Q19b	Edt5b	Q	516620	323680	365	–	0		L2(K1)
C11Q19c	Edt5c	QG	516430	323900	358	–	0		L2(K1)
C11Q20	Edt9	Q	517780	323190	383	–	1		K1
C12B01	SchuEigl	B(E)	516550	320230	412	10.7	1		L1
C12B02	SingRimp	B(E)	516980	319500	423	10.7	1		K2
C12B03	BreiWieg	B(E)	516210	319725	423	12.6	1		K2
C12B04	ZeheSchm	B(E)	518430	321570	411	21.3	1		K1
C12B05	AdamUnho	B(E)	517970	320570	410	15.4	1		K1
C12B06	BranObwi	B(E)	517810	319860	410	10.3	1		L1
C12B07	HiesGlei	B(E)	517750	321595	411	17.5	1		K1
C12E01	BinderE1	E	517870	320230	383	–	2	0.40	K1
C12E02	BinderE3	QE	518100	318830	392	–	1	0.04	K1(F)
C12E03	FernE1	E	517420	319700	393	–	1		K1(F)
C12E05	FernE2	E	517390	319560	395	–	2	0.48	K1(F)
C12E06	FernE3	E	517390	319545	395	–	2	0.16	K1(F)
C12Q01	Mühl1	QE	517780	320855	379	–	1		L2(K1)
C12Q02	Mühl2	QE	518000	320790	385	–	1		L2(K1)
C12Q03	Waldneuk1	QF(Ö)	518300	320680	388	–	2	0.70	K1
C12Q04	Mühl3	Q	518470	320610	388	–	1		K1
C12Q05	Mühl4	QF(T)	518640	320535	395	–	3	2.00	K1
C12Q06	Mühl5	QF(M)	518710	320490	400	–	2		K1
C12Q07	Binder1	Q	518100	320070	398	–	2		K1
C12Q08	Waldneuk2	QF(Ö)	518190	319920	400	–	2	0.25	K1(F)
C12Q09	Waldneuk3	QF(Ö)	518200	319880	400	–	3	1.00	K1(F)
C12Q10	Blasi1	Q	517730	320550	390	–	2	0.24	K1
C12Q11	Binder3	Q	518450	319620	400	–	1	0.04	K1(F)
C12Q12	Binder2	Q	518275	319720	399	–	2	0.13	K1(F)
C12Q13	Fern1	QG	517570	320110	395	–	2	0.10	K1
C12Q14	GarsTrem	QF(T)	517360	320060	390	–	3	3.50	S4
C12Q15	Fern2	Q	517440	320000	385	–	1	0.05	L2(K1)
C12Q16	Fern3	QE	517350	319890	395	–	1		S4
C12Q17	Fern4	QE	517295	319770	402	–	2	0.50	K2
C12Q18	Fern5	Q	517515	319780	395	–	1		K1(F)
C12Q19	Fern6	Q	517530	319850	400	–	1		K1(F)

C11Q14–C12Q19

Code	KurzBez	Art	BMN-Re	BMN-Ho	SH [m.ü.A]	Tiefe [m]	$\frac{Q}{U}$	Q [l/s]	Typ
C12Q20	Fern7	Q	517510	319990	402	–	1	0.05	K1
C12Q21	Fern9	QS	517370	319480	398	–	2		K1(F)
C12Q22	Fern10	QE	517550	321405	375	–	2	0.50	K1
C12Q23	Fern11	Q(T)	517520	321500	375	–	2	0.83	S4
C12Q24	Fern12	QF(T)	517470	321580	375	–	2	0.20	S4
C12Q25	Blasi2	QS	517750	320360	380	–	1		RT
C12Q26	ScheW.H.	QF(E)	517730	320750	388	–	2	0.16	K1
C13B01	HeubEgge	B(E)	518330	318510	432	7.0	1		K1(F)
C13B02	ScheMose	B(E)	517740	319300	415	15.7	1		K1(F)
C13E01	FernE4	E	517490	319200	402	–	0		K1(F)
C13E02	FernE5	E	517410	318650	409	–	2	0.25	K1(F)
C13E03	FernE6	QE	517330	318390	412	–	1		K1(F)
C13E04	FernE7	E	517250	318270	413	–	0		K1(F)
C13E05	FernE8	E	517460	319030	405	–	0		K1(F)
C13Q01	Fern8	QE	517245	319290	412	–	2	0.16	F
C14B01	ZweckKotb	B	516670	317050	442	20.5	0		F
C14B02	MaurRabe	B(E)	516830	317790	423	12.9	1		F
C14B03	WegeGroi	B	517620	316880	470	33.0	0		F
C14E01	BinderE2	QE	518225	317860	455	–	1	0.04	F
C14E02	FernE9	E	517195	318150	417	–	0		K1(F)
C14E03	FernE10	E	517210	318095	417	–	1		K1(F)
C14Q01	Binder6	QF(E)	518660	317850	443	–	2		F
C14Q02	Binder7	Q	518540	317600	445	–	2		F
C14Q03	Starl1	QG	515970	316650	415	–	1		FL
C14Q04	Starl2	QF	516060	316530	420	–	2	0.10	F
C14Q05	Starl3	Q	516090	316515	420	–	2	0.10	F
C15B01	AchaWiln	B(E)	516080	315730	470	4.2	1		F
D09B01	HiesAhrmB	B(E)	514675	326220	328	7.9	1		RT(S3)
D09Q01	HiesAhrmQ	QG	514675	326330	330	–	3	2.50	S4
D09Q02	Schwe1	QF	514675	326370	330	–	1	0.08	S4
D09Q03	Schwe2	QF(E)	514685	326480	330	–	2	0.25	S4
D09Q04	RainEhrn	QG	514645	326530	330	–	2	0.35	S4
D09Q05	Michl2	QS	515700	326040	359	–	3	1.60	K1
D10B01	KircSulz	B(E)	514370	325040	353	10.2	1		L2(S4)
D10B02	LedeUnsc	BB(E)	513515	324760	365	39.0	1		S3
D10B03	WildObsc	B(E)	513420	324730	365	9.8	1		S4
D10B05	GroßAumü	B(E)	515250	324340	337	4.0	1		S4
D10E01	Grund2	E	513370	324950	351	–	2	0.33	S3
D10Q01	RadlEngl	QF(E)	515150	324790	340	–	2	0.25	S4
D10Q02	LandLehn	QF(E)	513510	325030	350	–	2	0.21	S4

C12Q20–D10Q02

Code	KurzBez	Art	BMN-Re	BMN-Ho	SH [m.ü.A]	Tiefe [m]	$\frac{Q}{U}$	Q [l/s]	Typ
D10Q03	Grund1	QS	513290	324940	352	–	2		L2(S4)
D10Q04	Grund3	QE	513910	325330	335	–	1	0.04	S3
D10Q05	Sulz2	Q	514965	325340	340	–	1	0.08	S4
D10Q06	WVR-Q	QF(Ö)	515320	325970	350	–	3	6.40	S4
D10Q07	Michl1	QG	515250	325940	337	–	2	0.36	S4
D10Q08	SchwReic	QF(E)	514880	325850	430	–	3	3.16	S4
D10Q09	Grund4	QS	513950	325500	335	–	2		S3
D10Q10	Auhuber1	QF(E)	515235	324420	335	–	2	0.30	S4
D10Q11	Auhuber2	QF(E)	515490	324440	445	–	2		S4
D10Q12	Auhuber3	Q(T)	515650	324480	345	–	3	2.50	S4
D11B01	GolfB	B(B)	514710	322140	354	9.5	3	4.00	S4
D11Q01	BadHallHT	QF	515150	323420	350	–	0		HT
D11Q02	Zwick1	QF(E)	512980	323210	390	–	3	1.86	K1
D11Q03a	Zwick2	Q	512915	323280	380	–	2	0.50	S4
D11Q03b	Zwick3	Q	512910	323300	380	–	1		S4
D11Q04	Golf1	QF(B)	514710	322180	355	5.0	3	1.50	S4
D11Q05	Golf2	Q	514680	322200	360	–	2	0.12	HT(K1)
D11Q06	Golf3	QG	514690	322280	353	–	2	0.25	L2(HT)
D11Q07	Golf4	QF(T)	514695	322320	355	–	2	0.12	L2(HT)
D11Q08	Golf5	Q(T)	514690	322350	355	–	2	0.24	L2(HT)
D12B01	KronBüss	BB(E)	513210	321280	420	32.0	1		K3
D12B02	GrilObbeB	B(E)	513510	320370	435	12.0	1		M1
D12Q01	BibeUrba	QF(E)	513510	320900	390	–	1		K3
D12Q02	Kalv1	QF(Ö)	513980	321270	390	–	3	3.00	K3
D12Q03	Kalv2	Q	513960	321240	390	–	2	0.20	K3
D12Q04	Kalv3	Q	513910	321240	387	–	1		K3
D12Q05	LichSchi	QF(E)	513600	320760	400	–	3	3.00	K3
D12Q06	HiesW.H.	QF(E)	513480	321280	390	–	2	0.13	K3
D12Q07	GrillObbeQ1	Q	513270	320675	400	–	2	0.35	K3
D12Q08	GrillObbeQ2	Q	513230	320620	400	–	2	0.48	K3
D12Q09	SchaPfar	QF(Ö)	512900	320820	400	–	3	4.50	K3
D14B01	WassErbe	BB(E)	513290	317320	498	97.0	2		K3(F)
D14B02	SturW.H.	BB(E)	514130	317430	460	50.0	1		K3(F)
D14B03	HöllGang	B(E)	514950	317290	455	16.5	1		M1
D14B04	KoglGlüc	B(E)	515355	317160	440	11.0	1		M1
D14B05	PanhHart	B(E)	515070	317230	455	21.3	1		M1
D15Q01	Bögl1	Q	515110	315835	440	–	1		F
D15Q02	Bögl2	QG	515250	315900	440	–	1		F
D15Q03	Bart1	Q	514670	315590	445	–	0		F
D15Q04	SteiAdlw	QF(E)	514920	315500	457	–	1		F
D16Q01	MV-ÖBF	QF(M)	513700	313280	700	–	1		F

D10Q03–D16Q01

Code	KurzBez	Art	BMN-Re	BMN-Ho	SH [m.ü.A]	Tiefe [m]	lg [m]	Q [l/s]	Typ
E10B01	SöllFierB	B(E)	512575	324035	369	14.6	1		K5
E10B02	KremHoch	B(E)	512080	324170	358	3.1	1		HT
E10B03	PrenKremB	B(E)	512550	324730	349	2.0	3	2.40	HT
E10B04	SöllHackB	B(E)	511660	324700	365	15.5	1		HT
E10B05	ÖlsiSchm	B(E)	511775	324090	374	18.4	1		HT
E10E01	SteinE	E	512680	324710	345	–	2	0.15	HT
E10E02	SöllFierE	E	512660	324105	355	–	2	0.22	S4
E10E03	SchledE	E	512285	324720	343	–	2	0.25	S3
E10E04	ScheibE	E	510710	323880	361	–	3	1.00	L2(K3)
E10Q01	ZwicGoss1	QF(E)	510520	323940	380	–	1	0.07	K3
E10Q02	OberW.H.	QF(E)	510060	323700	405	–	1		K3
E10Q03	ZwicGoss2	QF(T)	510270	323790	382	–	2		K3
E10Q04	ZwicGoss3	QF(T)	510600	323880	383	–	1	0.17	K3
E10Q05	HoheW.H.	QF(E)	510050	323750	405	–	1	0.03	K3
E10Q06	SperStazQ	QF	510810	323750	390	–	1	0.02	K3
E10Q07	Scheib1	QS	510680	323830	365	–	2		L2(K3)
E10Q08	Kalch	QFG(E)	511545	323820	385	–	3	4.00	K3
E10Q08a	Kalch1	QF(E)	511540	323810	385	–	3	2.00	K3
E10Q08b	Kalch2	QF(E)	511545	323820	385	–	3	1.20	K3
E10Q09	SöllHackQ1	QE	511950	325020	339	–	2	0.60	HT
E10Q10	SöllHackQ2	QE	511620	324750	353	–	3	1.50	HT
E10Q11	LeonRohr1	QF(E)	512120	324740	350	–	2	0.11	HT
E10Q12	LeonRohr2	Q(T)	512150	324710	350	–	3		HT
E10Q13	WiscMesn	QF(E)	512490	324760	347	–	2		HT
E10Q14	PrenKremQ	Q(T)	512580	324720	349	–	2	0.50	HT
E10Q15	Schled1	QS	512340	324650	349	–	1		HT
E10Q16	Schled2	Q	512260	324570	345	–	1		HT
E10Q17	SöllFierQ	Q(T)	512610	324020	365	–	2	0.30	K5
E10Q18	Hochsch1	QF(T)	512630	324660	350	–	2		HT
E11B01	ZaunBaum	B(E)	509900	322540	488	45.0	1		M1
E11B02	SchnMürt	B(E)	509840	322780	475	11.9	1		M1
E11B03	SöllKälb	B(E)	510335	323040	445	60.7	1		K3
E11B04	KiesHöllB	B	510530	323350	438	18.0	0		M1
E11B05	PeneUndü	B(E)	511020	323380	425	36.7	1		K3
E11B06	WeinObdü	B(E)	511040	323270	328	42.0	1		K3
E11B07	LeonW.H.	B(E)	510590	322665	452	6.3	1		M1
E11B08	SperStazB	B(E)	510985	323720	410	24.0	1		K3
E11B09	KaseScha	B(E)	510860	322100	451	9.0	1		M1
E11B10	BiscKugl	B(E)	510750	321980	455	2.1	1		M1
E11B11	ObhaZimmB	B(E)	511510	323215	407	18.9	1		K3

E10B01–E11B11

Code	KurzBez	Art	BMN-Re	BMN-Ho	SH [m.ü.A]	Tiefe [m]	$\frac{Q}{U}$	Q [l/s]	Typ
E11E01	TempelE	E	510400	322500	456	–	2	0.25	M1
E11F01	FöhrF1	F	509940	323650	375	–		2.00	
E11Q01	KiesHöllQ	QF(E)	510770	323560	385	–	2	0.40	K3
E11Q02	MayrAltm	QF(E)	510580	322680	447	–	2	0.75	M1
E11Q03a	BradWVBa	Q	512000	323250	390	–	3	1.58	K3
E11Q03b	BradWVb	QG	512020	323240	390	–	3	2.00	K3
E11Q04	Föhr1	QS	510070	323510	400	–	2	0.25	K3
E11Q05	Mand1	QF(E)	509965	323600	390	–	3	0.68	K3
E11Q06	Tempel1	Q	510680	323650	380	–	2	0.25	K3
E11Q07	Tempel2	Q	510780	323340	395	–	2	0.17	K3
E11Q08	ÖlsiPrin	Q(T)	510370	322660	450	–	2	0.11	M1
E11Q09	Tempel4	QS	510420	322570	450	–	2		M1
E11Q10	BradWVB	QGF(Ö)	511970	323200	390	–	4	29.50	K3
E11Q11	ObhaZimmQ	QF(T)	511690	323080	385	–	1	0.07	K3
E11Q12	ObhaZimQG	QG	511680	323040	385	–	2		K3
E11Q13	Dehenw1	QF(E)	512350	322025	425	–	1		K4
E11Q14	Tempel3	Q	510500	322600	452	–	2	0.25	M1
E12B01	HebeZick	B(E)	510220	320305	479	4.0	1		M2
E12B02	KrieVolk	B(E)	510485	320110	485	11.0	1		M2
E12B03	NeudFors	B(E)	511620	230140	485	28.8	1		M1
E12B04	GangPuff	B(E)	511780	321370	442	38.0	1		K3
E12B05	StriObha	BB(E)	512480	321475	440	36.0	1		K3
E12B06	MayrObpe	B(E)	510380	320470	463	32.7	1		M1
E12B07	JansObex	B(E)	510350	319900	458	31.1	1		K4
E12B08	SchlObbe	B(E)	510120	319395	447	9.2	1		M1
E12Q01	RösnInne	QF(E)	511000	320500	463	–	1	0.20	M2
E12Q02	MayrTasc	QF(E)	512040	319900	450	–	1		M1
E12Q03	DaubMoos	QF(E)	510650	319695	445	–	1		M1
E13B01	FiscW.H.	B(E)	511720	318730	498	9.7	1		M2
E13B02	WeisGang	B(E)	512740	319180	488	7.4	1		M2
E13B03	Steiklpe	B(E)	511615	318745	495	7.7	1		M2
E13B04	HeheUnpe	B(E)	511030	319045	469	10.7	1	5.00	M1
E13B05	Poschgut	B(E)	511040	318600	473	17.3	1		M1
E13Q01	HertGrmo	QF(E)	511070	319115	465	–	1		M1
E14B01a	PeseSchm1	B	511720	318190	505	8.9	0		M2
E14B01b	PeseSchm2	B(Z)	511705	318170	504	42.0	0		M1
E14B01c	PeseSchm3	B(E)	511725	318210	506	12.8	1		M2
E14B02	KersGrkn	B(E)	512490	317830	478	2.0	1		M2
E14B03	KammSchm	B(E)	512160	317375	507	13.0	1		M1
E14B04	PichAich	B(E)	512140	316875	518	13.7	1		M2

E11E01–E14B04

Code	KurzBez	Art	BMN-Re	BMN-Ho	SH [m.ü.A]	Tiefe [m]	$\frac{Q}{U}$	Q [l/s]	Typ
E14B05	MauhUnai	B(E)	512750	316160	511	15.3	1		M1
E14B06	KronSchm	B(E)	511660	318210	502	9.3	1		M2
E15B01	MoseKar	B(E)	512470	314250	600	–	1		F
E15Q01	WintWeie	QF(E)	512660	315530	460	–	1		M1
F11B01	MayrGust	B(E)	509760	323305	445	21.6	1		K4
F11Q01	HuemNist	QF(E)	509275	321910	385	–	2	0.49	K3
F11Q02	KnolW.H.	QF(M)	509270	322070	420	–	2	0.18	K4
F11Q03	WienUnkr	QF(M)	509540	321545	436	–	3	1.00	M1
F11Q04	Mand2a	Q	509870	323640	380	–	1		K3
F11Q05	Mand2	QE	509810	323640	385	–	2	0.81	K3
F11Q06	Mand3	QF(Ö)	509600	323550	380	–	2	0.83	K3
F11Q07	Streit1	QFG(E)	509740	323640	380	–	2	0.25	K3
F11Q08	Gust1	Q	509500	323280	400	–	0		K3
F12B01	OberUnma1	B(E)	510010	321350	478	2.0	1		M2
F12B02	OberUnma2	B(E)	509720	321180	461	3.4	1		M2
F12B03	MörtFelb	B(E)	509960	320675	457	8.1	1		M2
F12B04	GrubKremB	B(E)	509090	320190	395	16.6	1		HT
F12B05	SteiMiex	B(E)	509960	319800	439	16.9	1		K4
F12Q02	LedeAchl	QF(E)	509640	321020	453	–	1		M2
F12Q03	GrubKremQ	QF(E)	509240	320300	390	–	1		K3
F12Q05	HaidHaub	QF(E)	509630	319340	410	–	1		K4
F12Q06	HumeZaun	QF(E)	509520	320780	430	–	2	1.14	M2

E14B05–F12Q06

ANHANG B

LISTE DER HYDROPHYSIKALISCH- CHEMISCHEN MESSWERTE

Inhalt: Liste sämtlicher hydrophysikalisch-chemischer Messdaten, geordnet nach Objektcode (vgl. Anhang A) sowie Datum, und – soweit sinnvoll – Mittelwerte zu jedem Wasserspender. Spaltenüberschriften und sonstige Abkürzungen bedeuten:

Code	<p>Chiffre, gebildet aus</p> <p>(a) der Bezeichnung des Aufnahmequadranten (vgl. Beilage 6), gefolgt von</p> <p>(b) einem Buchstaben zur Grobeinteilung in drei Arten von Wasserspender: Q = Quelle, B = Brunnen, E = Entwässerung, und</p> <p>(c) einer fortlaufenden Nummer;</p> <p>diese Nummern werden immer zweistellig (ggf. mit führender Null) angegeben.</p>
KurzBez	<p>Kurzbezeichnung, gebildet aus</p> <p>(a) Name des Baches / der Flur / des Gehöftes, an oder nahe dem sich eine Quelle oder Entwässerung befindet, bzw. im Falle einer Grundwasserfassung: Name des Besitzers, und</p> <p>(b) Hofname oder fortlaufende Nummer, oder ein anderes Kürzel, z.B. FT = Fischteich, dazu eventuell</p> <p>(c) im Falle gleich lautender Namen ein weiteres Kürzel zur Unterscheidung.;</p> <p>diese Kurzbezeichnungen wurden zur eigenen Orientierung im Zuge der Arbeiten eingeführt und trugen dem Wunsch nach einer gewissen Anonymisierung der Ortsbezeichnungen Rechnung.</p>
Art	<p>Art des Wasserspenders:</p> <p>Q = Quelle, QF = Quelfassung, QG = Quellgruppe, QS = Quellsumpf, QE = Quellentwässerung, B = Brunnen, BB = Bohrbrunnen, E = Entwässerung;</p> <p>Zusätze in Klammern:</p> <p>(E) = Einzelwasserversorgung, (M) = Mehrfachwasserversorgung, (B) = Betriebswasserversorgung, (Ö) = öffentliche Wasserversorgung, (T) = Teichanlage;</p> <p>unter einer QE verstehen wir dabei eine Drainage, die aus einem Hang früher dort ausgetretenes Quellwasser zum nächstgelegenen Vorfluter ableitet.</p>
Tiefe	Brunnentiefe in Meter [m].
Erg.	Ergiebigkeit: Bei Quellen quantitativ, bei Brunnen halbquantitativ in Kategorien von 1 (unergiebig) bis 4 (sehr ergiebig). Dieser Einteilung folgt die Legende zur Übersichtskarte Abb. 20 (für Quellen siehe auch Abb. 46).
Typ	Grundwassertyp: Zur Bedeutung siehe Kap. 4 und 6 . Zusätze in Klammern geben einen Hinweis auf die Herkunft des Wassers aus einem Grundwasserhorizont anderen Typs: F (in Tabellen) = Fy (Text und Abb.).
Abst.	Abstichmaß bzgl. Schacht- oder Rohroberkante in Meter [m].
Q	Quellschüttung in Liter pro Sekunde [l/s]; meist nur einmal gemessen und daher als Anhaltspunkt zu verstehen.

Die weiteren Spalten beziehen sich auf die in **Kap. 2.3** besprochenen hydrophysikalisch-chemischen Parameter mit ihren dort angegebenen Abkürzungen und Einheiten.

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	h _g [m]	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µS]	pH [1]	E _H [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	CaH [°dH]	SBV [°dH]	Mg/Ca	GH/SBV	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]		
B12B01	Mandpölz	B(E)	15.0	1	K1(F)	1. Mai 94			11.0	801				23.0						26.0	91								
						4. Dez 96	10.78		10.0	950	7.60	220		24.0						9.0	44								
						2. Mrz 97	11.58		10.7	1107	6.99			26.3	15.5	28.8	0.70	0.91	0.0	12.0	43								
B12B01	Mittel						11.18		10.6	953	7.30			24.4					15.7	59									
B12B02	EderReic	B(E)	24.4	1	K1	4. Dez 96	21.25		9.5	610	7.90	210		17.5						8.0	20								
						2. Mrz 97	21.83		10.7	677	7.36			23.8	16.4	16.5	0.45	1.44	7.3	13.0	32								
B12B02	Mittel						21.54		10.1	644	7.63			20.7					10.5	26									
B12B03	MandHame	B(E)	31.9	1	K1(F)	5. Dez 96	28.95		10.0	580	8.20	180		17.5						8.0	25								
						2. Mrz 97	29.24		10.3	609	7.62			18.3	11.0	15.0	0.66	1.22	3.3	10.0	30								
B12B03	Mittel						29.10		10.2	595	7.91			17.9					9.0	28									
B12B04	Freuknei	B(E)	6.6	0	K1(F)	5. Dez 96	5.32		8.0	540	8.10	70		15.5						4.0	1								
B12E01	MüHE	E	-	2	D	8. Aug 97		0.25	15.1	606	7.51	110	8.3	18.0	17.4	12.0	0.03	1.50	6.0	17.0	46	1.00	1.0	0.07	0.06	3.0			
B13B01	Rosstrei	B(E)	6.3	1	K1(F)	3. Dez 96	2.91		10.5	490	7.90	210		13.5						14.0	24								
						2. Mrz 97	3.44		8.7	498	7.40			18.3	14.6	10.8	0.25	1.69	7.5	14.0	25								
B13B01	Mittel						3.18		9.6	494	7.65			15.9					14.0	25									
B13E01	FuchsE1	E	-	2	F	10. Aug 97		0.13	14.6	492	6.95	40	8.1	16.6	14.0	16.0	0.19	1.04	0.6	9.0	7	0	0.3	0.15	0.10	4.0			
B13E02	FuchsE2	E	-	2	F	10. Aug 97		0.06	15.1	550	7.91	90	8.2	20.0	15.4	13.6	0.30	1.47	6.4	11.0	2	0.01	0	0.04	0.06	4.0			
B13Q01	Binder4	QE	-	1	K1(F)	9. Aug 97			16.0	808	7.18	130	5.8	28.0	17.6	19.8	0.59	1.41	8.2	14.0	32	0	0	0	0	3.0			
B13Q02	Binder5	QE	-	1	F	9. Aug 97			14.9	378	6.69	130	7.8	12.8	11.5	8.8	0.11	1.45	4.0	11.0	12	0	0	0	0	5.0			
C10B01	Breischm	B(E)	19.0	1	S1	30. Nov 96			8.0	620	8.10	120		18.0						10.0	40								
C10Q01	Ed1	QF	-	2	S3	13. Mai 97		0.50	10.0	666	7.47		8.0	18.8	14.5	14.3	0.30	1.31	4.5	23.0	38		0.02	0	8.5	0			
C10Q02	Ed2	QF(T)	-	2	S4	13. Mai 97		0.63	9.8	709	7.36		6.8	20.0	14.8	15.9	0.35	1.26	4.1	17.5	38		0	0	8.0	0			
C10Q04	Gmein1	Q	-	3	K1	16. Mai 97			9.8	767	7.22		7.7	21.5	15.8	16.7	0.36	1.29	4.8	19.0	69		0	0	4.5	0			
C10Q05	Ed3	QS	-	3	K1	16. Mai 97			13.9	758	7.68		6.9	21.5	16.0	17.1	0.34	1.26	4.4	16.0	64		0	0	4.5	0			
C11E01	FemE0	E	-	1	L2(S4)	19. Mai 97		0.08	11.5	806	7.09		3.9	22.7	16.5	17.5	0.38	1.30	5.2	26.0	59		.005	0	8.0	3.0			
						16. Aug 97			14.2	803	7.07	120	3.9	27.4	19.6	17.2	0.40	1.59	10.2	26.0	41	0.05	0.2	0	10.0				
C11E01	Mittel						12.9	805	7.08	3.9	25.1	18.1	17.4	0.39	1.44	1.74	0.39	1.44	7.7	26.0	50	.003	0	9.0	3.0				
C11E02	BrunnE	E	-	2	K1	19. Mai 97		0.50	9.9	730	7.52		8.2	20.3	14.4	16.4	0.41	1.24	3.9	19.0	56		0	0	4.0	1.0			
						17. Aug 97			18.4	728	7.55	80	9.2	16.0	15.4	15.2	0.04	1.05	0.8	20.0	47	0	0	0	0	4.0			
C11E02	Mittel						14.2	729	7.54	8.7	18.2	14.9	15.8	0.22	1.15	2.4	19.5	0	19.5	52	4.0								
C11F01	SchimpF	F	-			18. Mai 97		3.00	10.2	686	7.41		8.5	19.2	13.3	15.4	0.44	1.25	3.8	16.5	53		0	3.5	1.5				
C11Q03	Sigl1	QF(W)	-	2	S4	18. Mai 97		0.50	10.4	776	7.17		6.5	22.2	15.6	18.0	0.42	1.23	4.2	19.5	46		0	7.0	0				
C11Q04	Ed4	OS	-	2	S4	18. Mai 97			10.8	740	7.39		7.6	20.8	14.0	17.5	0.49	1.19	3.3	15.5	47		0	4.5	0				
C11Q07	Schimp1	QG(T)	-	2	K1	18. Mai 97		0.29	10.8	730	7.41		7.4	20.2	14.0	16.6	0.44	1.22	3.6	20.0	51		0	3.5	5.0				
C11Q08	Schimp2	OS	-	3	K1	18. Mai 97		1.50	12.2	732	7.61		7.3	21.0	14.5	17.5	0.45	1.20	3.5	15.5	45		0	3.0	0				
C11Q09	RinnSchm	QF(E)	-	2	K1	19. Mai 97			9.9	776	7.20		7.3	22.5	16.1	18.7	0.40	1.20	3.8	18.0	44		0	3.5	0				
						16. Aug 97			12.4	784	7.21	150	9.4	26.8	18.2	17.4	0.47	1.54	9.4	20.0	38	0.05	0	0	4.0				
C11Q09	Mittel						11.2	780	7.21	8.4	24.7	17.2	18.1	0.44	1.37	6.6	19.0	4.1	19.0	41	3.8								
C11Q10	Döll1	QF(E)	-	1	K1	19. Mai 97		0.03	9.6	811	7.09		7.3	23.6	17.0	19.6	0.39	1.20	4.0	15.5	51		0	4.5	0.5				
C11Q11	GruberFT	QF(T)	-	2	K1	19. Mai 97		0.45	9.6	852	7.18		7.2	24.0	17.1	19.0	0.40	1.26	5.0	24.5	57		0	4.0	4.5				
						16. Aug 97			10.6	840	7.25	140	9.2	28.0	17.4	19.4	0.61	1.44	8.6	29.0	52	0.05	0.1	0	1.0				
C11Q11	Mittel						10.1	846	7.22	8.2	26.0	17.3	19.2	0.51	1.35	6.8	26.8	5.5	0	2.5									
C11Q12	Döll2	QF	-	2	S4	16. Aug 97		0.60	11.7	758	7.32	140	10.0	27.4	18.8	17.0	0.46	1.61	10.4	20.0	57	0.05	0.1	0	5.0				
C11Q13	Hasel3	QG(T)	-	2	S4	19. Mai 97		0.29	10.7	747	7.45		7.2	21.3	15.2	19.3	0.40	1.10	2.0	20.0	51		0	8.0	0				
						16. Aug 97			11.5	741	7.79	140	9.5	24.0	17.1	16.4	0.40	1.46	7.6	20.0	41	0.05	0.3	0	7.0				
C11Q13	Mittel						11.1	744	7.62	8.4	22.7	16.2	17.9	0.40	1.27	4.8	20.0	4.6	20.0	46	7.5								

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	ϕ	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µs]	pH [°]	E _H [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	CaH [°dH]	SBV [°dH]	Mg/Ca	GH/SBV	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]
C11Q14	Hasel1	QF	-	3	K1	19. Mai 97	1.00	9.8	685	7.53	8.9	19.2	13.6	15.0	0.41	1.28	4.2	19.0	58	0	0	0	0	0	0	4.0	0
						16. Aug 97	11.5	686	7.62	110	10.3	24.0	15.7	14.8	0.53	1.62	9.2	20.0	52	0.05	0.2	0	0	0	0	3.0	0
C11Q14 Mittel								10.7	686	7.58	9.6	21.6	14.7	14.9	0.47	1.45	6.7	19.5	55					0		3.5	
C11Q15	Hasel2	QF	-	2	K1	16. Aug 97	0.40	14.4	737	7.58	130	7.9	26.0	18.2	0.43	1.83	11.8	27.0	69	1.00	0.6	0	0	0	0	4.0	0
C11Q16	Hasel4	QF(E)	-	2	K1	17. Aug 97	0.21	12.7	732	7.91	110	10.0	24.0	16.5	0.45	1.54	8.4	20.0	55	0.03	0	0	0	0	0	5.0	0
C11Q17	Brunn1	QS	-	2	K1	17. Aug 97	0.13	11.9	750	7.45	8.2	26.2	16.5	15.4	0.59	1.70	10.8	20.0	56	0	0	0	0	0	0	5.0	0
C11Q18	Fem13	Q	-	3	S4	17. Aug 97	1.50	10.9	775	7.27	160	6.9	22.0	16.8	0.31	1.31	5.2	20.0	51	0	0	0	0	0	0	3.0	0
C12B01	Schueigl	B(E)	10.7	1	L1	28. Nov 96	6.07	9.5	330	8.50	170		9.0					6.0	14								
						2. Mrz 97	6.97	10.0	1004	7.01	30.0	18.3	25.3	0.64	1.19	4.7	26.0	32									
C12B01 Mittel							6.52	9.8	667	7.76	19.5							16.0	33								
C12B02	SingRimp	B(E)	10.7	1	K2	30. Nov 96	3.94	10.5	480	8.30	200	13.5						5.0	7								
C12B03	Breiwieg	B(E)	12.6	1	K2	30. Nov 96	6.65	10.0	650	8.40	200	18.0						8.0	42								
						2. Mrz 97	7.82	10.7	714	7.28	17.5	12.5	15.0	0.40	1.17	2.5	18.0	56									
C12B03 Mittel							7.24	10.4	682	7.84	17.8							13.0	49								
C12B04	Zeheschim	B(E)	21.3	1	K1	4. Dez 96	18.37	10.0	730	7.60	220	21.5						6.0	23								
						2. Mrz 97	19.14	10.1	885	7.34	20.2	12.5	16.8	0.62	1.20	3.4	30.0	97									
C12B04 Mittel							18.76	10.1	808	7.47	20.9							18.0	60								
C12B05	AdamUnho	B(E)	15.4	1	K1	5. Dez 96	13.50	8.5	620	8.20	190	17.0						10.0	26								
						2. Mrz 97	13.60	9.8	624	7.49	15.7	10.3	15.5	0.52	1.01	0.2	14.0	25									
C12B05 Mittel							13.55	9.2	622	7.85	16.4							12.0	26								
C12B06	BranObwi	B(E)	10.3	1	L1	5. Dez 96	8.0	622	8.00	100	17.0							14.0	31								
						2. Mrz 97	8.54	10.0	682	7.55	17.5	11.5	15.3	0.52	1.14	2.2	18.0	32									
C12B06 Mittel							8.54	9.0	636	7.78	17.3							16.0	32								
C12B07	HiesGlei	B(E)	17.5	1	K1	31. Mrz 95			780	7.20	23.0							21.0	93								
						5. Dez 96	15.70	10.0	530	8.70	190	14.0						9.0	46								
						2. Mrz 97	16.10	11.1	828	7.26	20.3	13.0	17.0	0.56	1.19	3.3	24.0	81									
C12B07 Mittel							15.90	10.6	713	7.72	19.1							18.0	73								
C12E01	BinderE1	E	-	2	K1	9. Aug 97	0.40	12.9	656	7.41	100	8.9	23.0	13.4	15.2	0.72	1.51	7.8	16.0	27	0	0.3	0	0	0	5.0	0
C12E02	BinderE3	OE	-	1	K1(F)	11. Aug 79	0.04	14.1	629	7.64	120	8.5	20.0	14.6	13.8	0.37	1.45	6.2	25.0	30	0	0	0	0	0	4.0	0
C12E05	FemE2	E	-	2	K1(F)	13. Aug 97	0.48	12.7	569	7.08	130	9.0	19.2	12.6	10.8	0.52	1.78	8.4	21.0	49	0	0	0	0	0	2.0	0
C12E05	FemE2a (Gewitter)					15. Aug 97	12.7	564	7.13	150	9.3	18.0	12.9	11.2	0.40	1.61	6.8	18.0	42	0	0.2	0	0	0	0	1.5	0
C12E06	FemE3	E	-	2	K1(F)	13. Aug 97	0.16	14.5	624	7.89	100	9.1	20.0	12.9	12.0	0.55	1.67	8.0	26.0	37	0.25	0.2	0.10	0.03	0.0	0.0	0
C12Q01	Müh1	OE	-	1	L2(K1)	8. Aug 97	12.5	754	7.28	70	9.4	23.8	17.4	15.2	0.37	1.57	8.6	20.0	58	0	0.2	0	0	0.01	0	3.0	0
C12Q02	Müh2	OE	-	1	L2(K1)	8. Aug 97	11.9	697	7.63	80	10.0	22.0	15.7	14.0	0.40	1.57	8.0	21.0	54	0	0.1	0	0.01	0	0.01	2.0	0
C12Q03	Waldneuk1	QF(O)	-	2	K1	8. Aug 97	0.70	11.1	684	7.37	100	9.0	22.4	14.6	13.4	0.53	1.67	9.0	20.0	47	0	0.1	0	0	0	3.0	0
C12Q04	Müh3	Q	-	1	K1	8. Aug 97	11.2	671	7.29	120	9.1	21.2	14.6	14.4	0.45	1.47	6.8	19.0	42	0	0.5	0	0	0	0	3.0	0
C12Q05	Müh4	QF(T)	-	3	K1	8. Aug 97	2.00	10.7	660	7.47	120	9.6	20.0	14.3	13.8	0.40	1.45	6.2	22.0	50	0	0.2	0	0	0	3.0	0
C12Q06	Müh5	QF(M)	-	2	K1	8. Aug 97	11.3	651		110	7.7	21.4	14.8	15.2	0.45	1.41	6.2	17.0	34	0.01	0.1	0	0	0	0	3.0	0
C12Q09	Waldneuk3	QF(O)	-	3	K1(F)	9. Aug 97	1.00	11.0	666	7.50	120	8.7	21.4	16.2	16.0	0.32	1.34	5.4	15.0	25	0	0.1	0	0	0	4.0	0
C12Q10	Bias1	Q	-	2	K1	9. Aug 97	0.24	11.5	622	7.67	120	8.5	20.0	14.0	15.0	0.43	1.33	5.0	17.0	28	0	0	0	0	0	4.0	0
C12Q10a	Bias1a (300 m unt. Q)					9. Aug 97			600	8.36	110	9.1	19.8	14.6	13.6	0.36	1.46	6.2	19.0	25	0	0.1	0	0	0	5.0	0
C12Q11	Binder3	Q	-	1	K1(F)	11. Aug 97	0.04	13.7	618	7.31	130	5.8	19.4	13.7	15.8	0.42	1.23	3.6	14.0	25	0.02	0	0.01	0	0	4.0	0
C12Q12	Binder2	Q	-	2	K1(F)	11. Aug 79	0.13	11.0	663	7.46	90	6.9	21.8	15.1	15.5	0.44	1.41	6.3	26.0	29	0	0	0	0	0	1.0	0
C12Q13	Fem1	QG	-	2	K1	13. Aug 97	0.10	11.9	513	7.25	130	8.0	14.8	10.9	9.8	0.36	1.51	5.0	34.0	36	0.02	0	0	0	0	4.5	0
C12Q14	Garstrem	QF(T)	-	3	K1(S4)	13. Aug 97	3.50	10.8	618	7.28	120	8.5	17.8	12.6	12.4	0.41	1.44	5.4	34.0	37	0	0.1	.003	0	0	5.0	0
C12Q15	Fem2	Q	-	1	L2(K1)	13. Aug 97	0.05	17.1	565	8.23	120	8.6	17.2	12.6	12.6	0.37	1.37	4.6	30.0	26	0.10	0	.005	0	0	4.5	0

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	ϕ [mm]	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µs]	pH [1]	E _H [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	CaH [°dH]	SBV [°dH]	Mg/Ca	GH/SBV	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]	
C12Q16	Fern3	OE	-	1	S4	13. Aug 97		14.1	568	7.14	130	8.2	16.7	12.9	11.2	0.29	1.49	5.5	33.0	45	0.05	0	.003	0	0	0	4.5	
C12Q17	Fern4	OE	-	2	K1	13. Aug 97		0.50	140	622	7.12	100	8.6	18.5	13.2	0.40	1.42	5.5	28.0	41	0.03	0	0	0	0	0.01	4.5	
C12Q20	Fern7	Q	-	1	K1	15. Aug 97		0.05	10.6	496	7.26	120	9.5	17.4	11.2	0.55	2.23	9.6	13.0	40	0	0	0	0	0	0	5.0	
C12Q22	Fern10	OE	-	2	K1	17. Aug 97		0.50	15.4	716	7.51	120	8.6	24.0	15.1	16.0	0.59	1.50	8.0	20.0	47	0.25	0	0	0	0	5.0	
C12Q23	Fern11	Q(T)	-	2	S4	17. Aug 97		0.83	11.4	730	7.47	140	7.5	26.0	16.8	16.0	0.55	1.63	10.0	16.0	37	0	0.2	0	0	0	3.0	
C12Q24	Fern12	QF(T)	-	2	S4	17. Aug 97		0.20	11.2	760	7.35	150	6.5	29.2	16.8	17.8	0.74	1.64	11.4	17.0	36	0.05	0	0	0	0	10.0	
C12Q26	ScheW.H.	QF(E)	-	2	K1	9. Aug 97		0.16	13.7	648	7.28	120	7.0	20.8	15.1	15.8	0.38	1.32	5.0	15.0	34	0	0.1	0	0	0	3.0	
C13B01	HeubEgge	B(E)	7.0	1	K1(F)	4. Dez 96		12.0	720	7.60	170	19.0								10.0	6							
C13B01 Mittel						2. Mrz 97		10.2	721	7.02		28.5	22.2	19.8	0.28	1.44		8.7	10.0	4								
C13B02	ScheMose	B(E)	15.7	1	K1(F)	5. Dez 96	14.50	10.0	670	8.50	170	20.5								10.0	30							
C13B02 Mittel						2. Mrz 97	14.67	9.9	691	8.08		20.7	11.5	16.0	0.80	1.29	4.7	14.0	29									
C13E02	FernE5	E	-	0	K1(F)	15. Aug 97		0.25	16.5	320	7.88	100	8.2	8.6	7.6	6.2	0.13	1.39	2.4	8.0	21	0.25	1.3	0.15	0.03	2.0		
C13Q01	Fern8	OE	-	2	F	15. Aug 97		0.16	14.1	625	7.22	20	7.5	16.0	12.0	13.4	0.33	1.19	2.6	16.0	14	0.40	2.6	0.35	0.30	2.0		
C14B01	Zweckorb	B	20.5	0	F	27. Nov 96	17.46	10.0	510	8.70	230	12.0								10.0	1							
C14B01 Mittel						2. Mrz 97	16.19	9.6	954	7.17		14.7	11.7	26.0	0.26	0.57	0.0	0.57	0.0	12.0	1							
C14B02	MaurRabe	B(E)	12.9	1	F	3. Dez 96	2.39	11.0	650	7.60	180	20.0								8.0	1							
C14B02 Mittel						2. Mrz 97	3.02	9.1	650	7.24		21.1	16.8	17.5	0.26	1.21	3.6	8.0	1									
C14B03	WegeGroi	B	33.0	0	F	3. Dez 96	3.22	10.0	600	8.10	190	18.0								8.0	20							
C14E01	BinderE2	OE	-	1	F	10. Aug 97		0.04	15.1	559	7.01	100	7.9	16.8	15.4	12.0	0.09	1.40	4.8	11.0	22	0.03	0	0.01	0.01	5.0		
C14Q02	Binder7	Q	-	2	F	10. Aug 97		15.7	358	6.72	90	7.0	11.2	10.9	8.2	0.03	1.37	3.0	9.0	8	0	0	0.15	0.10	5.0			
C15B01	AchaWiin	B(E)	4.2	1	F	28. Nov 96		8.0	510	8.00	190	14.0								3.0	1							
C15B01 Mittel						1. Mrz 97	3.93	7.6	483	7.50		13.3	13.2	14.3	0.01	0.93	0.0	2.0	1									
D09B01	HiesAhmB	B(E)	7.9	1	RT(S3)	13. Mai 97	2.85	10.0	790	7.10	5.9	22.5	19.8	22.3	0.14	1.01	0.2	3.0	5					.045	7.0	9.0		
D09B01 Mittel						23. Aug 97	3.26	11.7	893	7.07	-9.0	4.4	25.0	22.4	24.8	0.12	1.01	0.2	20.0	2	0	1.8	0.50	1.00	1.00	12.0		
D09Q01	HiesAhmQ	QG	-	3	S4	13. Mai 97		2.50	10.6	690	7.32	5.7	18.9	14.0	13.9	0.35	1.36	5.0	25.0	54				0	0	0	8.0	
D09Q01 Mittel						23. Aug 97		10.3	681	7.43	140	6.0	24.4	17.4	16.0	0.40	1.53	8.4	22.0	30	0	0	0	0	0	0	8.0	
D09Q03	Schwe2	QF(E)	-	2	S4	13. Mai 97		0.25	10.8	675	7.30	6.4	18.6	13.7	13.8	0.36	1.35	4.8	24.0	50				0	0	6.5	0	
D09Q04	ReinEhm	QG	-	2	S4	13. Mai 97		0.35	10.3	679	7.33	5.6	18.6	13.8	13.8	0.35	1.35	4.8	25.0	51				0	0	7.0	0	
D09Q05	Michl2	QS	-	3	K1	16. Mai 97		1.60	12.2	676	7.95	6.1	18.7	13.8	14.7	0.36	1.27	4.0	20.0	56				.005	6.5	0		
D10B01	KircSulz	B(E)	10.2	1	L2(S4)	28. Nov 96	7.45	10.0	660	8.00	200	18.0								18.0	35							
D10B02	LedelUnsc	BB(E)	39.0	1	S3	26. Feb 97	6.33	10.4	614	7.44	-8.0	17.3	14.3	15.0	0.21	1.15	2.3	18.0	1									
D10B03	WildObsc	B(E)	9.8	1	S4	26. Feb 97	5.13	9.1	837	7.31	90	20.3	18.2	20.3	0.26	1.13	2.7	22.0	18									
D10E01	Grund2	E	-	2	L2(S3)	11. Mai 97		0.33	9.7	605	7.66	10.3	15.1	12.9	9.3	0.17	1.62	5.8	29.0	56				.025	4.0	7.0		
D10E01 Mittel						23. Aug 97		15.4	614	8.02	35	8.6	19.6	15.4	12.4	0.27	1.58	7.2	21.0	18	0	0	0.05	0.03	6.0			
D10Q01	RadlEngl	QF(E)	-	2	S4	30. Nov 96		0.25	9.0	720	7.90	190	21.0							14.0	39							
D10Q01 Mittel						13. Mai 97		10.4	732	7.22		5.9	20.6	16.1	15.8	0.28	1.30	4.8	19.0	46				0	0	8.0	0	
D10Q01 Mittel								9.7	726	7.56		5.9	20.8							16.5	43							

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µs]	pH [1]	E _H [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	CaH [°dH]	SBV [°dH]	Mg/Ca	GH/SBV	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]
D10Q02	LandLehn	QF(E)	- 2	S4	0.18	8.7	694	7.43		20.7	17.3	15.0	0.20	1.38	5.7	22.0	19							
D10Q02 Mittel					0.21	9.3	709	7.40		20.4	17.1	15.6	0.20	1.31	4.8	23.5	23							
D10Q04	Grund3	OE	- 1	S3	0.04	9.6	673	7.21		7.8	18.9	15.2	16.0	0.24	1.18	2.9	16.0	31			2.20	1.20		
D10Q05	Sulz2	Q	- 1	S4	0.08	13.0	726	7.85		7.9	20.5	15.2	16.1	0.35	1.27	4.4	21.0	42						
D10Q06	WVR-Q	QF(O)	- 3	S4	6.40	10.5	732	7.39	90	7.4	20.2	15.3	15.6	0.32	1.29	4.6	20.0	50						
D10Q07	Mich1	QG	- 2	S4	0.36	9.0	677	7.41		9.2	19.2	15.5	15.5	0.24	1.24	3.7	12.0	42						
D10Q08	SchwReic	QF(E)	- 3	S4	3.16	10.7	734	7.38	100	6.7	21.8	14.3	14.0	0.52	1.56	7.8	29.0	42	0	0	0	0	0	5.0
D11Q01	BadHallHT	QF	- 0	HT		8.3	797	7.25		22.4	17.8	18.0	0.26	1.24	4.4	18.0	36							
D11Q02	Zwick1	QF(E)	- 3	K1	1.86	11.3	627	7.41		8.0	16.8	14.0	13.5	0.20	1.24	3.3	16.0	47						2.5
D11Q02 Mittel						10.9	628	7.46		8.1	18.4	14.3	13.2	0.29	1.40	5.3	18.5	44						
D11Q03a	Zwick2	Q	- 2	S4	0.50	9.8	626	7.44		8.4	17.0	14.0	14.0	0.21	1.21	3.0	15.0	37						3.0
D11Q03b	Zwick3	Q	- 1	S4		11.9	625	7.32	150	7.2	20.4	13.7	14.2	0.49	1.44	6.2	20.0	26	0.05	0	0	0		4.0
D11Q03a Mittel						10.9	626	7.38		7.8	18.7	13.9	14.1	0.35	1.33	4.6	17.5	32						
D11Q04	Golf1	QF(B)	5.0	3	1.50	14.0	597	8.36		8.4	16.5	14.2	13.3	0.16	1.24	3.2	15.5	42			.005		4.5	1.0
D11Q05	Golf2	Q	- 2	HT(S4)	0.12	10.7	609	7.95		8.8	17.4	14.3	14.0	0.22	1.24	3.4	13.0	31						7.0
D11Q07	Golf4	QF(T)	- 2	S4	0.12	9.9	621	7.68		8.4	17.7	14.2	14.7	0.25	1.20	3.0	13.5	28						7.5
D11Q08	Golf5	Q(T)	- 2	S4	0.24	10.4	622	7.44		7.1	17.4	14.0	14.5	0.24	1.20	2.9	13.0	26						8.0
D12B01	KronBlüss	BB(E)	32.0	1	10.0	800	7.70	200		22.0							18.0	65						0
D12B02	GrilObbeB	B(E)	12.0	1	9.0	540	7.80	200		17.0							6.0	18						
D12B02 Mittel						8.5	616	7.54		18.7							6.5	19						
D12Q01	BibeUrba	QF(E)	- 1	K3		9.0	590			17.0		14.0		1.21	3.0	15.0	61							0
D12Q02	Kav1	QF(O)	- 3	K3	3.00	10.5	647	7.56		8.3	17.7	13.8	13.6	0.28	1.30	4.1	19.0	56						4.5
D12Q03	Kav2	Q	- 2	K3	0.20	11.2	627	7.39		8.3	17.4	13.7	13.7	0.27	1.27	3.7	16.5	49						5.0
D14B01	WassErb	BB(E)	97.0	2	10.5	550	7.90	180									10.0	9						0
D14B01 Mittel						9.1	563	7.51		19.3	13.8	15.8	0.40	1.22	3.5	8.0	2							
D14B02	Sturw.H.	BB(E)	50.0	1	11.0	450	8.10	150									8.0	22						0
D14B02 Mittel						9.2	459	7.50		13.2	10.8	11.5	0.22	1.15	1.7	6.0	22							
D14B03	HöllGang	B(E)	16.5	1	12.0	800	7.50	230		21.5							14.0	24						
D14B04	KogGlüc	B(E)	11.0	1	7.5	490	8.00	230		14.0							12.0	42						
D14B04 Mittel						8.7	507	7.76		14.1							13.5	44						
D14B05	PannHart	B(E)	21.3	1	10.7	736	7.20			18.2	18.0	15.5	0.01	1.17	2.7	18.0	46							
D16Q01	MV-ÖBF	QF(M)	- 1	F	7.1	486	7.56			13.6	13.5	13.3	0.01	1.02	0.3	2.0	8							
E10B01	SöllFerB	B(E)	14.6	1	10.0	653	7.50			16.0	15.3	13.8	0.05	1.16	2.2	16.0	45							
E10B02	KrenHoch	B(E)	3.1	1	8.8	706	7.40			18.0	16.5	15.8	0.09	1.14	2.2	16.0	30							

D10Q02-E10B02

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	ϕ	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µs]	pH [1]	E _H [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	CaH [°dH]	SBV [°dH]	Mg/Ca	GH/SBV	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]	
E10B03	PrenKremB	B(E)	2.0	3	HT	25. Feb 97 9. Mai 97		2.40	8.8	719	7.34		8.2	17.0	16.8	15.0	0.01	1.13	2.0	18.0	49			0		4.0	1.0	
E10B03 Mittel																												
E10B04	SöllHackB	B(E)	15.5	1	HT	26. Feb 97	14.21		9.3	715	7.38			18.6	16.4	14.9	0.13	1.25	3.7	19.3	55							
E10B05	ÖlsSchm	B(E)	18.4	1	HT	26. Feb 97	16.00		10.1	776	7.28			18.0	17.5	17.5	0.03	1.03	0.5	24.0	47							
E10E01	SteinE	E	-	2	HT	11. Mai 97 21. Aug 97		0.15	9.7	762	7.12		7.2	21.9	15.2	19.2	0.44	1.14	2.7	12.0	33			0		6.0	1.0	
E10E01	Mittel							16.1	766	7.04	120	6.5	19.4	18.9	17.4	0.03	1.11	2.0	17.0	16	0.01	0.3	0	0	0	4.0		
E10E02	SöllFierE	E	-	2	L2(S4)	11. Mai 97		0.22	10.5	648	7.93		6.9	20.7	17.1	18.3	0.21	1.13	2.4	14.5	25		0	.005	3.5	0		
E10E03	SchledE	E	-	2	S3	21. Aug 97		0.25	13.6	772	7.71	-50	6.9	26.8	19.9	19.0	0.35	1.41	7.8	20.0	15	0.10	0.7	1.50	1.50	7.0		
E10E04	SchebE	E	-	3	L2(S4)	20. Aug 97		1.00	14.2	641	7.13	110	7.1	21.8	16.8	15.4	0.30	1.42	6.4	11.0	21	0	0	0	0	7.0		
E10Q01	ZwircGoss1	QF(E)	-	1	K3	20. Nov 96 29. Nov 96		0.07	10.0	710	8.00	150		17.0							57							
E10Q01	Mittel							8.7	653	7.76	10.1	16.5	13.9	12.5	0.19	1.32	4.0	14.0	70					0		3.5	22.0	
E10Q02	OberW.H.	QF(E)	-	1	K3	25. Feb 97 6. Mai 97		7.0	688	7.61			17.0	15.8	13.5	0.08	1.26	3.5	14.0	59								
E10Q02	Mittel							9.8	692	7.66	9.8	20.0	16.2	13.2	0.23	1.52	6.8	15.0	85					0		3.5	0	
E10Q03	ZwircGoss2	QF(M)	-	2	K3	2. Mai 97 20. Aug 97		7.9	597	7.60		10.1	16.7	13.3	11.9	0.26	1.40	4.8	13.0	54				0		3.5	0	
E10Q03	Mittel							10.9	614	7.48	170	8.9	20.0	17.4	12.8	0.15	1.56	7.2	15.0	50	0	0	0	0	0	5.0		
E10Q04	ZwircGoss3	QF(T)	-	1	K3	9. Mai 97 20. Aug 97		0.17	9.6	692	7.75		9.5	18.4	15.4	12.4	0.20	1.49	6.0	14.0	52			0		3.5	1.0	
E10Q04	Mittel							11.1	704	7.64	170	9.1	24.6	19.3	13.8	0.27	1.78	10.8	13.0	66	0	0	0	0	0	5.0		
E10Q05	HoheW.H.	QF(E)	-	1	K3	6. Mai 97 20. Aug 97		0.03	9.2	710	7.98		10.3	18.6	16.0	12.3	0.16	1.51	6.3	16.0	86			0		3.5	0	
E10Q05	Mittel							13.3	685	8.05	160	9.4	24.4	17.4	12.6	0.40	1.94	11.8	20.0	60	0	0	0	0	0	3.0		
E10Q06	SperStazQ	QF	-	1	K3	6. Mai 97 20. Aug 97		0.02	9.8	677	7.53		9.3	19.3	16.0	13.7	0.21	1.41	5.6	16.0	68			0		3.0	0	
E10Q06	Mittel							10.6	680	7.43	140	9.0	21.0	16.8	11.4	0.25	1.84	9.6	20.0	56	0	0	0	0	0	4.0		
E10Q07	Scheib1	QS	-	2	L2(S4)	20. Aug 97		16.3	623	7.39	150	7.6	20.0	14.3	13.0	0.40	1.54	7.0	15.0	20	0	0	0	0.07	0.18	7.0		
E10Q08	Kalch	QF(E)	-	3	K3	7. Mai 97 (QF1) 7. Mai 97 (QF2) 21. Aug 97 (QF2)		4.00	9.9	681	7.50		9.4	19.8	16.3	14.5	0.21	1.37	5.3	23.0	67			0		4.0	0	
E10Q08	Mittel							0.63	9.4	665	7.48		9.4	18.5	15.9	14.0	0.16	1.32	4.5	22.0	60			0		4.0	0	
E10Q09	SöllHackQ1	QE	-	2	HT	9. Mai 97 21. Aug 97		0.60	9.1	771	7.39		8.3	21.5	18.0	16.5	0.19	1.30	5.0	29.0	39		.005	4.5	0			
E10Q09	Mittel							11.8	787	7.53		8.4	23.8	19.0	17.6	0.25	1.35	6.2	31.5	30			.003	4.8				
E10Q10	SöllHackQ2	QE	-	3	HT	9. Mai 97 21. Aug 97		1.50	9.8	811	7.18		7.1	22.8	18.6	17.6	0.23	1.30	5.2	32.0	38			0		6.5	3.0	
E10Q10	Mittel							10.7	805	7.29	140	7.9	25.8	19.6	17.0	0.32	1.52	8.8	30.0	26	0	0	0	0	0	7.0		
E10Q11	LeonRohr1	QF(E)	-	2	HT	9. Mai 97 21. Aug 97		0.11	10.5	764	7.44		8.9	21.0	17.7	16.0	0.19	1.31	5.0	43.0	55		0.01	4.5	0			
E10Q11	Mittel							14.6	775	7.54	80	8.2	24.0	19.3	14.6	0.24	1.64	9.4	45.0	45	0.03	0.1	0	0	0	5.0		
E10Q13	WiscMesn	QF(E)	-	2	HT	9. Mai 97		8.1	704	7.34		8.2	19.6	16.0	15.0	0.23	1.31	4.6	19.0	59			0		3.5	2.5		
E10Q14	PrenKremQ	Q(T)	-	2	HT	9. Mai 97		0.50	9.6	749	7.38		8.2	20.7	16.2	15.3	0.28	1.36	5.4	19.0	66			0		4.0	1.0	

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	ϕ	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µs]	pH [°]	E _H [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	CaH [°dH]	SBV [°dH]	Mg/Ca	GH/SBV	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]	
E10Q18	Hochsch1	OF(T)	-	2	HT	11. Mai 97			11,1	642	7,65		9,0	17,8	15,0	13,6	0,19	1,31	4,2	19,0	5,0		0			3,5	0	
E11B01	ZaunBaum	B(E)	45,0	1	M1	19. Nov 96	22,61		9,0	610	8,20	130		16,0						10,0	3,5							
E11B02	SchmMürl	B(E)	11,9	1	M1	19. Nov 96	5,07		10,0	580	7,85	150		17,0						10,0	3,6							
E11B02	Mittel					27. Feb 97	5,58		9,1	789	7,20			20,3	18,5	0,02		1,12	2,2	16,0	4,4							
E11B03	Söllkäib	B(E)	60,7	1	K3	19. Nov 96	57,00		10,0	530	8,40	140		15,0						10,0	1,1							
E11B03	Mittel					27. Feb 97	58,12		9,6	550	7,91			16,1	11,8	14,0	0,36	1,15	2,1	10,0	4							
E11B04	KiesHölib	B	18,0	0	M1	19. Nov 96	4,63		10,0	640	8,30	140		17,0						10,0	8							
E11B04	Mittel					27. Feb 97	6,16		8,8	792	7,44			23,0	22,4	18,3	0,03	1,26	4,7	10,0	4,2							
E11B05	PenelJndü	B(E)	36,7	1	K3	20. Nov 96	35,70		9,0	630	7,80	140		17,0						11,0	3,0							
E11B05	Mittel					27. Feb 97	35,91		8,7	627	7,54			16,1	14,7	13,0	0,10	1,24	3,1	16,0	3,9							
E11B06	WeinObdü	B(E)	42,0	1	K3	21. Nov 96	37,82		8,5	580	7,90	180		17,0						16,0	4,1							
E11B06	Mittel					27. Feb 97	38,01		8,5	605	7,52			15,0	14,0	13,0	0,07	1,15	2,0	14,0	3,6							
E11B07	LeonW.H.	B(E)	6,3	1	M1	20. Nov 96	4,37		9,0	670	7,80	160		19,5						14,0	4,2							
E11B08	SperStazB	B(E)	24,0	1	K3	21. Nov 96	21,27		9,0	680	7,80	180		19,5						16,0	6,4							
E11B08	Mittel					1. Mrz 97	21,51		9,5	692	7,37			19,6	15,8	14,5	0,24	1,35	5,1	16,0	5,5							
E11B09	KaseScha	B(E)	9,0	1	M1	21. Nov 96	4,37		11,0	580	7,80	185		16,5						16,0	6,4							
E11B09	Mittel					27. Feb 97	9,5		9,5	662	7,47			18,4	15,0	14,5	0,23	1,27	3,9	10,0	4,5							
E11B10	BischKugl	B(E)	2,1	1	M1	21. Nov 96	0,40		8,5	580	7,85	190		16,0						10,0	5,3							
E11B10	Mittel					27. Feb 97	0,56		8,4	625	7,53			16,7	14,5	12,0	0,15	1,39	4,7	10,0	6,3							
E11B11	ObhaZimmB	B(E)	18,9	1	K3	25. Feb 97	17,15		9,8	712	7,39			17,0	16,8	15,5	0,01	1,10	1,5	18,0	4,8							
E11E01	TempelE	E	-	2	M1	22. Aug 97		0,25	11,5	709	7,01	180		7,7	24,0	19,6	0,22	1,74	10,2	17,0	5,8	0	0,1	0	0		3,0	
E11F01	FöhrF1 (200 m unt. E11Q04)					20. Aug 97		2,00	14,3	606	8,38	150		9,2	20,0	14,8	0,35	1,47	6,4	16,0	5,5	0	0	0,01	0,03		5,0	
E11Q01	KiesHöliQ	OF(E)	-	2	K3	19. Nov 96		0,40	9,0	680	7,90	160		18,5						14,0	5,1							
E11Q01	Mittel					29. Nov 96			10,0	680	8,00	200		19,5						14,0	7,4							
E11Q02	MayrAltM	OF(E)	-	2	M1	25. Feb 97			9,2	681	7,48			16,0	15,0	14,7	0,07	1,09	1,3	14,0	4,1							
E11Q02	Mittel					6. Mai 97			9,8	685	7,57			9,8	19,2	16,2	0,19	1,25	3,8	16,0	5,6						4,0	0
E11Q02	Mittel					20. Aug 97			10,1	683	7,51	150		9,7	23,0	16,8	0,37	1,58	8,4	18,0	4,5	0,02	0,1	0	0	0	5,0	
E11Q03a	BradWVBa	Q	-	3	K3	25. Feb 97		1,50	9,8	606	7,37			14,5	14,0	13,3	0,04	1,09	1,2	14,0	4,0						3,3	
E11Q03a	Mittel					7. Mai 97			9,7	608	7,46			8,1	17,6	14,3	0,23	1,33	4,4	17,0	5,1						3,5	0
E11Q03a	Mittel					21. Aug 97			10,1	608	7,46	140		8,5	20,0	15,7	0,27	1,54	7,0	20,0	4,0	0	0,1	0	0	0	4,0	
E10Q18-E11Q03a						9,9	607	7,43	8,3	17,4	14,7	13,2	0,18	1,32	4,2	17,0	4,4										3,8	

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	g _w	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µs]	pH [1]	E _H [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	CaH [°dH]	SBV [°dH]	Mg/Ca	GH/SBV	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]			
E11Q03b	BradVVBb	QG	–	3	K3	25. Feb 97		2.00	9.6	599	8.05			15.0	14.3	12.5	0.05	1.20	2.5	14.0			4.0							
						7. Mai 97			9.6	600	8.12			9.3	17.4	14.0	0.24	1.34	4.4	17.0	54			0	0		3.5	0		
						21. Aug 97			10.7	602	8.17	150		9.3	20.0	14.8	0.35	1.67	8.0	20.0	42			0	0	0	4.0	0		
E11Q03b	Mittel								10.0	600	8.11			9.3	17.5	14.4	0.22	1.40	5.0	17.0	45			0	0	3.8	0			
E11Q04	Föhrl	QS	–	2	K3	2. Mai 97		0.25	8.6	695	7.60		9.3	20.0	16.8	0.19	1.41	5.8	14.0	80			0	0		3.5	0			
						20. Aug 97			10.3	689	7.47	180		9.6	25.1	19.6	0.28	1.70	10.3	24.0	65		0	0.1	0	0	4.0	0		
E11Q04	Mittel								9.5	697	7.54			9.5	22.6	18.2	0.24	1.56	8.1	19.0	73			0	0	3.8	0			
E11Q05	Mand1	QF(E)	–	3	K3	7. Apr 97		0.68	7.9	674	7.60		10.1	19.3	15.1	0.28	1.36	5.1	16.4	68			0	0		3.0	0			
						2. Mai 97			9.5	648	7.59			9.5	19.4	14.2	0.32	1.24	3.8	13.0	42			0	0	3.0	0			
E11Q05	Mittel								8.7	661	7.60			9.8	19.4	14.7	0.37	1.30	4.5	14.7	55			0	0	3.0	0			
E11Q06	Tempel1	Q	–	2	K3	6. Mai 97		0.25	9.4	675	7.69		7.2	19.7	16.2	0.22	1.39	5.5	17.0	71			0	0		3.0	0			
						20. Aug 97			10.3	683	7.61	140		9.6	24.0	15.7	0.40	0.53	1.71	10.0	19.0	49		0	0.1	0	5.0	0		
E11Q06	Mittel								9.9	679	7.65			8.4	21.9	16.0	0.37	1.55	7.8	18.0	60			0	0	4.0	0			
E11Q07	Tempel2	Q	–	2	K3	6. Mai 97		0.17	9.3	621	7.59		9.2	18.3	14.5	0.26	1.30	4.2	13.0	38			0	0		3.5	0			
E11Q08	Ösigrin	Q(T)	–	2	M1	6. Mai 97		0.11	9.2	638	7.39		8.0	18.0	15.8	0.14	1.41	5.2	14.0	71			0	0		3.5	0			
						22. Aug 97			10.2	643	7.40	180		8.2	20.0	16.8	0.30	1.54	7.0	15.0	56		0	0	0	0	3.0	0		
E11Q08	Mittel								9.7	641	7.40			8.1	19.0	16.3	0.17	1.47	6.1	14.5	64			0	0	3.3	0			
E11Q09	Tempel4	QS	–	2	M1	6. Mai 97			9.6	680	7.70		9.9	19.6	16.0	0.49	0.23	1.32	4.7	18.0	62			0	0	4.0	0			
E11Q10	BradVVB	QF(Ö)	–	4	K3	21. Aug 97		29.5	10.5	629	7.90	170		9.2	21.0	16.8	0.25	1.48	6.8	20.0	46		0.05	0	0	4.0	0			
E11Q11	ObhazImmQ	QF(T)	–	1	K3	7. Mai 97			8.8	721	7.44		8.3	20.5	17.8	0.15	1.34	5.2	17.5	72			0	0		3.0	0			
						21. Aug 97		0.07	10.9	711	7.36	180		8.3	25.4	21.0	0.48	0.21	1.72	10.6	21.0	56		0	0	0	3.0	0		
E11Q11	Mittel								9.9	716	7.40			8.3	23.0	19.4	0.18	1.52	7.9	19.3	64			0	0	3.0	0			
E11Q13	Dehenw1	QF(E)	–	1	K4	7. Mai 97			7.7	633	7.41		8.4	17.7	15.2	0.16	1.42	5.2	20.5	68			0	0		2.5	0			
E11Q14	Tempel3	Q	–	2	M1	22. Aug 97		0.25	11.8	702	7.37	180		8.3	22.8	17.1	0.32	1.73	9.6	21.0	58		0	0.1	0	0	3.0	0		
E12B01	HebeZick	B(E)	4.0	1	M2	21. Nov 96	1.03		10.0	560	7.90	190		15.5								53								
						27. Feb 97	2.04		7.4	545	7.57			15.0	14.3	11.5	0.05	1.30	3.5	12.0	36									
E12B01	Mittel								8.7	553	7.74			15.3								45								
E12B02	KrieVolk	B(E)	11.0	1	M2	22. Nov 96	6.67		10.0	630	7.80	220		17.0								28								
						27. Feb 97	7.99		9.0	728	7.35			20.1	19.5	19.5	0.03	1.03	0.6	12.0	7									
E12B02	Mittel								9.5	679	7.58			18.6								18								
E12B03	NeudFors	B(E)	28.8	1	M1	23. Nov 96	5.16		10.0	640	7.60	190		18.0								59								
						27. Feb 97	12.54		8.8	731	7.65			19.6	18.5	16.8	0.06	1.17	2.8	14.0	49									
E12B03	Mittel								9.4	686	7.63			18.8								54								
E12B04	GangPuff	B(E)	38.0	1	K3	10. Jul 96			11.0	570	7.35			16.0		11.0		1.45	5.0	19.0	97									
						24. Nov 96 (WL)				590	7.90			15.0								73								
E12B04	GangPuff	B(E)	38.0	1	K3	24. Nov 96	34.24		8.5	390	8.50	190		11.0								48								
E12B04	Mittel					27. Feb 97	34.83		8.7	596	7.59			16.1	13.9	11.5	0.16	1.40	4.6	14.0	65									
									9.4	537	7.84			14.5		11.3		1.43	4.8	15.3	71									
E12B05	StriObha	BB(E)	36.0	1	K3	24. Nov 96	2.49		10.5	700	7.80	170		20.0								68								
						27. Feb 97	3.31		7.1	753	7.44			21.3	18.0	16.5	0.18	1.29	4.8	20.0	60									
E12B05	Mittel								8.8	727	7.62			20.7								64								
E12B06	MayrObpe	B(E)	32.7	1	M1	22. Feb 97	2.10		8.3	588	7.38			14.5	14.3	13.5	0.01	1.07	1.0	10.0	25									
E12B07	JansObex	B(E)	31.1	1	K4	23. Feb 97	14.21		9.3	473	7.92			13.5	12.0	12.8	0.13	1.05	0.7	6.0	1									
E12B08	SchObbe	B(E)	9.2	1	M1	23. Feb 97	5.24		10.1	772	7.22			19.5	17.5	18.0	0.11	1.08	1.5	18.0	38									

E11Q03b–E12B08

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	ϕ	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µs]	pH [1]	E _H [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	CaH [°dH]	SBV [°dH]	Mg/Ca	GH/SBV	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]			
E12Q01	RösnInne	QF(E)	-	1	M2	22. Nov 96 27. Feb 97		0.20	8.0	540	8.00	220		16.0		11.0	0.07	1.36	4.0	14.0	57		12.0							
E12Q01 Mittel									7.5	551	7.79			15.5						13.0	55									
E12Q02	MayrTasc	QF(E)	-	1	M1	25. Nov 96			8.0	730	7.80	200		21.0		17.0	0.15	1.35	6.0	16.0	71		14.0							
E12Q02 Mittel						1. Mrz 97			8.7	795	7.27			23.0		17.0	0.15	1.35	6.0	16.0	71		14.0							
E12Q03	DaubMoos	QF(E)	-	1	M1	23. Feb 97			8.4	763	7.54			22.0		21.0	0.09	0.95	0.0	14.0	1		15.0							
E13B01	Fiscw.H.	B(E)	9.7	1	M2	23. Nov 96	1.01		10.5	440	7.60	220		13.0						2.0	16									
E13B02 Mittel						1. Feb 90			10.0	390	8.10	220		12.0						2.0	6									
E13B03	SteiKlpe	B(E)	7.7	1	M2	23. Feb 97	7.70		8.5	641	7.17			18.0		18.7	0.06	0.96	0.0	5.0	1									
E13B04	HeheUnpe	B(E)	10.7	1	M1	24. Feb 97	5.75	5.00	9.5	934	7.01			23.0	22.0	22.5	0.05	1.02	0.5	24.0	1									
E13B05	Poschgut	B(E)	17.3	1	M1	24. Feb 97	9.52		9.8	658	7.26			17.0	15.5	17.5	0.10	0.97	0.0	10.0	1									
E13Q01	HertGirno	QF(E)	-	1	M1	24. Feb 97			5.3	608	7.42			15.0	14.5	12.0	0.03	1.25	3.0	10.0	46									
E14B01a	PesseSchm1	B	8.9	0	M2	19. Nov 92	1.90		10.0	555	7.25			17.9	15.2	15.0	0.18	1.19	2.9	6.2	46			0.07	0					
E14B01b	PesseSchm2	B(Z)	42.0	0	M1	19. Nov 92	7.90		9.9	498	7.56			20.7	15.4	17.0	0.34	1.22	3.7	12.9	52			0.63	0.17					
E14B01c	PesseSchm3	B(E)	12.8	1	M2	23. Nov 96	5.30		10.0	570	8.10	190		17.0			0.40	1.38	5.5	10.0	6									
E14B01c Mittel						1. Mrz 97	5.51		9.3	604	7.56			20.0	14.3	14.5	0.40	1.38	5.5	10.0	6									
E14B02	KersGrkn	B(E)	2.0	1	M2	23. Nov 96			9.7	587	7.83			18.5						9.0	8									
E14B03	KammSchm	B(E)	13.0	1	M1	26. Nov 96			11.5	640	7.70	210		17.0						9.0	39									
E14B04	PichAlch	B(E)	13.7	1	M2	26. Nov 96	7.90		10.0	720	8.20	210		17.0						10.0	39									
E14B04 Mittel						1. Mrz 97	8.92		9.6	750	7.20			21.3	16.8	20.3	0.27	1.05	1.0	8.0	25									
E14B05	MauhUnai	B(E)	15.3	1	M1	26. Nov 96	6.78		10.0	350	8.40	220		10.0						3.0	9									
E14B05 Mittel						1. Mrz 97	8.15		9.6	504	7.44			14.0	13.8	13.3	0.01	1.05	0.7	4.0	17									
E14B06	KronSchm	B(E)	9.3	1	M2	23. Feb 97	3.58		9.0	666	7.31			18.0	17.5	16.5	0.03	1.09	1.5	10.0	22									
E15B01	MoseKar	B(E)	-	1	F	27. Nov 96			5.0	430	8.10	120		11.0					2.0	1										
E15B01 Mittel						1. Mrz 97			5.2	462	7.62			11.8	10.0	10.8	0.18	1.09	1.0	2.0	1									
E15Q01	WintWeie	QF(E)	-	1	M1	27. Aug 96			5.1	446	7.86			11.4						2.0	1									
E15Q01 Mittel						26. Nov 96			8.5	640	7.70	230		18.0						8.0	25									
F11B01	MayrGust	B(E)	21.6	1	K4	22. Feb 97	20.72		9.5	800	7.29			21.0	20.5	14.5	0.02	1.45	6.5	22.0	82									
F11Q01	HuemNist	QF(E)	-	2	K3	22. Feb 97		0.49	8.4	569	7.78			14.0	13.0	13.5	0.08	1.04	0.5	10.0	44									
F11Q01 Mittel						22. Aug 97			9.8	577	7.69	170	9.5	17.8	14.0	11.8	0.27	1.51	6.0	20.0	49		0	0.1	0	0	0	3.0		
F11Q02	KnoiW.H.	QF(M)	-	2	K4	22. Feb 97		0.18	8.6	710	7.51			18.0	17.0	16.5	0.06	1.09	1.5	8.0	50									
F11Q02 Mittel						22. Aug 97			11.2	704	7.25	180	7.9	22.6	17.4	16.4	0.30	1.38	6.2	11.0	50		0	0.1	0	0	0	3.0		
E12Q01-F11Q02									9.9	707	7.38			20.3	17.2	16.5	0.18	1.23	3.9	9.5	50									

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	ϕ [m]	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µs]	pH [1]	E _H [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	CaH [°dH]	SBV [°dH]	Mg/Ca	GH/SBV	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]		
F11Q03	WienUnkr	QF(M)	-	3	M1	1. Jun 89		1.00	7.5	607	7.30			19.0		14.4		1.32	4.6	15.5	47					0.02			
						22. Feb 97			9.0	654	7.35			16.0	15.0	15.0	0.07	1.07	1.0	10.0	38								
						22. Aug 97			10.7	651	7.28	160	8.3	20.8	16.5	14.8	0.26	1.41	6.0	13.0	39	0	0.4	0	0	0	3.0		
									9.1	637	7.31		8.3	18.6	15.8	14.7	0.18	1.26	3.9	12.8	41				0.01				
F11Q04	Mand2a	Q	-	1	K3	2. Mai 97			10.8	587	8.21	181	9.6	17.4	13.3	12.8	0.31	1.36	4.6	15.0	42						3.0	0	
F11Q05	Mand2	QE	-	2	K3	20. Aug 97		0.81	10.8	647	7.53	181	9.6	20.0	18.2	13.6	0.10	1.47	6.4	15.0	39	0	0.1	0	0	0	4.0		
F11Q07a	Streit1a	QF(E)	-	2	K3	2. Mai 97		0.25	9.2	665	7.75		9.6	18.5	15.2	13.7	0.22	1.35	4.8	22.0	56						3.5	0	
F11Q07b	Streit1b	QF(E)	-	2	K3	2. Mai 97		0.25	9.2	671	7.56		9.5	19.0	15.5	13.5	0.23	1.41	5.5	23.0	58						3.5	0	
						20. Aug 97			10.5	667	7.57	160	9.3	20.8	18.2	14.0	0.14	1.49	6.8	20.0	46	0	0	0	0	0	3.0		
									9.9	669	7.57		9.4	19.9	16.9	13.8	0.18	1.45	6.2	21.5	52				0		3.3		
F12B01	OberUnma1	B(E)	2	1	M2	22. Feb 97			7.7	609	7.40			17.0	15.5	13.5	0.10	1.26	3.5	14.0	43								
F12B02	OberUnma2	B(E)	3.4	1	M2	22. Feb 97	1.62		9.9	609	7.37			17.0	15.3	13.5	0.11	1.26	3.5	12.0	42								
F12B03	MörlFelb	B(E)	8.1	1	M2	22. Feb 97	3.47		7.7	677	7.47			18.0	17.0	12.7	0.06	1.42	5.3	18.0	59								
F12B04	GrubKremB	B(E)	16.6	1	HT	23. Feb 97	14.04		9.7	744	7.35			20.0	17.0	14.5	0.18	1.38	5.5	18.0	67								
F12B05	StelMix	B(E)	16.9	1	K4	24. Feb 97	11.65		11.0	865	7.09			20.0	18.5	21.0	0.08	0.95	0.0	22.0	2								
F12Q02	LedeAchl	QF(E)	-	1	M2	22. Feb 97			6.3	674	7.40			17.5	17.0	17.0	0.03	1.03	0.5	10.0	29								
F12Q03	GrubKremQ	QF(E)	-	1	K3	23. Feb 97			8.5	721	7.35			20.0	16.5	16.5	0.21	1.21	3.5	12.0	46								
F12Q05	HaidHaub	QF(E)	-	1	K4	23. Feb 97			9.3	735	7.37			18.0	17.0	17.0	0.06	1.06	1.0	12.0	39								
F12Q06	HumeZaun	QF(E)	-	2	M2	24. Feb 97		1.14	8.9	695	7.31			17.5	16.0	14.3	0.09	1.22	3.2	14.0	52								

F11Q03-F12Q06

ANHANG C

AUSWAHL UND GRUPPIERUNG HYDROPHYSIKALISCH- CHEMISCHER MESSWERTE NACH GRUNDWASSERTYP

Inhalt: Liste hydrophysikalisch-chemischer Messdaten, geordnet nach Grundwassertypen, abgeleitet durch Synthese der geologischen und hydrochemischen Ergebnisse gem. **Kap. 4 bzw. 5** sowie gelegentlich einer geeignet erscheinenden Gruppeneinteilung zur Auswahl repräsentativer Datensätze bei räumlich benachbarten und hydrochemisch ähnlichen Wasserspendern. Letztere (126 an der Zahl) sind im **Anhang D** tabelliert und in den hier versammelten Tabellen gelb hinterlegt. – Jeder Tabelle ist eine **Objektverteilungskarte** vorangestellt, um die Übersicht bzw. Auffindung der der jeweils anschließend tabellierten Wasserspender zu erleichtern.

Die Spaltenüberschriften bzw. Abkürzungen bedeuten:

Code

– **bei Einzelobjekten** gebildet aus

(a) der Bezeichnung des Aufnahmequadranten (vgl. Beilage 6), gefolgt von

(b) einem Buchstaben zur Grobeinteilung in drei Arten von Wasserspender:

Q = Quelle, B = Brunnen, E = Entwässerung, und

(c) einer fortlaufenden Nummer (diese Nummern werden immer zweistellig – d.h. ggf. mit führender Null – angegeben);

– **bei Gruppen von Wasserspendern:** ein geografischer Name, eingeleitet durch

QG = Quellgruppe oder GWF = Gruppe aus Grundwasserfassungen

verschiedener Art; in Klammern die Codes der zusammengefassten Objekte.

Kurzbez.

– **bei Einzelobjekten** gebildet aus

(a) Name des Baches / der Flur / des Gehöftes, an oder nahe dem sich eine Quelle oder Entwässerung befindet, bzw. im Falle einer Grundwasserfassung: Name des Besitzers, und

(b) Hofname oder fortlaufende Nummer, oder ein anderes Kürzel, z.B.

FT = Fischteich, dazu eventuell

(c) im Falle gleich lautender Namen ein weiteres Kürzel zur Unterscheidung;

– **bei Gruppen von Wasserspendern:**

keine (nur **Anhang D**).

Art

Art des Wasserspenders:

Q = Quelle, QF = Quellfassung, QG = Quellgruppe, QS = Quellsumpf,

QE = Quellentwässerung, B = Brunnen, BB = Bohrbrunnen, E = Entwässerung;

Zusätze in Klammern:

(E) = Einzelwasserversorgung, (M) = Mehrfachwasserversorgung,

(B) = Betriebswasserversorgung, (Ö) = öffentliche Wasserversorgung,

(T) = Teichanlage;

unter einer QE verstehen wir dabei eine Drainage, die aus einem Hang früher dort ausgetretenes Quellwasser zum nächstgelegenen Vorfluter ableitet.

- Erg.** **Ergiebigkeit:** Bei Quellen quantitativ, bei Brunnen halbquantitativ in Kategorien von 1 (unergiebig) bis 4 (sehr ergiebig). Dieser Einteilung folgt die Legende zur Übersichtskarte **Abb. 20** (für Quellen siehe auch **Abb. 46**).
- GW-Hor.** **Grundwasserhorizont gem. Kap. 4.**
- GW-Typ** **Grundwassertyp gem. Kap. 6** auf Basis der hydrochemischen Analyse: Der Unterschied zur Gliederung in Spalte „GW-Hor.“ besteht im Wesentlichen darin, dass (a) zwei Typen Ms und Mt innerhalb der Gruppe M1+M2 eingeführt werden, die mit der geologischen Klassifizierung M1 und M2 nicht identisch sind, sowie dass (b) regionale Unterteilungen innerhalb der Horizonte S4 und L2 eingeführt werden (S4kkg bzw. L2kkg für den Bereich der Kies-Konglomerat-Gruppe, und S4äds bzw. L2äds für den Bereich der Älteren Deckenschotter).

Die weiteren Spalten beziehen sich auf die in **Kap. 2.3** besprochenen hydrophysikalisch-chemischen Parameter mit ihren dort angegebenen Abkürzungen und Einheiten.

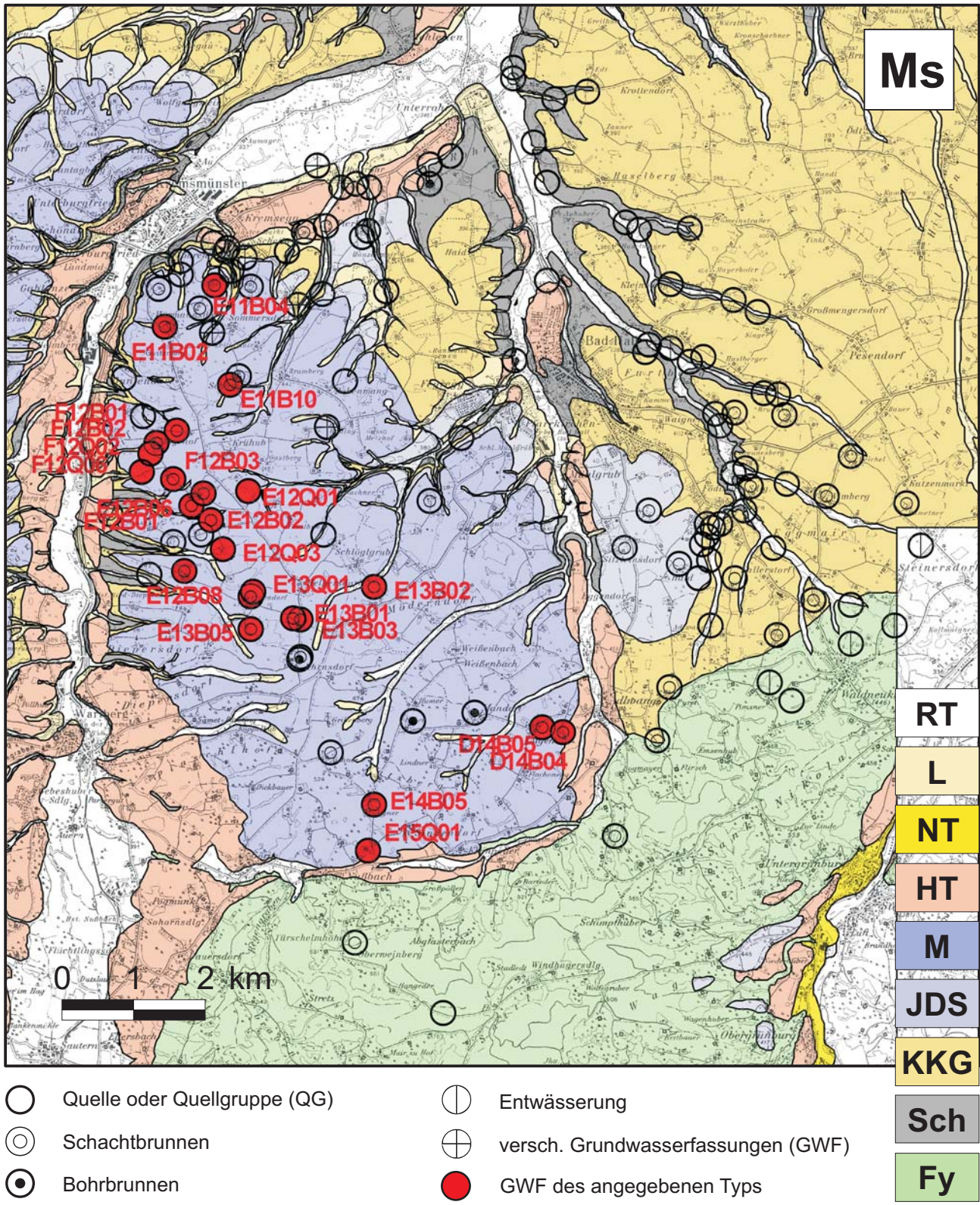


Abb. C1 – Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps Ms (Mindelmoräne, seicht). Aus 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) wurden 126 einzelne und zusammengesetzt Objekte (in erster Linie Quellgruppen) gewonnen (Anhang D); davon 25 diesem Grundwassertyp zugeordnet. Letzterer ist aufgrund hydrochemischer Abgrenzung aus den beiden Horizonten M1 und M2 hervorgegangen.

Code	Kurzbez.	Art	g ü	GW- Hor.	GW- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]
D14B03	HöllGang	B(E)	1	M1	Ms	27. Nov 96	800	230		21.5			14.0	24						
D14B05	PanhHart	B(E)	1	M1	Ms	1. Mrz 97	736			18.2	0.01	2.7	18.0	46						
GWF Aigen (D14B03/05)							685			17.5			12.0	41						
D14B04	KoglGlüc	B(E)	1	M1	Ms	27. Nov 96	490	230		14.0			12.0	42						
						1. Mrz 97	523			14.1	0.08	3.8	15.0	45						
D14B04	Mittel						507			14.1			13.5	44						
E11B02	SchnMürt	B(E)	1	M1	Ms	19. Nov 96	580	150		17.0			10.0	36						
						27. Feb 97	789			20.7	0.02	2.2	16.0	44						
E11B02	Mittel						685			18.9			13.0	40						
E11B04	KiesHöllB	B	0	M1	Ms	19. Nov 96	640	140		17.0			12.0	18						
						27. Feb 97	792			23.0	0.03	4.7	10.0	42						
E11B04	Mittel						716			20.0			11.0	30						
E11B10	BiscKugl	B(E)	1	L2(M1)	Ms	21. Nov 96	580	190		16.0				95						
						27. Feb 97	625			16.7	0.15	4.7	10.0	63						
E11B10	Mittel						603			16.4				79						
E12B01	HebeZick	B(E)	1	M2	Ms	21. Nov 96	560	190		15.5				53						
						27. Feb 97	545			15.0	0.05	3.5	12.0	36						
E12B01	Mittel						553			15.3				45						
E12B02	KrieVolk	B(E)	1	M2	Ms	22. Nov 96	630	220		17.0				28						
						27. Feb 97	728			20.1	0.03	0.6	12.0	7						
E12B02	Mittel						679			18.6				18						
E12B03	NeudFors	B(E)	1	M1	Ms	23. Nov 96	640	190		18.0			12.0	59						
						27. Feb 97	731			19.6	0.06	2.8	14.0	49						
E12B03	Mittel						686			18.8			13.0	54						
E12B06	MayrObpe	B(E)	1	M1	Ms	22. Feb 97	588			14.5	0.01	1.0	10.0	25						
E12B08	SchlObbe	B(E)	1	M1	Ms	23. Feb 97	772			19.5	0.11	1.5	18.0	38						
E12Q01	RösnInne	QF(E)	1	M2	Ms	22. Nov 96	540	220		16.0			12.0	53						
						27. Feb 97	561			15.0	0.07	4.0	14.0	57						
E12Q01	Mittel						551			15.5			13.0	55						
E12Q03	DaubMoos	QF(E)	1	M1	Ms	23. Feb 97	806			20.0	0.09	0.0	14.0	1						
E13B01	FiscW.H.	B(E)	1	M2	Ms	23. Nov 96	440	220		13.0			2.0	16						
E13B03	Steiklpe	B(E)	1	M2	Ms	23. Feb 97	641			18.0	0.06	0.0	5.0	1						
E13B02	WeisGang	B(E)	1	M2	Ms	1. Feb 90				19.0				37						
						22. Nov 96	390	220		12.0			2.0	6						
						27. Feb 97	607			15.5	0.03	0.2	6.0	24						
E13B02	Mittel						499			15.5			4.0	22						
E13B04	HeheUnpe	B(E)	1	M1	Ms	24. Feb 97	934			23.0	0.05	0.5	24.0	1			(++)	(++)		
E13B05	Poschgut	B(E)	1	M1	Ms	24. Feb 97	656			17.0	0.10	0.0	10.0	1						
E13Q01	HertGrmo	QF(E)	1	M1	Ms	24. Feb 97	608			15.0	0.03	3.0	10.0	46						
E14B05	MauhUnai	B(E)	1	M2	Ms	26. Nov 96	350	220		10.0			3.0	9						
						1. Mrz 97	504			14.0	0.01	0.7	4.0	17						
E14B05	Mittel						427			12.0			3.5	13						
						27. Aug 96	614			17.0				34						
E15Q01	WintWeie	QF(E)	1	L2(M1)	Ms	26. Nov 96	640	230		18.0			8.0	25						
						1. Mrz 97	663			17.8	0.08	0.8	8.0	21						
E15Q01	Mittel						639	230		17.6			8.0	27						
F12B01	OberUnma1	B(E)	1	M2	Ms	22. Feb 97	609			17.0	0.10	3.5	14.0	43						
F12B02	OberUnma2	B(E)	1	M2	Ms	22. Feb 97	609			17.0	0.11	3.5	12.0	42						
F12B03	MörtFelb	B(E)	1	M2	Ms	22. Feb 97	677			18.0	0.06	5.3	18.0	59						
F12Q02	LedeAchl	QF(E)	1	M2	Ms	22. Feb 97	674			17.5	0.03	0.5	10.0	29						
F12Q06	HumeZaun	QF(E)	2	M2	Ms	24. Feb 97	695			17.5	0.09	3.2	14.0	52						

Tab. C1 – Datensätze zum Grundwassertyp Ms (seichtes Grundwasser der Mindelmoräne): Der chemische Typ Ms ist aufgrund des Kriteriums $Mg/Ca \geq 0.1$ aus den zuvor unterschiedenen Typen M1 und M2 gebildet. Vom Brunnen E13B04 HeheUnpe wurde uns starke Fe- und Mn-Führung berichtet, verdeutlicht durch das Zeichen (++).

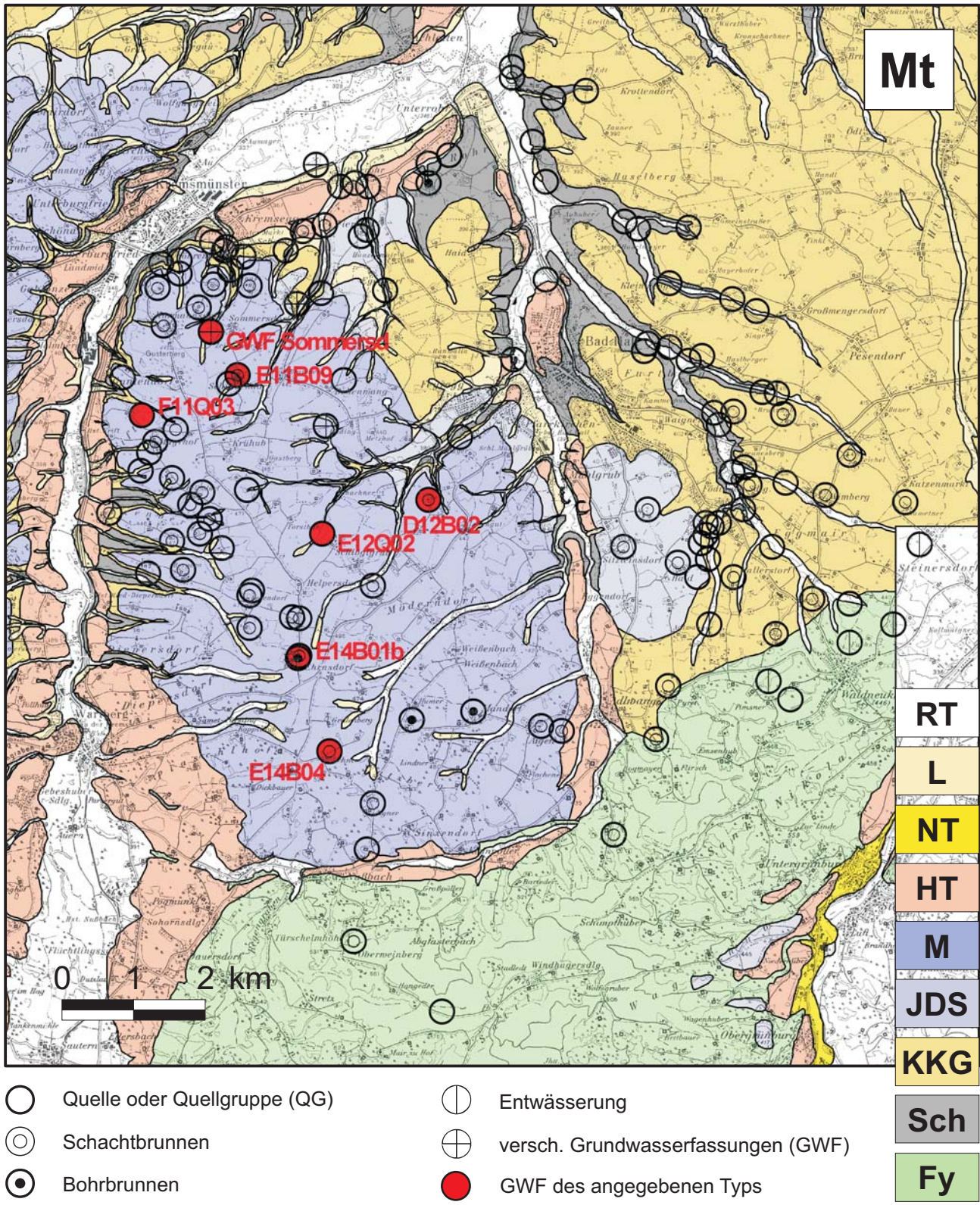


Abb. C2 – Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps Mt (Mindelmoräne, tief). Aus 262 untersuchten Wasserspendern (**Anhang B**) wurden 126 einzelne und zusammengesetzt Objekte (in erster Linie Quellgruppen) gewonnen (**Anhang D**) und davon 8 dem Grundwassertyp *Mt* zugeordnet. Dieser ist aufgrund hydrochemischer Abgrenzung aus dem Horizont M1 hervorgegangen und umfasst nur einen Teil desselben.

Code	Kurzbez.	Art	g W	GW- Hor.	GW- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]	
E11E01	TempelE	E	2	M1	Mt	22. Aug 97	709	180	7.7	24.0	0.22	10.2	17.0	58	0	0.1	0	0	3.0		
						20. Nov 96	690	160		19.5				66							
E11Q02	MayrAltm	QF(E)	2	M1	Mt	27. Feb 97	700			19.0	0.19	4.5	18.0	49							
						6. Mai 97	692		7.5	20.0	0.23	5.2	21.0	66			0		3.5	0	
						22. Aug 97	701	180	7.4	21.4	0.25	7.4	22.0	55	0	0.1	0	0	3.0		
E11Q02	Mittel						696	170	7.5	20.0	0.22	5.5	20.3	59					3.3		
E11B07	LeonW.H.	B(E)	1	M1	Mt	20. Nov 96	670	160		19.5				55							
E11Q08	ÖlsiPrin	Q(T)	2	M1	Mt	6. Mai 97	638		8.0	18.0	0.14	5.2	14.0	71			0		3.5	0	
						22. Aug 97	643	180	8.2	20.0	0.19	7.0	15.0	56	0	0	0	0	3.0		
E11Q08	Mittel						641	180	8.1	19.0	0.17	6.1	14.5	64					3.3		
E11Q09	Tempel4	QS	2	M1	Mt	6. Mai 97	680		9.9	19.6	0.23	4.7	18.0	62			0		4.0	0	
E11Q14	Tempel3	Q	2	M1	Mt	22. Aug 97	702	180	8.3	22.8	0.33	9.6	21.0	58	0	0.1	0	0	3.0		
GWF Sommersdorf (E11E01/Q02/B07/Q08/09/14)							683	174	8.3	20.8	0.23	7.2	18.2	59	0	0.1	0	0	3.3	0	
E11B09	KaseScha	B(E)	1	M1	Mt	21. Nov 96	580	185		16.5				61							
						27. Feb 97	662			18.4	0.23	3.9	10.0	45							
E11B09	Mittel						621			17.5				53							
E12Q02	MayrTasc	QF(E)	1	M1	Mt	25. Nov 96	730	200		21.0			14.0	79							
						1. Mrz 97	795			23.0	0.15	6.0	16.0	71							
E12Q02	Mittel						763			22.0			15.0	75							
F11Q03	WienUnkr	QF(M)	3	M1	Mt	1. Jun 89	607			19.0			15.5	47				0.02			
						22. Feb 97	654			16.0	0.07	1.0	10.0	38							
						22. Aug 97	651	160	8.3	20.8	0.26	6.0	13.0	39	0	0.4	0	0	3.0		
F11Q03	Mittel						637		8.3	18.6	0.18	3.9	12.8	41	(-)	(+)	(-)	0.01	(+)		
E14B01b	PeseSchm2	B(Z)	0	M1	Mt	19. Nov 92	498			20.7	0.34	3.7	12.9	52			0.63	0.17			
E14B01a	PeseSchm1	B	0	M2	Mt	19. Nov 92	555			17.9	0.18	2.9	6.2	46			0.07	0			
E14B01c	PeseSchm3	B(E)	1	M2	Mt	23. Nov 96	570	190		17.0			8.0	9							
						1. Mrz 97	604			20.0	0.40	5.5	10.0	6							
E14B01c	Mittel						587			18.5			9.0	8							
E14B06	KronSchm	B(E)	1	M2	Mt	23. Feb 97	666			18.0	0.03	1.5	10.0	22							
GWF Ehrnsdorf seicht (E14B01a/c)							603	190		18.1	0.20	3.3	8.4	25			(+)	(-)			
E14B04	PichAich	B(E)	1	M2	Mt	26. Nov 96	720	210		17.0			10.0	39							
						1. Mrz 97	750			21.3	0.27	1.0	8.0	25							
E14B04	Mittel						735	210		19.2			9.0	32							

Tab. C2 – Datensätze zum Grundwassertyp Mt (tieferes Grundwasser der Mindelmoräne): Der chemische Typ Mt ist aufgrund des Kriteriums Mg/Ca > 0.1 aus den zuvor unterschiedenen Typen M1 und M2 zusammengestellt. Die dunkelgrau unterlegten Datensätze des Typs M2 wurden hier eingeordnet, weil das seichte Grundwasser der entsprechenden Wasserspender ähnliche chemische Eigenschaften wie tiefer eingesickertes vom Typ M1 aufweist und daher lokal erhöhte Versickerungsmöglichkeiten andeutet (um Ehrnsdorf und auf der höchsten Erhebung der Mindelmoräne mit dem Gehöft *Aichner*).

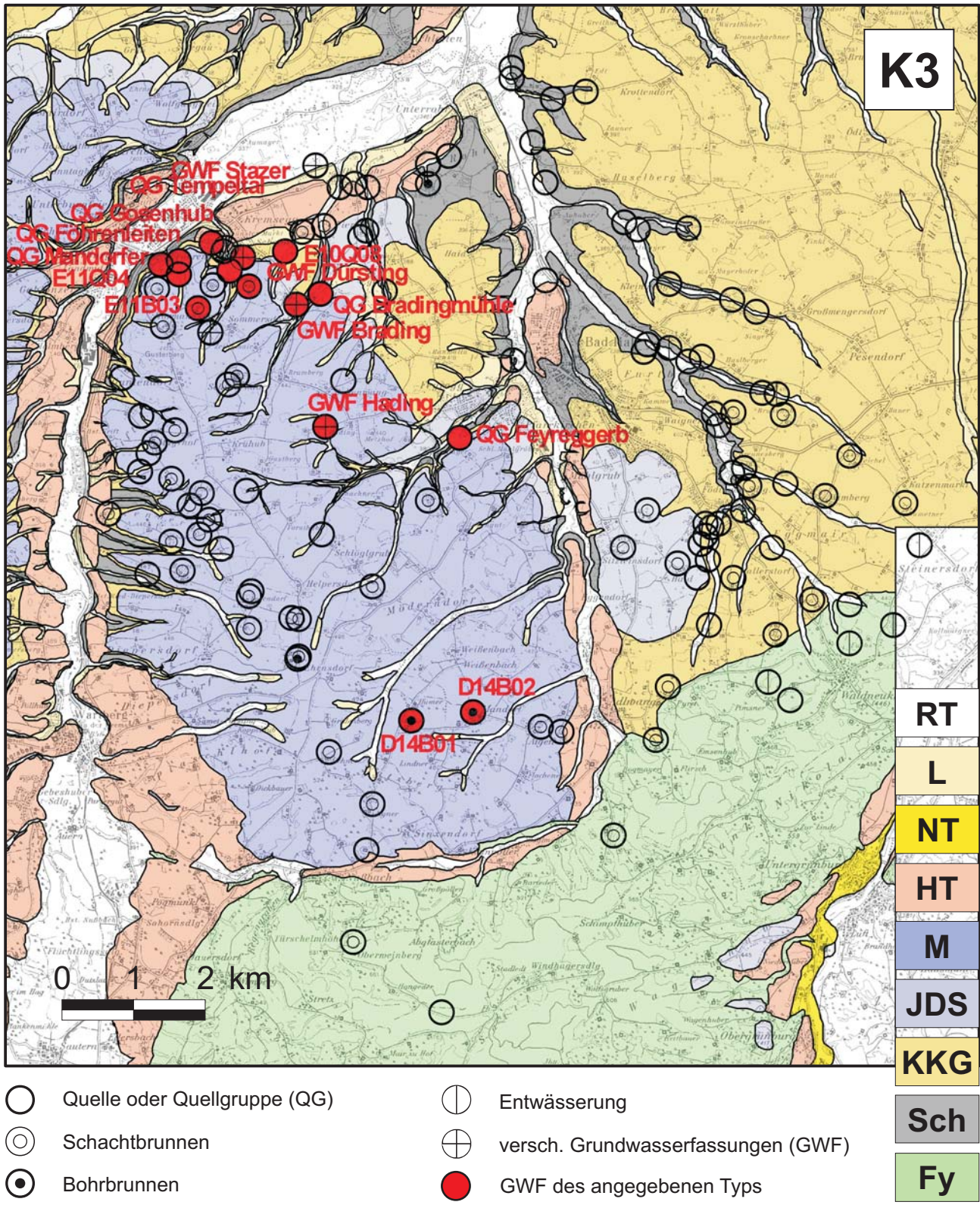


Abb. C3 – Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps K3 (Kies-Konglomerat-Gruppe, KKG). Aus 262 untersuchten Wasserspendern (**Anhang B**) wurden 126 einzelne und zusammengesetzt Objekte (in erster Linie Quellgruppen) gewonnen (**Anhang D**) und davon 15 diesem Grundwassertyp zugeordnet.

Code	Kurzbez.	Art	gh L1	GW- Hor.	GW- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]	
<i>QG Gosenhub (E10Q01/03/04)</i>							663	170	9.6	19.1	0.21	6.2	13.9	64	0	0	0	0	4.0	7.7	
<i>QG Föhrenleiten (E10Q02/05)</i>							694	160	9.8	20.0	0.22	7.1	16.3	73	(-)	(-)	0	(-)	3.4	0	
<i>GWF Stazer (E11B08; E11Q06)</i>							677	160	9.2	19.9	0.23	6.3	17.0	63	(-)	(-)	0	(-)	3.5	0	
<i>Kalchhofquelle (E10Q08)</i>							674	170	9.1	20.2	0.20	6.1	23.3	58	(-)	(-)	0	(-)	4.3	0	
<i>GWF Brading (E11B11/Q11)</i>							715	180	8.3	21.0	0.12	5.8	18.8	59	0	0	0	0	3.0	0	
<i>QG Tempetal (E11Q01/06/07)</i>							661	155	9.1	19.8	0.28	5.4	15.4	50	(+)	0.1	0	0	4.0	0	
<i>QG Bradingmühle (E11Q03/10)</i>							612	153	8.9	18.6	0.22	5.3	18.0	45	(+)	(+)	0	0	3.8	0	
<i>QG Mandorfer (E11Q05; F11Q04/05/07)</i>							646	171	9.6	19.0	0.22	5.3	17.6	49	0	(+)	0	0	3.4	0	
GW K3 nördl. Randbereich							668	165	9.2	19.7	0.21	5.9	17.5	58	(+)	(+)	0	0	3.7	(+)	
D11Q02	Zwick1	QF(E)	3	K1	KKG	10. Mai 97	627		8.0	16.8	0.20	3.3	16.0	47			0			2.5	
						21. Aug 97	629	140	8.2	20.0	0.37	7.2	21.0	40	0.05	0.2	0	0	3.5		
D11Q02	Mittel						628		8.1	18.4	0.29	5.3	18.5	44	(+)	(+)	0			(+)	
E12B04	GangPuff	B(E)	1	K3	KKG	10. Jul 96	570			16.0		5.0	19.0	97							
						24. Nov 96	590	(WL)		15.0			18.0	73							
						24. Nov 96	390	190		11.0			10.0	48							
						27. Feb 97	596		16.1	0.16	4.6	4.6	14.0	65							
E12B04	Mittel						537			14.5		4.8	15.3	71							
E12B05	StriObha	BB(E)	1	K3	KKG	24. Nov 96	700	170		20.0			14.0	68							
						27. Feb 97	753		21.3	0.18	4.8	4.8	20.0	60							
E12B05	Mittel						727			20.7			17.0	64							
GWF Hading (E12B04/05)							632	180		17.6	0.17	4.8	16.1	67							
E14B04	PichAich	B(E)	1	M2	Mt	26. Nov 96	720	210		17.0			10.0	39							
						1. Mrz 97	750			21.3	0.27	1.0	8.0	25							
E14B04	Mittel						735			19.2			9.0	32							
D14B01	WassErbe	BB(E)	2	K3(F)	KKG	24. Nov 96	550	180					10.0	9							
						2. Mrz 97	563		19.3	0.40	3.5	8.0	2								
D14B01	Mittel						557						9.0	6							
D14B02	SturW.H.	BB(E)	1	K3(F)	KKG	2. Dez 96	450	150					8.0	22							
						1. Mrz 97	459		13.2	0.22	1.7	6.0	22								
D14B02	Mittel						455		13.2				7.0	22							
E11B03	SöllKälb	B(E)	1	K3	KKG	19. Nov 96	530	140		15.0			10.0	11							
						27. Feb 97	550		16.1	0.36	2.1	10.0	4								
E11B03	Mittel						540		15.6				10.0	8							
K3 unter mächt. Überdeck. (D14B01/B02; E11B03)							517	157		16.0	0.33	2.4	8.7	12							
E11B06	WeinObdü	B(E)	1	K3	KKG	21. Nov 96	580	180		17.0				47							
						27. Feb 97	605		15.0	0.07	2.0	14.0	36								
E11B06	Mittel						593			16.0			42								
E11B05	PeneUndü	B(E)	1	K3	KKG	20. Nov 96	630	140		17.0				43							
						27. Feb 97	627		16.1	0.10	3.1	16.0	39								
E11B05	Mittel						629		16.6				41								
GWF Dürsting (E11B05/06)							611	160		16.3	0.08	2.6	15.0	41							
D12B02	GrilObbeB	B(E)	1	M1	Mt	4. Dez 96	540	200		17.0			6.0	18							
						1. Mrz 97	691			20.3	0.25	2.0	7.0	20							
D12B02	Mittel						616			18.7			6.5	19							
D12Q01	BibeUrba	QF(E)	1	K3	KKG	1. Jun 90	590			17.0		3.0	15.0	61		0	0				
						25. Nov 96	580	200		17.0			8.0	20							
						1. Mrz 97	624		16.6	0.25	3.1	14.0	40								
D12Q01	Mittel						598		16.9	0.27	3.1	12.3	40								
D12Q02	Kalv1	QF(Ö)	3	K3	KKG	19. Mai 97	647		8.3	17.7	0.28	4.1	19.0	56			0		4.5	1.0	
D12Q03	Kalv2	Q	2	K3	KKG	19. Mai 97	627		8.3	17.4	0.27	3.7	16.5	49			0		5.0	0.1	
QG Feyreggerbach (D12Q01/02/03)							624	200	8.3	17.3	0.27	3.6	15.9	48			0	(-)	4.8	0.6	
E11Q04	Föhr1	QS	2	K3	KKG	2. Mai 97	695		9.3	20.0	0.19	5.8	14.0	80			0		3.5	0	
						20. Aug 97	699	180	9.6	25.1	0.28	10.3	24.0	65	0	0.1	0	0	4.0		
E11Q04	Mittel						697		9.5	22.6	0.24	8.1	19.0	73	(-)	(+)	0	(-)	3.8	(-)	
E11F01	FöhrF1 (200 m unt. QS)				K3/S4	20. Aug 97	606	150	9.2	20.0	0.35	6.4	16.0	55	0	0	0.01	0.03	5.0		
E10Q07	Scheib1	QS	2	L2(K3)	L2	20. Aug 97	623	150	7.6	20.0	0.40	7.0	15.0	20	0	0	0.07	0.18	7.0		
E10E04	ScheibE	E	3	L2(K3)	L2	20. Aug 97	641	110	7.1	21.8	0.30	6.4	11.0	21	0	0	0	0	7.0		

Tab. C3/2 – Datensätze zum Grundwassertyp K3 (Kies-Konglomerat-Gruppe; KKG): Der 1. Teil dieser Tabelle (vorhergehende Seite) enthält eine Zusammenstellung der aller Quellgruppen am Nordrand der Mindelmoräne und Daten zur mittleren Zusammensetzung der Grundwässer, die sie führen (gelb unterlegt); der 2. Teil (diese Seite) fasst die vorgenannten Daten noch einmal zusammen, und listet die *Brunnenwässer* desselben Typs auf. Die dunkelgrau unterlegten Datensätze erlauben einen Vergleich mit seichten Grundwasservorkommen, die ähnliche chemische Eigenschaften wie solche in der KKG desselben Gebietes haben; außerdem mit einem Bachwasser (E11F01 *FöhrF1*) sowie Kluft- und Hangwasservorkommen, die vom Typ K3 ausgehen, aber von S4 oder S3 beeinflusst sind.

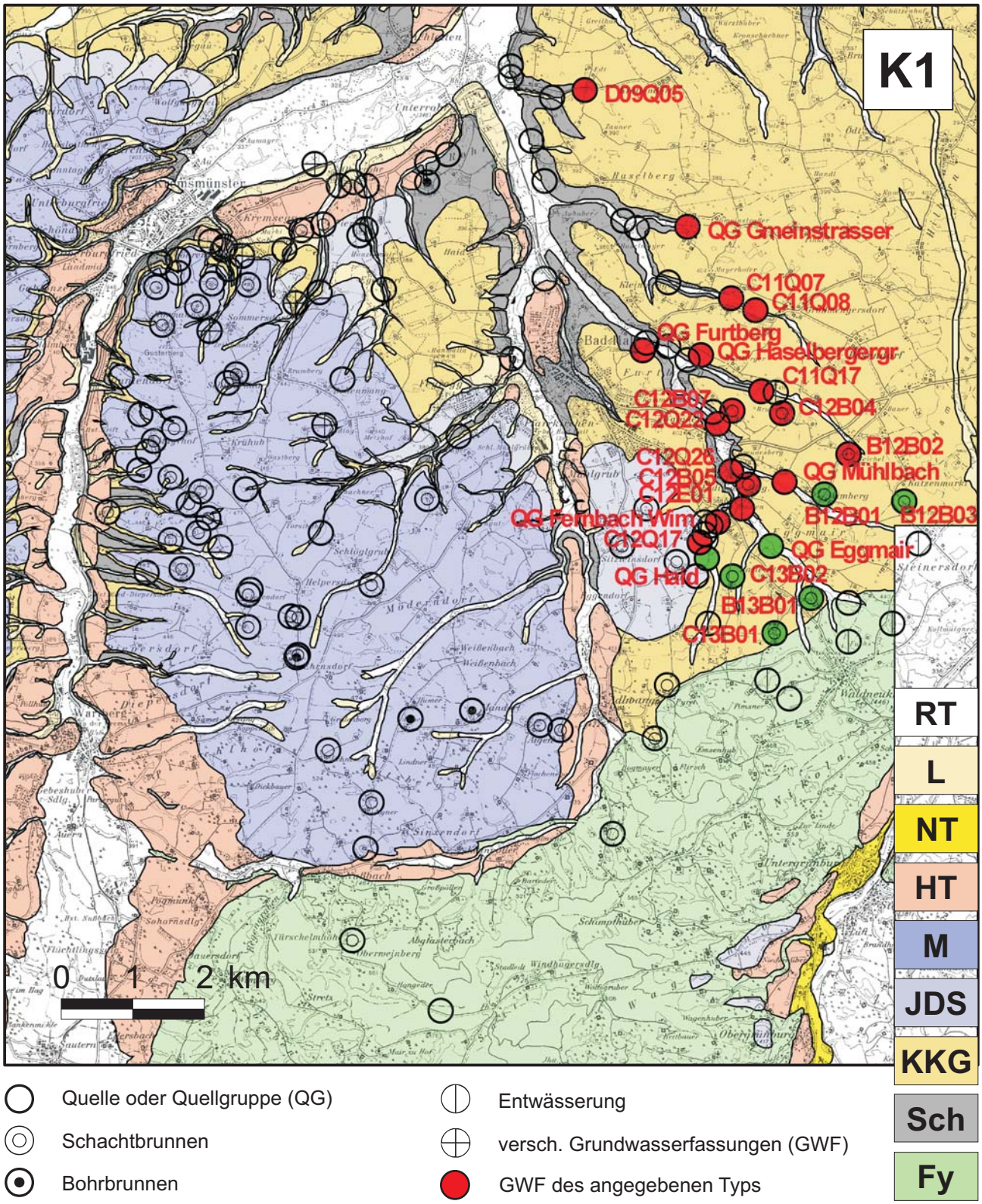


Abb. C4 – Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps K1 (Ältere Deckenschotter, ÄDS). Aus 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) wurden 126 einzelne und zusammengesetzt Objekte (in erster Linie Quellgruppen) gewonnen (Anhang D) und davon 24 diesem Grundwassertyp zugeordnet. Grüne Kreisflächen bezeichnen Wasserspender im Bereich der Flyschzone.

Code	Kurzbez.	Art	g ü W	GW- Hor.	GW- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]
C10Q04	Gmein1	Q	3	K1	ÄDS	16. Mai 97	767		7.7	21.5	0.36	4.8	19.0	69			0		4.5	0
C10Q05	Edt3	QS	3	K1	ÄDS	16. Mai 97	758		6.9	21.5	0.34	4.4	16.0	64			0		4.5	0
QG Gmeinstrasser (C10Q04-05)							763		7.3	21.5	0.35	4.6	17.5	67			0		4.5	0
C11Q09	RinnSchn	QF(E)	2	K1	ÄDS	19. Mai 97	776		7.3	22.5	0.40	3.8	18.0	44			0		3.5	0
						16. Aug 97	784	150	9.4	26.8	0.47	9.4	20.0	38	0.05	0	0		4.0	
C11Q09 Mittel							780		8.4	24.7	0.44	6.6	19.0	41			0		3.8	(-)
C11Q10	Doll1	QF(E)	1	K1	ÄDS	19. Mai 97	811		7.3	23.6	0.39	4.0	15.5	51			0		4.5	0.5
C11Q11	GruberFT	QF(T)	2	K1	ÄDS	19. Mai 97	852		7.2	24.0	0.40	5.0	24.5	57			0		4.0	4.5
						16. Aug 97	840	140	9.2	28.0	0.61	8.6	29.0	52	0.05	0.1	0	0	1.0	
C11Q11 Mittel							846	140	8.2	26.0	0.51	6.8	26.8	55			0		2.5	4.5
QG Furtberg (C11Q09-11)							812	145	8.0	24.8	0.44	5.8	20.4	49	0.05	(+)	0	(-)	3.6	1.7
C11Q14	Hasel1	QF	3	K1	ÄDS	19. Mai 97	685		8.9	19.2	0.41	4.2	19.0	58			0		4.0	0
						16. Aug 97	686	110	10.3	24.0	0.53	9.2	20.0	52	0.05	0.2	0		3.0	
C11Q14 Mittel							686	110	9.6	21.6	0.47	6.7	19.5	55			0		3.5	
C11Q15	Hasel2	QF	2	K1	ÄDS	16. Aug 97	737	130	7.9	26.0	0.43	11.8	27.0	69	1.00	0.6	0		4.0	
C11Q16	Hasel4	QF(E)	2	K1	ÄDS	17. Aug 97	732	110	10.0	24.0	0.45	8.4	20.0	55	0.03	0	0	0	5.0	
QG Haselbergergraben (C11Q14-16)							718	117	9.2	23.9	0.45	9.0	22.2	60	0.36	0.3	0	(-)	4.2	(-)
C12Q03	Waldneuk1	QF(Ö)	2	K1	ÄDS	8. Aug 97	684	100	9.0	22.4	0.53	9.0	20.0	47	0	0.1	0	0	3.0	
C12Q04	Mühl3	Q	1	K1	ÄDS	8. Aug 97	671	120	9.1	21.2	0.45	6.8	19.0	42	0	0.5	0	0	3.0	
C12Q05	Mühl4	QF(T)	3	K1	ÄDS	8. Aug 97	660	120	9.6	20.0	0.40	6.2	22.0	50	0	0.2	0	0	3.0	
C12Q06	Mühl5	QF(M)	2	K1	ÄDS	8. Aug 97	651	110	7.7	21.4	0.45	6.2	17.0	34	0.01	0.1	0	0	3.0	
QG Mühlbach (C12Q03-06)							667	113	8.9	21.3	0.46	7.1	19.5	43	(+)	0.2	0	0	3.0	
C12Q10	Blasi1	Q	2	K1	ÄDS	9. Aug 97	622	120	8.5	20.0	0.43	5.0	17.0	28	0	0	0	0	4.0	
C12Q13	Fern1	QG	2	K1	ÄDS	13. Aug 97	513	130	8.0	14.8	0.36	5.0	34.0	36	0.02	0	0	0	4.5	
C12Q20	Fern7	Q	1	K1	ÄDS	15. Aug 97	496	120	9.5	17.4	0.55	9.6	13.0	40	0	0	0	0	5.0	
QG Fernbach Wim (C12Q13/20)							505	125	8.8	16.1	0.46	7.3	23.5	38	(+)	0	0	0	4.8	
B13Q01	Binder4	QE	1	K1(F)	ÄDSfy	9. Aug 97	808	130	5.8	28.0	0.59	8.2	14.0	32	0	0	0	0	3.0	
C12E02	BinderE3	QE	1	K1(F)	ÄDSfy	11. Aug 97	629	120	8.5	20.0	0.37	6.2	25.0	30	0	0	0	0	4.0	
C12E05	FernE2	E	2	K1(F)	ÄDSfy	13. Aug 97	569	130	9.0	19.2	0.52	8.4	21.0	49	0	0	0	0	2.0	
C12E06	FernE3	E	2	K1(F)	ÄDSfy	13. Aug 97	624	100	9.1	20.0	0.55	8.0	26.0	37	0.25	0.2	0.10	0.03	0.0	
QG Haid (C12E05-06)							597	115	9.1	19.6	0.54	8.2	23.5	43	(+)	(+)	(+)	(+)	1.0	
C12E05	FernE2a (Gewitter)					15. Aug 97	564	150	9.3	18.0	0.40	6.8	18.0	42	0	0.2	0	0	1.5	
C12Q09	Waldneuk3	QF(Ö)	3	K1(F)	ÄDSfy	9. Aug 97	666	120	8.7	21.4	0.32	5.4	15.0	25	0	0.1	0	0	4.0	
C12Q11	Binder3	Q	1	K1(F)	ÄDSfy	11. Aug 97	618	130	5.8	19.4	0.42	3.6	14.0	25	0.02	0	0.01	0	4.0	
C12Q12	Binder2	Q	2	K1(F)	ÄDSfy	11. Aug 97	663	90	6.9	21.8	0.44	6.3	26.0	29	0	0	0	0	1.0	
QG Eggmair (C12Q09/11/12)							649	113	7.1	20.9	0.39	5.1	18.3	26	(+)	(+)	(+)	0	3.0	
QG Gmeinstrasser (C10Q04-05)							763		7.3	21.5	0.35	4.6	17.5	67			0		4.5	0
QG Furtberg (C11Q09-11)							812	145	8.0	24.8	0.44	5.8	20.4	49	0.05	0.1	0	0	3.6	1.7
QG Haselbergergraben (C11Q14-16)							718	117	9.2	23.9	0.45	9.0	22.2	60	0.36	0.3	0	0	4.2	0
QG Mühlbach (C12Q03-06)							667	113	8.9	21.3	0.46	7.1	19.5	43	(+)	0.2	0	0	3.0	
QG Fernbach Wim (C12Q13/20)							505	125	8.8	16.1	0.46	7.3	23.5	38	(+)	0	0	0	4.8	
K1 Quellen							693	125	8.4	21.5	0.43	6.7	20.6	51	0.11	0.1	0	0	4.0	(+)
QG Haid (C12E05-06)							597	115	9.1	19.6	0.54	8.2	23.5	43	(+)	(+)	(+)	(+)	1.0	
QG Eggmair (C12Q09/11/12)							649	113	7.1	20.9	0.39	5.1	18.3	26	(+)	(+)	(+)	0	3.0	
K1 Quellen (Flyschzone)							623	114	8.1	20.2	0.47	6.7	20.9	35	(+)	(+)	(+)	(+)	2.0	
B12B02	EderReic	B(E)	1	K1	ÄDS	4. Dez 96	610	210		17.5			8.0	20						
						2. Mrz 97	677			23.8	0.45	7.3	13.0	32						
B12B02 Mittel							644			20.7			10.5	26						
C12B04	ZeheSchm	B(E)	1	K1	ÄDS	4. Dez 96	730	220		21.5			6.0	23						
						2. Mrz 97	885			20.2	0.62	3.4	30.0	97						
C12B04 Mittel							808			20.9			18.0	60						
C12B05	AdamUnho	B(E)	1	K1	ÄDS	5. Dez 96	620	190		17.0			10.0	26						
						2. Mrz 97	624			15.7	0.52	0.2	14.0	25						
C12B05 Mittel							622			16.4			12.0	26						
C12B07	HiesGlei	B(E)	1	K1	ÄDS	31. Mrz 95	780			23.0			21.0	93						
						5. Dez 96	530	190		14.0			9.0	46						
						2. Mrz 97	828			20.3	0.56	3.3	24.0	81						
C12B07 Mittel							713			19.1			18.0	73						
K1 Brunnen							696	203		19.2	0.54	3.6	14.6	46						

Tab. C4/1 – Datensätze zum Grundwassertyp K1 (1. Teil; Fortsetzung und Erläuterung unten)

Code	Kurzbez.	Art	gh [m]	GW- Hor.	GW- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]				
B12B01	MandPölz	B(E)	1	K1(F)	ÄDSfy	1. Mai 94	801			23.0			26.0	91										
						4. Dez 96	950	220	24.0			9.0	44											
						2. Mrz 97	1107		26.3	0.70	0.0	12.0	43											
B12B01	Mittel					953			24.4			15.7	59											
B12B03	MandHame	B(E)	1	K1(F)	ÄDSfy	5. Dez 96	580	180		17.5			8.0	25										
						2. Mrz 97	609		18.3	0.66	3.3	10.0	30											
						B12B03	Mittel				595			17.9			9.0	28						
B13B01	RossTrei	B(E)	1	K1(F)	ÄDSfy	3. Dez 96	490	210		13.5			14.0	24										
						2. Mrz 97	498		18.3	0.25	7.5	14.0	25											
						B13B01	Mittel				494			15.9			14.0	25						
C13B01	HeubEgge	B(E)	1	K1(F)	ÄDSfy	4. Dez 96	720	170		19.0			10.0	6										
						2. Mrz 97	721		28.5	0.28	8.7	10.0	4											
						C13B01	Mittel				721			23.8			10.0	5						
C13B02	ScheMose	B(E)	1	K1(F)	ÄDSfy	5. Dez 96	670	170		20.5			10.0	30										
						2. Mrz 97	691		20.7	0.80	4.7	14.0	29											
						C13B02	Mittel				681			20.6			12.0	30						
K1 Brunnen (Flyschzone)							627	183		21.4	0.50	6.1	11.5	22										
C11Q07	Schimp1	QG(T)	2	K1	ÄDS	18. Mai 97	730		7.4	20.2	0.44	3.6	20.0	51			0		3.5	5.0				
C11Q08	Schimp2	QS	3	K1	ÄDS	18. Mai 97	732		7.3	21.0	0.45	3.5	15.5	45			0		3.0	0				
C11Q17	Brunn1	QS	2	K1	ÄDS	17. Aug 97	750		8.2	26.2	0.59	10.8	20.0	56	0	0	0	0	0	5.0				
C12E01	BinderE1	E	2	K1	ÄDS	9. Aug 97	656	100	8.9	23.0	0.72	7.8	16.0	27	0	0.3	0	0	0	5.0				
C12Q17	Fern4	QE	2	K1	ÄDS	13. Aug 97	622	100	8.6	18.5	0.40	5.5	28.0	41	0.03	0	0	0.01	4.5					
C12Q22	Fern10	QE	2	K1	ÄDS	17. Aug 97	716	120	8.6	24.0	0.59	8.0	20.0	47	0.25	0	0	0	5.0					
C12Q26	ScheW.H.	QF(E)	2	K1	ÄDS	9. Aug 97	648	120	7.0	20.8	0.38	5.0	15.0	34	0	0.1	0	0	3.0					
D09Q05	Michl2	QS	3	K1	ÄDS	16. Mai 97	676		6.1	18.7	0.36	4.0	20.0	56			(+)		6.5	0				

Tab. C4/2 – Datensätze zum Grundwassertyp K1 (Ältere Deckenschotter; ÄDS): Diese Tabelle stellt zuerst Quellgruppen zusammen, die Grundwasser den ÄDS schütten, listet dann die mittlere chemische Zusammensetzung dieser Wässer nochmals auf, und vergleicht sie mit *Brunnenwässern* desselben Typs, getrennt nach Regionen (Untertyp K1(F) bzw. ÄDSfy bezieht sich auf die Lage über Gesteinen der Flyschzone); die restlichen Messungen, die keiner vorgenannten Gruppen zugeordnet werden können, finden sich am Schluss.

Code	Kurzbez.	Art	gh [m]	GW- Hor.	GW- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]	
D10B02	LedeUnsc	BB(E)	1	S3	S3	26. Feb 97	614	-80		17.3	0.21	2.3	18.0	1			(++)	(++)			
D10E01	Grund2	E	2	S3	S3	11. Mai 97	605		10.3	15.1	0.17	5.8	29.0	56			0.03		4.0	7.0	
						23. Aug 97	614	35	8.6	19.6	0.27	7.2	21.0	18	0	0	0.05	0.03	6.0		
D10E01	Mittel						610		9.5	17.4	0.23	6.5	25.0	37	(-)	(-)	0.04	(+)	5.0	(+)	
D10Q04	Grund3	QE	1	S3	S3	11. Mai 97	673		7.8	18.9	0.24	2.9	16.0	31			2.20	1.20		0	
QG Grundbach (D10E01/Q04)							641	(35)	8.6	18.1	0.24	4.7	20.5	34	(-)	(-)	1.1	0.6	5.0	3.5	
E10E03	SchledE	E	2	S3	S3	21. Aug 97	772	-50	6.9	26.8	0.35	7.8	20.0	15	0.10	0.7	1.50	1.50	7.0		
D10Q02	LandLehn	QF(E)	2	S4	S4kkg	26. Feb 97	694			20.7	0.20	5.7	22.0	19							
						11. Mai 97	724		5.7	20.1	0.20	3.9	25.0	27			0		7.5	0	
D10Q02	Mittel						709			20.4	0.20	4.8	23.5	23			(-)		(7.5)	(-)	
D09B01	HiesAhrmB	B(E)	1	RT(S3)	S3	13. Mai 97	790		5.9	22.5	0.14	0.2	3.0	5			0.05		7.0	9.0	
						23. Aug 97	893	-90	4.4	25.0	0.12	0.2	20.0	2	0	1.8	0.50	1.00	12.0		
D09B01	Mittel						842		5.2	23.8	0.13	0.2	11.5	4	(-)	(+)	0.27	(+)	9.5	(+)	
C10Q01	Edt1	QF	2	S3	S3	13. Mai 97	666		8.0	18.8	0.30	4.5	23.0	38			0.02		8.5	0	

Tab. C5 – Datensätze zum Grundwassertyp S3 (Junges Porengrundwasser der Molasse): Die besonders kennzeichnenden Datensätze sind gelb unterlegt, davon QG Grundbach eine Zusammenfassung der Eigenschaften der Quellen im Grundbachtal unterhalb des Hofs, von dessen Brunnen (D10B02 LedeUnsc) der oberste Datensatz stammt. Die Quelle D10Q02 LandLehn – ebenfalls im Sulzbachtal – wird zum Vergleich mit dem GW-Typ S4 herangezogen (dunkelgrau unterlegt). Bei D09B01 Hies-Ahrm sind die Werte vom Aug. 97 charakteristisch (Niederwasser im Sulzbach, der zu anderen Zeiten diesen Brunnen beeinflussen kann).

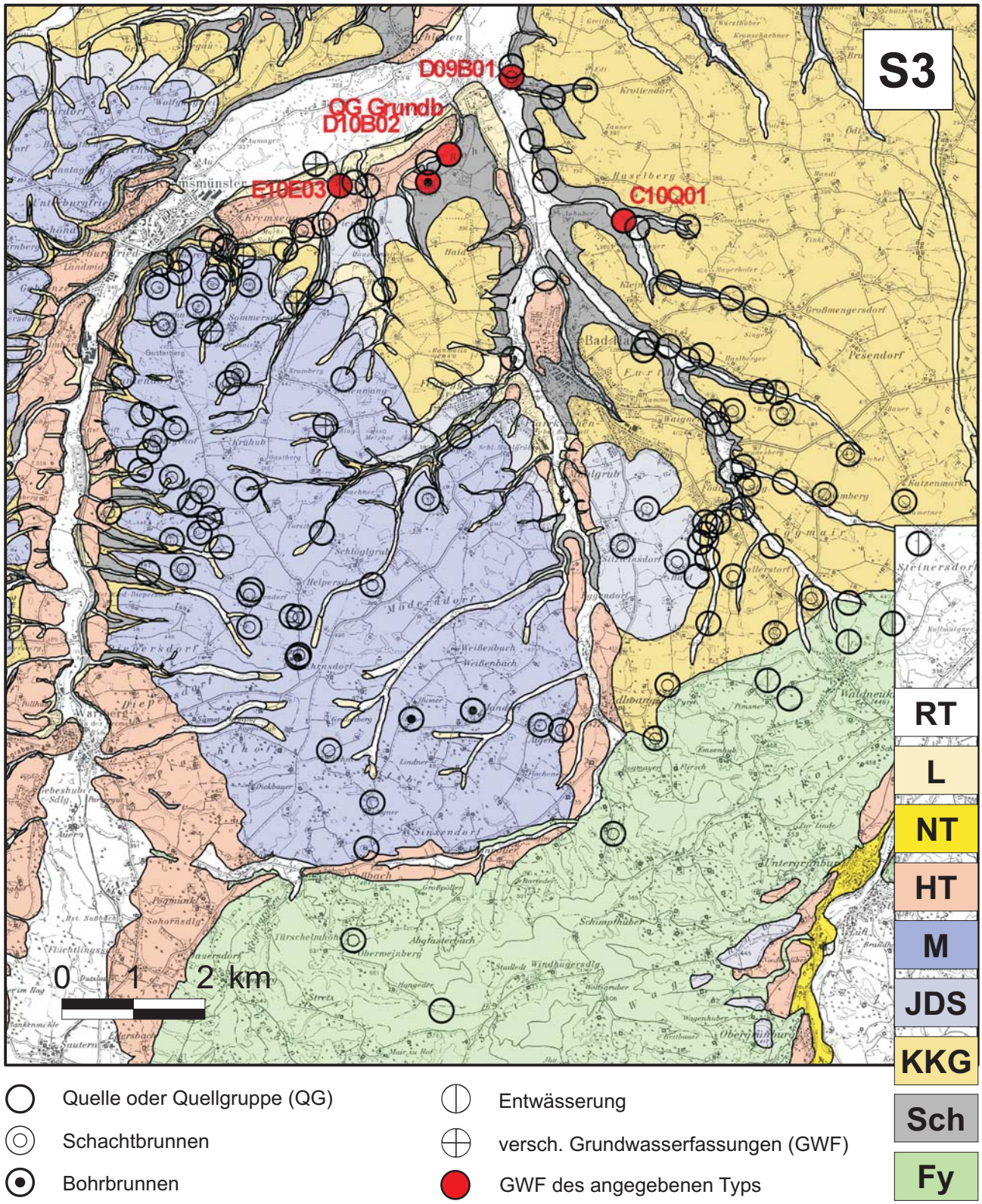


Abb. C5 – Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps S3 (Junges Porengrundwasser der Molasse). Aus 262 untersuchten Wasserspendern (**Anhang B**) wurden 126 einzelne und zusammengesetzt Objekte (in erster Linie Quellgruppen) gewonnen (**Anhang D**) und davon 5 diesem Grundwassertyp zugeordnet.

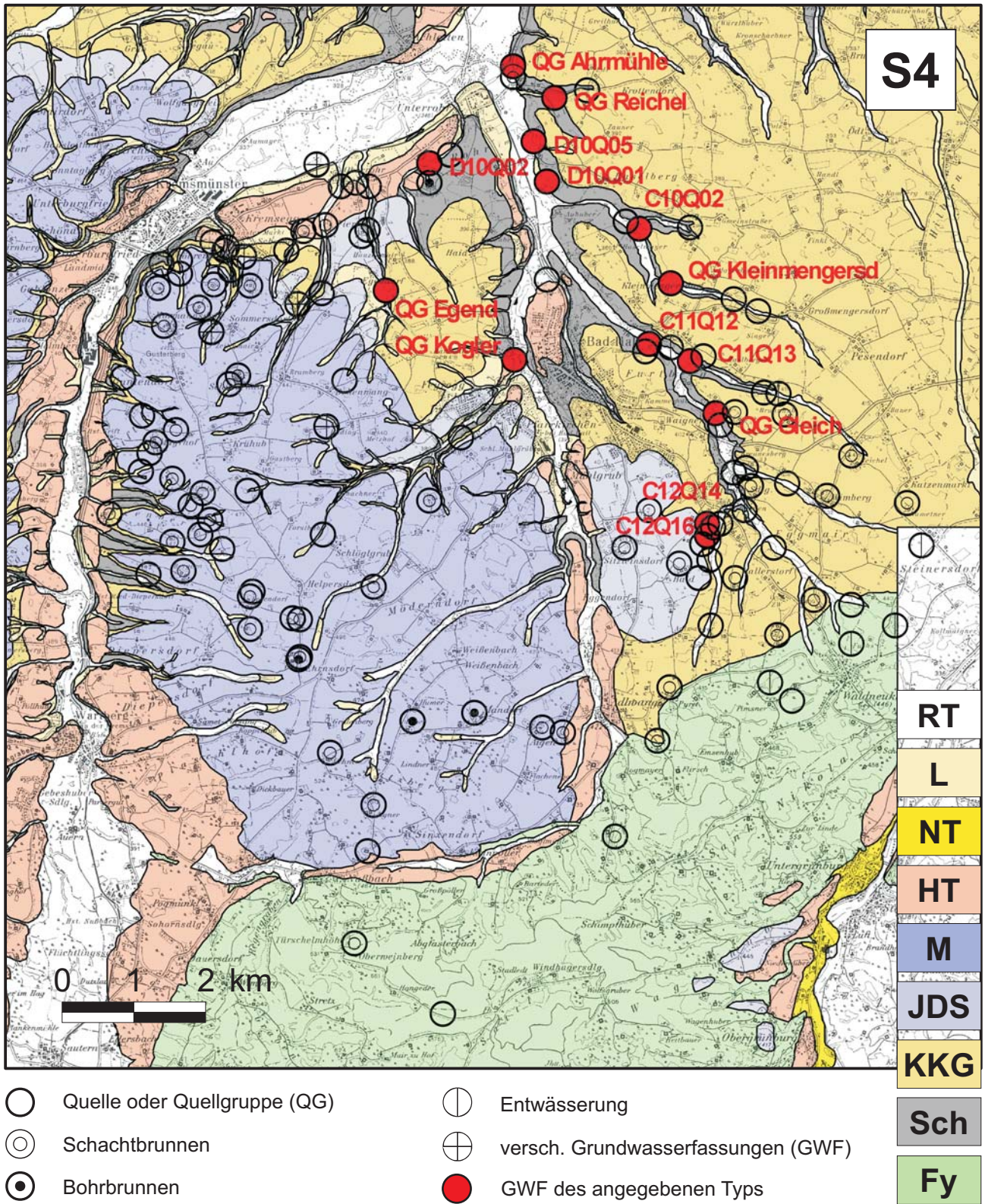


Abb. C6 – Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps S4 (Junges Kluffgrundwasser der Molasse). Aus 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) wurden 126 einzelne und zusammengesetzt Objekte (in erster Linie Quellgruppen) gewonnen (Anhang D) und davon 14 diesem Grundwassertyp zugeordnet.

Code	Kurzbez.	Art	g ü	GW- Hor.	GW- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]
C11Q03	Sigl1	QF(M)	2	S4	S4äds	18. Mai 97	776		6.5	22.2	0.42	4.2	19.5	46			0		7.0	0
C11Q04	Edt4	QS	2	S4	S4äds	18. Mai 97	740		7.6	20.8	0.49	3.3	15.5	47			0		4.5	0
QG Kleinmengersdorf (C11Q03-04)							758		7.1	21.5	0.45	3.8	17.5	47			0		5.8	0
C11Q13	Hasel3	QG(T)	2	S4	S4äds	19. Mai 97	747		7.2	21.3	0.40	2.0	20.0	51			0		8.0	0
						16. Aug 97	741	140	9.5	24.0	0.40	7.6	20.0	41	0.05	0.3	0		7.0	
C11Q13 Mittel (Haselbergergraben)							744	(140)	8.4	22.7	0.40	4.8	20.0	46	(+)	(+)	0		7.5	(-)
C11Q18	Fern13	Q	3	S4	S4äds	17. Aug 97	775	160	6.9	22.0	0.31	5.2	20.0	51	0	0	0	0	3.0	
C12Q23	Fern11	Q(T)	2	S4	S4äds	17. Aug 97	730	140	7.5	26.0	0.55	10.0	16.0	37	0	0.2	0	0	3.0	
C12Q24	Fern12	QF(T)	2	S4	S4äds	17. Aug 97	760	150	6.5	29.2	0.74	11.4	17.0	36	0.05	0	0	0	10.0	
QG Gleich (C11Q18; C12Q23-24)							755	150	7.0	25.7	0.53	8.9	17.7	41	(+)	(+)	0	0	5.3	
D09Q01	HiesAhrmQ	QG	3	S4	S4äds	13. Mai 97	690		5.7	18.9	0.35	5.0	25.0	54			0		7.0	0
						23. Aug 97	681	140	6.0	24.4	0.40	8.4	22.0	30	0	0	0	0	8.0	
D09Q01 Mittel							686		5.9	21.7	0.38	6.7	23.5	42			0		7.5	0
D09Q03	Schwe2	QF(E)	2	S4	S4äds	13. Mai 97	675		6.4	18.6	0.36	4.8	24.0	50			0		6.5	0
D09Q04	RainEhrm	QG	2	S4	S4äds	13. Mai 97	679		5.6	18.6	0.35	4.8	25.0	51			0		7.0	0
QG Ahrmühle (D09Q01/03/04)							680	(140)	6.0	19.6	0.36	5.4	24.2	48	(-)	(-)	0	(-)	7.0	0
D10Q06	WVR_Q	QF(Ö)	3	S4	S4äds	11. Mai 97	732	90	7.4	20.2	0.32	4.6	20.0	50			0			0
D10Q07	Mich1	QG	2	S4	S4äds	11. Mai 97	677		9.2	19.2	0.24	3.7	12.0	42			0			0
D10Q08	SchwReic	QF(E)	3	S4	S4äds	23. Aug 97	734	100	6.7	21.8	0.52	7.8	29.0	42	0	0	0	0	5.0	
QG Reichel (D10Q06-08)							714	95	7.8	20.4	0.36	5.4	20.3	45	(-)	(-)	0	(-)	5.0	0
<i>QG Kleinmengersdorf (C11Q03-04)</i>							758		7.1	21.5	0.45	3.8	17.5	47			0		5.8	0
<i>C11Q13 (Haselbergergraben)</i>							744	(140)	8.4	22.7	0.40	4.8	20.0	46	(+)	(+)	0		7.5	(-)
<i>QG Gleich (C11Q18; C12Q23-24)</i>							755	150	7.0	25.7	0.53	8.9	17.7	41	(+)	(+)	0	0	5.3	
<i>QG Ahrmühle (D09Q01/03/04)</i>							680	(140)	6.0	19.6	0.36	5.4	24.2	48	(-)	(-)	0	(-)	7.0	0
<i>QG Reichel (D10Q06-08)</i>							714	95	7.8	20.4	0.36	5.4	20.3	45	(-)	(-)	0	(-)	5.0	0
S4 Quellen unter ÄDS							730	130	7.2	22.0	0.42	5.6	19.9	45	(+)	(+)	0	0	6.1	0
C10Q02	Edt2	QF(T)	2	S4	S4äds	13. Mai 97	709		6.8	20.0	0.35	4.1	17.5	38			0		8.0	0
C11Q12	Doll2	QF	2	S4	S4äds	16. Aug 97	758	140	10.0	27.4	0.46	10.4	20.0	57	0.05	0.1	0		5.0	
C12Q14	GarsTrem	QF(T)	3	S4	S4äds	13. Aug 97	618	120	8.5	17.8	0.41	5.4	34.0	37	0	0.1	(+)	0	5.0	
C12Q16	Fern3	QE	1	S4	S4äds	13. Aug 97	568	130	8.2	16.7	0.29	5.5	33.0	45	0.05	0	(+)	0	4.5	
D10Q01	RadlEngl	QF(E)	2	S4	S4äds	30. Nov 96	720	190		21.0			14.0	39						
						13. Mai 97	732		5.9	20.6	0.28	4.8	19.0	46			0		8.0	0
D10Q01 Mittel							726		5.9	20.8			16.5	43			(-)		(-)	
D10Q05	Sulz2	Q	1	S4	S4äds	11. Mai 97	726		7.9	20.5	0.35	4.4	21.0	42			0			0
D10Q02	LandLehn	QF(E)	2	S4	S4kkg	26. Feb 97	694			20.7	0.20	5.7	22.0	19					7.5	0
						11. Mai 97	724		5.7	20.1	0.20	3.9	25.0	27			0			3.0
D10Q02 Mittel							709		5.7	20.4	0.20	4.8	23.5	23			(-)		(7.5)	(-)
D11Q03a	Zwick2	Q	2	S4	S4kkg	10. Mai 97	626		8.4	17.0	0.21	3.0	15.0	37			0			3.0
						21. Aug 97	625	150	7.2	20.4	0.49	6.2	20.0	26	0.05	0	0	0	4.0	
D11Q03a Mittel							626		7.8	18.7	0.35	4.6	17.5	32			0		(+)	
D11Q03b	Zwick3	Q	1	S4	S4kkg	10. Mai 97	618		8.9	17.0	0.21	3.5	17.0	42			0			0
QG Egendorf (D11Q03)							622	(150)	8.4	17.9	0.28	4.1	17.3	37	(+)	(-)	0	(-)	(4.0)	(+)
D11Q04	Golf1	QF(B)	3	S4	S4kkg	19. Mai 97	597		8.4	16.5	0.16	3.2	15.5	42			(+)		4.5	1.0
D11Q05	Golf2	Q	2	HT(S4)	S4kkg	16. Mai 97	609		8.8	17.4	0.22	3.4	13.0	31			0		7.0	0
D11Q07	Golf4	QF(T)	2	S4	S4kkg	19. Mai 97	621		8.4	17.7	0.25	3.0	13.5	28			0		7.5	0
D11Q08	Golf5	Q(T)	2	S4	S4kkg	19. Mai 97	622		7.1	17.4	0.24	2.9	13.0	26			0		8.0	0
QG Kogler (D11Q04-08)							612		8.2	17.3	0.22	3.1	13.8	32			(-)		6.8	(-)

Tab. C6 – Datensätze zum Grundwassertyp S4 (Junges Klufgrundwasser der Molasse): Zuerst sind Quellgruppen zusammengestellt, die ihr Grundwasser von dem der ÄDS (Typ K1) herleiten, sodann die mittleren chemischen Zusammensetzungen dieser Gruppen nochmals zusammengefasst, und einige weitere Proben angeführt, die sich keiner dieser Gruppen zuordnen lassen (Unterklasse S4äds). Mit D10Q02 LandLehn beginnt die Unterklasse S4kkg aus denjenigen Quellen, die ihr Grundwasser aus dem der KKG (Typ K3) herleiten.

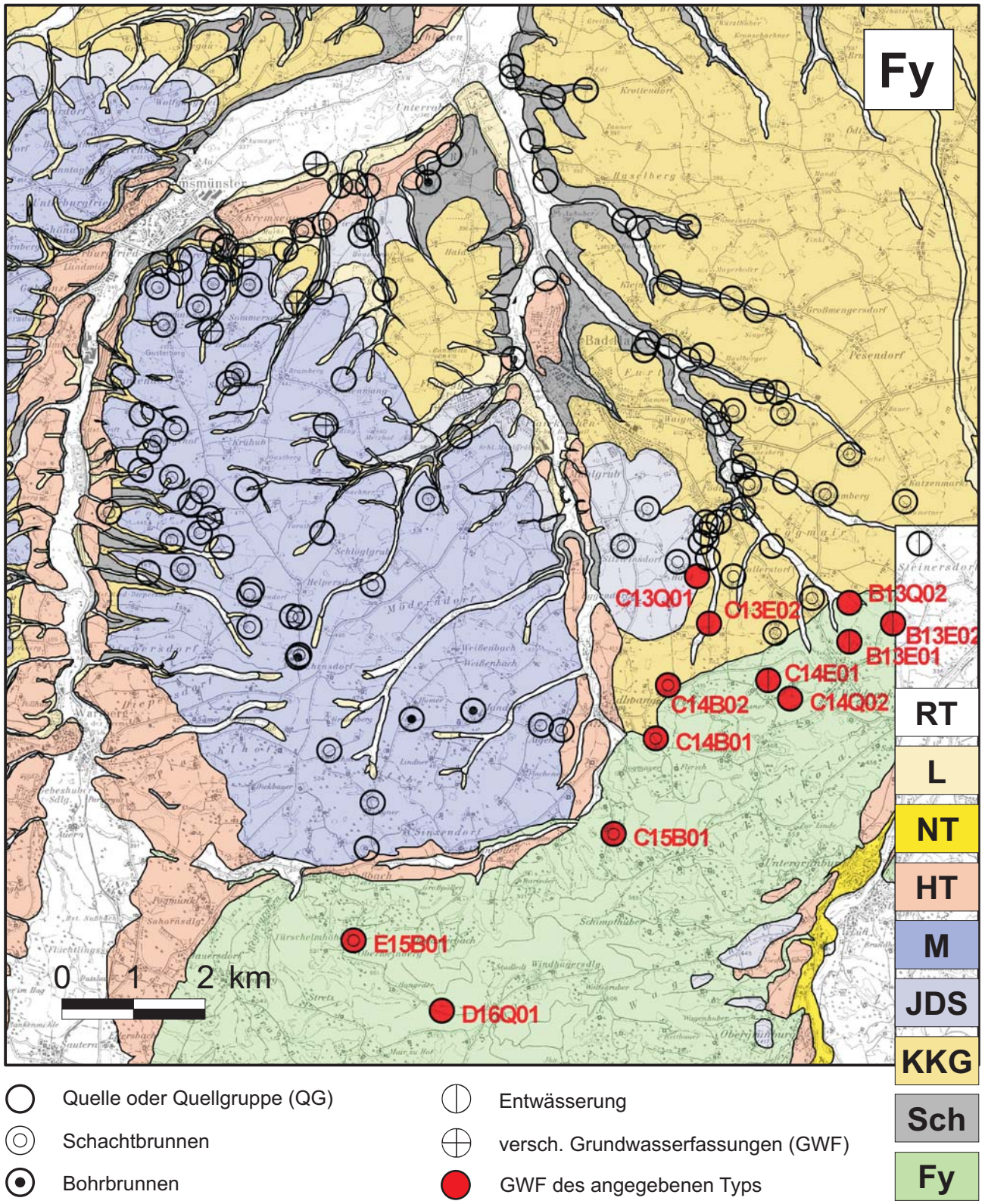


Abb. C7 – Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps Fy (Flyschzone). Aus 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) wurden 126 einzelne und zusammengesetzt Objekte (in erster Linie Quellgruppen) gewonnen (Anhang D) und davon 12 diesem Grundwassertyp zugeordnet.

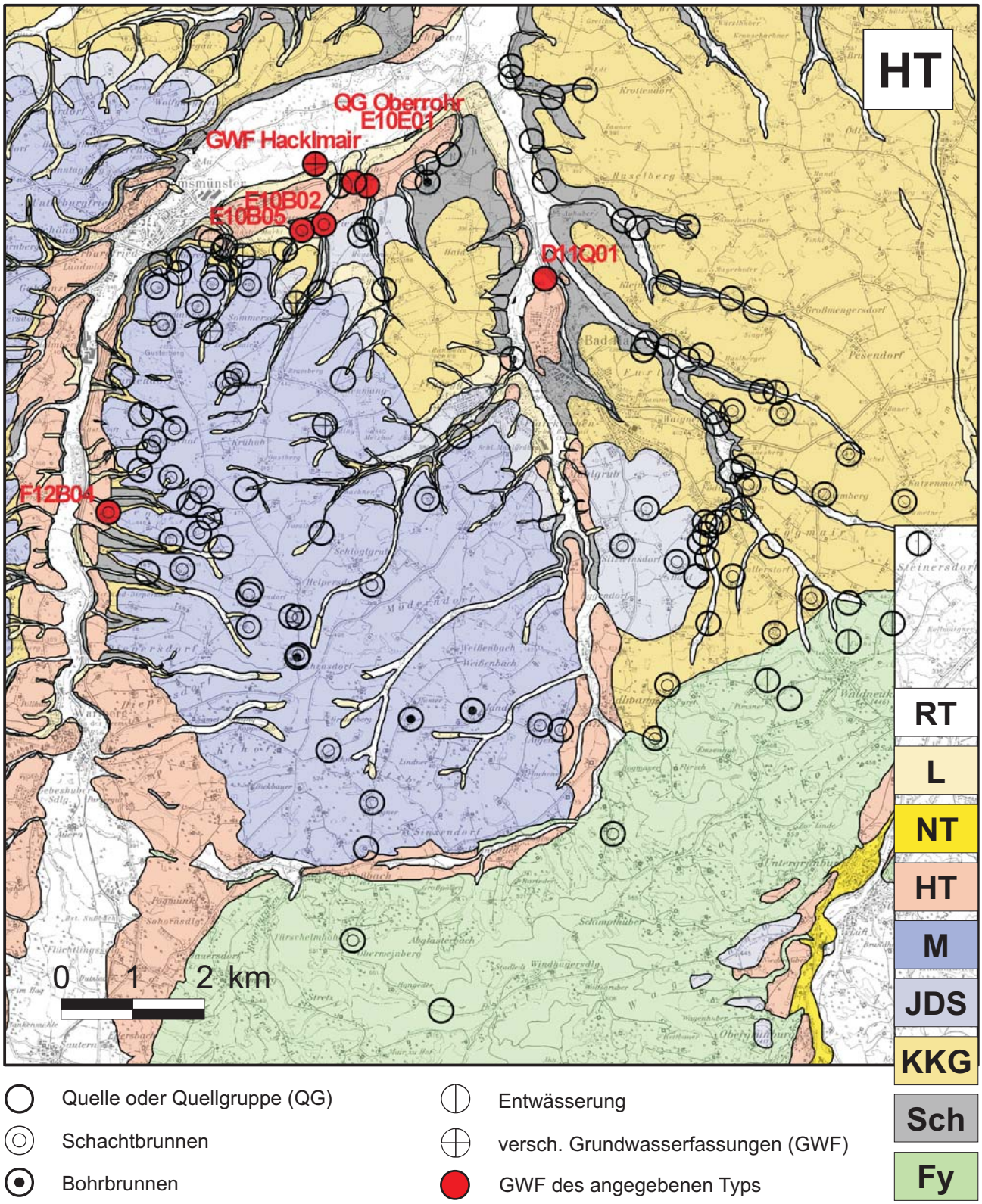


Abb. C8 – Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps HT (Hochterrasse). Aus 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) wurden 126 einzelne und zusammengesetzt Objekte (in erster Linie Quellgruppen) gewonnen (Anhang D) und davon 7 diesem Grundwassertyp zugeordnet.

Code	Kurzbez.	Art	gh [m]	GW- Hor.	GW- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]
C15B01	AchaWiln	B(E)	1	F	F	28. Nov 96	510	190		14.0			3.0	1						
						1. Mrz 97	483			13.3	0.01	0.0	2.0	1						
C15B01	Mittel						497			13.7			2.5	1						
E15B01	MoseKar	B(E)	1	F	F	27. Nov 96	430	120		11.0			2.0	1						
						1. Mrz 97	462			11.8	0.18	1.0	2.0	1						
E15B01	Mittel						446			11.4			2.0	1						
D16Q01	MV-ÖBF	QF(M)	1	F	F	1. Mrz 97	486			13.6	0.01	0.3	2.0	8						
F Flysch-Bergland (C15B01; E15B01; D16Q01)							476	155		12.9	0.06	0.4	2.2	3						
C14B01	Zweckotb	B	0	F	F	27. Nov 96	510	230		12.0			10.0	1						
						2. Mrz 97	954			14.7	0.26	0.0	12.0	1						
C14B01	Mittel						732			13.4			11.0	1						
C14B02	MaurRabe	B(E)	1	F	F	3. Dez 96	650	180		20.0			8.0	1						
						2. Mrz 97	650			21.1	0.26	3.6	8.0	1						
C14B02	Mittel						650			20.6			8.0	1						
F Brunnen Fy-Nordrand (C14B01/02)							691	205		17.0	0.26	1.8	9.5	1						
B13E01	FuchsE1	E	2	F	F	10. Aug 97	492	40	8.1	16.6	0.19	0.6	9.0	7	0	0.3	0.15	0.10	4.0	
B13E02	FuchsE2	E	2	F	F	10. Aug 97	550	90	8.2	20.0	0.30	6.4	11.0	2	0.01	0	0.04	0.06	4.0	
B13Q02	Binder5	QE	1	F	F	9. Aug 97	378	130	7.8	12.8	0.11	4.0	11.0	12	0	0	0	0	5.0	
C13E02	FernE5	E	0	F	F	15. Aug 97	320	100	8.2	8.6	0.13	2.4	8.0	21	0.25	1.3	0.15	0.03	2.0	
C13Q01	Fern8	QE	2	F	F	15. Aug 97	625	20	7.5	16.0	0.33	2.6	16.0	14	0.40	2.6	0.35	0.30	2.0	
C14E01	BinderE2	QE	1	F	F	10. Aug 97	559	100	7.9	16.8	0.09	4.8	11.0	22	0.03	0	0.01	0.01	5.0	
C14Q02	Binder7	Q	2	F	F	10. Aug 97	358	90	7.0	11.2	0.03	3.0	9.0	8	0	0	0.15	0.10	5.0	

Tab. C7 – Datensätze zum Grundwassertyp Fy (Flyschzone): Zuerst werden die Ergebnisse der Messungen an Grundwasserfassungen der morphologischen Flyschzone angeführt, geteilt in solche aus dem bewaldeten Bergland und solche vom Nordrand desselben. Die restlichen Datensätze stammen von Quellen und Entwässerungen im Übergangsbereich zur ÄDS-Hochfläche und im Bereich der Flyschzone unter quartärer Bedeckung (bis etwa 1 km nördlich der morphologischen Nordgrenze).

Code	Kurzbez.	Art	gh [m]	GW- Hor.	GW- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]
E10B04	SöllHackB	B(E)	1	HT	HT	26. Feb 97	776			18.0	0.03	0.5	24.0	47						
E10Q09	SöllHackQ1	QE	2	HT	HT	9. Mai 97	771		8.3	21.5	0.19	5.0	29.0	39			(+)		4.5	0
						21. Aug 97	802	110	8.4	26.0	0.31	7.4	34.0	20	0	0.2	0	0	5.0	
E10Q09	Mittel						787		8.4	23.8	0.25	6.2	31.5	30			(+)		4.8	
E10Q10	SöllHackQ2	QE	3	HT	HT	9. Mai 97	811		7.1	22.8	0.23	5.2	32.0	38			0		6.5	3.0
						21. Aug 97	805	140	7.9	25.8	0.32	8.8	30.0	26	0	0	0	0	7.0	
E10Q10	Mittel						808		7.5	24.3	0.27	7.0	31.0	32			0		6.8	
GWF Hacklmair (E10B04/Q09-10)							790	125	7.9	22.0	0.18	4.6	28.8	36	0	(+)	(+)	0	5.8	(+)
E10B03	PrenKremB	B(E)	3	HT	HT	25. Feb 97	719			17.0	0.01	2.0	18.0	49						
						9. Mai 97	711		8.2	20.2	0.26	5.4	20.5	61			0		4.0	1.0
E10B03	Mittel						715		8.2	18.6	0.13	3.7	19.3	55					4.0	1.0
E10Q11	LeonRohr1	QF(E)	2	HT	HT	9. Mai 97	764		8.9	21.0	0.19	5.0	43.0	55			0.01		4.5	0
						21. Aug 97	775	80	8.2	24.0	0.24	9.4	45.0	45	0.03	0.1	0	0	5.0	
E10Q11	Mittel						770		8.6	22.5	0.22	7.2	44.0	50			(+)		4.8	
E10Q13	WischMesn	QF(E)	2	HT	HT	9. Mai 97	704		8.2	19.6	0.23	4.6	19.0	59			0		3.5	2.5
E10Q14	PrenKremQ	Q(T)	2	HT	HT	9. Mai 97	749		8.2	20.7	0.28	5.4	19.0	66			0		4.0	1.0
E10Q18	Hochsch1	QF(T)	2	HT	HT	11. Mai 97	642		9.0	17.8	0.19	4.2	19.0	50			0		3.5	0
GWF Oberrohr (E10B03/Q11-14)							716	(80)	8.4	19.8	0.21	5.0	24.1	56	(+)	(+)	(+)	(-)	4.0	0.9
D11Q01	BadHallHT	QF	0	HT	HT	1. Mrz 97	797			22.4	0.26	4.4	18.0	36						
E10B02	KremHoch	B(E)	1	HT	HT	25. Feb 97	706			18.0	0.09	2.2	16.0	30						
E10B05	ÖlsiSchm	B(E)	1	HT	HT	26. Feb 97	858			23.0	0.11	5.2	22.0	55						
E10E01	SteinE	E	2	HT	HT	11. Mai 97	762		7.2	21.9	0.44	2.7	12.0	33			0		6.0	1.0
						21. Aug 97	766	120	6.5	19.4	0.03	2.0	17.0	16	0.01	0.3	0	0	4.0	
E10E01	Mittel						764		6.9	20.7	0.21	2.4	14.5	25			0		5.0	
F12B04	GrubKremB	B(E)	1	HT	HT	23. Feb 97	744			20.0	0.18	5.5	18.0	67						

Tab. C8 – Datensätze zum Grundwassertyp HT (Hochterrasse): Die charakteristischen Datensätze sind zu den zwei Gruppen von Grundwasserfassungen *GWF Hackelmair* und *GWF Oberrohr* zusammengefasst. Darunter folgen die restlichen Messergebnisse; E10B05 *ÖlsiSchm* ist ein Brunnen nahe dem bergseitigen Rand der (südlichen) Hochterrasse im Kremstal.

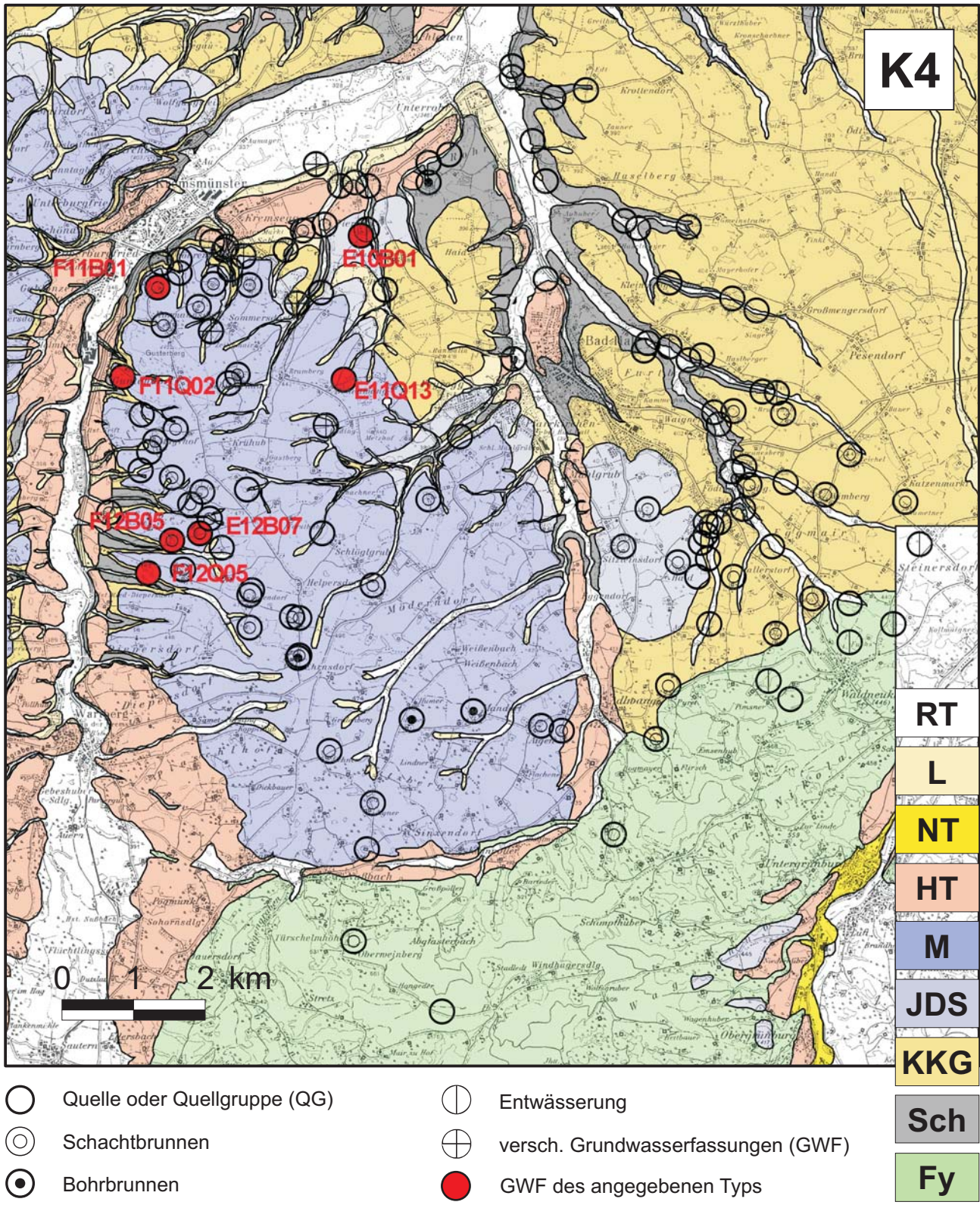


Abb. C9 – Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps K4 (Graue Nagelfluh). Aus 262 untersuchten Wasserspendern (**Anhang B**) wurden 126 einzelne und zusammengesetzt Objekte (in erster Linie Quellgruppen) gewonnen (**Anhang D**) und davon 6 diesem Grundwassertyp zugeordnet. – Der Brunnen E10B01, stellenweise und provisorisch auch als Typ K5 geführt, fördert Grundwasser aus Jüngeren Deckenschottern (JDS), ist jedoch der einzige seiner Art und wird letztlich den stratigrafisch äquivalenten Vorkommen des Typs K4 (GNF) zugeordnet.

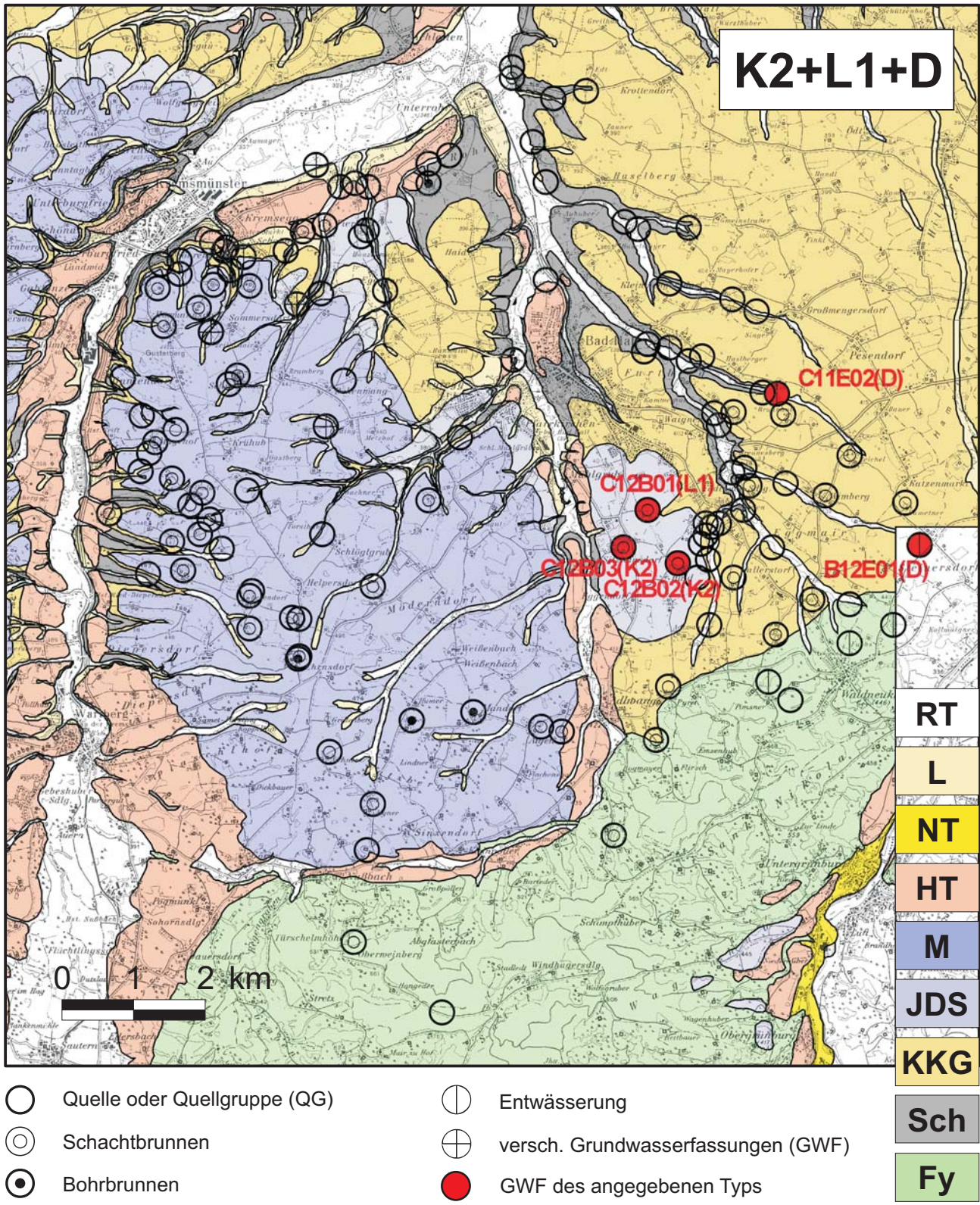


Abb. C10 – Untersuchte Wasserspender der Grundwassertypen K2 (schwebender Grundwasserleiter auf ÄDS), L1 (Lösslehmdecke) und D (Delle). Aus 262 untersuchten Wasser-spendern (**Anhang B**) wurden 126 einzelne und zusammengesetzt Objekte (in erster Linie Quellgruppen) gewonnen (**Anhang D**) und davon 2 dem Typ K2, 1 dem Typ L1 bzw. 2 dem Typ D, mithin insgesamt 5 dieser Sammelkategorie zugeordnet.

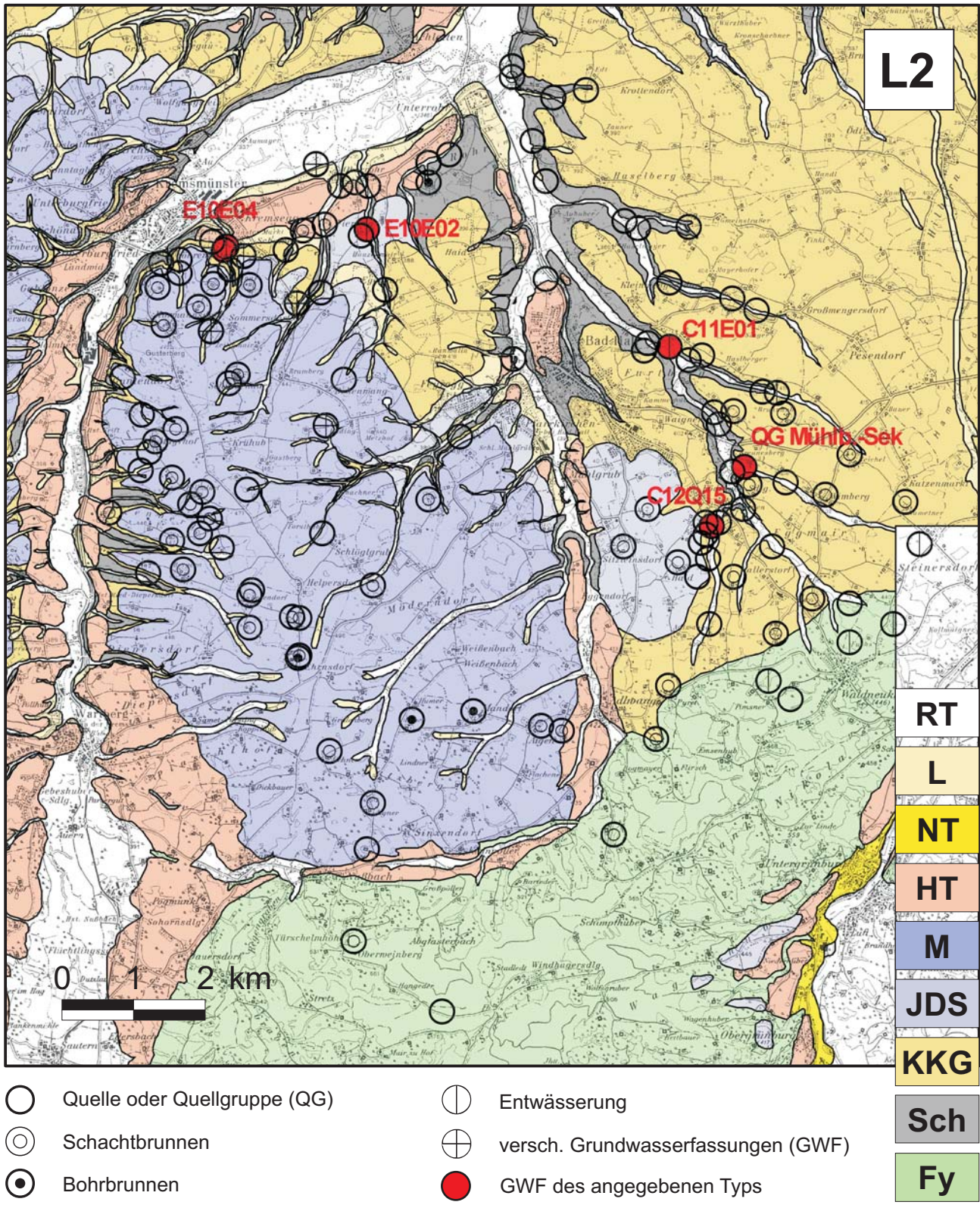


Abb. C11 – Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps L2 (Hangwasser und Sekundärquellen). Aus 262 untersuchten Wasser-spendern (Anhang B) wurden 126 einzelne und zusammengesetzt Objekte (in erster Linie Quellgruppen) gewonnen (Anhang D) und davon 6 diesem Grundwassertyp zugeordnet.

Code	Kurzbez.	Art	lg Eig.	GW- Hor.	GW- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]	
E11Q13	Dehenw1	QF(E)	1	K4	GNF	7. Mai 97	633		8.4	17.7	0.16	5.2	20.5	68			0		2.5	0	
E12B07	JansObex	B(E)	1	K4	GNF	23. Feb 97	473			13.5	0.13	0.7	6.0	1							
F11B01	MayrGust	B(E)	1	K4	GNF	22. Feb 97	800			21.0	0.02	6.5	22.0	82							
F11Q02	KnolW.H.	QF(M)	2	K4	GNF	22. Feb 97	710			18.0	0.06	1.5	8.0	50							
						22. Aug 97	704	180	7.9	22.6	0.30	6.2	11.0	50	0	0.1	0	0	3.0		
F11Q02	Mittel						707			20.3	0.18	3.9	9.5	50	(-)	(+)	(-)	(-)	(3.0)		
F12B05	Steimix	B(E)	1	K4	GNF	24. Feb 97	865			20.0	0.08	0.0	22.0	2							
F12Q05	HaidHaub	QF(E)	1	K4	GNF	23. Feb 97	735			18.0	0.06	1.0	12.0	39							
E10B01	SöllFierB	B(E)	1	K5	JDS	25. Feb 97	653			16.0	0.05	2.2	16.0	45							

Tab. C9 – Datensätze zum Grundwassertyp K4 (Graue Nagelfluh): Der zuunterst angeführte Brunnen E10B01 steht in einer Terrasse aus jüngeren Deckenschottern vor dem Nordrand der Mindelmoräne und ist hier dem stratigrafisch äquivalenten Grundwasserstockwerk K4 zugeordnet, selbst aber K5 bezeichnet, um seine Einzelstellung hervorzuheben. In den Boxplot-Diagrammen findet sich daher ein Typ K4+K5.

Code	Kurzbez.	Art	lg Eig.	GW- Hor.	GW- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]	
B12E01	MühlE	E	2	D	D	8. Aug 97	606	110	8.3	18.0	0.03	6.0	17.0	46	1.00	1.0	0.07	0.06	3.0		
C11E02	BrunnE	E	2	D	D	19. Mai 97	730		8.2	20.3	0.41	3.9	19.0	56			0		4.0	1.0	
						17. Aug 97	728	80	9.2	16.0	0.04	0.8	20.0	47	0	0	0	0	4.0		
C11E02	Mittel						729		8.7	18.2	0.22	2.4	19.5	52	(-)	(-)	0	(-)	4.0	(+)	
C12B01	SchuEigl	B(E)	1	L1	L1	28. Nov 96	330	170		9.0			6.0	14							
						2. Mrz 97	1004			30.0	0.64	4.7	26.0	32							
C12B01	Mittel						667			19.5			16.0	23							
C12B02	SingRimp	B(E)	1	K2	K2	30. Nov 96	480	200		13.5			5.0	7							
C12B03	BreiWieg	B(E)	1	K2	K2	30. Nov 96	650	200		18.0			8.0	42							
						2. Mrz 97	714			17.5	0.40	2.5	18.0	56							
C12B03	Mittel						682			17.8			13.0	49							

Tab. C10 – Datensätze zu den Grundwassertypen K2 (schwebender Grundwasserleiter über ÄDS), L1 (Lößlehmdecke der ÄDS) und D (Delle): Die GW-Typen K2, L1 und D werden hier zusammengefasst, weil sie alle drei in Deckschichten der ÄDS vorkommen, wobei K2 wahrscheinlich an jüngere Deckenschotter gebunden ist. B12E01 MühlE entwässert eine Delle, die schon in der Flyschzone ansetzt.

Code	Kurzbez.	Art	lg Eig.	GW- Hor.	GW- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O ₂ [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]	
C11E01	FernE0	E	1	L2	L2äds	19. Mai 97	806		3.9	22.7	0.38	5.2	26.0	59			(+)		8.0	3.0	
						16. Aug 97	803	120	3.9	27.4	0.40	10.2	26.0	41	0.05	0.2	0		10.0		
C11E01	Mittel						805		3.9	25.1	0.39	7.7	26.0	50			(+)		9.0		
C12Q01	Mühl1	QE	1	L2	L2äds	8. Aug 97	754	70	9.4	23.8	0.37	8.6	20.0	58	0	0.2	0	0.01	3.0		
C12Q02	Mühl2	QE	1	L2	L2äds	8. Aug 97	697	80	10.0	22.0	0.40	8.0	21.0	54	0	0.1	0	0.01	2.0		
QG Mühlbach Sek.-Q. (C12Q01-02)							726	75	9.7	22.9	0.38	8.3	22.3	56	0	0.15	0	0.01	2.5	(+)	
C12Q15	Fern2	Q	1	L2	L2äds	13. Aug 97	565	120	8.6	17.2	0.37	4.6	30.0	26	0.1	0	(+)	0	4.5		
E10E02	SöllFierE	E	2	L2	L2kkg	11. Mai 97	648		9.8	17.4	0.22	4.0	23.0	63			(+)		3.5	0	
E10E04	ScheibE	E	3	L2	L2kkg	20. Aug 97	641	110	7.1	21.8	0.30	6.4	11.0	21	0	0	0	0	7.0		
E10Q07	Scheib1	QS	2	L2	L2kkg	20. Aug 97	623	150	7.6	20.0	0.40	7.0	15.0	20	0	0	0.07	0.18	7.0		

Tab. C11 – Datensätze zum Grundwassertyp L2 (Hangwasser und Sekundärquellen): Die hier eingeordneten Objekte sind regional in zwei Unterklassen eingeteilt, je nachdem sie im Gebiet des Mindelmoränen-Rückens (L2kkg) oder der ÄDS-Hochfläche (L2äds) liegen.

ANHANG D

LISTE DER REPRÄSENTATIVEN WASSERSPENDER UND DATENSÄTZE

Inhalt: Liste der 126 ausgewählten, repräsentativen Datensätze, auf die sich die explorative statistische Analyse sowie ein großer Teil der Argumentation der vorliegenden Studie stützen, geordnet nach Grundwassertyp und innerhalb dieser Gruppen nach der Reihenfolge in **Anhang C**: Dieser enthält je eine Tabelle zu jedem Grundwassertyp, wobei teilweise charakteristische Werte zu Gruppen von Wasserspendern (z.B. Quellgruppen, bez. „QG“; in Anhang C gelb hinterlegt). Soweit vorhanden, werden diese hier verwendet. – Die Spaltenüberschriften bzw. Abkürzungen bedeuten:

Code/Bez.	<p>– bei Einzelobjekten gebildet aus</p> <p>(a) der Bezeichnung des Aufnahmequadranten (vgl. Beilage 6), gefolgt von</p> <p>(b) einem Buchstaben zur Grobeinteilung in drei Arten von Wasserspender: Q = Quelle, B = Brunnen, E = Entwässerung, und</p> <p>(c) einer fortlaufenden Nummer (diese Nummern werden immer zweistellig – d.h. ggf. mit führender Null – angegeben);</p> <p>– bei Gruppen von Wasserspendern: ein geografischer Name, eingeleitet durch QG = Quellgruppe oder GWF = Gruppe aus Grundwasserfassungen verschiedener Art; in Klammern die Codes der zusammengefassten Objekte.</p>
KurzBez.	<p>– bei Einzelobjekten gebildet aus</p> <p>(a) Name des Baches / der Flur / des Gehöftes, an oder nahe dem sich eine Quelle oder Entwässerung befindet, bzw. im Falle einer Grundwasserfassung: Name des Besitzers, und</p> <p>(b) Hofname oder fortlaufende Nummer, oder ein anderes Kürzel, z.B. FT = Fischteich, dazu eventuell</p> <p>(c) im Falle gleich lautender Namen ein weiteres Kürzel zur Unterscheidung;</p> <p>– bei Gruppen von Wasserspendern: Abkürzung der Bezeichnung in der ersten Spalte.</p>
Tiefe	Brunnentiefe in Meter [m].
GW-Hor.	Grundwasserhorizont gem. Kap. 4.
GW-Typ	Grundwassertyp gem. Kap. 6 auf Basis der hydrochemischen Analyse: Der Unterschied zur Gliederung in Spalte „GW-Hor.“ besteht im Wesentlichen darin, dass (a) zwei Typen Ms und Mt innerhalb der Gruppe M1+M2 eingeführt werden, die mit der geologischen Klassifizierung M1 und M2 nicht identisch sind, sowie dass (b) regionale Unterteilungen innerhalb der Horizonte S4 und L2 eingeführt werden (S4kkg bzw. L2kkg für den Bereich der Kies-Konglomerat-Gruppe, und S4äds bzw. L2äds für den Bereich der Älteren Deckenschotter).

Die weiteren Spalten beziehen sich auf die in **Kap. 2.3** besprochenen hydrophysikalisch-chemischen Parameter mit ihren dort angegebenen Abkürzungen und Einheiten.

Code/Bezeichnung	Kurzbez.	Tiefe	GW-Hor.	GW-Typ	LF [µS]	Eh [mV]	O ₂ [mg/l]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	Si [mg/l]
C15B01 Mittel	AchaWiln	4.2	F	F	497	190		0.01	0.0	2.5	1	
E15B01 Mittel	MoseKar		F	F	446	120		0.18	1.0	2.0	1	
D16Q01	MV-ÖBF		F	F	486			0.01	0.3	2.0	8	
C14B01 Mittel	Zweckotb	20.5	F	F	732	230		0.26	0.0	11.0	1	
C14B02 Mittel	MaurRabe	12.9	F	F	650	180		0.26	3.6	8.0	1	
B13E01	FuchsE1		F	F	492	40	8.1	0.19	0.6	9.0	7	4.0
B13E02	FuchsE2		F	F	550	90	8.2	0.30	6.4	11.0	2	4.0
B13Q02	Binder5		F	F	378	130	7.8	0.11	4.0	11.0	12	5.0
C13E02	FernE5		F	F	320	100	8.2	0.13	2.4	8.0	21	2.0
C13Q01	Fern8		F	F	625	20	7.5	0.33	2.6	16.0	14	2.0
C14E01	BinderE2		F	F	559	100	7.9	0.09	4.8	11.0	22	5.0
C14Q02	Binder7		F	F	358	90	7.0	0.03	3.0	9.0	8	5.0
D10B02	LedeUnsc	39.0	S3	S3	614	-80		0.21	2.3	18.0	1	
QG Grundbach (D10E01/Q04)	QG Grundb.		S3	S3	641	35	8.6	0.24	4.7	20.5	34	5.0
E10E03	SchledE		S3	S3	772	-50	6.9	0.35	7.8	20.0	15	7.0
D09B01	HiesAhmB	7.9	RT(S3)	S3	893	-90	4.4	0.12	0.2	20.0	2	12.0
C10Q01	Edt1		S3	S3	666		8.0	0.30	4.5	23.0	38	8.5
QG Kleinmengersdorf (C11Q03-04)	QG Kleinm.		S4	S4äds	758		7.1	0.45	3.8	17.5	47	5.8
C11Q13	Hasel1		S4	S4äds	744		8.4	0.40	4.8	20.0	46	7.5
QG Gleich (C11Q18; C12Q23-24)	QG Gleich		S4	S4äds	755	150	7.0	0.53	8.9	17.7	41	5.3
QG Ahrmühle (D09Q01/03/04)	QG Ahrm.		S4	S4äds	680	140	6.0	0.36	5.4	24.2	48	7.0
QG Reichel (D10Q06-08)	QG Reichel		S4	S4äds	714	90	7.8	0.36	5.4	20.3	45	5.0
C10Q02	Edt2		S4	S4äds	709		6.8	0.35	4.1	17.5	38	8.0
C11Q12	Doll2		S4	S4äds	758	140	10.0	0.46	10.4	20.0	57	5.0
C12Q14	GarsTrem		S4	S4äds	618	120	8.5	0.41	5.4	34.0	37	5.0
C12Q16	Fern3		S4	S4äds	568	130	8.2	0.29	5.5	33.0	45	4.5
D10Q01 Mittel	RadlEngl		S4	S4äds	726	190	5.9	0.28	4.8	16.5	43	8.0
D10Q05	Sulz2		S4	S4äds	726		7.9	0.35	4.4	21.0	42	
D10Q02 Mittel	LandLehn		S4	S4kkg	709		5.7	0.20	4.8	23.5	23	7.5
QG Egendorf (D11Q03)	QG Egend.		S4	S4kkg	622	150	8.4	0.28	4.1	17.3	37	4.0
QG Kogler (D11Q04-08)	QG Kogl		S4	S4kkg	612		8.2	0.22	3.1	13.8	32	6.8
QG Grmeinstrasser (C10Q04-05)	QG Grmeinstr.		K1	ÄDS	763		7.3	0.35	4.6	17.5	67	4.5
QG Furtberg (C11Q09-11)	QG Furtb.		K1	ÄDS	812	145	8.0	0.44	5.8	20.4	49	3.6
QG Haselbergergraben (C11Q14-16)	QG Haselb.		K1	ÄDS	718	117	9.2	0.45	9.0	22.2	60	4.2
QG Mühlbach (C12Q03-06)	QG Mühlb.		K1	ÄDS	667	113	8.9	0.46	7.1	19.5	43	3.0
QG Fernbach Wim (C12Q13/20)	QG Fernb.		K1	ÄDS	505	125	8.8	0.46	7.3	23.5	38	4.8
QG Haid (C12E05-06)	QG Haid		K1(F)	ÄDS	597	115	9.1	0.54	8.2	23.5	43	1.0
QG Eggmair (C12Q09/11/12)	QG Eggm.		K1(F)	ÄDS	649	113	7.1	0.39	5.1	18.3	26	3.0
B12B02 Mittel	EderReic	24.4	K1	ÄDS	644	210		0.45	7.3	10.5	26	
C12B04 Mittel	ZeheSchm	21.3	K1	ÄDS	808	220		0.62	3.4	18.0	60	
C12B05 Mittel	AdamUnho	15.4	K1	ÄDS	622	190		0.52	0.2	12.0	26	
C12B07 Mittel	HiesGlei	17.5	K1	ÄDS	713	190		0.56	3.3	18.0	73	
B12B01 Mittel	MandPözl	15.0	K1(F)	ÄDSfy	953	220		0.70	0.0	15.7	59	
B12B03 Mittel	MandHame	31.9	K1(F)	ÄDSfy	595	180		0.66	3.3	9.0	28	
B13B01 Mittel	RossTrei	6.3	K1(F)	ÄDSfy	494	210		0.25	7.5	14.0	25	
C13B01 Mittel	HeubEgge	7.0	K1(F)	ÄDSfy	721	170		0.28	8.7	10.0	5	
C13B02 Mittel	ScheMose	15.7	K1(F)	ÄDSfy	681	170		0.80	4.7	12.0	30	
C11Q07	Schimp1		K1	ÄDS	730		7.4	0.44	3.6	20.0	51	3.5
C11Q08	Schimp2		K1	ÄDS	732		7.3	0.45	3.5	15.5	45	3.0
C11Q17	Brunn1		K1	ÄDS	750		8.2	0.59	10.8	20.0	56	5.0
C12E01	BinderE1		K1	ÄDS	656	100	8.9	0.72	7.8	16.0	27	5.0
C12Q17	Fern4		K1	ÄDS	622	100	8.6	0.40	5.5	28.0	41	4.5
C12Q22	Fern10		K1	ÄDS	716	120	8.6	0.59	8.0	20.0	47	5.0
C12Q26	ScheW.H.		K1	ÄDS	648	120	7.0	0.38	5.0	15.0	34	3.0
D09Q05	Michl2		K1	ÄDS	676		6.1	0.36	4.0	20.0	56	6.5
C11E01 Mittel	FernE0		L2	L2äds	805	120	3.9	0.39	7.7	26.0	50	9.0
QG Mühlbach Sek.-Q. (C12Q01-02)	QG Mühlb.-Sek.Q		L2	L2äds	726	75	9.7	0.38	8.3	20.5	56	2.5
C12Q15	Fern2		L2	L2äds	565	120	8.6	0.37	4.6	30.0	26	4.5
E10E02	SöllFierE		L2	L2kkg	648		9.8	0.22	4.0	23.0	63	3.5
E10E04	ScheibE		L2	L2kkg	641	110	7.1	0.30	6.4	11.0	21	7.0
E10Q07	Scheib1		L2	L2kkg	623	150	7.6	0.40	7.0	15.0	20	7.0
B12E01	Mühle		D	D	606	110	8.3	0.03	6.0	17.0	46	3.0
C11E02 Mittel	BrunnE		D	D	729	80	8.7	0.22	2.4	19.5	52	4.0
C12B01 Mittel	SchuEigl	10.7	L1	L1	667	170		0.64	4.7	16.0	23	
C12B02	SingRimp	10.7	K2	K2	480	200				5.0	7	
C12B03 Mittel	BreiWieg	12.6	K2	K2	682	200		0.40	2.5	13.0	49	

Code/Bezeichnung	Kurzbez.	Tiefe	GW-Hor.	GW-Typ	LF [µS]	Eh [mV]	O ₂ [mg/l]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	Si [mg/l]
QG Gosenhub (E10Q01/03/04)	QG Goss.		K3	KKG	663	170	9.6	0.21	6.2	13.9	64	4.0
QG Föhrenleiten (E10Q02/05)	QG Föhr.		K3	KKG	694	160	9.8	0.22	7.1	16.3	73	3.4
GWF Stazer (E11/B08; E11Q06)	GWF Stazer		K3	KKG	677	160	9.2	0.23	6.3	17.0	63	3.5
Kalchhofquelle (E10Q08)	Kalch.Q		K3	KKG	674	170	9.1	0.20	6.1	23.3	58	4.3
GWF Brading (E11B11/Q11)	GWF Brading		K3	KKG	715	180	8.3	0.12	5.8	18.8	59	3.0
QG Tempetal (E11Q01/06/07)	QG Temp.		K3	KKG	661	155	9.1	0.28	5.4	15.4	50	4.0
QG Bradingmühle (E11Q03/10)	QG Brad.m.		K3	KKG	612	153	8.9	0.22	5.3	18.0	45	3.8
QG Mandorfer (E11Q05; F11Q04/05/07)	QG Mand.		K3	KKG	646	171	9.6	0.22	5.3	17.6	49	3.4
GWF Hading (E12B04/05)	GWF Hading		K3	KKG	632	180		0.17	4.8	16.1	67	
K3 unter mächt. Überdeck. (D14B01/B02; E11B03)	K3 tiefe Br.		K3	KKG	517	157		0.33	2.4	8.7	12	
GWF Dürsting (E11B05/06)	GWF Dürst.		K3	KKG	611	160		0.08	2.6	15.0	41	
QG Feyreggerbach (D12Q01/02/03)	QG Feyregg.		K3	KKG	624	200	8.3	0.27	3.6	15.9	48	4.8
E11Q04 Mittel	Föhr1		K3	KKG	697	180	9.5	0.24	8.1	19.0	73	3.8
E11Q13	Dehenw1		K4	GNF	633		8.4	0.16	5.2	20.5	68	2.5
E12B07	JansObex	31.1	K4	GNF	473			0.13	0.7	6.0	1	
F11B01	MayrGust	21.6	K4	GNF	800			0.02	6.5	22.0	82	
F11Q02 Mittel	KnoW.H.		K4	GNF	707	180	7.9	0.18	3.9	9.5	50	3.0
F12B05	SteMiex	16.9	K4	GNF	865			0.08	0.0	22.0	2	
F12Q05	HaidHaub		K4	GNF	735			0.06	1.0	12.0	39	
E10B01	SöllFierB	14.6	K5	JDS	653			0.05	2.2	16.0	45	
D12B02 Mittel	GrilObbeB	12.0	M1	Mt	616	200		0.25	2.0	6.5	19	
GWF Sommersdorf (E11E01/Q02/B07/Q08/09/14)	GWF Somm.		M1	Mt	683	174	8.3	0.23	7.2	18.2	59	3.3
E11B09 Mittel	KaseScha	9.0	M1	Mt	621	185		0.23	3.9	10.0	53	
E12Q02 Mittel	MayrTasc		M1	Mt	763	200		0.15	6.0	15.0	75	
F11Q03 Mittel	WienUnkr		M1	Mt	637	160	8.3	0.18	3.9	12.8	41	3.0
E14B01b	PeseSchm2	42.0	M1	Mt	498			0.34	3.7	12.9	52	
GWF Ehrnsdorf seicht (E14B01a/c)	GWF Ehrnsd.		M2	Mt	603	190		0.20	3.3	8.4	25	
E14B04 Mittel	PichAich	13.7	M2	Mt	735	210		0.27	1.0	9.0	32	
D14B05	PanhHart	21.3	M1	Ms	736			0.01	2.7	18.0	46	
D14B04 Mittel	KoglGlüc	11.0	M1	Ms	507	230		0.08	3.8	13.5	44	
E11B02 Mittel	SchnMürt	11.9	M1	Ms	685	150		0.02	2.2	13.0	40	
E11B04 Mittel	KiesHöllB	18.0	M1	Ms	716	140		0.03	4.7	11.0	30	
E11B10 Mittel	BiscKugl	2.1	M1	Ms	603	190		0.15	4.7	10.0	79	
E12B01 Mittel	HebeZick	4.0	M2	Ms	553	190		0.05	3.5	12.0	45	
E12B02 Mittel	KrieVolk	11.0	M2	Ms	679	220		0.03	0.6	12.0	18	
E12B03 Mittel	NeudFors	28.8	M1	Ms	686	190		0.06	2.8	13.0	54	
E12B06	MayrObpe	32.7	M1	Ms	588			0.01	1.0	10.0	25	
E12B08	SchlObbe	9.2	M1	Ms	772			0.11	1.5	18.0	38	
E12Q01 Mittel	RösnInne		M2	Ms	551	220		0.07	4.0	13.0	55	
E12Q03	DaubMoos		M1	Ms	806			0.09	0.0	14.0	1	
E13B01	FiscW.H.	9.7	M2	Ms	440	220				2.0	16	
E13B03	Steiklpe	7.7	M2	Ms	641			0.06	0.0	5.0	1	
E13B02 Mittel	WeisGang	7.4	M2	Ms	499	220		0.03	0.2	4.0	22	
E13B04	HeheUnpe	10.7	M1	Ms	934			0.05	0.5	24.0	1	
E13B05	Poschgut	17.3	M1	Ms	656			0.10	0.0	10.0	1	
E13Q01	HertGrmo		M1	Ms	608			0.03	3.0	10.0	46	
E14B05 Mittel	MauhUnai	15.3	M2	Ms	427	220		0.01	0.7	3.5	13	
E15Q01 Mittel	WintWeie		L2(M1)	Ms	639	230		0.08	0.8	8.0	27	
F12B01	OberUnma1	2.0	M2	Ms	609			0.10	3.5	14.0	43	
F12B02	OberUnma2	3.4	M2	Ms	609			0.11	3.5	12.0	42	
F12B03	MörtFelb	8.1	M2	Ms	677			0.06	5.3	18.0	59	
F12Q02	LedeAchl		M2	Ms	674			0.03	0.5	10.0	29	
F12Q06	HumeZaun		M2	Ms	695			0.09	3.2	14.0	52	
GWF Hacklmair (E10B04/Q09-10)	GWF Hack.		HT	HT	790	125	7.9	0.18	4.6	28.8	36	5.8
QG Oberrohr (E10Q11-14)	QG Oberr.		HT	HT	716	80	8.5	0.23	5.4	25.3	56	3.9
D11Q01	BadHallHT		HT	HT	797			0.26	4.4	18.0	36	
E10B02	KremHoch	3.1	HT	HT	706			0.09	2.2	16.0	30	
E10B05	ÖlsiSchm	18.4	HT	HT	858			0.11	5.2	22.0	55	
E10E01 Mittel	SteinE		HT	HT	764	120	6.9	0.21	2.4	14.5	25	5.0
F12B04	GrubKremB	16.6	HT	HT	744			0.18	5.5	18.0	67	

KURZZUSAMMENFASSUNG

Die Traun-Enns-Platte (TEP) ist eine Landschaftseinheit, die größtenteils innerhalb der Molassezone, im südlichen Randbereich teilweise auch in der Flyschzone, situiert ist und gegen Süden durch den morphologischen Alpenrand sowie durch die Flüsse Traun, Donau, Enns und Steyr begrenzt wird. Weite Teile davon sind eine vordergründig recht wenig gegliederte Hochfläche („Platte“). Dies ist vorwiegend dadurch bedingt, dass die Oberflächengestaltung durch alt- und mittelpleistozäne Moränenwälle, größtenteils aber durch zugeordnete fluviatile Schüttungen in Form von riesigen Schwemmfächern dominiert wurde. Morphologisch akzentuiert sind am ehesten die Moränenwälle beiderseits des Kremstales zwischen Wartberg und Kremsmünster. Die Auswirkungen der jungpleistozänen Vereisungen beschränkten sich auf die präexistierenden Talzüge. Zwei größere Flüsse, die Alm und die Krems mit ihren Zubringern, haben sich in diese Hochfläche und auch bis tief in den Molasseuntergrund eingeschnitten und im Zuge dessen breite Sohlentäler ausgebildet.

Die vorliegende Studie wurde unternommen, um Hintergrundwissen zum Untersuchungsgebiet zu kompilieren und zu vermehren, welches – besonders den Sachbearbeitern diverser hydrogeologischer Fragestellungen im Landesdienst – es besser als bisher ermöglichen soll, die Aufindung von in der Praxis zumeist rasch gewünschten Lösungen auf aktuelle, grundwasserbezogene Fragen und Probleme auf eine objektive Grundlage zu stellen. Diese Arbeit versucht daher nicht, die im Anlassfall geforderten Lösungen in allgemeiner Weise vorwegzunehmen. Mit Hilfe des erreichten Kenntnisstandes jedoch können Diskussionen im Konfliktfeld zwischen Grundwasserschutz und Grundwassernutzung in der gegenständlichen Region künftig eher im Rahmen eines gemeinsamen wissenschaftlichen Bezugssystems geführt werden. – Zunächst wurden unter Heranziehung der regional- und quartärgeologischen Vorarbeiten die Grundwasserhorizonte und ihre möglichen Verbindungen (Fließsysteme) identifiziert und diese auf Basis der Beobachtungen im Gelände, bei der Brunnenerhebung und einer Quellkartierung (insgesamt 262 Wasserspender) vorläufig charakterisiert. In weiterer Folge wurde diese Charakteristik durch hydrophysikalisch-chemische und isotopengeophysikalische Messergebnisse verifiziert und – soweit notwendig und sinnvoll – modifiziert. Aus der Verknüpfung zwischen (a) geologisch definierten Grundwasserhorizonten, (b) einer hydrophysikalisch-chemisch untermauerten Grundwassertypengliederung auf Basis von 126 repräsentativen Datensätzen sowie (c) den aus isotopengeophysikalischen Daten abgeleiteten Grundwasserverweilzeiten ergab sich ein Schema und eine Charakterisierung der Fließsysteme im Untersuchungsraum, die in all ihren wesentlichen Zügen in Beilage 4 (Profil und Legende) zu dieser Arbeit wiedergegeben sind.

Die Molassebasis der quartären Ablagerungen ist die wichtigste lithologische und hydrologische Grenzfläche im Untersuchungsgebiet. An den Verschnittlinien mit der Erdoberfläche liegen zahlreiche Quelllinien. Ein großer Teil der in den Untergrund eingesickerten meteorischen Wässer wird über dieser Altfläche gestaut. Als Mischalter dieser Wässer können sowohl für die Bereiche unter den Mindelmoränen als auch für die Älteren Deckenschotter, bei denen die Versickerung an den Tal- und Dellenrändern oder – seltener – punktuell über Verwitterungsschlote stattfindet, ca. 15–30 Jahren angegeben werden. Die durchschnittliche Neigung der Altfläche und daher auch der Grundwasseroberfläche beträgt ca. 0,5% gegen Nord bis Nordost. Prominente Schlierrinnen (Pettenbachrinne, Wolfener Rinne u.a.) können Leitlinien der Grundwasserbewegung vorgeben, stehen aber durchaus nicht immer in einem erkennbaren Zusammenhang mit der Lage von ergiebigen Quellaustritten oder Quellgruppen. Ein geringerer Teil der zunächst an der präquartären Altfläche gestauten Wässer dringt nämlich in weiterer Folge in die Molasse ein

und kann sich dort entweder als Kluft- oder als Porengrundwasser fortbewegen. Dabei lassen sich drei Situationen unterscheiden: (1) Versickerung in Sandlagen der Innviertler Serie: Ein Grund dafür wird darin gesehen, dass eine tektonische Verkippung nördlich der Bad Haller Schuppenzone Sandlagen in geeigneter Position an der Altfläche unter Quartärbedeckung austreichen lässt. Grundwasser wird in diesen Sandlagen bis zur H₂S-Bildung reduziert. (2) Es findet eine Versickerung in die Zerlegungszone („Brauner Schlier“) unter der Altfläche statt. Diese Wässer werden zumeist nicht oder nur schwach reduziert (NO₃-Reduktion) und in diesem Fall auch zur öffentlichen Wasserversorgung genutzt. (3) Durch Entlastungsklüfte an den Talflanken kann Wasser von der Hochfläche weit herab geleitet werden und am Hangfuß oder sogar auf Talniveau in die rezenten Ablagerungen oder als Stau- bzw. Verengungsquellen sichtbar austreten.

In allen diesen Fällen kann sich der bröckelig zerlegte Schlier praktisch wie ein Porengrundwasserleiter verhalten. Die Grundwasserbewegung im „normalen“ Kluftsystem ist hingegen weit schwächer, die meisten Klüfte abseits der entfestigten Horizonte geschlossen oder untereinander schlecht verbunden. Dass dennoch die meisten ergiebigen „Schlierquellen“ als Kluftaustritte beobachtet werden, kann nur durch Vorhandensein von (durch Lineamentauswertungen übrigens nicht verifizierbaren) Störungszonen erklärt werden. Diese „Schlierwässer“ unterscheiden sich weder hydrochemisch noch isotopengeophysikalisch von den „Quartärwässern“, was vielfach übersehen wurde und der Annahme einer generell höheren erzielbaren Trinkwasserqualität im Schlier entgegensteht (NO₃-Abbau in schwach reduzierten Wässern bedeutet nicht, dass diese kontaminationsfrei sind!). Auch die H₂S-führenden „Schlierwässer“ aus sandigen Schichten der Molasse sind zumeist nicht wesentlich älter. Die Entfestigungszone an der Molasse-Altfläche steht hinsichtlich der hydraulischen Eigenschaften zwischen störungs- und stratigrafisch gebundenen Aquifertypen der Molasse und liefert auch chemisch gesehen häufig Mischwässer zwischen den beiden anderen Typen.

Jüngere Deckenschotter außerhalb der günzeitlichen Zungenbecken sowie die risszeitlichen Sedimente sind den älteren Sedimentkörpern an den Talflanken vorgelagert und bilden daher talgebundene Aquifere, die Grundwasser verschiedener Typen seitlich aus älteren Speichergesteinen aufnehmen können. Regelmäßig verhindern jedoch Hanglehm- oder Solifluktionsdecken einen direkten Austritt und führen zur Bildung von Sekundärquellen. Die Wasserdurchlässigkeit der Kiese ist diesfalls im Vergleich mit den Älteren Deckenschotter durchgehend höher, die Sickerfähigkeit der Deckschichten aber ähnlich anzusetzen. Letzteres wird unter anderem auf Karbonatlösung und –wiederausfällung im Rahmen der holozänen Bodenbildung (Parabraunerde) zurückgeführt. Mutatis mutandis gelten diese Angaben auch für die Kiesfüllungen der abgekommenen Talverläufe der Alm (Pettenbachrinne) und Steyr (Wolfener Rinne) sowie für die würmzeitlich-rezenten Talfüllungen.

SHORT ABSTRACT

The „Traun-Enns-Platte“ (Traun Enns Plateau, TEP) is a landscape unit, situated for the most part within the Molasse tectonic zone (a southernmost sector also in the Flysch zone), and confined by the Alpine morphological boundary to the south and otherwise by the rivers Traun, Danube, Enns und Steyr. Large tracts of the TEP give the impression of a plateau of seemingly very low relief. The reason for this lies in the fact that Old and Middle Pleistocene (Günz, Mindel) morainic ridges to the south, and mostly the corresponding fluvial sediments in the shape of very large flat alluvial fans dominate its morphology. A somewhat more striking relief can be only found on both sides of the Krems valley between Wartberg and Kremsmünster, where morainic ridges rise to more than 100 m above the adjacent valley flats. The deposits of more recent ice ages (Riss and Würm) are limited to the preexisting valleys. Two major streams, Alm and Krems, and tributaries, have cut deep into the plateau and its Molassic substructure, developing into broad valleys with rectangular cross sections and thereby exposing the stratigraphic sequence and multiple groundwater horizons.

The present study was undertaken in order to compile and increase the background knowledge on the investigated region so as to enable future workers – especially persons dealing with diverse hydrogeological topics on behalf of the provincial government –, who often and for practical reasons are in need of quick solutions to imminent groundwater problems, to set up their answers on an objective basis. Therefore, this study does not seek premature answers to possible future problems. However, in view of the achieved knowledge base future discussions in the field of competing interests of groundwater use and groundwater protection in the region can be conducted on common scientific ground. – In a first step preliminary regional and Quaternary geological work was used to identify groundwater horizons and possible connections between them (flow systems) and, on the basis of observations in the field and in the course of a spring and well survey, these horizons were tentatively characterized. Further on this characterization was verified and – as far as necessary and meaningful – modified by virtue of hydrophysical and chemical results as well as stable isotope data. By combining the different aspects of (a) geologically defined groundwater horizons, (b) hydrophysically and chemically founded groundwater types on the basis of 126 representative data sets, and (c) retention times inferred from the isotope record, a scheme and characterization of the flow systems in the investigated area could be deduced, which – in all its fundamental aspects – is represented in a supplement („**Beilage 4**“) appended to this volume.

The Molassic sole of the Quaternary sediments is the most important lithological and hydrological interface in the investigated region. Many springs are situated at its intersection line with the ground surface. A large part of the meteoric water seeping down into the subsurface is accumulated on top of it. Average groundwater ages of these horizons are in the range of 10–30 years, which is true for areas covered by Middle Pleistocene moraines as well as for the terrace gravels of the „Ältere Deckenschotter“, where seepage occurs along the rims of various dry valleys or – much less often – through shaft-like disintegration zones (sometimes recognizable on the surface because of sink holes). The interface is a remnant peneplain on top of the molasse (and flysch in the border region toward the Alps), inclined approx. 0,5% to the North and East, and dissected by broad, little entrenched channels. These channels can act as guidelines for groundwater movement, however, quite often no clear connection can be observed with relation to major spring locations. This is because some – in cases even most – of the water accumulated on top of the interface can infiltrate the molasse and remain there either in porous or in

joint aquifers. Three processes facilitating this can be distinguished: (1) Infiltration of sand layers of the Innviertel Group: A reason for this to happen is seen in the tectonically effected slight northward inclination of the whole sediment stack, whereby sand layers could be intersected by the peneplain which is now the Molasse-Quaternary interface. Water trapped in these sand layers is chemically reduced to the stage of sulfate reduction, meaning H_2S production. (2) Infiltration into a highly porous disintegration layer that developed at or below the interface (covered by weathering clay in the latter case). Water in this horizon is not or slightly reduced, the ensuing NO_3 reduction often being the reason why many a water of this type has been tapped for public drinking water supply (3) By virtue of relief joints in the molasse of many valley sides water can move out of Quaternary aquifers and down the valley flanks without surfacing, sometimes infiltrating the valley fill or being forced to discharge on reaching the valley flat.

In all these cases the disintegrated molasse can act practically as a porous aquifer. The groundwater movement within the common joint system is much weaker, most of the joints being closed or hardly interconnected. But high-yielding springs of the molasse in fact are mostly observed as joint springs, so this is to be explained in terms of a fault system (which, by the way, could not be verified by means of an areal lineament survey). However, on the one hand, this "Molasse type water" does not differ from "Quaternary type water", neither in terms of hydrochemistry nor stable isotope data. This fact interferes with the common assumption of higher achievable drinking water quality from molasse aquifers. (Notwithstanding the abovementioned fact that NO_3 consumption can occur in fractured horizons of the molasse, it should be said that such an observation does not indicate water free of contamination!) The more thoroughly reduced "molasse type waters" in sandy aquifers, on the other hand, do not show much higher groundwater ages either. The disintegration zone on top of the molasse generally occupies a medium position between those fault-related and stratigraphically defined aquifers, in terms of hydrology as well as hydrochemistry.

Middle Pleistocene terrace gravels („Jüngere Deckenschotter“) outside the Old Pleistocene glacial basins as well as Riss-glacial sediments are perched on many valley sides, laterally covering stacks of older sediments and different groundwater horizons within these rocks. Thereby, they can be infiltrated laterally by groundwater of various type. In addition, more often than not these waters do not surface unhindered, but are blocked by loamy (often solifluction) cover units and discharge on a lower level than else would be the case. In fact, the bulk of water discharging from Riss terraces („Hochtterasse“) are derived from lateral rather than vertical infiltration. Presumably, this is due to the fact that soil carbonate incrustation has rendered the soil cap of the younger terraces nearly as precluding vertical seepage as the older, much more thickly loess and loam covered gravels of the „Ältere Deckenschotter“.

LEBENS LAUF

Mag.rer.nat

WOLFGANG STRAKA

Putzendoplergasse 28/75/8, A-1230 Wien
+43-664-4328668, wolfgang.straka@gmx.com



Staatsbürgerschaft: Österreich

Familienstand: Lebensgemeinschaft (1 Kind)

Fremdsprache: Englisch (in Wort und Schrift)

Geb. 27. Sep. 1960 in Wien; ebd. Grundschule sowie

Gymnasium: BRG VII, Kandlgasse.

Mai 1978 Matura (Auszeichnung).

1978–79 Wehrdienst.

1979–85 Studien in den Fachgebieten Biologie, Klassische Archäologie und Paläontologie.

1983–86 Teilzeitbeschäftigungen: Warenlager (Julius Meinl, 1160 Wien), Interviews für die Meinungsforschung (Fessel-GfK, 1010 Wien), Telefondienst und Informationsgespräche im Versicherungsdienst (Raiffeisen Versicherung, 1010 Wien).

1987–88 Chauffeur, Haas Funkfahrtendienst, 1200 Wien.

1988–93 Reprograf, Repa Copy, 1030 Wien.

Herbst 1993 Beginn eines Studiums der Erdwissenschaften an der Universität Wien (Studienzweig Technische Geologie).

Mai 2001 Erlangung des akademischen Grades Mag.rer.nat an der Universität Wien mit einer Diplomarbeit über die „Quartärgeologie des Weißenbachtals (Oberösterreich)“.

Juli 2001

– April 2004 Geologe bei BGG, Dr. P. Waibel, 1070 Wien; Tätigkeitsbereiche:

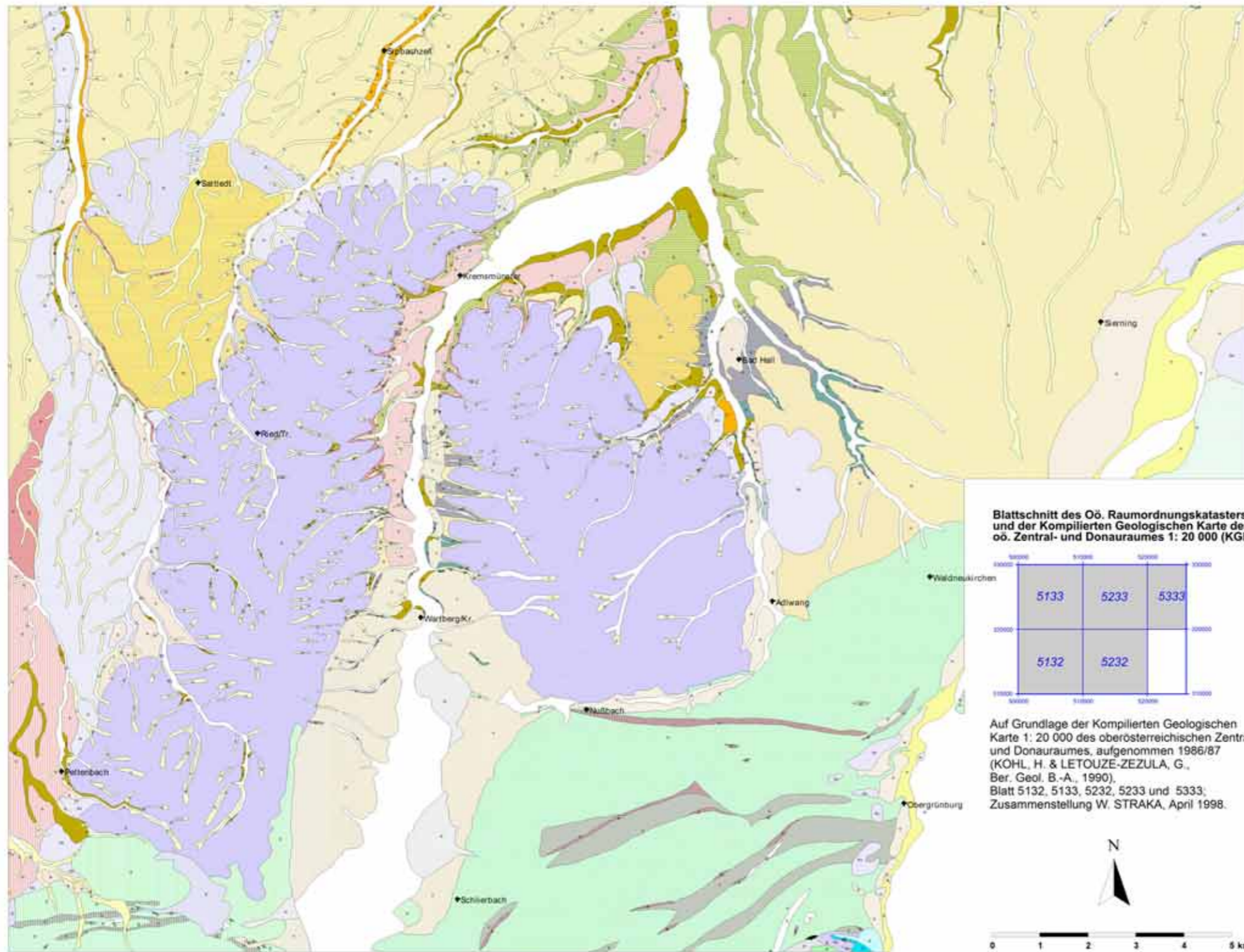
- Durchführung und Aufbereitung von baugelogeischen Dokumentationen (einschließlich Bohrbetreuung), von hydrogeologischen Kartierungen und Beweissicherungsprogrammen sowie von projektspezifischen Erhebungen bei Behörden und vor Ort;
- gutachterliche Aufbereitung im Hinblick auf Untergrund- und Grundwasserverhältnisse.

April 2004

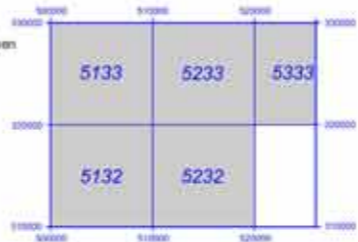
– Dez. 2008 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Angewandte Geologie der Universität für Bodenkultur Wien; Tätigkeitsbereich:

- Organisatorische und sachliche Bearbeitung von Auftragsprojekten des Instituts.

Wien, 12. Dezember 2008



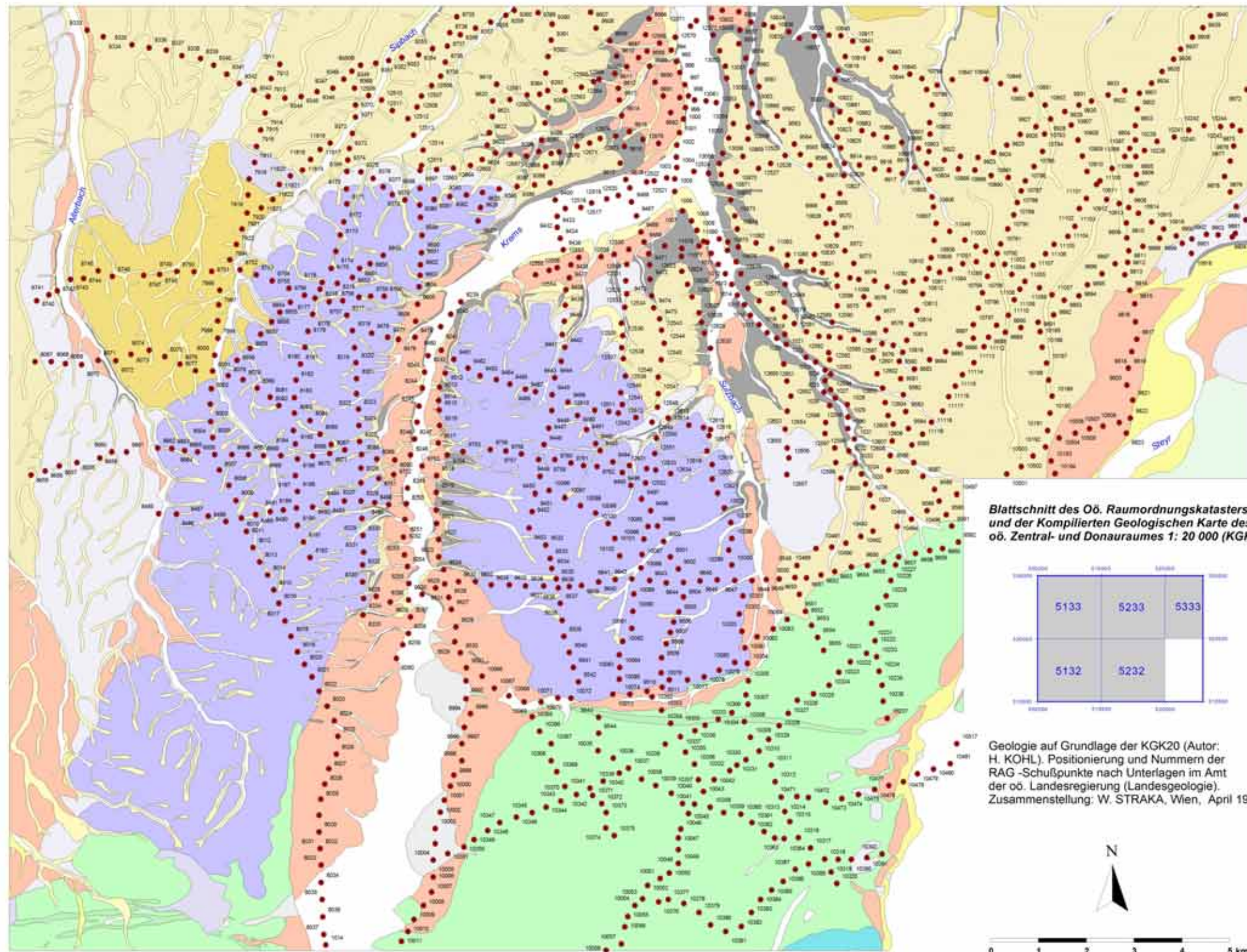
Blattschnitt des Oö. Raumordnungskatasters und der Kompilierten Geologischen Karte des öö. Zentral- und Donaumes 1: 20 000 (KGK20)



Auf Grundlage der Kompilierten Geologischen Karte 1: 20 000 des oberösterreichischen Zentral- und Donaumes, aufgenommen 1986/87 (KOHL, H. & LETOUZE-ZEZULA, G., Ber. Geol. B.-A., 1990), Blatt 5132, 5133, 5232, 5233 und 5333; Zusammenstellung W. STRAKA, April 1998.

Geologische Karte 1: 50 000 der Region zwischen Pettenbach und Sierning (OÖ) mit den Altmoränen des Kremstalglitchers

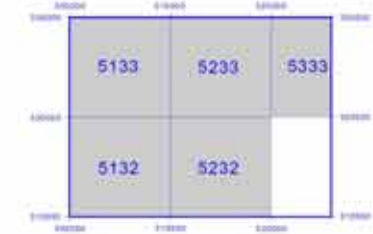
- Holozän i.A.**
- Künstliche Aufschüttung**
- Moorboden**
- Schwemmkegel**
- Rezente Talfüllung**
- Hangschutt**
- Periglazial (versch. Eiszeiten)**
- Löß/Staublehm**
- Lößlehm (vor-würmzeitl.)**
- Lößlehm auf Älteren Deckenschottern**
- Wärm**
- Niederterrasse**
- NT (glazifluvial)**
- NT (periglazial/autochthon) (vorwiegend würmzeitl.)**
- Delle**
- Solifluktsdecke**
- Fließerde über Schlier**
- Riß**
- Hochterrasse**
- HT (glazifluvial)**
- HT (periglazial/autochthon)**
- Ältere Hochterrasse**
- Mindel**
- Mindel i.A.**
- Mindelmoräne**
- Jüngere Deckenschotter**
- JDS (Almtalfazies)**
- JDS (Kremstalfazies)**
- Günz/Mindel**
- Weißer Nagelfluh**
- Günz**
- Block-Endmoräne**
- Ältere Deckenschotter und Vorstoßschotter**
- ÄDS (glazifluvial)**
- ÄDS mit wasserundurchlässiger Schwemmlehmdecke**
- Molasse**
- Schlier i.A.**
- Robulus-Schlier (Ottang)**
- Robulus-Schlier mit lehmiger Verwitterungsdecke**
- Haller Schlier (Eggenburg)**
- Tonschiefer mit Lehmdecke (Eger: Obere Puchkirchen-Fm.)**
- Helvetikum/Flysch**
- Helvetikum und Flysch (undifferenziert)**
- Helvetikum**
- Helvetikum i.A.**
- Bunte Mergel (Oberkreide)**
- Flysch**
- Flysch i.A. (n. KOHL)**
- Flysch i.A. (n. MAURER)**
- Oberste Bunte Mergel/Schiefer (Oberkreide)**
- Mürbsandsteinführende Serie (Oberkreide u. Alttertiär)**
- Zementmergelserie (Alb)**
- Kalkalpin**
- Randcenoman**
- Kalkalpines Neokom**
- Bunte Jurakalke**
- Dachsteinkalk**
- Hauptdolomit**



Vereinfachte geologische Karte 1: 50 000 der Region zwischen Pettenbach und Sierning (OÖ), mit Lage der Seismik-Schußbohrpunkte der RAG

- Holozän i.A.
- Schwemmkegel
- Lößlehmdecke (aus versch. Eiszeiten)
- Soliflukationsdecke, Hangfußablagerung u.a. Lehmdecken (periglazial, vorw. würmzeitl.)
- Niederterrasse
- Hochterrasse und Reißmoräne
- Mindelmoräne
- Jüngere Deckenschotter
- Ältere Deckenschotter und Weiße Nagelfluh
- Block-Endmoräne (Günz)
- Schlier:
Obere Puchkirchen-Fm. (Eger);
Hall-Fm. (Eggenburg);
"Robulus-Schlier" (Otttang)
- Helvetikum/Flysch (undifferenziert)
- Helvetikum
- Flysch
- Kalkalpin
- 9834 Seismik-Schußbohrpunkt der RAG (mit zugehöriger Kenn-Nummer)

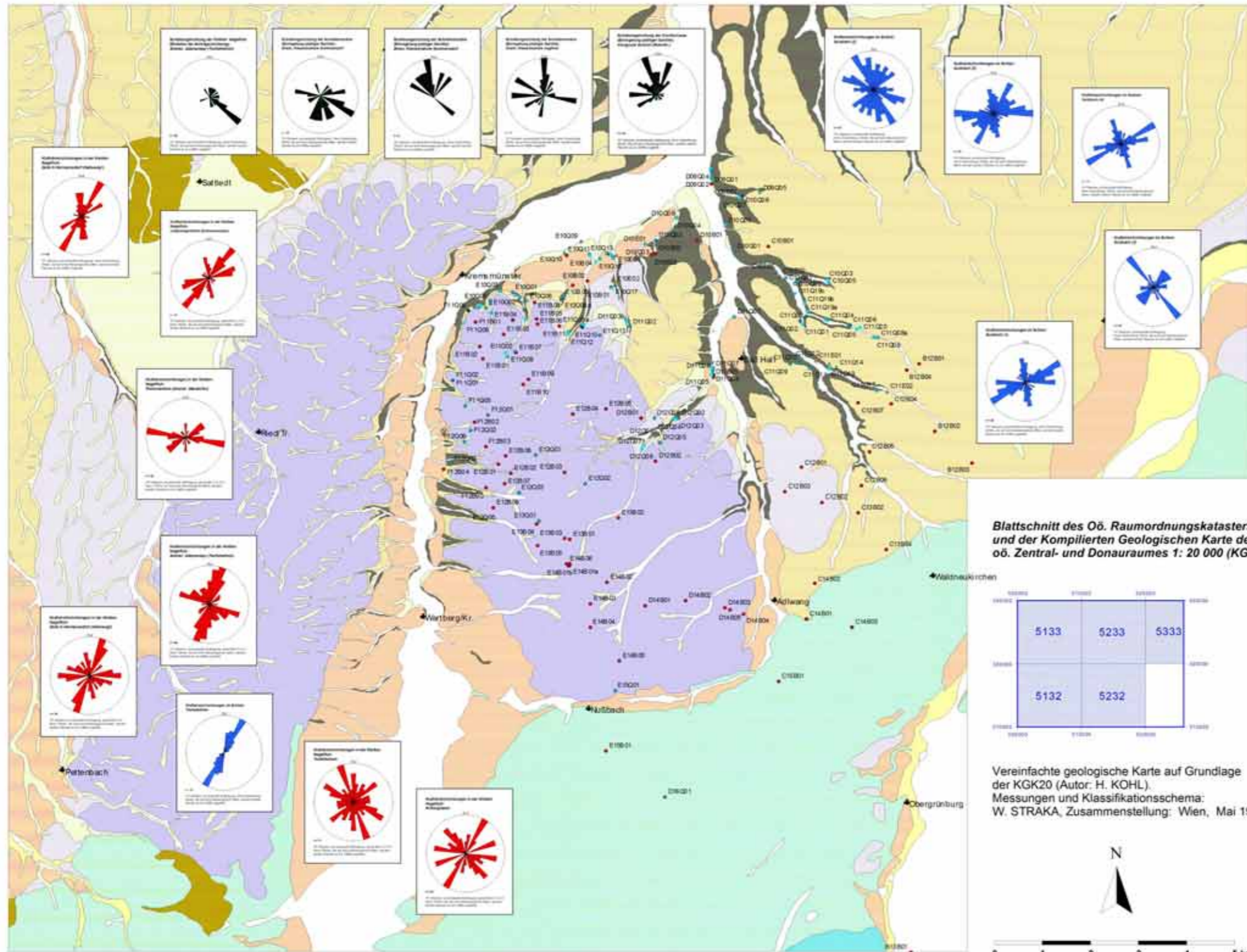
Blattschnitt des Oö. Raumordnungskatasters und der Kompilierten Geologischen Karte des öb. Zentral- und Donauraumes 1: 20 000 (KGK20)



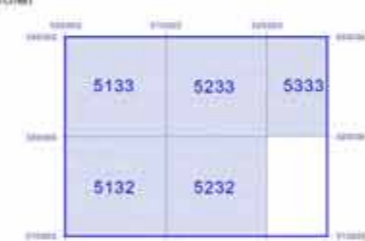
Geologie auf Grundlage der KGK20 (Autor: H. KOHL). Positionierung und Nummern der RAG-Schußpunkte nach Unterlagen im Amt der öb. Landesregierung (Landesgeologie). Zusammenstellung: W. STRAKA, Wien, April 1998.

Projekt der Oö. L.-Reg. BauW-II/LG-930007/2-1996-WMR/G
Hydrogeologie der Schliergrundwässer der Traun-Enns-Platte

**Lage und Klassifizierung der Meßpunkte:
Probenahme an Wasserspendern sowie
Kluft- und Gerölmessungen**



Blattschnitt des Oö. Raumordnungskatasters
und der Kompilierten Geologischen Karte des
oö. Zentral- und Donauroumes 1: 20 000 (KGK20)



Vereinfachte geologische Karte auf Grundlage
der KGK20 (Autor: H. KOHL).
Messungen und Klassifikationsschema:
W. STRAKA, Zusammenstellung: Wien, Mai 1998.



Wasserspender

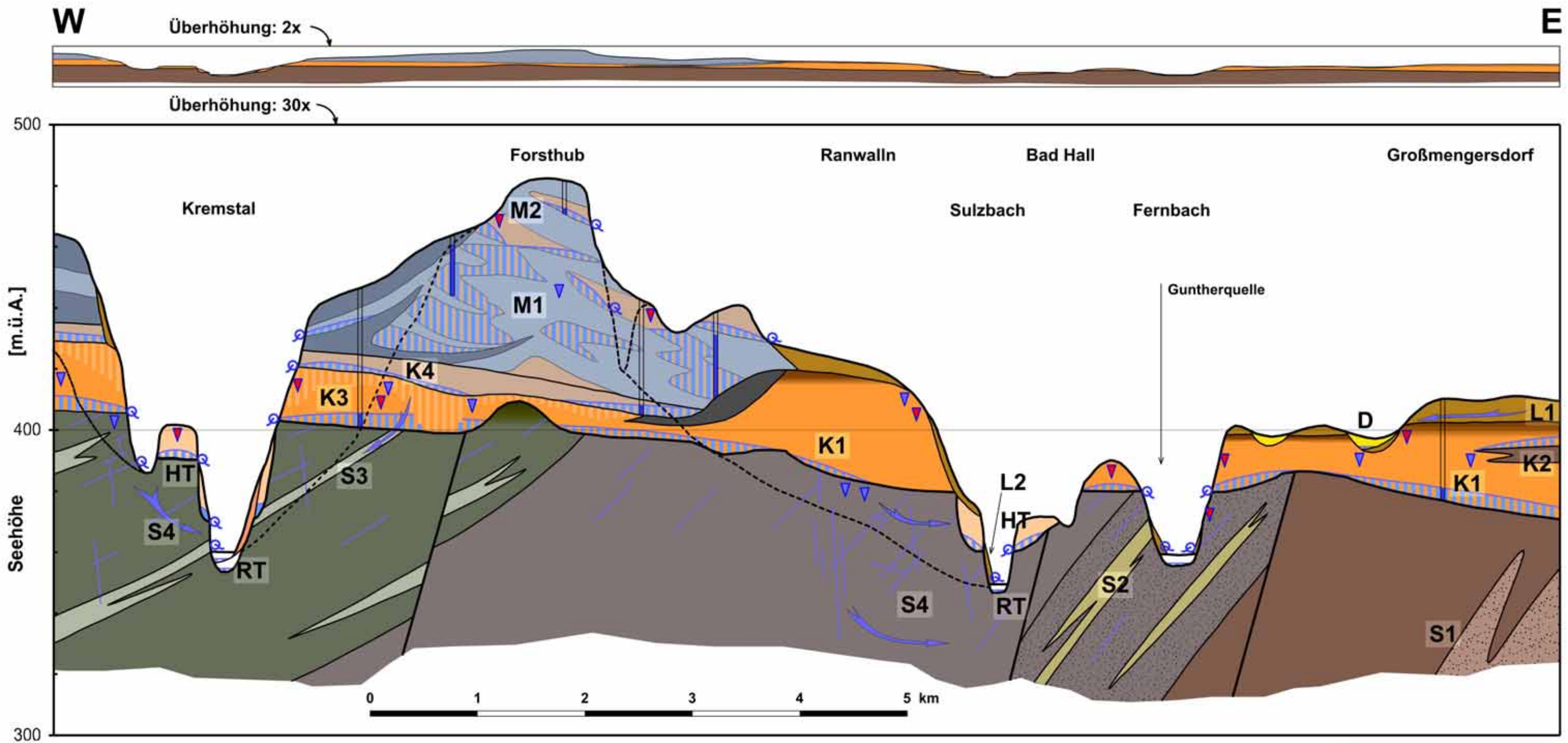
- ⊗ Brunnen (ungenutzt)
- Schachtbrunnen (Einfachversorgung)
- Bohrbrunnen (Einfachversorgung)
- Quelle
- Quellfassung (ungenutzt)
- Quellfassung (Einfachversorgung)
- ⊕ Quellfassung (Mehrfachversorgung)
- ⊙ Quellfassung (Betriebswasserversorgung)
- ⊗ Quellfassung (öffentl. Wasserversorgung)
- Quelle und Teichanlage
- Quellfassung für Teichanlage
- Quellsumpf
- ▲ Quellwasserdrainage
- ▲ Entwässerung

Geologie

- Holozän
- Deckschichten (Hanglehm, Fließerde, Lößlehm)
- Niederterrasse
- Hochterrasse und Rißmoräne
- Mindelmoräne
- Jüngere Deckschotter und Graue Nagelfluh
- Günzmoräne (Block-Endmoräne)
- Ältere Deckschotter und Weiße Nagelfluh
- Molasse ("Schlier")
- Helvetikum und Flysch
- Kalkalpin








Kreisdiagramme

- Blau: Kluftstellungen in der Molasse (insbes. Haller Schlier)
- Rot: Bruchflächen in Konglomeraten (Weiße Nagelfluh)
- Grün: Schüttungsrichtung in Kiesen aufgrund des Einfallens der Schrägschichtung oder Einregelung plattiger Gerölle



Beilage 4 – Profil




Allgemeine Signaturen:

-  **GW-Körper**
mit freiem Wasserspiegel
-  **wasserleitende Klüfte**
(im Schlier)
-  **GW-Bewegung**
(im Schlier)
-  **Versickerung**
rot: Schadstoffeintrag möglich
-  **Quellaustritt**
-  **Brunnen**
blau: Wasserstand
-  **Tallängsprofil**
(beginnend an einem Einschnitt)

Achtung Überhöhung:

30-fache Überhöhung lässt das Einfallen der Formationen steiler als in der Realität erscheinen!

Legende zum Vergleichsprofil (2x überhöht):

-  **Moräne** (Günz, Mindel, Riß)
-  **Vorstoß- und Terrassenschotter**
-  **Schlier** (Eger bis Ottnang)

Schematisches
Geologisches Profil
zur Verdeutlichung der
hydrogeologischen Zusammenhänge
in der
Umgebung von Bad Hall (OÖ)

Entwurf: W. Straka

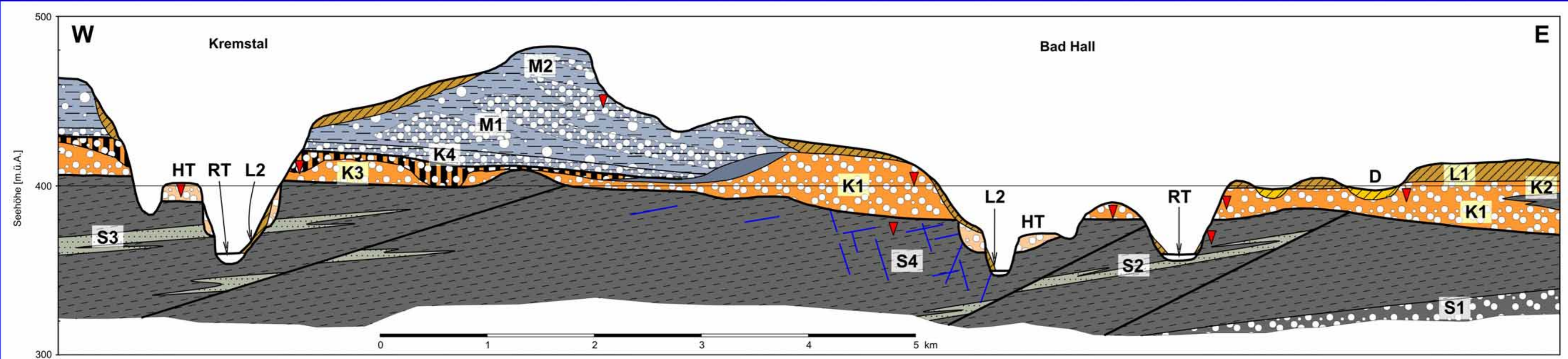
Wien, März 2008

Legende und geologische Klassifizierung der Grundwasser-Typen

Übersicht der wichtigen Kennzeichen der Grundwasser-Typen

, gleichzeitig Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse zur westlichen Traun-Enns-Platte (OÖ)

Geologische Einheiten	Grundwasser-Typen	Hydrologische Charakteristik	Hydrochemische Charakteristik	Erschließungsgrad und Nutzung	GW-Gefährdungspotential	Regionale Besonderheiten	GW-Typ
Rezente Talfüllung	RT GW der rezenten Talfüllung: Ergiebigkeit je nach Sedimentinhalt versch.; über Kremstal-Sohle größere periglaziale Füllung.	Einsickerung von den Talflanken: im Sulzbachtal von GW des Typs S3 zum Begleitstrom des Baches; im Kremstal aus Schwemmkegeln in ein ungespanntes höheres bzw. von Hangwasser aus Aquiferen versch. Typs in ein (über das Niveau der Talfüllung) gespanntes tieferes Stockwerk.	Trinkwasser-Kontrolluntersuchungen einer Reihe von Hausbrunnen im Kremstal östl. Kremsmünster von Nov. 87 und Jan. 90: NO ₃ -Konz. durchgehend < 50 mg/l; stellenweise NO ₂ und NH ₄ , häufiger aber auch Fäkalbakterien nachweisbar.	Im Kremstal durch Brunnen genutzt, u.a. zur Betriebswasserversorgung der Fa. Greiner sowie des Zentralanklagers der RAG (beide süd. Kremsmünster). Die Betriebe nutzen den tieferen gespannten Aquifer, der zw. Kremsmünster und Wartberg/Kr. entwickelt ist.	Regulierung und folgende Einschneidung der Krenns, daher Senkung des GW-Spiegels, machte landwirtsch. Nutzung der vorher versumpften Talschle mögl.; örtl. Gegebenheiten bestimmen den Grad der Gefährdung (bakterielle Verunreinigung nur stellenweise nachweisbar).	Im Kremstal zw. Kremsmünster und Wartberg/Kr. zwei GW-Stockwerke; (1) das höhere von der Krenns beeinflusst, (2) das tiefere gespannte mit GW von den Talflanken. Im Sulzbachtal keine Stockwerk-Gliederung; Zuzug von GW, stellenweise vom Typ S3, ebenfalls über die Talflanken (an deren Fuß Stauquellen).	RT
Dellenfüllung (periglazial; teilw. anthropogen)	D GW der Dellenfüllungen: In groben Lagen an deren Basis (talswärts bewegt).	Schwache GW-Führung durch Infiltration über die Dellenränder (Deckschichten durch Solifluktion teilweise abgetragen); Weiterversickerung in die ADS fraglich („Pechschotter“ auch unterhalb von Dellen).	Schwankend je nach Einfluß der Versickerung in die Dellenränder und des Niederschlags ; letzterer bes. hoch bei Dellen, die in der Fylschzone ansetzen; deren GW führt Fe und Mn (sowie zeitw. NO ₂ und NH ₄ bis je 1 mg/l).	Ausschließlich – wenn überhaupt – durch Entwässerungen erschlossen; ehem. Sumpfland am Grund von Dellen meist der landwirtsch. Nutzung zugeführt, die ephemeren Gerinne mit Sickerrohr versehen und zugeschüttet.	Dellen fungieren bes. bei heftigen Niederschlagsereignissen als Leitlinien der Entwässerung , daher wirken sich Auswaschung aus dem Boden und die Bewirtschaftungsform unmittelbar aus.	Bei Rodungs- und Grabungsarbeiten zur Entwässerung der Delle bei Brunnhub (östl. Bad Hall) entdeckte man 1 1/2 m.u.G. ein altes Bodenniveau mit Baumstümpfen <i>in situ</i> ; d.h. dort sind > 1 1/2 m der Dellenfüllung anthropogen .	D
Deckschicht (Lößlehm, Hanglehm, Fießerde; auch kombiniert)	L2 Hangwasser in Hanglehm- und Solifluktionsdecken oder unter diesen gestautes GW	Einsickerung in Hanglehme oder Anstau durch dieselben von GW aus versch. Aquiferen , die an den Talflanken ausbleiben. Tieferlegen von Quellaustritten v.a. aus den Hochterrassen des Kremstals (Sekundärquellen).	Mischwässer , abgeleitet von bergseitig aus versch. GW-Stockwerken andrängenden Grundwässern (K1, K3, S4, S3; ähnl. HT). Cl-Konz. bis 30 mg/l. Stellenw. Mn, nicht aber Fe nachweisbar (Fe verm. im Bodenniveau gefällt).	Mancherorts in Fischteiche geleitet, z.B. im Sulzbachtal NE Feyregg. Unterhalb der „Stiftsterrasse“ (HT) in Kremsmünster Teiche des Stiftes; ähnl. Teiche an der Kremstalsüdfanke Anf. 60er-Jahre aufgelassen (Aufschiebung, Drainagierung).	Ursache der stellenw. rel. hohen Cl-Gehalte (20–30 mg/l Cl) ist neben dem Einfluß der Evapotranspiration auf das GW unter der Hanglehmdecke verm. die Anwendung anorganischen Düngers (K-Nachweis mittels Trübungstest).	In Kremsmünster 2 Quellniveaus unterhalb der Stiftsterrasse (HT), jedes mit Sekundärquellen; das tiefere aus Molasseküffeln. Im Sulzbachtal NE Feyregg drei Quellniveaus auf engstem Raum (Typ HT, L2, S4).	L2
Riß-Hochterrasse (HT) a: mit Grundmoränenbedeckung	HT GW der Hochterrasse: Ergiebig nur, wenn von Typ K3, S4, S3 abgeleitet; in zwei Niveaus (jedes mit Sekundärquellen).	Einsickerung aus Quartär- und Molassesedimenten, denen die HT talwärts vorgelagert ist; ergiebig nur an der Kremstal-Südsseite östl. Kremsmünster. Die HT von Bad Hall führt GW nur aus dem eigenen Einzugsgebiet (entspr. unergiebig, mittlere Verweilzeit etwa 1 Jahrzehnt).	Aufgrund der Speisung aus versch. GW-Stockwerken, denen die HT vorgelagert ist, nehmen die chemischen Eigenschaften (insbes. LF, E, und Si) eine Mittelstellung zw. den Herkunftstypen (K3, S4, S3) ein. Bereichsweise leichte Fe-Führung (an der Nachweisgrenze des Triazinests, d.h. < 0.01 mg/l).	Im Untersuchungsgebiet führt nur die HT des Kremstales im Ortsgebiet und östl. von Kremsmünster reichlich GW, das zum größeren Teil über Entwässerungen dem Auhub und einigen Fischteichen zugeleitet, mittels einiger Brunnen und weniger Quellfassungen aber auch als Trinkwasser genutzt wird.	GW der HT liefert an gewissen Orten die höchsten gemessenen Cl-Werte (bis über 40 mg/l Cl); in Oberröh können diese mit erheblichen Gehalten an NO ₂ und NH ₄ sowie rel. niedrigen E _v -Werten einhergehen, sodaß Chlorid zumindest hier auch ein Verschmutzungsindikator ist.	Die HT von Bad Hall erhält Wasser nur aus ihrem eigenen Verbreitungsgebiet. Die HT im Kremstal südl. Kremsmünster führt auch deshalb wenig Wasser, weil die Molasse-Oberfläche höher als ihre eigene liegt; die Stiftsterrasse in Kremsmünster wird aber teilw. aus wiederversickertem Oberflächenw. gespeist.	HT
Mindel-Moräne a: fluvioglazialer sandiger Kies b: Grundmoräne	M2 Seichtes GW in Kiezhorizonten und Verwitterungsschwärze der Mindelmoräne (bis 10 m, unter Kuppen etwas tiefer)	Ein großer Teil des eingesickerten Wassers verbleibt einige wenige Jahre in lokalen seichten Aquiferen; Hangwasserzug zu Quellaustritten an den Talflanken; beeinflusst durch den Jahresgang des Niederschlags ; örtlich sehr versch. Möglichkeiten zur Weitersickerung in tiefere GW-Leiter.	Räuml. und zeitl. Variation der chem. Eigenschaften wesentl. größer als bei M1; Mineralisierung etwas geringer (10–15 mg/l Cl); E _v um 200 µS/cm (vermutl. O ₂ -gesättigt); Mg/Ca meist < 0,1, in Kristallin-reichen Teilen der Moräne höhere Mg-Gehalte sowie Fe/Mn-Lösung möglich (Umgebung von Ehrmsdorf).	Die meisten Fassungen von GW der Mindelmoräne fördern aus einem seichten Vorkommen. Auch auf der Anhöhe des Moränenrückens sind Quellfassungen installiert, weil das hier versickerte Wasser teilw. schon wenig unterhalb des Grades wieder austritt (vgl. das hoch ansetzende, verzweigte Gerinnenetz).	Flurabstand sehr seichter Vorkommen z.B. 2 m, unter Kuppen größer (bis um 20 m); auf der Anhöhe liegt die GW-Oberfläche stellenweise brach (z.B. zw. Guntendorf und Krühub). NO₂-Gehalt räuml. und zeitl. stark schwankend (Max. im Herbst und Frühjahr); > 30 mg/l NO ₂ deutl. Zusammenhang mit NKH.	Im Gebiet zw. Exenberg und Ehrmsdorf an der Westflanke der Mindelmoräne enthält das seichte GW wenig NO ₂ (meist < 10 mg/l); gleichzeitig NKH nahe Null. Ansonsten besteht im GW dieses Typs ein Zusammenhang zw. NO₂ und NKH (Auswaschung von NO ₂ und einer äquivalenten Menge Ca aus dem Boden).	M2
Mindel-Vorstoßschotter (Graue Nagelfluh; GNF)	M1 GW in sandig-kiesigen Schichten der Mindel-Endmoräne (lokal begrenzte Stockwerke; teilw. stark gespannt)	Stapel vertikal verbundener grobkörniger Einschaltungen schaffen Sickerwege in tiefere Schichten oder bei Abdichtung nach unten isolierte gespannte Aquifere ; mittlere Verweilzeit in isolierten Grundwasserkörpern und auf manchen Sickerstrecken bis zu mehreren Jahrzehnten ; insgesamt starke räumliche und zeitliche Differenzierung.	M1 unterscheidet sich von M2 nur graduell: Cl-Konz. 10–20 mg/l; die geringeren Werte im Südteil der Moräne. In Kristallin-reichen Teilen der Moräne kann das GW verstärkt Mg aufnehmen (Mg/Ca > 0,1), teilw. auch Fe und Mn (verbunden mit etwas sinkenden E _v - und O ₂ -Werten; ein heute aufgelassener Bohrbrunnen in Ehrmsdorf lieferte 1992 Werte von 0,63 mg/l Fe und 0,17 mg/l Mn).	Einige wenige ergiebige Quellen und Brunnen v.a. im nördl. Teil der Moräne, der stärker von Kieskörpern durchsetzt ist. Manche Brunnen in der Westflanke der Moräne führen stark gespanntes GW mit chem. Eigenschaften der darüber liegenden seichten GW-Vorkommen; geogene Fe/Mn-Gehalte in diesem Bereich können zu Problemen mit der Verwendung des Wassers führen.	Das Gefährdungspotential des GWs steigt mit dessen Annäherung an natürl. Austrittsstellen bes. in der Nähe derselben erheblich an. Der allg. hohe NO₂-Gehalt schwankt weniger als im seichten GW des Typs M2 und ist bei Quellen aus dem genannten Grund deutlich höher als in Brunnen dieses Typs (Durchschnitt über alle Quellen > 50 mg/l NO ₂).	Vertikal verbundene Stapel von Kieseinschlüssen in die sonst eher tonmergelige Moräne verursachen lokal beschleunigte Versickerung ; (1) an der Westflanke der Moräne in weitgehend isolierte, gespannte GW-Leiter (teilw. geogene Fe/Mn-Führung, die sich auch auf nahegelegene Quellen auswirkt); (2) in den nördl. Ausläufern sowie (u.a.) ganz im Süden bis in die KKG (K3).	M1
Mindel-Vorstoßschotter (Graue Nagelfluh; GNF)	K4 GW der Mindel-Vorstoßschotter („Graue Nagelfluh“); lokal über der Weißen Nagelfluh gestaut	Wahrscheinlich nahe Talflanken besser ausgeprägt (Talrandverklüftung der WNF; Weitersickerung über deren Kuffe); aus dem Inneren der Moräne und von Hangwasser an deren Flanken gespeist.	Chemische Eigenschaften variieren im Wertebereich der Typen M1 und M2 ; räumlich, weil es sich um unzusammenhängende GW-Vorkommen handelt; zeitlich, weil eher mit dem seichten GW der Mindelmoräne (M2) verbunden.	Einige Brunnen und Quellen dieses Typs liefern ausreichend Wasser für landwirtschaftl. Betriebe.	Zusammenhang mit dem seichten GW des Typs M2 nahe Talflanken überträgt dessen Gefährdungsmoment auf Typ K4; der NO₂-Gehalt ist gering oder hoch, wo der des seichten GWs in darüberliegenden Schichten es ist.	Die für die Kremstal-Ostflanke naheliegende Vorstellung, daß sich GW auf der leicht ostfallenden WNF sammelt und teilweise in Überlaufquellen nach Westen austritt, ist am ehesten westl. des Gusterberges zutreffend.	K4
Kies-Konglomerat-Gruppe (KKG = Günz-Vorstoßschotter + Ältere Deckenschotter (ADS) + Weiße Nagelfluh (WNF)) a: konglomeriert (mit Lösungspalten) b: Ältere Deckenschotter mit autochthoner Verwitterungsschwärze c: tonige Zwischenlage (abgetragene Verwitterungsschwärze von Schlier- oder Fylschrücken; darüber vermutlich Jüngere Deckenschotter [JDS])	K3 GW der Kies-Konglomerat-Gruppe: Ergiebiges GW in sandigen Kiesen unter mächtiger Moränenbedeckung (zum größeren Teil mit Grauer Nagelfluh zu einem Kies-Konglomerat-Körper zusammengeschlossen).	Größtenteils lokal versickertes Wasser; vertikale Versickerung durch die Mindelmoräne; Abfließen nach N und E in der KKG zu den bevorzugten Quellaustritten; mittl. Verweilzeit in diesem Fließsystem: 1–3 Jahrzehnte (im S der KKG zeitl. variierende Mischalter mit wesentlich älteren Komponenten). Besondere Versickerungsgebiete : nördl. Ausläufer der Moräne zw. Sommersdorf und Hading; und die höchste Erhebung des Moränenrückens süd. Ehrmsdorf.	O ₂ -reiches, unter mächtiger Moränenbedeckung rel. gering mineralisiertes, kaum NO ₂ -belastetes GW (LF 450–550 µS/cm). Mineralisierung und NO ₂ -Gehalt der Quellwässer wesentlich höher (LF 600–750 µS/cm; regelmäßig > 50 mg/l NO ₂). Die Cl-Konz. liegt im Bereich der hangenden GW-Stockwerke (Typ M1, M2); die geringsten Werte im süd. Verbreitungsgebiet der KKG (7–10 mg/l Cl). Mg/Ca = 0,2 (vgl. Typ K1); Kieselsäure < 15 mg/l Si (vgl. Typ S4).	Etlliche tiefe Brunnen , darunter alle Bohrbrunnen im Gebiet der Mindelmoräne, fördern GW der KKG (nur eine Bohrung in Ehrmsdorf hat GW in dieser Tiefe verfehlt). Ergiebige Quellen befinden sich in den Tälern der nördl. und östl. Ausläufer der Moränen-Hügelländes (Neigung der Molasse-Oberfläche in diese Richtungen), genutzt u.a. zur Wasserversorgung der Gemeinde Bad Hall (Sickeranlage bei der Bradingsmühle im Schiederbachtal) und Pfarrkirchen.	Eine Gefährdung insbes. der Quellwässer ergibt sich aus zwei Umständen: (1) Abnahme der Bedeckungshöhe und damit der Filterwirkung der Moränen-sedimente in Grundwasserfließrichtung (auf die Ränder der Moräne zu); (2) Übereinandergestapelte Kieskörper innerhalb der Moräne unterstützen örtlich die vertikale Versickerung und Zuzimmung rel. junger Wasser (auch an den Tritium-Daten ablesbar), bes. in den nördl. Ausläufern der Moräne.	Die Quellen am Nordrand der Mindelmoräne führen Mischwässer sehr ähnlicher chem. Zusammensetzung zw. dem GW der tiefen Brunnen aus dem Inneren der KKG und näher den Quellaustritten versickerten jüngeren (und stärker belasteten) Wässern; besondere Versickerungsgebiete liegen im Bereich Sommersdorf-Dehenwang-Hading. Das GW im Südteil der KKG enthält nur lokal versickerte, aber sehr versch. alte Komponenten (gleichbleibende „O ₂ “ aber stark schwankende H-Werte; Versickerungsgebiet zw. Ehrmsdorf und	K3
Kies-Konglomerat-Gruppe (KKG = Günz-Vorstoßschotter + Ältere Deckenschotter (ADS) + Weiße Nagelfluh (WNF)) a: konglomeriert (mit Lösungspalten) b: Ältere Deckenschotter mit autochthoner Verwitterungsschwärze c: tonige Zwischenlage (abgetragene Verwitterungsschwärze von Schlier- oder Fylschrücken; darüber vermutlich Jüngere Deckenschotter [JDS])	K2 Schwebender GW-Leiter über toniger Zwischenlage (wahrsch. Jüngere Deckensch.)	Verbreitet zw. einer Linie Sitzleinsdorf-St. Blasien-Steinersdorf und dem Nordrand der Fylschzone; nicht durchgehend entwickelt; schützt darunter liegendes GW der ADS (K1); verlängert dessen Versickerungsweg.	Hohe räumliche und zeitliche Variabilität der Ionengehalte, insbes. der Parameter Cl und NO ₂ , und damit einhergehend: die Mineralisierung; die Cl-Konz. des GW unter Sitzleinsdorf steigt von Nov. 96 bis März 97 von 8 auf 18 mg/l Cl.	GW des Typs K2 wird in ausreichenden Mengen aus vereinzelt Hausbrunnen gefördert. Die meisten Brunnen im selben Gebiet entnehmen GW des Typs K1 aus dem darunter liegenden Stockwerk.	Einer der beiden hier eingeordneten Brunnen war im Untersuchungszeitraum durch eine mangelhaft abgedichtete Senkgrube beeinträchtigt; daher vermutlich der Unterschied im NO ₂ -Gehalt der beiden GW (7 bzw. 42 mg/l NO ₂ im Nov. 96).	Die räumliche Variabilität der Parameter GH und Mineralisierung (LF im einen Fall < 500, im anderen um 700 µS/cm) kann damit zu tun haben, daß der schwebende GW-Leiter nicht durchgehend entwickelt ist.	K2
Kies-Konglomerat-Gruppe (KKG = Günz-Vorstoßschotter + Ältere Deckenschotter (ADS) + Weiße Nagelfluh (WNF)) a: konglomeriert (mit Lösungspalten) b: Ältere Deckenschotter mit autochthoner Verwitterungsschwärze c: tonige Zwischenlage (abgetragene Verwitterungsschwärze von Schlier- oder Fylschrücken; darüber vermutlich Jüngere Deckenschotter [JDS])	K1 GW der Älteren Deckenschotter i.e.S. (ADS-Terrassenschotter): Ergiebiges GW in sandigen Kiesen unter mächtiger Lößlehmdecke.	Infiltration wegen Undurchlässigkeit der autochthonen Verwitterungsschwärze der ADS („Pechschotter“) hauptsächlich über Dellenränder und Verwitterungsschöte, im gesamten Gebiet der ADS-Hochfläche; im Verbreitungsgebiet des schwebenden GW-Leiters über die Zwischenstufe K2; am Südrand des ADS-Körpers Versickerung von Oberflächenwasser oder oberflächennahem GW der Fylschzone möglich. Filefrichtung tendiert, der Topographie der Molasse-Oberfläche folgend, nach NW bis NE, östl. von Edbach und Fembach NNE bis NE. Mittl. Verweilzeit im gesamten Fließsystem ca. 2 Jahrzehnte; im N und S der ADS-Hochfläche gleich, unter dem schwebenden GW-Leiter etwas länger.	Abbau von Silikaten der zahlreichen Kristallinkomponenten der ADS reichert das GW nicht an Si, wohl aber an Mg an (rel. zu Ca), daher Mg/Ca bei durchschnittlich 0,5 (bzw. Ca/Mg = 2), Si < 5 mg/l. Der Cl-Gehalt steigt 1997 auf den vermutlichen Normalwert von etwa 20 mg/l. Nitrat zw. 25 und 75 mg/l (jahrenzeitl. Max. im Herbst und Frühjahr); in Brunnen am unteren Ende dieses Wertebereichs; NO ₂ und NH ₄ regelmäßig nachweisbar. Am süd. Rand der ADS-Hochfläche Versickerung von Wässern der Fylschzone denkbar. Im nördl. anschließenden Verbreitungsgebiet des schwebenden GW-Leiters (K2) jedenfalls durch dessen Stauhohizont geschützt (in Quellwässern um 40 mg/l NO ₂); knapp außerhalb dieses Bereichs von den zeitl. Schwankungen des Typs K2 geprägt.	Die ergiebigen Quellen im Gemeindegebiet von Waldneukirchen werden für die öffentliche Wasserversorgung des Ortes genutzt (HB beim Göhl Pimsner); dazu kommen zwei Brunnen am Südrand des Hametwaldes östl. Katzenmarkt; die GW-Mächtigkeit beträgt dort etwa 7–10 m, der k-Wert liegt aufgrund der Pumpversuche bei 4 · 10 ⁻⁶ m/s. Quellfassungen der VVA Adlwang befinden sich knapp westl. Sitzleinsdorf. Die in die ADS gegrabenen Hausbrunnen führen alle mehr als genug Wasser; ergiebige Quellen sind meist, wenn nicht für Trinkwasser, dann für Teichanlagen gefaßt, z.T. drainagierartig, um die Vernässung von landwirtschaftlich nutzbaren Schlierhängen zu verhindern.	Im allgemeinen bewirken die mächtigen Deckschichten aus „Pechschotter“ (Verwitterungsschwärze der ADS) und Lößlehm einen wirksamen GW-Schutz. Dieser wird auf 4 versch. Arten durchbrochen: (1) Verwitterungsschöte können prinzipiell überall auf der Hochfläche, allerdings nur punktuell, gute Versickerungsmöglichkeiten schaffen; (2) Dellen wirken als Wassersammelstellen bei heftigen Niederschlagsereignissen, an ihren Rändern sind die Deckschichten durch eiszeitl. Bodenfließen teilw. abgetragen; (3) Erosionsreste von Terrassen (Terrassensporne) tragen naturgemäß auch nur mehr einen Teil ihrer Deckschichten; (4) steile Talflanken sind oft ohne nennenswerte Hanglehmdecke, weniger steile können landwirtschaftlich genutzt werden.	Das GW der ADS knapp außerhalb des Verbreitungsgebietes des schwebenden GW-Leiters Typ K2 (dessen Nordrand folgt in etwa einer Linie Sitzleinsdorf–St. Blasien–Steinersdorf) wird durch Mischung dreier Komponenten bestimmt: (1) GW der ADS unter dem tonigen Stauhohizont, der den GW-Leiter K2 nach unten abdichtet; rel. geringe Schwankungen der Zusammensetzung, mäßiger oder geringer NO ₂ -Gehalt; (2) GW des Typs K2 , das über die Ränder des schwebenden Aquifers in die ADS einsinkt und die Schwankungsbreite seiner eigenen Zusammensetzung auf das GW im tieferen Stockwerk überträgt; (3) GW der ADS-Deckschichten (Typ L1), das über Verwitterungsschöte und Dellenränder einsinkt; durch Verdunstungseinfluß aufkonzentriert (Cl-Gehalt).	K1
Kies-Konglomerat-Gruppe (KKG = Günz-Vorstoßschotter + Ältere Deckenschotter (ADS) + Weiße Nagelfluh (WNF)) a: konglomeriert (mit Lösungspalten) b: Ältere Deckenschotter mit autochthoner Verwitterungsschwärze c: tonige Zwischenlage (abgetragene Verwitterungsschwärze von Schlier- oder Fylschrücken; darüber vermutlich Jüngere Deckenschotter [JDS])	S4 Junges Kluffgrundwasser der Molasse: aus GW der quartären Sedimente abgeleitet; kurze Aufenthaltszeit, oxidierend, Fe-frei.	Einsickerung aus dem hangenden Quartär in die Entfestigungszone der Molasse. Rasches Abfließen in Störungen oder über die Entlastungszone an Talflanken, teilweise auch in schichtparallelen Klüften; mittl. Verweilzeit im Bereich der „Quartärwässer“ (K1, K3; kürzer oder länger je nach Fließweg).	Die Eigenschaften der Herkunftstypen K1 und K3 prägen diesen Typ (Unter-schiede v.a. bei Mg/Ca, graduell bei NKH); mit dem Typ S3 verbindet ihn der Gehalt an Kieselsäure > 5 (max. 10) mg/l Si. O₂-Konzentration kann bis zw. 5 und 6 mg/l O ₂ sinken, ohne daß der E _v (≥ 150 mg/l) gleichermaßen sinkt.	Ergiebige, gut definierte GW-Austritte („ Schlierspaltenquellen “, z.T. aber auch Stauquellen) sind häufig und werden fast alle genutzt; auch wegen der Annahme, daß deren Gefährdung geringer sei als die der „Schotterwässer“ (Typ K1, K3); tatsächlich von diesen abgeleitet.	Die Gefährdungsmomente sind die gleichen wie bei Typ K1 und K3 . Wesentl. rascheres Abfließen als Typ S3, daher geringe Beeinflussung durch diesen; kein NO₂-Abbau . Das GW der talrandnahen Kluffsysteme ist leichter beeinflussbar (Kontaminationsgefahr an Talflanken größer als bei Typ K1).	Abfließen in Störungen für einige Quellen E und NE von Unterrohr im Kremstal belegt (Wasserversorgung Rohr/Kr.). Im Sulzbachtal und dessen Seitengraben kann GW des Typs K1 über talrandnahe Kluffsysteme (Entlastungszone) an den Rand der Talfüllung geleitet werden, wo es in Stauquellen zutage tritt.	S4
Kies-Konglomerat-Gruppe (KKG = Günz-Vorstoßschotter + Ältere Deckenschotter (ADS) + Weiße Nagelfluh (WNF)) a: konglomeriert (mit Lösungspalten) b: Ältere Deckenschotter mit autochthoner Verwitterungsschwärze c: tonige Zwischenlage (abgetragene Verwitterungsschwärze von Schlier- oder Fylschrücken; darüber vermutlich Jüngere Deckenschotter [JDS])	S3 Junges Porengrundwasser der Molasse: in Sandhorizonten insbes. des Robulus-Schlier; aus GW der quartären Sedimente abgeleitet; lange Aufenthaltszeit, reduzierend, Fe-führend.	Einsickerung aus dem hangenden Quartär in die südwärts ansteigenden, vor dem Nordrand der Bad Haller Schuppezone an der Molasse-Oberfläche ausstreichenden Sandschichten im Robulus-Schlier; langsames Abfließen, isoliert vom Hangenden; unter Hanglehmen der Kremstal-Südfanke gespannt, mittl. Verweilzeit : 2-3 Jahrzehnte (erwartungsgem. länger als Herkunftstypen K1, K3).	Unter O₂-Zehrung mikrobiotische „Veratmung“ von NO ₂ , Fe/Mn-Sulfiden oder -Oxiden und SO ₄ ; daher Konzentrationen reduzierter N-, Fe- und Mn-Spezies (NO ₂ , NH ₄ , Fe ²⁺ bis 3 mg/l, Mn ²⁺ bis 1,2 mg/l) stellenweise weit über den Trinkwasser-Grenzwerten, sowie leichte H ₂ S-Führung, Kieselsäure bis 12 mg/l Si, O ₂ -Gehalt sinkt mit dem E _v ; bei E _v < 0 mV auf < 5 mg/l O ₂ , Nitrat < 2 mg/l NO ₂ .	GW des Typs S3 wird nur vereinzelt aus Brunnen, häufiger aus Entwässerungen gefördert und tritt sonst nur in unergiebigsten Quellen unter Hanglehmen hervor; die Quellen können unmittelbar neben wesentlich ergiebigeren des Typs S4 auftreten, deren Wasser Fe-frei ist (Grundbachtal und östl. Rohr/Kr.). Probleme mit genutzten Wässern durch Fe/Mn-Krustenbildung und O ₂ -Armut (Korrosion).	O ₂ -Zutritt und Fe-Fällung sowie Einmischung vadosen (und durch Evapotranspiration aufkonzentrierten) Wassers und damit Kontamination nur im Bodenniveau möglich. Durch die reduzierenden Eigenschaften des Wassers können hohe NO ₂ - (bis 0,1 mg/l) und NH ₄ -Konzentrationen (bis 0,5 mg/l) auftreten; Fe/Mn-Gehalte z.T. ebenfalls über den Trinkwasser-Grenzwerten sind geogen .	Seitlicher Zutritt von der Ostflanke des Sulzbachtals in dessen Sedimentfüllung zu beobachten (Brunnen der Ahrmühle NE Rohr/Kr.); im selben Bereich oberhalb der Talschle nur Quellen des Typs S4. Im Grundbachtal und östl. Rohr/Kr. liegen GW-Austrittsstellen mit orangen Fe-Oxid-Fällungen unmittelbar neben ergiebigen Quellen des Typs S4, die Fe-frei sind.	S3
Kies-Konglomerat-Gruppe (KKG = Günz-Vorstoßschotter + Ältere Deckenschotter (ADS) + Weiße Nagelfluh (WNF)) a: konglomeriert (mit Lösungspalten) b: Ältere Deckenschotter mit autochthoner Verwitterungsschwärze c: tonige Zwischenlage (abgetragene Verwitterungsschwärze von Schlier- oder Fylschrücken; darüber vermutlich Jüngere Deckenschotter [JDS])	S2 Iod-Brom-führ. Formationswasser der Haller Basisschichten (Gunther-Quelle; unergiebig); S1 der Puchkirchen-Gruppe (ergiebig; verschiedentlich erhobt).	Formationswasser in Kies-Einschlüssen der Oberen Puchkirchen-Formation (OPF; Typ S1) und in Sandhorizonten der „Haller Basisschichten“ (S2); aus letzteren zwei natürl. Austritte im Sulzbachtal (Tassiloquelle) und im Fembachtal (Guntherquelle); in der OPF vielfach erhobt. Am hydrologischen Kreislauf nicht beteiligt. Nachdem kein Zusammenhang zw. Tiefe und J/Cl-Verhältnis besteht, sind die einzelnen GW-Leiter wahrsch. voneinander isoliert.	Iod-Brom-führendes NaCl-Wasser ; enthält biogenes Methan; Gesamtminalisierung zw. 14 und 24 g/l; Iodid-Gehalte erreichen 50 mg/l. Im Bereich der ehem. natürlichen Austritte kommt so gut wie Tritium-Freies Grundwasser „Tiefengrundwasser“; 0,4 ± 0,3 TU) knapp unter der Erdoberfläche vor. Geringe jahreszeitl. Schwankungen der Zusammensetzung sind vom Wasser der Tassiloquelle bekannt.	Die in der Gründungsurkunde des Stiftes Kremsmünster (777) genannte Saline wurde im 14. Jh. wieder verschlagen. Seit um 1820 wird die Jodssole balneologisch genutzt; ab 1852 Aufschwung des Kurbetriebs. Seit den 1950er-Jahren verfügen die Kuranstalten zur Jodssole-Gewinnung über die nicht-fündige Ölböhrung <i>Bad Hall</i> f (1956) und 9 sog. Strukturbohrungen der RAG sowie drei eigene Bohrungen. Die gering-ergiebigsten zwei natürlichen Vorkommen werden weiter genutzt.	Der geringe Tritium-Gehalt (0,4 ± 0,3 TU) des Wassers in der 15 m tiefen Fassung der Tassiloquelle , und geringe Schwankungen der NaCl- und Iodid-Konzentration über das Jahr 1984 lassen einen gewissen Einfluß rel. junger Wässer auf die Zusammensetzung vermuten; Genaueres ist nicht bekannt. Die Jodwasser-Vorkommen der Oberen Puchkirchen-Formation sind völlig isoliert; das hochgespannte Wasser wird aus tiefen Bohrbrunnen gefördert.	Im Bereich des Sulzbachtals liegt die Mineralisierung der Jodssole aus Bohrungen bei nur 15,5 g/l, das ist wenig höher als beim Wasser der Tassiloquelle (13,6–14,6 mg/l). Die Methan-Führung des Untergrundes im Bereich des Sulzbachtals hat schon zu Brandunfällen geführt (beim Reinigen der Fassung der Tassiloquelle; Brand einer Wasserbohrung bei Sitzleinsdorf).	S2 S1

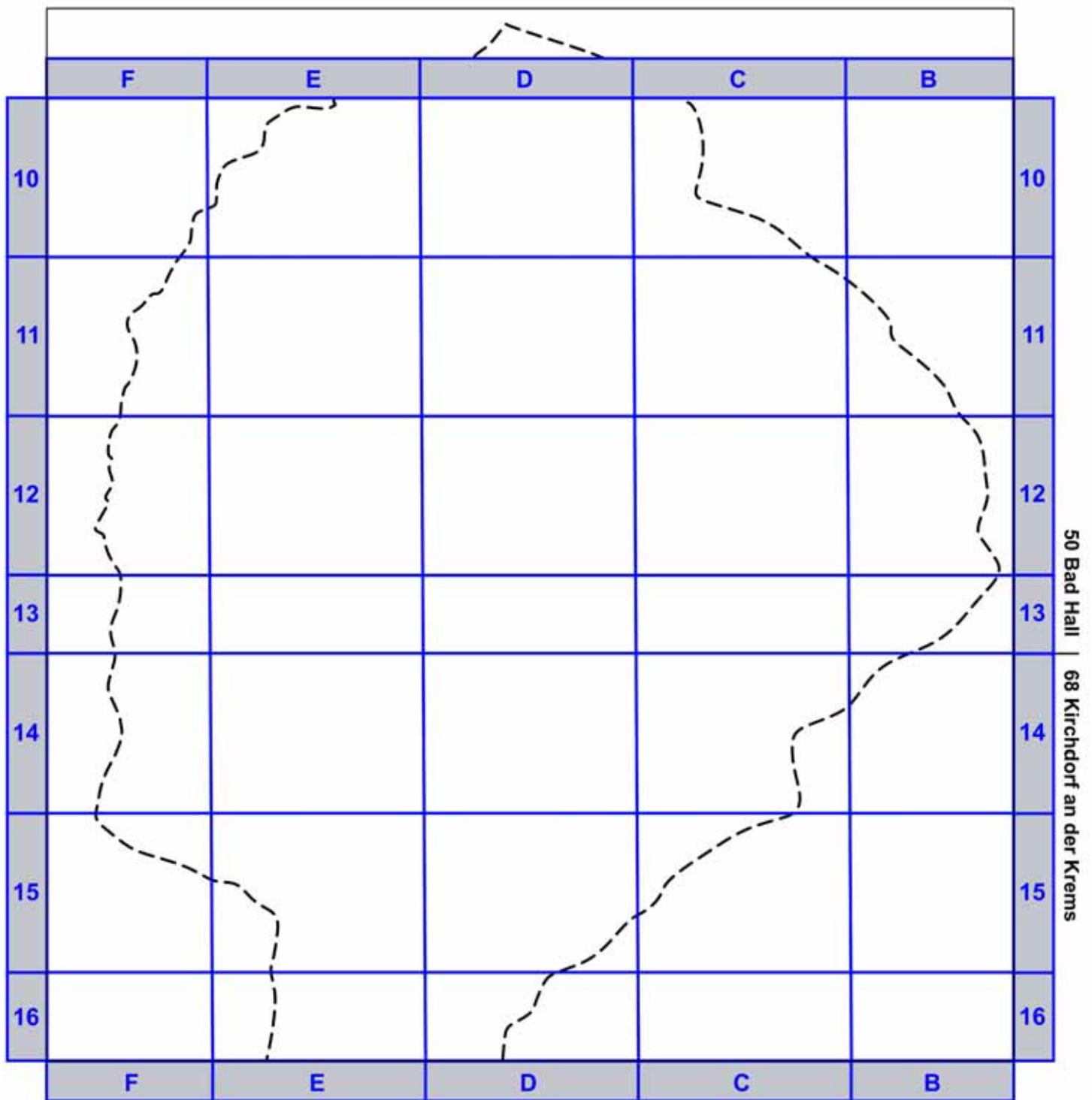


Schematisches
geologisches W-E-Profil
durch die
Umgebung von Bad Hall (OÖ)
zur
groben Klassifizierung
der
Grundwasservorkommen

Entwurf: W. Straka
Wien, April 2008

GW-Haupttyp	Legende	Geologie	GW-Typ	Art des Aquifers (A.)	Ausmaß/Voraussetzungen der GW-Gefährdung ▼
VIII – Talfüllung		Rezente Talfüllung	RT	lokaler A.: Tal-Grundwasser (insbes. Kremstal)	hoch: Drainage/Bewirtschaftung ehem. versumpfter Talsohlen
VII – Dellenfüllung		Dellenfüllung	D	lokaler A.: generelle Verbreitung fraglich	hoch: Versickerung am Dellenrand (Lößlehm teilw. abgetragen)
VI – Deckschichten		Lehmige Deckschichten	L2 L1	lokaler A.: Hangwasser, z.T. gestaut; Sekundärquellen lokaler A.: Sickerwasser und Staunässe über "Pechschotter"	versch.: je nach Bewirtschaftung; geringer unter Waldbedeckung; Verletzung der Lehmdecke bei Bauvorhaben
V – Talgebundene Terrassenschotter		Hochterrasse	HT	lokaler A.: z.T. gespeist aus K3, S4, S3 (Kremstal, Sulzbachtal)	hoch: geringmächtige Verwitterungs- und Staublehmdecke
IV – Moräne		Mindelmoräne	M2 M1	lokaler A.: seichtes Grundwasser lokale, kommunizierende Aquifers: teilw. gespanntes GW	versch.: geringer Flurabstand der seichten GW; Versickerung in Kieseinschaltungen
III – Nicht talgebundene Terrassenschotter		Kies-Konglomerat-Gruppe: Jüngere Deckenschotter (JDS) Weiße Nagelfluh (WNF) Ältere Deckenschotter (ÄDS)	K4 K3 K2 K1	lokaler A.: GW über WNF gestaut (WNF als relativer Stauer) ergiebiger A. in Kies/Konglomeraten unter Moräne lokale, schwebende Aquifers in JDS über ÄDS ergiebiger A.: GW der ÄDS unter Lößlehmdecke	gering bis hoch je nach topogr. Lage und Überdeckung: Ausdünnen der Überdeckung gegen die Ränder der Moräne; Abtragung von Deckschichten (Steilhänge, Terrassen- und Dellenränder); Einsickerung durch Verwitterungsschote
II – Junges GW der Molasse		Schlier: Robulus-Schlier (Otnang) Hall-Fm. (Eggenburg) Puchkirchen-Gruppe (Eger)	S4	Kluft-A.: Auflockerungszone und Störungen der Molasse gespannter Poren-A. (Sandhorizonte) im Robulus-Schlier Iod-Brom-führendes Formationsw. der Haller Basisschichten Iod-Brom-führendes Formationsw. der Puchkirchen-Gruppe	hoch (S4) bis sehr gering (S1): Kommunikation mit Aquifers der quartären Überdeckung über tektonisch oder verwitterungsbedingte Auflockerungszonen, an Talflanken auch mit oberflächennahem Grund- und Sickerwasser
I – Formationswasser der Molasse			S3 S2 S1		

- BEMERKUNGEN:**
- (1) **Quartär 16-fach überhöht**; das Einfallen im Schlier ist dagegen möglichst flach gezeichnet.
 - (2) Es handelt sich um ein **Sammelprofil**, insbesondere was die Molasse betrifft: in der linken Bildhälfte geht das Profil durch den Robulus-Schlier etwa in NW Richtung.
 - (3) Durch die **Bad Haller Schuppenzone** ist die Struktur der Molasse hochkompliziert und nur zum Teil bekannt.
 - (4) Die **Abschiebungen** im Profil entsprechen der Interpretation BRAUMÜLLERS (1959).
 - (5) Alle **lehmigen Deckschichten** sind zusammengefaßt, ob es sich dabei um Lößlehm handelt, um Hanglehm oder Grundmoräne.
 - (6) Die **vermutete Günzmoräne** ist zwischen ÄDS und Mindelmoräne mit eingezeichnet (graublau ohne Übersignatur).
 - (7) **Dellen** verdienen besondere Beachtung, auch wenn sie kein eigenes GW führen, weil sie wichtige Versickerungszonen darstellen.
 - (8) Die Angaben zum **Ausmaß der GW-Gefährdung** sind grobe Abschätzungen und beziehen sich immer auf die genannten Voraussetzungen.



Beilage 6 Suchraster zur Auffindung der untersuchten Wasserspender nach deren Objektcode (vgl. Anhang A): Die ersten drei Stellen des Objektcodes bezeichnen den Quadranten der Brunnen- und Quellenaufnahme. Die Grenze des Untersuchungsgebietes wird durch die strichlierte Linie umrissen. Kartengrundlage: ÖK 50 Bl. 50 *Bad Hall* und Bl. 68 *Kirchdorf an der Krems*; die Grenze der beiden Blätter ist am rechten Bildrand angedeutet.