

Bibliothek der Geologischen Bundesanstalt  
Wissenschaftliches Archiv

Inv.Nr.:

A 19977

Standort

R

Ordnungs-Nr.:

Vertraulichkeit

3

AZ:

№

115



RegioKAT NEU  
Grund- und Trinkwasserwirtschaft

BERICHT 1999

das Projekt

ER TRAUN - ENNS - PLATTE"

**TEILPROJEKT:**  
**KREMSMÜNSTER - BAD HALL - WARTBERG**

der O.-Ö. L.-R.: BauW-II/LG-930007/8-1998/KOL/HB

VON

**H. HÄUSLER & W. STRAKA**

88 Seiten, Anhang A-D, Beilagen 5-7



Institut für Geologie, Geozentrum der Universität Wien

Wien, 1. 7. 1999

Univ.-Prof. Dr. phil. Hermann HÄUSLER  
cand. geol. Wolfgang STRAKA

Universität Wien  
Althanstraße 14  
A-1090 WIEN

T: 01/31 336/1920  
F: 01/31 336/782

E: Hermann.Haenusler@univie.ac.at

Geol.B.-A. Wien



10 181  
Regional-  
archiv

Nr.: 10180



A 1997-R

# ENDBERICHT 1999

über das Projekt

**"TIEFENGRUNDWASSER TRAUN - ENNS - PLATTE"**

**TEILPROJEKT:**

**KREMSMÜNSTER - BAD HALL - WARTBERG**

der O.-Ö. L.-R.: BauW-II/LG-930007/8-1998/KOL/HB

von

**H. HÄUSLER & W. STRAKA**

**88 Seiten, Anhang A-D, Beilagen 5-7**



**Institut für Geologie, Geozentrum der Universität Wien**

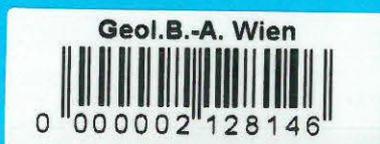
**Wien, 1. 7. 1999**

**Univ.-Prof. Dr. phil. Hermann HÄUSLER**  
**and. geol. Wolfgang STRAKA**

Universität Wien  
Althanstraße 14  
A-1090 WIEN

T: 01/31 336/1920  
F: 01/31 336/782

E: Hermann.Hausler@univie.ac.at



# Inhalt

Zusammenfassung .....	4
<b>1.0 Einleitung.....</b>	<b>11</b>
<b>2.0 Hydrochemische und hydrophysikalische Untersuchungen.....</b>	<b>14</b>
2.1 Probenahme.....	14
2.2 Parameter und Bestimmungsmethoden.....	15
2.2.1 Organoleptische Eigenschaften.....	15
2.2.2 Wassertemperatur (WT).....	16
2.2.3 Elektrische Leitfähigkeit (LF).....	16
2.2.3.1 LF-Messung.....	17
2.2.3.2 Das LF-Meßgerät.....	18
2.2.4 Wasserstoff-Ionenaktivität (pH).....	18
2.2.4.1 pH-Messung.....	18
2.2.4.2 Das pH-Meßgerät.....	21
2.2.5 Redoxpotential ( $E_H$ ).....	22
2.2.5.1 Messung des Redoxpotentials.....	22
2.2.6 Gelöster Sauerstoff ( $O_2$ ).....	24
2.2.6.1 Messung des gelösten $O_2$ .....	26
2.2.6.2 Das $O_2$ -Meßgerät.....	28
2.2.7 Gesamthärte (GH).....	29
2.2.7.1 Bestimmung der Gesamthärte.....	30
2.2.7.2 Reagenziensätze zur GH-Bestimmung.....	31
2.2.8 Calcium ( $Ca^{2+}$ ).....	31
2.2.9 Magnesium ( $Mg^{2+}$ ).....	32
2.2.10 Kalium ( $K^+$ ).....	32
2.2.10.1 Bestimmung von Kalium.....	33
2.2.11 Eisen ( $Fe^{2+}$ , $Fe^{3+}$ ).....	33
2.2.11.1 Bestimmung von Eisen ( $Fe^{II} + Fe^{III}$ ).....	33
2.2.12 Mangan ( $Mn^{2+}$ ).....	35
2.2.12.1 Bestimmung von Mangan.....	35

Die genauere Charakteristik der Grundwassertypen kann, gegliedert aufgrund der obigen Unterscheidungen, folgendermaßen (**Haupttypen A-F**) zusammengefaßt werden:

**A) Grundwasser der nicht talgebundenen quartären Sedimente des Hügellandes der Mindelmoräne:**

- **GW-Typ Ms (*Mindel, seicht*):** Ein großer Teil des in die Moräne eingesickerten Wassers verbleibt einige wenige Jahre in lokalen seichten Aquiferen. Der Flurabstand sehr seichter Vorkommen beträgt z.B. 2 m, unter Kuppen steigt er bis auf ca. 20 m, in flachen Sätteln des Moränenrückens liegt die Grundwasseroberfläche stellenweise brach. Es gibt einen Hangwasserzug in Richtung der Quellaustritte an den Talflanken und örtlich sehr verschiedene Möglichkeiten zur Weitersickerung in tiefere Grundwasserstockwerke. Die meisten Fassungen von Grundwasser der Mindelmoräne fördern aus diesen seichten Vorkommen.

Die räumliche und zeitliche Variation der hydrochemischen Eigenschaften ist wesentlich größer als bei Grundwasser in tieferen Aquiferen; die Unterschiede zum folgenden Typ Mt (*Mindel, tief*) sind graduell. In einem Bereich der Westflanke der Mindelmoräne konzentrieren sich Vorkommen mit auffallend geringen Werten für die Parameter Nitrat und Nichtkarbonathärte (NKH); ansonsten schwankt der Nitratgehalt stark mit Maxima in Herbst und Frühjahr, und ist (jedenfalls  $> 30 \text{ mg/l NO}_3$ ) für einen wesentlichen Teil der NKH verantwortlich.

- **GW-Typ Mt (*Mindel, tief*):** Stapel vertikal verbundener grobkörniger Einschaltungen in der Moräne schaffen Sickerwege in tiefere Schichten, bei Abdichtung nach unten – vor allem an der Westflanke der Mindelmoräne – in isolierte gespannte Aquifere, in den nördlichen Ausläufern der Moräne und unter deren höchster Erhebung ganz im Süden derselben bis in den darunterliegenden Kieskörper (GW-Typ K3). Die mittlere Verweilzeit kann in den isolierten Grundwasserkörpern und auf manchen Sickerstrecken bis zu mehreren Jahrzehnten betragen. Einige wenige ergiebige Quellen und Brunnen fördern Grundwasser dieses Typs.

In den an Kristallinkomponenten-reichen Teilen der Moräne kann das Grundwasser verstärkt Magnesium (Mg) aufnehmen, teilweise auch Eisen (Fe) und Mangan (Mn); in weitgehend isolierten Grundwasserkörpern können Fe- und Mn-Gehalte bis zum zweifachen der Trinkwasser-Grenzwerte (für *geogene* Gehalte) ansteigen und damit zu Problemen bei der Verwendung des Wassers führen. Die Nitrat-Konzentrationswerte schwanken weniger als im seichten Grundwasser des Typs Ms, und liegen wegen der geringeren Überdeckung bei *Quellen* deutlich höher als in *Brunnen* dieses Typs (Durchschnitt über alle Quellen  $> 50 \text{ mg/l NO}_3$ ).

- **GW-Typ K4 (*Graue Nagelfluh; GNF*):** Einige Brunnen und Quellen liefern zur Nutzung durch landwirtschaftliche Betriebe ausreichendes Grundwasser, das sich über der Weißen Nagelfluh (WNF) staut, wahrscheinlich besonders nahe Talflanken, wo die WNF stärker verfestigt ist (Talrandverkittung). Die chemischen Eigenschaften variieren im Wertebereich der Typen Ms und Mt (bzw. M1 und M2), – räumlich, weil es sich um unzusammenhängende Grundwasservorkommen handelt, zeitlich, weil diese Vorkommen eher mit dem seichten Grundwasser des Typs Ms verbunden sind.

- **GW-Typ K3 (Kies-Konglomerat-Gruppe; KKG):** Als „Kies-Konglomerat-Gruppe“ wird ein aus ÄDS, WNF und teilweise auch GNF zusammengesetztes, ergiebiges Grundwasserstockwerk zwischen dem Molasseuntergrund und der Mindelmoräne bezeichnet. Es handelt sich um lokal versickertes, sauerstoffreiches, unter mächtiger Moränenbedeckung relativ gering mineralisiertes und kaum nitratbelastetes Wasser, das sich im gesamten Fließsystem (vertikale Versickerung durch die Moräne; Abfließen in der KKG nach Norden und Osten) durchschnittlich etwa 1–3 Jahrzehnte aufhält. Im südlichen Verbreitungsgebiet der KKG findet man zeitlich variierende Mischalter mit noch wesentlich älteren Komponenten. Etliche tiefe Brunnen, darunter alle *Bohrbrunnen* im Gebiet der Mindelmoräne, fördern Grundwasser dieses Typs. Ergiebige Quellen befinden sich vor allem in den Tälern der nördlichen und östlichen Ausläufer des Moränen-Hügellandes.

Mineralisierung und Nitrat-Konzentrationswerte von Grundwasser aus *Quellen* sind wesentlich höher als die entsprechenden Werte für tiefe *Brunnen* dieses Typs (regelmäßig  $> 50 \text{ mg/l NO}_3$ ). Die Gefährdung insbesondere der Quellwässer ergibt sich aus (a) der Abnahme der Bedeckungshöhe und damit der Filterwirkung der Moränensedimente in Grundwasserfließrichtung auf die Ränder der Moräne zu, und (b) der örtlich gegebene Unterstützung der vertikalen Versickerung und Zumischung relativ junger Wässer durch übereinandergestapelte Kieskörper innerhalb der Moräne, z.B. im Bereich Sommersdorf–Dehenwang–Hading (SE' Kremsmünster).

#### **B) Grundwasser der nicht talgebundenen quartären Sedimente der ÄDS-Hochfläche:**

- **GW-Typ L1 (Lößlehmdecke):** Die Lößlehmdecke der ÄDS nimmt das Niederschlagswasser zunächst vollständig auf und gibt den größten Teil durch Evapotranspiration wieder an die Atmosphäre ab. Ein geringer Teil des Sickerwassers staut sich über der autochthonen Verwitterungsschwarte der ÄDS („Pechschotter“) und bedingt eine schwache Grundwasserführung an der sandigeren Basis der Lehmdecke. Wechselnde Einflüsse des Niederschlags und der Evapotranspiration bedingen extreme Schwankungen der Mineralisierung. Dieses Stauwasser über den Pechschottern ist unergiebig und wird (heute nur mehr) selten genutzt.
- **GW-Typ K2 (schwebender Grundwasserleiter):** Zwischen einer Linie Sitzleinsdorf–St. Blasien–Steinersdorf und dem morphologischen Nordrand der Flyschzone ist ein schwebender Grundwasserleiter entwickelt, der wahrscheinlich von JDS gebildet wird. Der Stauhohizont aus umgelagerten Verwitterungsprodukten der Flyschzone und einzelner Molasserücken schützt das tieferliegende Grundwasser der ÄDS und verlängert dessen Versickerungszeit. Die hohe räumliche und zeitliche Variabilität der hydrochemischen Zusammensetzung haben damit zu tun, daß der schwebende Aquifer nicht durchgehend entwickelt ist und stark durch frisches Sickerwasser beeinflusst werden kann. Vereinzelt Hausbrunnen fördern Grundwasser dieses Typs; die meisten Brunnen im selben Gebiet entnehmen dagegen Grundwasser des Typs K1 aus dem daruntergelegenen Stockwerk.

- **GW-Typ K1 (Ältere Deckenschotter i.e.S.; ÄDS):** Die Infiltration in den Grundwasserleiter der ÄDS erfolgt wegen Undurchlässigkeit der Pechschotter hauptsächlich über Verwitterungsschlote und Dellenränder, im gesamten Gebiet der ÄDS-Hochfläche; im Verbreitungsgebiet des schwebenden Grundwasserleiters über die Zwischenstufe K2; am Südrand des ÄDS-Körpers ist Versickerung von Oberflächenwasser oder oberflächennahem Grundwasser der Flyschzone möglich. Die Fließrichtung tendiert, der Topographie der Molasseoberfläche folgend, nach NW bis NE, östlich von Edtbach und Sulzbach NNE bis NE. Die mittlere Verweilzeit von etwa 2 Jahrzehnten ist im Norden und Süden des Untersuchungsgebietes gleich, unter dem schwebenden Grundwasserleiter etwas länger. In diesem Grundwasserstockwerk stehen zahlreiche ergiebige Brunnen. Die ergiebigen *Quellen* sind meist, wenn nicht für Trinkwasser, dann für Teichanlagen gefaßt.

Der Abbau von Silikaten der zahlreichen Kristallinkomponenten der ÄDS reichert das Grundwasser nicht an Silizium (Si), wohl aber an Magnesium (Mg) an (relativ zu Calcium [Ca]): das Mg/Ca-Verhältnis liegt bei durchschnittlich 0.5 (bzw.  $Ca/Mg \approx 2$ ). Die Nitrat-Konzentration variiert zwischen 25 und 75 mg/l  $NO_3$  mit jahreszeitlichen Maxima in Herbst und Frühjahr; in Brunnen liegt sie am unteren Ende dieses Wertebereichs. Nitrit ( $NO_2$ ) und Ammonium ( $NH_4$ ) sind regelmäßig nachweisbar.

Im allgemeinen bewirken die mächtigen Deckschichten aus Pechschotter und Lößlehm einen wirksamen Grundwasserschutz. Dieser wird auf vier verschiedene Arten durchbrochen: (1) Verwitterungsschlote können punktuell gute Versickerungsmöglichkeiten schaffen; (2) Dellen, an deren Rändern die Deckschichten teilweise abgetragen sind, wirken als Wassersammelstellen bei heftigen Niederschlagsereignissen; (3) Erosionsreste von Terrassen (Terrassensporne) tragen naturgemäß nur mehr einen Teil ihrer Deckschichten; (4) steile Talflanken sind oft ohne nennenswerte Hanglehmdecke, weniger steile können landwirtschaftlich genutzt werden.

Im Verbreitungsgebiet des schwebenden Aquifers (Typ K2) ist das Grundwasser der ÄDS durch dessen Stauhorizont geschützt. Knapp außerhalb (in Fließrichtung, d.h. nördlich) dieses Bereichs wird die Zusammensetzung des Grundwassers durch Mischung dreier Komponenten bestimmt: (1) Grundwasser der ÄDS unter dem tonigen Stauhorizont; (2) Grundwasser des Typs K2, das über die Ränder des schwebenden Aquifers in die ÄDS einsickert und die Schwankungsbreite seiner eigenen Zusammensetzung auf das Grundwasser im tieferen Stockwerk überträgt; (3) Grundwasser der ÄDS-Deckschichten (Typ L1), das über Verwitterungsschlote und Dellenränder einsickert.

### C) Junges Grundwasser der Molasse:

- **GW-Typ S4 (*Junges Kluftgrundwasser der Molasse*):** Ergiebige, gut definierte Austritte von Kluftgrundwasser der Molasse („Schlierspaltenquellen“, z.T. aber auch Stauquellen am Rand der Talfüllung) sind häufig und werden fast alle genutzt, auch wegen der Annahme, daß deren Gefährdung geringer sei als die der „Schotterwässer“ (Typ K1, K3). Tatsächlich ist das Kluftgrundwasser der Molasse vom Grundwasser des hangenden Quartär ableitbar und unterliegt daher denselben Gefährdungsmomenten. Die Einsickerung erfolgt aus der KKG und den ÄDS in die Entfestigungszone der Molasse.

Insbesondere Störungzonen und die Entlastungszone an Talflanken (Talklüftung) ermöglichen ein rasches Abfließen; die mittlere Verweilzeit (im gesamten Fließsystem) liegt im Bereich der „Quartärwässer“ (K1, K3; kürzer oder länger je nach Fließweg).

Die hydrochemischen Eigenschaften der Herkunftstypen (K1, K3; Unterschied im Mg/Ca-Verhältnis) prägen diesen Typ; mit dem anders gearteten Jungen *Porengrundwasser* der Molasse (Typ S3) verbindet ihn allerdings der Gehalt an Kieselsäure von > 5 (max. 10) mg/l Si.

- **GW-Typ S3 (*Junges Porengrundwasser der Molasse*):** Dieses Grundwasser regeneriert sich durch Einsickerung aus dem hangenden Quartär in die südwärts ansteigenden, vor dem Nordrand der Bad Haller Schuppenzone an der Molasse-Oberfläche austreichenden Sandschichten insbesondere des „Robulus-Schlier“ (Innviertler Serie). Es leitet sich zwar ebenso wie das Kluftgrundwasser derselben Schichten (Typ S4) vom Grundwasser der quartären Sedimente (Typ K1, K3) ab, fließt aber wesentlich langsamer, verweilt daher länger (durchschnittlich 2–3 Jahrzehnte im gesamten Fließsystem), und nimmt wegen der Isolierung vom Hangenden und mangels Austausch mit dem relativ rasch fließenden Kluftgrundwasser eine völlig andere hydrochemische Charakteristik an:

Wegen Sauerstoffzehrung findet eine mikrobiotische „Veratmung“ von Nitrat, Fe/Mn-Sulfiden oder -Oxiden und Sulfat statt, sodaß Konzentrationen an reduzierten Stickstoff-, Fe- und Mn-Spezies (also Nitrit, Ammonium, Fe<sup>II</sup>, Mn<sup>II</sup>) bis weit über den Trinkwasser-Grenzwerten sowie leichte Schwefelwasserstoff-Führung auftreten. Sauerstoff und (in Folge) Nitrat werden also mikrobiotisch abgebaut; das Redoxpotential ( $E_{H}$ ) sinkt entsprechend. Daß die Konzentration der Kieselsäure auf bis zu 12 mg/l Si ansteigen kann, ist auf die Lösung zahlreich vorhandener feinsten Quarzkörner zurückzuführen.

Grundwasser dieses Typs wird nur vereinzelt aus Brunnen, häufiger aus Entwässerungen gefördert und tritt sonst nur in unergiebigem Quellen (nicht selten mit orangen Fe-Oxidfällungen) zutage, die unmittelbar neben wesentlich ergiebigeren Kluftquellen (Typ S4) liegen können, deren Wasser *Fe-frei* ist. Probleme mit der Verwendung treten wegen Fe/Mn-Krustenbildung und Korrosion durch Sauerstoffarmut auf. Kontamination ist nur im Bodenniveau möglich; die hohen Fe/Mn-Gehalte sind geogen.

#### D) Formationswasser der Molasse:

- **GW-Typ S2 (*Formationswasser der Haller Basisschichten*):** Iod-Brom-führendes NaCl-Wasser in Sandhorizonten an der Basis der Hall-Formation („Haller Schlier“) tritt in zwei gering-ergiebigen, zur balneologischen Nutzung gefaßten Quellen im Sulzbachtal (Tassiloquelle) und im Fernbachtal (Guntherquelle) zutage. In diesem Bereich kommt so gut wie Tritium-freies Grundwasser („Tiefengrundwasser“) knapp unter der Erdoberfläche vor. Der geringe Tritiumgehalt ( $0.4 \pm 0.3$  TU) und geringe (jahreszeitliche?) Schwankungen des Wassers im 15 m tiefen Schacht der Tassiloquelle lassen allerdings einen gewissen Einfluß relativ junger Wässer auf die Zusammensetzung vermuten.
- **GW-Typ S1 (*Formationswasser der Puchkirchen-Gruppe*):** Dieses Formationswasser ist in der Oberen Puchkirchen-Formation verschiedentlich erbohrt worden. Es handelt sich ebenfalls um ein hochmineralisiertes, Iod-Brom-führendes NaCl-Wasser, das außerdem biogenes Methan enthält und durch die Kuranstalten Bad Hall der balneologischen Nutzung zugeführt wird. Es ist am (derzeitigen) hydrologischen Kreislauf überhaupt nicht beteiligt, und aus dem Mangel an Zusammenhang zwischen der Tiefe und den J/Cl-Verhältnis kann man schließen, daß die einzelnen Grundwasserleiter dieses Typs auch untereinander isoliert sind.

#### E) Grundwasser der Flyschzone:

- **GW-Typ Fy (*Flyschzone*):** Grundwasser der Flyschzone zeichnet sich im typischen Fall durch seine geringe Mineralisierung aus. Die meisten Quellen zumindest im Bergland schütten sehr junges Wasser (aus den vergangenen paar Jahren), das sich noch eine Zeitlang in der Verwitterungszone aufhält, nachdem diese den größten Teil des einsickernden Niederschlags über den schnellen Zwischenabfluß wieder abgegeben hat. Geogene Fe- und Mn-Gehalte über den Trinkwasser-Grenzwerten kommen vor.

#### F) Grundwasser der talgebundenen quartären Sedimente:

- **GW-Typ D (*Dellenfüllung*):** Dellen (langgestreckte Senken ohne perennierendes Gerinne) sind typisch für die ADS-Hochfläche. Sie stellen wichtige Versickerungszonen dar, führen aber an der meist gröberen Basis ihrer Sedimentfüllung auch ein eigenes Grundwasser. Es wird – wenn überhaupt – nur durch Entwässerungen erschlossen und ist zur Nutzung ungeeignet. Die Dellen fungieren bei heftigen Niederschlägen als Leitlinien der Entwässerung; Auswaschung von Schadstoffen aus dem Boden und die Bewirtschaftungsform wirken sich daher unmittelbar aus.
- **GW-Typ HT (*Hochterrasse*):** Die HT ist an vor-rißzeitlichen Taleinschnitten sowohl quartären Sedimenten als auch Molassesedimenten talwärts vorgelagert und nimmt daher Grundwasser aus beiden auf. Ergiebig sind resultierende Grundwasservorkommen (im Untersuchungsgebiet) allerdings nur an der Kremstal-Südseite östlich Kremsmünster, und werden dort mittels einiger Brunnen und weniger Quelfassungen auch zur Trinkwasserversorgung genutzt. Aufgrund der Speisung aus verschiedenen Grundwasserstockwerken, denen die HT vorgelagert ist, nehmen die hydrochemischen Eigenschaften eine Mittelstellung zwischen den Herkunftstypen (K3, S4, S3)

ein, mit Ausnahme der relativ hohen Chlorid-Gehalte, die zumindest hier auch ein Verschmutzungsindikator sind.

- **GW-Typ L2 (*Hangwasser und Sekundärquellen*):** Es handelt sich um Mischwasser, abgeleitet von bergseitig aus verschiedenen Grundwasserstockwerken (einschließlich der Hochterrasse) andrängenden Wässern (Typ K1, K3, S4, S3, HT). An hydrochemischen Besonderheiten sind zu nennen: Aufkonzentration (ablesbar am Chlorid-Gehalt) durch den Einfluß der Evapotranspiration, und stellenweise Manganführung ohne entsprechende Fe-Führung, vermutlich wegen Fällung des letzteren im Bodenniveau. Eine Nutzung kommt nur in Frage, wo durch stauende Hanglehne der Austritt ergiebiger Quellen bloß auf einem tieferen Niveau erzwungen wird (Sekundärquellen). Grundwasservorkommen dieser Art werden verschiedentlich für Teichanlagen genutzt.
- **GW-Typ RT (*Rezente Talfüllung*):** Einsickerung von Grundwasser aus den Talflanken in die rezente Talfüllung ist in verschiedenen Bereichen der großen Täler gegeben. Im Sulzbachtal mischt sich Junges Porengrundwasser der Molasse (Typ S3) zum Begleitstrom des Baches. Im Kremstal gelangt Grundwasser von den Talflanken über Schwemmfächer in ein ungespanntes höheres, von Hangwasser aus Aquiferen verschiedenen Typs in ein (bis über das Niveau der Talfüllung) gespanntes tieferes Stockwerk.

## 1.0 EINLEITUNG

Der vorliegende Endbericht über die **Ergebnisse hydrochemischer, hydrophysikalischer und isotopengeophysikalischer Untersuchungen** ist der 2. und abschließende Teil des erweiterten hydrogeologischen Untersuchungsprogrammes über das "Tiefengrundwasser der Traun-Enns-Platte, Teilprojekt Kremsmünster - Bad Hall - Wartberg" (BauW-II/LG-930007/8-1998-KOL/HB). Die GIS-Ausarbeitungen resultieren in einer **Aufstellung "hydrochemisch begründeter" Grundwassertypen**, die teilweise noch eine Differenzierung der bereits in Teil 1 (H. HÄUSLER & W. STRAKA, 1998) aufgestellten **"hydrogeologisch begründeten"** Grundwassertypen ermöglichen.

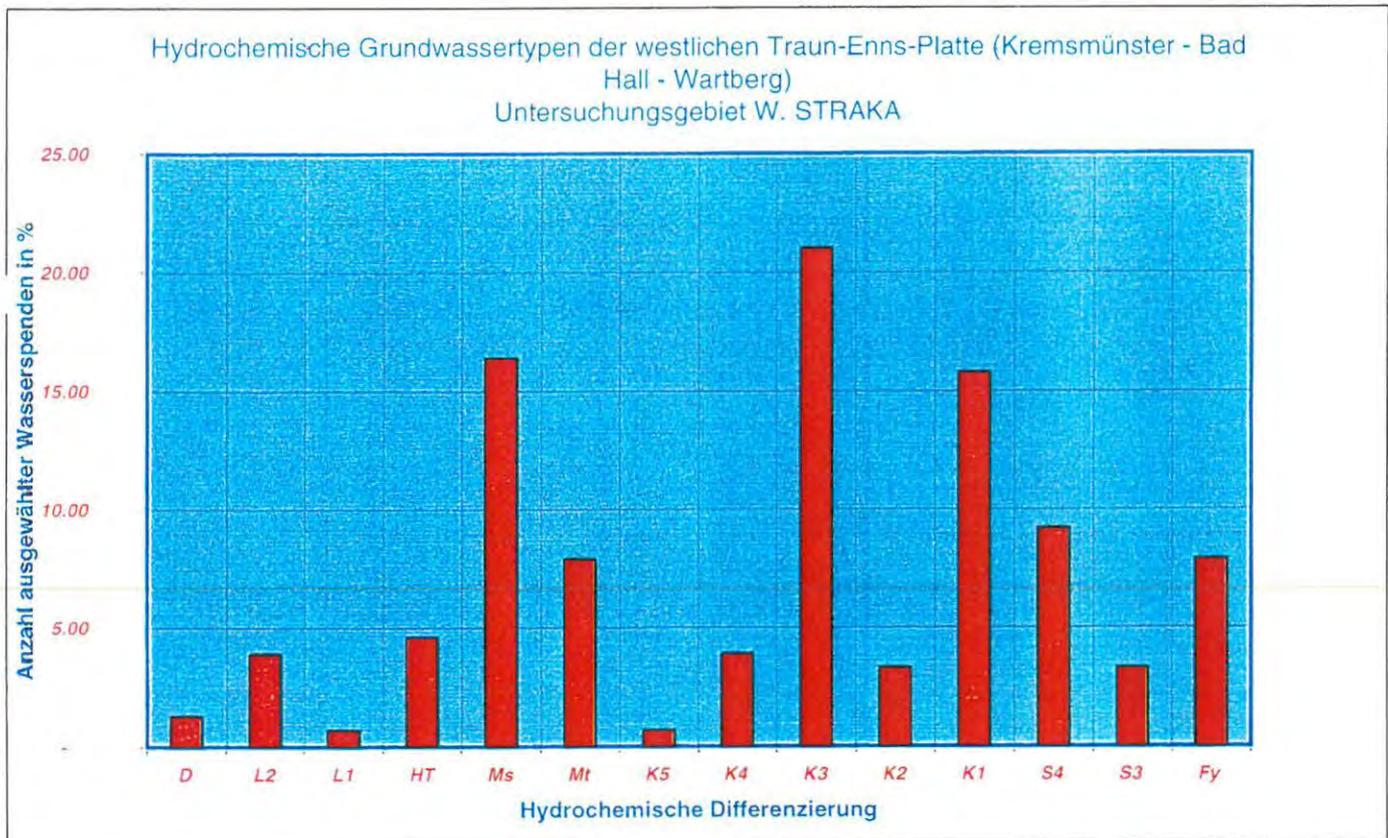
Die Geländearbeiten wurden von Herrn Wolfgang Straka im wesentlichen in den Jahren 1996-97 durchgeführt. Die fundierte Einarbeitung sowohl in die Quartärgeologie der westlichen Traun-Enns-Platte als auch in die Hydrochemie zur Differenzierung verschiedener Grundwasserstockwerke bilden die Grundlage seiner hydrogeologischen Dissertationsarbeit. Umfang und Intensität der hydrochemischen Untersuchungen im Raum „Kremsmünster - Bad Hall - Wartberg“ rechtfertigen auch die entsprechend ausführliche **Erläuterung der hydrochemischen und hydrophysikalischen Methoden** im vorliegenden Endbericht. In kaum einem Lehrbuch wird eine für den Hydrogeologen verständlichere Darstellung der untersuchten Parameter und Bestimmungsmethoden zu finden sein.

Aus technischen Gründen wurde - wie beim 1. Berichtsteil - wiederum der Text von den Abbildungen und Tabellen getrennt. **Anhang A** beinhaltet 63 Abbildungen und 13 Tabellen. In **Anhang B** sind alle bearbeiteten Wasserspenden tabellarisch aufgelistet. Alle hydrochemischen Meßwerte finden sich in **Anhang C**. In **Anhang D** wird zwischen der geologischen Position (geologisch bedingter GW-Typ) der einzelnen Wasserspenden und ihrer hydrochemischen Charakterisierung (hydrochemisch bedingter GW-Typ) unterschieden.

Die Größe des erweiterten Bearbeitungsgebietes umfaßt etwa **120 km<sup>2</sup>**. Von **262 bearbeiteten Brunnen und Quellen** entfallen somit durchschnittlich etwa 2 Wasserspenden pro Quadratkilometer. Von diesen wurden wiederum ca. 60% ausgewählt und die Meßdaten von **126 Objektgruppen** (Quellgruppen und/oder Brunnen) **geostatistisch** ausgewertet.

Die kartographischen **GIS-Darstellungen hydrologischer Parameter** (Anhang A) basieren auf einer **generalisierten geologischen Grundkarte** des Untersuchungsgebietes (Abbildung 1). Eine übersichtsmäßige Darstellung des Präquartär einschließlich der Isohypsen der erosiven Flysch- und Molasseoberfläche bietet Abbildung 1a. Ferner gibt Abbildung 2 einen Überblick über Lage, Art, Grundwassertyp und Ergiebigkeit von 126 ausgewählten Brunnen und Quellen (bzw. Quellgruppen). Die vereinfachte geologische Legende des Untersuchungsgebietes aus Abbildung 1 (Anhang A) wurde in der Folge in allen farbigen Kartendarstellungen beibehalten.

Der Anteil an Quellen und Brunnen, die zur **Aufstellung der hydrochemischen Grundwassertypen** geführt hat, ist aus dem nachfolgenden **Diagramm** ersichtlich. Während für die Aufstellung der meisten hydrochemischen Typen weniger als 5% der ausgewählten Wasserspenden ( $n = 152$ ) ausreichte, wurden für die Typisierung tieferer Stockwerke in den älteren Deckenschottern (K1) und in der Kies-Konglomerat-Gruppe (K3), aber auch in der seichten Moräne (Ms) 10-20% aller awsserspenden herangezogen. Auf Wasserspenden in der tieferen Moräne, im Schlier (S3) und in der Flyschzone entfallen je unter 10% der ausgewählten Brunnen und Quellen.



Für die hydrochemische und hydrophysikalische Differenzierung der Haupt-Grundwassertypen wurden folgende **22 hydrophysikalische und hydrochemische Parameter** untersucht: Organoleptische Eigenschaften, Wassertemperatur (WT), Elektrische Leitfähigkeit (LF), Wasserstoff-Ionenaktivität (pH), Redoxpotential ( $E_H$ ), Gelöster Sauerstoff ( $O_2$ ), Gesamthärte (GH), Calcium ( $Ca^{2+}$ ), Magnesium ( $Mg^{2+}$ ), Kalium ( $K^+$ ), Eisen ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ), Mangan ( $Mn^{2+}$ ), Säurebindungsvermögen (SBV), Karbonathärte (KH), Nichtkarbonathärte (NKH), Chlorid ( $Cl^-$ ), Ammonium ( $NH_4^+$ ), Nitrit ( $NH_2^-$ ), Nitrat ( $NO_3^-$ ), Kieselsäure (Si), Sulfat ( $SO_4^{2-}$ ) und Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ). Zur genetischen Unterscheidung von Wasserspenden wurden insgesamt **32 Isotopenuntersuchungen** (13 Sauerstoff-18- & 19 Tritium-Analysen) in Auftrag gegeben.

In einigen Fällen lassen sich Grundwässer in tieferen Stockwerken von darüberliegenden Grundwassertypen ableiten. Die im Text diskutierte **genetische Interpretation** spiegelt den gegenwärtigen Wissensstand wider. Es wäre jedoch wünschenswert, wenn diese Schlußfolgerungen im Zuge weiterführender Untersuchungen auf der Grundlage eines umfangreicheren Untersuchungsprogrammes (Jahresganglinien aussagekräftiger Parameter ausgewählter Wasserspenden) zusätzlich untermauert werden könnten.

Das **schematische geologische Profil (Beilage 5 - Profil)** zur Verdeutlichung der hydrogeologischen Zusammenhänge wurde gegenüber der Erstfassung (H. HÄUSLER & W. STRAKA, 1998; Beilage 4) aktualisiert. Die dazugehörige **Legende (Beilage 5 - Legende)** bietet eine ausführlichere tabellarische Auflistung der:

- Geologischen Einheiten
- Grundwasser-Typen
- Hydrologischen Charakteristik
- Hydrochemischen Charakteristik
- Erschließungsgrad und Nutzung
- GW-Gefährdungspotential &
- Regionalen Besonderheiten.

Eine übersichtsmäßige **Klassifizierung der Grundwasservorkommen in 8 Haupttypen und in 15 Subtypen** inklusive einer Kurzcharakterisierung des jeweiligen Aquifers und des Grundwasser-Gefährdungspotentials bietet **Beilage 6**.

Um sich bei der Diskussion der Grundwassertypen eine genaue Übersicht über die jeweiligen Lokalitäten zu verschaffen wird es häufig notwendig sein, auf die **überarbeitete hydrogeologische Karte (Beilage 7)** zurückzugreifen, welche eine Kombination aus der ergänzten Beilage 1 (Übersicht der Wasserspenden) und Beilage 2 (Kompilierte geologische Karte 1:20.000; H. HÄUSLER & W. STRAKA, 1998) darstellt.

Der **Codevergabe** für jede Wasserspende liegt ein Raster aus Buchstaben und Zahlen zugrunde, nämlich die Buchstaben B bis F von Ost nach West und die Zahlen 10-16 von Nord nach Süd aufsteigend (z.B. E14). Durch diese Vorgangsweise wurde bei der Aufnahme zusätzlicher Wasserspenden der Lokalbezug gewahrt, ohne daß fortlaufende Nummern zu einem unübersichtlichen Kartenbild geführt hätten. Der Code enthält ferner die Nummer der Quelle (Q) oder des Brunnens (B) (z.B. Brunnen B4 im Quadrat E14=E14B04). Vom Sachbearbeiter wurde zusätzlich eine Kurzbezeichnung eingeführt, die in vielen Fällen im Text angesprochen wird und für Vergleiche inhaltsreicher ist als der alleinige Zahlencode (z.B. E14B04 = PichAich). Es handelt sich z.B. bei PichAich somit um einen Brunnen des Gehöftes vulgo Aichner östlich Wartberg, nördlich Nußbach. Aus Datenschutzgründen wurde auch in den Tabellen anstelle des Volltextes nur diese Abkürzung des Brunnenbesitzers verwendet. Für die Orientierung der Codes auf den Karten in Anhang B wurde ein eigener **transparenter Suchraster** beigelegt.

## 2.0 HYDROCHEMISCHE UND HYDROPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN

Unter „hydrophysikalische Untersuchungen“ sind Beobachtungen zu Farbe und Trübung sowie Messungen der Wassertemperatur und der elektrischen Leitfähigkeit zu verstehen. 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. Dieses Hauptkapitel gliedert sich in:

- 1 *Probenahme*
- 2 *Parameter und Bestimmungsmethoden*
- 3 *Ergebnisse der hydrochemischen und hydrophysikalischen Untersuchung*

Anhang A enthält Illustrationen zu diesen Ausführungen (Probenahme: Abb. 3; Bestimmungsmethoden: Abb. 4–23; Verteilungskarten und Diagramme zu den Ergebnissen, gegliedert nach den Meßgrößen: Abb. 25–46).

### 2.1 *Probenahme*

Wasserproben aus Brunnen, Quelfassungen oder Wasserleitungen wurden generell als **Einzelproben**, durch Umfüllen aus den Probenahmegefäßen in luftdichte Hart-PE-Flaschen gewonnen.

Als **Probenahmegefäß** diente bei Brunnen- und tiefen Quelfassungen eine selbstgebaute Entnahmeflasche, die an einer Schnur hinabgelassen wird, sich bei Antreffen der Brunnensohle öffnet und beim Hochziehen schließt (Abb. 3). An nicht oder seicht gefaßten Quellen wurden Kunststoff-Bechergläser zum Aufnehmen des Wassers und Umfüllen in die PE-Flaschen verwendet.

Es wurde stets die **Beprobung des Brunnentiefsten und der dem Grundwasseraustritt nächstgelegenen Entnahmestelle** anderen Möglichkeiten vorgezogen. An einigen Orten war das nicht praktikabel, in der Mehrzahl wegen Schwierigkeiten, Schacht-Abdeckungen zu beseitigen, im Einzelfall auch wegen Verunreinigung des Brunnentiefsten durch Sinkstoffe. In diesen Fällen wurde dann auf eine Entnahme **an der Hauswasserleitung** zurückgegriffen, wenn kein Zapfhahn an der Steigleitung (vor dem Windkessel) vorhanden war.

Zur Entnahme an der Hauswasserleitung wurde das Verteilungssystem entleert oder der Zeitpunkt günstig gewählt (nach Tierfütterung u.ä.). **Nur ausnahmsweise wurde ein Brunnen ausgepumpt**; die Berechtigung für dieses Vorgehen ergibt sich daraus, daß fast nur Wasserversorgungsanlagen landwirtschaftlicher Betriebe aufgesucht wurden und aus dem relativ hohen Wasserverbrauch dieser Betriebe (einige tausend Liter pro Tag).

Weil im Rahmen dieser Untersuchung keine kostenintensive chemische Analytik von hoher Genauigkeit zur Anwendung kam, konnte **auch auf andere Vorsichtsmaßnahmen verzichtet** werden, etwa die Wasserentnahme unter Luftabschluß zur genaueren Bestimmung des Säurebindungsvermögens oder die getrennte Probenahme für Kationen und Anionen sowie Konservierungsmaßnahmen.

Die **Hart-PE-Flaschen für Transport und Aufbewahrung der Proben** werden mit einem unten offenen Stopfen geliefert, der in den Flaschenhals gesteckt wird, bevor man die Verschlusskappe aufschraubt. Beim Eindrücken des Stopfens wird die darin befindliche Luft miteingeschlossen, 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 bleiben und ohne Schaden für die Kunststoff-Flaschen auch gefrieren.

Von den vorgesehenen **Bestimmungen der chemischen Eigenschaften und Inhaltsstoffe** wurden einige (Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit, pH und Redoxpotential) vor Ort, die restlichen wenn möglich noch am selben Abend, spätestens jedoch am folgenden Tag mit Testbestecken der Firmen Merck und Macherey-Nagel durchgeführt. Diese Methoden werden weiter unten genauer erläutert (vgl. MERCK, 1993 und MACHEREY-NAGEL, 1995).

Die Proben zur **Bestimmung der Isotopendaten** (Tritium-Gehalt und Sauerstoff-18/16-Verhältnis; siehe Kap. 4) wurden an das *Österreichische Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal GmbH (Arsenal Research)* übergeben. Während für die hydrochemischen Untersuchungen meist eine **Probenmenge von ½ Liter** ausreicht, wird für die Isotopenbestimmungen 1 Liter gefordert, damit Rückstellproben gebildet werden können.

## 2.2 Parameter und Bestimmungsmethoden

Für eine hydrochemische und hydrophysikalische Differenzierung der Haupt-Grundwassertypen wurden folgende Parameter untersucht: Organoleptische Eigenschaften, Wassertemperatur (WT), Elektrische Leitfähigkeit (LF), Wasserstoff-Ionenaktivität (pH), Redoxpotential ( $E_H$ ), Gelöster Sauerstoff ( $O_2$ ), Gesamthärte (GH), Calcium ( $Ca^{2+}$ ), Magnesium ( $Mg^{2+}$ ), Kalium ( $K^+$ ), Eisen ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ), Mangan ( $Mn^{2+}$ ), Säurebindungsvermögen (SBV), Karbonathärte (KH), Nichtkarbonathärte (NKH), Chlorid ( $Cl^-$ ), Ammonium ( $NH_4^+$ ), Nitrit ( $NH_2^-$ ), Nitrat ( $NO_3^-$ ), Kieselsäure (Si), Sulfat ( $SO_4^{2-}$ ) und Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ).

### 2.2.1 Organoleptische Eigenschaften

Die Prüfung der organoleptischen Eigenschaften Färbung, Trübung und Geruch erfolgt am besten in einer 1-Liter-Glasflasche, die man zu ½–¾ anfüllt.

- **Färbung** ist eine Absorptionserscheinung (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 Färbung und Trübung 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 austritt, wenn man unmittelbar danach den Stopfen abzieht (bei Zweifel die verschlossene Flasche anwärmen).

Die **praktische Vorgangsweise** war so, daß die Färbung und Trübung im Quartier nach Ausführung der chemischen Tests überprüft wurde, der Geruch aber an Ort und Stelle mit den PE-Flaschen, die der Probenahme dienten und dabei gleichzeitig gespült wurden. Kunststoff besitzt einen leichten Eigengeruch, aber den H<sub>2</sub>S-Geruch mancher „Schlierwässer“, auf den es in erster Linie ankam, konnte er kaum beeinträchtigen.

## 2.2.2 Wassertemperatur (WT)

Die Temperatur der Wasserproben wird zusammen mit den Parametern *elektrische Leitfähigkeit* und *pH* gemessen, wobei das Leitfähigkeitsmeßgerät über eine automatische Temperaturkompensation verfügt. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden durchgehend nur die **Temperaturwerte der Leitfähigkeits-Sonde** angegeben. Die Ablesegenauigkeit beträgt 0.1°C.

Als **Meßbehälter** ist ein nicht zu kleines Becherglas günstig (≥ 250 ml), damit die Temperaturänderung während der Messung vernachlässigbar bleibt.

Nachdem oberflächennahe Grundwässer in Mitteleuropa (entsprechend dem langfristigen Jahresmittel der Lufttemperatur) um 10°C Wassertemperatur haben, ist die **Aussagekraft der WT-Messungen auch bei Einzelbeobachtungen** gegeben. Vor allem erleichtern diese die Beurteilung von Einleitungen aus Drainagen, über die in der Regel sehr seichtes Grund- und Tagwasser, nicht selten (im Untersuchungsgebiet häufig) auch früher dort ausgetretenes Quellwasser abgeleitet wird.

Die Beurteilung, wieweit das zutrifft, fällt besonders **im Winter bei Temperaturen höchstens um den Gefrierpunkt** leicht: Aus Rohrleitungen fließendes Wasser von 6–8°C um diese Jahreszeit muß größere Anteile von Grundwasser enthalten, denn Oberflächenwasser hat dann typischerweise etwa 2–3°C, im Boden etwas angewärmtes Tagwasser 4–5°C. Winterliche Messungen an Oberflächengewässern führen am leichtesten zur Entdeckung von Grundquellen. **Temperaturschwankungen von Quellwässern** über längere Zeiträume sind insbesondere zur Abschätzung der Größe und Tagwasserbeeinflussung der Grundwasser-Reservoirs nötig, aus denen die Quellen schütten.

## 2.2.3 Elektrische Leitfähigkeit (LF)

Die elektrische Leitfähigkeit einer Lösung ist ein grobes Maß für deren Gehalt an gelösten Mineralstoffen. Eine gute Korrelation besteht mit der Summe der gelösten Stoffe, die beim Eindampfen der Lösung unter 105°C ausfallen (Filtrattrockenrückstand  $\beta_{FT}$ ):

$$\beta_{FT} = \frac{LF_{25} - 5.48}{1.43}$$

Weil beim Eindampfen nur etwa die Hälfte des HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> als Karbonat ausfällt, kann man schreiben (HÜTTER, 1994: 86):

$$\text{Mineralstoffgehalt} \cong \beta_{FT} + \frac{1}{2} c(\text{HCO}_3^-)$$

### 2.2.3.1 LF-Messung

Die Leitfähigkeit einer Lösung bei konstanter WT ist wegen Konstanz der Wertigkeit und Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen direkt von deren Konzentration abhängig. LF folgt dem OHMSchen Gesetz, solange sich keine Ionen an den Elektrodenoberflächen abscheiden. Die bei Abscheidung entstehenden Oberflächenpotentiale (die man ja nicht mitmessen will) werden minimiert, indem man zur Messung Wechselstrom in einer dem jeweiligen Meßbereich angepaßten (hohen) Frequenz verwendet (75–50 kHz). Durch Optimierung der Frequenz kann auch auf die empfindlichen platinieren Platin-Elektroden verzichtet und stattdessen zum Beispiel Carbon (Kunstkohle) verwendet werden. Gute Meßgeräte verfügen über mehrere Meßbereiche (und eine Anzeige in Einheiten von  $\mu\text{S}/\text{cm}$  oder  $\text{mS}/\text{cm}$ ).

Der **Widerstand R** eines linearen Leiters ist bekanntlich dessen Länge  $\lambda$  proportional und dessen Querschnittsfläche  $A$  verkehrt proportional. Der Quotient aus Elektrodenabstand (entsprechend  $\lambda$ ) und Elektrodenquerschnitt ( $A$ ) heißt **Zellenkonstante** (der Meßsonde)  $K = \lambda/A$ . Da man die Geometrie des leitenden Teiles der Probelösung nicht genau kennt, kann die Zellenkonstante bei anspruchsvollen Geräten verändert werden, natürlich nur elektronisch; physisch bleibt sie gleich: bei Feldgeräten meist  $1/\text{cm}$ .

Zur **Kalibrierung** verwendet man KCl-Lösungen bekannter Konzentration und LF (bei  $25^\circ\text{C}$  z.B.  $1 \text{ mmol/l KCl} \rightarrow 147 \mu\text{S}/\text{cm}$ ,  $10 \text{ mmol/l} \rightarrow \text{KCl } 1413 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Im Bereich niedriger und mittlerer Leitfähigkeiten ist die Funktion des gemessenen Leitwertes in Abhängigkeit von der bekannten LF der Eichlösungen eine Gerade mit der Steigung  $1/K$ . In diesem Fall reicht eine Einpunkt-Kalibrierung aus.

Die LF ist **stark temperaturabhängig**, weil die Beweglichkeit der Ionen und die Anzahl der dissoziierten Moleküle es sind. Die Temperaturabhängigkeit beträgt  $1\text{--}6\%$  pro Grad und hängt ihrerseits wieder von der Art und Konzentration der gelösten Stoffe ab. Daher werden alle Messungen auf eine **Referenztemperatur** bezogen, die in allen heutigen Regelwerken  $25^\circ\text{C}$  beträgt. Zur Umrechnung der gemessenen Werte auf solche bei Referenztemperatur (**Temperaturkompensation**) kann man für die meisten verdünnten wässrigen Lösungen näherungsweise eine lineare Funktion verwenden:

$$LF_{\vartheta} = LF_{25} \cdot \left[ 1 + \frac{\alpha_{25}}{100} \cdot (\vartheta - 25) \right]$$

$\alpha_{25}$  ist der (**prozentuale**) **Temperaturkoeffizient**; er beträgt für natürliche Wässer um  $2 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$ , moderne Feldgeräte arbeiten mit einem Wert von  $2.1 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$ , das bedeutet, daß in natürlichen Wässern bei  $25^\circ\text{C}$  die LF um  $2.1\%$  pro Grad Temperaturanstieg zunimmt. Nichtlineare Abhängigkeiten werden mit Polynomen bis zur vierten Ordnung korrigiert. Diese Berechnungen kompensieren den Temperatureinfluß auf die Probelösung, nicht den auf die Meßzelle. Letzteres wäre auch unnötig, denn die Zellenkonstante ist von der Temperatur weitgehend unabhängig.

### 2.2.3.2 Das LF-Meßgerät

Das Gerät für die Messungen im Rahmen dieser Arbeit war ein **Taschen-Konduktometer Typ LF 318 der Firma WTW**. Das Gerät verfügt über vier Meßbereiche zwischen 0 und 200 mS/cm. Die Temperatur kann -5 bis 100°C betragen. Zellenkonstante, Referenztemperatur von 25°C und Koeffizienten für die nichtlineare automatische Temperaturkompensation sind alle fix eingestellt.

Die Meßsonde aus der von WTW entwickelten TetraCon<sup>®</sup>-Reihe ist eine **4-Elektroden-Meßzelle** mit abriebfesten Carbon-Elektroden (Abb. 4). Diese Sonden haben an gegenüberliegenden Seiten der Meßzelle je eine Strom- und Spannungselektrode; die Stromelektroden sind konzentrisch um die Spannungselektroden angeordnet. Diese Anordnung hat einige Vorteile: Übergangswiderstände und Ablagerungen an den Stromelektroden verändern den Meßwert nicht oder wenig, und auch die Zellenkonstante bleibt lange über einen sehr großen Meßbereich stabil. Die Meßzelle ist unempfindlich gegen Verschmutzung; eine mechanische Reinigung ist möglich.

Kunstkohle (als Elektrodenmaterial) ist porös und bindet daher Wasserinhaltsstoffe durch Adsorption, allerdings viel weniger (wenn auch tiefgreifender) als platinisiertes Platin. Das verlängert die Einstellzeit, ebenso wie Austrocknung. Wässern in den Meßpausen ist trotzdem nicht nötig; die Geräte sind insgesamt weitgehend wartungsfrei und daher für den Feldgebrauch sehr gut geeignet.

## 2.2.4 Wasserstoff-Ionenaktivität (pH)

Der pH hängt in Wässern, in denen die Kohlensäure-Karbonat-Spezies das dominierende Puffersystem bilden, hauptsächlich vom CO<sub>2</sub>/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Verhältnis ab. Gut gepufferte Wässer haben häufig pH 6.5–7.5, karbonatreiche allerdings auch bis etwa pH 9. **Natürliche Wässer**, in denen meist das Kohlensäure-Karbonat-Puffersystem bei weitem dominiert, sind im pH-Bereich 7.8–9.0 *nicht* gut gepuffert: Bei pH 8.2 (25°C) – 8.3 (10°C) liegen ca. 98% der anorganischen C-Spezies als HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> vor; es fehlen weitgehend die Partner, die es zum Puffersystem ergänzen beziehungsweise liegt in diesem pH-Bereich der Übergang zwischen H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>–HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>- und HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>–CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-Pufferung.

### 2.2.4.1 pH-Messung

Nach der bekannten Definition:  $pH = -\log \frac{c(H^+) \cdot f(H^+)}{mol/l}$ , wobei

$c(H^+)$ .....	Konzentration,
$f(H^+)$ .....	Aktivitätskoeffizient,
$c(H^+) \cdot f(H^+) = a(H^+)$ .....	Wasserstoffionen-Aktivität,

erfordert die pH-Messung eine Bestimmung der Wasserstoffionen-Aktivität.

Für eine  $a(H^+)$ -Bestimmung gibt es jedoch prinzipiell kein geeignetes Verfahren; potentiometrische Meßverfahren enthalten immer (andere) unbekannte Aktivitätskoeffizienten.

Daher beruht die **konventionelle pH-Skala** auf pH-Werten, die für bestimmte Pufferlösungen unter genau festgelegten Bedingungen definiert sind (ursprünglich gab es 7, später 9 sogenannte *NBS-Puffer* [National Bureau of Standards, USA]; seit 1979 auch in Deutschland als *Standardpufferlösungen nach DIN 19266* genormt).

Grundlage der elektrochemischen pH-Messung ist der Umstand, daß (nach NERNST) der „Lösungsdruck“ eines Feststoffs ( $\text{Me}_{(s)}$ ) in Kontakt mit einer Lösung seiner Ionen ( $\text{Me}^+$ ) für diesen Stoff spezifisch ist, der „Abscheidungsdruck“ der Ionen aber eine Funktion ihrer Konzentration. Daher ist das **elektrochemische Potential einer Elektrode** aus dem gegebenen Stoff ein Maß für die Konzentration der Ionen desselben Stoffes, in deren Lösung die Elektrode eintaucht ( $\text{Me}_{(s)}/\text{Me}^+$  bilden dabei ein Redoxpaar).

Das **Potential einer Einzelzelle** beschreibt die NERNSTsche Gleichung, zum Beispiel für eine Wasserstoffelektrode ( $\text{H}^+/\text{H}_2$ ) bei  $10^\circ\text{C}$  ( $T = 283\text{ K}$ ,  $n = 1$ ):

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln a(\text{H}^+) = E^0 + 56 \log_{10} a(\text{H}^+) \cong E^0 - 56 \text{ pH} \quad [mV]$$

$a$  ..... Aktivität: bei pH-Messungen ist der Unterschied zur Konzentration vernachlässigbar, d.h.:  $\text{pH} \approx \text{p}a\text{H}$ ;

$E^0$  ..... Normalpotential: stoffspezifisch, aber temperaturabhängig.

Einzelpotentiale können nicht bestimmt werden; gemessen werden immer nur Potentialdifferenzen. Die Differenzen zu einer immer gleichen genormten Elektrode lassen allerdings Vergleiche zwischen beliebigen Einzelpotentialen zu, ohne diese genau zu kennen. Die Potentialdifferenz (Galvanispannung) an der Phasengrenze einer Elektrode ist allerdings prinzipiell nicht meßbar; brauchbaren Ersatz erhält man durch je einen elektrischen Abgriff am Metall und am Elektrolyten, letzteres mithilfe einer Bezugs elektrode (deren unbekannt Galvanispannung in den Meßwert eingeht).

Für die **Standard-Wasserstoffelektrode (SWE)**, auf die man alle Einzelpotentiale bezieht, gilt  $E^0 := 0$  und  $a(\text{H}^+) = 1$  und damit

$$E_{\text{SWE}} = 0 + (R \cdot T / F) \ln 1 = 0$$

Weil die SWE praktisch zu unhandlich ist, verwendet man als **Bezugs elektrode** solche mit einem Redoxpaar, das ein annähernd konstantes Potential liefert, zum Beispiel die **Ag/AgCl-Elektrode**, bei der ein  $\text{AgCl}_{(s)}$ -belegter Ag-Draht in eine mit AgCl und KCl gesättigte Lösung eintaucht. Auch wenn etwas Strom durch die Zelle fließt und Fällung oder Auflösung eintritt, bleiben  $c(\text{Ag}^+)$  und daher das Potential annähernd gleich. Das liegt daran, daß  $c(\text{Ag}^+)$  in Gegenwart von festem AgCl von  $c(\text{Cl}^-)$  abhängt, und diese ist üblicherweise auf 3 mol/l eingestellt.

Über ein Potentiometer (Spannungsgeber) ist die Bezugs elektrode mit der **Meß elektrode** verknüpft. Zur Messung des pH ist die **Glaselektrode** üblich (Abb. 6): an den Schaft ist eine kugelförmige,  $\text{H}^+$ -ionenselektive Glasmembran angeschmolzen, an der sich ein Verteilungsgleichgewicht der  $\text{H}^+$ -Ionen zwischen einer definierten, gepufferten Innenlösung und dem Analyten einstellt. Innenlösung und Ableitelektrode bilden zusammen ein  $\text{Ag}^+/\text{AgCl}/\text{Cl}^-$ -System, das in die Meßkette eingeschaltet werden muß, weil an der Glasmembran direkt kein elektrischer Abgriff möglich ist.  $\text{pH}_{\text{innen}} = 7$ ; ist  $\text{pH}_{\text{außen}}$  ebensogroß, wird  $E = 0\text{ mV}$  gemessen, da Bezugs- und Ableitelektrode dieselben Potentialeigenschaften besitzen.

Ist  $a(\text{H}^+)$  der Innenlösung konstant, gilt für das Zellpotential bei  $10^\circ\text{C}$ :

$$E_{10^\circ\text{C}} = E_{\text{asy}, 10^\circ\text{C}} + S_{10^\circ\text{C}} (\text{pH}_{10^\circ\text{C}} - 7) = \text{const.} - 56 \text{ pH [mV]}$$

Das ist eine Geradengleichung mit der Steigung  $S_{10^\circ\text{C}} = -56$  (E sinkt um 56 mV, wenn pH um eine Einheit steigt). Man nennt  $S = dE/d\text{pH}$  auch die „**Steilheit**“ einer Meßkette (Abb. 7).  $E_{\text{asy}}$  ist das sogenannte **Asymmetriepotential**; es liegt zwischen  $-25$  und  $+25$  mV. Beide Kenngrößen sind temperaturabhängig. *pH-mV-Kennlinien* für verschiedene Temperaturen schneiden sich (idealerweise) im *Isothermenschnittpunkt*  $E_{\text{iso}}(\text{pH}_{\text{iso}})$ ; dessen Lage ist wiederum temperaturabhängig. Die Steilheit ist immer geringer als die theoretisch erwartete (einwandfreie Meßketten liefern 95–100% der Nernstspannung); darüberhinaus wird sie vom Zustand der Sonde beeinflusst.

Aus all diesen Gründen sollte relativ häufig eine **Kalibrierung** oder zumindest Überprüfung erfolgen, wobei Meßkette und Pufferlösungen die Temperatur haben, die später bei der Messung herrschen wird. Den Pufferlösungen sind ihre pH-Werte durch Berechnung für jede angegebene Temperatur zugewiesen. Zur Kalibrierung werden meist **zwei verschiedene Puffer** herangezogen:

Der **erste Abgleich** erfolgt an einem Puffer mit dem pH-Wert nahe dem *Zellennullpunkt* (pH der Innenlösung der Glaselektrode, gewöhnlich pH 7): dieser sogenannte Asymmetrieabgleich beseitigt den Einfluß verschiedener **Störpotentiale** (das *Asymmetriepotential* der Glaselektrode ändert sich mit deren Alterung; das *Diffusionspotential* der Bezugselektrode ist abhängig von der Art der Probe).

Zur **Bestimmung der Steilheit** kommt ein **zweiter Puffer** zur Anwendung, der so gewählt wird, daß sein pH-Wert mit dem des ersten Puffers den Wertebereich der späteren Messungen einschließt. Mikroprozessorgeräte benutzen daraufhin die angeführte Geradengleichung zur Bestimmung der pH-mV-Kennlinie. Die angezeigte Steilheit ist in der Regel auf  $25^\circ\text{C}$  umgerechnet nach der Formel:

$$S_{25^\circ\text{C}} = S_{\vartheta} - 0.1983 (\vartheta - 25) \text{ [mV (pro pH-Einheit)]}$$

Die Steilheit ist temperaturabhängig; eine **automatische Temperaturkompensation** korrigiert nur *diese* Temperaturabhängigkeit, nicht die des pH-Wertes an sich (das heißt: den Temperatureinfluß auf die *Meßanordnung*, nicht auf das *Meßmedium*, ganz im Gegensatz zur LF-Messung). Daher gehört zu jeder pH-Messung eine Temperaturangabe. Eine automatische Temperaturkompensation ist darüberhinaus unmöglich, solange nicht wenigstens zwei Kennlinien bekannt sind, aus denen sich der Isothermenschnittpunkt eruieren läßt. Dazu benötigte man vier Messungen oder mehr; die übliche Zweipunkt-Kalibrierung reicht dafür nicht aus.

In **Einstabmeßketten** (Abb. 5) sind Glas- und Bezugselektrode zu einem einzigen System kombiniert. Die Bezugselektrode kann einen flüssigen oder einen gelförmigen Elektrolyten enthalten. Der Spiegel eines Flüssigelektrolyten muß immer über dem der Probelösung liegen, damit nicht Probenmaterial in die Füllung eindringt (sondern immer etwas von der letzteren nach außen dringt; die Verluste müssen zeitweise über eine Einfüllöffnung ersetzt werden). Ein Diaphragma trennt die beiden Lösungen und verbindet sie gleichzeitig im Sinne einer Strombrücke. „Gel-Elektroden“ benötigen kein Diaphragma und sind gegen Verunreinigungen weitgehend unempfindlich (und eignen sich daher besonders für Feldgeräte).

Die **Aufbewahrung** der Einstabmeßketten erfolgt wie die der Bezugs Elektroden in einer Flüssigkeit von der Art des Füll elektrolyten (meistens KCl-Lösung). Es ist das ein Kompromiß bezüglich der geeigneten Aufbewahrung der Glaselektrode: über längere Zeit am besten trocken (langsamere Alterung; bei Wiederinbetriebnahme allerdings 1–2 Tage Wässern und mehrstündiges Konditionieren in Probelösung nötig); wenn naß, dann in schwach saurer, jedenfalls nicht basischer Lösung (die KCl-Lösung ist neutral).

Über kürzere Zeiträume kann man die Sonde aufrecht in schwach saurem Wasser stehen lassen; eine Sonde mit flüssiger Füllung der Bezugs elektrode darf dabei aus den genannten Gründen nicht zu tief eintauchen. Im Gelände wird eine **Gummikappe** übergestülpt; sie kann – mit KCl-Lösung gefüllt – auch über Nacht aufgesteckt bleiben. Die KCl-Lösung neigt zum „Herauskriechen“ zwischen Gummi und Sondenschaft und kann nach längerer Zeit zur Gänze an der Luft auskristallisiert sein. In jedem Fall soll man die Sonde nach längerer Lagerung 1–2 Stunden in frischer KCl konditionieren.

Das **Einstellverhalten** bei der Messung hängt unter anderem vom Aufbewahrungsmedium ab (Abb. 8): mit 3 mol/l KCl ist der Endwert in etwa 1 min erreicht. Die Einstellzeit verlängert sich beträchtlich, wenn die Temperatur der Meßkette mehr als 10°C von der der Probelösung abweicht; bei Gelfüllung der Bezugs elektrode ist sie allgemein länger.

In ionenarmen Wässern ( $LF < 500 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) verläuft die Einstellung ebenfalls langsam (kann aber durch Zugabe von 1100 mg/l KCl beschleunigt werden, was LF auf ungefähr 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  anhebt). Rühren wirkt in ionenarmen Wässern störend auf das Einstellverhalten. Das gilt insbesondere für  $\text{CO}_2$ -arme Wässer, die durch Luftkontakt ihren pH beträchtlich senken können (die Messung erfolgt nötigenfalls im Durchlaufgefäß).

Das Ergebnis der Messung an einer ungepufferten Lösung wird (bei Ablesung auf zwei Dezimalstellen genau) auf Einheiten von 0.1 pH gerundet.

#### 2.2.4.2 Das pH-Meßgerät

Die verwendete Ausrüstung bestand aus dem

- Mikroprozessor-pH-meter *pH320* und Zubehör der Fa. WTW (pH320/SET-1; Art.-Nr. 100760), mit der
- Einstabmeßkette *SenTix 97/T* (Art.-Nr. 100740): Die Sonde enthält einen Temperaturfühler; Bezugs- und Ableitelektrode sind vom gleichen Typ;  $\text{pH}_{\text{innen}} = 7.00$ , unabhängig von der Temperatur; die Bezugs elektrode ist gelgefüllt.

Bei der **Zweipunkt-Kalibrierung** wird nur *eine* Kennlinie für die vom Temperaturfühler gemessene Temperatur berechnet (keine automatische Temperaturkompensation). Das Gerät hat die Temperaturgänge aller gängigen Puffer gespeichert und errechnet damit aus allen möglichen  $E_{\text{gem}}/\text{pH}_{\text{Puffer}}$ -Kombinationen  $S_{25^\circ\text{C}}$ -Werte. Für die Kennlinien mit  $+50 \geq S_{25^\circ\text{C}} \geq -62$  [mV] werden die entsprechenden  $E_{\text{asy}}$  errechnet, und die zwei verbleibenden Geraden mit  $+45 \geq E_{\text{asy}} \geq -45$  [mV] akzeptiert: es bleiben immer die Kennlinien für die pH-Werte der tatsächlich verwendeten Puffer übrig. Auf solche Weise können diese Geräte eine automatische Kalibrierung (selbständige Erkennung der verwendeten Puffer) durchführen.

Zur Kalibrierung werden *technische Puffer* verwendet, die zur besseren Unterscheidbarkeit gefärbt, und zur Haltbarmachung mit einem Desinfektionsmittel versetzt sind. Sie haben (im Gegensatz zu den genormten Standardpuffern) hohe *Pufferwerte*  $\beta \geq 0.05$  (Zugabe von  $\beta$  mol/l einer starken Säure oder Base verändert den pH um eine Einheit). Zum verwendeten Geräte-Set gehören Pufferlösungen pH 4.01, 7.00 und 10.00.

Eine automatische Temperaturkompensation aufgrund einer Zweipunkt-Kalibrierung ist nicht möglich, und daher sollte diese bei der späteren Meßtemperatur stattfinden. Darüberhinaus sollte die Sonde bei der Messung die Temperatur der Probe haben. Bei Felduntersuchungen, wobei die Geräte ständig mitgetragen werden, sind diese Voraussetzungen kaum zu erfüllen.

## 2.2.5 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 **Elektronen-Übertragungsreaktionen** verknüpft: Wasserinhaltsstoffe wie  $O_2$ , HOCl,  $Fe^{II}$  und andere können Elektronen an ihre Lösungspartner abgeben, wobei diese reduziert, sie selbst aber oxidiert werden, oder umgekehrt (*Reduktion* und *Oxidation* sind bei einer „Redoxreaktion“ immer miteinander verknüpft); dadurch wird dem Wasser ein Oxidations- bzw. Reduktionsvermögen aufgeprägt. Sind die verantwortlichen Stoffe elektrochemisch hinreichend aktiv, kann man diese Eigenschaft durch eine „Redoxmessung“ quantifizieren.

Die Fähigkeit eines Wassers, Änderungen des  $E_H$  bei Redoxreaktionen zu widerstehen (analog der Pufferung im pH-Bereich) heißt *Beschwerung*. Grundwasser enthält meist nur geringe Konzentrationen potentialbildender Substanzen, hat also in der Regel eine sehr geringe Beschwerung, wodurch die Gleichgewichtseinstellung an der Meßsonde (die Einstellzeit) durchaus  $\frac{1}{2}$  Stunde betragen kann.

Bei Luftkontakt des Wassers gewinnt das gelöste  $O_2$  unter allen Einflüssen auf das Meßergebnis die Oberhand. Daher sollte man Quellmessungen so weit als möglich an oder in der Grundwasser-Austrittsstelle (und Messungen von gepumpten Proben im Durchlaufgefäß) durchführen. Dem Einfluß von Puffersystemen auf den pH vergleichbar bilden die elektrochemisch aktiven Substanzen oft mehr als ein Redoxpaar; dann können mehrere Redoxsysteme nebeneinander existieren und zu Mischpotentialen führen. Ebenfalls dem pH vergleichbar hat auch auf den  $E_H$  der Bakterienstoffwechsel großen Einfluß.

### 2.2.5.1 Messung des Redoxpotentials

Sind in einer wässrigen Lösung oxidative/reduktive Reaktionsmöglichkeiten vorhanden, kommt es auch zwischen einer **inerten Festkörperelektrode** (Platin- oder Goldelektrode) und der Lösung zur Ausbildung einer Potentialdifferenz. Die Summe der Potentialsprünge zwischen der Meß- und einer Referenzelektrode kann mit einem mV-Meter (also auch mit einem pH-Meter) gemessen werden, das so hochohmig ist (Eingangsimpedanz  $> 10^8 \Omega$ ), daß bei der Messung praktisch kein Strom fließt ( $< 10^{-7}$  A). Deswegen finden Elektronenübergänge, aber keine Lösungs- oder Fällungsvorgänge statt, und die Zusammensetzung der Meßlösung ändert sich nicht. Die chemisch inerte Meßsonde ist gewissermaßen elektronensensitiv.

Tatsächlich ist die Platin- oder Goldelektrode auf Ionen der eigenen Art sensitiv; daher muß erst eine ausreichende Menge Elektrodenmaterial in Lösung gehen, bevor sich an der Elektrode das Gleichgewicht einstellt und ein stabiler Meßwert angezeigt wird. Theoretisch reicht dafür bei  $E_{11} = 500$  mV schon ein einziges Pt-Ion auf einen Liter Lösung (die Menge steigt allerdings ab einer gewissen Spannung, deren Höhe pH-abhängig ist, stark an). In stark oxidierenden Wässern verhindert die *Passivierung* der Elektrodenoberfläche durch eine  $O_2$ -Schicht, daß größere Mengen des Elektrodenmaterials in Lösung gehen. In stark reduzierenden Wässern lagert sich dagegen  $H_2$  an der Elektrodenoberfläche ab; in beiden Fällen erhöht dieser Prozeß die Meßspannung. Er muß bis zu einer den Redoxverhältnissen angepaßten Dicke der Beschichtung fortschreiten, bevor die angezeigten Werte richtig sind. Das kann dauern, sodaß Einstellzeiten von über einer Stunde möglich sind. In solchen Fällen ist eine reduzierende oder oxidierende Vorbehandlung der Meßelektrode angezeigt. In jedem Fall verkürzt eine blankpolierte Oberfläche die Einstellzeit.

Prinzipiell folgt der Spannungsverlauf eines einzelnen Redoxsystems der NERNSTschen Gleichung (eine Änderung der Ionenaktivität um den Faktor 10 bewirkt eine solche der Spannung um 59.2 mV bei 25°C). Nachdem aber normalerweise mehrere Redoxsysteme nebeneinander vorliegen und daher ein **Mischpotential** gemessen wird, eignet sich die Methode der Redoxmessung nicht zur Bestimmung der Konzentration der beteiligten Ionen, sondern sie ermöglicht nur, eine Eigenschaft der Lösung insgesamt zu quantifizieren.

Im Gleichgewicht findet zwischen jedem Redoxpaar und der Meßelektrode ein in beiden Richtungen gleich großer Elektronenaustausch statt. Das Redoxpaar mit der größten *Austausch-Stromdichte* dominiert das Meßergebnis. In Redox-Puffersystemen ist die Austausch-Stromdichte allgemein hoch und der **Einfluß des gelösten  $O_2$**  gering, mit zunehmender Verdünnung nimmt dieser Einfluß zu, und in Lösungen mit allgemein geringer Austausch-Stromdichte schließlich bestimmt  $O_2$  die gemessene Spannung. In solchen Wässern ist die Aussagekraft einer  $E_{11}$ -Messung gleich der einer  $O_2$ -Messung (In Kap. 2.3.3 „Redoxpotential und gelöster Sauerstoff“ und Abb. 31 finden sich Beispiele aus dem Untersuchungsgebiet, daß die Ergebnisse beider Methoden auch in  $O_2$ -reichen Grundwässern nicht immer konform gehen).

Die **Bezugselektrode** ist gewöhnlich wie die der pH-Meter eine Ag/AgCl-Elektrode. Flüssigelektrolyte ermöglichen bessere Meßwerte und schnellere Einstellzeiten, (KCl-gesättigte) Polymerisate kommen dafür ohne Diaphragma aus und sind unempfindlich gegen Verschmutzung. Ionenaustausch, der zwischen Lösung und Elektrolyt vorkommt, ist für verschiedene Ionen verschieden stark. Die resultierenden Diffusionsspannungen können Meßfehler bis 100 mV verursachen. Ansonsten ist das Potential der Bezugselektrode von der Meßlösung unabhängig.

Der Temperatureinfluß auf die Potentiale der Meß- und Bezugselektrode und auf die Diffusionsspannungen (am Diaphragma) lassen sich *nicht* kompensieren. Es gibt überhaupt **keine Kalibrierung** für diese Methode, und die abgegriffene Spannung kommt direkt zur Anzeige. Auch eine **Überprüfung** ist kaum zuverlässig möglich, weil die Redox-Puffer ein so starkes Oxidations/Reduktionsvermögen haben, daß sie die Metalloberfläche der Meßelektrode praktisch auf den Sollwert konditionieren. Eine Absicherung der Meßwerte ist nur durch geeignete Vorbehandlung erreichbar, durch Reinigen mit Wasser (eventuell mit Haushaltsspülmittel versetzt), und unter Umständen durch Nachpolieren der Indikatorelektrode.

Unter den **Elektrodingiften** ist in erster Linie  $\text{H}_2\text{S}$  zu nennen; sie verringern die Austausch-Stromdichte und erhöhen dadurch die Einstellzeit.  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Br}^-$  und  $\text{J}^-$  bilden außerdem an der Ag-Referenzelektrode schwerlösliche Ag-Salze;  $\text{CN}^-$  kann das Ableitsystem überhaupt zerstören. Gold ist auch auf  $\text{CN}^-$  und Halogenid-Ionen sensitiv.

Die verwendeten Hilfsmittel waren folgende:

- *ORP Redoxpotential Tester* der Fa. Hanna Instruments: ein batteriebetriebenes Taschenmeßgerät mit dreistelliger LCD-Anzeige; Meßtemperatur 0–50°C.
- Redoxpuffer *RH 28* der Fa. WTW (Art.-Nr. 109740): mit Chinhydrin gesättigt nach DIN 38404 T 6;  $\text{pH} = 7$ ,  $E_{\text{H}} = 427 \text{ mV}$ ; 250-ml-Flasche.

Die **Standard-Redoxspannung**  $E_{\text{H}}$  ist die Potentialdifferenz zwischen Meßelektrode und Standard-Wasserstoffelektrode (SWE; der Index H steht für Wasserstoff). Die abgegriffene Spannung ist aber die Potentialdifferenz zwischen der Meßelektrode und einer Referenzelektrode, deren Standardpotential (gegenüber der SWE) nicht in die Anzeige eingeht und daher zur angezeigten Spannung addiert werden muß. Es gilt:

$$E_{\text{H}} = E_{\text{gem}} + \Delta E_{\text{SWE-Ref}} = E_{\text{gem}} + 210 \text{ mV (20°C)} \text{ bzw. } 220 \text{ mV (5°C)};$$

$\Delta E_{\text{SWE-Ref}} (10^\circ\text{C}) = 217 \text{ mV}$  wird für die meisten Feldmessungen an Grundwasser etwa richtig sein. Nachdem – mangels Firmeninformation – die Art der Referenzelektrode des verwendeten Meßgerätes zur Zeit der Messungen unbekannt war, wurden die Anzeigewerte als solche in die Meßtabelle übernommen, aber trotzdem der Einfachheit halber  $E_{\text{H}}$  genannt. Diese Vorgangsweise ist deswegen tolerierbar, weil es im vorliegenden Fall ohnehin nur auf Unterschiede und nicht auf die absoluten Größen ankommt.

## 2.2.6 Gelöster Sauerstoff ( $\text{O}_2$ )

Besonders in turbulentem Wasser bei Luftkontakt löst sich  $\text{O}_2$  leicht bis zur Sättigung. Die Sättigungskonzentration hängt vom  $\text{O}_2$ -Partialdruck in der wasserdampfgesättigten Luft über der Wasseroberfläche ab, und von der Temperatur.

Der  **$\text{O}_2$ -Partialdruck** beträgt in trockener Luft 20.95% des Luftdrucks, in feuchter Luft ebensoviel von der Differenz zwischen Luftdruck und Wasserdampfdruck. In luftgesättigtem Wasser ist der  $\text{O}_2$ -Partialdruck gleich dem in der wasserdampfgesättigten Luft über ihm (Gleichgewichtszustand). Die  **$\text{O}_2$ -Sättigungskonzentration** im Wasser wird also vom  $\text{O}_2$ -Partialdruck der Luft bestimmt (Gesetz von HENRY), aber auch von der Art der Flüssigkeit (über den Absorptionskoeffizienten nach BUNSEN;  $\alpha_{\text{B}}$ ). Bei 20°C und Normaldruck  $p_{\text{N}} = 1013 \text{ mbar}$  gilt daher für luftgesättigtes Wasser im Kontakt mit wasserdampfgesättigter Luft:

$$\begin{aligned} p(\text{O}_2)_{\text{s}, 20^\circ\text{C}} &= 0.2095 (p_{\text{N}} - p_{\text{W}, 20^\circ\text{C}}) = 0.2095 (1013 - 23) = 207.4 \text{ mbar} \\ c(\text{O}_2)_{\text{s}, 20^\circ\text{C}} &= \frac{\alpha_{\text{B}}(\text{O}_2)_{20^\circ\text{C}} \cdot p(\text{O}_2)_{20^\circ\text{C}} \cdot M(\text{O}_2)}{V_{\text{M}}(\text{O}_2)} = \\ &= \frac{0.03068 [\text{bar}^{-1}] \cdot 0.2074 [\text{bar}] \cdot 32000 [\text{mg}]}{22.4 [\text{l}]} = 9.09 \text{ mg/l O}_2 \end{aligned}$$

- $c_S$  ..... Sättigungskonzentration (hier: bei 20°C und 1013 mbar)  
 $p(O_2)_S$  ...  $O_2$ -Partialdruck der wasserdampfgesättigten Luft ( $p(O_2)_S, 20^\circ C = 207.3$  mbar)  
 $p_N$  ..... Normaldruck der Luft (1013 mbar)  
 $p_W$  ..... Wasserdampf-Sättigungsdruck ( $p_W, 20^\circ C = 23.3$  mbar)  
 $\alpha_B$  ..... Absorptionskoeffizient nach BUNSEN ( $\alpha_B, 20^\circ C = 0.03068$  bar<sup>-1</sup>)  
 $M$  ..... Relative Molekülmasse („Molgewicht“;  $M(O_2) = 32$  g/mol)  
 $V_M$  ..... Molvolumen ( $V_{M, Gas} = 22.4$  l/mol)

Die  $O_2$ -Konzentration in luftgesättigtem Wasser ist stark temperaturabhängig: Bei steigender **Temperatur** nimmt  $p(O_2)_S, Luft$  über dem Wasser ab,  $p(O_2)_S, Wasser$  aber steigt gleichzeitig, sodaß  $O_2$  ausgast:

- $c_{S, 0.1^\circ C} = 14.6$  mg/l  $O_2$   
 $c_{S, 20^\circ C} = 9.09$  mg/l  $O_2$   
 $c_{S, 40^\circ C} = 6.41$  mg/l  $O_2$  (alle Angaben für  $p_N = 1013$  mbar)

In der Praxis wird die  $O_2$ -Sättigungskonzentration jedoch nicht zur Gänze berechnet, sondern für Normaldruck (1013 mbar) aus Tabellen abgelesen und für den tatsächlich herrschenden **Luftdruck** korrigiert. Zur experimentellen Bestimmung der  $O_2$ -Konzentration in luftgesättigtem Wasser wird die iodometrische Titration nach WINKLER verwendet. Die Entwicklung verlässlicher Tabellenwerke gelang nicht vor Ende der 70er-Jahre; heute geht man von Werten aus, die auch in die Norm DIN 38408 T 22 (1986) eingegangen sind (siehe SCHULER, 1987: 10f.).

Zur Berücksichtigung des tatsächlich herrschenden Luftdrucks genügt es bis 800 m SH,  $p_L = 1013$  mbar – 12 mbar/100 m anzunehmen und in folgende Formel einzusetzen:

$$c_{S, 20^\circ C}(p_L) = \frac{p_L - p_W}{p_N - p_W} c_{S, 20^\circ C}(p_N) \approx \frac{p_L}{p_N} c_{S, 20^\circ C}(p_N)$$

Für Messungen an Grundwasser in etwa 400 m SH zum Beispiel (und für das Untersuchungsgebiet zutreffend) kann man ausgehen von:

$$c_{S, 20^\circ C}(p_{L, 400 \text{ m SH}}) = (964/1013 \text{ mbar}) \cdot 11.25 \text{ mg/l } O_2 = 10.7 \text{ mg/l } O_2$$

Außer steigende Temperatur und sinkender Luftdruck vermindern übrigens auch gelöste Salze die  $O_2$ -Löslichkeit (z. B. 1% Salzgehalt →  $c_{S, 20^\circ C} = 8.54$  [statt 9.09] mg/l  $O_2$ ).

**Trinkwasser** sollte aus zwei Gründen  $O_2$ -reich sein (HÜTTER, 1994: 94):

1. Unvollkommen mineralisierte (organische) Substanzen sowie gelöstes  $Fe^{II}$  und  $H_2S$  beeinträchtigen häufig Geruch und Geschmack.
2. Im Wasser gelöster Sauerstoff fördert (in Abwesenheit aggressiver Kohlensäure) die Bildung passivierender Überzüge (aus Metalloxiden) im Leitungssystem; als optimal dafür gelten 5–6 mg/l  $O_2$ .

In  **$O_2$ -freien Ökosystemen** entwickeln sich häufig Mikroorganismen, die ihre Stoffwechselenergie durch **Gärung** oder „**Anaerobe Atmung**“ gewinnen, besonders in Sedimenten stehender Gewässer, in Böden mit stauender Nässe, und im Grundwasser, wenn durch die gewöhnliche aerobe Atmung anderer Lebewesen Sauerstoff-Zehrung eintritt.

Die gärenden Mikroorganismen stehen dabei am Beginn, die anaerob atmenden am Ende einer anaeroben Nahrungskette: Beide benutzen organische Substanzen sowohl als Kohlenstoff- wie als Wasserstoff- und Elektronen-Quelle; die anaeroben Atmer verwenden dazu die Ausscheidungsprodukte der gärenden Organismen.

Der energieliefernde Prozeß kann als Elektronen- und Wasserstoff-Transfer 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 anorganische Ionen wie  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Fe}^{\text{III}}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  oder  $\text{CO}_3^{2-}$ . Diese Ionen werden dadurch letztlich zu  $\text{N}_2$  (oder  $\text{NH}_4$ ) bzw.  $\text{Fe}^{\text{II}}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  (oder  $\text{S}^0$ ) und  $\text{CH}_4$  reduziert. Voraussetzung für derartige Umsetzungen sind (a) der Mangel – nicht unbedingt das völlige Fehlen – von  $\text{O}_2$ , und (b) die Anwesenheit organischer Substanzen; diese können aus dem Boden in den Untergrund ausgewaschen worden sein (Huminsäuren).

Bei  **$\text{O}_2$ -Zehrung im Grundwasser** kann man also den Abbau von  $\text{NO}_3$ , die Mobilisierung von Fe (als  $\text{Fe}^{\text{II}}$ ) und die Bildung von  $\text{H}_2\text{S}$  erwarten, und zwar ganz grob in dieser Reihenfolge (die erforderliche Reduktionskraft nimmt in dieser Reihenfolge zu).

### 2.2.6.1 Messung des gelösten $\text{O}_2$

Neben der iodometrischen Titration nach WINKLER ist heute die  $\text{O}_2$ -Bestimmung mit ionenselektiven Elektroden üblich: der Vorläufer aller heutigen Bautypen ist die von CLARK 1956 zum Patent angemeldete Meßanordnung. Die *membranbedeckte polarographische  $\text{O}_2$ -Sonde nach CLARK* (Abb. 9) hat den Vorteil, daß eine  $\text{O}_2$ -durchlässige Membran die Elektroden vom Meßgut trennt und störende Ablagerungen von Wasserinhaltsstoffen auf den Elektroden-Oberflächen verhindert. „Polarographisch“ bedeutet, daß an der Arbeitselektrode eine elektrochemische Reaktion (Reduktion oder Oxidation) stattfindet.

Im Falle einer **polarographischen  $\text{O}_2$ -Messung** wird an einer negativ geladenen Gold-elektrode (Arbeitselektrode)  $\text{O}_2$  reduziert:



Die erforderlichen Elektronen erhält die Arbeitselektrode (Kathode) von der Gegenelektrode (Anode, aus Silber oder Blei; bei dem hier besprochenen Zwei-Elektroden-System gleichzeitig Referenzelektrode), wobei dort für jedes  $\text{e}^-$  ein  $\text{Ag}^+$  (oder  $\frac{1}{2} \text{Pb}^{2+}$ ) in Lösung geht. Nachdem  $E^0_{\text{Ag}/\text{Ag}^+} = 800 \text{ mV}$ , ist das Redoxpaar  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  imstande – zwar nicht,  $\text{H}_2\text{O}$  zu zersetzen ( $E^0_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1230 \text{ mV}$ ), wohl aber –  $\text{OH}^-$  unter  $\text{O}_2$ -Bildung zu *oxidieren*; damit die Reaktion umgekehrt, also wie oben angegeben im Sinne einer  $\text{O}_2$ -Reduktion abläuft, muß bei Verwendung einer Silber-Anode die negative Spannung an der Arbeitselektrode vom Meßgerät erzwungen werden („**amperometrischer Sensor**“), während eine Blei-Anode ( $E^0_{\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}} = -1263 \text{ mV}$ ) die erforderliche Spannung von selbst aufbringt („**galvanischer Sensor**“).

Der Fülllektrolyt enthält Anionen, die mit den Metallkationen, die sich aus der Anode lösen, schwerlösliche Verbindungen bilden:



Die Fällungsprodukte scheiden sich an der Gegenelektrode ab und verhindern, daß  $\text{Ag}^+$ - bzw.  $\text{Pb}^{2+}$ -Ionen bis zur Arbeitselektrode gelangen und die Kathodenreaktion stören.

Ein Teil der sich bildenden Beläge bröckelt ab und sammelt sich als gelbbraune (AgBr) oder graue (PbO) Teilchen hinter der Membran, was aber *nicht* stört. Die **Referenzelektrode** wirkt als Ag/AgBr/Br<sup>-</sup>- bzw. Pb/Pb(OH)<sub>2</sub>/OH<sup>-</sup>-Elektrode, deren Potential von der Br<sup>-</sup>-Konzentration bzw. vom pH des Fülllektrolyten abhängt. Dieser ist jedenfalls auf einen hohen pH gepuffert, damit die störende Kathodenreaktion  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$  unterbleibt. Andere mögliche O<sub>2</sub>-Reaktionen:  $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$  ( $E^0 = 680\text{ mV}$ ) und  $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$  ( $E^0 = 1230\text{ mV}$ ), benötigen ebenfalls H<sup>+</sup> und laufen auch deshalb nicht ab, weil die zugehörigen Redoxpotentiale zu hoch sind.

Die (Teflon-)Membran schmiegt sich berührend an die Goldkathode an, sodaß alle in die Sonde diffundierenden O<sub>2</sub>-Moleküle an dieser Elektrode reduziert werden. Ab einer gewissen Spannung ist die Reaktionsgeschwindigkeit an der Arbeitselektrode so hoch, daß die O<sub>2</sub>-Diffusion durch die Membran zum geschwindigkeitsbegrenzenden Prozeß wird, und der Sensorstrom (der von der pro Zeiteinheit reduzierten O<sub>2</sub>-Menge abhängt) über einen weiten Bereich so gut wie nicht mehr zusammen mit der Spannung erhöht werden kann. Der in diesem Spannungsbereich fließende *Diffusionsgrenzstrom* ist das Meßsignal der Sonde.

Das Ansprechverhalten der Sonde wird offenbar vom **Diffusionswiderstand** wesentlich mitbestimmt; dieser verändert sich wiederum mit der Dicke der laminaren Grenzschicht zwischen turbulenter Lösung und Membran ab. Um die Grenzschicht auf eine konstante Mindestdicke zu reduzieren, ist eine Mindest-Anströmgeschwindigkeit nötig (0.5–35 cm/sec, je nach Bauart der Sonde). In der Praxis kann sie durch Bewegen der eingetauchten Sonde erreicht werden. Diese Bewegung ist auch notwendig, um der Sonde ständig unverbrauchtes Meßgut zuzuführen.

Der Verbrauch an OH<sup>-</sup> an der Kathode und von Br<sup>-</sup> an der Anode macht es bei einem *amperometrischen* Sensor notwendig, die Elektrolytlösung in Abständen von 3 Monaten bis zu 5 Jahren zu erneuern. Amperometrische Sensoren benötigen auch eine **Einlaufzeit** zur Polarisation der Meßkette, wobei das O<sub>2</sub> im Fülllektrolyten aufgebraucht werden muß. Bei Taschengeräten beginnt die Einlaufzeit mit dem Anstecken der Sonde am Meßgerät und kann bei neuen Membranköpfen ½ bis 2 Stunden betragen. Ein *galvanischer* (selbstpolarisierender) Sensor ist sofort meßbereit; nur nach dem Regenerieren (Reinigen der Arbeitselektrode und Wiederbefüllung) muß die Polarisationszeit abgewartet werden. Eine Wiederbefüllung wegen Aufzehrung der Elektrolyt-Ionen entfällt bei einem (galvanischen) Sensor mit Blei-Anode, da an der Kathode ebensoviele OH<sup>-</sup>-Ionen gebildet wie an der Anode verbraucht werden.

H<sub>2</sub>S vergiftet durch das entstehende S<sup>-</sup>-Ion die Gegenelektrode. In erkennbar H<sub>2</sub>S-haltigen Wässern ist eine O<sub>2</sub>-Messung aber ohnehin „praktisch sinnlos, da dieses Gas allen Sauerstoff chemisch bindet“ (DEGNER et al., o. J.: 46). Vergiftete Referenzelektroden müssen in speziellen Flüssigkeiten (keinesfalls mechanisch) gereinigt werden. Es dauert dann etwa 3 Tage, bis das Referenzsystem wieder aufgebaut ist.

Darüberhinaus können nicht nur O<sub>2</sub>, sondern prinzipiell alle unpolaren Substanzen durch die Membran eindringen. Sein hoher Salzgehalt schützt den Elektrolyten teilweise vor unpolaren Flüssigkeiten; die Pufferung auf einen hohen pH-Wert leistet auch dem Eindringen von Gasen wie NH<sub>3</sub> Widerstand, und der pH-Erniedrigung durch das ungehinderte Eindringen saurer Gase (CO<sub>2</sub>).

### 2.2.6.2 Das O<sub>2</sub>-Meßgerät

Die verwendete Ausrüstung bestand aus folgenden Elementen:

- Mikroprozessor-Taschen-O<sub>2</sub>-Meßgerät *Oxi 320/SET* der Fa. WTW (Art.-Nr. 200212): Das Gerät verfügt über automatische Luftdruck-Korrektur ( $p_L$ -Messung mittels elektrischem Barometer) und Temperatur-Kompensation (zwei Meßfühler für Meßgut und Membrantemperatur).
- Meßfühler *CellOx 325* (Art.-Nr. 201533): Es handelt sich um einen galvanischen Sensor (mit Blei-Anode, gleichzeitig Referenzelektrode: Zwei-Elektroden-System).
- Luftkalibriergefäß *OxiCal<sup>®</sup>-SL* (Art.-Nr. 205362): Die Kalibrierung erfolgt in wassergesättigter Luft; das Gefäß wird über die Sonde gestülpt; ein feuchter Schwamm dient als Wasser-Reservoir, über dem sich (temperaturabhängig) eine definierte Luftfeuchtigkeit einstellt.

Der Sensorstrom  $I$  (in  $\mu\text{A}$ ) ist proportional zum O<sub>2</sub>-Partialdruck, egal, ob sich dieser in Luft oder Wasser einstellt. Zur **Kalibrierung** kann daher wassergesättigte Luft ebenso gut wie luftgesättigtes Wasser verwendet werden. Die Kalibrierung setzt die Messung des Luftdrucks und die Bestimmung der Temperatur zumindest am Meßgut voraus; besser (und beim verwendeten Gerät verwirklicht) ist eine zusätzliche Temperaturmessung an der Membran, da nicht nur Wasserdampfdruck ( $p_w$ ) und O<sub>2</sub>-Löslichkeit, sondern auch die Membrandurchlässigkeit von der Temperatur abhängt. Bei der Kalibrierung laufen folgende Schritte ab:

1. Aus der Temperatur im Kalibriergefäß ergibt sich der Wasserdampf-Sättigungsdruck  $p_w$  der Luft über dem Wasserreservoir und aus  $p_w$  zusammen mit dem Luftdruck  $p_L$  der O<sub>2</sub>-Partialdruck  $p(\text{O}_2)_s$  in der gesättigten Atmosphäre und im Wasser, das mit dieser bei der gegebenen Temperatur im Gleichgewicht steht.
2. Nach einer Anpassung des Sensorstroms  $I$ , die den Temperatur-Einfluß auf die Membran-Permeabilität korrigiert, ergibt sich aus dem Wertepaar  $[I, p(\text{O}_2)]$  die *Sensorsteilheit* (Steigung der  $I$ - $p(\text{O}_2)$ -Kennlinie; die Gerade geht durch den Koordinatenursprung).
3. Nach einer sensorspezifischen Korrektur für die Meßbedingungen im Wasser (die den Einfluß der laminaren Grenzschicht berücksichtigt) ergibt sich die *relative Steilheit* der Meßkette als Verhältnis der ermittelten Steilheit zu einer gespeicherten mittleren Steilheit des jeweiligen Sensortyps.
4. Nach Überprüfung, ob der ermittelte Wert im zulässigen Bereich liegt, wird diese relative Steilheit oder eine Fehlermeldung angezeigt.

Die eigentliche **Messung** beinhaltet folgende Schritte:

1. O<sub>2</sub>-Partialdruck: Das Gerät mißt den Sensorstrom und die Membrantemperatur, korrigiert aufgrund der letzteren den Sensorstrom (die O<sub>2</sub>-Diffusion ist – wie gesagt – temperaturabhängig), und berechnet mit der aus der Kalibrierung gewonnenen Sensorsteilheit den O<sub>2</sub>-Partialdruck  $p(\text{O}_2)$ .
2. O<sub>2</sub>-Konzentration: Aus  $p(\text{O}_2)$  und  $WT$  ergibt sich  $c(\text{O}_2)$  in mg/l über die im Gerät gespeicherte Löslichkeitsfunktion.

3. O<sub>2</sub>-Sättigung: Aus dem Wasserdampf-Sättigungsdruck  $p_w$  (der sich wiederum aus der Wassertemperatur WT ergibt) und dem gemessenen Luftdruck  $p_L$  wird der O<sub>2</sub>-Partialdruck des gesättigten Wassers  $p(O_2)_s$  berechnet und mit dem tatsächlichen O<sub>2</sub>-Partialdruck ins Verhältnis gesetzt [ $p(O_2)/p(O_2)_s \cdot 100\% = \%$ -O<sub>2</sub>-Sättigung].

Die **Aufbewahrung** der Sonden kann bei hoher Luftfeuchtigkeit (am besten im Kalibriergefäß) oder in deionisiertem Wasser erfolgen. Man vermeidet damit Austrocknen und Ausfällungen aus dem Elektrolyten.

Zur **Reinigung** sind im allgemeinen nur Flüssigkeiten zulässig (die Membran ist nur einige  $\mu\text{m}$  stark und entsprechend empfindlich; fettige Ablagerungen werden mit Seifenlösung, CaCO<sub>3</sub>- oder Fe-Oxid-Ablagerungen mit 5%-iger HCl gelöst). Einzig die Goldelektrode darf zum Regenerieren der Sonde abgeschliffen werden; darüberhinaus ist zum normalen Regenerieren nur das luftblasenfreie Wiederbefüllen des Sensorkopfes mit Elektrolytlösung nötig. Nur im Notfall soll man die Referenzelektrode mit einer speziellen Reinigungslösung behandeln (die für Ag-Elektroden vergiftet übrigens die Pb-Anode eines galvanischen Sensors). Es dauert ca. 3 Tage, bis das Referenzsystem wieder aufgebaut ist.

## 2.2.7 Gesamthärte (GH)

Nachdem Mg nach den Empfehlungen der IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) nicht mehr zu den Erdalkalien gerechnet wird, bezeichnen DEV (*Deutsche Einheitsverfahren*) und DIN 38409-H6 als „**Härte eines Wassers**“ dessen Gehalt an Ca-, Mg-, Sr- und Ba-Ionen. Im allgemeinen kann man Strontium oder Barium außer acht lassen, somit ist die GH ein Maß für die Summe aus Ca- und Mg-Gehalt eines Wassers.

Das **Sickerwasser** der *ungesättigten Zone* wird durch die Atmung der vor allem in den obersten Bodenhorizonten reichlich vorhandenen Lebewesen stark mit **CO<sub>2</sub> angereichert** und damit fähig, größere Mengen Karbonat zu lösen; wenn im Untergrund nicht entsprechend viel davon vorhanden ist, bleibt das Grundwasser aggressiv. Trotz geringer Löslichkeit der Karbonate (5–8%vol nach HÜTTER 1994: 93) stellt man in Grundwässern aus Karbonatgesteine führenden Einzugsgebieten meist erhebliche Gehalte an Ca und Mg fest.

Daß die **Karbonatlösung** dem Wasser neben Ca und Mg hauptsächlich Hydrogencarbonat zuführt (bei pH < 8 gibt es praktisch kein CO<sub>3</sub> in Lösung), sollte dazu führen, daß eine dem Ca+Mg-Gehalt äquivalente Menge HCO<sub>3</sub> (+ CO<sub>3</sub>) vorhanden ist, solange nicht andere Lösungsvorgänge oder Austauschreaktionen eine Rolle spielen.

Ist die **HCO<sub>3</sub>-Menge kleiner**, entstammt der überschüssige Teil des Ca und Mg nicht der Lösung von Karbonaten, sondern von wesentlich leichter löslichen Sulfaten (Gips), oder Silikaten. Letztere tragen auch zu einem gegenüber Ca erhöhten Mg-Gehalt bei.

Ist die **HCO<sub>3</sub>-Menge größer** als die dem Ca+Mg-Gehalt äquivalente Menge, liegt das im allgemeinen daran, daß an Tonmineralen Ca- und Mg- gegen (vor allem) Na-Ionen ausgetauscht werden.

Entsprechend der geringeren Löslichkeit von Dolomit gegenüber Calcit enthält Grundwasser mit aus Karbonaten stammender Härte **normalerweise 4–5 mal mehr Ca- als**

**Mg-Ionen.** Abweichungen von diesem Ca/Mg-Verhältnis sind nicht nur in dolomitischen oder silikatischen Aquiferen zu beobachten, sondern auch in Grundwasser, das durch organische Dünger oder Abwässer verunreinigt ist (HÜTTER 1994: 91). In dieser Arbeit wurde ein Mg/Ca-Verhältnis eingeführt, weil es hier in erster Linie um den relativen Mg-Gehalt geht ( $\text{Ca/Mg} = 4\text{--}5$  entspricht  $\text{Mg/Ca} = 0.20\text{--}0.25$ ).

Im Untersuchungsgebiet sind durchgehend mittelharte–harte Wässer vorhanden (Härtebereich 3 entsprechend  $> 16^\circ\text{dH}$  nach dem österreichischen Waschmittelgesetz). Es wird häufig über Krustenbildungen in Heißwasserrohren und dergleichen geklagt. Nicht zu vergessen sind allerdings die **Vorteile eines harten Wassers**; dazu gehören die folgenden zwei:

- Korrosionsschutz durch Calcitbeläge in Metallrohren: Die Landeskuranstalten in Bad Hall zum Beispiel verwenden seit langem nur mehr Kunststoffleitungen, hatten aber auch vorher kein Problem mit ihren Bleileitungen (mündl. Mitt. Dir. HR G. PFEIL).
- In harten Wässern können kaum Schwermetalle mobilisiert werden.

### 2.2.7.1 Bestimmung der Gesamthärte

Die übliche naßchemische Bestimmungsmethode ist die chelatometrische Titration mit Ethylen-diamin-tetraessigsäure-Dinatriumsalz (EDTA- $\text{Na}_2$ ; versch. Handelsnamen, z.B. Titriplex III<sup>®</sup> der Fa. Merck) gegen den Metallindikator Eriochromschwarz T (Erio-T) bei pH 10.

EDTA (Abb. 10) ist eine organische Verbindung mit vier Carboxylgruppen und zwei positiv geladenen HN-Gruppen, die mit fast allen mehrwertigen (besonders dreiwertigen) Metallkationen zum Teil sehr beständige, meist farblose, oktaedrisch konfigurierte Komplexe (**Chelatkomplexe**) bildet, und zwar unabhängig von der Ionenwertigkeit immer im Molverhältnis 1:1. Weil bei der Komplexbildung  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen freierwerden und die Komplexstabilität mit dem pH abnimmt, muß im gepufferten alkalischen Milieu gearbeitet werden.

Der metallspezifische Indikator (Erio-T: Abb. 11) zur Bestimmung des Umschlagpunktes bildet mit den Metallkationen weniger stabile Komplexe, die eine andere Farbe als der freie Indikator haben. Wenn das EDTA, das mit dem Titranten in die Probelösung gelangt, die freien Metallkationen aufgezehrt hat, entzieht es die restlichen dem Indikator, und dessen Eigenfarbe wird sichtbar. Bei Erio-T tritt dabei ein Farbumschlag von Rot nach Grün auf.

Die Stabilität des Ca-EDTA-Komplexes ist viel größer als die des entsprechenden Mg-Komplexes, bei Erio-T ist es umgekehrt:

$$pK_{\text{Ca-EDTA}} = 10.70 > 8.69 = pK_{\text{Mg-EDTA}}$$

$$pK_{\text{Ca-Erio-T}} = 5.4 < 7.0 = pK_{\text{Mg-Erio-T}}$$

Die Folge ist ein schleppender Farbumschlag; zu seiner Vermeidung wird Mg-Titriplex zugesetzt: daraus entsteht durch Ionentausch einerseits Ca-EDTA und mit den freigesetzten Mg-Ionen andererseits Mg-Erio-T. Auf beiden Seiten vermehren sich die Anteile der stabileren Komplexe, und der Farbumschlag gewinnt an Schärfe.

**Störungen** ergeben sich mangels an Selektivität des EDTA, darüberhinaus gibt es Metalle, die mit dem Indikator stabilere Komplexe bilden als das Titriplex. Die Anwesenheit störender Ionen äußert sich unter anderem in der Verschleppung des Farbwechsels am Titrationsendpunkt und dem raschen Wiedererscheinen der (roten) Metall-Indikator-Komplexfarbe. Die störenden Ionen müssen maskiert oder gefällt werden. Zum Beispiel gelingt das bei Fe, Cu, Cd, Co, Ni, Zn, Pb, Hg bis zu insgesamt 3 mg/l durch Zugabe von Ascorbinsäure (Reduktionsmittel) und Kaliumcyanid (Komplexierungsmittel), bei Anwesenheit von Mn auch etwas Kaliumhexacyanoferrat(II).

Viele Metallkationen fallen schon beim Alkalisieren als Hydroxide aus. Weil bei dem angestrebten pH schon  $\text{CO}_3^{2-}$ -Ionen vorhanden sind, kann aber auch  $\text{Ca}^{2+}$  als  $\text{CaCO}_3$  ausfallen. Zur Überprüfung stellt man in einem weiteren Versuch erst kurz vor dem – nun schon bekannten – Ende der Titration auf pH 10 ein.

Ca+Mg-Titrationen dieser Art sind praktisch immer GH-Bestimmungen, denn Strontium- und Barium-Ionen werden dabei stets mitbestimmt.

### 2.2.7.2 Reagenziensätze zur GH-Bestimmung

Im Laufe der Untersuchungen kamen drei verschiedene feldtaugliche Testbestecke zur Anwendung. Sie arbeiten alle nach den geschilderten Prinzipien und eignen sich zur GH-Bestimmung bis etwa 5 mmol/l entsprechend 28°dH, die bei den Proben nur selten erreicht oder überschritten wurden. Diese Tests verwenden Flüssigindikatoren mit Puffer-substanzen, die den pH bei 10 stabilisieren. Es handelt sich um die folgenden Produkte:

- VISOCOLOR<sup>®</sup> *Gesamthärte H20F* der Fa. Macherey-Nagel:  
Art.-Nr. 915005, 100 Bestimmungen bei 20°dH (1 Pipettenfüllung),  
Ablesung an der Titrierpipette in Schritten von 0.5°dH oder 0.1 mmol/l.
- Aquamerck<sup>®</sup> 8011 *Gesamthärte-Test* der Fa. Merck:  
170 Bestimmungen bei durchschnittlich 10°dH (etwa eine Füllung der Tropfpipette);  
der Titrant ist so eingestellt, daß ein Tropfen aus der Pipette 1°dH entspricht.  
Dieser Test wurde im Dezember und Februar 1996 verwendet.
- Aquamerck<sup>®</sup> 8039 *Gesamthärte-Test* der Fa. Merck:  
170 Bestimmungen bei 20°dH (1 Pipettenfüllung),  
Ablesung an der Titrierpipette in Schritten von 0.2°dH oder 0.1 mmol/l.

## 2.2.8 Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Die übliche naßchemische Ca-Bestimmung ist eine chelatometrische Titration mit EDTA- $\text{Na}_2$  (Titriplex III<sup>®</sup>) gegen den Indikator Calconcarbonsäure bei pH 12–13.

Die Reaktionsprinzipien und die Ausführungsart sind dieselben wie bei einer Gesamthärte-Bestimmung (s.o.), mit einigen Besonderheiten:

Die Bestimmung von Ca neben Mg erfordert die Fällung des letzteren als Hydroxid. Zur Verbesserung des Farbumschlages wird allerdings wieder in Form des Chlorids etwas  $\text{Mg}^{2+}$  zugesetzt (bei der GH-Bestimmung war es Mg-Titriplex). An der Oberfläche des ausgefallenen  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  werden Ca-Calconcarbonsäure-Komplexe adsorbiert, deren rote Farbe dadurch intensiver erscheint.

Die Stabilität der Metall-Indikator-Komplexe steigt wie gehabt mit dem  $pH$ ; darüberhinaus wird Calconcarbonsäure (Abb. 12) bei  $pH > 12$  erst Ca-spezifisch: Deshalb erfolgt die Bestimmung im stark alkalischen Milieu: mit NaOH wird  $pH$  12–13 eingestellt.

Die Mitfällung von Ca bei Ausfällen des Mg oder als  $CaCO_3$ , in beiden Fällen als Folge der Alkalisierung, kann den Farbumschlag verschleppen; eine schnelle Titration ist daher vorteilhaft. Der Farbumschlag ist relativ zart und verläuft von Rot – über Rotviolett kurz vor dem Titrationsendpunkt – nach Blauviolett.

Phosphationen in größeren Mengen (Abwässer) sollten durch Ionenaustausch beseitigt werden (man kann das umgehen durch Zugabe fast der gesamten benötigten Titrantmenge in die schwach HCl-saure Probelösung und Fertigtitrieren wie üblich). Strontium- und Barium-Ionen werden mitbestimmt.

An **Reagenziensätzen** wurden folgende zwei Produkte benutzt:

- VISOCOLOR<sup>®</sup> *Calcium CA 20* der Fa. Macherey-Nagel:  
Art.-Nr. 915010, 100 Bestimmungen bei 20°dH (1 Pipettenfüllung),  
Ablesung an der Titrierpipette in Schritten von 0.5°dH oder 0.1 mmol/l.
- Aquamerck<sup>®</sup> 11110 *Calcium* der Fa. Merck:  
170 Bestimmungen zu je einer Pipettenfüllung (200 mg/l),  
Ablesung an der Titrierpipette in Schritten von 2 mg/l oder 0.05 mmol/l.

## 2.2.9 Magnesium ( $Mg^{2+}$ )

Der Magnesiumgehalt wird nicht eigens bestimmt, sondern ergibt sich aus der Differenz zwischen Gesamthärte (GH) und Calciumhärte (CaH):

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

## 2.2.10 Kalium ( $K^+$ )

Es gibt keinen feldtauglichen Test auf Natrium, und nur einen recht ungenauen zur Schätzung des K-Gehaltes. Dieser Kaliumtest eignet sich allerdings gut, um Verunreinigungen des Grundwassers durch Auswaschung von Kalidünger zu erkennen, und wurde daher verwendet. Die übliche Bestimmungsmethode wäre hier die Flammenphotometrie. Der **Natriumgehalt von Grundwasser**, wenn nicht Ionenaustauschreaktionen ihn erhöht haben, ist im allgemeinen gering (wenige bis etwa 50 mg/l).

Der **Kaliumgehalt** ist normalerweise noch geringer (1–2 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. Künstlich erhöhte Konzentrationen heben sich auch meistens so deutlich von den nicht anthropogenen ab, daß die Anwendung des folgenden Tests zur Auffindung K-reicher Wässer sinnvoll ist.

### 2.2.10.1 Bestimmung von Kalium

Kalium-Ionen reagieren im alkalischen Milieu (NaOH-Zugabe) mit Na-tetraphenyl-borat zu einem weißen Niederschlag. Die **Trübung** kann man unter gewissen Bedingungen zur Konzentrationsbestimmung verwenden (Trübungen des Wassers selbst sind vorher durch Filtration zu entfernen).

Der verwendete **Reagenziensatz**:

- VISOCOLOR<sup>®</sup> Kalium der Fa. Macherey-Nagel:  
Art.-Nr. 914044, 60 Bestimmungen.  
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 ist 2–3–4–6–8–10–15 mg/l, beginnt also erst oberhalb der gewöhnlich in nicht verunreinigten Grundwässern festgestellten Konzentrationen.

### 2.2.11 Eisen ( $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ )

An löslichem Eisen (überwiegend  $\text{Fe}^{\text{II}}$ ) sind in fast allen natürlichen Wässern Spuren vorhanden. In „reduzierenden Grundwässern“ stellt man häufig Gehalte von 1–3 mg/l, manchmal auch bis 10 mg/l fest (zusammen mit  $\text{O}_2$ -Armut,  $\text{CO}_2$ -Reichtum,  $\text{NH}_4^+$ - und  $\text{H}_2\text{S}$ -Gehalt).

Aus Leitungsrohren kann  $\text{Fe}^{\text{II}}$  durch aggressive Kohlensäure freigesetzt werden, durch  $\text{O}_2$ -Kontakt wird es sonst aber in Wasserfassungen und Wasserversorgungsanlagen eher oxidiert und als  $\text{Fe}^{\text{III}}$ -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  $\text{Fe}^{\text{III}}$ -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 sogenannten *Verockerung* von Brunnenanlagen handelt es sich um kombinierte Ablagerungen von Fe-Mn-Oxihydroxiden und Kalk. „Fe-Oxidhydrate enthaltende Verockerungen sind voluminös und schlammig, mit steigendem Mangan- und Kalkgehalt tritt zunehmende Verfestigung (Knollenbildung) ein“ (HÜTTER 1994: 48). Bakterielle Umsetzungen tragen wahrscheinlich wesentlich mehr als anorganische zur Versinterung bei. Eine geeignete präventive Maßnahme ist die Einspeisung  $\text{O}_2$ -reichen Wassers in den Brunnen selbst oder sein unmittelbares Einzugsgebiet.

#### 2.2.11.1 Bestimmung von Eisen ( $\text{Fe}^{\text{II}}$ + $\text{Fe}^{\text{III}}$ )

Aromatische Verbindungen, die eine Diimin-Gruppe  $-\text{N}=\text{C}-\text{C}=\text{N}-$  enthalten, bilden mit  $\text{Fe}^{\text{II}}$ -Ionen in verschiedenen Rottönen gefärbte Komplexe. Die Reaktionen, zum Beispiel mit 2,2'-Bipyridin oder 1,10-Phenanthrolin, sind kolorimetrisch oder photometrisch verwertbar.  $\text{Fe}^{\text{III}}$  wird durch ein geeignetes Reduktionsmittel in  $\text{Fe}^{\text{II}}$  überführt.

## 2.2.12 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 bakteriell bedingt sein (Gattung *Pseudomonas*). In Grundwässern finden sich maximal 1–2 mg/l Mn.

### 2.2.12.1 Bestimmung von Mangan

Durch den Einfluß des Luft- $O_2$  wird  $Mn^{II}$  zu  $Mn^{IV}$  oxidiert; dieses bildet mit **Formal-doxim**  $CH_2=N-OH$  bei pH 9.5–10.5 einen rotbraunen Komplex  $[Mn(CH=N-OH)_6]^{2-}$ . Eine Base sorgt für das nötige alkalische Milieu.

Nachdem auch  $Fe^{III}$  mit Formaldoxim einen (violetten) Komplex bildet, wird es *vor* der Testreaktion maskiert und die trotzdem gebildeten Fe-Komplexe *nach* der Testreaktion mit Hydroxyl-ammonium-chlorid und Titriplex III selektiv zerstört.

Anwendbar ist diese Methode auf einen Konzentrationsbereich von 0.03–10 mg/l Gesamt-Mn. Die Temperatur der Probe soll 15–25°C betragen. **Störungen**, die sich in Farbverschiebungen äußern, verursachen die folgenden Ionen:  $Fe^{II+III} > 20$  mg/l (rotbraun), Ni  $> 0.5$  mg/l (gelbgrün), Co  $> 0.5$  mg/l (braungelb), Cu  $> 10$  mg/l (blau). Ca+Mg  $> 300$  mg/l ergeben zu hohe, Phosphat  $> 5$  mg/l (nach HÜTTER 1994: 333  $> 2$  mg/l) bei Ca-Anwesenheit zu niedrige Werte.

Der verwendete **Reagenziensatz**:

- VISOCOLOR<sup>®</sup> *HE Mangan* der Fa. Macherey-Nagel, Düren/D:  
Art.-Nr. 920055, 70 Bestimmungen,  
Komparatortest mit Ablesung wie beim „Triazin-Test“ auf  $Fe^{II+III}$ ,  
Abstufung: 0.00–0.03–0.06–0.10–0.15–0.20–0.25–0.30–0.40–0.50 mg/l Mn.

## 2.2.13 Säurebindungsvermögen (SBV)

*Säurebindungsvermögen* ist ein Synonym für *Säurekapazität bis pH 4.3* ( $K_{S,4.3}$ ). Die Erläuterung der beiden Begriffe erfolgt in Anlehnung an BISCHOFBERGER et al. (1998).

Reine **Kohlensäure-Lösungen** sind in zwei Bereichen gut gepuffert: pH 5.0–7.8 und pH 9.0–11.6. Wenn man sie mit einer starken Base (B) titriert, treten sprunghafte pH-Wert-Änderungen von pH 3 auf 5 und von pH 7.8 auf 9 auf (Abb. 14). Die erste Ableitung der **Titrationkurve**  $pH = f(c_B)$  nach dem pH ist die **Pufferintensität**  $\beta(pH) = dc_B/dpH = -dc_{Säure}/dpH$  [(mmol/l)/pH].

Die Pufferintensität (Abb. 15) erhöht sich proportional der Konzentration des anorganischen Kohlenstoffs (TIC, *total inorganic carbon*,  $c_{TIC} = c_{CO_2} + c_{H_2CO_3} + c_{HCO_3} + c_{CO_3}$ ); sie hat unabhängig von  $c_{TIC}$  zwei Maxima an den Stellen  $pH = pK_1$  (= 6.35) der ersten und  $pH = pK_2$  (= 10.33) der zweiten Dissoziationsstufe der Kohlensäure, und ein Minimum in der Mitte zwischen diesen Werten bei pH 8.2, wo praktisch der gesamte TIC als  $HCO_3^-$  vorliegt (ca. 98%).

Die erste Gleichgewichtskonstante  $K_1$  ist zusammengefaßt aus der Hydratationskonstante des gelösten  $\text{CO}_2$  ( $pK_{1a} = 2.82$ ) und der Disproportionierungskonstante des bei Hydratation des  $\text{CO}_2$  entstehenden  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ( $pK_{1b} = 3.53$ ):  $pK_1 = pK_{1a} + pK_{1b}$ . Man sieht, daß  $\text{H}_2\text{CO}_3$  tatsächlich stärker als Essigsäure ist ( $pK_{\text{AcH}} = 4.7$ ); wie eine schwache Säure wirkt sie wegen der Beteiligung des  $\text{CO}_2$ .

Das Integral der Pufferintensität über einen  $p\text{H}$ -Bereich – entsprechend der Titration vom gegebenen bis zu einem beliebigen anderen  $p\text{H}$  – ergibt die **Pufferkapazität** [mol/l] des gegebenen Systems bis zum angestrebten  $p\text{H}$ . Je nach Titrant spricht man von Säure- ( $K_S$ ) oder Basekapazität ( $K_B$ ).

Enthält die Lösung nur eine starke Säure, ergibt sich bei Titration mit einer starken Base ein einziger  $p\text{H}$ -Sprung von  $p\text{H}$  4.5 auf 9.5. In Anwesenheit schwacher Säuren (die in Lösung mit ihren Salzen **Puffersysteme** bilden) erscheint dieser  $p\text{H}$ -Sprung abgeschwächt oder in Teilsprünge zerlegt, im Fall der zwei-protonigen Kohlensäure in zwei Teilsprünge. Die Art der Änderung und damit die Lage der  $p\text{H}$ -Sprünge bei Titrationen hängt von der Art der anwesenden Puffersysteme ab.

Zur Standard-Bestimmung der Basen- und Säuregehalte in natürlichen Wässern beseitigt man diese Unsicherheit in Bezug auf die Umschlagpunkte künstlich, indem man die **Titrationendpunkte** so festsetzt, als wären die Kohlensäurespezies die einzigen Puffersubstanzen. Die Berechtigung dazu ergibt sich aus der Tatsache, daß das Kohlensäure-Karbonat-System unter den Puffersystemen der meisten natürlichen Wässer eindeutig dominiert (Ausnahmen z.B. nach Einleitung kommunaler Abwässer mit großen Mengen schwacher organischer Säuren und Phosphate). Bei Titration mit einer Säure sind die folgenden zwei Endpunkte definiert:

- **Säurekapazität bis pH 8.2 ( $K_{S, 8.2}$ ):** Dieser Wert ist annähernd gleich dem sogenannten +p-Wert, das ist der Basenverbrauch [mmol(eq)/l], bis zu dem  $p\text{H}$ -Wert, der sich aus dem Wendepunkt der Titrationskurve zwischen  $p\text{H}$  8 und 8.5 ergibt. Der Wendepunkt liegt bei  $p\text{H}$  8.2, wenn die  $\text{WT}$  25°C, die Ionenstärke 10 mmol/l und  $c_{\text{HCO}_3}$  mehr als 1 mmol/l beträgt. Der geeignete Indikator zur Bestimmung der Säurekapazität ist Phenolphthalein (daher „p-Wert“): Abb. 16.
- **Säurekapazität bis pH 4.3 ( $K_{S, 4.3} = \text{SBV}$ ):** Dieser Wert ist etwa gleich dem sogenannten +m-Wert, das ist der Basenverbrauch [mmol(eq)/l], bis zu dem  $p\text{H}$ -Wert, bei dem  $c_{\text{HCO}_3} = 0.01 c_{\text{TIC}}$ . Bei 25°C und 10 mmol/l Ionenstärke ist dieser  $p\text{H}$  gleich 4.3. Der geeignete Indikator zur Bestimmung des SBV ist Methylorange (daher „m-Wert“): Abb. 17.

Für die Titration mit einer Base gibt es analoge Definitionen der Basekapazität ( $K_{B, 4.3} = -m$ -Wert;  $K_{B, 8.2} = -p$ -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 immer das *unkorrigierte* Ergebnis der Ablesung. Für den **pH-Bereich der hier untersuchten Wässer** (leicht basisch) gilt in guter Näherung  $\text{SBV} \approx c_{\text{HCO}_3}$  ( $\text{CO}_3^{2-}$  muß man erst bei  $p\text{H}$ -Werten über 8.3,  $\text{OH}^-$  oberhalb  $p\text{H}$  9.5 berücksichtigen). In allen Fällen war +p = 0 (Phenolphthalein wird bei Eintropfen in die Probelösung farblos). Die Regelwerke sehen für Wässer mit  $p\text{H} < 8.2$  die Bestimmung von  $K_{B, 8.2}$  vor; damit ließe sich  $c_{\text{TIC}} (\approx m - p) \approx K_{S, 4.3} + K_{B, 8.2}$  näherungsweise angeben und mit diesem  $c_{\text{TIC}}$  und dem Ca-Gehalt wiederum der Gleichgewichts- $p\text{H}$  abschätzen. Mangels Genauigkeit wurde jedoch darauf verzichtet.

### 2.2.13.1 Bestimmung des Säurebindungsvermögens

Die übliche naßchemische Bestimmung des SBV ist eine Titration mit HCl gegen Methylorange als Indikator. Der Farbumschlag von Blau über Grauviolett nach Rot setzt bei pH 4.3 ein.

Um den Gehalt an verschiedenen Kohlensäure-Spezies abschätzen zu können, gibt man der Probelösung zuerst Phenolphthalein zu: färbt sich die Lösung violett, muß vor  $K_{S, 4.3}$  erst  $K_{S, 8.2}$  (+p-Wert) bestimmt werden; entfärbt sich dieser Indikator in der Probe, dann ist  $K_{S, 8.2}$  nicht bestimmbar. Falls  $+p \neq 0$ , wird nach dessen Bestimmung einfach bis pH 4.3 weitertitriert:  $K_{S, 4.3}$  ist immer der Gesamtverbrauch an HCl, eventuell einschließlich des Anteils bis pH 8.2.

Im pH-Bereich 4.5–8.2 ist  $K_{S, 4.3}$  (+m-Wert) praktisch gleich  $c_{\text{HCO}_3^-}$ . Die Angabe erfolgt am besten in mmol/l (oder mmol(eq)/l), auf maximal zwei Dezimalstellen genau.

An **Reagenziensätzen** wurden die folgenden beiden Produkte verwendet:

- VISOCOLOR<sup>®</sup> *Carbonathärte C 20* der Fa. Macherey-Nagel:  
Art.-Nr. 915003, 100 Bestimmungen bei 20°dH (1 Pipettenfüllung),  
Ablesung an der Titrierpipette in Schritten von 0.5°dH oder 0.1 mmol/l.
- Aquamerck<sup>®</sup> 8048 *Carbonathärte* der Fa. Merck:  
200 Bestimmungen bei 20°dH (1 Pipettenfüllung),  
Ablesung an der Titrierpipette in Schritten von 0.2°dH oder 0.1 mmol/l.

### 2.2.14 Karbonathärte (KH)

Die KH ist der Anteil an Ca- und Mg-Ionen, für den eine äquivalente Menge an  $\text{HCO}_3^-$ - und  $\text{CO}_3^{2-}$ -Ionen und aus deren Hydrolyse stammenden  $\text{OH}^-$ -Ionen vorliegt. Wie bei den meisten natürlichen Wässern berechnigt, ist die KH bis zum Wert der Gesamthärte (GH) gleich dem Säurebindungsvermögen (SBV; jeweils in Einheiten der Äquivalentkonzentration).

Bei  $\text{SBV} > \text{GH}$  wird  $\text{KH} = \text{GH}$  gesetzt, weil der über GH hinausgehende Anteil äquivalenten Mengen anderer Ionen entspricht, die nicht unter den Begriff von der *Härte eines Wassers* fallen. Trotzdem ist dieser Begriff 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: 251; die DEV empfehlen nur mehr die Verwendung des Begriffes *Säurekapazität bis pH 4.3* =  $K_{S, 4.3}$ ).

## 2.2.15 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 dem Teil, der über  $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$  hinausgeht). Diese Inkonsistenz erleichtert den Sprachgebrauch in vielen Argumenten, die mit diesem Parameter operieren.

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

## 2.2.16 Chlorid ( $\text{Cl}^-$ )

Chlorid stammt häufig aus NaCl und KCl. Wenn außerdem keine Ionenaustauschvorgänge den Alkaligehalt verändert haben, ist das  $(\text{Na}+\text{K})/\text{Cl}$ -Molverhältnis gleich Eins.

Sind im Einzugsgebiet keine Evaporite vorhanden, kommen zwei weitere Quellen in Betracht: (1) der Niederschlag, also letztlich Verdunstung von Meerwasser, und (2) Verunreinigungen mit Abwässern, Straßenstreusalz ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ) oder Kalidünger ( $\text{KCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

Chlorid wird kaum adsorbiert, auch im Boden nicht. Zu hohe Konzentrationen können deshalb praktisch nur durch Verdünnung beseitigt werden. Umgekehrt erhöht die Evapotranspiration den  $\text{Cl}^-$ -Gehalt der Bodenlösung, der dann kaum mehr Veränderungen unterliegt. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, aus nicht geogenen  $\text{Cl}^-$ -Gehalten im Grundwasser abzuschätzen, wieviel vom Niederschlag durch Evapotranspiration verlorengeht, unter der Annahme, daß nur die Verdunstung vom Boden und durch Pflanzen zur Aufkonzentrierung der Bodenlösung führt (relativ zur nassen und trockenen Deposition), und daß die Sickerwässer allein wiederum zur Grundwasserneubildung beitragen (MATTHESS & UBELL, 1983: 373; MAZOR, 1997: 139f.).

### 2.2.16.1 Kolorimetrische Chlorid-Bestimmung

In den frühen Phasen der Untersuchung (bis Mai 1996) stand ein kolorimetrischer **Komparatortest** zur Verfügung: Der Farbvergleich erfolgt, indem – durch eine Sichtmaske gegen einen weißen Hintergrund – eine Kuvette mit unbehandelter Probelösung durch verschieden gefärbte Kunststoffgläser betrachtet und die dabei sichtbare Absorptionsfarbe mit derjenigen verglichen wird, die aufgrund der Testreaktion in einer zweiten Kuvette von gleicher Form entsteht. Die Komparatorfarben sind auf Tageslicht (5600 K) abgestimmt, ermöglichen aber auch bei Kunstlicht eine brauchbare Zuordnung. Bei den Bestimmungen wurde eine Tageslichtlampe verwendet um Zwischenwerte zu schätzen.

- Microquant® 14753 *Chlorid* der Fa. Merck, Darmstadt/D:  
150 Bestimmungen. Die Anordnung der Farbgläser auf einer drehbaren Scheibe (Drehkomparator) ist eine Eigenheit der Microquant®-Tests.  
Abstufung: 0–3–6–10–18–30–60–100–180–300 mg/l.

Die Probelösung wird mit salpetersaurer  $\text{Fe}^{\text{III}}(\text{NO}_3)_3$ -Lösung versetzt (Reagenz *Cl-1A*). Zugabe von  $\text{Hg}(\text{II})$ -Thiocyanat (Reagenz *Cl-2A*) im Überschuß führt unter Bildung von  $\text{Hg}(\text{II})$ -Chlorid zur Freisetzung von Thiocyanat:



$\text{SCN}^-$  reagiert mit  $\text{Fe}^{\text{III}}$ -Ionen zu orangerotem  $\text{Fe}(\text{III})$ -Thiocyanat:



Die Farbtiefe ist proportional der Chloridkonzentration.

### 2.2.16.2 Titrimetrische Chlorid-Bestimmung

Genauer als die kolorimetrische Methode ist eine merkurimetrische Titration gegen den Indikator 1,5-Diphenyl-carbazon. Das *Reagenz 1* der Fertigtests enthält noch einen weiteren Indikator: Bromphenolblau, zur Einstellung des pH auf den Bereich 3.0–3.5, in dem man die genauesten Ergebnisse erhält. Dazu wird Salpetersäure  $\text{HNO}_3$  (*Reagenz 2*) zugesetzt, bis bei pH 3.6 die Farbe des Bromphenolblau-Indikators von Purpur zu Gelb wechselt.

Die  $\text{Hg}^{2+}$ -Ionen, die mit dem Titranten (*Reagenz 3*) in die Lösung gelangen, bilden mit den Chlorid-Ionen zu 99% undissoziiertes  $\text{HgCl}_2$ :



Nach Verbrauch der  $\text{Cl}^-$ -Ionen bilden überschüssige  $\text{Hg}^{2+}$ -Ionen mit dem Diphenyl-carbazon-Indikator einen blauviolettten Komplex. Der Farbumschlag am Titrationsendpunkt ist daher von Gelb nach Violett (das Violett darf keinen roten Unterton haben).

> 50 mg/l Kohlensäure-Spezies stören (besonders in Alkali-armen Wässern) und können mit  $\text{N}_2$ -Gas oder durch Auskochen der angesäuerten Probe entfernt werden.  $\text{H}_2\text{S}$  wird ebenfalls durch Kochen beseitigt. Gegen Eisengehalte > 5 mg/l helfen einige Tropfen 5%-ige  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (Natrium-pyrophosphat)-Lösung. Bromid und Iodid werden miterfaßt.

Der quecksilberhaltige Indikator bildet violette Schmutzränder am Titrationsgefäß: man entfernt sie mit Alkohol; alle bei Versuch und Reinigung entstandenen Lösungen müssen gewissenhaft entsorgt werden.

Die verwendeten **Reagenziensätze**:

- VISOCOLOR® *Chlorid CL 500* der Fa. Macherey-Nagel, Düren/D:  
Art.-Nr. 915004, 200 Bestimmungen zu je einer Pipettenfüllung (500 mg/l),  
Ablesung an der Titrierpipette in Schritten von 5 mg/l.  
Zur Steigerung der Ablesegenauigkeit auf 1 mg/l ist die Verwendung der 5-fachen Probenmenge (50 ml) zu empfehlen: die Chloridgehalte der hier untersuchten Wässer liegen durchweg unter 50 mg/l.
- Aquamerck® 11106 *Chlorid-Test* der Fa. Merck, Darmstadt/D:  
170 Bestimmungen zu je einer Pipettenfüllung (200 mg/l),  
Ablesung an der Titrierpipette in Schritten von 2 mg/l.  
Die Verwendung der 2-fachen Probenmenge steigert die Ablesegenauigkeit auf 1 mg/l.

Unter katalytischem Einfluß von „Na-Nitroprussid“ ( $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$ ) reagieren Chloramine mit Phenolen zu Chinon-imin-Verbindungen. Der weiter unten genannte Merck-Test verwendet die Phenol-Verbindung *Thymol* (2-isopropyl-5-methylphenol), und es entsteht N-Chlor-2-isopropyl-5-methylchinon-monoimin (Abb. 19).

Durch Anlagerung eines weiteren Thymol-Moleküls an das Chinon-imin bildet sich ein im alkalischen Milieu blaues **Indophenol**, und zwar je ein Indophenol-Molekel für jedes umgesetzte  $\text{NH}_3$ -Molekül (Abb. 20).

Diese Methode ist im Konzentrationsbereich von 0.01– 3.5 mg/l  $\text{NH}_4^+$  anwendbar. Der pH der Probelösung soll 4–13, die Temperatur 20–30°C betragen. Trübungen müssen abfiltriert werden. Wenn eine Bestimmung nicht innerhalb der nächsten Stunden erfolgen kann, ist eine Konservierung mit  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  zu empfehlen (6 Tropfen der zur titrimetrischen  $\text{Cl}^-$ -Bestimmung verwendeten Lösung).

$\text{NH}_4^+$  und  $\text{NH}_3$  werden *beide* erfaßt. Das Verhältnis der beiden Spezies hängt von pH und Temperatur ab (Abb. 18); findet man in einem Grundwasser (um 10°C) mit der geschilderten Methode beispielsweise 1 mg/l  $\text{NH}_4^+$  und pH 9, dann enthält dieses Wasser tatsächlich 0.15–0.20 mg/l freies  $\text{NH}_3$  und erst der Rest entfällt auf  $\text{NH}_4^+$ . Bei pH 8 (um den die hier untersuchten Wässer schwanken) liegt der  $\text{NH}_3$ -Anteil auch bei relativ hoher WT unter 10%.

Einen raschen Ammoniumtest ermöglicht das **Kleinreflektometer RQflex<sup>®</sup>** von Merck: in die Meßkammer dieses Gerätes werden – nach einer gewissen Reaktionszeit – ein Trägerstäbchen mit zwei aufgeklebten Reaktionskissen eingeschoben, und diese beiden Stellen von je einem definierten Lichtstrahl getroffen. Die Intensität des zurückgeworfenen Lichtes hängt von der Farbtiefe ab, welche die Reaktionskissen aufgrund der Testreaktion angenommen haben.

- Reflectoquant<sup>®</sup> 16892 *Ammonium-Test* der Fa. Merck, Darmstadt/D:  
50 Teststäbchen in einem Alu-Röhrchen, das nur bei Entnahme geöffnet wird.  
Alkalierung (Reagenz  $\text{NH}_4-1$ ) und Chlorierung (Reagenz  $\text{NH}_4-2$ ) finden im Proberöhrchen statt. Die Teststäbchen mit zwei Reaktionskissen, die das Thymol enthalten, bleiben 8 min in der chlorierten Lösung, bevor die erreichte Farbintensität reflektometrisch bestimmt wird (mit dem RQflex<sup>®</sup>).  
Meßbereich 0.2–7.0 mg/l  $\text{NH}_4^+$ , Ablesegenauigkeit 0.1 mg/l.

## 2.2.18 Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ )

$\text{NO}_2^-$  tritt als Zwischenprodukt bei Nitrifikations- und Denitrifikationsprozessen auf; in reinem Wasser findet man es höchstens in Spuren bis 0.001 mg/l. Bei pH < 6 bildet sich mit sinkendem pH immer mehr die undissoziierte Form der salpetrigen Säure  $\text{HNO}_2$ ; im pH-Bereich natürlicher Wässer spielt diese Umformung keine Rolle, wird aber zur  $\text{NO}_2^-$ -Bestimmung ausgenutzt (Abb. 21).

Direkte Aufnahme durch den Menschen findet praktisch nur über die feste Nahrung statt, wegen der Verwendung von *Nitritpökelsalz* zur Konservierung (Mischung aus Speisesalz mit 4–5 g/kg  $\text{NaNO}_2$ ).

### 2.2.18.1 Bestimmung von Nitrit

Die kolorimetrische Bestimmung von Nitrit beruht auf der Reaktion von Sulfanilsäure (oder Sulfanilamid) mit  $\text{NO}_2^-$  zu einem Diazoniumsalz, das sich mit einem aromatischen Amin zu einem roten Azofarbstoff verbindet:

$\text{NO}_2^-$  reagiert in saurer Lösung (in der es vorwiegend in Form der Salpetrigen Säure  $\text{HNO}_2$  vorliegt) mit primären aromatischen Aminen zu Diazoniumsalzen (Abb. 22). Das im unten genannten Test verwendete Amin ist die Sulfanilsäure.

Diazoniumsalze ihrerseits kuppeln mit aromatischen Verbindungen, die eine Amino- oder Hydroxylgruppe enthalten (hier: N-[Naphthyl-(1)]-ethylendiamin-dihydrochlorid), zu intensiv rot gefärbten Azofarbstoffen (Abb. 23).

Die **Anwendbarkeit** dieser Methode liegt im Konzentrationsbereich 0.005–3.0 mg/l  $\text{NO}_2^-$ ; die Reaktion ist sehr empfindlich: prinzipiell ist 1 µg/l nachweisbar. Wenn die Bestimmung nicht innerhalb einiger Stunden nach Probenahme erfolgen wird, kann man die Nitrit-Lösung mit  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ , also auf dieselbe Art wie eine Ammonium-Lösung, konservieren.

Der verwendete Reagensatz:

- Aquamerck<sup>®</sup> 11118 *Nitrit-Test* der Fa. Merck, Darmstadt/D:  
150 Bestimmungen; Farbkarten-Komparator mit der Abstufung:  
0.05–0.1–0.25–0.5–1.0 mg/l  $\text{NO}_2^-$ .

### 2.2.19 Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )

Oberflächengewässer haben natürliche Nitratgehalte von 0.4–8 mg/l, verschmutzte häufig 50–150 mg/l. Wo keine geogene Herkunft anzunehmen ist, stammt das Nitrat aus der Oxidation von organischen und anorganischen Abbauprodukten hauptsächlich im Boden. Praktisch alle Abbauewege, vor allem der Proteine, führen über Ammonium  $\text{NH}_4^+$ ; Gülle und Dünger tragen direkt zum  $\text{NH}_4^+$ -Pool bei; und dort nimmt die *Nitrifikation* über Nitrit zum Nitrat ihren Ausgang und führt die N-Mineralisierung zu ihrem natürlichen Ende (höchste Oxidationsstufe +5).

Wenn im Grundwasser der Gehalt an  $\text{NO}_3^-$  hoch, an  $\text{NH}_4^+$  und  $\text{NO}_2^-$  aber vernachlässigbar klein ist, mag die Verschmutzung des Wassers eine Tatsache sein, immerhin aber auch die Fähigkeit des Bodens und der auch im tieferen Untergrund vorhandenen Biofilme zur Mineralisierung: darin besteht eine Teil der „Selbstreinigung“ des Untergrundes. Mannigfaltiger sind die Wege, auf denen Nitrat *abgebaut* werden kann:

Zahlreiche fakultativ anaerobe Bakterien können Nitrat über Nitrit zu  $\text{N}_2$ -Gas „veratmen“ (das heißt: als Elektronenakzeptor benutzen; **Denitrifikation**) und dabei Stickstoff bis zur Oxidationsstufe 0 reduzieren.  $\text{O}_2$ -Gehalte liegen dabei zumeist unter 5 mg/l, Redoxspannungen bei  $E_H \approx 300\text{--}700$  mV.

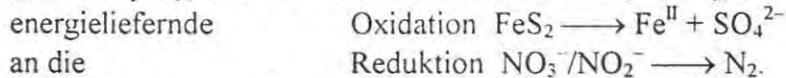
Einige obligat anaerobe Bakterien schaffen in stark reduzierendem Milieu ( $E_H < 300$  mV) auch die N-Reduktion bis zur niedrigsten Oxidationsstufe –3, das heißt: bis zum  $\text{NH}_4^+$  (**Nitrat-Ammonifikation**).

Daneben gibt es eine anorganische  $\text{NO}_3^-$ -Reduktion durch Kontakt mit  $\text{H}_2\text{S}$ -führendem Wasser, die ebenfalls mit der Bildung von  $\text{NH}_4^+$  verbunden ist.

Von der mikrobiellen Denitrifikation gibt es zwei wichtige Spielarten:

1. **Chemo-litho-autotrophe Denitrifikation** (z.B. *Thiobacillus denitrificans*):

Die verantwortlichen Bakterien gewinnen Energie (meist) aus Redoxreaktionen („chemotroph“), benutzen reduzierte *anorganische* Verbindungen als H- und Elektronenquelle, zum Beispiel  $\text{FeS}_2$  oder andere Sulfide der Oxidationsstufen  $-2$  bis  $+4$  („lithotroph“); und sie verwenden  $\text{CO}_2$  als C-Quelle („autotroph“). Sie koppeln die energieliefernde



Als Oxidationsmittel kann auch  $\text{O}_2$  fungieren („fakultativ anaerob“), aber nur unter  $\text{O}_2$ -Ausschluß (oder nach Verbrauch des vorhandenen  $\text{O}_2$ ) kommt es zu Nitratabbau bei gleichzeitiger Erhöhung der  $\text{SO}_4^{2-}$ - und  $\text{Fe}^{\text{II}}$ -Gehalte (und zu  $\text{N}_2$ -Übersättigung).

2. **Chemo-organo-heterotrophe Denitrifikation:**

Auch dabei dient eine Redoxreaktion zur Energiegewinnung und Nitrat als Oxidationsmittel, aber in diesem Fall ist *organische* Substanz sowohl die H- („organo-troph“) als auch die C-Quelle („heterotroph“) für den Organismus. Der  $\text{NO}_3^-$ -Abbau geht mit einer äquivalenten Erhöhung der  $\text{HCO}_3^-$ -Konzentration einher. Der limitierende Faktor für diesen Mechanismus ist die Verfügbarkeit von organischer Substanz: Sie könnte zusammen mit dem Nitrat aus der Bodenzone ausgewaschen worden sein; wenn der Vorrat allerdings erschöpft ist, kann auch Nitrat nicht mehr auf diese Weise abgebaut und möglicherweise ungehindert weiter verfrachtet werden.

Die Denitrifikation ist der andere Prozeß, der neben der Mineralisation für die „Selbstreinigung“ des Untergrundes von überschüssigen N-Verbindungen wesentlich ist. Eine Anhäufung unerwünschter N-Spezies kann auf besondere Faktoren hinweisen, welche die Denitrifikation behindern.

### 2.2.19.1 Bestimmung von Nitrat

Nach Reduktion zu Nitrit (durch Cadmium) erfolgt die Bestimmung als Nitrit wie im letzten Kapitel beschrieben (Bildung eines roten Azofarbstoffes, reflektometrische Auswertung).  $\text{NO}_2^- > 0.5 \text{ mg/l}$  täuscht Nitrat vor und muß beseitigt werden (1 Tropfen Amidoschwefelsäure 10% zu je 1 ml Probelösung  $\text{pH} < 10$  und schütteln). Der  $\text{pH}$  der Probe soll 1–12, ihre Temperatur 15–30°C betragen.

Die verwendeten Teststäbchen werden 2 sec in die Probe getaucht und nach 1 min in die Meßkammer des Kleinreflektometers RQflex<sup>®</sup> eingeführt:

- Reflectoquant<sup>®</sup> 16995/16971 *Nitrat-Test* der Fa. Merck, Darmstadt/D:  
50 Teststäbchen in einem Alu-Röhrchen, das nur bei Entnahme geöffnet wird.  
Meßbereich 3–90 mg/l (Art.-Nr. 16995) oder 5–225 mg/l (Art.-Nr. 16971);  
Ablesegenauigkeit 1 mg/l.

## 2.2.20 Kieselsäure (Si)

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

### 2.2.20.1 Bestimmung des löslichen Silizium

Schwefelsaures Ammonium-heptamolybdat  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$  (Reagenz *Si-1A* der Merck-Tests) reagiert im pH-Bereich von 1.2–1.7 mit den Silikationen zu  $\beta$ -Silicomolybdänsäure  $\text{H}_4[\text{Si}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4]$  (gelb; zuverlässiger als die  $\alpha$ -Form, die sich bei pH 2–4 bildet, daher muß der pH stark saurer oder gepufferter alkalischer Lösungen überprüft und gegebenenfalls mit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  und NaOH eingestellt werden).

Man sieht an der Formel für die Silicomolybdänsäure, daß nur die *freien* (nicht polymerisierten)  $\text{SiO}_4^{4-}$ -Ionen die erforderlichen vier Molybdat-Ionen binden können. Daher bedeutet „lösliches Silizium“ nur das natürlich (als  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) vorkommende und durch Molybdänierung in monomere Form umgewandeltes Si, also mit einem Wort: der Molybdat-reaktive Anteil des Gesamt-Si (Bestimmung des letzteren setzt einen Soda-Aufschluß voraus).

Gleichzeitig anwesende *ortho*-Phosphat-Ionen reagieren völlig analog zu Phosphormolybdänsäure. Diese wird durch Weinsäure (Reagenz *Si-2A*) unter Bildung farbloser Mo-Tartrat-Komplexe selektiv zerstört.

Eine  $\text{SnCl}_2$ -Lösung (PhotoRex<sup>®</sup>-Bisulfit-Gemisch; Reagenz *Si-3A*) reduziert die Silicomolybdänsäure zu einer blauen Modifikation ( $\text{Mo}^{6+} \rightarrow \text{Mo}^{5,6+}$ ; *Silicomolybdänblau*); die Farbintensität der Lösung ist proportional der Konzentration an „löslichem Silizium“.

**Störungen** werden durch starke Oxidations- oder Reduktionsmittel in der Probelösung verursacht: Oxidationsmittel führen wegen unvollständiger Reaktion zu Mischfarben ins Grüne, Reduktionsmittel im Extremfall zur Entstehung von Si-freiem Molybdänblau. Phosphate stören erst ab 50 mg/l und mehr.

Folgende zwei **Reagenziensätze wurden** benutzt:

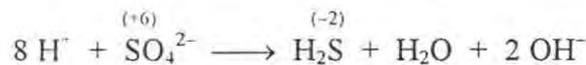
- VISOCOLOR<sup>®</sup> *Kieselsäure* der Fa. Macherey-Nagel, Düren/D:  
Art.-Nr. 914924, 80 Bestimmungen.  
Im „Komparator“ (vgl. Kap. 2.2.17.1 *Kolorimetrische Chlorid-Bestimmung*) sind zwei Rechteck-Küvetten und die Farbgläser zu einem einzigen Gerät kombiniert.  
Abstufung: 0.2–0.5–1.0–2.0–3.0–5.0 mg/l  $\text{SiO}_2$ .
- Microquant<sup>®</sup> 14792 *Silizium-Test* der Fa. Merck, Darmstadt/D:  
150 Bestimmungen. Drehkomparator mit Abstufungen von:  
0.0–0.3–0.6–1.0–1.5–2.0–3.0–5.0–7.0–10.0 mg/l Si.

### 2.2.21 Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) und Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ )

Grundwässer enthalten im allgemeinen 10–30 mg/l  $\text{SO}_4^{2-}$ . 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 ( $\text{MgSO}_4$ , in Kombination mit  $\text{K}_2\text{SO}_4$ : „Patentkali“) oder Abwässer.

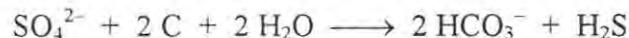
Wo im Einzugsgebiet keine Gipsvorkommen gelöst werden können, kommt neben dem Niederschlag als Quelle hauptsächlich die mikrobielle **Oxidation** (Mineralisierung) von **Sulfiden** (Abb. 24),  $\text{H}_2\text{S}$  und S-haltigen organischen Substanzen in Frage. Sulfat entsteht auch bei **Nitrat-Reduktion**: dabei dient Nitrat als Sauerstoffquelle. Denitrifizierende Bakterien (z.B. der Gattung *Thiobacillus*) benutzen  $\text{NO}_3^-$  und/oder  $\text{NO}_2^-$  als Oxidationsmittel zur Umsetzung von Fe-Sulfid zu löslichem  $\text{Fe}^{2+}$  und  $\text{SO}_4^{2-}$ ; C-Quelle ist das  $\text{CO}_2$ . Dieser Vorgang läuft im Prinzip auch unter  $\text{O}_2$ -Anwesenheit ab, aber nur unter  $\text{O}_2$ -Abwesenheit muß  $\text{NO}_3^-$  verbraucht werden und kann sich  $\text{Fe}^{2+}$  anhäufen (vgl. Kap. 2.2.19 Nitrat).

Ein wichtiger Vorgang in  $\text{O}_2$ -freien Grundwässern ist umgekehrt die **mikrobielle Sulfat-Reduktion** (Desulfurikation; anaerobe „Sulfat-Atmung“):



Obligat anaerobe Bakterien der Gattung *Desulfovibrio* und *Desulfotomaculum* betreiben diese Reaktion bei pH 5.0–9.5 und Redoxspannungen  $E_{\text{H}} < 0$  mV; sie benutzen  $\text{SO}_4^{2-}$  als H- und Elektronen-Akzeptor.  $\text{NO}_3^-$  ist dann normalerweise schon abgebaut.

Daneben gibt es bei völligem Mangel an  $\text{O}_2$  und  $\text{NO}_3^-$  eine Sulfat-Reduktion durch organische Substanz, die auch mit einer äquivalenten Erhöhung des  $\text{HCO}_3^-$  einhergeht:



In beiden Fällen entsteht **Schwefelwasserstoff  $\text{H}_2\text{S}$** , sodaß sich dieser häufig in „reduzierenden Wässern“ findet. Wenn genügend organischer Kohlenstoff vorhanden ist, können zusammenfassend nacheinander folgende Umsetzungen stattfinden:

- Aerobe Mineralisation und bei Sauerstoff-Zehrung anaerobe Vergärung von organischer Substanz;
- $\text{NO}_3^-$ -Abbau durch chemo-organotrophe („heterotrophe“) oder (in geringerem Ausmaß) chemo-lithotrophe Denitrifikation, wobei letztere mit  $\text{SO}_4^-$  und  $\text{Fe}^{\text{II}}$ -Bildung einhergeht; und
- $\text{SO}_4^{2-}$ -Reduktion durch Desulfurikanten („Sulfat-Atmer“) oder (in weit geringerem Ausmaß) abiotisch durch organischen Kohlenstoff unter Freisetzung von  $\text{H}_2\text{S}$ .

Sowohl bei der heterotrophen  $\text{NO}_3^-$ - als auch bei der abiotischen  $\text{SO}_4^-$ -Reduktion entsteht außerdem  $\text{HCO}_3^-$ . Kommen  **$\text{H}_2\text{S}$ -führende Wässer** mit anderen in Berührung, die Oxidationsmittel enthalten, kann folgendes geschehen:

- Eindringen von  $\text{NO}_3^-$  führt zu dessen (chemischer?) Reduktion unter Bildung von  $\text{NH}_4^+$ .
- $\text{O}_2$ -Kontakt führt zur Entwicklung  $\text{H}_2\text{S}$ -oxidierender Bakterien (*Thiobacillus*),  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -Bildung und dementsprechender  $\text{pH}$ -Senkung.

$\text{H}_2\text{S}$ -reiches Grundwasser ist in der Regel arm an Keimen, denn der  $E_{\text{H}}$  in solchen Wässern ist oft schon bakterizid (HÜTTER 1994: 40). Zur  **$\text{H}_2\text{S}$ -Erkennung** ist anzumerken, daß bei  $\text{pH}$  7 etwa 50%, bei  $\text{pH}$  9 aber schon knapp 100% des gelösten Sulfid als Hydrogensulfid  $\text{HS}^-$  vorliegt; in dieser Form entgeht es allerdings dem Geruchssinn.

## 2.3 *Ergebnisse der hydrochemischen und hydrophysikalischen Untersuchungen*

Die Ergebnisse der hydrochemischen, hydrophysikalischen und isotopengeophysikalischen Untersuchungen werden nach folgenden Gesichtspunkten vorgestellt:

- Zuerst werden im **vorliegenden Kapitel** die einzelnen chemischen Parameter besprochen, die zur Charakterisierung einzelner Grundwasser-Typen sinnvoll herangezogen werden können. Die Werteverteilungen werden je Grundwassertyp durch Diagramme 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 bzw. > 3 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.

Im **Anhang A** wurden diese Diagramme zusammengestellt. Jeder Abschnitt zu einem der Parameter wird mit einer Karte eingeleitet, die die räumliche Verteilung der Meßwerte im Untersuchungsgebiet illustriert, wobei die Werte in zumeist fünf Klassen eingeteilt sind.

- In **Kapitel 3** werden sowohl die Methodik als auch die Ergebnisse der isotopengeophysikalischen Untersuchungen zusammengefaßt.
- Darauf folgt in **Kapitel 4** eine abschließende hydrochemische Charakterisierung der einzelnen Grundwassertypen. Zur Illustration sind im Anhang A Tabellen mit den zum Vergleich ausgewählten Parametern enthalten, wobei jeder Abschnitt durch eine Karte eingeleitet wird, aus der die räumliche Verteilung der Objekte hervorgeht, die zum jeweiligen Grundwassertyp gehören.

Diese Tabellen enthalten neben der schon bekannten Einteilung in Grundwassertypen (*GW-Typ*) eine **chemische Klassifizierung** (*Ch-Typ*), die im Fall der Gruppe M1+M2 mit der ursprünglichen Einteilung nicht ganz übereinstimmt, ansonsten aber nur eine regionale Aufteilung der Datensätze einzelner GW-Typen vornimmt. In den beigegebenen Diagrammen sind diese chemischen Typen wieder in die bisher verwendeten Bezeichnungen übersetzt. Die Einfügung einer eigenen Spalte in die Tabellen (Nr. 3–13) zu den einzelnen Grundwassertypen und auch in Anhang D macht diese Vorgangsweise nachvollziehbar.

Die **Datengrundlage** für die folgenden Überlegungen ist in den Anhängen C und D zusammengestellt (Anhang B enthält demgegenüber die Objektdaten wie geographische Koordinaten oder Art des Wasserspenders). Die Tabellen zu den einzelnen Parametern sowie alle Karten verarbeiten die 126 ausgewählten Datensätze, häufig Mittelwerte von wiederholten Messungen oder über Gruppen von Wasserspendern, die in Anhang D zusammengestellt sind.

In die Tabellen (Anhänge B und C) sind auch **Trinkwasser-Kontrolluntersuchungen** aufgenommen: Alle Datensätze mit Datum vor November 1996 stammen aus entsprechenden Meßprotokollen.

Ein Problem bei der Bearbeitung war die **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); darüberhinaus ergab sich im Laufe der Untersuchung, daß es sinnvoll war, weitere, in das anfängliche Programm nicht aufgenommene Parameter zu bestimmen.

Der analytische Wert des Datenmaterials konnte durch **Kontrollmessungen** an Standardlösungen erhöht werden (insbesondere sind alle Nitratwerte korrigiert).

Die **Klassifizierungsmethode** basiert auf einer Durchsicht der Tabellen auf Regelmäßigkeiten und auf der Zusammenfassung verschiedener Wasserspender zu Gruppen, unterstützt durch eine explorative statistische Analyse anhand von 126 ausgewählten Datensätzen (Anhang D).

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

1. Einige zur Gruppenbildung sehr geeignete Parameter ( $E_H$ ,  $O_2$ , Si) fehlen 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 (oder allgemein konstante Merkmale) sind in einer Clusteranalyse nicht trennungswirksam (BACKHAUS et al. 1996: 314).
3. Die chemischen Eigenschaften der untersuchten Grundwässer (abseits der Flyschzone) schwanken nicht sehr stark, sind aber in diesem Rahmen auch wieder sehr heterogen. (Es hat natürlich keinen 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 läßt sich eine sinnvolle Interpretation vorlegen, die in erster Linie dazu dient, die im ersten Berichtsteil ausgeführte, im wesentlichen geologisch begründete Abgrenzung von Grundwassertypen zu unterstützen.

Hauptsächlich werden diejenigen Parameter besprochen, die zur Klassifizierung wesentlich beigetragen haben. Daher findet sich im folgenden kein pH-Kapitel. 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 neu eingeführte 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. Die im Anhang beigegebenen Boxplot- und Streudiagramme sind mit dem Programm SPSS 7.0 erstellt (JANSSEN & LAATZ, 1997).

### 2.3.1 Wassertemperatur (WT)

Daten zur WT sind in die Tabellen, mit denen später (Kap. 4) die chemischen Eigenschaften der einzelnen Grundwassertypen illustriert werden, nicht aufgenommen, weil sie wenig zur Unterscheidung zwischen diesen Typen beitragen. Allerdings können die **Winter- und Sommertemperaturen** auf zwei mögliche Einflüsse hinweisen:

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

Das Boxplot-Diagramm Abb. 25 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  $M2+M1 \rightarrow K4+K3 \rightarrow K2+K1+S3$  bedingt.

Wesentlich auffällender (und in Abb. 25 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 Grundwasservorkommen des Typs M1.

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*), und (2.) die Quellen und Entwässerungen mit Grundwasser aus **Deckschichten** (Typen Fy[Q], K2+L1+D, L2), das im Sommer 1997 WT-Werte um 14°C annimmt. Zusammenfassend läßt sich feststellen:

- 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.

## 2.3.2 Leitfähigkeit (LF) und Gesamthärte (GH)

Abbildung 27 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 wird anhand der LF (Abb. 26 und 28) geführt.

Nachdem die Verteilungen der LF-Werte für die angeführten Grundwassertypen großteils stark überlappen, die Wässer der Flyschzone von den anderen aber eindeutig abstehen, kann man 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 stratigraphischer Position etwas zuzunehmen. Die Hochterrasse (HT) fügt sich als letztes Glied in diese Reihe, da sie hydrologisch von den Grundwasserleitern der älteren Formationen abhängt.

Auf zwei Objekte mit **Extremwerten** soll schon jetzt hingewiesen werden:

- *MandPözl* (B12B01) fällt durch einige Extremwerte auf und läßt (wie auch *ZehSchm* = C12B04) an die Möglichkeit denken, daß einzelne Stellen mit relativ hoher vertikaler Durchlässigkeit oder einzelne Verschmutzungsquellen dafür verantwortlich sind, daß die höchsten  $\text{NO}_3$ -Gehalte im Untersuchungsgebiet (knapp unter 100 mg/l) auf einige eng begrenzte Umgebungen beschränkt sind (Genaueres in Kap. 4.3 *Grundwasser der ÄDS i.e.S.*).
- *K3 tiefe Br.* (E11B03, D14B01-B02; vgl. die Karte Abb. 54) 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  $\text{NO}_3$ -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 noch in Kap. 4 *Isotopengeophysikalische Untersuchungen* eingegangen.

Im Diagramm Abb. 28 sind die Besonderheiten durch Pfeile und Unterstreichungen hervorgehoben.

### 2.3.3 Redoxpotential ( $E_H$ ) und gelöster Sauerstoff ( $O_2$ )

Auch die nach Grundwassertypen gesonderten Verteilungen der  $E_H$ -Werte (Karte, Abb. 29) lassen sofort **zwei Klassen** erkennen (Abb. 30):

1. Das *Porengrundwasser der Molasse* (Typ S3) zeichnet sich durch niedrigen  $E_H$  jedenfalls  $< 50$  mV aus. Dem entsprechen bis 4 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 stratigraphischer 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 Kluftgrundwasser der Molasse* (Typ S4) schließt sich an die Grundwässer der Quartärsedimente an.

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. Interessanterweise kann aber gerade das Verhältnis der beiden Parameter zur chemischen Gruppierung der untersuchten Grundwässer beitragen, wie das Streudiagramm Abb. 31 illustriert. 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 großteils von Grundwasser der bisher genannten, darüberliegenden Stockwerke ableitet, liegen die  $E_H$ -Werte im gleichen Bereich, aber es kann der  $O_2$ -Gehalt (bis etwa 6 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 darüberliegenden 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. Abb. 35–37). Der  $E_H$  dieser Grundwässer sinkt jedoch mit deren  $O_2$ -Gehalt (bis etwa  $-100$  mV bei 4 mg/l  $O_2$ : siehe D09B01 *HiesAhrm*).

Im Streudiagramm Abb. 31 sind die Entwicklungsmöglichkeiten des Grundwassers der Molasse bezüglich der Parameter  $E_H$  und  $O_2$  durch Pfeile verdeutlicht.

### 2.3.4 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 (Karte Fe, Abb.31). Diese chemischen Parameter waren daher nützlich, wenn es darum ging, die Beziehung eines Grundwassers zum präquartären Untergrund zu beurteilen.

Es ist nicht sinnvoll, die Zusammenhänge auch in diesem Fall durch Diagramme der explorativen Statistik zu illustrieren, weil die beiden Variablen sehr häufig Nullwerte annehmen. Stattdessen wird auf die **Tabellen** verwiesen, die für das Kapitel 4 *Charakterisierung der Grundwassertypen* zusammengestellt wurden (Tab. 3–13).

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 mg/l können durch Luftzutritt vor der Quellaustrittsstelle zustandekommen).
- Grundwasser der Typen S4 *Kluftgrundwasser der Molasse*, HT *Hochterrasse* und L2 *Hangwasser und Sekundärquellen* kann von Grundwasser der vorgenannten Art beeinflusst sein und daher ebenfalls Fe und Mn führen (meist an der Nachweisgrenze der verwendeten Tests); am ehesten Hangwasser (Typ L2), das meistens durch Entwässerungen abgeleitet wird.
- 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 Aug. 97: 0.1 mg/l Fe, 0.03 mg/l Mn).
- Aus Grundwasser der **Mindelmoräne** (Typ M1, M2) stammen Informationen über erhöhte Fe- und Mn-Gehalte nur aus Trinkwasser-Kontrolluntersuchungen. 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 nur 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, 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 Organika-reiche Tone vorhanden sind (VOHRZYKA [1993: 5] stellte organischen Detritus in den zur Wasseruntersuchung gezogenen Proben fest); das Fe muß dagegen aus Silikaten stammen (Kristallingschiebe).

### 2.3.5 Chlorid (Cl)

Die Cl-Gehalte der verschiedenen Grundwassertypen lassen keine klare Differenzierung erkennen, solange man nicht zwischen Brunnen- und Quellwässern unterscheidet (Karte, Abb. 33). Das Diagramm Abb. 34 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 den 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 handelt es sich bei den aufgezählten Tendenzen teilweise um Artefakte, bedingt durch den **zeitlichen Ablauf der Quellkartierung**, die sich erst spät im Laufe der Untersuchung nach Osten in das Gebiet der ÄDS-Hochfläche ausdehnte, während die *Brunnen* dort schon Anfang 1997 erfaßt waren. In Tab. 4 (S. A33; GW-Typ Mt) und Tab. 6 (S. A38f.; GW-Typ K1) sind diese jahreszeitlichen Verschiebungen sehr deutlich, in den Tabellen für den GW-Typ K3 (Tab. 5, S. A35f.) weniger; von den Typen M2 und K4 gibt es fast nur frühe Werte. Der auffällende 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. Grundlage dafür bildeten die Aussagen vieler Brunnenbesitzer aber auch wiederholt gemessene Wasserstände einzelner Brunnen. In eng begrenzten, geringergiebigen Grundwasserleitern zum Beispiel in der Kuppe der Mindelmoräne bei *Forsthub* gab es in den folgenden Monaten extreme Senkungen des Grundwasserspiegels (E12B03: Abstich Nov. 96 = 5.16 m, Feb. 97 = 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 wird später noch eingegangen; 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]).

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  $\text{NO}_3$  von der Oberfläche mitbrachte. Daher die geringen Cl-, Mg/Ca- und NKH-Werte; dagegen waren die  $\text{NO}_3$ -Gehalte zur Zeit Nov./Dez. 96 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 (Tab. 8) und HT (Tab. 10), die aus verschiedenen Jahreszeiten stammen. Entsprechende Überlegungen kann man für die Parameter Mg/Ca und NKH anstellen (Kap. 2.3.7 Magnesium-Calcium-Verhältnis bzw. 2.3.8 Nichtkarbonathärte).

### 2.3.6 Nitrat ( $\text{NO}_3$ ), Nitrit ( $\text{NO}_2$ ) und Ammonium ( $\text{NH}_4$ )

Das Diagramm Abb. 36 illustriert die Verteilung der  $\text{NO}_3$ -Werte auf die einzelnen Grundwassertypen, wobei zusätzlich eine **regionale Einteilung** getroffen wird:

- *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 km weit unter Quartär fortsetzt), das heißt: im NE des Untersuchungsgebiets.
- *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).

Die anschauliche Bedeutung dieser Benennung vermittelt die Karte zur Verteilung der  $\text{NO}_3$ -Werte (Abb. 35). 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 Tendenzen lassen sich erkennen:

- Das **Grundwasser der Flyschzone** (Fy) ist kaum, unter Waldbedeckung überhaupt nicht, nitratbelastet. Verschmutzung – auch mit reduzierten N-Spezies – offenbaren nur Proben aus Entwässerungen: Die gemessenen Werte übersteigen auch dann nicht den Richtwert von 25 mg/l  $\text{NO}_3$ , stellenweise aber entschieden die Trinkwassergrenzwerte für  $\text{NO}_2$  und  $\text{NH}_4$  (0.1 bzw. 0.5 mg/l).

- **Im Porengrundwasser der Molasse (Typ S3)** wird nach O<sub>2</sub>-Abbau den oxidierten anorganischen Verbindungen der Sauerstoff entzogen, zuerst dem NO<sub>3</sub>. Die vorhandenen (relativ geringen) NO<sub>3</sub>-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 zurückgestaut wird, ehe es in geringer Menge austritt. Das zeigt sich deutlich am Vergleich einiger Quellen im Grundbachtal südwestlich von Rohr/Kr. mit dem H<sub>2</sub>S-haltigen Wasser des Bohrbrunnens D10B02 *LandLehm* und am Austritt gespannter Grundwässer bei Grabungsarbeiten in der näheren Umgebung (Oberrohr).
- In den Grundwasserstockwerken unter dem **Moränen-Hügelland** zwischen Sulzbach und Krems (M2–M1–K4–K3) erhöht sich der Nitratgehalt mit tieferer stratigraphischer Position; eine Ausnahme bildet wiederum das Wasser der tiefen Brunnen unter mächtiger Bedeckung durch Moränenmaterial. Für dieses scheinbar paradoxe Verhalten gibt es mehrere Gründe:
  - ⇒ Die **seichten Grundwässer der Mindelmoräne** (Typ M2) haben den geringsten durchschnittlichen NO<sub>3</sub>-Gehalt, weil etliche der hier eingeordneten Wasserspender auf den Kuppen des Hügellandes liegen und belastete Tagwässer über der Grundwasseroberfläche seitlich wegfließen können. Charakteristisch in Bezug auf den NO<sub>3</sub>-Gehalt ist für den Grundwassertyp M2 aber die **Variationsbreite** und die starken zeitlichen Schwankungen der NO<sub>3</sub>-Gehalte.
  - ⇒ 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 stärker der Verschmutzungsgefahr ausgesetzt sind.
  - ⇒ Das **Grundwasser der KKG** (Typ K3) fließt zum großen Teil unter immer geringerer Bedeckung, während es sich den Quellen nähert, aus denen die Mehrzahl der Proben stammt. Eine Zumischung jüngerer Wässer auf dem Fließweg kann man auch aus den Isotopendaten erschließen (Kap. 4.2). Die Herkunft des NO<sub>3</sub> in Wässern des Typs K3 wird durch den Vergleich des Brunnens *SöllKälb* (E11B03) mit den nahegelegenen Quellen am nördlichen Rand des Moränenrückens erhärtet.
- **Grundwasser in den ÄDS** nördlich der Flyschzone und ihren Deckschichten sowie im Kluftgrundwasser der darunterliegenden Molasse (Typ S4) haben vergleichbare NO<sub>3</sub>-Gehalte, nicht allerdings die entsprechenden Vorkommen über Gesteinen der **Flyschzone**. Deren Werteverteilung ist trotz der geringen Probenmenge (N = 6) interpretierbar:
  - ⇒ Für den durchschnittlich geringeren NO<sub>3</sub>-Gehalt kann es zwei Ursachen geben:
    1. Zumischung von Wasser aus der Flyschzone;
    2. Schutzwirkung der tonigen Abtragungsprodukte, über denen in diesem südlichen Bereich der ÄDS wahrscheinlich Jüngere Deckenschotter liegen.
  - ⇒ *HenbEgge* (C13B01) liegt am südlichen Rand der ÄDS-Hochfläche und ist kaum NO<sub>3</sub>-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 Erosi-

onsstufe 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 m tief –, B13B01 *RossTrei* 419 m, C13B02 *ScheMose* 400 m).

- ⇒ Im Einzugsgebiet von B12B01 *MandPözl* 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. 5.3 *Grundwasser der ÄDS i.e.S.* noch ausführlich begründet. Das genannte Objekt wird dabei mit zwei anderen (C12B04 *ZeheSchm* 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<sub>3</sub>-Gehalte als das Kluftwasser aus den Hängen am Rand der ÄDS-Hochfläche:
  - ⇒ Der zuerst genannte **Untertyp S4kkg** hat möglicherweise längere Wege durch Molasseklüfte (Störungszonen) zurückzulegen und wird durch den Grundwassertyp S3 beeinflusst, wie manchmal nachweisbare Eisen-Gehalte zeigen.
  - ⇒ Der zuletzt genannte **Untertyp S4üds** ist chemisch auch in anderer Hinsicht dem Grundwasser in den ÄDS sehr ähnlich und wird sicher oft einfach in der talrandnahen Entfestigungszone der Molasse seinen Austrittsstellen zugeleitet. Ein Zuzug von Wasser des Typs S3 erfolgt auf diesem Weg im Untersuchungsgebiet nicht, weil Austrittsstellen für reduzierende, Fe-haltige Wässer an den Ostflanken des Sulzbachtals nur unter dem Niveau der Talfüllung anzunehmen sind (vgl. D09B01 *Hies-Ahrm*).

Einen weiteren Aspekt eröffnet die **Unterscheidung zwischen Brunnen- und Quellwässern**, durch Abb. 37 in derselben Art illustriert wie für den Parameter *Chlorid* (Fehlerbalkendiagramm):

- *Brunnenwässer* der quartären Sedimente liegen mehrheitlich < 50 mg/l NO<sub>3</sub>, aber ganz klar getrennt von reduzierenden Wässern des Typs Fy *Flyschzone* oder S3 *Porengrundwasser der Molasse*, die praktisch NO<sub>3</sub>-frei sind.
- *Quellwässer* der quartären Sedimente des Moränen-Hügellandes (Typ K3, K4, M1, teilweise M2) liegen häufig > 50 mg/l NO<sub>3</sub>, 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 NO<sub>3</sub>-Abbau aus.

Das Fehlerbalken-Diagramm Abb. 37 bestätigt anschaulich, daß die größte (nicht punktuelle) **Verschmutzungsgefahr** von den Nutzungsbedingungen über den Randbereichen der grundwasserführenden Sedimentkörper ausgeht. Die Tendenzen, die in Abb. 37 für den Parameter NO<sub>3</sub> zum Ausdruck kommen, scheinen denen der Abb. 34 für den Parameter Cl mit umgekehrten Vorzeichen zu entsprechen. Im Fall des NO<sub>3</sub> können aber die anhand der Cl-Werte geltend gemachten Einflüsse nur teilweise geltend gemacht werden, denn die Jahresgänge des NO<sub>3</sub> – soweit erkennbar – zeigen nicht nur im Herbst (Nov./Dez. 96), sondern auch im Frühjahr (Mai 97) ein Maximum (während die Jahresgänge der Parameter GH, Cl, Mg/Ca und NKH vielfach im Herbst 1996 mit absolut minimalen Werten beginnen).

### 2.3.7 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, wird im Gegensatz zur sonst üblichen Praxis das Verhältnis Mg/Ca (nicht Ca/Mg) angegeben (Karte, Abb. 38).

Die **regionale Einteilung** (*NE-SW*) im Boxplot-Diagramm Abb. 39 ist so getroffen wie in Abb. 36 für den Parameter *Nitrat*. Eine Differenzierung ergibt sich damit für die Grundwässer des Typs S4.

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:

- Im Grundwasser der tieferen Schichten der Mindelmoräne (Typ M1), den darunterliegenden 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 Kalkkonglomerates) und dem Vorherrschen von kristallinreichen ÄDS innerhalb der KKG in diesem Bereich zusammenhängen.
- 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 NO<sub>3</sub> ausdrückt. Der Anstieg über die Monate Nov./Dez. 96 – Feb./Mrz. 97 – Mai 97 – Aug. 97, 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 schon dargestellt. 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 *Wien-Unkr* 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).
- 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.

### 2.3.8 Nichtkarbonathärte (NKH)

Ein Streudiagramm NKH gegen GH (Abb. 41) 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). Trotzdem trägt der Parameter *NKH* mehr als *GH* zur Differenzierung bei: Abb. 41 zeigt nämlich im Vergleich mit Abb. 39, daß die **Verteilung der NKH-Werte und der Mg/Ca-Verhältnisse** auf die Grundwassertypen den gleichen Tendenzen folgen; allerdings streuen die NKH-Werte wesentlich stärker.

Eine Erklärung für dieses Verhalten kann sich auf zwei Punkte 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).
2. Andere Faktoren spielen ebenfalls eine Rolle, vor allem in seichten Grundwässern das  $\text{NO}_3$ . Abb. 43 verdeutlicht, daß vor allem in den seichten Grundwässern der Mindelmoräne (Typ M2; etwas weniger bei Typ M1)  $\text{NO}_3$  bei Gehalten  $> 30 \text{ mg/l}$  ein Hauptbestandteil der NKH ist.

Die Verwendung des **GH/SBV-Quotienten** (statt NKH) im Diagramm Abb. 34 ermöglicht, Datenpunkte mit  $\text{GH} < \text{SBV}$  besser darzustellen (die NKH ist in allen diesen Fällen = 0). Ein beträchtliches Defizit an Härtebildnern relativ zum SBV ist auf Ionenausch-Reaktionen am Gestein zurückzuführen. Umgekehrt könnten die hohen NKH-Werte der Wässer aus Sekundärquellen (Typ L2) auf längeren Aufenthalt in der Verwitterungszone zurückzuführen sein.

Tabelle 1 faßt alle Datensätze aus Anhang D mit **GH/SBV < 1** zusammen:

- Die ersten beiden Fälle sind vermutlich anomal: *MandPözl* (B12B01) wurde schon im Unterkapitel 2.3.2 *LF und GH* erwähnt, *ZweckKotb* (C14B01) 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 liegt wenig unter 1; Mg/Ca ist durchgehend niedrig;  $\text{NO}_3$  ist 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. 40).

### 2.3.9 Kieselsäure (Si)

Abbildung 45 zeigt, daß der Si-Gehalt ein aussagekräftiger Parameter zur Unterscheidung verschiedener Klassen von Grundwasservorkommen ist (Karte, Abb. 44). Leider liegen Si-Werte nicht für die Mehrzahl der Datensätze vor, aber folgende Aussagen scheinen möglich:

- In den Sedimentstapeln des Quartär und der darunterliegenden Molasse scheint der Si-Gehalt der Grundwässer mit tieferer stratigraphischer Position anzusteigen. Der Typ Fy *Flyschzone* steht nur wegen allgemein geringer Mineralisierung davon ab: das zeigt ein der Abb. 45 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: 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 (wozu 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 et al. untersuchten Quellwässer dieses Typs mit Si-Gehalten > 10 mg/l sind an **Quarz-reiche, 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: 160, Fig. 6).

Abbildung 45 zeigt, daß **Porengrundwasser der Molasse** (Typ S3) im oberösterreichischen Untersuchungsgebiet Si-Werte bis > 10 mg/l liefert, allerdings in Bereichen am südlichen Rand des Verbreitungsgebietes der Innviertler Serie, deren Sandhorizonte in erster Linie als Si-Quelle in Frage kommen. Grundwasser, das vom darüberliegenden Quartär in diesen Aquifer eingesickert ist, kann sich daher nicht weit in die angedeutete Richtung entwickeln. Das **Kluftgrundwasser der Molasse** (Typ S4) liefert im Untersuchungsgebiet Si-Werte in dem für die Molasse insgesamt typischen Bereich.

Das Streudiagramm *Si gegen  $E_{II}$*  (Abb. 46) illustriert eine weitere Möglichkeit zur chemischen Differenzierung der untersuchten Grundwässer. Besonders geht es hier wieder um die **Entwicklungstendenzen** der beiden Typen S3 und S4 des *Jungen Poren- und Kluftgrundwassers der Molasse*, die sich – wie schon aus Abb. 31 (*O<sub>2</sub> gegen  $E_H$* ) ersichtlich – deutlich unterscheiden.

## 3.0 ISOTOPENGEOPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN

Die Erhebung von Daten zum Sauerstoff-18- und Tritium-Gehalt ( $^{18}\text{O}$ ,  $^3\text{H}$ ) der untersuchten Grundwässer diente vor allem folgenden Zwecken: (1.) eine Vorstellung von den **Verweilzeiten** des infiltrierten Wassers in den verschiedenen Aquiferen zu erhalten, und (2.) zu überprüfen, ob sich die **Höhe der Einzugsgebiete** auch im Hügelland südlich Kremsmünster mit seinen relativ geringen Höhenunterschieden feststellen läßt, oder vielleicht sogar Teile der Einzugsgebiete für die Grundwässer der Molasse und der quaritären Bedeckung in höheren Regionen der Flyschzone liegen können.

Die Erhebung fand in zwei **Kampagnen** statt:

- Jänner 1997: Untersuchung von 9 Proben auf  $^{18}\text{O}$  und Tritium;
- September 1998: Untersuchung von 10 Proben auf Tritium. Die zweite Kampagne erfaßte bevorzugt Quellen mit hohen Schüttungsmengen. An drei der bereits untersuchten Objekte wurden erneut Proben genommen und außer dem  $^3\text{H}$ - auch der  $^{18}\text{O}$ -Gehalt bestimmt, sodaß für diese drei Wasserspender je zwei  $^3\text{H}$ - und  $^{18}\text{O}$ -Werte aus verschiedenen Jahreszeiten vorliegen.

Zur **Probenahme** wurden 1-l-Hart-PE-Flaschen von der Art verwendet, wie in Kap. 2.1 besprochen. Die Probe ist durch einen speziellen Stopfen vor Verdunstung geschützt. Obwohl Tritium mit der Zeit durch Kunststoffe diffundieren kann, waren die Proben davon unberührt, weil sie im beauftragten Labor in Glasflaschen umgefüllt und auch die Rückstellproben in solchen aufbewahrt werden. Die Messungen wurden im *Österreichischen Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal GmbH*, kurz: *ÖFPZ Arsenal*) durchgeführt. Für die Unterstützung bei der Interpretation der Daten sei Herrn HR Dr. D. RANK sehr herzlich gedankt.

Jedes der beiden folgenden Kapitel beginnt mit einer kurzen allgemeinen Einleitung und schließt mit der Interpretation der  $^{18}\text{O}$ - bzw.  $^3\text{H}$ -Daten. Zur besseren Übersicht sind alle Daten und ergänzende Angaben in Tab. 2 zusammengefaßt; die Lage der auf Isotopengehalte untersuchten Wasserspender geht aus der Karte Abb. 47 hervor.

### 3.1 Tritium ( $^3\text{H}$ )

#### 3.1.1 Einleitung

Tritium ( $^3\text{H}$  oder T) ist ein radioaktives schweres Wasserstoffisotop der Atommasse 3, das mit einer Halbwertszeit  $T_{1/2} = 12.3$  a zu  $^3\text{He}$  zerfällt, wobei  $\beta^-$ -Teilchen abgestrahlt werden. Diese Strahlung ist massenspektrometrisch bestimmbar, und man kommt dadurch zu einer  $^3\text{H}$ -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 definiert als die Einheit des Tritium-Gehaltes (1 TU, *tritium unit*).

Auf natürliche Weise entsteht Tritium aus dem Stickstoff der höheren Atmosphäre durch Bombardierung mit kosmischen Neutronen, über das radioaktive Zwischenprodukt  $^{15}\text{N}$ :



Das so entstandene Tritium oxidiert zu schwerem Wasser THO oder  $\text{T}_2\text{O}$ . Der natürliche  $^3\text{H}$ -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  $^3\text{H}$ -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  $^3\text{H}$ -Gehalte der Atmosphäre sinken seitdem, in den ersten Jahren nach dem Höhepunkt der Entwicklung dramatisch, seit den 70er-Jahren immer weniger und in den letzten Jahren kaum noch. Diese Entwicklung ist dadurch bedingt, daß der natürliche Zerfall von der in den letzten Jahrzehnten zunehmenden Emission kerntechnischer Anlagen teilweise wieder aufgewogen wird (MOSER & RAUERT 1980: 38).

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  $^3\text{H}$ -Gehalte im Niederschlag ein Jahresgang mit einem Tiefpunkt im Winter- und einem Höhepunkt im Sommerhalbjahr. Darüberhinaus 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.

Nachdem Grundwasser-Vorkommen außerdem (unbekannte) Anteile oft vieler Jahresniederschläge enthalten, erhält man jederzeit nur Mischalter und kann absolute Angaben zur **mittleren Verweilzeit im Aquifer** nur in Einheiten von Jahrzehnten treffen. Mit ziemlicher Sicherheit kann man  $^3\text{H}$ -freies Grundwasser (in der Praxis  $< 0.5$  TU) als vor 1950, signifikant  $^3\text{H}$ -haltiges (in der Praxis  $> 10$  TU) als nach 1950 infiltriert betrachten.

Abb. 48 soll die Verhältnisse in **Oberösterreich** verdeutlichen: Die Zerfallskurven des Tritium sind mit der Andeutung einer Zeitreihe für die  $^3\text{H}$ -Gehalte im Niederschlag an vier Sammelstellen überlagert, beruhend auf veröffentlichten Jahresmittelwerten für die Jahre 1973, 1980 und 1990 nach HUMER et al. 1995 (S. 22) sowie 1996 nach SCHEIDLEDER et al. 1998 (S. 5). Man sieht, daß die Werte trotz weit gestreuter geographischer und auch verschiedener Höhenlage der Sammelstationen scheinbar über die gesamte Zeit eng beieinanderliegen. 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 zwischen 16 und 17 TU (für 1995 und 1996 nach SCHEIDLEDER et al. 1998: 3 ff.).

Nach dem Diagramm Abb. 48 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*-Modell) für den Grundwasserfluß im Aquifer realistisch ist, wobei keine Mischung mehrerer Jahrgänge des Niederschlags auftritt. Tatsächlich geht man im allgemeinen von einem **Exponentialmodell** 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 der mittleren Verweilzeit des Wassers im Aquifer. Auf dieser Grundlage durchgeführte Berechnungen mit den Zeitreihen der verfügbaren oberösterreichischen Sammelstellen als Input-Funktionen bilden auch den Ausgangspunkt für die Schlußfolgerungen, die Verweilzeiten der hier untersuchten Grundwässer betreffend.

### 3.1.2 Interpretation der $^3\text{H}$ -Daten

In Abb. 49 sind die vorhandenen Daten aus beiden Kampagnen graphisch mit der geologischen Einteilung der Wasserspender verknüpft, die auch in Tab. 2 aufscheint. Die Bedeutung der verwendeten Kürzel entspricht den Kurzbezeichnungen der Grundwassertypen, die im ersten Berichtsteil eingeführt wurden, gegebenenfalls erweitert um den Hinweis auf die Lage des Objekts im Süden (S) oder Norden (N) des Untersuchungsgebietes.

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  $^3\text{H}$ -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.

Die Auftragung gegen eine geologische Einteilung im Diagramm Abb. 49 läßt die Aufteilung des Datensatzes in mehrere Gruppen plausibel erscheinen:

- **Flyschquellen** (*MV-ÖBF* = D16Q01, *SteAdlw* = D15Q04): 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, *SteAdlw* 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.

- **Grundwasser aus den 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:
  1. 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 *Hasell* 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 *Hasell*) Bereich des untersuchten Teils der ÄDS-Hochfläche sich im mittleren Alter nicht unterscheidet. Das ist verständlich, denn Versickerungsmöglichkeiten sind über das gesamte Gebiet verteilt (in erster Linie an Talränder und Dellen gebunden; über Verwitterungsschote liegen keine aussagekräftigen Beobachtungen vor).
  2. 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 den oberflächennahen Entfestigungsbe- reich entleert, tritt *SchwReic* aus einer riesigen Quellnische am Fuß eines hohen Schlierhanges aus und ist wahrscheinlich an eine Störung gebunden, wie es für die nahegelegenen 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 chemischen Daten in Tab. 6).
- **Grundwasser innerhalb der mindelzeitlichen Endmoräne (GW-Typen M1 und M2):** Offensichtlich gibt es hier große Unterschiede:
  3. E14B04 *PichAich* und E11B02 *SchnMürt* sind ganz junge Wässer ( $^3\text{H}$  etwas unterhalb der heutigen Gehalte im Niederschlag), während E11B01 *ZaunBaum* den höchsten  $^3\text{H}$ -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.
  4. E11B01 *ZaunBaum* ist ein knapp 40 m tiefer Brunnen auf der Anhöhe des Gustermairberges südlich Kremsmünster, dessen geringe Ergiebigkeit zusätzlich darauf hindeutet, daß hier ein isoliertes kleines Grundwasservorkommen vor- liegt, dessen Verbindungen innerhalb der Mindelmoräne im einzelnen nicht durchschaubar sind. E11B02 *SchnMürt* könnte mit dem obersten der drei grundwasserführenden 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.

- **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 Wasser vom Typ M2 oder M1 (sofern deren Aquifere nicht weitgehend isoliert sind). Vom 61 m tiefen Brunnen *SöllKälb* (E11B03) liegen wieder zwei praktisch gleiche Werte aus beiden Kampagnen vor. Die mittleren Verweilzeiten können nicht wesentlich über 1 Jahrzehnt liegen.
- **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  $\delta\text{H}$ -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:

*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 Wasser 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 Profilreihe 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.

Eine endgültige Beurteilung ergibt sich aus der Berücksichtigung der  $^{18}\text{O}$ -Werte für den Fall D14B01 *WassErbe*; in Kap. 3.2.2 *Interpretation der  $^{18}\text{O}$ -Daten* wird auf diese Überlegung noch einmal Bezug genommen.

- **Porengrundwasser der Molasse** („Schlierwasser“: GW-Typ S3): Das Beispiel dafür – *LedeUnsc* (D10B01) – ist ein leicht  $\text{H}_2\text{S}$ -führendes Brunnenwasser aus einem Sandhorizont der Innviertler Serie knapp 40 m.u.G. Das offenbar höhere Alter (um 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 Ausgangs-

punkt 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 Kieseinlagerungen 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-seichterere Brunnen-Quelle*. In Grundwasser vom Typ S3 gibt es keine derartige Einmischung, sonst hätte es auch einen merklichen  $\text{NO}_3$ -Gehalt (wo dieser auftritt, erfolgt die Beeinflussung im Hangbereich).

- **D11Q01 *BadHallHT*** ist eine Quelle von geringer Ergiebigkeit am Nordrand des Schlier-Rückens, 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 Einzugsgebiets-höhe gut schätzen, und das war – im Hinblick auf die Höhenabhängigkeit der  $^{18}\text{O}$ -Gehalte – auch der Grund für die Probenahme.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß die  $^3\text{H}$ -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 liefern die nachfolgenden  $^{18}\text{O}$ -Daten.

## 3.2 Sauerstoff-18 ( $^{18}\text{O}$ )

Die Bestimmung der  $^{18}\text{O}$ -Gehalte ausgesuchter Grundwässer geschah in erster Linie, um zu prüfen, ob sich Unterschiede in der Höhe der Einzugsgebiete verschiedener Grundwässer erkennen auf deren Isotopie auswirken, und ob nicht Teile dieser Einzugsgebiete in den höheren Regionen der Flyschzone vermutet werden müssen. Darüberhinaus ergeben sich aber in jedem Fall Hinweise auf die Versickerungsbedingungen und die auch auf die Interpretation der  $^3\text{H}$ -Daten zurückwirken.

### 3.2.1 Einleitung

Etwa 2 von 1000  $\text{H}_2\text{O}$ -Molekülen sind von der Art  $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$ . Nachdem es sich bei  $^{18}\text{O}$  um ein *stabiles* Sauerstoff-Isotop handelt, ist die Gesamtzahl der schweren Wassermoleküle annähernd konstant; Änderungen durch Kernreaktionen sind möglich, aber unbedeutend.

Die Bestimmung der Absolutgehalte von  $^{18}\text{O}$  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 Probe und einem Standard bestimmt und mithilfe der sogenannten *Delta-Notation* angegeben, wobei:

$$\delta^{18}\text{O} := \frac{R_{\text{Probe}} - R_{\text{Standard}}}{R_{\text{Standard}}} \cdot 1000 \text{ ‰}$$

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

Als **Standard** dient eine 1966 im Auftrag der IAEA (*International Atomic Energy Agency*) in Wien hergestellte Wasserprobe, deren  $^{18}\text{O}$ -Gehalt dem des Meerwassers nahekommt. Dieser Standard heißt V-SMOW (*Vienna Standard Mean Ocean Seawater*); er enthält  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O} = (2005,20 \pm 0,45) \cdot 10^{-6}$ . (Der bis 1976 verwendete Standard SMOW entsprach dem als konstant angenommenen mittleren  $^{18}\text{O}$ -Gehalt des Meerwassers; mangels einer real existierenden Wasserprobe der erforderlichen Art war er durch seine Abweichung von dem Standard NBS 1 des *National Bureau of Standards* in Washington/USA definiert.)

Bis dato ist nur die massenspektrometrische **Messung** hinreichend genau (die Entwicklung des Massenspektrometers fällt in die 50er-Jahre; Versuche, mit Laser-Absorptionsmessungen vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, stecken noch in den Kinderschuhen). Als Meßgas dient Flaschen- $\text{CO}_2$ , das durch circa 20-stündigen Kontakt mit der Probe  $^{18}\text{O}$  bis zur Sättigung aus dieser aufgenommen hat (über das gelöste  $\text{HCO}_3$ ). Die Meßgenauigkeit liegt bei  $\pm 0,1 \delta$ -‰.

Physikalische Grundlage der Phänomene, deretwegen Messungen stabiler Isotope im Wasser durchgeführt werden, ist die **Isotopenfraktionierung**, die bei Phasenübergängen, aber auch Lösungs- und osmotischen Vorgängen stattfindet. Der Fraktionierungsfaktor  $\alpha = R_{\text{Wasser}}/R_{\text{Dampf}}$  bei Verdunstung oder Kondensation 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  $^{18}\text{O}$ -Gehalt im Niederschlag auch für Schnee und Eis).

Die Differenz zwischen den Meßstellen *Ebensee* und *Feuerkogel*, die nahe beieinander liegen, sich aber in der Seehöhe um 1173 m unterscheiden, suggeriert einen  $^{18}\text{O}$ -Höheneffekt in diesem Gebiet in der Größenordnung von  $-0.13\text{‰}/100\text{ m}$ . Aus einer Schweizer Untersuchung (SIEGENTHALER & OESCHGER, 1980; nach MAZOR, 1997: 180f.) liegen andererseits Werte vor, die für Niederschlag sowie Grund- und Flußwasser vergleichbar sind und bei  $-0.26\text{‰}$  pro 100 m liegen.

Für **Österreich nördlich des Alpenhauptkammes** geben HUMER et al. (1995: 70) einen Mittelwert von  $-0.18\text{‰}/100\text{ m}$  an; in Südösterreich ist der Höheneffekt geringer: ohne den Ausreißer *Villacher Alpe* ergibt sich durchschnittlich  $-0.15\text{‰}/100\text{ m}$  (Mittelmeereinfluß). 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  $-0.3\text{‰}/100\text{ m}$  als möglich, und Werte von  $-0.2$  bis  $-0.25\text{‰}/100\text{ m}$  als die wahrscheinlichsten anzusehen (RANK, 1999: mündl. Mitt.). Das stimmt auch mit den Angaben in MOSER & RAUERT (1980: 28;  $-0.25$  bis  $-0.5\text{‰}/100\text{ m}$ ) und den Schweizer Erfahrungen besser überein.

Nachdem sich die **Isotopenverhältnisse im Wasser** nach Versickerung unter die Boden- decke kaum mehr anders als durch Mischung mit Wasser von anderer isotopischer Zusammensetzung ändern können, gewinnt man aus den  $^{18}\text{O}$ -Werten des Grundwassers Aussagen über die mittlere Seehöhe des Einzugsgebietes (der Einzugsgebiete), wo die Versickerung stattgefunden hat, – wenn man den Höheneffekt quantifizieren kann.

Die Schwankungsbreite von etwa  $0.5\text{‰}$  für die Mittelwerte der oberösterreichischen – nicht zu hoch gelegenen – Stationen verdeutlicht allerdings, daß (1.) der Höheneffekt für jedes Untersuchungsgebiet eigens definiert werden muß, und (2.) die relativ geringen Höhenunterschiede im Gebiet, dem die vorliegende Arbeit gewidmet ist, einer Bestimmung der mittleren Einzugsgebietshöhen nicht günstig sind. In jedem Fall gewinnt man aber durch Vergleich der Meßwerte verschiedener Grundwasservorkommen Informationen über räumliche (und durch Beprobung zu verschiedenen Jahreszeiten auch zeitliche) Unterschiede in den Niederschlags- und Versickerungsbedingungen. 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.

### 3.2.2 Interpretation der $^{18}\text{O}$ -Daten

Abb. 51 faßt die Ergebnisse der ersten Kampagne (in der allein für alle Proben sowohl  $^3\text{H}$ - als auch  $^{18}\text{O}$ -Daten vorliegen) in einem einzigen Diagramm zusammen: Die  $^{18}\text{O}$ -Gehalte der untersuchten neun Proben sind einerseits gegen die  $^3\text{H}$ -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 Schnee-

decke von etwa 1–2 dm vorhanden war, sodaß jedenfalls keine kurzfristige Einmischung von Schmelzwasser möglich war. Darüberhinaus zeigen die  $^3\text{H}$ -Gehalte, daß an der Mehrzahl der untersuchten Grundwässer (zumindest denen  $> 16$  TU) die Niederschläge mehrerer Jahre beteiligt sind. *SchnMürt* (E11B02) und *PichAich* (E14B04) sind sehr junge, seichte Grundwässer, und kurzzeitige Einflüsse auf diese durchaus möglich; nicht dagegen auf *WassErbe* (D14B01), weil die fast 100 m mächtige Überdeckung durch Moränenmaterial das wohl verhindert. (Wie schon erwähnt, ist *WassErbe* ein Sonderfall, weil sich die  $^3\text{H}$ -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  $^{18}\text{O}$  untersuchten Proben wurden genommen, um den Grad der **Höhenabhängigkeit** der  $^{18}\text{O}$ -Gehalte festzulegen: Bei *ÖBF-MV* (D16Q01), *PichAich* (E14B04) und *BadHallHT* (D11Q01; vgl. die Karte Abb. 47) sind die Einzugsgebiete leicht abzugrenzen. Die Punkte im Diagramm Abb. 51, welche die mittlere Höhenlage dieser drei Einzugsgebiete repräsentieren, liegen eng auf einer anhand dieser Werte ermittelten Regressionsgeraden. Deren Steigung von etwas mehr als 1 ‰ auf 500 m = 0.2 ‰ auf 100 m liegt sowohl nahe des für Österreich nördlich des Alpenhauptkammes rein rechnerisch ermittelten Werts von durchschnittlich  $-0.18$  ‰/100 m als auch im unteren Bereich der Erfahrungswerte nach *ÖFPZ Arsenal* ( $-0.2$  bis  $-0.25$  ‰/100 m). Ein Höheneffekt im genannten Ausmaß ist also durchaus möglich.

Darüberhinaus fällt auf, daß die weiteren Daten – von *WassErbe* abgesehen – viel zu **stark an  $^{18}\text{O}$  angereichert** sind, als daß man sie im Rahmen des bekannten Höheneffektes sinnvoll interpretieren könnte. Die theoretischen Einzugsgebietshöhen lägen um bis zu 300 m über den aus geologischen Gründen maximal möglichen: Grundwasser auf der Anhöhe der Mindelmoräne mit um 500 m SH kann nicht aus 600–800 m SH stammen.

Zur Verdeutlichung der **Problematik** muß man auf mehrere Umstände hinweisen:

- Die drei zur Festlegung des  $^{18}\text{O}$ -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 im Sommer oft wesentlich größer als im Winter, wenn dieser Effekt auch bei den hiesigen Jahresniederschlägen von durchschnittlich  $> 1000$  mm wenig Einfluß haben sollte.
  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 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 Orographie und Vegetation zusammenhängen – den Höheneffekt der  $^{18}\text{O}$ -Gehalte im Niederschlag überdecken.

- Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung war es generell nicht möglich, die Beprobung der ausgewählten Wasserspender so oft zu wiederholen, daß **Jahresgänge** erkennbar werden und verlässliche Jahresmittelwerte zu gewinnen sind. Außerdem sind die Eingangsdaten (Jahresmittelwerte des Niederschlags) auch für die Niederschlagsammelstation in Kremsmünster bisher unbekannt.

Im Hinblick auf die **Einzugsgebietslöhnen** der untersuchten Grundwässer muß man zusammenfassend sagen, daß die  $^{18}\text{O}$ -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, Jahresgänge 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  $^{18}\text{O}$ -Gehalte der Grundwässer im Untersuchungsgebiet einwirken und diesen Effekt vielleicht weitgehend überdecken.

Wertvoll sind die  $^{18}\text{O}$ -Daten für die drei **zweifach untersuchten Wasserspender**: in den Fällen B12B03 *MandHame* (Typ K1) und E11B03 *SöllKälb* (Typ K3) liegen sie nur knapp außerhalb der Fehlergrenzen des jeweils anderen Wertes und sind daher nicht notwendig verschieden. Sowohl  $^{18}\text{O}$ - als auch  $^3\text{H}$ -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 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***: Praktisch identischen  $^{18}\text{O}$ -Werten stehen hier nicht leicht erklärliche Unterschiede im  $^3\text{H}$ -Gehalt gegenüber (–10.43 und –10.41 ‰ bzw. 11.4 und 8.7 TU). Mögliche Gründe für die Verschiedenheit und allgemein geringe Höhe der  $^3\text{H}$ -Werte wurden bereits erwogen; der konstante  $^{18}\text{O}$ -Gehalt bedeutet jedenfalls, daß auch das **Infiltrationsgebiet** das gleiche ist. Damit scheidet die Möglichkeit einer Beeinflussung durch (einige Jahrzehnte altes, von Süden zufließendes) Wasser der Flyschzone aus und es kann angenommen werden, 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. Nachdem der Wert vom Jänner 1997 (11.4 TU) noch nicht zu dieser Annahme zwingt, der Wert vom September 1998 aber eindeutig unter dem Niveau liegt, das für vadoses Wasser desselben oder der vorhergehenden Jahre möglich ist (die derzeitigen  $^3\text{H}$ -Gehalte im Niederschlag der oberösterreichischen Meßstellen betragen 15–17 TU), ist folgender Interpretation der Vorzug zu geben: 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); vermutlich gibt es Verbindungen zwischen kleinen Grundwasserkörpern innerhalb der Moräne, jedenfalls aber Sickerwege mit unterschiedlicher Verweilzeit. Das Mischalter des Grundwassers in der KKG schwankt entsprechend dem Verhältnis der Anteile, die auf verschiedenen Sickerwegen dort angekommen sind.

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; ein direkter Einfluß auf den Wert vom September 1997 ist aber wegen der hohen Differenz zum derzeitigen Durchschnittswert im Niederschlag auszuschließen.

Endlich ist der Einzelwert von  $-9.96 \delta\text{-‰}$  vom September '98 für den **Bohrbrunnen D10B02 LedeUnsc** erwähnenswert, weil er der höchste (am wenigsten negative) der gemessenen Werte ist und dahingehend interpretiert werden kann, daß sich bei dieser Anreicherung an Sauerstoff-18 relativ zu den anderen Meßwerten der Höheneffekt *doch* auswirkt; und damit 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 Grundwasser aus der KKG aufnehmen, an der Molasse-Oberfläche unter Quartärbedeckung ausbeißern.

## 4.0 ABSCHLIESSENDE CHARAKTERISIERUNG DER GRUNDWASSERTYPEN

Die zu den einzelnen hydrochemischen, hydrophysikalischen und isotopengeophysikalischen Parametern gewonnenen und in Kap. 2.3 und 3.2 schon vorgestellten Ergebnisse werden nun zur Charakterisierung der schon bekannten Grundwassertypen zusammengeführt. Das abschließende Hauptkapitel behandelt:

- 1 Grundwasser der Mindelmoräne (GW-Typen M2, M1, K4)
- 2 Grundwasser der Kies-Konglomerat-Gruppe (GW-Typ K3)
- 3 Grundwasser der Älteren Deckenschotter i.e.S. (GW-Typ K1)
- 4 Grundwasser der ÄDS-Deckschichten (GW-Typen K2, L1, D)
- 5 Junges Porengrundwasser der Molasse (GW-Typ S3)
- 6 Junges Kluftgrundwasser der Molasse (GW-Typ S4)
- 7 Grundwasser der Flyschzone (GW-Typ Fy)
- 8 Grundwasser in talgebundenen Terrassen (GW-Typ HT)
- 9 Hangwasser und Sekundärquellen (GW-Typ L2)

Anhang A enthält **Tabellen** (Tab. 3–13), in denen alle Datensätze zum jeweiligen Typ aufgelistet sind, und zwar so, daß die Zusammenfassung einzelner Objekte oder Datensätze zu Gruppen sowie die Bildung von Mittelwerten und somit auch die Entstehung der 126 ausgewählten Datensätze (Anhang D) nachvollziehbar wird, auf denen die Auswertung zu einem großen Teil beruht. Dabei wurde ein *chemischer Grundwassertyp* („*Ch-Typ*“) eingeführt, der den Zweck hat, (1.) die Gruppe M1+M2 (Grundwasser der Mindelmoräne) hydrochemisch sinnvoll zu gliedern [Ch-Typen *Ms* und *Mt*], und (2.) eine regionale Klassifizierung der GW-Typen K1, S4 und L2 zu ermöglichen [ÄDS–ÄDSfy; S4äds–S4kkg; L2äds–L2kkg]. Die einzelnen Abschnitte dieses Teils von Anhang A werden durch **Karten** (Abb. 52–62) eingeleitet, die einen schnellen Überblick über die Lage der dem jeweiligen Typ zugeordneten Wasserspender ermöglichen sollen.

### 4.1 Grundwasser der Mindelmoräne (GW-Typen M2, M1, K4)

Die Grundwassertypen 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*; Karte, Abb. 52; Tab. 2) und *Mt* (*Mindel tief*; Karte, Abb. 53; Tab. 3); als Trennungskriterium fungiert das Mg/Ca-Verhältnis. Im letzten Absatz wird auf den Grundwassertyp K4 *Grane Nagelfluh* Bezug genommen, weil die chemischen Daten zeigen, daß *K4* wahrscheinlich mit *M2* (bzw. *Ms*) in Verbindung steht (Tab. 4).

Tatsächlich ist es schwierig zu unterscheiden, ob eine an den Hängen des Moränenrückens austretende Quelle Wasser aus einem seicht oder tiefer liegenden Aquifer aufnimmt; oft ist ja wahrscheinlich beides der Fall. Das kommt in Tab. 3 gut zum Ausdruck. An Tab. 4 zeigt sich, daß der chemische Typ *Mt* tatsächlich mehrheitlich Wasserspendern des Typs *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. 4 dunkelgrau unterlegt). E13B04 *HehUnpe* (Tab. 3) 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 auf (a) geringere Beeinflussung durch ganz junges Sickerwasser und (b) auf längere Verweilzeiten in den kristallinreichen Teilen der Moräne hin, als man für Grundwasser-Vorkommen des Typs *Ms* annehmen kann.

Die **chemischen Eigenschaften der beiden Wassertypen *Ms* und *Mt*** unterscheiden sich nur graduell – der Unterschied im Mg/Ca-Verhältnis ist ja künstlich verstärkt –, wobei auf die folgenden Punkte verwiesen wird:

- **Mg/Ca** liegt für *Ms* bei Werten  $\leq 0.1$ , für *Mt* bei Werten  $> 0.1$ ; den größten Wert (0.4) liefert E14B01c *PeseSchm3*, in unmittelbarer Nachbarschaft eines heute nicht mehr genutzten seichten Schachtbrunnens (E14B01a) und eines zubetonierten 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, 0.17 mg/l Mn; VOHRZYKA, 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, die aus Gutachten mit beigegebenen Trinkwasseranalysen und aus dem Bericht eines Brunnenbesitzers (E13B04 *HeheUnpe*) bekannt sind, 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*; E14B01b *PeseSchm2*) **stark gespanntes Grundwasser mit chemischen Eigenschaften der darüberliegenden 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 Aquiferen 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; und (2.) die wenigstens zeitweise an manchen Quellen mit Grundwasser des Typs *M1* beobachtete Fe/Mn-Führung (F11Q03 *WienUnkr*).

- **E<sub>H</sub>-Werte** im seichten Grundwasser der Mindelmoräne liegen um 200 mV (und der Gehalt an gelöstem O<sub>2</sub> vermutlich an der Sättigungsgrenze), die tieferen 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. 4 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.
- **NO<sub>3</sub>-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 NO<sub>3</sub>-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 NO<sub>3</sub> zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen NO<sub>3</sub> und NKH, sodaß man als weiteres Kennzeichen für den seichten Grundwassertyp Ms anführen kann, daß NO<sub>3</sub>-Auswaschung (bzw. die aus dem Boden stammende äquivalente Ca-Menge) für einen wesentlichen Teil der NKH verantwortlich ist.

Die NO<sub>3</sub>-Gehalte **im tieferen 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 seichtliegenden grobkörnigen Schichten auf und verläßt diese in Quellen, die in verschiedenen Höhen am Moränenrückens austreten, oder über selten mehr als 20 m tiefe Brunnen; die gerinneführenden Täler setzen bereits auf der Anhöhe des Moränenrückens an. Stellenweise ist das Moränenmaterial reich an Kristallinkomponenten, enthält aber auch Organika-reiche Tone (C-Quelle für Mikroorganismen); je nach Verweilzeit kann auch seichtes Grundwasser daraus Fe und Mn sowie Mg aufnehmen. Diese Erscheinungen, verbunden mit etwas sinkenden E<sub>H</sub>-Werten und O<sub>2</sub>-Gehalten (und vermutlich NO<sub>3</sub>-Abbau) sind naturgemäß im tiefen Grundwasser der Mindelmoräne ausgeprägter.

Sowohl die Verteilung stark gespannter Grundwässer und ihr Vorkommen neben ungespannten, als auch die Beobachtung seicher Grundwässer mit ähnlichen chemischen Eigenschaften wie nahegelegene tiefere Grundwasser-Vorkommen zeigt, daß lokal sehr verschiedene Möglichkeiten zur **Einsickerung in tiefere Grundwasserleiter** bestehen. Die im ersten Berichtsteil (HÄUSLER & STRAKA, 1998: 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 des Typs K4** (Abb. 60; Tab. 11), das sich lokal über der Weißen Nagelfluh (WNF) staut, leitet sich – nach seinen chemischen Eigenschaften zu schließen – eher vom seichten Grundwasser des Typs M2 (oder Ms) an der Westflanke der Mindelmoräne ab, als 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.* kann man sich am ehesten eine Komponente im Sinne des zuletzt genannten Modells vorstellen (Werte vom Aug. 97).

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 eigene Betrachtung weshalb es in den stratigraphisch äquivalenten GW-Typ K4 integriert wurde.

## 4.2 Grundwasser der Kies-Konglomerat-Gruppe (GW-Typ 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: die grün unterlegte Zeile in Tab. 5 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 unter Zehnermeter mächtigen Moränensedimenten verborgen liegt (D14B01 *WassErbe*, D14B02 *SturW.H.*, E11B03 *SöllKälb*). Das geförderte Wasser ist relativ gering mineralisiert (LF 450–550  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; etwa 7–10 mg/l Cl) und kaum oder gar nicht  $\text{NO}_3$ -belastet.
- **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 ( $\leq 10$  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*).
- **$\text{NO}_3$ -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  $\text{NO}_2$ ).

- **Weitere verallgemeinerungsfähige Eigenschaften** der hier eingeordneten Wässer:
  - $E_{II}$  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.

Die Frage, wo die **Versickerungsgebiete** für das Grundwasser vom Typ K3 liegen, ist ohne unmäßige Aufwendung analytischer Mittel nicht genau zu beantworten. 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 der Mindelmoräne und ihres Untergrundes aufhält, und dabei zu einem großen Teil den Weg durch die Moränensedimente nach unten und über die KKG nach Norden (und Osten) zu den bevorzugten Quellaustritten nimmt. Nur im Fall D14B01 *WassErbe* lassen die Isotopendaten die Möglichkeit einer Beimischung wesentlich älteren Wassers zu (vgl. Kap. 3).

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  $NO_3$ -Gehalte; teilweise recht niedrige – allerdings zeitlich schwankende – LF-Werte). In diesem Bereich liegt wahrscheinlich das lokale Versickerungsgebiet für das Grundwasser von der Art D14B01 *Wass-Erbe*; 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 (vgl. Kap. 3.1.2).
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  $NO_3$ - und zeitweise  $NO_2$ -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. 5 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, die in Kap. 4.6 *Junges Kluffgrundwasser der Molasse* näher behandelt werden.

### 4.3 Grundwasser der Älteren Deckenschotter i.e.S. (GW-Typ K1)

In Tab. 6 werden zunächst verschiedene Quellgruppen gebildet und diese wiederum danach zusammengefaßt, ob die herangezogenen Quellen über Gesteinen der Flyschzone oder der Molassezone austreten. Darauf werden die untersuchten Brunnen der ÄDS-Hochfläche derselben regionalen Klassifizierung unterzogen, und zum Vergleich einige weitere Wasserspender angeführt (Karte, Abb. 55).

- Der wesentliche Unterschied des Grundwassertyps K1 zu allen anderen Typen, die in quartären Sedimenten vorkommen, ist das **hohe Mg/Ca-Verhältnis** von durchschnittlich 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 liegt darin, daß die Silikate der in den ÄDS reichlich vorhandenen und von der Tiefenverwitterung angegriffenen Kristallingerölle im Vergleich zu den Kalkkomponenten mehr Mg enthalten, das sich im Grundwasser lösen kann.

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.

- Der Silikatabbau reichert zwar das Grundwasser mit Mg an, nicht aber mit Si: die **Si-Gehalte** im Grundwasser des Typs K1 liegen wie beim GW-Typ K3  $< 5$  mg/l.
- **Cl-Gehalte** sind aus den in Kap. 2.3.5 „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 *MandPölz*; für zwei dieser Brunnen liegen auch Trinkwasser-Kontrolluntersuchungen vor, die in Tab. 6 aufgenommen sind.
- **NO<sub>3</sub>-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 NO<sub>3</sub>-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 NO<sub>3</sub>-Konzentration der früher beprobten *Brunnenwässer* ist regelmäßig im Winter 1997 höher als im vorangegangenen Herbst. Die später beprobten *Quellwässer* lieferten im Mai 1997 höhere NO<sub>3</sub>-Werte als im darauffolgenden August.

- **Reduzierte N-Spezies** ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ) 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.

Die **jahreszeitlichen Schwankungen** der  $\text{NO}_3$ -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 *MandPölz*). Diese hohe Variabilität **der Parameter Cl und  $\text{NO}_3$** , 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 Mineralisierung (durch zeitweise Verdünnung mit ganz jungem Sickerwasser) zur Erklärung herangezogen werden können.

Die höchsten gemessenen  $\text{NO}_3$ -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  $\text{NO}_3$ -Maxima im Frühjahr aufzutreten. Im Dezember 1996 lag im Untersuchungsgebiet eine geschlossene Schneedecke, Ende Februar–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 Aufkonzentration weder durch Verdunstung und Transpiration höherer Pflanzen noch aufgrund von Düngung kommen zu dieser Jahreszeit in Frage.

Ein Vergleich mit jahreszeitlichen Änderungen im Grundwasser des Typs K2 (vgl. das folgende Unterkapitel 4.4: „Grundwasser der ÄDS-Schichten“) und die Betrachtung der räumlichen Verteilung der Brunnen mit mehr oder weniger belastetem Grundwasser der ÄDS lassen eine andere **Interpretation** der soeben besprochenen Daten 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 der Art, wie man sie an den Brunnen beobachten kann, die außerhalb dieses Bereiches an die Basis der ÄDS hinabreichen (B12B02 *EderReic*, C12B04 *ZeheSchm*, 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, die einen mäßigen oder geringen  $\text{NO}_3$ -Gehalt einschließt (B13B01 *RossTrei*, C13B01 *HeubEgge*, C13B02 *ScheMose*; C12B05 *AdamUnho* liegt am Rand des geschützten Bereichs).

Bei C13B01 *HeubEgge* ist nicht klar, ob dieser bloß 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 dreier 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 darunterliegenden Kieskörper eindringen kann. Durch die lange Aufenthaltsdauer in den Lößlehmen ist dieses Wasser großteils der Wiederverdunstung preisgegeben, das verbleibende Sickerwasser also an Chlorid konzentriert (bis etwa 30 mg/l).

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

- Die Quellgruppen (QG) *Mühlbach*, *Fernbach Wim*, *Haid* und *Eggmair* schütten Grundwasser aus den ÄDS im Verbreitungsgebiet der darüberliegenden JDS und sind daher – auch wo Dellen oder bewirtschaftete Hänge über dem Grundwasserstrom liegen – relativ weniger NO<sub>3</sub>-belastet (um 40 mg/l NO<sub>3</sub>) als weiter nördlich gelegene Quellen (50–60 mg/l NO<sub>3</sub>), und führen auch weniger regelmäßig reduzierte N-Spezies.
- Die QG *Gmeinstrasser*, *Furthberg* und *Haselbergergraben* illustrieren die drei hauptsächlichsten **Gefährdungsmomente**, denen Grundwasser im Randbereich des Grundwasserleiters ausgesetzt ist:
  1. QG *Gmeinstrasser* besteht aus dem Quellsumpf, der eine Delle mit dem gerinneführenden 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 *Furthberg* liegt am Rand eines Erosionsrestes der ÄDS-Terrasse, wo die schützenden Deckschichten stärker als anderswo abgetragen sind. Die tatsächliche Belastung mit NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> und NH<sub>4</sub> 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 darunterliegenden 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 ( $> 2$  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.

Zur **Versickerung in die ÄDS** steht prinzipiell die gesamte Hochfläche zur Verfügung (konzentriert auf Talränder, Dellen und Verwitterungsschlote). 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. 2). Die Einsickerung über den im südöstlichen Teil der ÄDS-Hochfläche verbreiteten schwebenden Grundwasserleiter (Typ K2) kann etwas länger dauern (C12Q14).

#### 4.4 Grundwasser der ÄDS-Deckschichten (GW-Typen K2, L1, D)

Jedes der hier eingeordneten Objekte ist ein Fall für sich und verdient eine kurze Erläuterung (Abb. 61; Tab. 12):

- B12E01 *MühlE* entwässert eine **Delle**, die schon in der Flyschzone ansetzt; daher nicht nur erhebliche Gehalte an reduzierten N-Spezies (je 1 mg/l  $\text{NO}_2$  und  $\text{NH}_4$ ), sondern auch an Fe und Mn (0.07 bzw. 0.06 mg/l; alle Werte vom Aug. 97). 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 den Bereich des ehemaligen **Quellsumpfes** 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. Aug. 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**  $E_{II}$  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 NO<sub>3</sub>-Gehalt im Nov. 96 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 NO<sub>3</sub>, von dem keine Wiederholungsmessung vorliegt (Nov. 96: LF = 480 im Vgl. zu 650 µS/cm; NO<sub>3</sub> = 7 im Vgl. zu 42 mg/l); der NO<sub>3</sub>-Gehalt bei C13B03 *BreiWieg* ist sicher auch deshalb wesentlich größer, weil dort noch eine Senkgrube in der Nähe des Brunnens bestand, die nur eine Schale aus Holzplanken hatte (inzwischen hat der Hof einen Anschluß an die öffentliche Wasserversorgung).

#### 4.5 *Junges Porengrundwasser der Molasse* (GW-Typ S3)

Als Musterbeispiel für diesen Grundwassertyp (Karte, Abb. 56; Tab. 7) kann D10B02 *LedeUnsc* dienen, obwohl für diesen Brunnen weder Fe/Mn- noch Si-Werte vorliegen. Hohe Fe- und Mn-Gehalte (um 1 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 machte sich auch ein leichter H<sub>2</sub>S-Geruch bemerkbar, der einen nennenswerten O<sub>2</sub>- und NO<sub>3</sub>-Gehalt ausschließt (NO<sub>3</sub> < 1 mg/l; O<sub>2</sub> sicher < 5 mg/l; Fe- und H<sub>2</sub>S-Gehalte von 1 bzw. 0.1 mg/l sind miteinander verträglich).

Wegen Fehlens einiger Meßwerte bei D10B02 *LedeUnsc* wurden zur Ergänzung die **Quellen im Grundbachtal** und die Brunnen der Ahrmühle D09B01 *HiesAhrm* herangezogen. 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 Hangwasser-beeinflusst: Im Mai 1997 nimmt nicht nur der Parameter NO<sub>3</sub>, sondern auch K und Cl hohe Werte an (56 mg/l NO<sub>3</sub>, 7 mg/l K, 29 mg/l Cl), was auf Anwendung von Gülle und Kalidünger auf den Feldern über dem entwässerten Bereich schließen läßt.

D09B01 *HiesAhrm* ist ein **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 aufnimmt. Im Mai 1997 – bei Hochwasser – überwiegt der Einfluß des Begleitstromes, im August desselben Jahres – bei Niedrigwasser – der des Grundwassers aus der Molasse: Der geringe  $\text{NO}_3$ -Gehalt (2 mg/l) bei gleichzeitig hohem  $\text{NH}_4$ -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** lassen sich dem Grundwassertyp S3 folgende Eigenschaften zuweisen:

- Die mikrobiotische Veratmung von  $\text{O}_2$  und oxidierten anorganischen Spezies wie  $\text{NO}_3$  und  $\text{SO}_4$  erzeugt das **reduzierende chemische Milieu**, das sich in geringen  $\text{O}_2$ -Gehalten und niedrigen  $E_H$ -Werten äußert; dabei sinken die  $\text{O}_2$ - mit den  $E_H$ -Werten, bei  $E_H < 0$  mV schließlich unter 5 mg/l  $\text{O}_2$ . Stellenweise ist ein  $\text{H}_2\text{S}$ -Gehalt (vermutlich um 0.1 mg/l) am Geruch feststellbar.
- $\text{NO}_3$  ist in typischen Fällen praktisch nicht vorhanden (< 2 mg/l), wohl dagegen können **reduzierte N-Spezies** ( $\text{NH}_4$  vor allem) in Mengen weit über den Trinkwasser-Grenzwerten ( $\text{NO}_2$ : 0.1 mg/l;  $\text{NH}_4$ : 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 mg/l Fe, 1.2 mg/l Mn. Daß > 0.05 mg/l Fe in Drainagewässern nicht mit < 5 mg/l  $\text{O}_2$  einhergeht, läßt sich durch Luftzutritt im Entwässerungssystem erklären: Die Oxidation des gelösten Fe ist offenbar verzögert; in einer Probe, die – wenn auch verschlossen – stehengelassen wird, sinkt der Fe-Gehalt tatsächlich rasch: innerhalb eines Tages etwa auf die Hälfte, wie entsprechende Messungen ergeben haben.
- Si > 5 mg/l; Werte **bis 12 mg/l Si** kommen vor.

Zum Vergleich mit dem folgenden Typ S4 enthält Tab. 7 (grau unterlegt) einige Daten für eine gefaßte Quelle im Grundbachtal (D10Q02 *LandLehn*), die unter den weniger ergiebigen Quellen (des Typs S3) in unmittelbarer Nachbarschaft als einzige *kein* Fe führt.

Isotopendaten liegen nur für den Fall des Bohrbrunnens D10B02 *LedeUnsc* vor: Sie beweisen, daß **lokal versickertes Wasser** der Ursprung dieses Vorkommens (Typ S3) und auch des Grundwassers im darüberliegenden 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.

## 4.6 Junges Kluftgrundwasser der Molasse (GW-Typ S4)

Grundwasser des Typs S4 aus „Schlierklüften“ leitet sich 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 (Karte, Abb. 57; Tab. 8). 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, je nachdem, ob das Kluftwasser einen relativ kurzen Weg die Talflanken herab (C11Q18) oder einen längeren durch weit unter den ÄDS-Körpers hineinreichende Störungen zurückgelegt hat (D10Q08; Tab. 2).

Keine einzige Quelle dieser Art aus den ÄDS hatte im Sommer 1997 nachweisbaren Fe-Gehalt. Die wenigen Quellen, wo das der Fall war, befinden sich westlich des Fernbachs. **Östlich von Fernbach und Sulzbach** sind bisher keine Quellen mit Grundwasser des Typs S3 bekannt; nur im Fall des Brunnens D09B01 *HiesAhrm* sind Austritte von solchem Wasser aus der Molasse direkt in die Talfüllung anzunehmen, also unter dem Niveau der benachbarten Quellen (QG *Ahrmühle*, QG *Reichel*), die alle Grundwasser des Typs S4 führen.

**Westlich des Sulzbaches** – am Grundbach und an der Südflanke des Kremstales – sind Sandlagen im „Robulus-Schlier“ der Innviertler Serie und ihr leicht gespanntes Grundwasser hoch über der Kremstalsohle belegt, sodaß **Mischungen zwischen Grundwasser der Typen S3 und S4** zu erwarten sind. Trotzdem ist das Wasser der Quelle D10-Q02 *LandLehn*, die in unmittelbarer Nachbarschaft von Entwässerungen austritt, deren Sammelrohre teilweise Fe-Oxid-Krusten aufweisen, Fe-frei. Das unterstreicht die Andersartigkeit im Fließverhalten von Grundwasser des Typs S4 im Vergleich zu dem der Entwässerungen (Typ S3); vielleicht beißt hier eine Störung aus, die den Fließweg vorgibt. Mischwässer treten dagegen in diesem Bereich aus der Hochterrasse aus und sind daher dem entsprechenden Typ HT zugeordnet, von dem noch weiter unten die Rede ist.

Nachdem die Kluftwässer in der Molasse vom Grundwasser der darüberliegenden quartären Sedimente – der KKG (Typ K3) und der ÄDS (Typ K1) – abgeleitet werden können, sollten sich die jeweiligen Charakterzüge dieser Grundwassertypen auch im Datenmaterial der Tab. 8 wiederfinden, die dem Grundwassertyp S4 gewidmet ist. In der Spalte *Ch-Typ* ist die notwendige Teilung in zwei **chemische Untertypen S4kkg und S4äds** vorgezeichnet: Ein Vergleich der Werteverteilung für die Parameter Mg/Ca und NKH bestätigt eindrucksvoll die getroffene Annahme:

- 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 in der QG *Egendorf* (bei D11Q03a) kann damit erklärt werden, daß sich hier Grundwasser aus den ÄDS der **Umgebung von**

**Ranwalln** beteiligt (auch der Si-Gehalt von nur 4 mg/l deutet in diese Richtung).

Allerdings könnte das genausogut für das Grundwasser der QG *Kogler* gelten, an dem man aber das dem Untertyp *S4kkg* eigene Mg/Ca-Verhältnis um 0.2 feststellt. Die genauen Verhältnisse unter der Hochfläche von Ranwalln sind 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** läßt sich der GW-Typ S4 durch folgende Merkmale charakterisieren:

- Das Kluftgrundwasser der Molasse leitet sich vom Grundwasser der darüberliegenden quartären Sedimente ab und übernimmt weitgehend dessen chemische Eigenschaften.
- Der **Si-Gehalt** liegt im allgemeinen bei Werten  $> 5$  mg/l, 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 und insbesondere das Kluftgrundwasser (Typ S4), dessen weitere Eigenschaften von denen der 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 nur graduell).
- Der  $E_H$  liegt ebenfalls im Bereich der Grundwässer vom Typ K1 und K3 ( $\leq 150$  mV);  $O_2$  kann bis zu Konzentrationen zwischen 5 und 6 mg/l herab veratmet werden, ohne daß der  $E_H$  gleichermaßen sinkt.

## 4.7 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  $< 600$   $\mu S/cm$ ; Cl  $< 10$  mg/l). Man kann die untersuchten Wasserspender in zwei Untergruppen teilen (Karte, Abb. 58; Tab. 9):

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 den Tritium-Daten größenordnungsmäßig durchaus einige Jahre im Grundwasserleiter aufhält, bleibt dieses Wasser 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 **Bin-**

**derbach 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 und 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<sub>2</sub> und 2.6 mg/l NH<sub>4</sub>). Der E<sub>H</sub> sinkt mit zunehmender Konzentration der genannten Ionen, nicht aber gleichermaßen der O<sub>2</sub>-Gehalt; auch hier bestehen also Werte von > 0.05 mg/l Fe und > 5 mg/l O<sub>2</sub> nebeneinander, wie schon an den Daten für den GW-Typ S3 beobachtet. Hier wie dort dürften Luftzutritt und verzögerte Fe/Mn-Fällung die Ursache sein.

Wieweit **Fe- und Mn-Führung** das Grundwasser der Flyschzone allgemein kennzeichnet, läßt sich mangels Daten aus dem Flysch-Bergland nicht sagen, aber die beiden Entwässerungen B13E01 und B13E02 in der Umgebung des Gehöftes *Fuchs*, die geringe NO<sub>3</sub>-Konzentrationen (7 bzw. 2 mg/l) mit nachweisbaren, aber nicht zu Krustenbildung führenden (und daher nicht sofort auffallenden) Fe- und Mn-Gehalten, könnten durchaus typisch sein.

In der Flyschzone schütten die meisten Quellen **sehr junges Wasser** (aus den vergangenen paar Jahren), das sich noch eine Zeitlang in der Verwitterungszone aufhält, nachdem diese den größten Teil des einsickernden Niederschlags über den schnellen Zwischenabfluß wieder abgegeben hat. Eine gleichmäßig aus einem Grundwasserleiter unterhalb der Verwitterungsschwarte schüttende Quelle (D16Q01: Tab. 2) liefert ein mittleres Wasseralter von etwa 1 Jahrzehnt.

#### **4.8 Grundwasser in talgebundenen Terrassen (GW-Typ HT)**

Die rißzeitlichen Terrassen sind den älteren Formationen talwärts vorgelagert und infolgedessen hydrologisch von den Grundwasserleitern in diesen älteren Formationen abhängig. Sie erhalten den größten Teil ihres Grundwassers sowohl aus Quartär- als auch Molasse-Aquiferen. Daß es sich um Mischwässer handelt, wird dadurch belegt, daß die chemischen Eigenschaften der hier eingeordneten Wässer (des Typs HT) eine **Mittelstellung zwischen den Herkunftstypen** (Karte, Abb. 59; Tab.10) einnehmen. Man sieht das am besten an den Boxplot-Diagrammen für die Parameter LF, E<sub>H</sub> und Si (Abb. 3, 4 und 12). Eine Fe-Führung ist stellenweise gegeben und liegt dann an 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 durch Beimengung im Bodenniveau stärker aufkonzentrierten Hangwassers bedingt sein. Im Fall E10Q11 *LeonRohr1* sind der absolut höchste Cl-Wert allerdings mit erheblichen Gehalten an NO<sub>2</sub> und NH<sub>4</sub> sowie einem relativ niedrigen E<sub>H</sub> kombiniert, sodaß Chlorid zumindest hier auch ein Verschmutzungsindikator ist.

## 4.9 *Hangwasser und Sekundärquellen* (GW-Typ L2)

Wie nach den bisherigen Ausführungen aus Tab. 13 zu entnehmen ist, sind in der Karte (Abb. 62) Eigenschaften aller Grundwassertypen (außer F *Flyschzone*) vertreten. Das ist auch zu erwarten, nachdem Hanglehne und Solifluktionsdecken nicht selten die bergseitig aus verschiedenen Stockwerken andrängenden Grundwässer stauen, ihren Austritt auf tieferem Niveau erzwingen – wenn nicht verhindern – und dabei zu ihrer Vermischung beitragen.

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 Aufkonzentration durch Verdunstung im Bodenniveau und 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 schon bei Luftzutritt im Boden ausgefallen.

## 5.0 LITERATUR

- BACKHAUS, K., B. ERICHSON, W. PLINKE, & R. WEIBER (1996): Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung. — 8., verb. Aufl., XXXIV, 591 S., 144 Abb., 205 Tab., (Springer), Berlin.
- BISCHOFBERGER, W.; B. BÖHM, M. BORHO, O. CHRIST, A. DEININGER, P. EISNER, J. FRANTA, B. HELMREICH, A. KHELIL, K. LEONHARD, G. MERKL, E. MORGENROTH, R. NETTER, & D. SCHREFF (1998): Wassergüte- und Abfallwirtschaft Skript [Website]. [Hrsg.:] Techn. Univ. München, Lehrstuhl und Prüfamnt für Wassergüte und Abfallwirtschaft. URL: [http://www.lrz-muenchen.de/~skript\\_wga/inhalt.html](http://www.lrz-muenchen.de/~skript_wga/inhalt.html), [letzte Änd.:] 16. Oktober 1998.
- CHAPELLE, F. (1993): Groundwater-Microbiology and Geochemistry. — xix, 424 pp., (Wiley), New York.
- DEGNER, R.; S. FORSTER, J. HEILBOCK, S. LEIBL, & K. LÖHNERT (WTW, Wissenschaftlich-technische Werkstätten GmbH, Weilheim/D), o. J.: Oxi-Fibel: Einführung in die Gelöstsauerstoff-Meßtechnik.- 63 S., (WTW) Weilheim.
- DEGNER, R. J. HEILBOCK, & J. WINKLER (WTW - Wissenschaftlich-technische Werkstätten GmbH, Weilheim/D) (1988): Fibel zur photometrischen Wasser- und Abwasser-Analytik : Einführung in die Photometrie. — 33 S., (WTW) Weilheim.
- HÄUSLER, H. & W. STRAKA (1998): Endbericht 1998 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, 75 S., 4 Beil., Anh. (8 Abb., 1 Tab.), Wien.
- HESKE, S.; A. PARRIAUX, & M. BENSIMON (1997): Geochemistry of springwaters in Molasse aquifers: Typical mineral trace elements. — Ecl. Geol. Helv., 90, 151–171, Basel.
- HÖLTING, B. (1996): Hydrogeologie: Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. — 5., überarb. Aufl., XIII, 441 S., 114 Abb., 46 Tab., (Enke) Stuttgart.
- HUMER, G. (1995): Niederschlagsisotopenmeßnetz Österreich. Mitarb.: D. RANK, P. TRIMBORN, W. STICHLER. Hrsg.: BM f. Umwelt, Umweltbundesamt. — Umweltbundesamt: Monographien; 52, V, 86 S., Wien.
- HÜTTER, L. (1994): Wasser und Wasseruntersuchung : Methodik, Theorie und Praxis chemischer, chemisch-physikalischer, biologischer und bakteriologischer Untersuchungsverfahren. — 6. Aufl., XII, 515 S., (Salle + Sauerländer) Frankfurt.
- JANSSEN, J. & W. LAATZ (1997): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows : Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests. — 2., neu bearb. Aufl., XIV, 636 S., 357 Abb., (Springer) Berlin.
- KOHL, H. (1990): Kompilierte Geologische Karte 1 : 20 000 des oberösterreichischen Zentral- und Donauraumes. — 11 S., 3 Abb., 20 Beil. (18 Ktn.). — Ber. Geol. B.-A., 20., Wien.
- KRASEL, G., K. BRUSTBAUER, M.-F. KLENNER, G. LINDNER, H. OBERHAMMER, H. ROSSMANN, & F. SCHÖLLER (1993): Die Trinkwasserkontrolle in Österreich : Rechtliche Bestimmungen und fachliche Erfordernisse. — XII, 393 S., (Orac) Wien.
- MACHEREY-NAGEL GmbH (1995): Schnellteste: pH- und Indikatorpapiere. Testbestecke zur Wasseruntersuchung. Photometrische Wasseranalysen. — 77 S., o. O.

- MATTHEß, G. (1994): Die Beschaffenheit des Grundwassers. — Lehrbuch der Hydrogeologie; Bd. 2; 3., überarb. Aufl., X, 499 S., 139 Abb., 116 Tab., (Bornträger) Berlin.
- MATTHEß, G. & K. UBELL (1983): Allgemeine Hydrogeologie: Grundwasserhaushalt. — Lehrbuch der Hydrogeologie; 1, XII, 438 S., 214 Abb., 75 Tab., (Bornträger) Berlin.
- MAZOR, E. (1991): Chemical and Groundwater Hydrology: The Applied Approach. — 2nd ed., rev. and exp., xii, 413 pp., (Dekker) New York.
- MERCK (1993): Fertigtests : Aquamerck, Aquaquant, Mikroquant für die mobile Analytik. — 29 S., o. O.
- MOSER, H. & W. RAUERT (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. — Lehrbuch der Hydrogeologie; Bd. 8; 3., überarb. Aufl., XIX, 400 S., 227 Abb., 32 Tab. — (Bornträger) Berlin.
- PUTZIEN, J. (WTW - Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH, Weilheim/D), (1989): pH-Fibel : Einführung in die pH- und Redox-Meßtechnik. — 62 S., (WTW) Weilheim.
- 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. — 58 S., (WTW) Weilheim.
- RANK, D., W. PAPESCH, G. LUST, W. NUSSBAUMER, & V. RAJNER (1991): Isotopenhydrologie in Österreich: Stand 1990. — Mitt. Österr. Geol. Ges., 83 (1990), 109–124, 12 Abb., 3 Tab., Wien.
- ROMMEL, K. (1988): Leitfähigkeits-Fibel : Einführung in die Konduktometrie für Praktiker. — 4. Aufl., 68 S., (WTW) Weilheim.
- SCHEIDLEDER, A., M. KRÁLIK, D. RANK, V. RAJNER, & R. TESCH (1998): Tritiummeßnetz Österreich. Jahresbericht 1995 und 1996. — 16 S., Report-Nr. R-148, (Umweltbundesamt) Wien.
- SCHLEGEL, H. (1992): Allgemeine Mikrobiologie. — 7. Aufl., XIV, 634 S., 263 Abb., 41 Tab., (Thieme) Stuttgart.
- SCHULER, P. (1987): Oxi-Fibel : Einführung in die Gelöstsauerstoff-Meßtechnik. — 87 S., (WTW) Weilheim.
- VOHRZYKA, 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, 8 Bl., Beil.: "Niederschrift über den Reinheitspumpversuch" (5–8. Aug. 1993), Linz.
- WIESER, F. (1975): Geologisches Gutachten. Abschluß der Vorarbeiten für Brunnen Rohr/Kr. Auftrag.: Gem. Rohr i. Kremstal, OÖ. — Unveröff. Gutachten, 3 S., Linz.
- WTW - Wissenschaftlich-Technische Werkstätten (Hrsg.) (1997): Redox-Fibel : Grundlagen und Tips zur Redoxmessung. — 48 S., (WTW) Weilheim.

## **ENDBERICHT 1999**

über das Projekt

**"TIEFENGRUNDWASSER TRAUN – ENNS – PLATTE"**

**TEILPROJEKT:**

**KREMSMÜNSTER – BAD HALL – WARTBERG**

## **ANHANG A**

**56 Seiten,  
63 Abbildungen & 13 Tabellen**

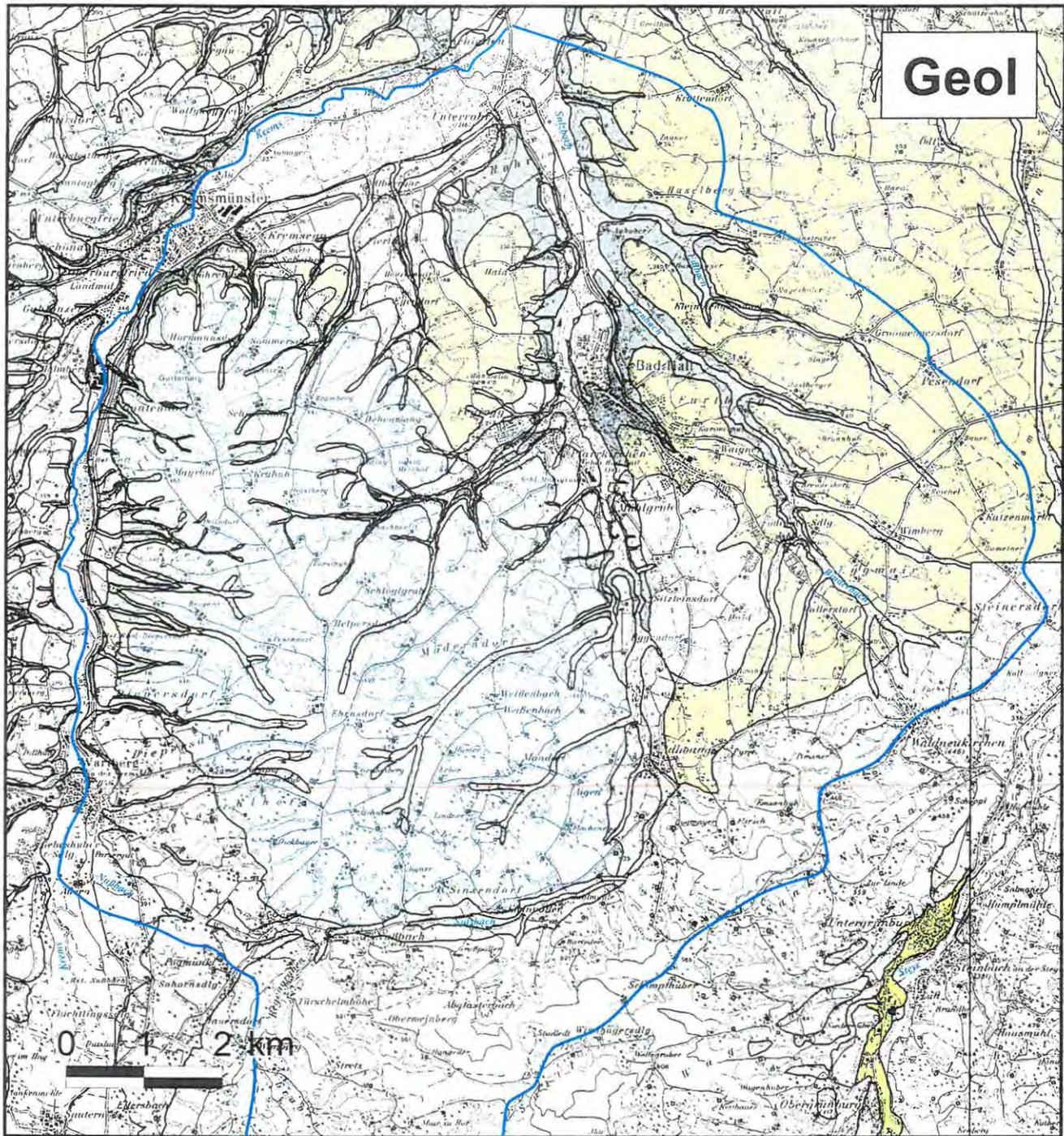
Anhang A (Seite A1–A52) enthält folgende Abschnitte:

- A1–A3** **Überblickskarten** zur Geologie, einschließlich *Grenze des Untersuchungsgebietes*, und zu Art und Lage der untersuchten Wasserspender (A3);
- A4–A9** Illustrationen zur hydrochemisch-hydrophysikalischen **Methodik**;
- A9–A25** Karten und Diagramme zu den Ergebnissen, gegliedert nach **Parameter**;
- A26–A29** Diagramme zur Methodik und den Ergebnissen der **isotopengeophysikalischen Untersuchungen**, einschließlich einer Karte zu Art und Lage der dazu herangezogenen Wasserspender (A26);
- A30–A51** Karten und Tabellen zur Charakterisierung der **Grundwassertypen**;
- A52** Karte zu Lage, Art und Schüttungsmenge der untersuchten **Quellen** und Quellgruppen.

Sämtliche **Karten**, welche die Ergebnisse der Wasseruntersuchung illustrieren, sind auf Grundlage der geologischen Karte Abb. 1 erstellt und enthalten in verkürzter Form deren Legende. Sie stellen die räumliche Verteilung der 126 Wasserspender oder Gruppen von Wasserspendern, die in Anhang D zusammengefaßt sind, sowie die Ausprägung der jeweils interessierenden Eigenschaft an diesen Objekten dar. In den Verteilungskarten zu den einzelnen Parametern scheint neben dem Symbol für Art und Lage des Objekts in schwarzer 9-Punkt-Schrift dessen Zuordnung zu einem der Grundwassertypen auf.

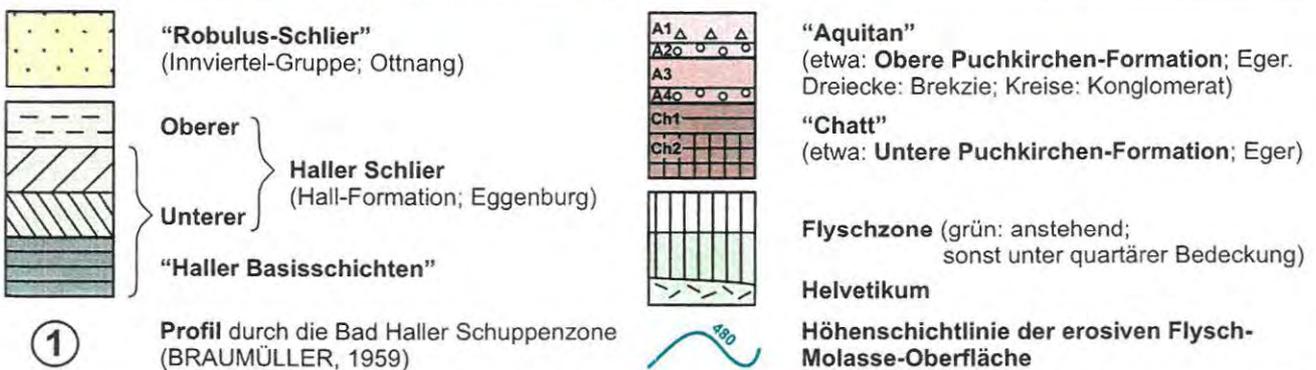
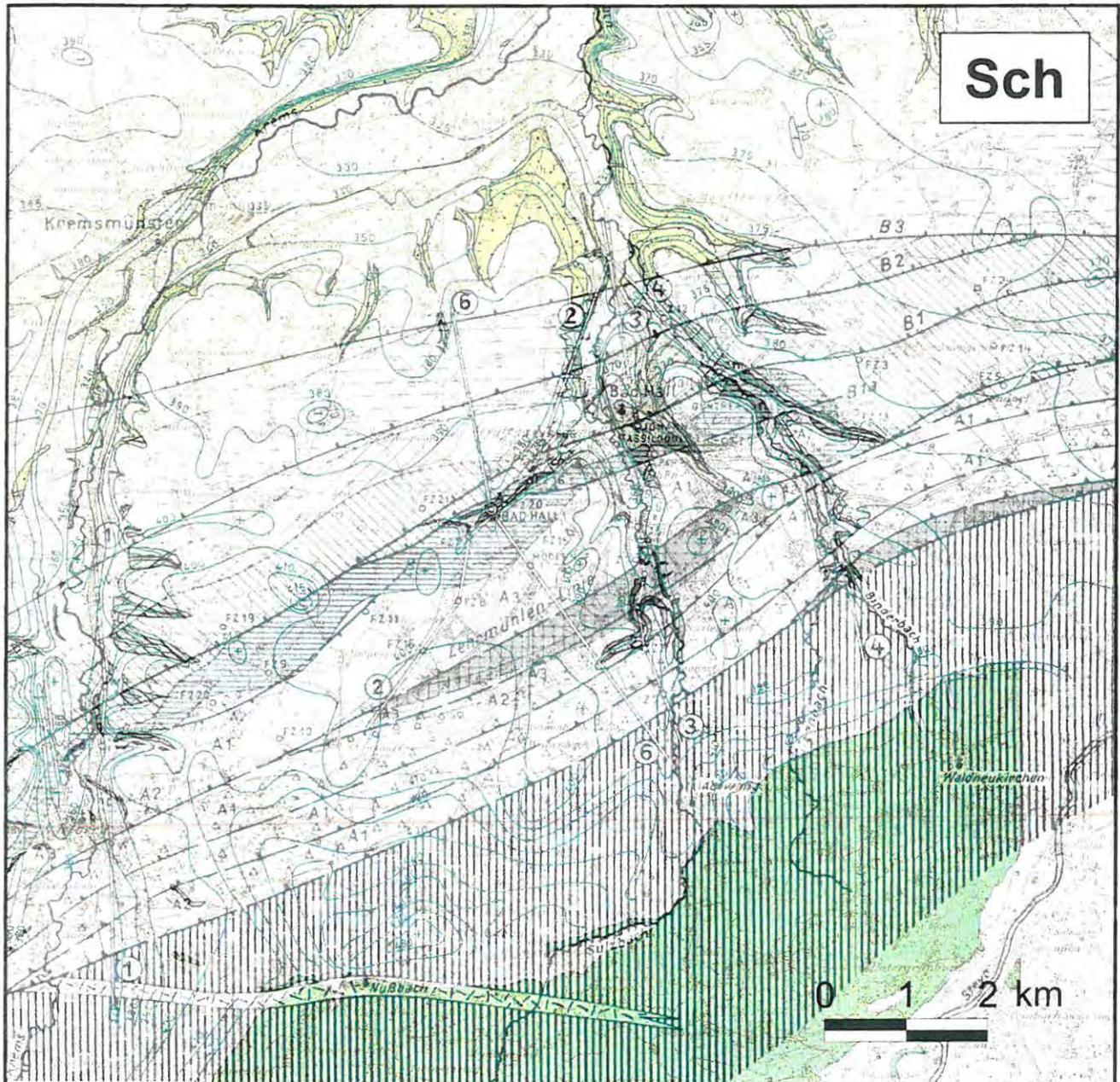
Die **Tabellen** zu den einzelnen Grundwassertypen enthalten neben den Spalten mit selbsterklärender Bedeutung (Bezeichnung, Datum, Meßgrößen) einige, die wir kurz erläutern möchten:

- Art** Q = *Quelle*, QF = *Quellfassung*, QG = *Quellgruppe*, B = *Brunnen*, BB = *Bohrbrunnen*, E = *Entwässerung*,  
**Zusätze in Klammer:** (E) = *Einzelwasserversorgung*, (M) = *Mehrfachversorgung*, (B) = *Betriebswasserversorgung*, (Ö) = *öffentliche Wasserversorgung*, (T) = *Teichanlage*.
- 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. 2 (für Quellen siehe auch Abb. 63).
- GW-Typ** **Grundwassertyp**, Bedeutung und Bezeichnung wie im ersten Teilbericht (HÄUSLER & STRAKA, 1999) begründet.
- Ch-Typ** **Chemischer Grundwassertyp**, im vorliegenden zweiten Teilbericht eingeführt, zur Unterscheidung zweier chemisch begründeter Untertypen innerhalb der Gruppe M1+M2 (Ch-Typen *Ms* und *Mt*), und zur regionalen Differenzierung innerhalb der GW-Typen S4 und L2 (je nach Lage des dort eingeordneten Wasserspenders im Bereich der *Kies-Konglomerat-Gruppe* [S4kkg, L2kkg] oder der *ÄDS-Terrassenschotter* [S4äds, L2äds]).

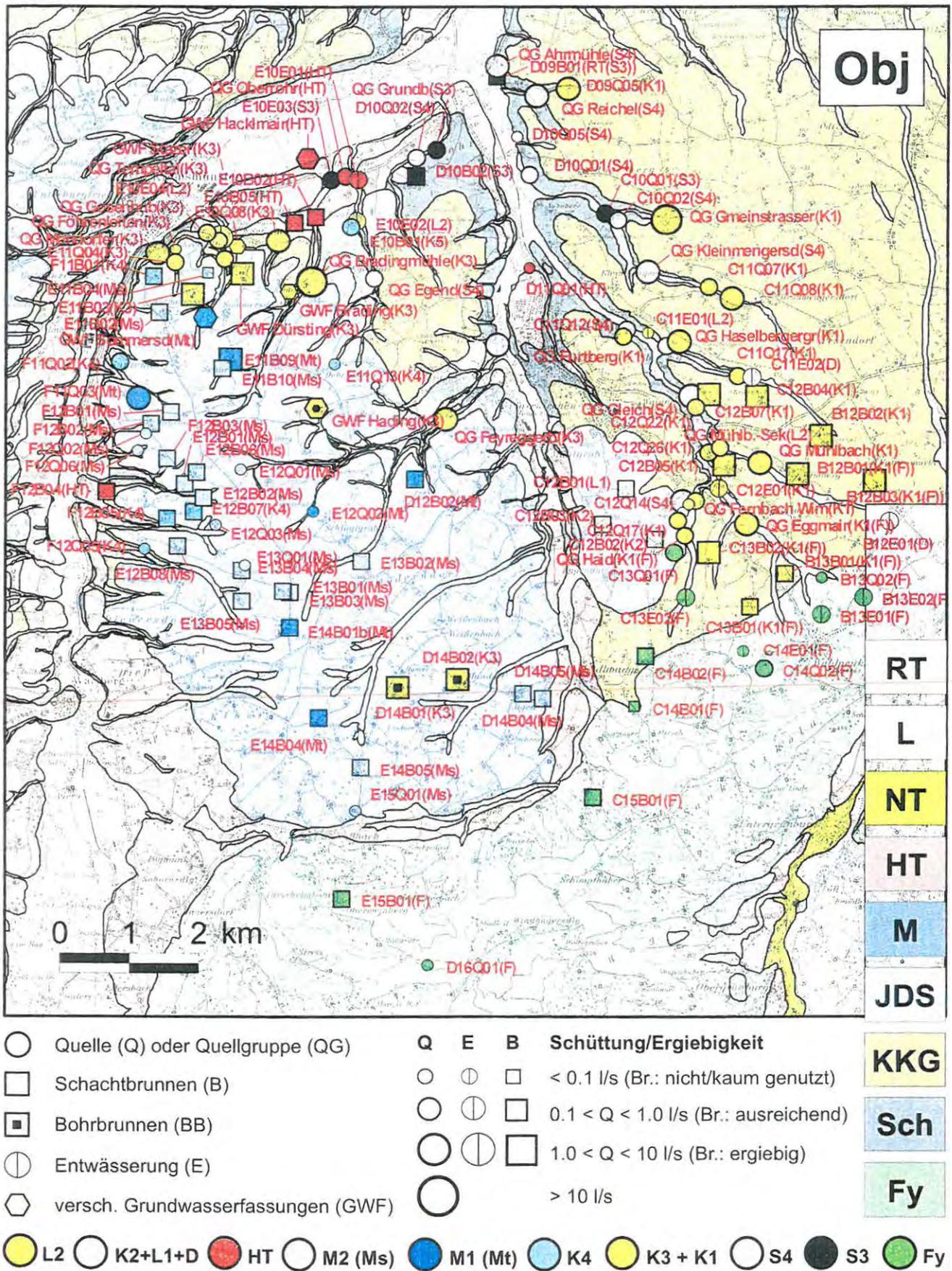


<b>RT</b>	<b>Rezente Talfüllung</b> (Holozän)	<b>JDS</b>	<b>Jüngere Deckenschotter</b> (mindelzeitl. Terrassenschotter) und <b>Graue Nagelfluh</b> (Mindel-Vorstoßschotter)
<b>L</b>	<b>Hanglehm, Solifluktsdecke, Dellenfüllung</b> (größtenteils würmzeitl.)	<b>KKG</b>	<b>Kies-Konglomerat-Gruppe</b> = <b>Ältere Deckenschotter</b> (günzzeitl. Terrassen- und Vorstoßschotter) + <b>Weißer Nagelfluh</b> (Günz/Mindel)
<b>NT</b>	<b>Niederterrasse</b> (Würm)	<b>Sch</b>	" <b>Schlier</b> " = <b>Puchkirchen-Gruppe</b> (Eger) + <b>Hall-Formation</b> (Eggenburg) + <b>Innviertel-Gruppe</b> (hier: Robulus-Schlier; Ottlang)
<b>HT</b>	<b>Hochterrasse</b> (Riß)	<b>Fy</b>	<b>Flyschzone</b> (inkl. Helvetikum)
<b>M</b>	<b>Endmoräne</b> (Mindel)		<b>Grenze des Untersuchungsgebietes</b>

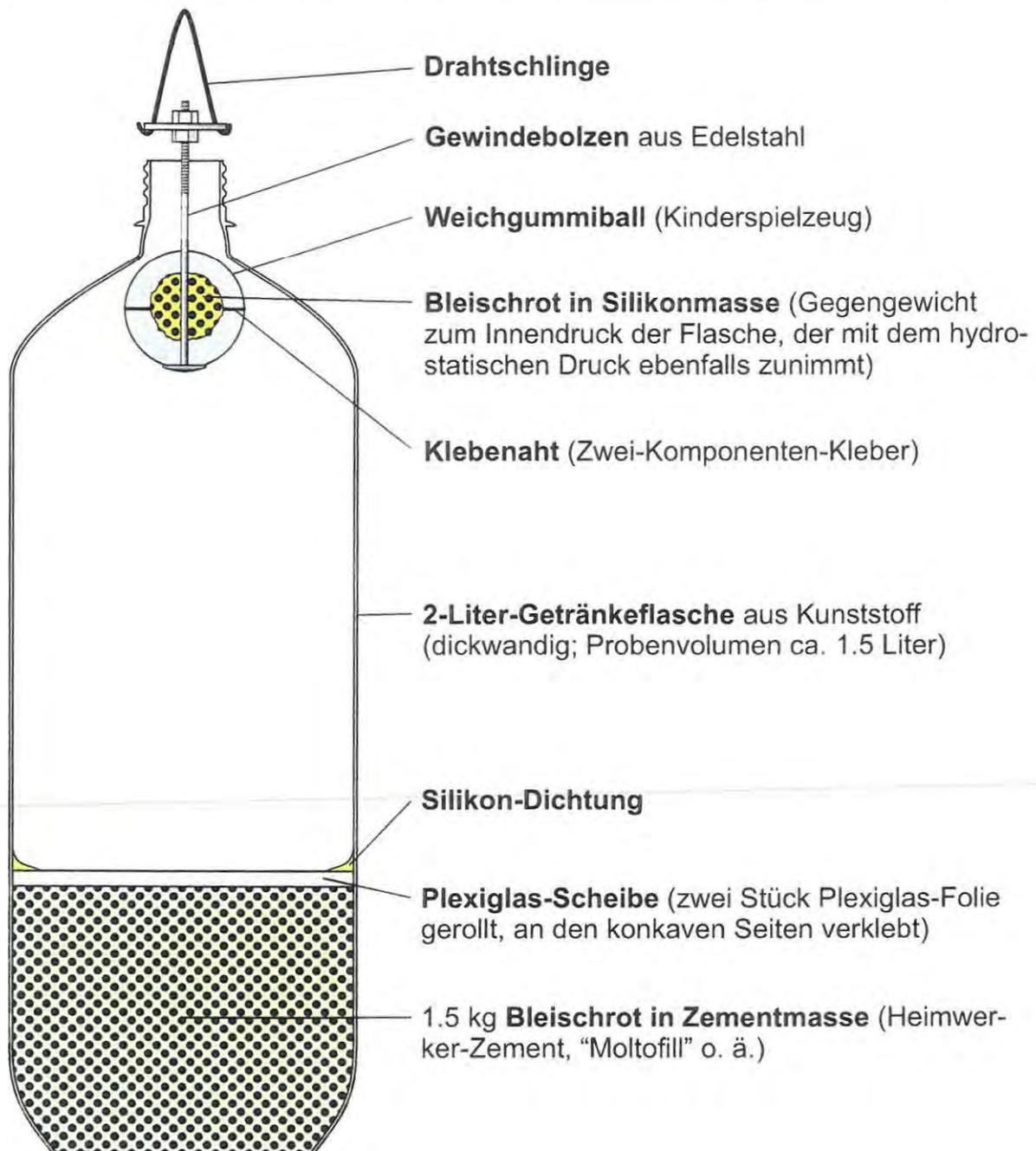
Abb. 1 - Geologische Karte des Untersuchungsgebietes (Umgebung von Bad Hall, Kremsmünster und Wartberg/Kr. in Oberösterreich): Vereinfacht nach Kompilierte Geologische Karte 1 : 20 000 des oberösterreichischen Zentral- und Donauraumes (KOHL, 1990).



**Abb. 1a - Geologische Karte des Präquartär im Untersuchungsgebiet (Umgebung von Bad Hall, Kremsmünster und Wartberg/Kr. in Oberösterreich):** Grundlage aus BRAUMÜLLER, 1959; Anstehendes der Flyschzone und der Molasse nach der *Kompilierten Geologischen Karte 1 : 20 000 ...* (KOHL, 1990); Höhenschichtlinien der Flysch-Molasse-Altfläche nach FLÖGL, 1983. - Diese Darstellung ist sicher in manchen Zügen überholt. Von den tektonischen Verhältnissen gibt es eine neuere Interpretation (BRAUMÜLLER, 1966), nicht aber eine veröffentlichte Revision der zugrundeliegenden geologischen Karte. Zu den Profilen (1) und (3) durch die Bad Haller Schuppenzone nach BRAUMÜLLER (1959) siehe auch den Anhang (S. 5) zum 1. Teil des vorliegenden Berichts.



**Abb. 2 - Lage, Art, Grundwassertyp und Ergiebigkeit der untersuchten Wasserspender:** Datengrundlage sind die 126 ausgewählten Datensätze im Anhang D, auf die sich die Diskussion der chemischen Eigenschaften der beobachteten Grundwassertypen stützt. Die Zuordnung zu einem dieser 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 Angaben der Tabellen zu den einzelnen Grundwassertypen hervor.



**Abb. 3 - Grundwasser-Entnahmeflasche:** Selbstgebautes Gerät zur Wasserentnahme vom unteren Ende eines Brunnens. Erst wenn sie am Grund der Wassersäule aufsteht, öffnet sich die Flasche, indem der Gummiball, an dem indirekt das Seil zum Herablassen befestigt ist, durch das Gewicht der Wassersäule nach unten gedrückt wird (der Druck der eingeschlossenen Luft ist wegen der Zusammendrückung der elastischen Flasche ebenfalls etwas erhöht; zur Sicherheit ist auch der Gummiball zusätzlich beschwert). Die abgebildete Getränkeflasche ist 32 cm hoch und 11 cm breit.

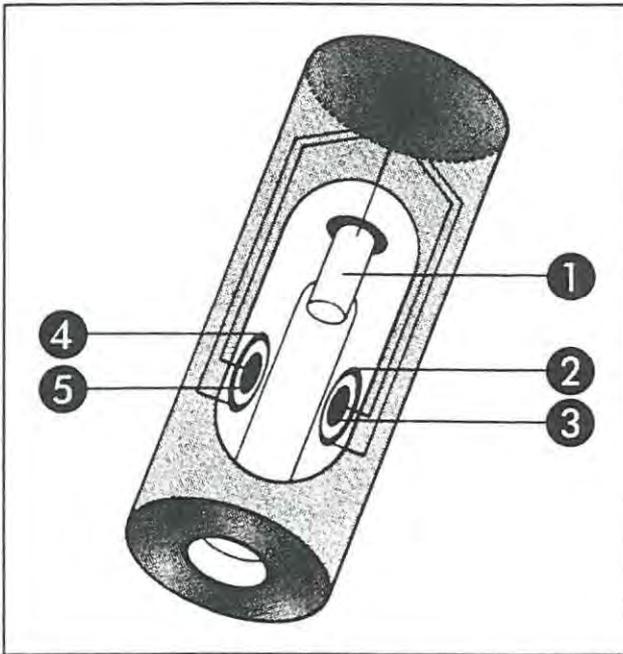


Abb. 4 – TertaCon®-4-Elektroden-LF-Meßzelle der Fa. WTW, Weilheim/D: Aus PUTZIEN, 1993: 16.  
 ① Temperaturfühler  
 ② und ③ Stromelektroden  
 ④ und ⑤ Spannungselektroden

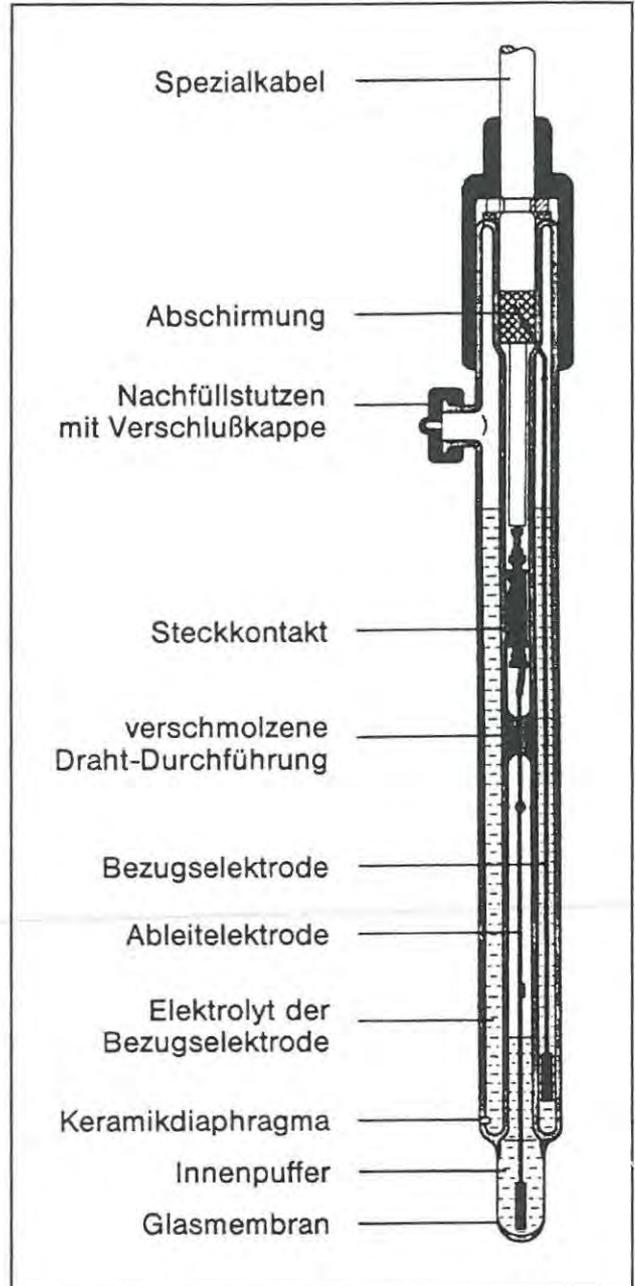


Abb. 5 – pH-Einstabmeßkette: Der Querschnitt (aus PUTZIEN, 1989: 21) zeigt die herkömmliche Bauart mit Flüssigelektrolyt. Das von uns verwendete Gerät ist gelgefüllt und besitzt daher auch keine Nachfüllöffnung.

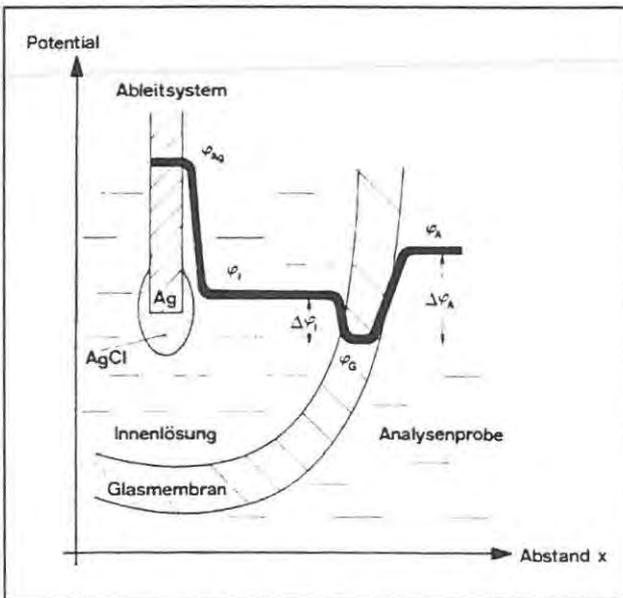
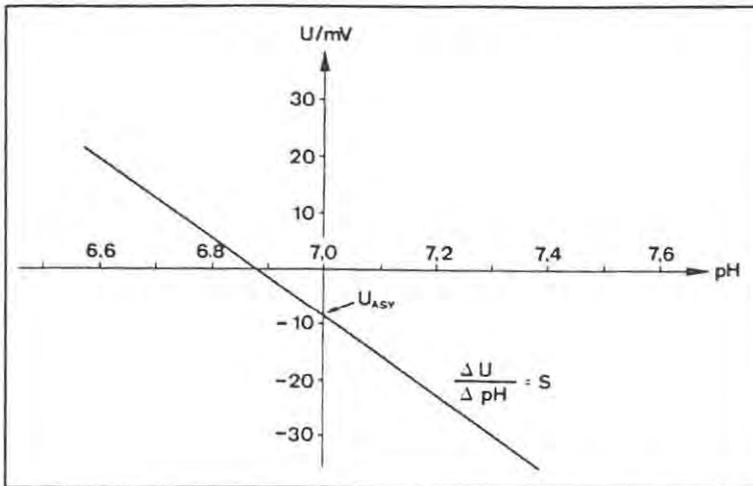
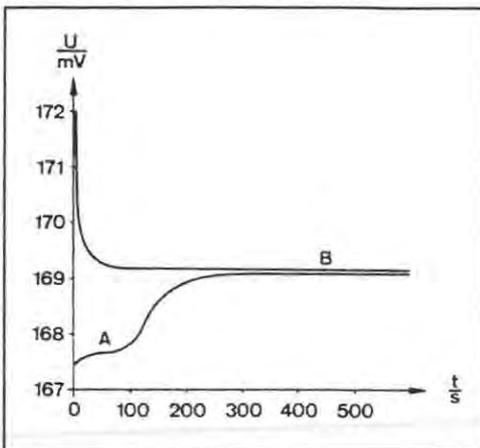


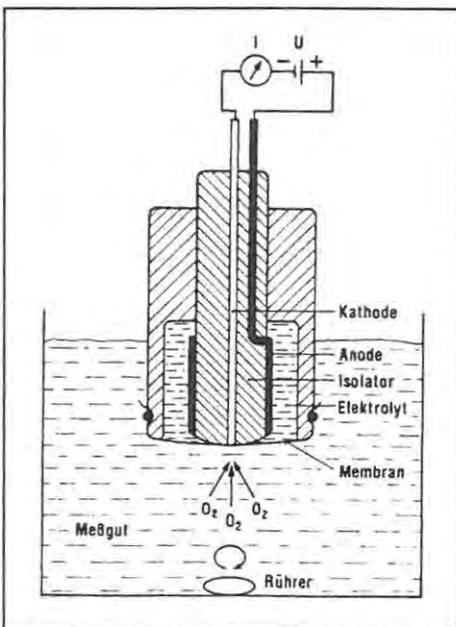
Abb. 6 – Schema einer pH-Glaselektrode: Die dick ausgezogene Linie verdeutlicht die Potentialsprünge an der Glasmembran und der Ableit-elektrode. - Aus PUTZIEN, 1989: 16.



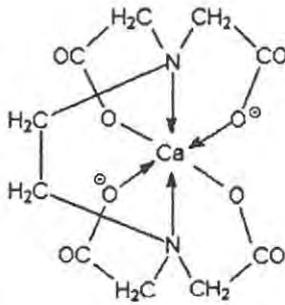
**Abb. 7 – mV-pH-Kennlinie einer pH-Meßkette:**  
 Das Potential  $U$  wird in unserem Text  $E$  genannt.  
 $U_{ASY}$  ... Asymmetriepotential;  
 $S = \Delta U / \Delta pH$  ... Steilheit (der Meßkette).  
 Bei einer 2-Punkt-Kalibrierung (mit zwei Puffern) wird durch den ersten Abgleich das Asymmetriepotential korrigiert, mit dem zweiten die Steilheit der Meßkette bestimmt. - Aus PUTZIEN, 1989: 24.



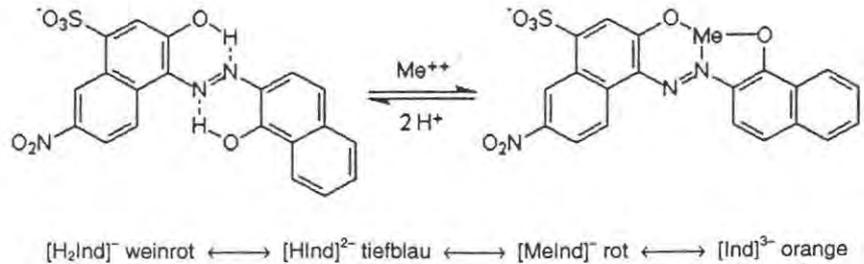
**Abb. 8 – Einstellkinetik einer pH-Meßkette (WTW E 56):** Die Sonde taucht in eine ungerührte Pufferlösung ein; der Signalverlauf hängt wesentlich von der Aufbewahrungslösung ab:  
 A ... 0.3 mol/l KCl  
 B ... 3.0 mol/l KCl  
 Bei guter Konditionierung stellt sich innerhalb von 1 min ein stabiler Ablesewert ein, jedenfalls aber nach etwa 5 min. - Aus PUTZIEN, 1989: 33.



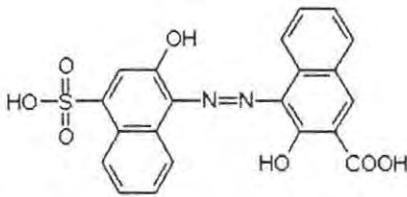
**Abb. 9 – Schema einer membranbedeckten  $O_2$ -Meßzelle nach CLARK:**  
 Der entscheidende Vorteil dieser 1956 zum Patent angemeldeten Bauart gegenüber den früher verwendeten besteht darin, daß eine  $O_2$ -durchlässige Membran (beim verwendeten WTW-Gerät aus Teflon) die Elektroden vom Meßgut trennt und störende Ablagerungen von Wasserinhaltsstoffen auf den Elektroden-Oberflächen verhindert. Die Membran schmiegt sich berührend an die Goldkathode an, sodaß aller in die Sonde diffundierender  $O_2$  an dieser Elektrode reduziert wird. Die dazu erforderlichen Elektronen erhält die Arbeitselektrode von der Anode. Diese Gegenelektrode fungiert in der abgebildeten Bauart gleichzeitig als Bezugselektrode (Zwei-Elektroden-System); besteht sie aus Silber, muß zur  $O_2$ -Reduktion eine Batterie-Spannung  $U$  angelegt werden, handelt es sich um eine Blei-Anode (wie beim verwendeten Gerät), ist das *nicht* notwendig. Die Meßlösung muß gerührt, oder umgekehrt die Sonde in der Lösung geschwenkt werden, damit die resultierende Anströmung die laminare Grenzschicht an der Außenseite der Membran auf eine gleichbleibende Minstdicke reduziert. - Aus SCHULER, 1987: 23.



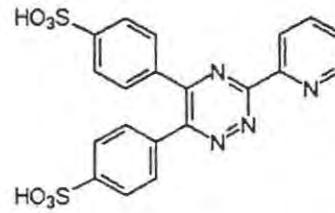
**Abb. 10 – Ca-EDTA:** Ethylen-diamin-tetra-essigsäure in 6-zähliger Koordinationsverbindung mit Calcium (Chelat-Komplex). Ca ist pseudooktaedrisch konfiguriert; die beiden N-Atome stehen dabei in *cis*-Position.



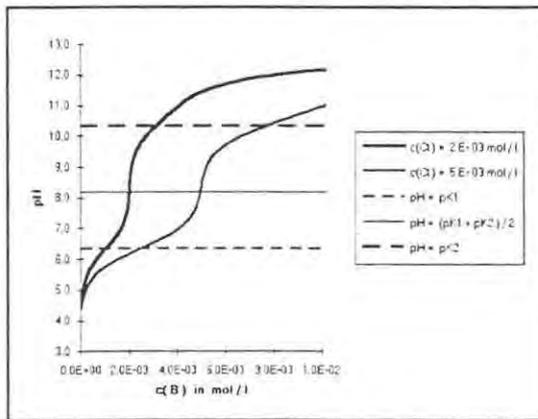
**Abb. 11 – Eriochromschwarz T (Erio-T):** Kompleksindikatoren sind meist, wie auch im Fall von Erio-T, mehrwertige (organische) Säuren, Umschlagbereich und Farbe daher pH-abhängig. Um pH 10 liegt Erio-T hauptsächlich in der blauen Form  $[HInd]^{2-}$  vor. Der Farbumschlag von Rot auf Grün bei der GH-Bestimmung kommt zustande, weil tatsächlich ein Mischindikator (auf Basis von Erio-T) verwendet wird (vgl. Abb. 17).



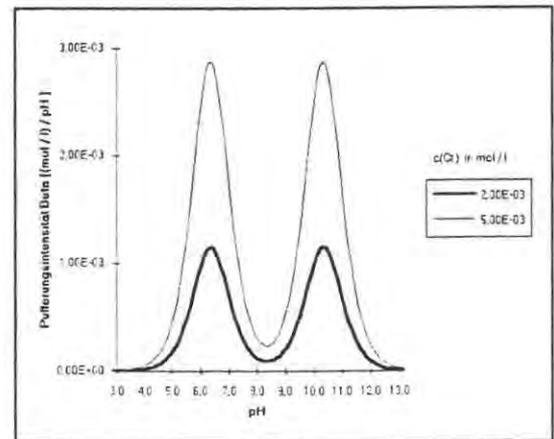
**Abb. 12 – Calcon-carbonsäure:** Struktur und Verwendungsweise sind ähnlich denen von Erio-T. Der Farbumschlag erfolgt nach analogem Muster von Rot nach Blauviolett.



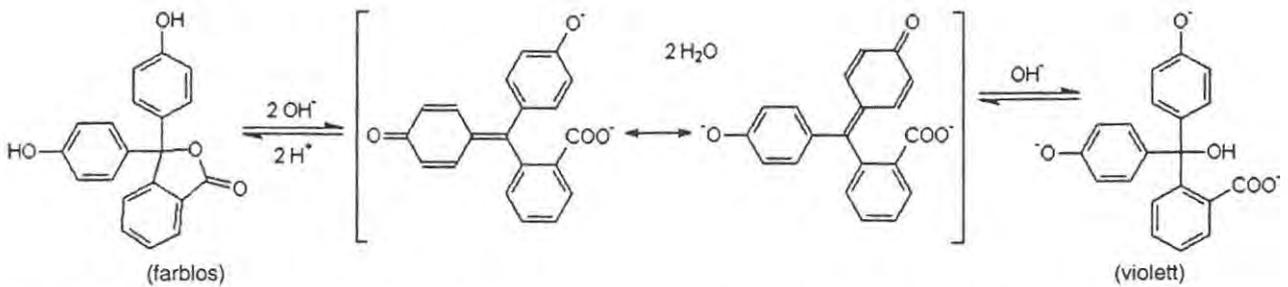
**Abb. 13 – Ferrospectral® (Diphenyl-sulfonsäure-pyridyl-triazin; "Triazin"):** In Mischung mit Thioglykolsäure (Reduktionsmittel und Puffersubstanz) zur Bestimmung des löslichen  $Fe^{II}$  und  $Fe^{III}$  ("Gesamteisen", allerdings ohne kolloide Anteile) verwendet.



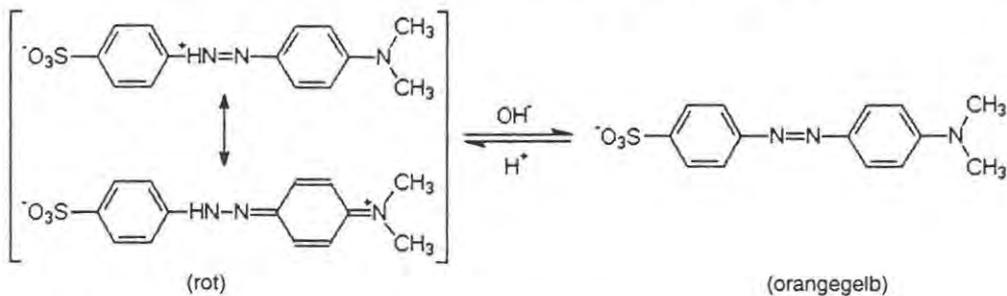
**Abb. 14 – Titrationskurven zweier Kohlensäure-Lösungen:** Die beiden Lösungen unterscheiden sich im Gesamtgehalt an anorganischem C (TIC oder hier  $c(Ct)$ ). Sie werden gegen eine starke Base titriert. In den pH-Bereichen um pH 4 und 8 ist die pH-Steigerung durch Basenzugabe stark, in den Bereichen um  $pH = pK_1$  und  $pK_2$  dagegen schwach (hohe Pufferintensität). - Aus BISCHOFBERGER et al., 1998.



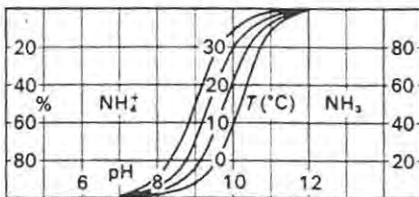
**Abb. 15 – Pufferintensität zweier Kohlensäure-Lösungen in Abhängigkeit vom pH:** Die Pufferintensität steigt mit dem TIC-Gehalt (*total inorganic carbon*), Maxima und Minima treten aber in den immer gleichen pH-Bereichen auf. - Aus BISCHOFBERGER et al., 1998.



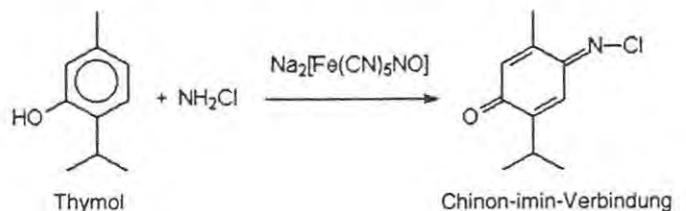
**Abb. 16 – Phenolphthalein:** Als *einfarbige* Neutralisationsindikatoren für Säure-Base-Titrationen werden praktisch nur Phthalein-Derivate verwendet (Kondensationsprodukte der Phthalsäure = *o*-Benzoldicarbonsäure mit Phenolen). Der Umschlagbereich von Phenolphthalein liegt bei pH 8.2–10. Im basischen Milieu bildet sich das farbige Tri-Anion durch Anlagerung eines OH<sup>-</sup>-Ions. Bleibt diese Reaktion in der Probelösung aus und diese daher bei Zugabe des Indikators farblos, ist der +p-Wert (praktisch = *Säurekapazität bis pH 8.2*) nicht bestimmbar.



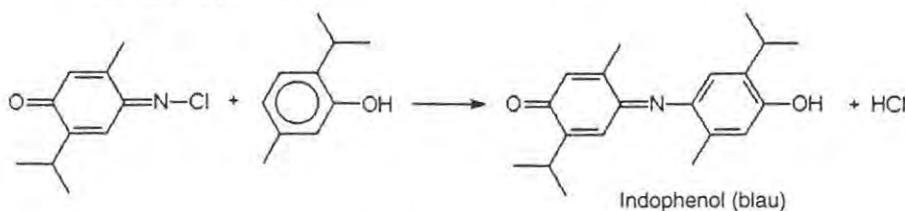
**Abb. 17 – Methylorange:** Methylorange (Na-Salz der 4-Dimethylamino-azobenzol-2'-carbonsäure) ist ein *zweifarbiger* Neutralisationsindikator für Säure-Base-Titrationen; Umschlagbereich pH 3.1–4.4. Wegen Ladungsdelokalisierung nach dem Einbau des Protons (H<sup>+</sup>) kommt es im sauren Milieu zu einer Vertiefung der Farbe; die Mischfarbe am Äquivalenzpunkt ist Orange. Der Farbumschlag von Blau über Grau nach Rot in der Praxis wird durch Mischung mit einem Farbstoff oder mit einem zweiten Indikator erreicht (dessen Umschlagbereich überlappt).



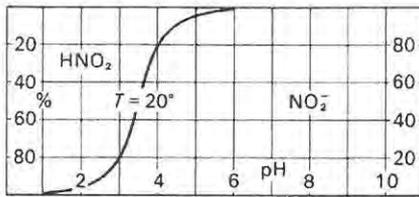
**Abb. 18 – Existenzbereiche im System NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NH<sub>3</sub> in Abhängigkeit von pH und Temperatur:** Um pH 8 bleibt der Anteil an gelöstem NH<sub>3</sub> auch bei relativ hoher WT unter 10%. Bei der NH<sub>4</sub>-Bestimmung wird das Gleichgewicht durch Alkalisierung bis pH 13 völlig auf die NH<sub>3</sub>-Seite verschoben. - Aus HÜTTER, 1994: 379.



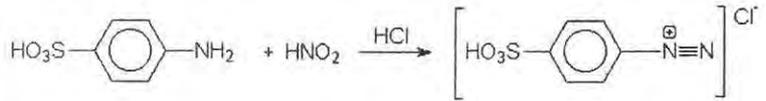
**Abb. 19 – Indophenol-Bildung (1. Schritt):** Die Phenol-Verbindung *Thymol* reagiert unter katalytischem Einfluß von "Na-Nitroprussid" zu einer Chinon-imin-Verbindung (N-Chlor-2-isopropyl-5-methyl-quinon-imin).



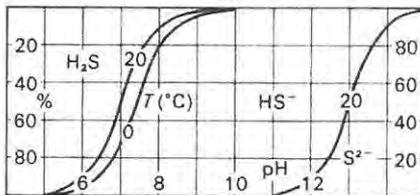
**Abb. 20 – Indophenol-Bildung (2. Schritt):** Anlagerung eines weiteren Thymol-Moleküls an das zuvor (Abb. 19) gebildete Chinon-imin erzeugt den blauen Farbstoff *Indophenol*. Die quantitative Umsetzung sowohl des zu bestimmenden NH<sub>3</sub> mit Isocyanursäure zu Monoimin als auch des letzteren zu Indophenol ermöglichen die 1:1-Beziehung zwischen Farbstoffmenge und Anzahl der interessierenden N-Spezies.



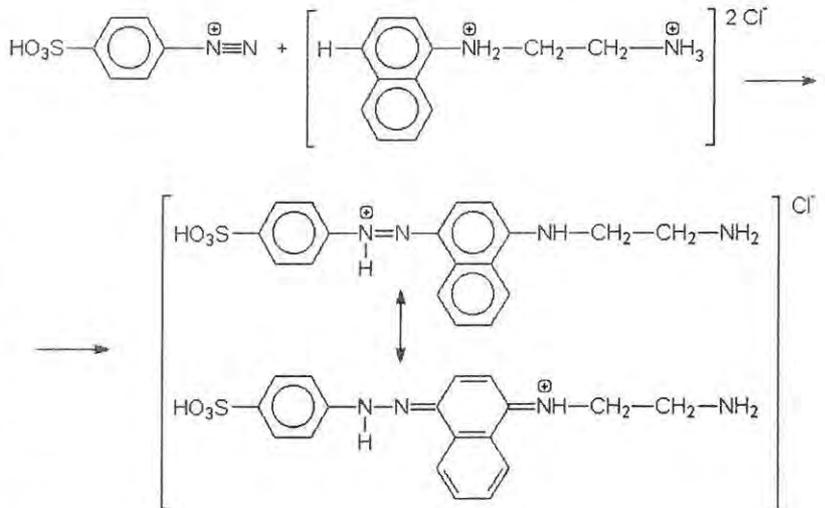
**Abb. 21 – Existenzbereiche im System  $\text{HNO}_2/\text{NO}_2^-$  in Abhängigkeit von pH und Temperatur:** Im pH-Bereich natürlicher Wässer liegt praktisch nur das Nitrit-Ion vor. Bei der  $\text{NO}_2^-$ -Bestimmung im sauren Milieu ist das Gleichgewicht allerdings völlig auf die Seite der Salpetrigen Säure  $\text{HNO}_2$  verschoben. – Aus HÜTTER, 1994: 379.



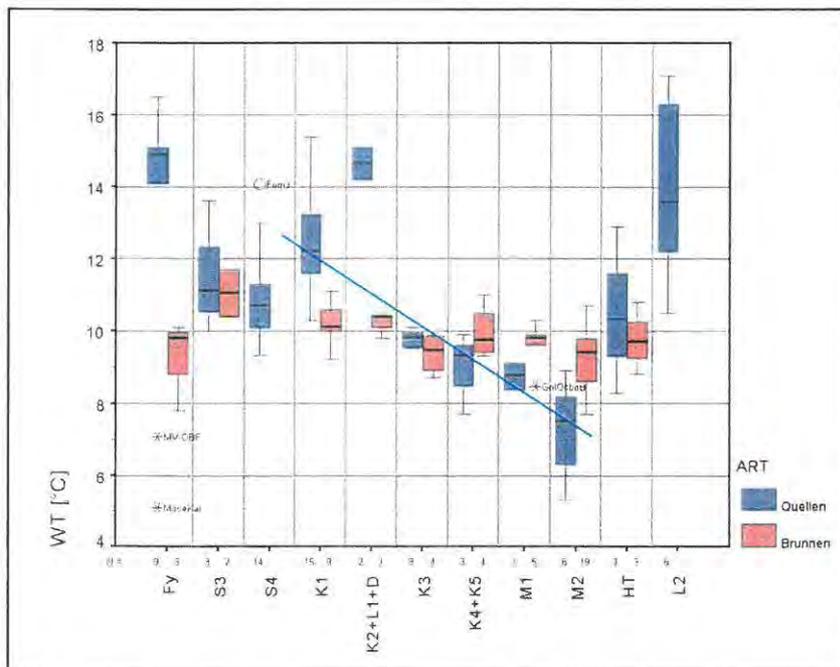
**Abb. 22 – Bildung eines Diazonium-Salzes (kolorimetrische  $\text{NO}_2^-$ -Bestimmung, 1. Schritt):** Ein aromatisches Amin, in diesem Fall die Sulfanilsäure, reagiert mit Nitrit, das im sauren Milieu als  $\text{HNO}_2$  vorliegt, zu einem Diazonium-Salz.



**Abb. 24 – Existenzbereiche der Sulfid-Spezies in Abhängigkeit von pH und Temperatur:** Bei pH 7 liegen etwa 50%, bei pH 9 knapp 100% des gelösten Sulfid als Hydrogensulfid  $\text{HS}^-$  vor. Dadurch entgeht es in natürlichen Wässern teilweise dem Geruchssinn. – Aus HÜTTER, 1994: 364.



**Abb. 23 – Bildung eines Azofarbstoffes (kolorimetrische  $\text{NO}_2^-$ -Bestimmung, 2. Schritt):** Das Diazonium-Salz (Abb. 22) reagiert mit einer aromatischen Amino-Verbindung (N-[Naphthyl-(1)]-ethylendiamin-dihydrochlorid) zu einem intensiv rot gefärbten Azofarbstoff (Ladungsdelokalisation).



**Abb. 25 – 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  $10^\circ\text{C}$  wie die Brunnenwässer. – Datengrundlage: Anhang D (126 Datensätze).

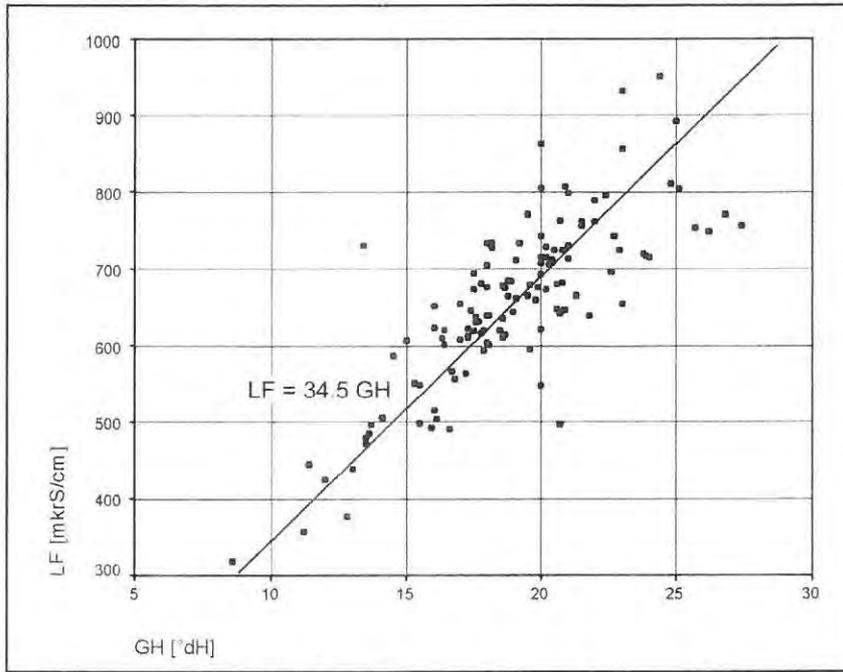


Abb. 27 – Korrelation zwischen Gesamthärte und elektrischer Leitfähigkeit der untersuchten Grundwässer: Eine Regressionsgerade ist zusammen mit ihrer Gleichung eingetragen; der Korrelationskoeffizient nach PEARSON beträgt 0.80. – Datengrundlage: Anhang D (126 Datensätze).

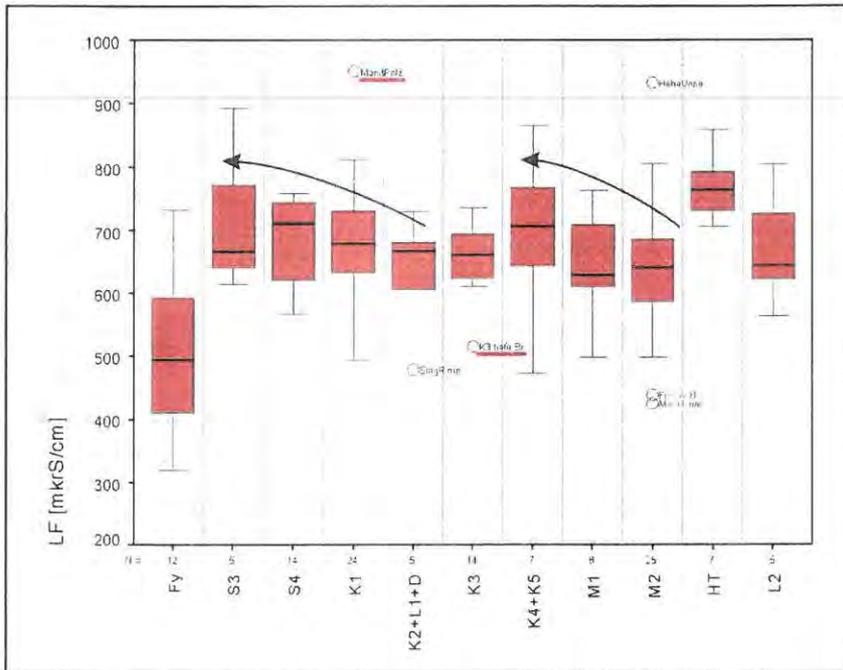
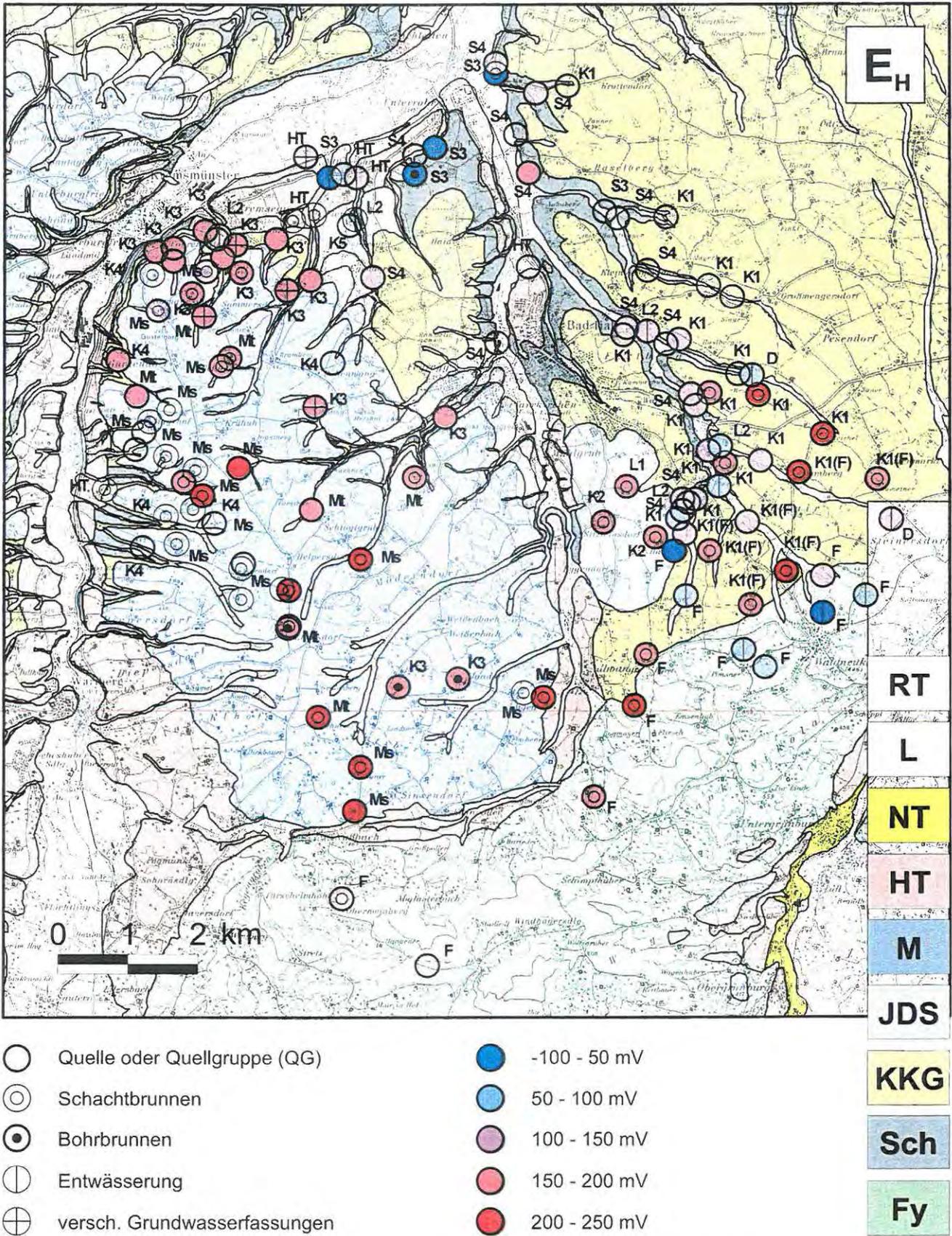
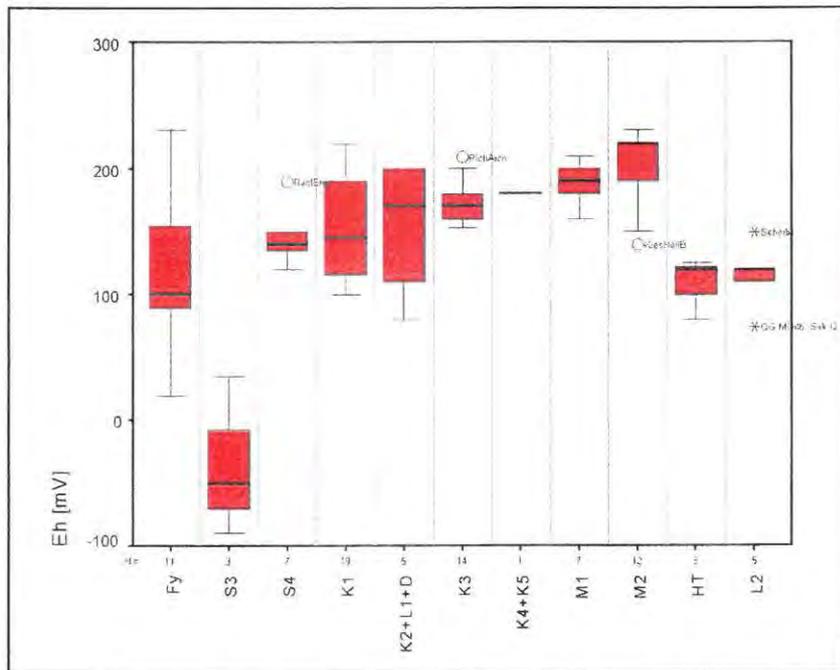


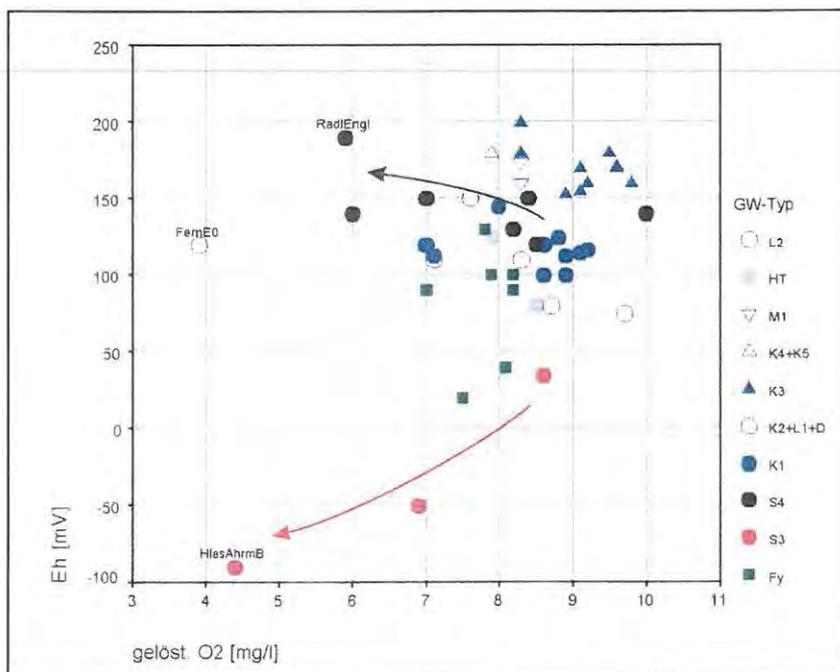
Abb. 28 – Verteilung der Werte für die elektrische Leitfähigkeit der untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp (Boxplot-Diagramme): Die schwarzen Pfeile verdeutlichen den leichten Anstieg der LF mit zunehmender tieferer stratigraphischer Position der Grundwasserleiter in den Quartärsedimenten und deren Molasse-Untergund. Rot unterstrichen sind zwei Ausreißer, die im Text gesondert besprochen werden. – Datengrundlage: Anhang D (126 Datensätze).



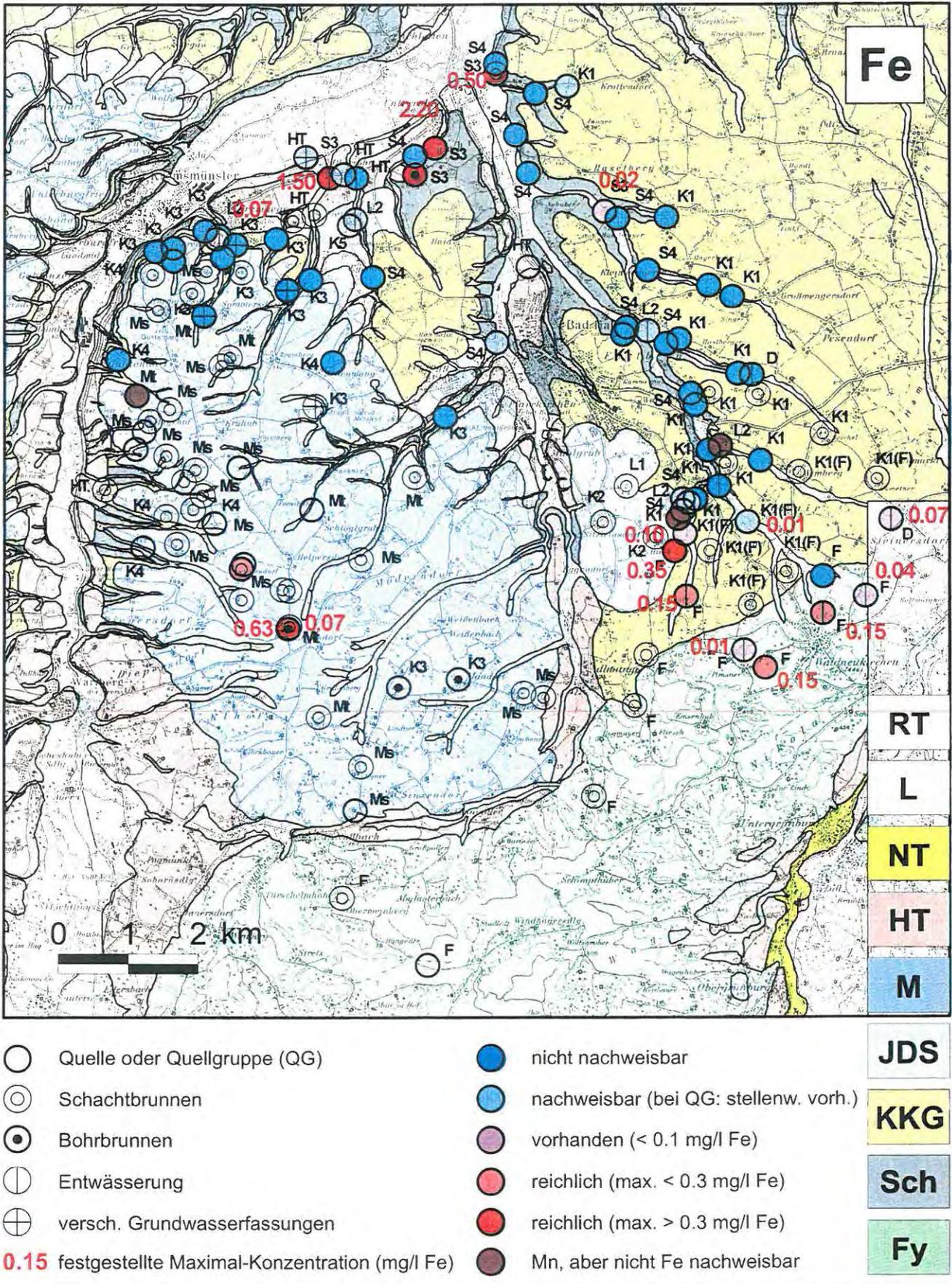
**Abb. 29 - Verteilung der  $E_H$ -Werte auf die untersuchten Wasserspender:** Die Klassen sind unter Einschluß der oberen Grenze zu verstehen. Die genannten Werte sind die am Gerät abgelesenen (der  $E_H$  geht daraus eigentlich erst durch Addition der Standardspannung der Referenzelektrode, bei 10°C etwa 220 mV, hervor). - Datengrundlage: Anhang D (126 ausgewählte Datensätze; häufig Mittelwerte über Gruppen von Wasserspendern, Quellgruppen vor allem).



**Abb. 30 – Verteilung der  $E_H$ -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. 31 – Streudiagramm des  $E_H$  gegen die Konzentration des gelösten  $O_2$  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. 32 - Verteilung der Fe-Konzentrationen auf die untersuchten Wasserspender (qualitative Klassifikation):** Wo Mn und Fe nicht - wie üblich - zusammen auftreten, sind Mn-Gehalte gesondert berücksichtigt. "Vorhanden" und "reichlich" bedeuten, daß regelmäßig, nicht nur zeit- oder stellenweise, Konzentrationen von < bzw. > 0.1 mg/l Fe zu beobachten sind. Die roten Zahlen geben die am jeweiligen Ort festgestellte Maximal-Konzentration in mg/l Fe an. - Datengrundlage: Tab. 3-13.

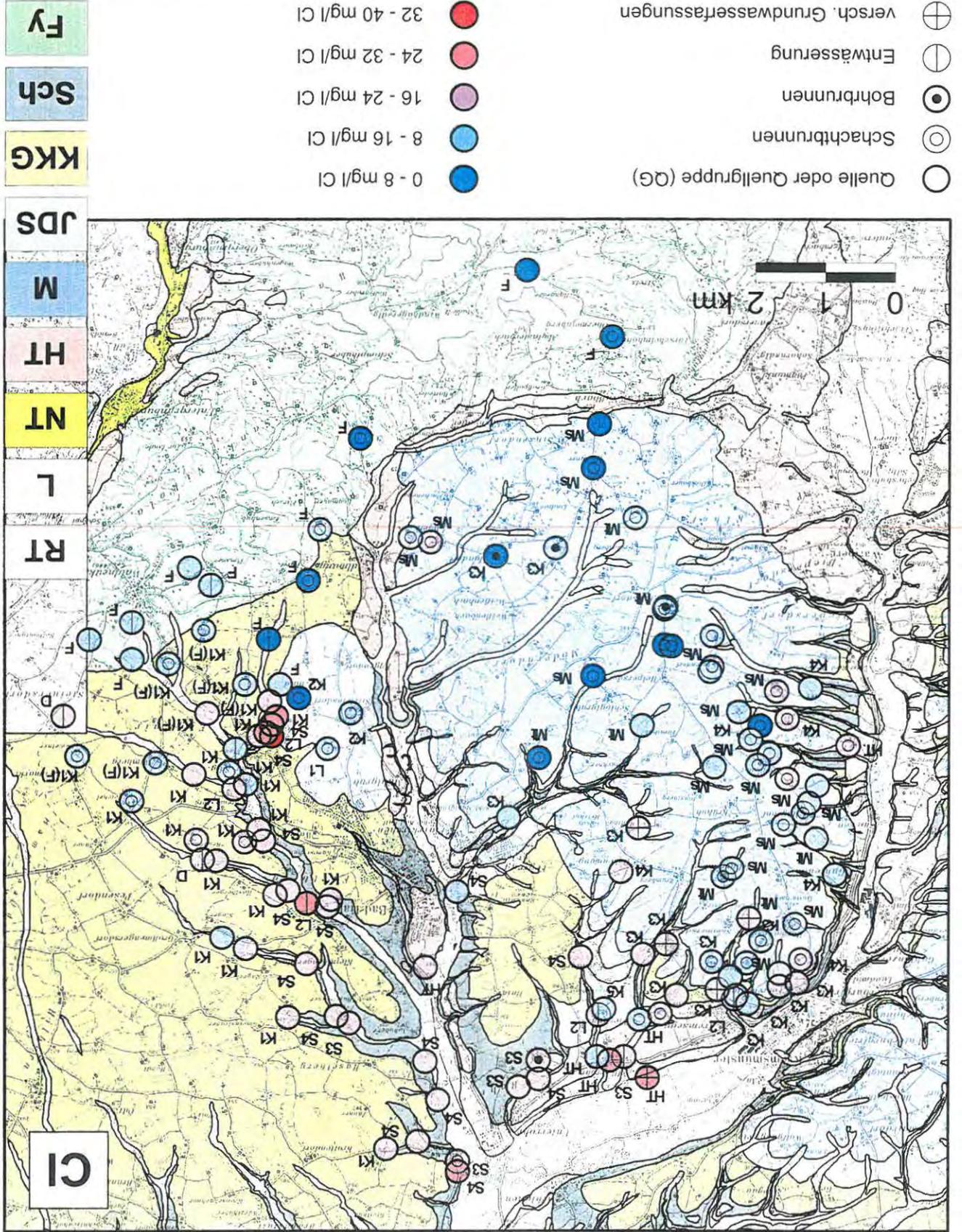
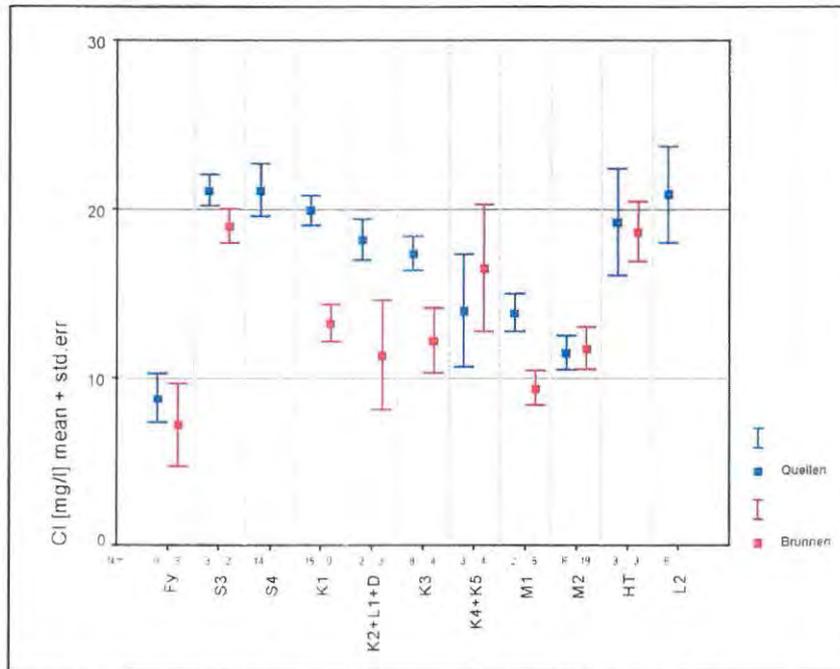
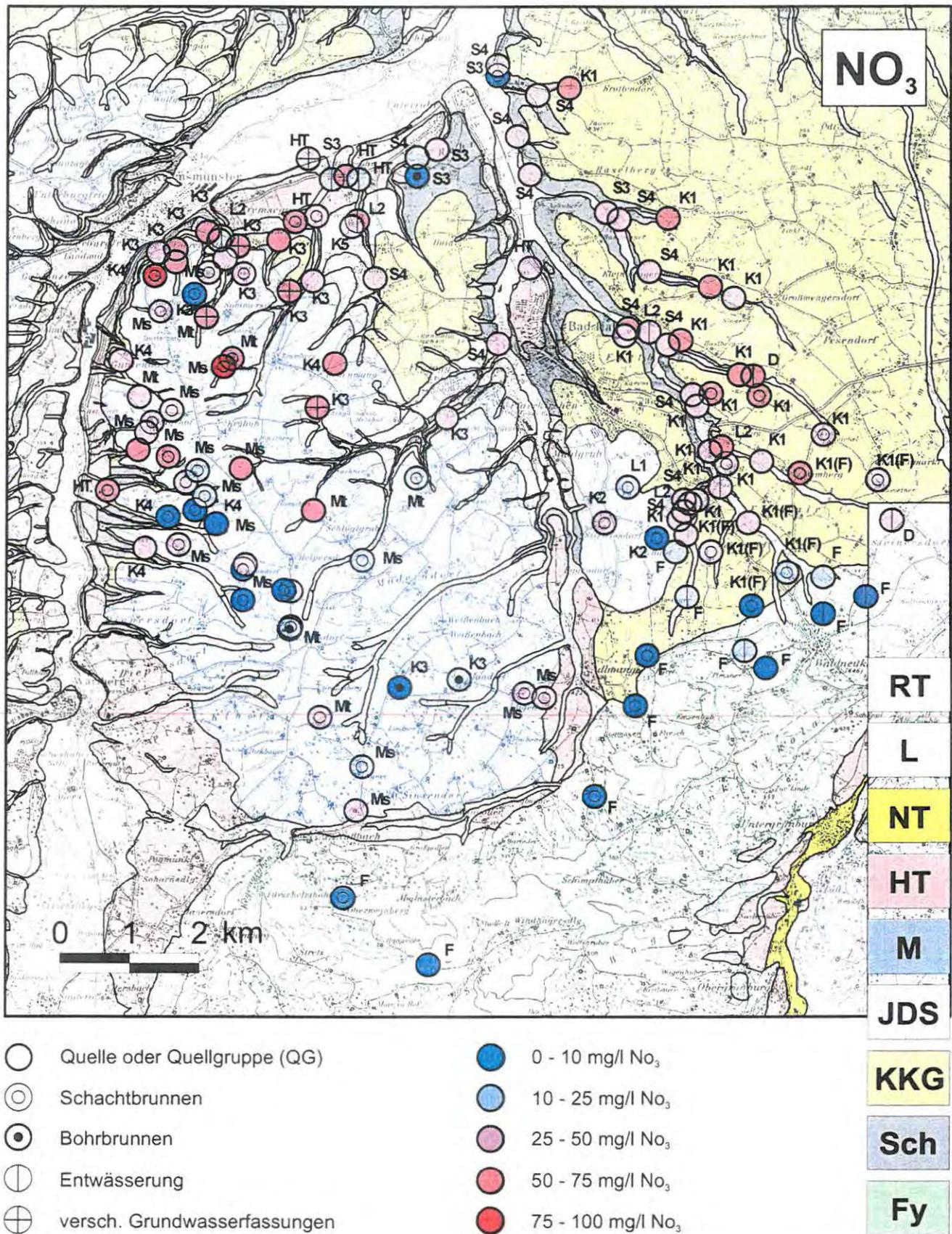


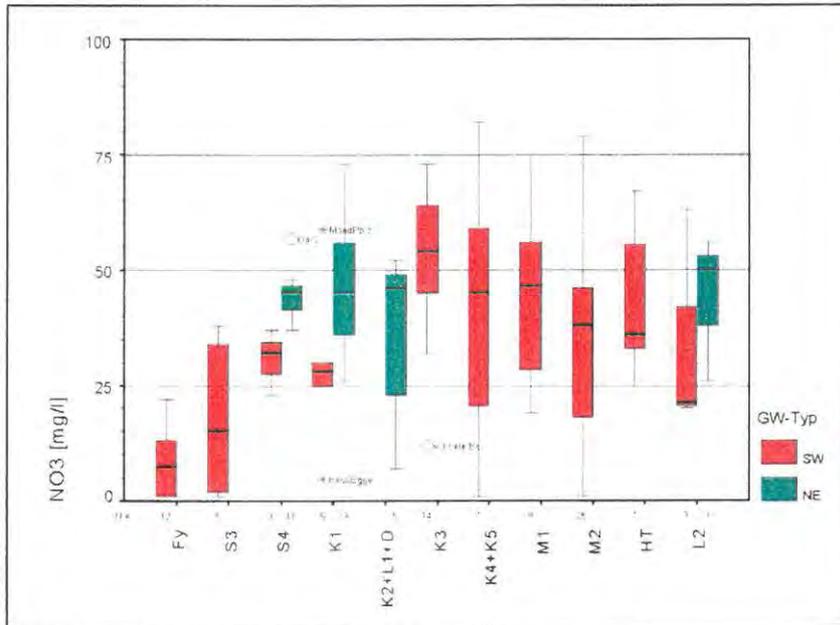
Abb. 33 - Verteilung der Cl-Konzentrationen auf die untersuchten Wasserspender: Datengrundlage sind die 126 ausgewählten Datensätze im Anhang D (häufig Mittelwerte über Gruppen von Wasserspendern, Quellgruppen vor allem). Die Klassen sind unter Einschluss der oberen Grenze zu verstehen.



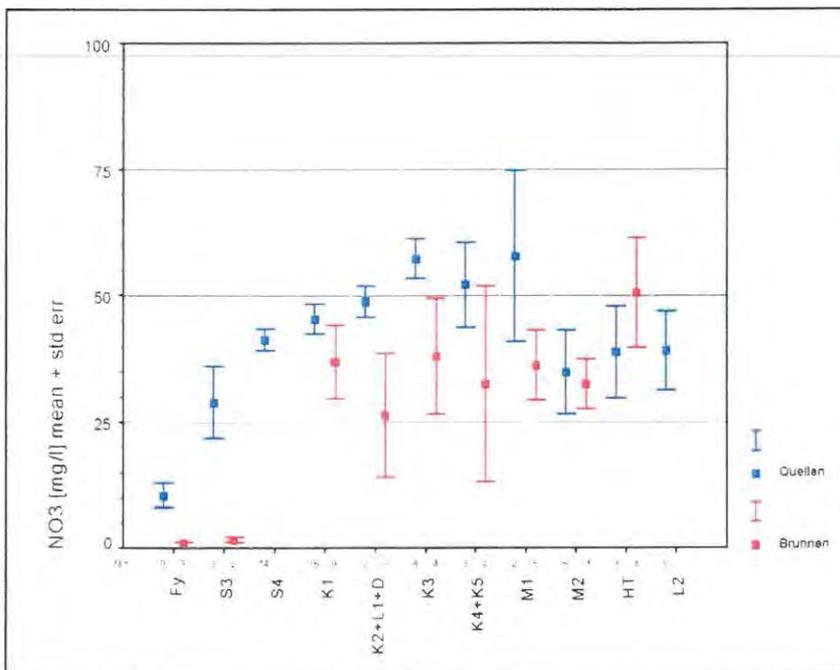
**Abb. 34 – Verteilung der Chlorid-Konzentrationswerte auf die untersuchten Quell- und Brunnenwässer, getrennt nach Grundwassertyp (Fehlerbalken-Diagramm):** Die (für Quellen) blauen und (für Brunnen) roten Balken stellen die jeweiligen Mittelwerte  $\pm 1$  Standardfehler dar. Der scheinbare Anstieg der Cl-Konzentration in Quellwässern zunehmend tieferer stratigraphischer Position ist vermutlich von derselben Art wie der aus Abb. 25 für die WT ersichtliche. – Datengrundlage: Anhang D (126 Datensätze).



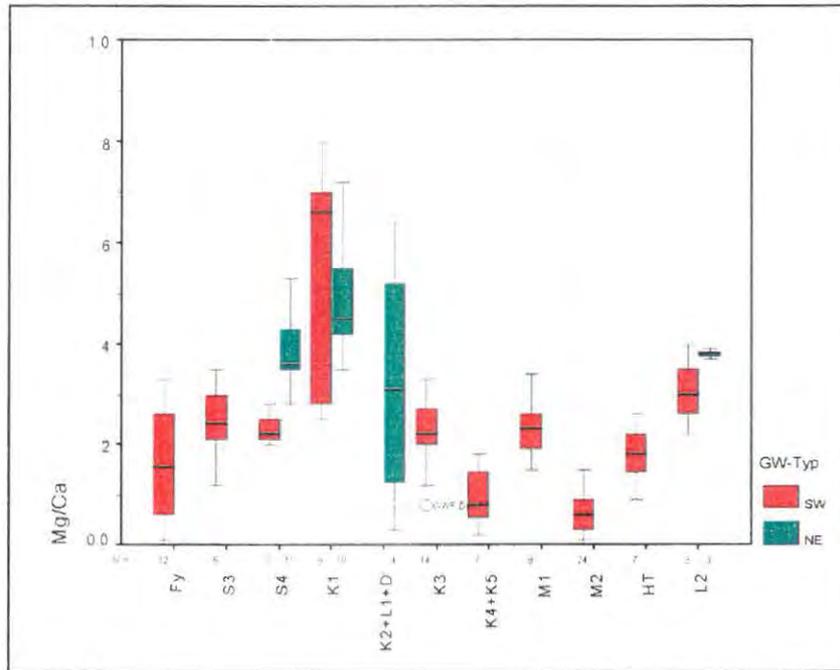
**Abb. 35 - Verteilung der NO<sub>3</sub>-Konzentrationen auf die untersuchten Wasserspender:** Datengrundlage sind die 126 ausgewählten Datensätze im Tabellen-Anhang D (häufig Mittelwerte über Gruppen von Wasserspendern, Quellgruppen vor allem). Die Klassen sind unter Einschluß der jeweiligen oberen Grenze zu verstehen.



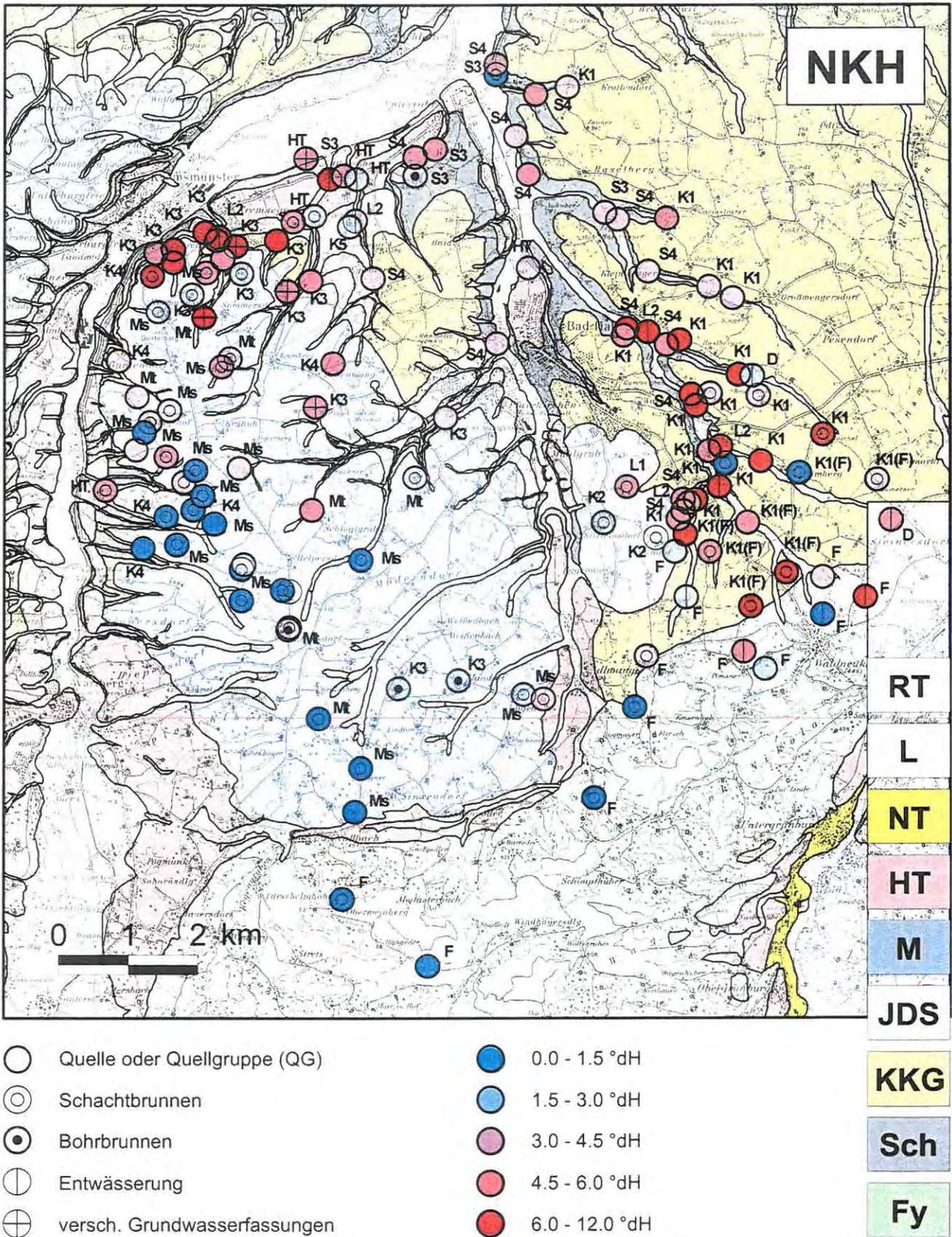
**Abb. 36 – Verteilung der  $\text{NO}_3$ -Konzentrationswerte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp und einer regionalen Klassifikation (Boxplot-Diagramme):** Die Bedeutung der Bezeichnungen SW und NE wird im Text erläutert, geht aber auch anschaulich aus der Betrachtung der 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).



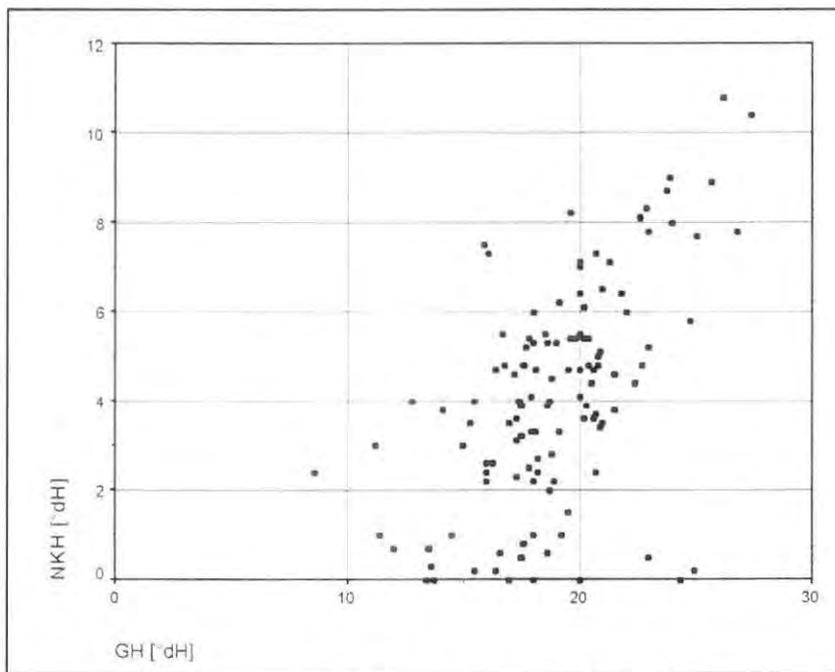
**Abb. 37 – Verteilung der  $\text{NO}_3$ -Konzentrationswerte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach der Herkunft aus Quellen oder Brunnen (Fehlerbalken-Diagramm):** Die (für Quellen) blauen und (für Brunnen) roten Balken stellen – wie in Abb. 34 – die jeweiligen Mittelwerte  $\pm 1$  Standardfehler dar. – Datengrundlage: Anhang D (126 Datensätze).



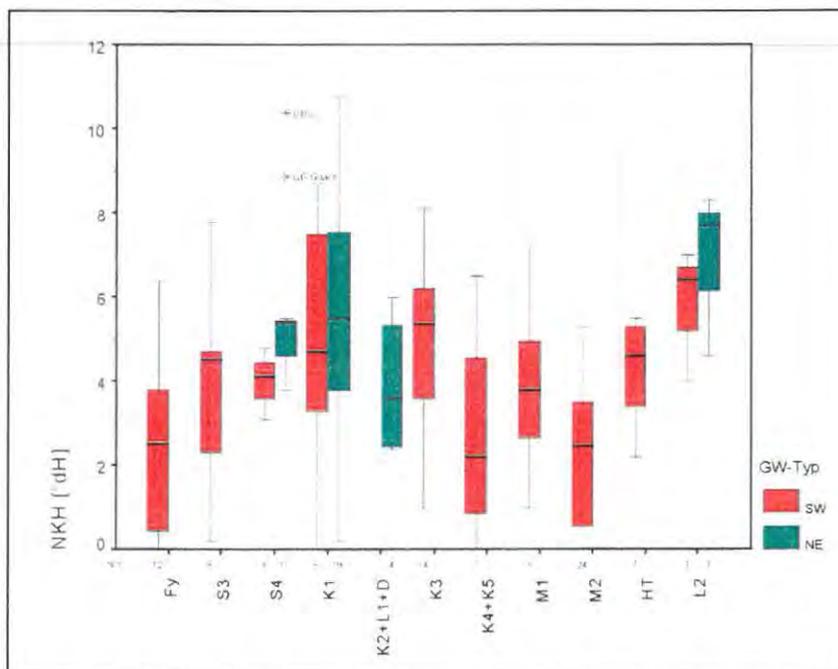
**Abb. 39 – Verteilung der Mg/Ca-Werte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp und Region (Boxplot-Diagramme):** Die Bezeichnungen SW und NE haben die gleiche Bedeutung wie in Abb. 36. Ein Mg/Ca-Quotient von 0.20–0.25 entspricht einem Ca/Mg-Verhältnis (wie es üblicherweise angegeben wird) von 4–5. – Datengrundlage: Anhang D (126 Datensätze).



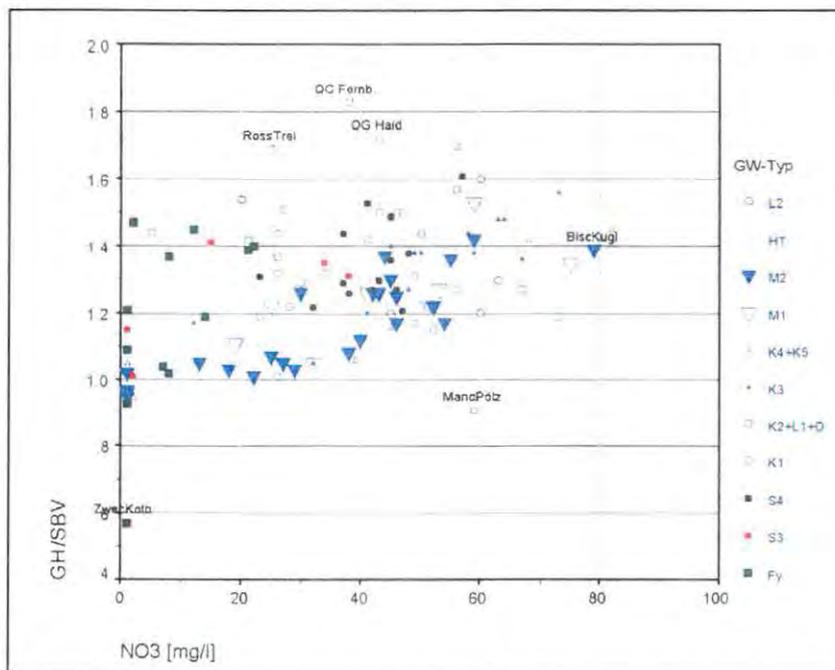
**Abb. 40 - Verteilung der NKH-Werte auf die untersuchten Wasserspendere:** Datengrundlage sind die 126 ausgewählten Datensätze im Anhang D (häufig Mittelwerte über Gruppen von Wasserspendern, Quellgruppen vor allem). Die Klassen sind unter Einschluß der jeweiligen oberen Grenze zu verstehen.



**Abb. 41 – 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).



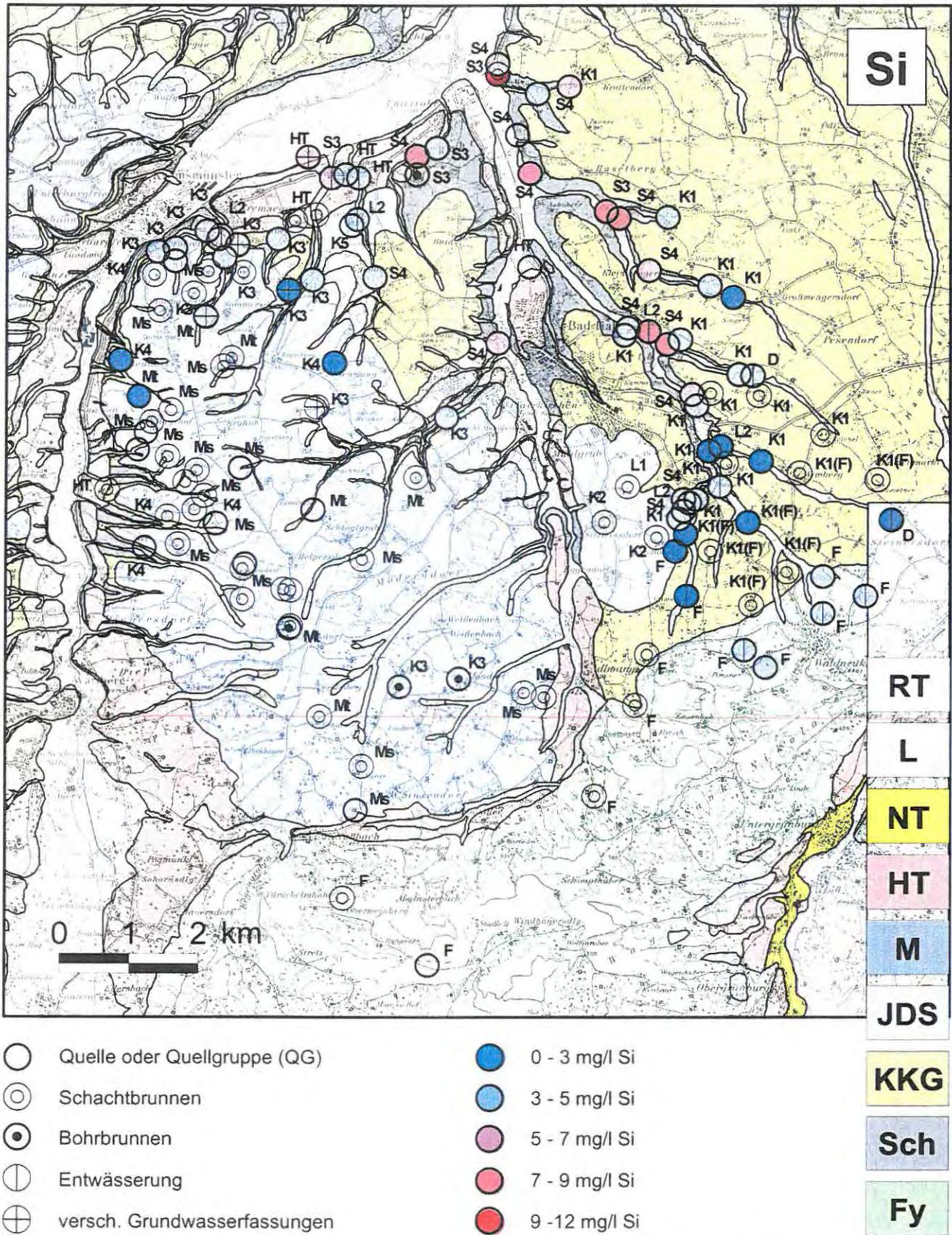
**Abb. 42 – Verteilung der NKH-Werte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp und Region (Boxplot-Diagramme):** Zu den Bezeichnungen SW und NE siehe Abb. 36. Die Gleichartigkeit der Tendenzen der Werteverteilung über die Grundwassertypen, die in diesem und dem Mg/Ca-Diagramm Abb. 39 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. 43 – Streudiagramm des Quotienten GH/SBV gegen die NO<sub>3</sub>-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 NO<sub>3</sub> kompensiert. – Datengrundlage: Anhang D (126 Datensätze).

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

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



**Abb. 44 - Verteilung der Si-Konzentrationen auf die untersuchten Wasserspender:** Datengrundlage sind die 126 ausgewählten Datensätze im Anhang D (häufig Mittelwerte über Gruppen von Wasserspendern, Quellgruppen vor allem). Die Klassen sind unter Einschluß der jeweiligen oberen Grenze zu verstehen.

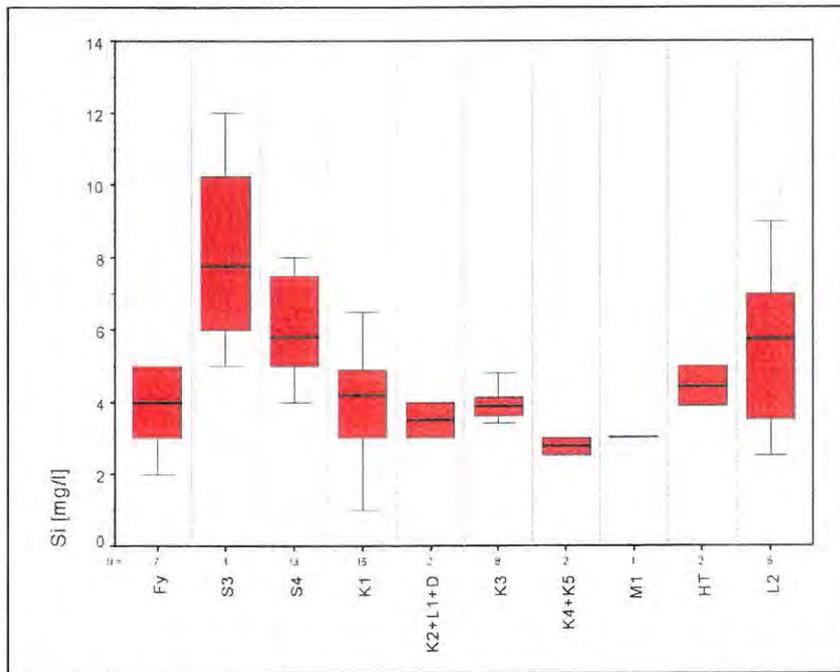


Abb. 45 – Verteilung der Silizium-Konzentrationswerte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp (Boxplot-Diagramme): Datengrundlage: Anhang D (126 Datensätze).

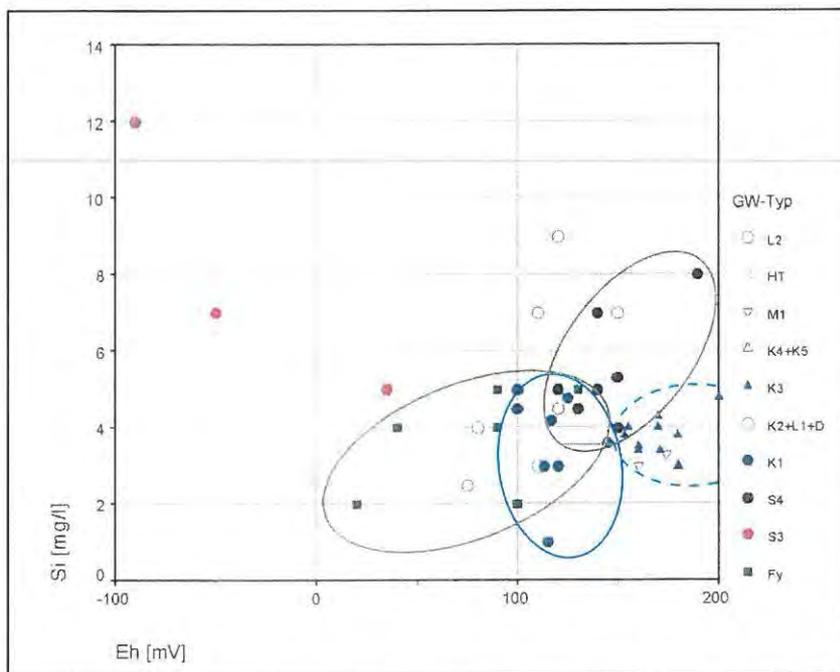


Abb. 46 – Streudiagramm der Si-Konzentrationswerte gegen das Redox-potential der untersuchten Grundwässer: Die Farbgebung der Datenpunkte folgt deren Einteilung in Grundwassertypen, ebenso die der Ellipsen, die zur Verdeutlichung der gegenseitigen Lage Punkte einzelner Typen umschließen. Das unterschiedliche chemische Verhalten der beiden Molasse-Typen S3 und S4 wird durch einen Vergleich mit Abb. 31 (Streudiagramm  $E_H$  gegen  $O_2$ ) noch deutlicher. – Datengrundlage: Anhang D (126 Datensätze).

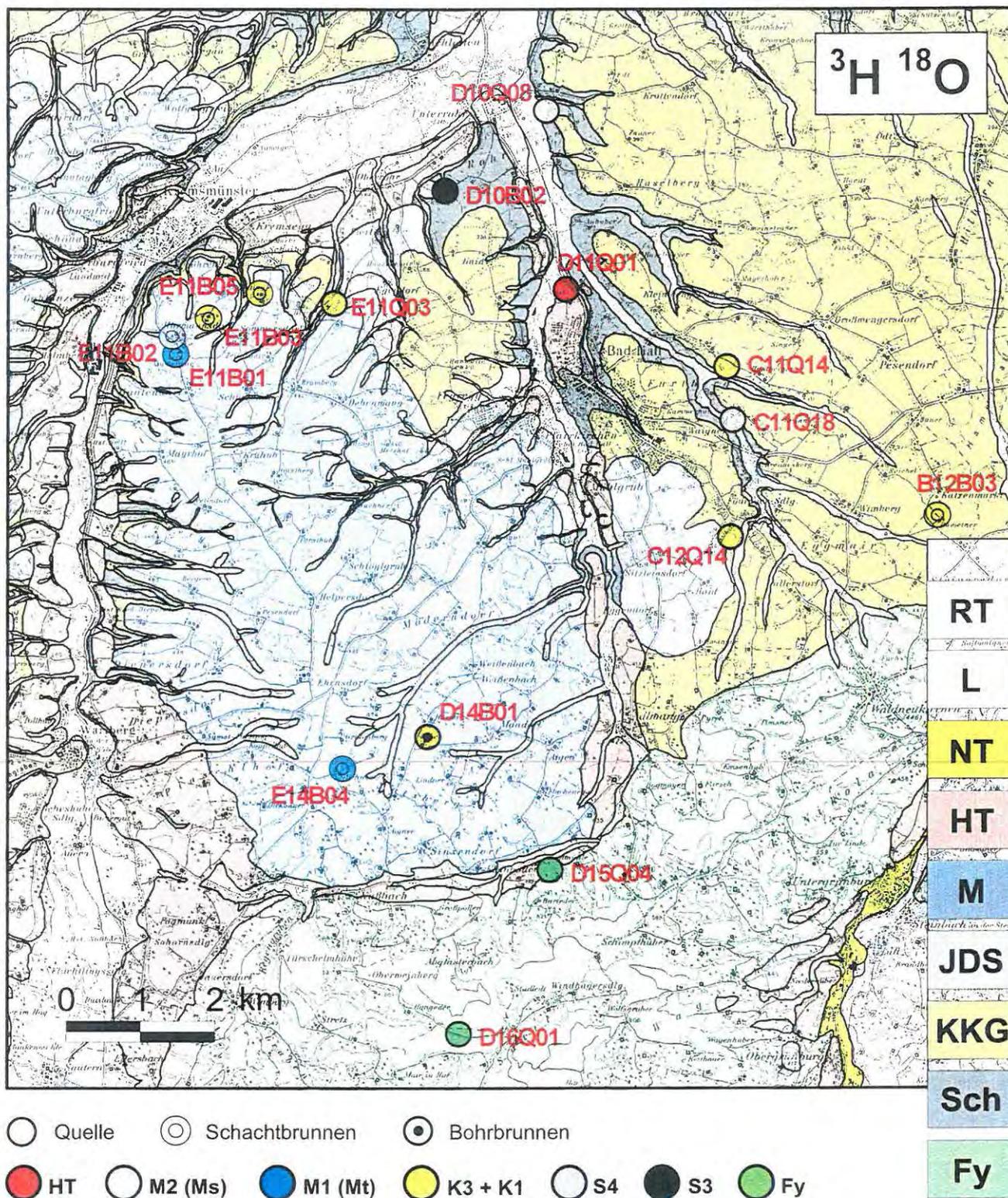


Abb. 47 - Lage, Art und Grundwassertyp der zur Untersuchung der  $^{18}\text{O}$ - und  $^3\text{H}$ -Gehalte im Grundwasser herangezogenen Wasserspender.

Code	Kurzbez.	Kampagne	Typ	SH [m.ü.A.]	Tiefe [m]	O-18 [‰]	H-3 [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. 2 – 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 ADS (Typ K1). Als ergänzende Angaben sind die Seehöhe der Brunnenoberkante oder Quelle, bei Brunnen auch deren Tiefe angegeben.

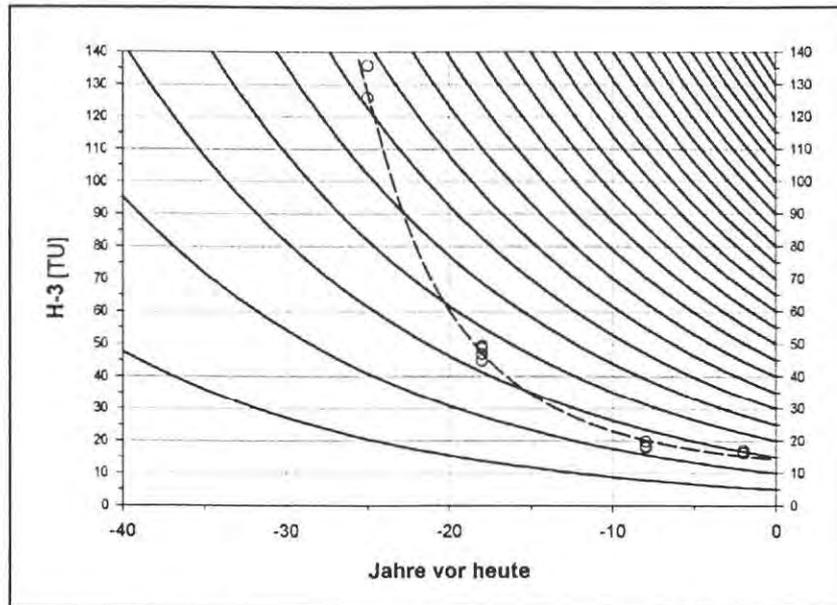


Abb. 48 – Tritium-Zerfallskurven und Andeutung des Jahresganges der <sup>3</sup>H-Gehalte im Niederschlag an vier österreichischen Sammelstellen: Die Zerfallskurven sind auf bestimmte <sup>3</sup>H-Konzentrationen im Jahr Null abgestellt. Die strichlierte Linie zeichnet den Abfall der mittleren <sup>3</sup>H-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: 22 und (für 1996) SCHEIDLEDER et al., 1998: 5).

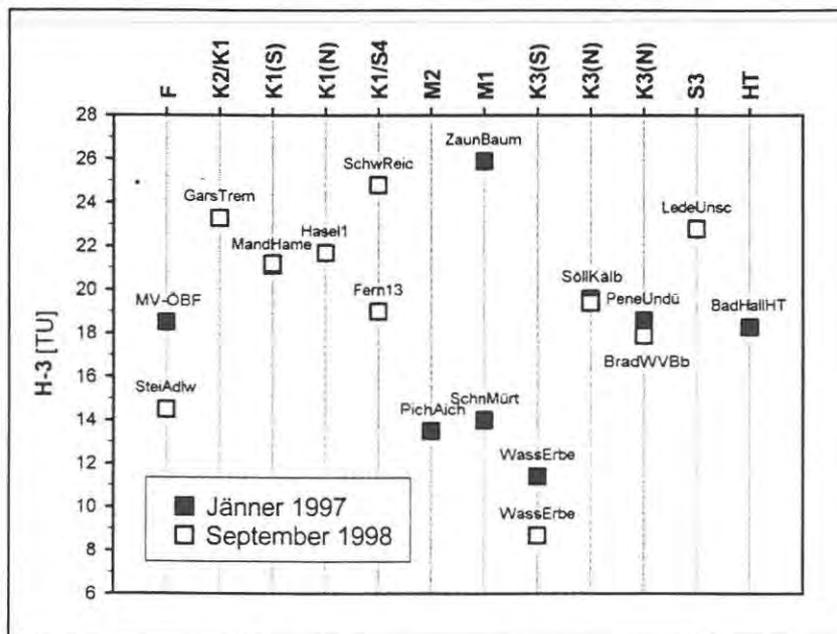


Abb. 49 – Tritium-Werte einiger ausgewählter Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp: Die den Kurzbezeichnungen zugeordneten Codes der berücksichtigten Objekte werden im Text erwähnt, und alle weiteren Erläuterungen ebenfalls dort gegeben.

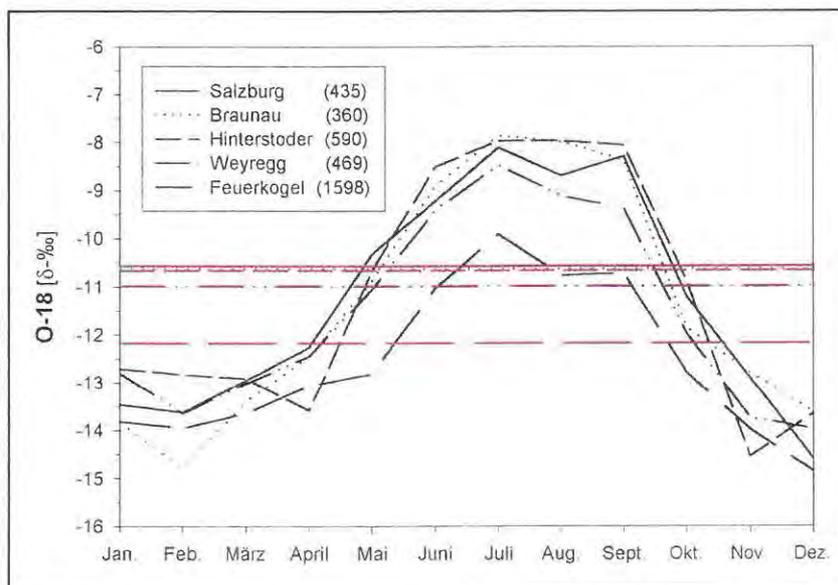


Abb. 50 – Mittlere Jahressgänge der <sup>18</sup>O-Werte im Niederschlag an fünf österreichischen Sammelstellen: Die in der Legende mit ihrer jeweiligen Seehöhe genannten Sammelstellen sind die dem Untersuchungsgebiet in Hauptwetterrichtung am nächsten gelegenen. Die roten Linien repräsentieren die langjährigen Jahresmittel. – Datengrundlage: 10-Jahresmittel 1976–1985 für jeden Monat nach RANK et al., 1991: 118, Tab. 2.

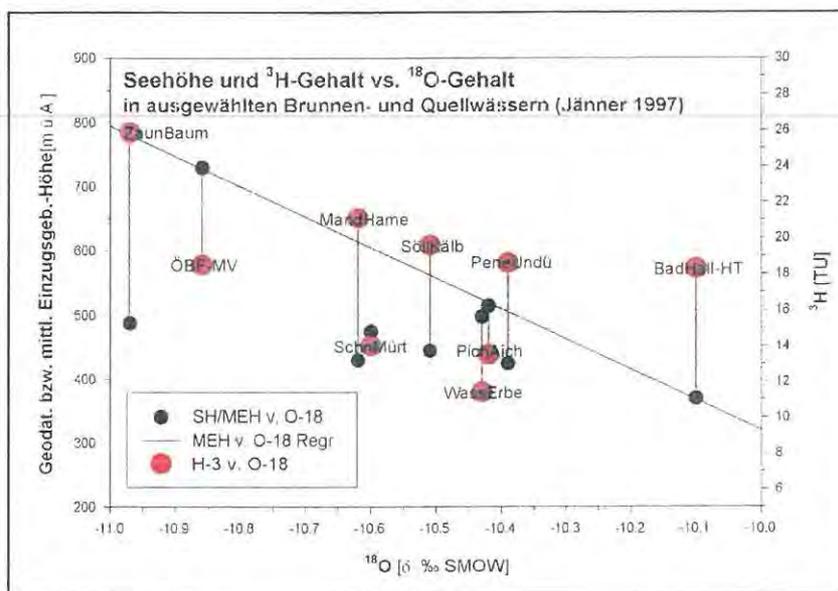


Abb. 51 – Ergebnisse der Isotopenuntersuchung einiger ausgewählter Grundwässer vom Jänner 1997 (1. Kampagne): In dieser Darstellung sind zwei Streudiagramme überlagert: Mithilfe der roten Datenpunkte werden <sup>18</sup>O- und Tritium-Gehalte (rechte Skala) in Beziehung gesetzt. Die senkrechten Strecken 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 <sup>18</sup>O-Gehalt und Einzugsgebietshöhe dar (<sup>18</sup>O-Höheneffekt).

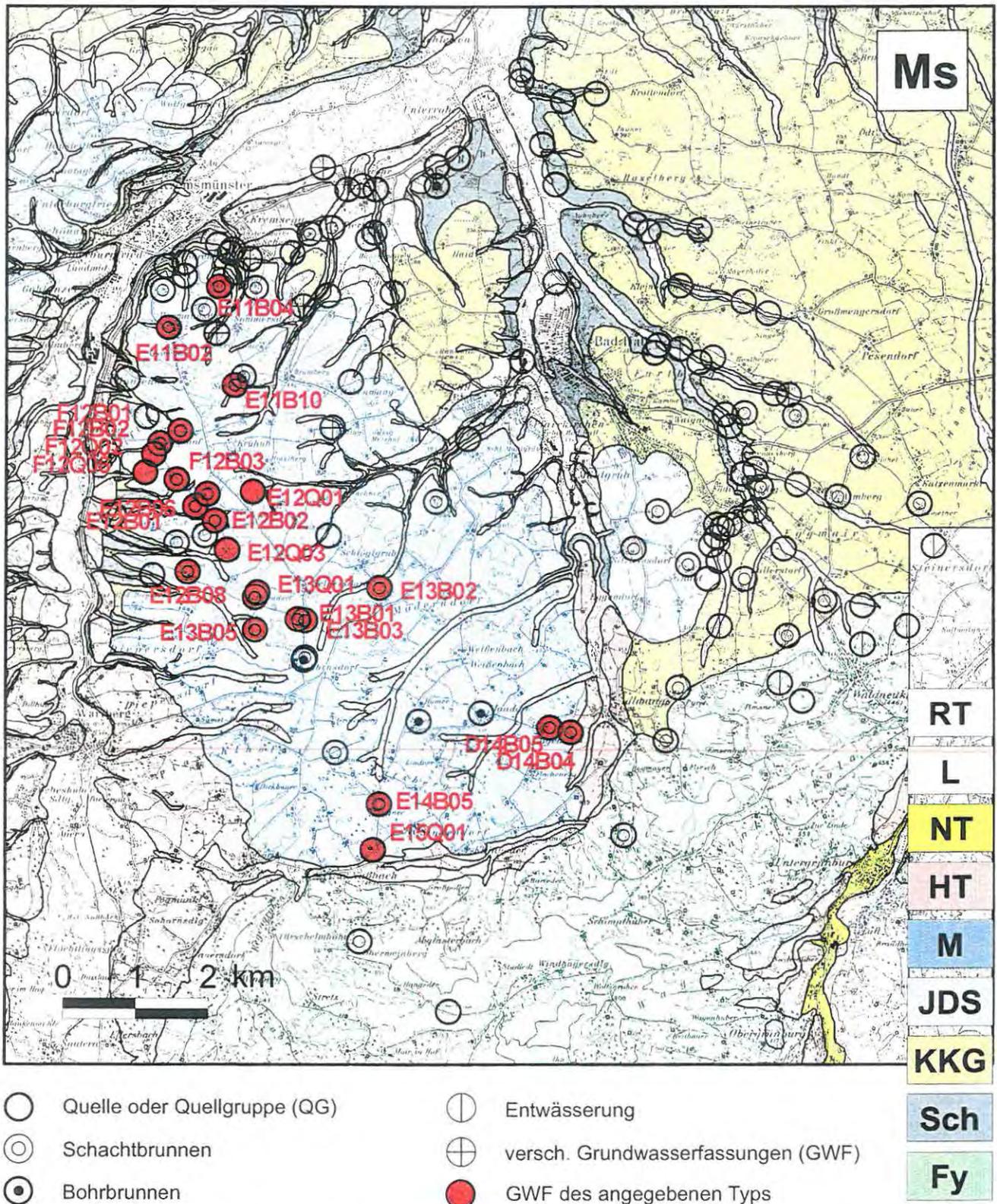
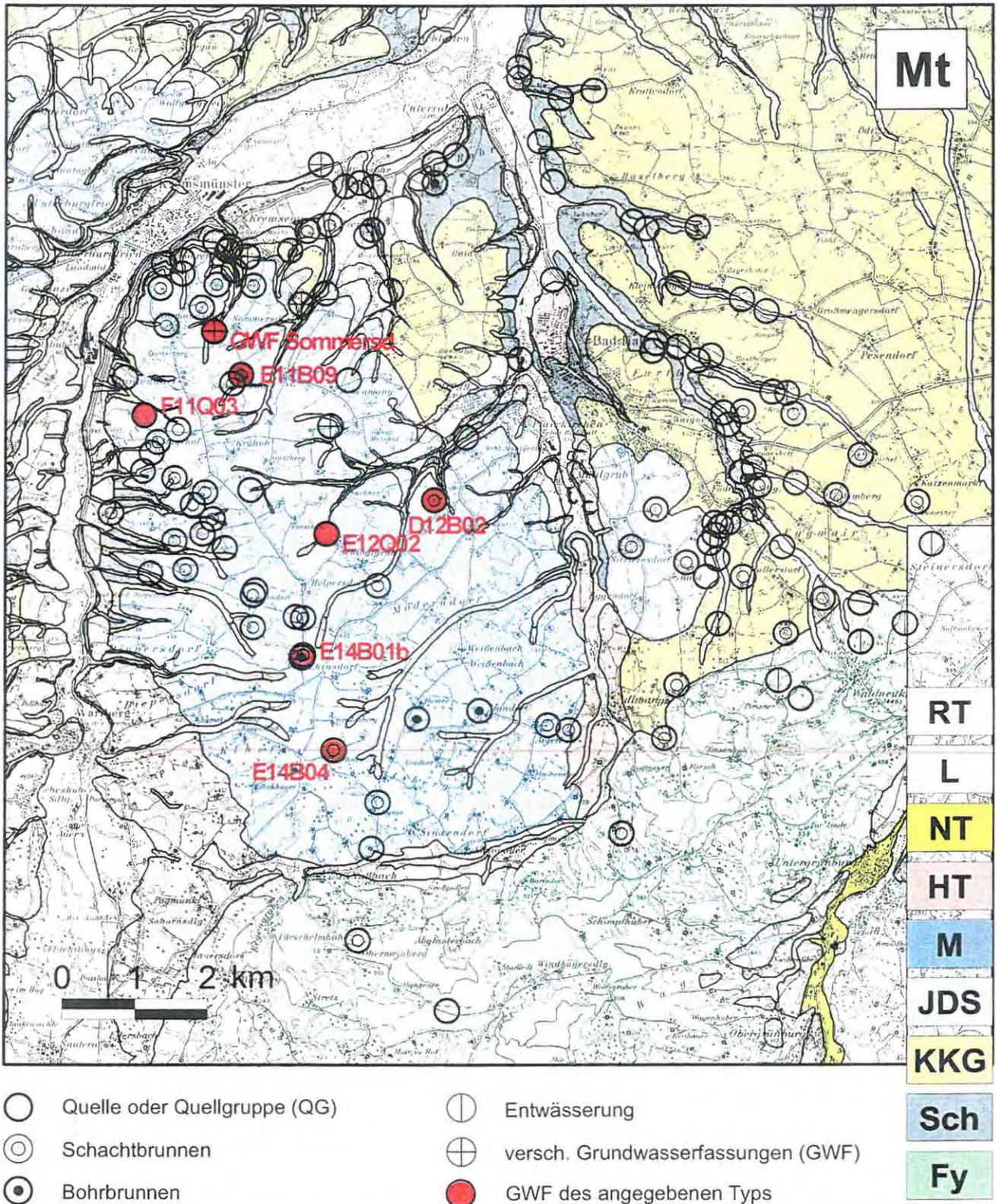


Abb. 52 - Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps Ms (Mindelmoräne, seicht): 25 von 126 Objekten (vgl. Anhang D), diese aus den 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) durch Gruppenbildung gewonnen (in erster Linie Zusammenfassung von Quellen zu Quellgruppen). - Der Grundwassertyp Ms ist aufgrund seiner chemischen Eigenschaften aus den beiden geologisch begründeten Typen M1 und M2 hervorgegangen.

Code	Kurzbez.	Art	Ch [m]	GW- Typ	Ch- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [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						
<b>GWF Aigen (D14B03/05)</b>							<b>685</b>			<b>17,5</b>			<b>12,0</b>	<b>41</b>						
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						
<b>D14B04</b>	<b>Mittel</b>						<b>507</b>			<b>14,1</b>			<b>13,5</b>	<b>44</b>						
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						
<b>E11B02</b>	<b>Mittel</b>						<b>685</b>			<b>18,9</b>			<b>13,0</b>	<b>40</b>						
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						
<b>E11B04</b>	<b>Mittel</b>						<b>716</b>			<b>20,0</b>			<b>11,0</b>	<b>30</b>						
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						
<b>E11B10</b>	<b>Mittel</b>						<b>603</b>			<b>16,4</b>				<b>79</b>						
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						
<b>E12B01</b>	<b>Mittel</b>						<b>553</b>			<b>15,3</b>				<b>45</b>						
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						
<b>E12B02</b>	<b>Mittel</b>						<b>679</b>			<b>18,6</b>				<b>18</b>						
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						
<b>E12B03</b>	<b>Mittel</b>						<b>686</b>			<b>18,8</b>			<b>13,0</b>	<b>54</b>						
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	RosInnne	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						
<b>E12Q01</b>	<b>Mittel</b>						<b>551</b>			<b>15,5</b>			<b>13,0</b>	<b>55</b>						
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	SteilKlpe	B(E)	1	M2	Ms	23. Feb 97	641			18.0	0.06	0.0	5.0	1						
						1. Feb 90				19.0				37						
E13B02	WeisGang	B(E)	1	M2	Ms	22. Nov 96	390	220		12.0			2.0	6						
						27. Feb 97	607			15.5	0.03	0.2	6.0	24						
<b>E13B02</b>	<b>Mittel</b>						<b>499</b>			<b>15,5</b>			<b>4,0</b>	<b>22</b>						
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						
<b>E14B05</b>	<b>Mittel</b>						<b>427</b>			<b>12,0</b>			<b>3,5</b>	<b>13</b>						
						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						
<b>E15Q01</b>	<b>Mittel</b>						<b>639</b>	<b>230</b>		<b>17,6</b>			<b>8,0</b>	<b>27</b>						
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						

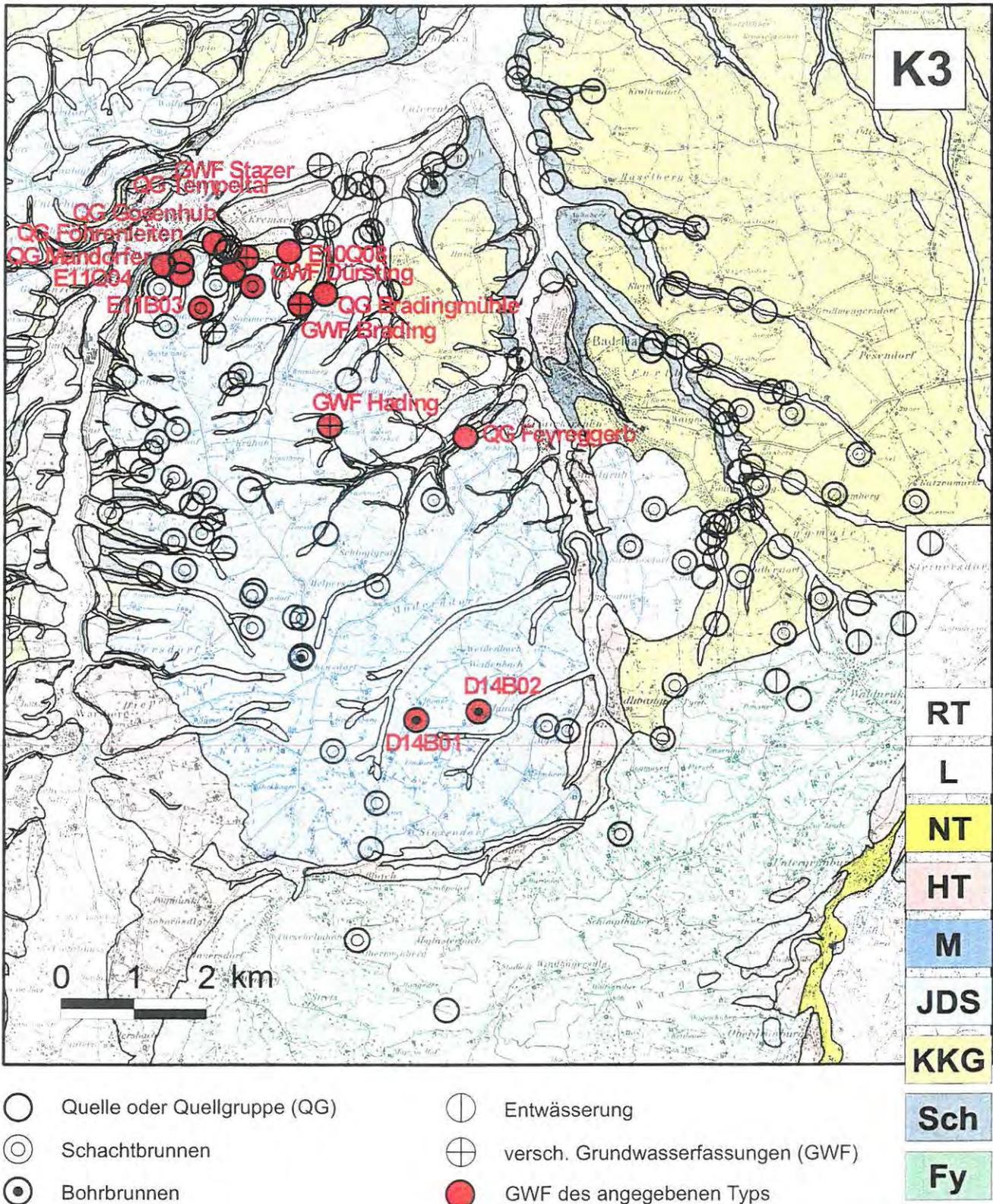
Tab. 3 – Datensätze zum Grundwassertyp Ms (seichtes Grundwasser der Mindelmoräne): Der chemische Typ Ms ist aufgrund des Kriteriums Mg/Ca  $\geq 0.1$  aus den zuvor unterschiedenen Typen M1 und M2 gebildet. Vom Brunnen E13B04 HeheUnpe wurde uns starke Fe- und Mn-Führung berichtet, verdeutlicht durch das Zeichen (++)



**Abb. 53 - Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps Mt (Mindelmoräne, tief):** 8 von 126 Objekten (vgl. Anhang D), diese aus den 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) durch Gruppenbildung gewonnen (in erster Linie Zusammenfassung von Quellen zu Quellgruppen). - Der Grundwassertyp Mt ist aufgrund seiner chemischen Eigenschaften aus dem geologisch begründeten Typ M1 hervorgegangen und umfasst nur einen Teil desselben.

Code	Kurzbez.	Art	gi W	GW- Typ	Ch- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [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	0	0	3.0	
<b>E11Q02 Mittel</b>						<b>696</b>	<b>170</b>	<b>7.5</b>	<b>20.0</b>	<b>0.22</b>	<b>5.5</b>	<b>20.3</b>	<b>59</b>					<b>3.3</b>				
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	0	3.0		
<b>E11Q08 Mittel</b>							<b>641</b>	<b>180</b>	<b>8.1</b>	<b>19.0</b>	<b>0.17</b>	<b>6.1</b>	<b>14.5</b>	<b>64</b>					<b>3.3</b>			
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			
<b>GWF Sommersdorf (E11E01/Q02/B07/Q08/09/14)</b>							<b>683</b>	<b>174</b>	<b>8.3</b>	<b>20.8</b>	<b>0.23</b>	<b>7.2</b>	<b>18.2</b>	<b>59</b>	<b>0</b>	<b>0.1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.3</b>	<b>0</b>		
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								
<b>E11B09 Mittel</b>							<b>621</b>			<b>17.5</b>				<b>53</b>								
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								
<b>E12Q02 Mittel</b>							<b>763</b>			<b>22.0</b>			<b>15.0</b>	<b>75</b>								
E11Q03	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			
<b>F11Q03 Mittel</b>						<b>637</b>		<b>8.3</b>	<b>18.6</b>	<b>0.18</b>	<b>3.9</b>	<b>12.8</b>	<b>41</b>	<b>(-)</b>	<b>(+)</b>	<b>(-)</b>	<b>0.01</b>	<b>(+)</b>				
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	565			17.9	0.18	2.9	8.2	46			0.07	0				
E14B01c	PeseSchm3	B(E)	1	M2	Mt	29. Nov 96	570	190		17.0			8.0	9								
						1. Mrz 97	604			20.0	0.40	5.5	10.0	8								
<b>E14B01c Mittel</b>							<b>587</b>			<b>18.5</b>			<b>9.0</b>	<b>8</b>								
E14B08	KronSchm	B(E)	1	M2	Mt	23. Feb 97	665			18.0	0.03	1.5	10.0	22								
<b>GWF Ehrnsdorf seicht (E14B01a/c)</b>							<b>603</b>	<b>190</b>		<b>18.1</b>	<b>0.20</b>	<b>3.3</b>	<b>8.4</b>	<b>25</b>			<b>(+)</b>	<b>(-)</b>				
E14B04	FischAich	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								
<b>E14B04 Mittel</b>							<b>735</b>	<b>210</b>		<b>19.2</b>			<b>9.0</b>	<b>32</b>								

Tab. 4 – 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. 54 - Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps K3 (Kies-Konglomerat-Gruppe; KKG): 15 von 126 Objekten (vgl. Anhang D), diese aus den 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) durch Gruppenbildung gewonnen (in erster Linie Zusammenfassung von Quellen zu Quellgruppen).**

Code	Kurzbez.	Art	Ech	GW-Typ	Ch-Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]					
E10Q01	ZwicGoss1	QF(E)	1	K3	KKG	20. Nov 96	710	150		17.0				57											
						29. Nov 96	690	190		17.0				84											
						2. Mai 97	653		10.1	16.5	0.19	4.0	14.0	70			0				3.5	22.0			
<b>E10Q01 Mittel</b>					<b>684</b>	<b>170</b>	<b>10.1</b>	<b>16.8</b>	<b>0.21</b>	<b>4.3</b>	<b>14.0</b>	<b>70</b>					<b>3.5</b>								
E10Q03	ZwicGoss2	QF(M)	2	K3	KKG	2. Mai 97	597		10.1	16.7	0.26	4.8	13.0	54			0		3.5	0					
						20. Aug 97	614	170	8.9	20.0	0.15	7.2	15.0	50	0	0	0	0	0	0	5.0				
						<b>E10Q03 Mittel</b>	<b>606</b>		<b>9.5</b>	<b>18.4</b>	<b>0.20</b>	<b>6.0</b>	<b>14.0</b>	<b>52</b>							<b>4.3</b>				
E10Q04	ZwicGoss3	QF(T)	1	K3	KKG	9. Mai 97	692		9.3	19.7	0.16	5.8	14.5	72			0		3.5	1.0					
						20. Aug 97	704	170	9.1	24.6	0.27	10.8	13.0	66	0	0	0	0	0	5.0					
						<b>E10Q04 Mittel</b>	<b>698</b>		<b>9.2</b>	<b>22.2</b>	<b>0.22</b>	<b>8.3</b>	<b>13.8</b>	<b>69</b>						<b>4.3</b>					
<b>QG Gosenhub (E10Q01/03/04)</b>						<b>663</b>	<b>170</b>	<b>9.6</b>	<b>19.1</b>	<b>0.21</b>	<b>6.2</b>	<b>13.9</b>	<b>64</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.0</b>	<b>7.7</b>						
E10Q02	OberW.H.	QF(E)	1	K3	KKG	25. Feb 97	688			17.0	0.08	3.5	14.0	59					3.5	0					
						6. Mai 97	692		9.8	20.0	0.23	6.8	15.0	85			0		0	0	3.5	0			
						<b>E10Q02 Mittel</b>	<b>690</b>		<b>9.8</b>	<b>18.5</b>	<b>0.16</b>	<b>5.2</b>	<b>14.5</b>	<b>72</b>							<b>3.5</b>				
E10Q05	HoheW.H.	QF(E)	1	K3	KKG	6. Mai 97	710		10.3	18.6	0.16	6.3	16.0	86			0		3.5	0					
						20. Aug 97	685	160	9.4	24.4	0.40	11.8	20.0	60	0	0	0	0	3.0						
						<b>E10Q05 Mittel</b>	<b>698</b>		<b>9.9</b>	<b>21.5</b>	<b>0.29</b>	<b>9.1</b>	<b>18.0</b>	<b>73</b>						<b>3.3</b>					
<b>QG Föhrenleiten (E10Q02/05)</b>						<b>694</b>	<b>(160)</b>	<b>9.8</b>	<b>20.0</b>	<b>0.22</b>	<b>7.1</b>	<b>16.3</b>	<b>73</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>3.4</b>	<b>0</b>						
E11B08	SperStazB	B(E)	1	K3	KKG	21. Nov 96	660	180		19.5				72											
						1. Mrz 97	692			19.6	0.24	5.1	16.0	55											
						<b>B08 Mittel</b>	<b>676</b>			<b>19.6</b>	<b>0.24</b>	<b>5.1</b>	<b>16.0</b>	<b>64</b>											
E10Q06	SperStazQ	QF	1	K3	KKG	6. Mai 97	677		9.3	19.3	0.21	5.6	16.0	68			0		3.0	0					
						20. Aug 97	680	140	9.0	21.0	0.25	9.6	20.0	56	0	0	0	0	4.0						
						<b>E10Q06 Mittel</b>	<b>679</b>		<b>9.2</b>	<b>20.2</b>	<b>0.23</b>	<b>7.6</b>	<b>18.0</b>	<b>62</b>						<b>3.5</b>					
<b>GWF Stazer (E11/B08; E11Q06)</b>						<b>677</b>	<b>160</b>	<b>9.2</b>	<b>19.9</b>	<b>0.23</b>	<b>6.3</b>	<b>17.0</b>	<b>63</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>3.5</b>	<b>0</b>						
E10Q08	Kalch	QF(E)	3	K3	KKG	7. Mai 97	681		9.4	19.8	0.21	5.3	23.0	67			0		4.0	0					
						7. Mai 97	665		9.4	18.5	0.16	4.5	22.0	60			0		0	4.0	0				
						21. Aug 97	675	170	8.6	22.2	0.22	8.6	25.0	48	0	0	0	0	5.0						
<b>E10Q08 Mittel</b>	<b>674</b>		<b>9.1</b>	<b>20.2</b>	<b>0.20</b>	<b>6.1</b>	<b>23.3</b>	<b>58</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>4.3</b>	<b>0</b>											
E11B11	ObhaZimmB	B(E)	1	K3	KKG	25. Feb 97	712			17.0	0.01	1.5	18.0	48											
E11Q11	ObhaZimmQ	QF(T)	1	K3	KKG	7. Mai 97	721		8.3	20.5	0.15	5.2	17.5	72			0		3.0	0					
						21. Aug 97	711	180	8.3	25.4	0.21	10.6	21.0	56	0	0	0	0	3.0						
						<b>GWF Brading (E11B11/Q11)</b>	<b>715</b>	<b>180</b>	<b>8.3</b>	<b>21.0</b>	<b>0.12</b>	<b>5.8</b>	<b>18.8</b>	<b>59</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>3.0</b>	<b>0</b>					
E11Q01	KiesHöllQ	QF(E)	2	K3	KKG	19. Nov 96	680	160		18.5			14.0	51											
						29. Nov 96	680	200		19.5			14.0	74											
						25. Feb 97	681			16.0	0.07	1.3	14.0	41											
E11Q01	Tempel1	Q	2	K3	KKG	6. Mai 97	675		7.2	19.7	0.22	5.5	17.0	71			0		3.0	0					
						20. Aug 97	683	140	9.6	24.0	0.53	10.0	19.0	49	0	0.1	0	0	5.0						
						<b>E11Q06 Mittel</b>	<b>679</b>		<b>8.4</b>	<b>21.9</b>	<b>0.37</b>	<b>7.8</b>	<b>18.0</b>	<b>60</b>					<b>4.0</b>	<b>0</b>					
E11Q07	Tempel2	Q	2	K3	KKG	6. Mai 97	621		9.2	18.3	0.26	4.2	13.0	38			0		3.5	0					
						<b>Tempelal (E11Q01/06/07)</b>						<b>661</b>	<b>155</b>	<b>9.1</b>	<b>19.8</b>	<b>0.28</b>	<b>5.4</b>	<b>15.4</b>	<b>50.5</b>	<b>(+)</b>	<b>0.1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.0</b>	<b>0</b>
						25. Feb 97	606			14.5	0.04	1.2	14.0	40											
E11Q03a	BradWVBa	Q	3	K3	KKG	7. Mai 97	608		8.1	17.6	0.23	4.4	17.0	51			0		3.5	0					
						21. Aug 97	608	140	8.5	20.0	0.27	7.0	20.0	40	0	0.1	0	0	4.0						
						<b>E11Q03a Mittel</b>	<b>607</b>		<b>8.3</b>	<b>17.4</b>	<b>0.18</b>	<b>4.2</b>	<b>17.0</b>	<b>44</b>					<b>3.8</b>						
E11Q03b	BradWVBb	QG	3	K3	KKG	25. Feb 97	599			15.0	0.05	2.5	14.0	40											
						7. Mai 97	600		9.3	17.4	0.24	4.4	17.0	54			0		3.5	0					
						21. Aug 97	602	150	9.3	20.0	0.35	8.0	20.0	42	0	0	0	0	4.0						
<b>E11Q03b Mittel</b>	<b>600</b>		<b>9.3</b>	<b>17.5</b>	<b>0.22</b>	<b>5.0</b>	<b>17.0</b>	<b>45</b>					<b>3.8</b>												
E11Q10	BradWVB	QF(Ö)	4	K3	KKG	21. Aug 97	629	170	9.2	21.0	0.25	6.8	20.0	46	0.05	0	0	0	4.0						
<b>QG Bradingmühle (E11Q03/10)</b>						<b>612</b>	<b>153</b>	<b>8.9</b>	<b>18.6</b>	<b>0.22</b>	<b>5.3</b>	<b>18.0</b>	<b>45</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.8</b>	<b>0</b>						
E11Q05	Mand1	QF(E)	3	K3	KKG	7. Apr 97	674		10.1	19.3	0.28	5.1	16.4	68			0	0	3.0	0					
						2. Mai 97	648		9.5	19.4	0.37	3.8	13.0	42			0		3.0	0					
						<b>E11Q05 Mittel</b>	<b>661</b>		<b>9.8</b>	<b>19.4</b>	<b>0.32</b>	<b>4.5</b>	<b>14.7</b>	<b>55</b>					<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.0</b>	<b>0</b>			
F11Q04	Mand2a	Q	1	K3	KKG	2. Mai 97	587		9.6	17.4	0.31	4.6	15.0	42			0	3.0	0						
F11Q05	Mand2	QE	2	K3	KKG	20. Aug 97	647	181	9.6	20.0	0.10	6.4	15.0	39	0	0.1	0	0	4.0						
F11Q07a	Streit1a	QF(E)	2	K3	KKG	2. Mai 97	665		9.6	18.5	0.22	4.8	22.0	56			0		3.5	0					
						2. Mai 97	671		9.5	19.0	0.23	5.5	23.0	58			0		3.5	0					
						20. Aug 97	667	160	9.3	20.8	0.14	6.8	20.0	46	0	0	0	0	3.0						
<b>E11Q07b Mittel</b>	<b>669</b>		<b>9.4</b>	<b>19.9</b>	<b>0.18</b>	<b>6.2</b>	<b>21.5</b>	<b>52</b>					<b>0</b>	<b>3.3</b>											
<b>QG Mandorfer (E11Q05; F11Q04/05/07)</b>						<b>646</b>	<b>171</b>	<b>9.6</b>	<b>19.0</b>	<b>0.22</b>	<b>5.3</b>	<b>17.6</b>	<b>49</b>	<b>0</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.4</b>	<b>0</b>						

Tab. 5 – Datensätze zum Grundwassertyp K3 (1. Teil; Fortsetzung unten)

Code	Kurzbez.	Art	Qn [l/s]	GW- Typ	Ch-Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [rdH]	Mg/Ca	NKH [rdH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [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 (E11/B09; 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	
<b><i>GW K3 nordl. Randbereich</i></b>							<b>668</b>	<b>165</b>	<b>9.2</b>	<b>19.7</b>	<b>0.21</b>	<b>5.9</b>	<b>17.5</b>	<b>58</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.7</b>	<b>(+)</b>	
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		
<b>D11Q02</b>	<b>Mittel</b>						<b>628</b>		<b>8.1</b>	<b>18.4</b>	<b>0.29</b>	<b>5.3</b>	<b>18.5</b>	<b>44</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>			<b>(+)</b>	
						10. Jul 96	570			16.0		5.0	19.0	97							
E12B04	GangPuff	B(E)	1	K3	KKG	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	14.0	65								
<b>E12B04</b>	<b>Mittel</b>						<b>537</b>		<b>14.5</b>		<b>4.8</b>	<b>15.3</b>	<b>71</b>								
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	20.0	60								
<b>E12B05</b>	<b>Mittel</b>						<b>727</b>		<b>20.7</b>		<b>17.0</b>	<b>64</b>									
<b><i>GWF Hading (E12B04/05)</i></b>							<b>632</b>	<b>180</b>		<b>17.6</b>	<b>0.17</b>	<b>4.8</b>	<b>16.1</b>	<b>67</b>							
E14B04	PfichAlch	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								
<b>E14B04</b>	<b>Mittel</b>						<b>735</b>		<b>19.2</b>		<b>9.0</b>	<b>32</b>									
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								
<b>D14B01</b>	<b>Mittel</b>						<b>557</b>				<b>9.0</b>	<b>6</b>									
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								
<b>D14B02</b>	<b>Mittel</b>						<b>455</b>		<b>13.2</b>		<b>7.0</b>	<b>22</b>									
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								
<b>E11B03</b>	<b>Mittel</b>						<b>540</b>		<b>15.6</b>		<b>10.0</b>	<b>8</b>									
<b><i>K3 unter mächt. Überdeck. (D14B01/B02; E11B03)</i></b>							<b>517</b>	<b>157</b>		<b>16.0</b>	<b>0.33</b>	<b>2.4</b>	<b>8.7</b>	<b>12</b>							
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								
<b>E11B06</b>	<b>Mittel</b>						<b>593</b>		<b>16.0</b>		<b>42</b>										
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								
<b>E11B05</b>	<b>Mittel</b>						<b>629</b>		<b>16.6</b>		<b>41</b>										
<b><i>GWF Dürsting (E11B05/06)</i></b>							<b>611</b>	<b>160</b>		<b>16.3</b>	<b>0.08</b>	<b>2.6</b>	<b>15.0</b>	<b>41</b>							
D12B02	GyllChpbeB	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								
<b>D12B02</b>	<b>Mittel</b>						<b>616</b>		<b>18.7</b>		<b>6.5</b>	<b>19</b>									
						1. Jun 90	590		17.0		3.0	15.0	61			0	0				
D12Q01	BibeUrba	QF(E)	1	K3	KKG	25. Nov 96	580	200		17.0			8.0	20							
						1. Mrz 97	624		16.6	0.25	3.1	14.0	40								
<b>D12Q01</b>	<b>Mittel</b>						<b>598</b>		<b>16.9</b>	<b>0.27</b>	<b>3.1</b>	<b>12.3</b>	<b>40</b>								
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	
<b><i>QG Feyreggerbach (D12Q01/02/03)</i></b>							<b>624</b>	<b>200</b>	<b>8.3</b>	<b>17.3</b>	<b>0.27</b>	<b>3.6</b>	<b>15.9</b>	<b>48</b>			<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>4.8</b>	<b>0.6</b>	
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		
<b>E11Q04</b>	<b>Mittel</b>						<b>697</b>		<b>9.5</b>	<b>22.6</b>	<b>0.24</b>	<b>8.1</b>	<b>19.0</b>	<b>73</b>	<b>(-)</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>3.8</b>	<b>(-)</b>	
E11F01	FöhrF1 (200 m untk. 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. 5 – 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.

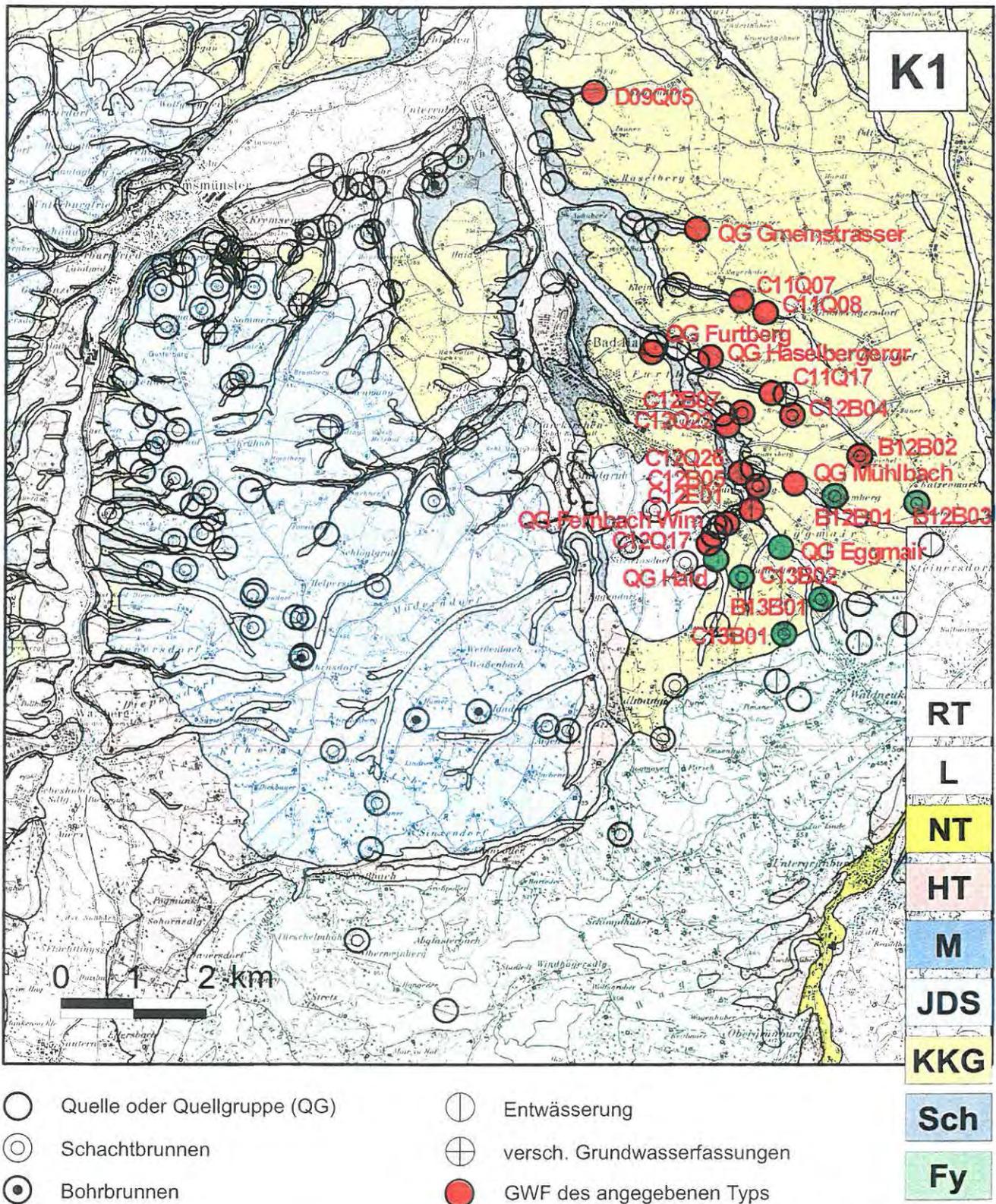


Abb. 55 - Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps K1 (Ältere Deckenschotter; ÄDS): 24 von 126 Objekten (vgl. Anhang D), diese aus den 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) durch Gruppenbildung gewonnen (in erster Linie Zusammenfassung von Quellen zu Quellgruppen). - Grüne Kreisflächen bezeichnen Wasserspender im Bereich der Flyschzone.

Code	Kurzbez.	Art	gh [m]	GW- Typ	Ch-Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [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		
<b>QG Gmeinstrasser (C10Q04-05)</b>							<b>763</b>		<b>7.3</b>	<b>21.5</b>	<b>0.35</b>	<b>4.6</b>	<b>17.5</b>	<b>67</b>			<b>0</b>		<b>4.5</b>	<b>0</b>		
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	0	4.0			
<b>C11Q09 Mittel</b>							<b>780</b>		<b>8.4</b>	<b>24.7</b>	<b>0.44</b>	<b>6.6</b>	<b>19.0</b>	<b>41</b>			<b>0</b>		<b>3.8</b>	<b>(-)</b>		
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			
<b>C11Q11 Mittel</b>							<b>846</b>	<b>140</b>	<b>8.2</b>	<b>26.0</b>	<b>0.51</b>	<b>6.8</b>	<b>26.8</b>	<b>55</b>			<b>0</b>		<b>2.5</b>	<b>4.5</b>		
<b>QG Furtberg (C11Q09-11)</b>							<b>812</b>	<b>145</b>	<b>8.0</b>	<b>24.8</b>	<b>0.44</b>	<b>5.8</b>	<b>20.4</b>	<b>49</b>	<b>0.05</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>3.6</b>	<b>1.7</b>		
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	0	3.0			
<b>C11Q14 Mittel</b>							<b>686</b>	<b>110</b>	<b>9.6</b>	<b>21.6</b>	<b>0.47</b>	<b>6.7</b>	<b>19.5</b>	<b>55</b>			<b>0</b>		<b>3.5</b>			
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	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			
<b>QG Haselbergergraben (C11Q14-16)</b>							<b>718</b>	<b>117</b>	<b>9.2</b>	<b>23.9</b>	<b>0.45</b>	<b>9.0</b>	<b>22.2</b>	<b>60</b>	<b>0.36</b>	<b>0.3</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>4.2</b>	<b>(-)</b>		
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			
<b>QG Mühlbach (C12Q03-06)</b>							<b>667</b>	<b>113</b>	<b>8.9</b>	<b>21.3</b>	<b>0.46</b>	<b>7.1</b>	<b>19.5</b>	<b>43</b>	<b>(+)</b>	<b>0.2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.0</b>		
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			
<b>QG Fernbach Wim (C12Q13/20)</b>							<b>505</b>	<b>125</b>	<b>8.8</b>	<b>16.1</b>	<b>0.46</b>	<b>7.3</b>	<b>23.5</b>	<b>38</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.8</b>		
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			
<b>QG Haid (C12E05-06)</b>							<b>597</b>	<b>115</b>	<b>9.1</b>	<b>19.6</b>	<b>0.54</b>	<b>8.2</b>	<b>23.5</b>	<b>43</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>1.0</b>			
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			
<b>QG Eggmair (C12Q09/11/12)</b>							<b>649</b>	<b>113</b>	<b>7.1</b>	<b>20.9</b>	<b>0.39</b>	<b>5.1</b>	<b>18.3</b>	<b>26</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>	<b>3.0</b>			
<b>QG Gmeinstrasser (C10Q04-05)</b>							<b>763</b>		<b>7.3</b>	<b>21.5</b>	<b>0.35</b>	<b>4.6</b>	<b>17.5</b>	<b>67</b>			<b>0</b>		<b>4.5</b>	<b>0</b>		
<b>QG Furtberg (C11Q09-11)</b>							<b>812</b>	<b>145</b>	<b>8.0</b>	<b>24.8</b>	<b>0.44</b>	<b>5.8</b>	<b>20.4</b>	<b>49</b>	<b>0.05</b>	<b>0.1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.6</b>	<b>1.7</b>		
<b>QG Haselbergergraben (C11Q14-16)</b>							<b>718</b>	<b>117</b>	<b>9.2</b>	<b>23.9</b>	<b>0.45</b>	<b>9.0</b>	<b>22.2</b>	<b>60</b>	<b>0.36</b>	<b>0.3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.2</b>	<b>0</b>		
<b>QG Mühlbach (C12Q03-06)</b>							<b>667</b>	<b>113</b>	<b>8.9</b>	<b>21.3</b>	<b>0.46</b>	<b>7.1</b>	<b>19.5</b>	<b>43</b>	<b>(+)</b>	<b>0.2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.0</b>			
<b>QG Fernbach Wim (C12Q13/20)</b>							<b>505</b>	<b>125</b>	<b>8.8</b>	<b>16.1</b>	<b>0.46</b>	<b>7.3</b>	<b>23.5</b>	<b>38</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.8</b>			
<b>K1 Quellen</b>							<b>593</b>	<b>125</b>	<b>8.4</b>	<b>21.5</b>	<b>0.43</b>	<b>6.7</b>	<b>20.8</b>	<b>51</b>	<b>0.11</b>	<b>0.1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.0</b>	<b>(+)</b>		
<b>QG Haid (C12E05-06)</b>							<b>597</b>	<b>115</b>	<b>9.1</b>	<b>19.6</b>	<b>0.54</b>	<b>8.2</b>	<b>23.5</b>	<b>43</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>1.0</b>			
<b>QG Eggmair (C12Q09/11/12)</b>							<b>649</b>	<b>113</b>	<b>7.1</b>	<b>20.9</b>	<b>0.39</b>	<b>5.1</b>	<b>18.3</b>	<b>26</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>	<b>3.0</b>			
<b>K1 Quellen / Flyschzone</b>							<b>523</b>	<b>114</b>	<b>8.1</b>	<b>20.2</b>	<b>0.47</b>	<b>6.7</b>	<b>20.8</b>	<b>35</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>2.0</b>			
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								
<b>B12B02 Mittel</b>							<b>644</b>			<b>20.7</b>			<b>10.5</b>	<b>26</b>								
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								
<b>C12B04 Mittel</b>							<b>808</b>			<b>20.9</b>			<b>18.0</b>	<b>60</b>								
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								
<b>C12B05 Mittel</b>							<b>622</b>			<b>16.4</b>			<b>12.0</b>	<b>26</b>								
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								
<b>C12B07 Mittel</b>							<b>713</b>			<b>19.1</b>			<b>18.0</b>	<b>73</b>								
<b>K1 Brunnen</b>							<b>596</b>	<b>203</b>		<b>19.2</b>	<b>0.54</b>	<b>3.8</b>	<b>14.5</b>	<b>46</b>								

Tab. 6 – Datensätze zum Grundwassertyp K1 (1. Teil; Fortsetzung unten)

Code	Kurzbez.	Art	gh [m]	GW- Typ	Ch-Typ	Datum	LF [µS]	Eh (mV)	O <sub>2</sub> (mg/l)	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]				
B12B01	MandPözl	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											
<b>B12B01 Mittel</b>						<b>953</b>			<b>24.4</b>			<b>15.7</b>	<b>59</b>											
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											
						<b>B12B03 Mittel</b>					<b>595</b>			<b>17.9</b>			<b>9.0</b>	<b>28</b>						
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											
						<b>B13B01 Mittel</b>					<b>494</b>			<b>15.9</b>			<b>14.0</b>	<b>25</b>						
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											
						<b>C13B01 Mittel</b>					<b>721</b>			<b>23.8</b>			<b>10.0</b>	<b>5</b>						
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											
						<b>C13B02 Mittel</b>					<b>681</b>			<b>20.6</b>			<b>12.0</b>	<b>30</b>						
<b>K1: Brunnen (Flyschzone)</b>							<b>627</b>	<b>183</b>		<b>21.4</b>	<b>0.50</b>	<b>6.7</b>	<b>11.5</b>	<b>23</b>										
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	5.0					
C12Q01	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	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. 6 – **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.

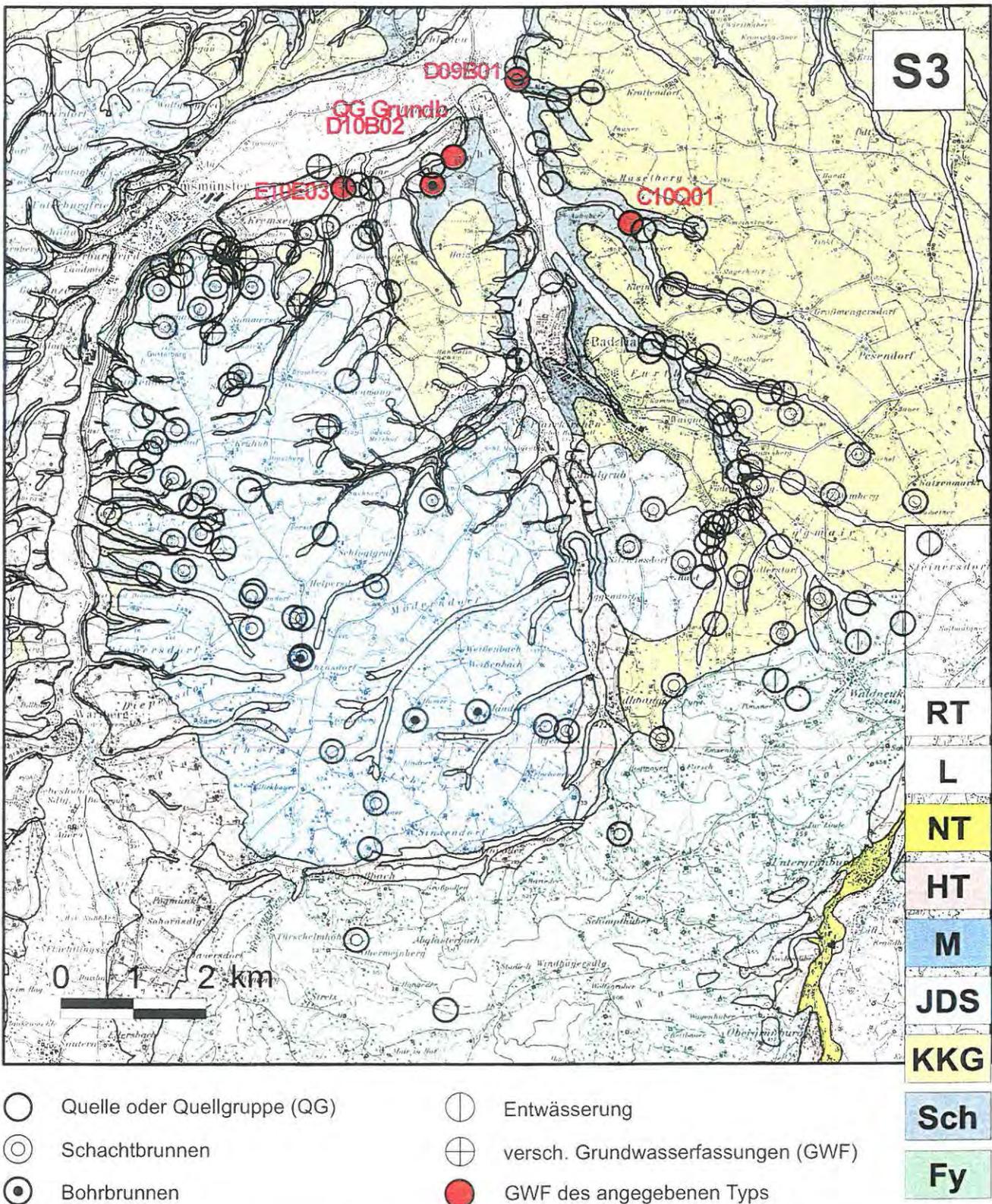
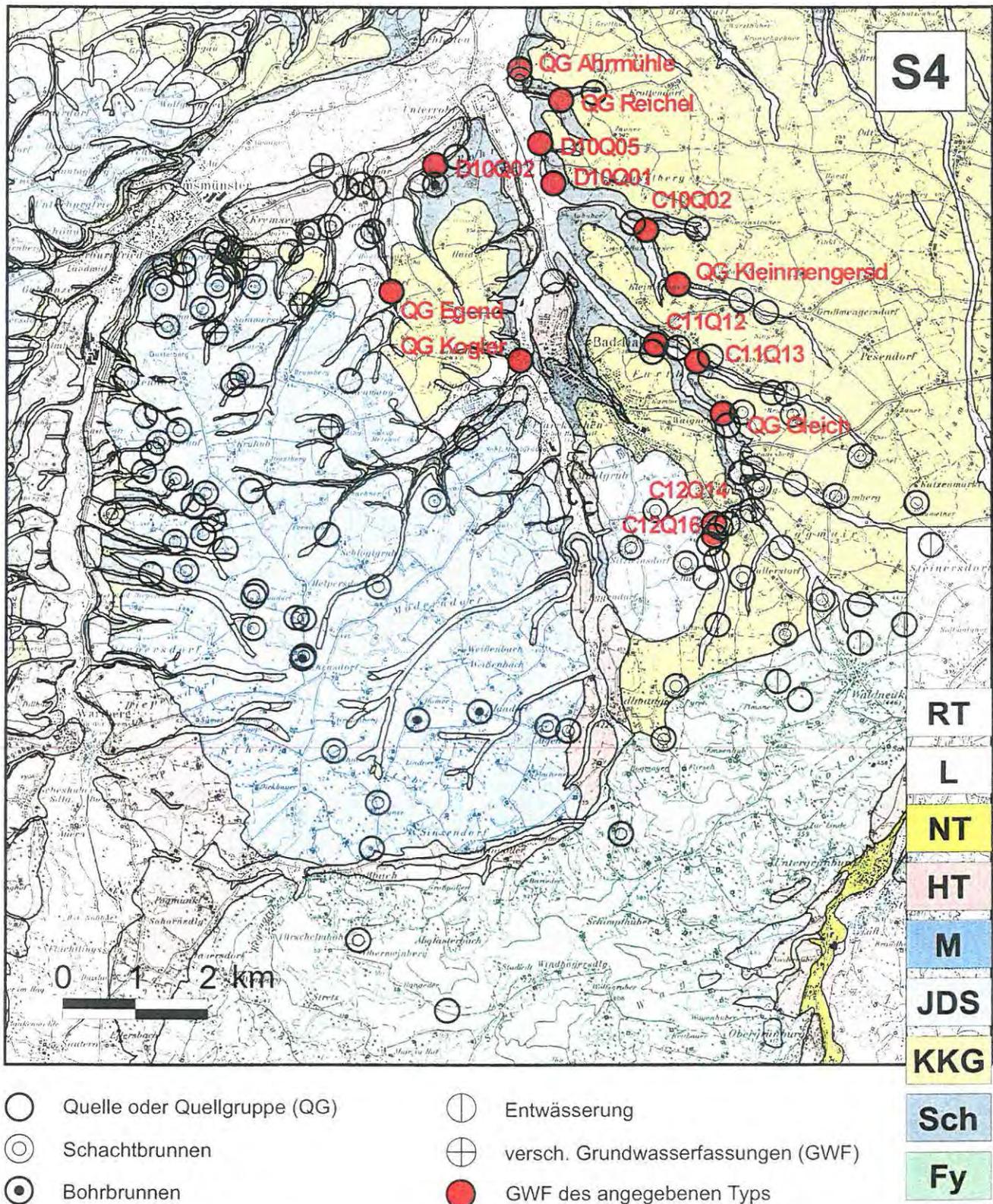


Abb. 56 - Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps S3 (Junges Porengrundwasser der Molasse): 5 von 126 Objekten (vgl. Anhang D), diese aus den 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) durch Gruppenbildung gewonnen (in erster Linie Zusammenfassung von Quellen zu Quellgruppen).

Code	Kurzbez.	Art	Eig- Eig	GW- Typ	Ch- Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [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						<b>610</b>		<b>9.5</b>	<b>17.4</b>	<b>0.23</b>	<b>6.5</b>	<b>25.0</b>	<b>37</b>	(-)	(-)	<b>0.04</b>	<b>(+)</b>	<b>5.0</b>	<b>(+)</b>
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
<b>QG Grundbach (D10E01/Q04)</b>							<b>641</b>	<b>(35)</b>	<b>8.6</b>	<b>18.1</b>	<b>0.24</b>	<b>4.7</b>	<b>20.5</b>	<b>34</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>1.1</b>	<b>0.6</b>	<b>5.0</b>	<b>3.5</b>
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	S4kkq	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						<b>709</b>			<b>20.4</b>	<b>0.20</b>	<b>4.8</b>	<b>23.5</b>	<b>23</b>			(-)		<b>(7.5)</b>	<b>(-)</b>
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						<b>842</b>		<b>5.2</b>	<b>23.8</b>	<b>0.13</b>	<b>0.2</b>	<b>11.5</b>	<b>4</b>	<b>(-)</b>	<b>(+)</b>	<b>0.27</b>	<b>(+)</b>	<b>9.5</b>	<b>(+)</b>
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

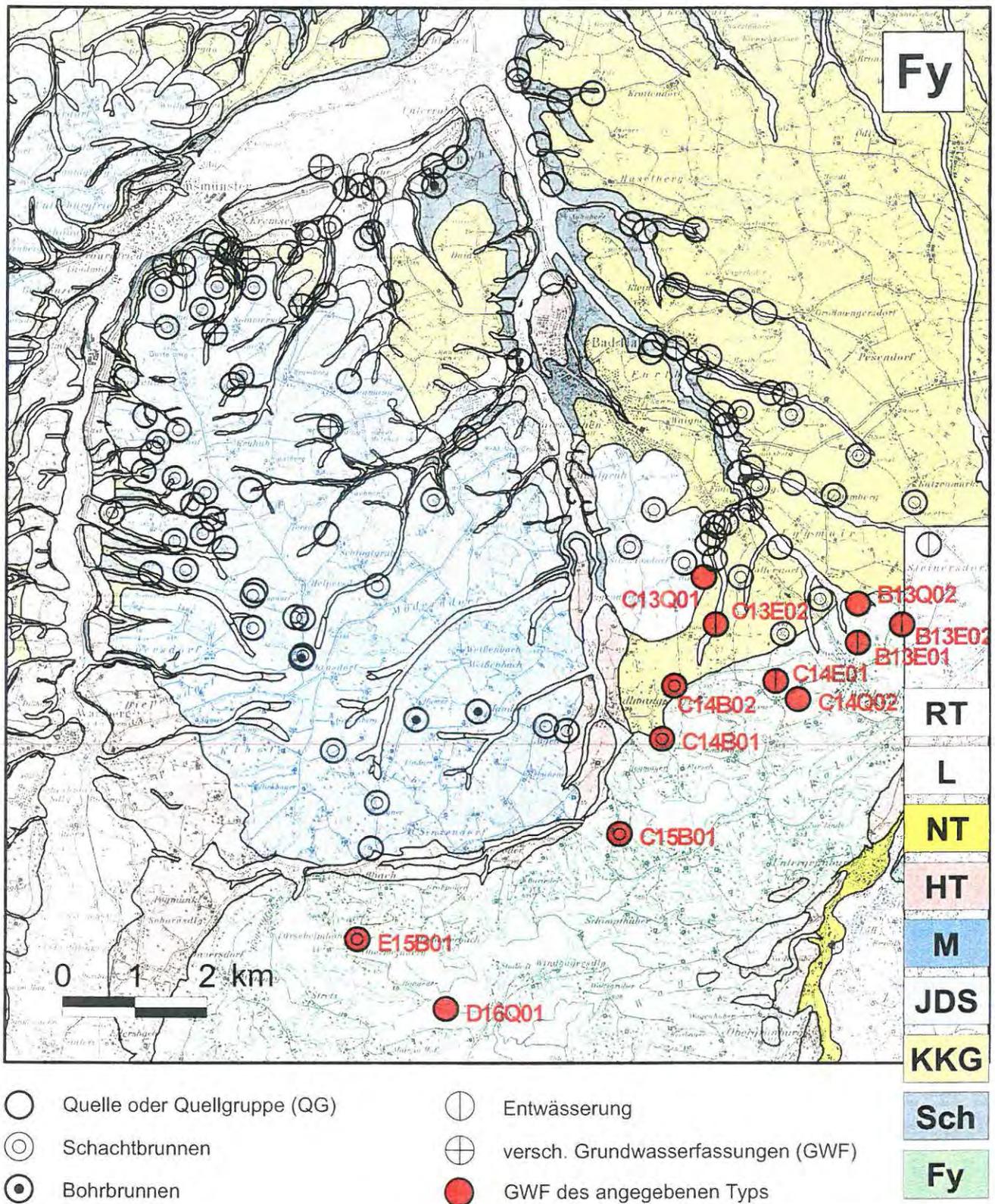
Tab. 7 – Datensätze zum Grundwassertyp S3 (Junges Porengrundwasser der Molasse): Die besonders kennzeichnenden Datensätze sind gelb unterlegt, davon QG Grundbach eine Zusammenfassung der Eigenschaften der Quellen im Grundbachtal unterhalb des Hofes, von dessen Brunnen (D10B02 LedeUnsc) der oberste Datensatz stammt. Die Quelle D10Q02 LandLehn – ebenfalls im Sulzbachtal – wird zum Vergleich mit dem GW-Typ S4 herangezogen (dunkelgrau unterlegt). Bei D09B01 HiesAhrm sind die Werte vom Aug. 97 charakteristisch (Niederwasser im Sulzbach, der zu anderen Zeiten diesen Brunnen beeinflussen kann).



**Abb. 57 - Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps S4 (Junges Kluftgrundwasser der Molasse):** 14 von 126 Objekten (vgl. Anhang D), diese aus den 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) durch Gruppenbildung gewonnen (in erster Linie Zusammenfassung von Quellen zu Quellgruppen).

Code	Kurzbez.	Art	Ed	GW-Typ	Ch-Typ	Datum	LF [ $\mu$ S]	Eh [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [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		
<b>QG Kleinmengersdorf (C11Q03-04)</b>							<b>758</b>		<b>7.1</b>	<b>21.5</b>	<b>0.45</b>	<b>3.8</b>	<b>17.5</b>	<b>47</b>			<b>0</b>		<b>5.8</b>	<b>0</b>		
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			
<b>C11Q13 Mittel (Haselbergergraben)</b>							<b>744</b>	<b>(140)</b>	<b>8.4</b>	<b>22.7</b>	<b>0.40</b>	<b>4.8</b>	<b>20.0</b>	<b>46</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>		<b>7.5</b>	<b>(-)</b>		
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	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	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	0	10.0		
<b>QG Gleich (C11Q18; C12Q23-24)</b>							<b>755</b>	<b>150</b>	<b>7.0</b>	<b>25.7</b>	<b>0.53</b>	<b>8.9</b>	<b>17.7</b>	<b>41</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5.3</b>		
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	0	8.0		
<b>D09Q01 Mittel</b>							<b>686</b>		<b>5.9</b>	<b>21.7</b>	<b>0.38</b>	<b>6.7</b>	<b>23.5</b>	<b>42</b>			<b>0</b>		<b>7.5</b>	<b>0</b>		
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	RainEhrn	QG	2	S4	S4äds	13. Mai 97	679		5.6	18.6	0.35	4.8	25.0	51			0		7.0	0		
<b>QG Ahrmühle (D09Q01/03/04)</b>							<b>680</b>	<b>(140)</b>	<b>6.0</b>	<b>19.6</b>	<b>0.36</b>	<b>5.4</b>	<b>24.2</b>	<b>48</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>7.0</b>	<b>0</b>
D10Q06	WVR_Q	QF(O)	3	S4	S4äds	11. Mai 97	732	90	7.4	20.2	0.32	4.6	20.0	50			0		0	0		
D10Q07	Michl1	QG	2	S4	S4äds	11. Mai 97	677		9.2	19.2	0.24	3.7	12.0	42			0		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	0	5.0		
<b>QG Reichel (D10Q06-08)</b>							<b>714</b>	<b>95</b>	<b>7.8</b>	<b>20.4</b>	<b>0.36</b>	<b>5.4</b>	<b>20.3</b>	<b>45</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>5.0</b>	<b>0</b>
<i>G Kleinmengersdorf (C11Q03-04)</i>							<i>758</i>		<i>7.1</i>	<i>21.5</i>	<i>0.45</i>	<i>3.8</i>	<i>17.5</i>	<i>47</i>			<i>0</i>		<i>5.8</i>	<i>0</i>		
<i>C11Q13 (Haselbergergraben)</i>							<i>744</i>	<i>(140)</i>	<i>8.4</i>	<i>22.7</i>	<i>0.40</i>	<i>4.8</i>	<i>20.0</i>	<i>46</i>	<i>(+)</i>	<i>(+)</i>	<i>0</i>		<i>7.5</i>	<i>(-)</i>		
<b>QG Gleich (C11Q18; C12Q23-24)</b>							<b>755</b>	<b>150</b>	<b>7.0</b>	<b>25.7</b>	<b>0.53</b>	<b>8.9</b>	<b>17.7</b>	<b>41</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5.3</b>		
<b>QG Ahrmühle (D09Q01/03/04)</b>							<b>680</b>	<b>(140)</b>	<b>6.0</b>	<b>19.6</b>	<b>0.36</b>	<b>5.4</b>	<b>24.2</b>	<b>48</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>7.0</b>	<b>0</b>
<b>QG Reichel (D10Q06-08)</b>							<b>714</b>	<b>95</b>	<b>7.8</b>	<b>20.4</b>	<b>0.36</b>	<b>5.4</b>	<b>20.3</b>	<b>45</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>5.0</b>	<b>0</b>
<b>S4-Quellen unter ÄDS</b>							<b>720</b>	<b>130</b>	<b>7.2</b>	<b>22.8</b>	<b>0.42</b>	<b>5.5</b>	<b>18.8</b>	<b>45</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6.1</b>	<b>0</b>
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	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		
<b>D10Q01 Mittel</b>							<b>726</b>		<b>5.9</b>	<b>20.8</b>			<b>16.5</b>	<b>43</b>			<b>(-)</b>		<b>(-)</b>			
D10Q05	Sulz2	Q	1	S4	S4äds	11. Mai 97	726		7.9	20.5	0.35	4.4	21.0	42			0		0	0		
						26. Feb 97	694			20.7	0.20	5.7	22.0	19								
D10Q02	LandLehn	QF(E)	2	S4	S4kkg	11. Mai 97	724		5.7	20.1	0.20	3.9	25.0	27			0		7.5	0		
<b>D10Q02 Mittel</b>							<b>709</b>		<b>5.7</b>	<b>20.4</b>	<b>0.20</b>	<b>4.8</b>	<b>23.5</b>	<b>23</b>			<b>(-)</b>		<b>(7.5)</b>	<b>(-)</b>		
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	0	4.0		
<b>D11Q03a Mittel</b>							<b>626</b>		<b>7.8</b>	<b>18.7</b>	<b>0.35</b>	<b>4.6</b>	<b>17.5</b>	<b>32</b>			<b>0</b>		<b>(+)</b>			
D11Q03b	Zwick3	Q	1	S4	S4kkg	10. Mai 97	618		8.9	17.0	0.21	3.5	17.0	42			0		0	0		
<b>QG Egendorf (D11Q03)</b>							<b>622</b>	<b>(150)</b>	<b>8.4</b>	<b>17.9</b>	<b>0.28</b>	<b>4.1</b>	<b>17.3</b>	<b>37</b>	<b>(+)</b>	<b>(-)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>(4.0)</b>	<b>(+)</b>		
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		
<b>QG Kogler (D11Q04-08)</b>							<b>612</b>		<b>8.2</b>	<b>17.3</b>	<b>0.22</b>	<b>3.1</b>	<b>13.8</b>	<b>32</b>			<b>(-)</b>		<b>6.8</b>	<b>(-)</b>		

Tab. 8 – Datensätze zum Grundwassertyp S4 (Junges Klufgrundwasser der Molasse): Zuoberst 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. 58 - Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps Fy (Flyschzone):** 12 von 126 Objekten (vgl. Anhang D), diese aus den 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) durch Gruppenbildung gewonnen (in erster Linie Zusammenfassung von Quellen zu Quellgruppen).

Code	Kurzbez.	Art	gi [m]	GW- Typ	Ch- Typ	Datum	LF [μS]	Eh [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]			
C15B01	AchaWiin	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									
<b>C15B01 Mittel</b>							<b>497</b>			<b>13.7</b>			<b>2.5</b>	<b>1</b>									
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									
<b>E15B01 Mittel</b>							<b>446</b>			<b>11.4</b>			<b>2.0</b>	<b>1</b>									
D16Q01	MV-ÖBF	QF(M)	1	F	F	1. Mrz 97	486			13.6	0.01	0.3	2.0	8									
<b>F Flysch-Bergland (C15B01; E15B01; D16Q01)</b>							<b>476</b>	<b>155</b>		<b>12.9</b>	<b>0.06</b>	<b>0.4</b>	<b>2.2</b>	<b>3</b>									
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									
<b>C14B01 Mittel</b>							<b>732</b>			<b>13.4</b>			<b>11.0</b>	<b>1</b>									
C14B02	MaurRaba	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									
<b>C14B02 Mittel</b>							<b>650</b>			<b>20.6</b>			<b>8.0</b>	<b>1</b>									
<b>F Brunnen Fy-Nordrand (C14B01/02)</b>							<b>691</b>	<b>205</b>		<b>17.0</b>	<b>0.26</b>	<b>1.8</b>	<b>9.5</b>	<b>1</b>									
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				
3Q02	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. 9 – 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).

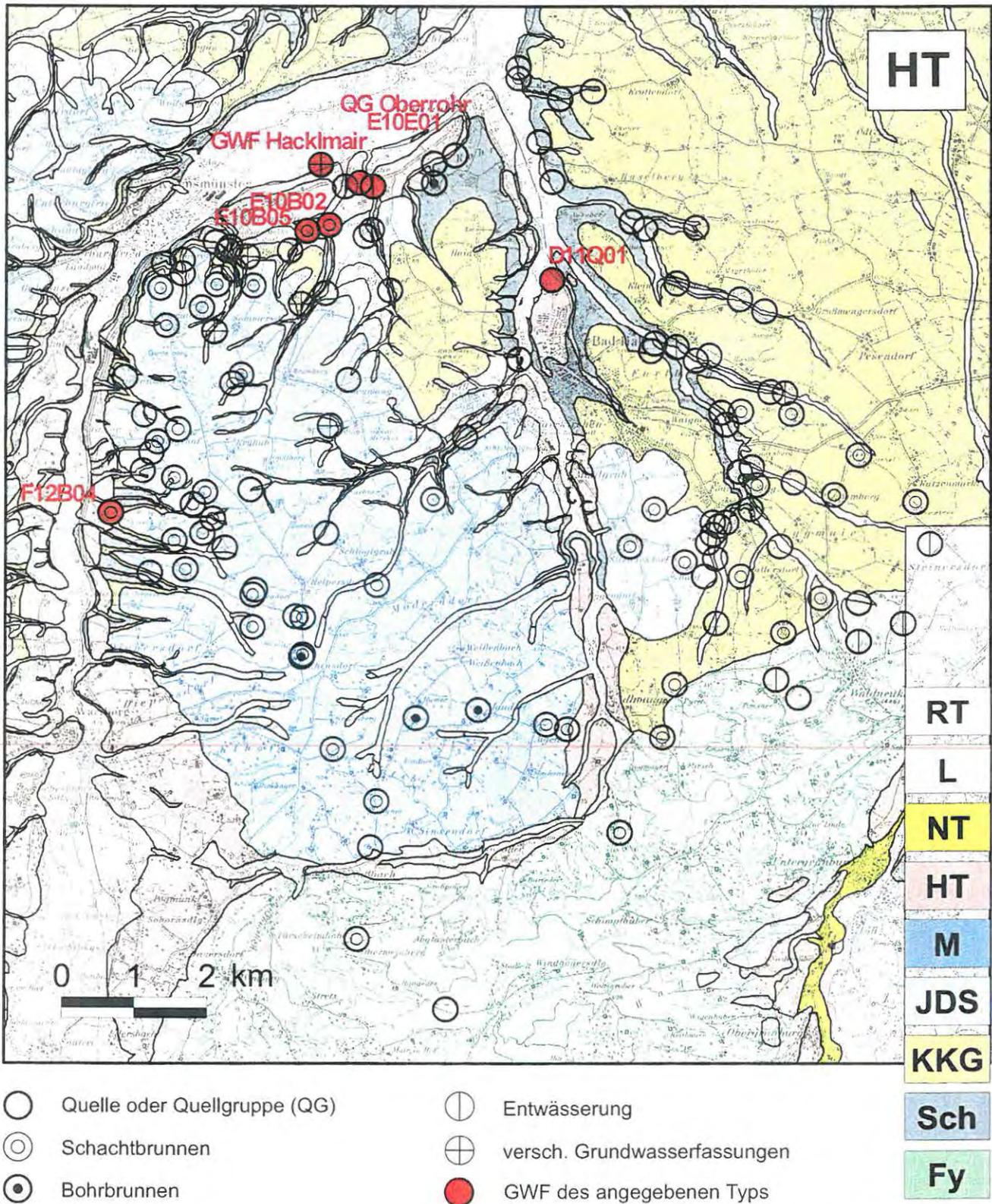
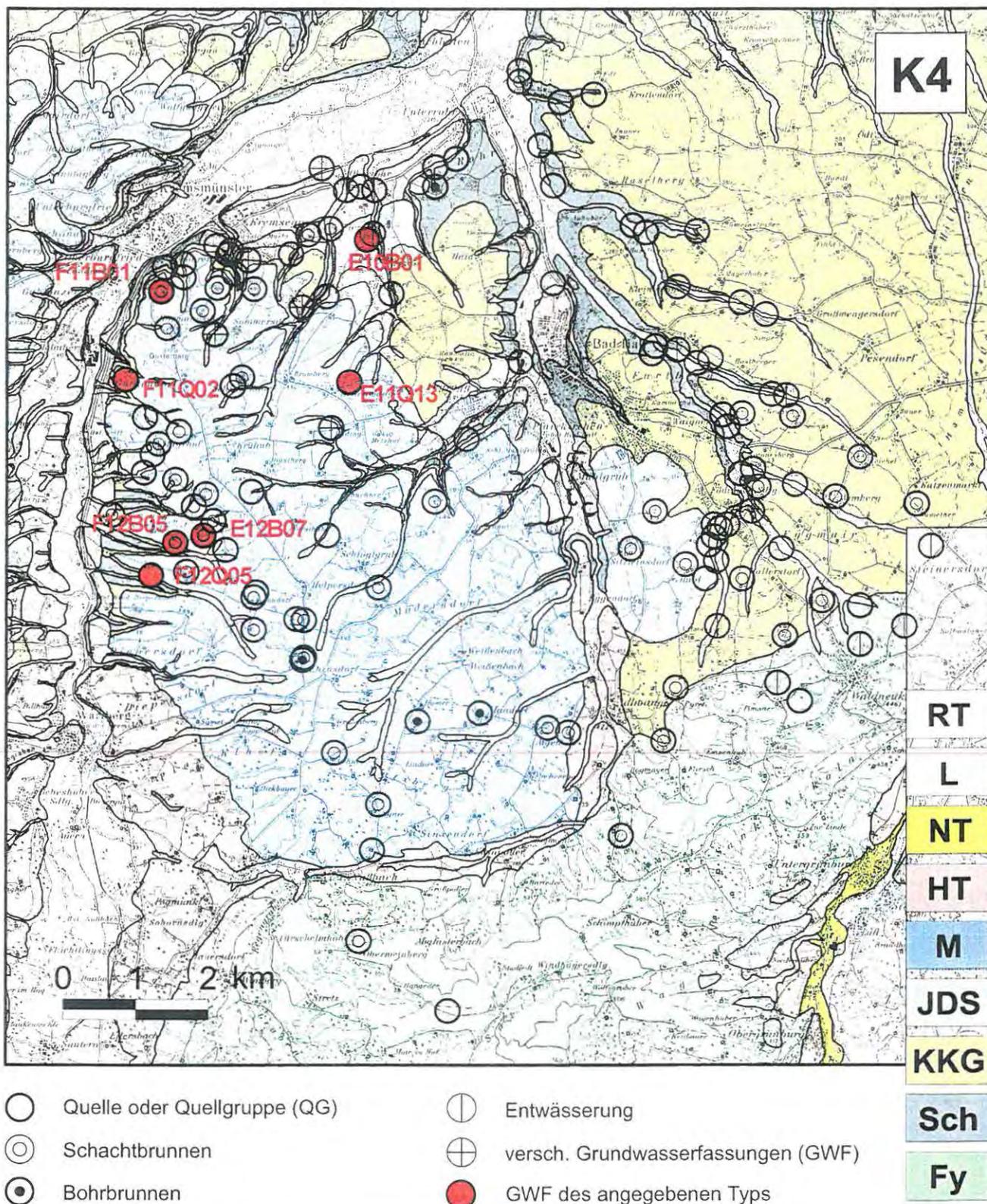


Abb. 59 - *Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps HT (Hochterrasse): 7 von 126 Objekten (vgl. Anhang D), diese aus den 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) durch Gruppenbildung gewonnen (in erster Linie Zusammenfassung von Quellen zu Quellgruppen).*

Code	Kurzbez.	Art	L <sub>g</sub>	GW-Typ	Ch-Typ	Datum	LF [μS]	Eh [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [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		
<b>E10Q09</b>	<b>Mittel</b>						<b>787</b>		<b>8.4</b>	<b>23.8</b>	<b>0.25</b>	<b>6.2</b>	<b>31.5</b>	<b>30</b>			<b>(+)</b>		<b>4.8</b>		
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		
<b>E10Q10</b>	<b>Mittel</b>						<b>808</b>		<b>7.5</b>	<b>24.3</b>	<b>0.27</b>	<b>7.0</b>	<b>31.0</b>	<b>32</b>			<b>0</b>		<b>6.8</b>		
<b>GWF Hacklmair (E10B04/Q09-10)</b>							<b>790</b>	<b>125</b>	<b>7.9</b>	<b>22.0</b>	<b>0.18</b>	<b>4.6</b>	<b>28.8</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>0</b>	<b>5.8</b>	<b>(+)</b>	
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	
<b>E10B03</b>	<b>Mittel</b>						<b>715</b>		<b>8.2</b>	<b>18.6</b>	<b>0.13</b>	<b>3.7</b>	<b>19.3</b>	<b>55</b>					<b>4.0</b>	<b>1.0</b>	
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		
<b>E10Q11</b>	<b>Mittel</b>						<b>770</b>		<b>8.6</b>	<b>22.5</b>	<b>0.22</b>	<b>7.2</b>	<b>44.0</b>	<b>50</b>			<b>(+)</b>		<b>4.8</b>		
E10Q13	WiscMesn	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	
<b>GWF Oberrohr (E10B03/Q11-14)</b>							<b>716</b>	<b>(80)</b>	<b>8.4</b>	<b>19.8</b>	<b>0.21</b>	<b>5.0</b>	<b>24.1</b>	<b>56</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	<b>(-)</b>	<b>4.0</b>	<b>0.9</b>	
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		
<b>E10E01</b>	<b>Mittel</b>						<b>764</b>		<b>6.9</b>	<b>20.7</b>	<b>0.21</b>	<b>2.4</b>	<b>14.5</b>	<b>25</b>			<b>0</b>		<b>5.0</b>		
F12B04	GrubKremB	B(E)	1	HT	HT	23. Feb 97	744			20.0	0.18	5.5	18.0	67							

Tab. 10 – **Datensätze zum Grundwassertyp HT (Hochterrasse):** Die charakteristischen Datensätze sind zu den zwei Gruppen von Grundwasserfassungen *GWF Hacklmair* und *GWF Oberrohr* zusammengefaßt. Darunter folgen die restlichen Meßergebnisse; E10B05 *ÖlsiSchm* ist ein Brunnen nahe dem bergseitigen Rand der (südlichen) Hochterrasse im Kremstal.



**Abb. 60 - Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps K4 (Graue Nagelfluh; GNF):** 6 von 126 Objekten (vgl. Anhang D), diese aus den 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) durch Gruppenbildung gewonnen (in erster Linie Zusammenfassung von Quellen zu Quellgruppen). - Der Brunnen E10B01, der stellenweise in dieser Arbeit K5 bezeichnet ist, fördert Grundwasser aus mindelzeitlichen Terrassenschottern (JDS), ist aber der einzige seiner Art und wird hier den stratigraphisch äquivalenten Vorkommen des Typs K4 (GNF) zugeordnet.

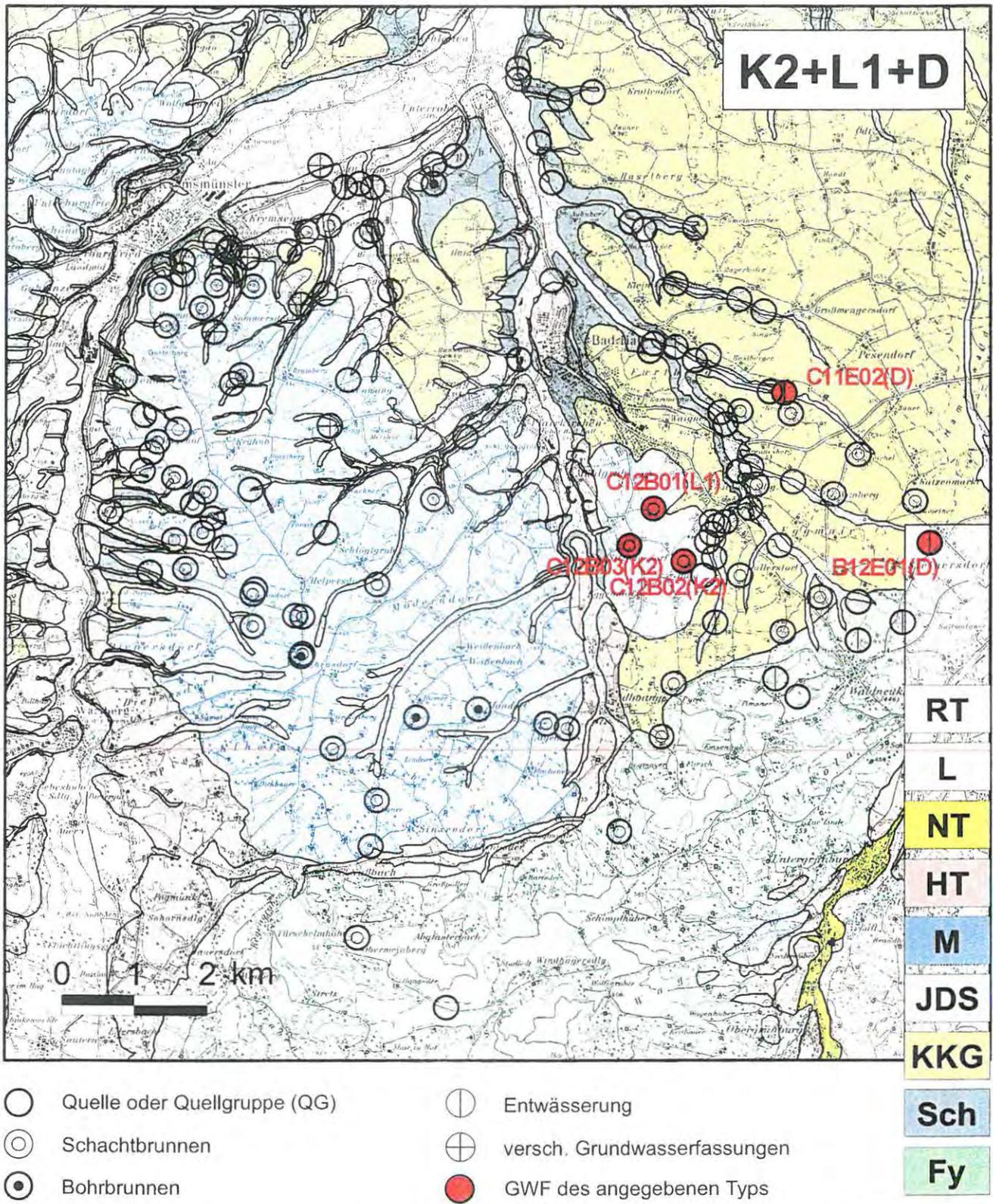


Abb. 61 - Untersuchte Wasserspender der Grundwassertypen K2 (schwebender Grundwasserleiter auf ÄDS), L1 (Lößlehmedecke der ÄDS) und D (Delle): 2 + 1 + 2 = 5 von 126 Objekten (vgl. Anhang D), diese aus den 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) durch Gruppenbildung gewonnen (in erster Linie Zusammenfassung von Quellen zu Quellgruppen).

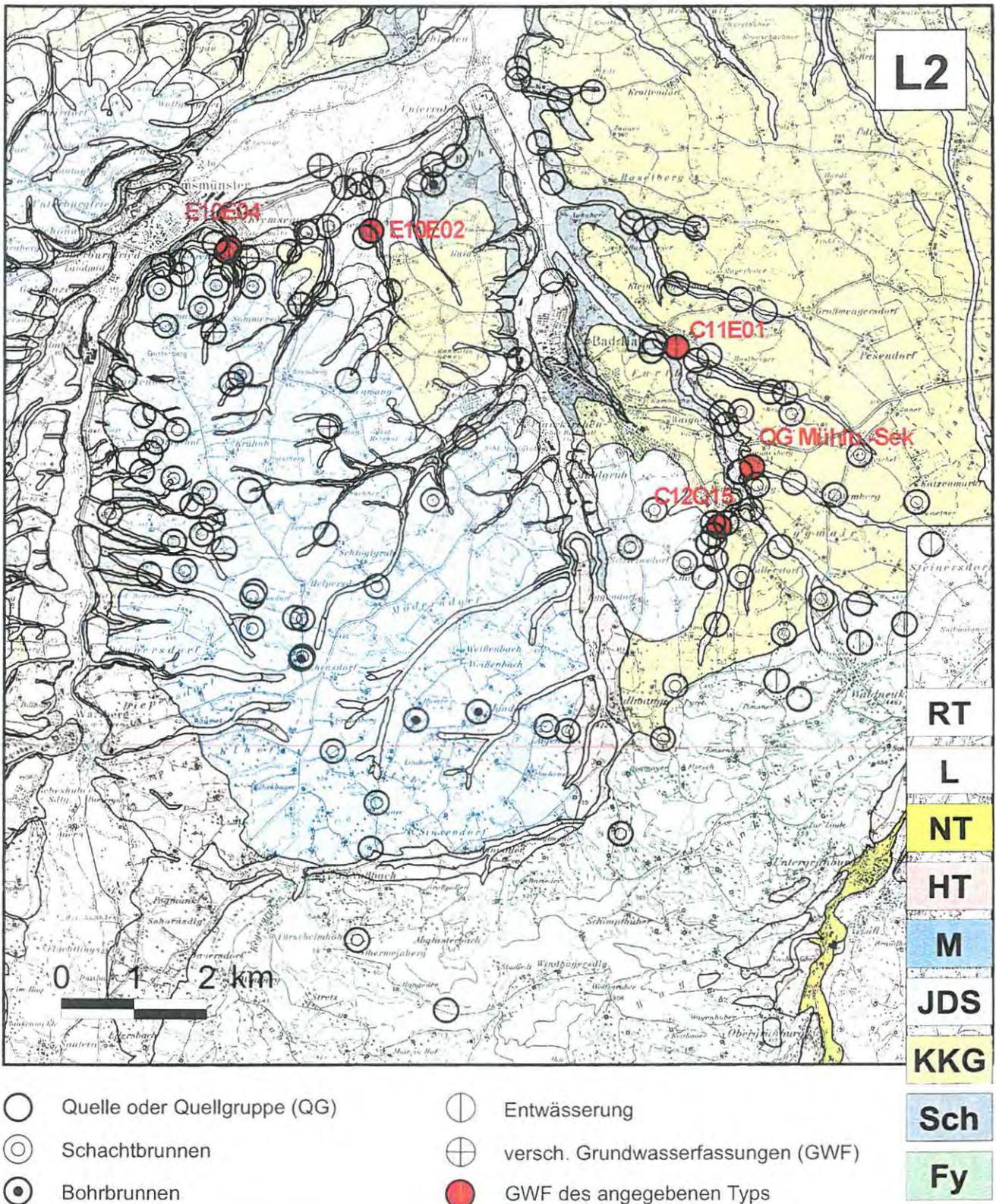


Abb. 62 - Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps L2 (Hangwasser und Sekundärquellen): 6 von 126 Objekten (vgl. Anhang D), diese aus den 262 untersuchten Wasserspendern (Anhang B) durch Gruppenbildung gewonnen (in erster Linie Zusammenfassung von Quellen zu Quellgruppen).

Code	Kurzbez.	Art	gh [m]	GW- Typ	Ch-Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [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		
<b>F11Q02 Mittel</b>							<b>707</b>			<b>20.3</b>	<b>0.18</b>	<b>3.9</b>	<b>9.5</b>	<b>50</b>	<b>(-)</b>	<b>(+)</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>(3.0)</b>		
F12B05	SteilMiex	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. 11 – 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 stratigraphisch 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	gh [m]	GW- Typ	Ch-Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]	
E01	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		
<b>C11E02 Mittel</b>							<b>729</b>		<b>8.7</b>	<b>18.2</b>	<b>0.22</b>	<b>2.4</b>	<b>19.5</b>	<b>52</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>0</b>	<b>(-)</b>	<b>4.0</b>	<b>(+)</b>	
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							
<b>C12B01 Mittel</b>							<b>667</b>			<b>19.5</b>			<b>16.0</b>	<b>23</b>							
C12B02	SingRimp	B(E)	1	K2	K2	30. Nov 96	480	200		13.5			5.0	7							
						30. Nov 96	650	200		18.0			8.0	42							
C12B03	BreiWieg	B(E)	1	K2	K2	2. Mrz 97	714			17.5	0.40	2.5	18.0	56							
<b>C12B03 Mittel</b>							<b>682</b>			<b>17.8</b>			<b>13.0</b>	<b>49</b>							

Tab. 12 – Datensätze zu den Grundwassertypen K2 (schwebender Grundwasserleiter über ÄDS), L1 (Löblehmdecke 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	gh [m]	GW- Typ	Ch-Typ	Datum	LF [µS]	Eh [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]
E01	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	
<b>C11E01 Mittel</b>							<b>805</b>		<b>3.9</b>	<b>25.1</b>	<b>0.39</b>	<b>7.7</b>	<b>26.0</b>	<b>50</b>			<b>(+)</b>		<b>9.0</b>	
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	
<b>QG Mühlbach Sek.-Q. (C12Q01-02)</b>							<b>726</b>	<b>75</b>	<b>9.7</b>	<b>22.9</b>	<b>0.38</b>	<b>8.3</b>	<b>22.3</b>	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>0.15</b>	<b>0</b>	<b>0.01</b>	<b>2.5</b>	<b>(+)</b>
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. 13 – 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.

- Abbildung 41: Streudiagramm der Nicht-Karbonathärte gegen die Gesamthärte der untersuchten Grundwässer
- Abbildung 42: Verteilung der NKH-Werte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp und Region (Boxplot-Diagramm)
- Abbildung 43: Streudiagramm des Quotienten GH/SBV gegen die  $\text{NO}_3$ -Konzentrationswerte der untersuchten Grundwässer
- Abbildung 44: Verteilung der Si-Konzentrationen auf die untersuchten Wasserspender (Si)
- Abbildung 45: Verteilung der Silizium-Konzentrationswerte auf die untersuchten Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp (Boxplot-Diagramm)
- Abbildung 46: Streudiagramm der Si-Konzentrationswerte gegen das Redoxpotential der untersuchten Grundwässer
- Abbildung 47: Lage, Art und Grundwassertyp der zur Untersuchung der  $^{18}\text{O}$ - und  $^3\text{H}$ -Gehalte im Grundwasser herangezogenen Wasserspender ( $^3\text{H}$   $^{18}\text{O}$ )
- Abbildung 48: Tritium-Zerfallskurven und Andeutung des Jahresganges der  $^3\text{H}$ -Gehalte im Niederschlag an vier österreichischen Sammelstellen
- Abbildung 49: Tritium-Werte einiger ausgewählter Grundwässer, getrennt nach Grundwassertyp
- Abbildung 50: Mittlere Jahresgänge der  $^{18}\text{O}$ -Werte im Niederschlag an fünf österreichischen Sammelstellen
- Abbildung 51: Ergebnisse der Isotopenuntersuchung einiger ausgewählter Grundwässer vom Jänner 1997 (1. Kampagne)
- Abbildung 52: Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps Ms (Mindelmoräne, seicht)
- Abbildung 53: Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps Mt (Mindelmoräne, tief)
- Abbildung 54: Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps K3 (Kies-Konglomerat-Gruppe; KKG)
- Abbildung 55: Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps K1 (Ältere Deckenschotter; ÄDS)
- Abbildung 56: Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps S3 (Junges Porengrundwasser der Molasse)
- Abbildung 57: Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps S4 (Junges Kluftgrundwasser der Molasse)
- Abbildung 58: Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps Fy (Flyschzone)

- Abbildung 59: Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps HT (Hochterrasse)
- Abbildung 60: Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps K4 (Graue Nagelfluh; GNF)
- Abbildung 61: Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps K2 (schwebender Grundwasserleiter auf ÄDS), L1 (Lößlehmdecke der ÄDS) und D (Delle)
- Abbildung 62: Untersuchte Wasserspender des Grundwassertyps L2 (Hangwasser und Sekundärquellen)
- Abbildung 63: Art, Grundwassertyp und Ergiebigkeit der untersuchten natürlichen Grundwasseraustritte (Quellen, Quellgruppen und Entwässerungen mit Grundwasseranteil) (Q)

### **Verzeichnis der Tabellen:**

- Tabelle 1: Grundwasser-Vorkommen mit GH/SBV < 1
- Tabelle 2: Isotopen-Daten zu ausgewählten Wasserspendern
- Tabelle 3: Datensätze zum Grundwassertyp Ms (seichtes Grundwasser der Mindelmoräne)
- Tabelle 4: Datensätze zum Grundwassertyp Mt (tieferes Grundwasser der Mindelmoräne)
- Tabelle 5: Datensätze zum Grundwassertyp K3 (Kies-Konglomerat-Gruppe; KKG)
- Tabelle 6: Datensätze zum Grundwassertyp K1 (Ältere Deckenschotter; ÄDS)
- Tabelle 7: Datensätze zum Grundwassertyp S3 (Junges Porengrundwasser der Molasse)
- Tabelle 8: Datensätze zum Grundwassertyp S4 (Junges Kluftgrundwasser der Molasse)
- Tabelle 9: Datensätze zum Grundwassertyp Fy (Flyschzone)
- Tabelle 10: Datensätze zum Grundwassertyp HT (Hochterrasse)
- Tabelle 11: Datensätze zum Grundwassertyp K4 (Graue Nagelfluh)
- Tabelle 12: Datensätze zum Grundwassertyp K2 (schwebender Grundwasserleiter über ÄDS), L1 (Lößlehmdecke der ÄDS) und D (Delle)
- Tabelle 13: Datensätze zum Grundwassertyp L2 (Hangwasser und Sekundärquellen)

## **ENDBERICHT 1999**

über das Projekt

***"TIEFENGRUNDWASSER TRAUN – ENNS – PLATTE"***

***TEILPROJEKT:***

***KREMSMÜNSTER – BAD HALL – WARTBERG***

## **ANHANG B**

**Liste der bearbeiteten Wasserspenden**

**7 Seiten**

Anhang B (Seite B1–B7) enthält eine Liste aller aufgesuchten **Wasserspender** und der wichtigsten technischen Daten dazu:

<b>Code</b>	<p><b>Chiffre</b>, gebildet aus</p> <p>(a) der Bezeichnung des Aufnahmequadranten, gefolgt von</p> <p>(b) einem Buchstaben zur Grobeinteilung in drei Arten von Wasserspendern [Q = <i>Quelle</i>, B = <i>Brunnen</i>, E = <i>Entwässerung</i>] und</p> <p>(c) einer fortlaufenden Nummer;</p> <p>die Nummern werden immer zweistellig angegeben, nötigenfalls mit einer führenden Null.</p>
<b>KurzBez</b>	<p><b>Kurzbezeichnung</b>, gebildet aus</p> <p>(a) Name des Baches oder der Flur oder des Gehöfts, in dessen Bereich sich eine Quelle oder Entwässerung befindet, oder im Falle einer Grundwasserfassung: Namen des Besitzers, und</p> <p>(b) Hofname oder fortlaufende Nummer, oder ein anderes Kürzel, z.B. FT = <i>Fischteich</i>, dazu eventuell</p> <p>(c) im Falle gleichlautender Namen ein Kürzel zur Unterscheidung;</p> <p>diese Kurzbezeichnungen dienen zur eigenen Orientierung während der Arbeit.</p>
<b>Art</b>	<p><b>Art des Wasserspenders:</b> Q = <i>Quelle</i>, QF = <i>Quellfassung</i>, QG = <i>Quellgruppe</i>, QS = <i>Quellsumpf</i>, QE = <i>Quellentwässerung</i>, B = <i>Brunnen</i>, BB = <i>Bohrbrunnen</i>, E = <i>Entwässerung</i>;</p> <p><b>Zusätze in Klammer:</b> (E) = <i>Einzelwasserversorgung</i>, (M) = <i>Mehrfachversorgung</i>, (B) = <i>Betriebswasserversorgung</i>, (Ö) = <i>öffentliche Wasserversorgung</i>, (T) = <i>Teichanlage</i>;</p> <p>unter einer „Quellentwässerung“, verstehen wir eine Drainage, die aus einem Hang früher dort natürlich ausgetretenes Grundwasser zum nächstgelegenen Vorfluter ableitet.</p>
<b>BMN-Re</b>	<b>Rechtswert</b> in Bundesmeldenetz-Koordinaten.
<b>BMN-Ho</b>	<b>Hochwert</b> in Bundesmeldenetz-Koordinaten.
<b>SH</b>	<b>Seehöhe</b> in Meter über Adria.
<b>Tiefe</b>	<b>Brunnentiefe</b> in Meter.
<b>Erg.</b>	<b>Ergiebigkeit:</b> bei Quellen quantitativ, bei Brunnen halbquantitativ in Kategorien von 1 (unergiebig) bis 4 (sehr ergiebig); dieser Einteilung folgt die Legende zur Übersichtskarte Abb. 2 (für Quellen siehe auch Abb. 63).
<b>Q</b>	<b>Quellschüttung</b> in Liter/Sekunde (meist nur einmal gemessen, als Anhaltspunkte zu verstehen).
<b>Typ</b>	<p><b>Grundwassertyp:</b> Es handelt sich um die Bezeichnungen, die aus dem ersten Teilbericht (HÄUSLER &amp; STRAKA, 1999) bekannt sind. Zusätze in Klammer geben einen Hinweis auf die Herkunft des Wassers aus einem Grundwasserleiter anderen Typs.</p> <p>F (Tabellen) = Fy (Text und Abbildungen).</p>

Code	KurzBez	Art	BMN-Re	BMN-Ho	SH [m.ü.A]	Tiefe [m]	$\frac{Q}{U}$	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]	Ø [m]	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]	g L	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	Star1	QG	515970	316650	415	–	1		FL
C14Q04	Star2	QF	516060	316530	420	–	2	0.10	F
C14Q05	Star3	Q	516090	316515	420	–	2	0.10	F
C15B01	AchaWiln	B(E)	516080	315730	470	4.2	1		F
D09B01	HiesAhmB	B(E)	514675	326220	328	7.9	1		RT(S3)
D09Q01	HiesAhmQ	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]	UG	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]	Ø [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]	g W	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	BradWVBb	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]	Erg.	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	KnoW.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

## **ENDBERICHT 1999**

über das Projekt

**"TIEFENGRUNDWASSER TRAUN – ENNS – PLATTE"**

**TEILPROJEKT:**

**KREMSMÜNSTER – BAD HALL – WARTBERG**

## **ANHANG C**

**Liste der hydrochemischen  
und hydrophysikalischen Meßwerte**

**9 Seiten**

Anhang C (Seite C1–C9) enthält eine Tabelle mit sämtlichen **Meßdaten**, geordnet nach Objektcode und Datum, sowie Mittelwerte zu jedem Wasserspender (soweit sinnvoll):

<b>Code</b>	<p><b>Chiffre</b>, gebildet aus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) der Bezeichnung des Aufnahmequadranten, gefolgt von</li> <li>(b) einem Buchstaben zur Grobeinteilung in drei Arten von Wasserspendern [Q = <i>Quelle</i>, B = <i>Brunnen</i>, E = <i>Entwässerung</i>] und</li> <li>(c) einer fortlaufenden Nummer;</li> </ul> <p>die Nummern werden immer zweistellig angegeben, nötigenfalls mit einer führenden Null.</p>
<b>Kurzbez.</b>	<p><b>Kurzbezeichnung</b>, gebildet aus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Name des Baches oder der Flur oder des Gehöfts, in dessen Bereich sich eine Quelle oder Entwässerung befindet, oder im Falle einer Grundwasserfassung: Namen des Besitzers, und</li> <li>(b) Hofname oder fortlaufende Nummer, oder ein anderes Kürzel, z.B. FT = <i>Fischteich</i>, sowie eventuell</li> <li>(c) im Falle gleichlautender Namen ein Kürzel zur Unterscheidung;</li> </ul> <p>diese Kurzbezeichnungen dienen zur eigenen Orientierung während der Arbeit.</p>
<b>Art</b>	<p><b>Art des Wasserspenders:</b> Q = <i>Quelle</i>, QF = <i>Quellfassung</i>, QG = <i>Quellgruppe</i>, QS = <i>Quellsumpf</i>, QE = <i>Quellentwässerung</i>, B = <i>Brunnen</i>, BB = <i>Bohrbrunnen</i>, E = <i>Entwässerung</i>;</p> <p><b>Zusätze in Klammer:</b> (E) = <i>Einzelwasserversorgung</i>, (M) = <i>Mehrfachversorgung</i>, (B) = <i>Betriebswasserversorgung</i>, (Ö) = <i>öffentliche Wasserversorgung</i>, (T) = <i>Teichanlage</i>;</p> <p>unter einer „Quellentwässerung“, verstehen wir eine Drainage, die aus einem Hang früher dort natürlich ausgetretenes Grundwasser zum nächstgelegenen Vorfluter ableitet.</p>
<b>Tiefe</b>	<b>Brunnentiefe</b> in Meter.
<b>Erg.</b>	<b>Ergiebigkeit:</b> bei Quellen quantitativ, bei Brunnen halbquantitativ in Kategorien von 1 (unergiebig) bis 4 (sehr ergiebig); dieser Einteilung folgt die Legende zur Übersichtskarte Abb. 2 (für Quellen siehe auch Abb. 63).
<b>Typ</b>	<p><b>Grundwassertyp:</b> Es handelt sich um die Bezeichnungen, die aus dem ersten Teilbericht (HÄUSLER &amp; STRAKA, 1999) bekannt sind. Zusätze in Klammer geben einen Hinweis auf die Herkunft des Wassers aus einem Grundwasserleiter anderen Typs.</p> <p>F (Tabellen) = Fy (Text und Abbildungen).</p>
<b>Abst.</b>	<b>Abstichmaß</b> bezgl. Schacht- oder Rohroberkante, in Metern.
<b>Q</b>	<b>Quellschüttung</b> in Liter/Sekunde.

Die restlichen Spalten beziehen sich auf die in Kap. 2.2 besprochenen Parameter und die angegebenen Einheiten.

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	gh [m]	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µS]	pH [1]	E <sub>H</sub> [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	CaH [°dH]	SBV [°dH]	Mg/Ca	GH/SBV	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [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												
<b>B12B01</b>	<b>Mittel</b>								<b>11.18</b>	<b>10.6</b>	<b>953</b>	<b>7.30</b>		<b>24.4</b>						<b>15.7</b>	<b>59</b>											
B12B02	EderRelc	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	7.38		23.8	16.4	16.5	0.45	1.44	7.3	13.0	32												
<b>B12B02</b>	<b>Mittel</b>								<b>21.54</b>	<b>10.1</b>	<b>644</b>	<b>7.63</b>		<b>20.7</b>						<b>10.5</b>	<b>26</b>											
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												
<b>B12B03</b>	<b>Mittel</b>								<b>29.10</b>	<b>10.2</b>	<b>595</b>	<b>7.91</b>		<b>17.9</b>						<b>9.0</b>	<b>28</b>											
B12B04	FreuKnel	B(E)	6.6	0	K1(F)	5. Dez 96	5.32		8.0	540	8.10	70		15.5						4.0	1											
B12E01	Mühle	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	RossTrel	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												
<b>B13B01</b>	<b>Mittel</b>								<b>3.18</b>	<b>9.6</b>	<b>494</b>	<b>7.65</b>		<b>15.9</b>						<b>14.0</b>	<b>25</b>											
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	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)	190	1	S1	30. Nov 96			8.0	620	8.10	120		18.0						10.0	40											
C10Q01	Edt1	QF	-	2	S3	13. Mai 97		0.50	10.0	668	7.47		8.0	18.8	14.5	14.3	0.30	1.31	4.5	23.0	38			0.02		8.5	0					
C10Q02	Edt2	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		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	Edt3	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		4.5	0					
C11E01	FernE0	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			0.005		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						
<b>C11E01</b>	<b>Mittel</b>								<b>12.9</b>	<b>805</b>	<b>7.08</b>		<b>3.9</b>	<b>25.1</b>	<b>18.1</b>	<b>17.4</b>	<b>0.39</b>	<b>1.44</b>	<b>7.7</b>	<b>26.0</b>	<b>50</b>			<b>0.003</b>		<b>9.0</b>	<b>3.0</b>					
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		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						
<b>C11E02</b>	<b>Mittel</b>								<b>14.2</b>	<b>729</b>	<b>7.54</b>		<b>8.7</b>	<b>18.2</b>	<b>14.9</b>	<b>15.8</b>	<b>0.22</b>	<b>1.15</b>	<b>2.4</b>	<b>19.5</b>	<b>52</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.0</b>						
C11F01	SchimpF	F	-			18. Mai 97		3.00	10.2	688	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(M)	-	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	Edt4	QS	-	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	QS	-	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	RinnSchn	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							
<b>C11Q09</b>	<b>Mittel</b>								<b>11.2</b>	<b>780</b>	<b>7.21</b>		<b>8.4</b>	<b>24.7</b>	<b>17.2</b>	<b>18.1</b>	<b>0.44</b>	<b>1.37</b>	<b>6.6</b>	<b>19.0</b>	<b>41</b>			<b>0</b>	<b>3.8</b>							
C11Q10	Doll1	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	0	1.0						
<b>C11Q11</b>	<b>Mittel</b>								<b>10.1</b>	<b>846</b>	<b>7.22</b>		<b>8.2</b>	<b>26.0</b>	<b>17.3</b>	<b>19.2</b>	<b>0.51</b>	<b>1.35</b>	<b>6.8</b>	<b>26.8</b>	<b>55</b>			<b>0</b>	<b>2.5</b>							
C11Q12	Doll2	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						
<b>C11Q13</b>	<b>Mittel</b>								<b>11.1</b>	<b>744</b>	<b>7.62</b>		<b>8.4</b>	<b>22.7</b>	<b>16.2</b>	<b>17.9</b>	<b>0.40</b>	<b>1.27</b>	<b>4.8</b>	<b>20.0</b>	<b>46</b>			<b>0</b>	<b>7.5</b>							

## B12B01-C11Q13

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	φ [m]	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µS]	pH [l]	E <sub>H</sub> [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	CaH [°dH]	SBV [°dH]	Mg/Ca	GH/SBV	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [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			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	
<b>C11Q14</b>	<b>Mittel</b>									<b>10.7</b>	<b>686</b>	<b>7.58</b>	<b>9.6</b>	<b>21.8</b>	<b>14.7</b>	<b>14.9</b>	<b>0.47</b>	<b>1.45</b>	<b>6.7</b>	<b>19.5</b>	<b>55</b>				<b>0</b>		<b>3.5</b>	
C11Q15	Hasel2	QF	-	2	K1	16. Aug 97		0.40	14.4	737	7.58	130	7.9	26.0	18.2	14.2	0.43	1.83	11.8	27.0	69	1.00	0.6	0		4.0		
C11Q16	Hasel4	QF(E)	-	2	K1	17. Aug 97		0.21	12.7	732	7.91	110	10.0	24.0	16.5	15.6	0.45	1.54	8.4	20.0	55	0.03	0	0	0	5.0		
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	5.0		
C11Q18	Fern13	Q	-	3	S4	17. Aug 97		1.50	10.9	775	7.27	160	6.9	22.0	16.8	16.8	0.31	1.31	5.2	20.0	51	0	0	0	0	3.0		
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								
<b>C12B01</b>	<b>Mittel</b>							<b>6.52</b>	<b>9.8</b>	<b>667</b>	<b>7.76</b>			<b>19.5</b>					<b>16.0</b>	<b>23</b>								
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	BraiWieg	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								
<b>C12B03</b>	<b>Mittel</b>							<b>7.24</b>	<b>10.4</b>	<b>682</b>	<b>7.84</b>			<b>17.8</b>					<b>13.0</b>	<b>49</b>								
C12B04	ZeheSchm	B(E)	21.3	1	K1	4. Dez 96	18.37		10.0	730	7.60	220		21.5					8.0	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								
<b>C12B04</b>	<b>Mittel</b>							<b>18.76</b>	<b>10.1</b>	<b>808</b>	<b>7.47</b>			<b>20.9</b>					<b>18.0</b>	<b>60</b>								
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								
<b>C12B05</b>	<b>Mittel</b>							<b>13.55</b>	<b>9.2</b>	<b>622</b>	<b>7.85</b>			<b>16.4</b>					<b>12.0</b>	<b>26</b>								
C12B06	BranObw	B(E)	10.3	1	L1	5. Dez 96			8.0	620	8.00	100		17.0					14.0	31								
						2. Mrz 97	8.54		10.0	652	7.55		17.5	11.5	15.3	0.52	1.14	2.2	18.0	32								
<b>C12B06</b>	<b>Mittel</b>							<b>8.54</b>	<b>9.0</b>	<b>636</b>	<b>7.78</b>			<b>17.3</b>					<b>16.0</b>	<b>32</b>								
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							
<b>C12B07</b>	<b>Mittel</b>							<b>15.90</b>	<b>10.6</b>	<b>713</b>	<b>7.72</b>			<b>19.1</b>					<b>18.0</b>	<b>73</b>								
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	5.0		
C12E02	BinderE3	QE	-	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	4.0		
C12E05	FernE2	E	-	2	K1(F)	13. Aug 97		0.48	12.7	589	7.08	130	9.0	19.2	12.6	10.8	0.52	1.78	8.4	21.0	49	0	0	0	0	2.0		
C12E05	FernE2a (Gewitter)	E	-	2	K1(F)	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	1.5		
C12E06	FernE3	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		
C12Q01	Mühl1	QE	-	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	0.01	3.0		
C12Q02	Mühl2	QE	-	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	2.0		
C12Q03	Waldneuk1	QF(Ö)	-	2	K1	8. Aug 97		0.70	11.1	684	7.37	100	9.0	22.4	14.8	13.4	0.53	1.67	9.0	20.0	47	0	0.1	0	0	3.0		
C12Q04	Mühl3	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	3.0		
C12Q05	Mühl4	QF(T)	-	3	K1	8. Aug 97		2.00	10.7	660	7.47	120	9.8	20.0	14.3	13.8	0.40	1.45	6.2	22.0	50	0	0.2	0	0	3.0		
C12Q06	Mühl5	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	3.0		
C12Q09	Waldneuk3	QF(Ö)	-	3	K1(F)	9. Aug 97		1.00	11.0	666	7.50	120	8.7	21.4	18.2	16.0	0.32	1.34	5.4	15.0	25	0	0.1	0	0	4.0		
C12Q10	Blasi1	Q	-	2	K1	9. Aug 97			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	4.0		
C12Q10a	Blasi1a (300 m unt. Q)					9. Aug 97		0.24	13.7	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	5.0		
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	4.0		
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	1.0		
C12Q13	Fern1	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	4.5		
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	0.003	0	5.0		
C12Q15	Fern2	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	0.005	0	4.5		

## C11Q14-C12Q15

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	gh [m]	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µS]	pH [l]	E <sub>h</sub> [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	CaH [°dH]	SBV [°dH]	Mg/Ca	GH/SBV	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]		
C12Q16	Fern3	QE	- 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	4.5			
C12Q17	Fern4	QE	- 2	K1		13. Aug 97		0.50	14.0	622	7.12	100	8.6	18.5	13.2	13.0	0.40	1.42	5.5	28.0	41	0.03	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	7.8	0.55	2.23	9.6	13.0	40	0	0	0	0	5.0			
C12Q22	Fern10	QE	- 2	K1		17. Aug 97		0.50	15.4	716	7.51	120	8.8	24.0	15.1	16.0	0.59	1.50	8.0	20.0	47	0.25	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	3.0			
C12Q24	Fern12	QF(T)	- 2	S4		17. Aug 97		0.20	11.2	780	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	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	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								
						2. Mrz 97			10.2	721	7.02			28.5	22.2	19.8	0.28	1.44	8.7	10.0	4								
C13B01	Mittel								11.1	721	7.31			23.8						10.0	5								
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								
						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								
C13B02	Mittel						14.59		10.0	681	8.29			20.6						12.0	30								
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	QE	- 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	Zweckotb	B	20.5	0	F	27. Nov 96	17.46		10.0	510	8.70	230		12.0						10.0	1								
						2. Mrz 97	16.19		9.6	954	7.17			14.7	11.7	26.0	0.28	0.57	0.0	12.0	1								
C14B01	Mittel						16.63		9.8	732	7.94			13.4						11.0	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								
						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								
C14B02	Mittel						2.71		10.1	650	7.42			20.6						8.0	1								
C14B03	WegeGrol	B	33.0	0	F	3. Dez 96	3.22		10.0	600	8.10	190		18.0						8.0	20								
C14E01	BinderE2	QE	- 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	8.2	0.03	1.37	3.0	9.0	8	0	0	0.15	0.10	5.0			
						28. Nov 96			8.0	510	8.00	190		14.0						3.0	1								
C15B01	AchaWiln	B(E)	4.2	1	F	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								
C15B01	Mittel						3.93		7.8	497	7.75			13.7						2.5	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	23.6	0.14	1.01	0.2	3.0	5			0.45	7.0	9.0			
						23. Aug 97	3.26		11.7	893	7.07	90	4.4	25.0	22.4	24.8	0.12	1.01	0.2	20.0	2	0	1.8	0.50	1.00	12.0			
D09B01	Mittel						3.06		10.9	842	7.09	5.2	23.8	21.1	23.6	23.6	0.13	1.01	0.2	11.5	4			0.27	9.5				
D09Q01	HiesAhmQ	QG	- 3	S4		13. Mai 97	2.50		10.6	690	7.32	5.7	18.9	14.0	13.9	13.9	0.35	1.36	5.0	25.0	54			0	7.0	0			
						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	8.0			
D09Q01	Mittel								10.5	686	7.38		5.9	21.7	15.7	15.0	0.38	1.45	6.7	23.5	42			0	7.5				
D09Q03	Schwe2	QF(E)	- 2	S4		13. Mai 97		0.25	10.8	675	7.30	6.4	18.6	13.7	13.8	13.8	0.36	1.35	4.8	24.0	50			0	6.5	0			
D09Q04	RainEhm	QG	- 2	S4		13. Mai 97		0.35	10.3	679	7.33	5.6	18.6	13.8	13.8	13.8	0.35	1.35	4.8	25.0	51			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	14.7	0.38	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	LedeUnsc	BB(E)	39.0	1	S3	26. Feb 97	6.33		10.4	614	7.44	80		17.3	14.3	15.0	0.21	1.15	2.3	18.0	1								
D10B03	WildObse	B(E)	9.8	1	S4	26. Feb 97	5.13		9.1	837	7.31	90		23.0	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	12.8	9.3	9.3	0.17	1.62	5.8	28.0	56			.025	4.0	7.0			
						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			
D10E01	Mittel								12.8	610	7.84		9.5	17.4	14.2	10.9	0.23	1.60	6.5	25.0	37			.038	5.0				
D10Q01	RadlEngl	QF(E)	- 2	S4		30. Nov 96		0.25	9.0	720	7.90	190		21.0						14.0	39								
						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	8.0	0			
D10Q01	Mittel								9.7	726	7.56		5.9	20.8						16.5	43								

C12Q16–D10Q01

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	gh [m]	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µS]	pH [1]	E <sub>11</sub> [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [dH]	CaH [dH]	SBV [dH]	Mg/Ca	GH/ SBV	NKH [dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]		
D10Q02	LandLehn	QF(E)	-	2	S4	26. Feb 97		0.18	8.7	694	7.43			20.7	17.3	15.0	0.20	1.38	5.7	22.0	19								
						11. Mai 97		0.24	9.8	724	7.37		5.7	20.1	16.8	16.2	0.20	1.24	3.9	25.0	27			0		7.5	0		
<b>D10Q02 Mittel</b>								<b>0.21</b>	<b>9.3</b>	<b>709</b>	<b>7.40</b>			<b>20.4</b>	<b>17.1</b>	<b>15.6</b>	<b>0.20</b>	<b>1.31</b>	<b>4.8</b>	<b>23.5</b>	<b>23</b>								
D10Q04	Grund3	QE	-	1	S3	11. Mai 97		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			0	
D10Q05	Sulz2	Q	-	1	S4	11. Mai 97		0.08	13.0	726	7.85		7.9	20.5	15.2	16.1	0.35	1.27	4.4	21.0	42			0				0	
D10Q06	WVR-Q	QF(O)	-	3	S4	11. Mai 97		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			0				0	
D10Q07	Michl1	QG	-	2	S4	11. Mai 97		0.36	9.0	677	7.41		9.2	19.2	15.5	15.5	0.24	1.24	3.7	12.0	42			0				0	
D10Q08	SchwReic	QF(E)	-	3	S4	23. Aug 97		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	1. Mrz 97			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	10. Mai 97		1.86	11.3	627	7.41		8.0	16.8	14.0	13.5	0.20	1.24	3.3	16.0	47			0				2.5	
						21. Aug 97		10.4	629	7.50	140	8.2	20.0	14.6	12.8	0.37	1.56	7.2	21.0	40	0.05	0.2	0	0	3.5				
<b>D11Q02 Mittel</b>								<b>10.9</b>	<b>628</b>	<b>7.46</b>			<b>8.1</b>	<b>18.4</b>	<b>14.3</b>	<b>13.2</b>	<b>0.29</b>	<b>1.40</b>	<b>5.3</b>	<b>18.5</b>	<b>44</b>								
D11Q03a	Zwick2	Q	-	2	S4	10. Mai 97		0.50	9.8	626	7.44		8.4	17.0	14.0	14.0	0.21	1.21	3.0	15.0	37			0				3.0	
						21. Aug 97		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				
<b>D11Q03a Mittel</b>								<b>10.9</b>	<b>626</b>	<b>7.38</b>			<b>7.8</b>	<b>18.7</b>	<b>13.9</b>	<b>14.1</b>	<b>0.35</b>	<b>1.33</b>	<b>4.6</b>	<b>17.5</b>	<b>32</b>								
D11Q03b	Zwick3	Q	-	1	S4	10. Mai 97			9.9	618	7.77		8.9	17.0	14.0	13.5	0.21	1.26	3.5	17.0	42			0				0	
D11Q04	Golf1	QF(B)	5.0	3	S4	19. Mai 97		1.50	14.0	597	8.36		8.4	16.5	14.2	13.3	0.16	1.24	3.2	15.5	42			0.005		4.5	1.0		
D11Q05	Golf2	Q	-	2	HT(S4)	16. Mai 97		0.12	10.7	609	7.95		8.8	17.4	14.3	14.0	0.22	1.24	3.4	13.0	31			0		7.0	0		
D11Q07	Golf4	QF(T)	-	2	S4	19. Mai 97		0.12	9.9	621	7.68		8.4	17.7	14.2	14.7	0.25	1.20	3.0	13.5	28			0		7.5	0		
D11Q08	Golf5	Q(T)	-	2	S4	19. Mai 97		0.24	10.4	622	7.44		7.1	17.4	14.0	14.5	0.24	1.20	2.9	13.0	26			0		8.0	0		
D12B01	KronBüss	BB(E)	32.0	1	K3	25. Nov 96			10.0	800	7.70	200		22.0						18.0	65								
D12B02	GrilObbeB	B(E)	12.0	1	M1	4. Dez 96			9.0	540	7.80	200		17.0						6.0	18								
						1. Mrz 97		7.9	691	7.28		20.3	16.3	18.3	0.25	1.11	2.0	7.0	20										
<b>D12B02 Mittel</b>								<b>8.5</b>	<b>616</b>	<b>7.54</b>			<b>18.7</b>						<b>6.5</b>	<b>19</b>									
D12Q01	BibeUrba	QF(E)	-	1	K3	1. Jun 90			9.0	590				17.0		14.0		1.21	3.0	15.0	61			0	0				
						25. Nov 96		8.5	580	8.00	200		17.0					8.0	20										
						1. Mrz 97		8.4	624	7.43		16.6	13.3	13.5	0.25	1.23	3.1	14.0	40										
<b>D12Q01 Mittel</b>								<b>8.6</b>	<b>598</b>	<b>7.72</b>			<b>16.9</b>					<b>12.3</b>	<b>40</b>										
D12Q02	Kalv1	QF(O)	-	3	K3	19. Mai 97		3.00	10.5	647	7.56		8.3	17.7	13.8	13.6	0.28	1.30	4.1	19.0	56			0		4.5	1.0		
D12Q03	Kalv2	Q	-	2	K3	19. Mai 97		0.20	11.2	627	7.39		8.3	17.4	13.7	13.7	0.27	1.27	3.7	16.5	49			0		5.0	0.1		
D14B01	WassErbe	BB(E)	97.0	2	K3(F)	24. Nov 96	90.00		10.5	550	7.90	180								10.0	9								
						2. Mrz 97		9.1	563	7.51		19.3	13.8	15.8	0.40	1.22	3.5	8.0	2										
<b>D14B01 Mittel</b>								<b>9.8</b>	<b>557</b>	<b>7.71</b>			<b>19.3</b>						<b>9.0</b>	<b>6</b>									
D14B02	SturW.H.	BB(E)	50.0	1	K3(F)	2. Dez 96			11.0	450	8.10	150								8.0	22								
						1. Mrz 97	21.06	9.2	459	7.50		13.2	10.8	11.5	0.22	1.15	1.7	6.0	22										
<b>D14B02 Mittel</b>								<b>10.1</b>	<b>455</b>	<b>7.80</b>			<b>13.2</b>						<b>7.0</b>	<b>22</b>									
D14B03	HollGang	B(E)	16.5	1	M1	27. Nov 96			12.0	800	7.50	230		21.5						14.0	24								
D14B04	KoglGlüc	B(E)	11.0	1	M1	27. Nov 96	7.85		7.5	490	8.00	230		14.0						12.0	42								
						1. Mrz 97	8.24	9.8	523	7.52		14.1	13.0	10.3	0.08	1.37	3.8	15.0	45										
<b>D14B04 Mittel</b>								<b>8.05</b>	<b>8.7</b>	<b>507</b>	<b>7.76</b>			<b>14.1</b>					<b>13.5</b>	<b>44</b>									
D14B05	PanhHart	B(E)	21.3	1	M1	1. Mrz 97	18.44		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	1. Mrz 97			7.1	486	7.56		13.6	13.5	13.3	0.01	1.02	0.3	2.0	8									
E10B01	SöllFierB	B(E)	14.6	1	K5	25. Feb 97	13.23		10.0	653	7.50		16.0	15.3	13.8	0.05	1.16	2.2	16.0	45									
E10B02	KremHoch	B(E)	3.1	1	HT	25. Feb 97	1.64		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]	q <sub>10</sub> [l/s]	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µS]	pH [1]	E <sub>H</sub> [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [dH]	CaH [dH]	SBV [dH]	Mg/Ca	GH/ SBV	NKH [dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [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		2.40	8.8	719	7.34			17.0	16.8	15.0	0.01	1.13	2.0	18.0	49								
						9. Mai 97								9.7	711	7.34		8.2	20.2	16.0	14.8	0.26	1.36	5.4	20.5	61			0
<b>E10B03 Mittel</b>										<b>9.3</b>	<b>715</b>	<b>7.34</b>		<b>18.6</b>	<b>16.4</b>	<b>14.9</b>	<b>0.13</b>	<b>1.25</b>	<b>3.7</b>	<b>19.3</b>	<b>55</b>								
E10B04	SöllHackB	B(E)	15.5	1	HT	26. Feb 97	14.21		10.1	776	7.28			18.0	17.5	17.5	0.03	1.03	0.5	24.0	47								
E10B05	ÖlislSchm	B(E)	18.4	1	HT	26. Feb 97	16.00		10.8	858	7.13			23.0	20.8	17.8	0.11	1.29	5.2	22.0	55								
E10E01	SteinE	E	-	2	HT	11. Mai 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		
						21. Aug 97							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
<b>E10E01 Mittel</b>										<b>12.9</b>	<b>764</b>	<b>7.08</b>		<b>6.9</b>	<b>20.7</b>	<b>17.1</b>	<b>18.3</b>	<b>0.21</b>	<b>1.13</b>	<b>2.4</b>	<b>14.5</b>	<b>25</b>			<b>0</b>		<b>5.0</b>		
E10E02	SöllFierE	E	-	2	L2(S4)	11. Mai 97		0.22	10.5	648	7.93		9.8	17.4	14.3	13.4	0.22	1.30	4.0	23.0	63			.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	ScheibE	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	0	7.0		
						20. Nov 96		0.07	10.0	710	8.00	150						17.0											
E10Q01	ZwicGoss1	QF(E)	-	1	K3	29. Nov 96			7.5	690	8.20	190		17.0															
						2. Mai 97			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
<b>E10Q01 Mittel</b>									<b>8.7</b>	<b>684</b>	<b>7.99</b>	<b>170</b>	<b>10.1</b>	<b>16.8</b>	<b>13.9</b>	<b>12.5</b>	<b>0.21</b>	<b>1.35</b>	<b>4.3</b>	<b>14.0</b>	<b>70</b>								
E10Q02	OberW.H.	QF(E)	-	1	K3	25. Feb 97			7.0	688	7.61			17.0	15.8	13.5	0.08	1.26	3.5	14.0	59								
						6. Mai 97			9.8	692	7.66		9.8	20.0	16.2	13.2	0.23	1.52	6.8	15.0	85								3.5
<b>E10Q02 Mittel</b>									<b>8.4</b>	<b>690</b>	<b>7.64</b>		<b>9.8</b>	<b>18.5</b>	<b>16.0</b>	<b>13.4</b>	<b>0.16</b>	<b>1.39</b>	<b>5.2</b>	<b>14.5</b>	<b>72</b>								
E10Q03	ZwicGoss2	QF(M)	-	2	K3	2. Mai 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		
						20. Aug 97			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	0	0	5.0
<b>E10Q03 Mittel</b>									<b>9.4</b>	<b>606</b>	<b>7.54</b>		<b>9.5</b>	<b>18.4</b>	<b>15.4</b>	<b>12.4</b>	<b>0.20</b>	<b>1.49</b>	<b>6.0</b>	<b>14.0</b>	<b>52</b>			<b>0</b>		<b>4.3</b>			
E10Q04	ZwicGoss3	QF(T)	-	1	K3	9. Mai 97		0.17	9.6	692	7.75		9.3	19.7	17.0	13.9	0.16	1.42	5.8	14.5	72			0		3.5	1.0		
						20. Aug 97			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	0	0	5.0
<b>E10Q04 Mittel</b>									<b>10.4</b>	<b>698</b>	<b>7.70</b>		<b>9.2</b>	<b>22.2</b>	<b>18.2</b>	<b>13.9</b>	<b>0.22</b>	<b>1.60</b>	<b>8.3</b>	<b>13.8</b>	<b>69</b>			<b>0</b>		<b>4.3</b>			
E10Q05	HoheW.H.	QF(E)	-	1	K3	6. Mai 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		
						20. Aug 97			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	0	0	3.0
<b>E10Q05 Mittel</b>									<b>11.3</b>	<b>698</b>	<b>8.02</b>		<b>9.9</b>	<b>21.5</b>	<b>16.7</b>	<b>12.5</b>	<b>0.29</b>	<b>1.73</b>	<b>9.1</b>	<b>18.0</b>	<b>73</b>			<b>0</b>		<b>3.3</b>			
E10Q06	SperStazQ	QF	-	1	K3	6. Mai 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		
						20. Aug 97			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	0	0	4.0
<b>E10Q06 Mittel</b>									<b>10.2</b>	<b>679</b>	<b>7.48</b>		<b>9.2</b>	<b>20.2</b>	<b>16.4</b>	<b>12.6</b>	<b>0.23</b>	<b>1.61</b>	<b>7.6</b>	<b>18.0</b>	<b>62</b>			<b>0</b>		<b>3.5</b>			
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	0.07	0.18	7.0			
						7. Mai 97 (QF1)		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	Kalch	QF(E)	-	3	K3	7. Mai 97 (QF2)		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		
						21. Aug 97 (QF2)			10.0	675	7.43	170	8.6	22.2	18.2	13.6	0.22	1.63	8.6	25.0	48	0	0	0	0	0	0	0	5.0
<b>E10Q08 Mittel</b>									<b>9.8</b>	<b>674</b>	<b>7.47</b>		<b>9.1</b>	<b>20.2</b>	<b>16.8</b>	<b>14.0</b>	<b>0.20</b>	<b>1.44</b>	<b>6.1</b>	<b>23.3</b>	<b>58</b>			<b>0</b>		<b>4.3</b>	<b>0</b>		
E10Q09	SöllHackQ1	QE	-	2	HT	9. Mai 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		
						21. Aug 97			14.4	802	7.67	110	8.4	26.0	19.9	18.6	0.31	1.40	7.4	34.0	20	0	0.2	0	0	0	0	0	5.0
<b>E10Q09 Mittel</b>									<b>11.8</b>	<b>787</b>	<b>7.53</b>		<b>8.4</b>	<b>23.8</b>	<b>19.0</b>	<b>17.6</b>	<b>0.25</b>	<b>1.35</b>	<b>6.2</b>	<b>31.5</b>	<b>30</b>			<b>.003</b>		<b>4.8</b>			
E10Q10	SöllHackQ2	QE	-	3	HT	9. Mai 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		
						21. Aug 97			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	0	0	7.0
<b>E10Q10 Mittel</b>									<b>10.3</b>	<b>808</b>	<b>7.24</b>		<b>7.5</b>	<b>24.3</b>	<b>19.1</b>	<b>17.3</b>	<b>0.27</b>	<b>1.40</b>	<b>7.0</b>	<b>31.0</b>	<b>32</b>			<b>0</b>		<b>6.8</b>			
E10Q11	LeonRohr1	QF(E)	-	2	HT	9. Mai 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		
						21. Aug 97			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	0	5.0	
<b>E10Q11 Mittel</b>									<b>12.6</b>	<b>770</b>	<b>7.49</b>		<b>8.6</b>	<b>22.5</b>	<b>18.5</b>	<b>15.3</b>	<b>0.22</b>	<b>1.47</b>	<b>7.2</b>	<b>44.0</b>	<b>50</b>			<b>.005</b>		<b>4.8</b>			
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	1.35	5.4	19.0	66			0		4.0	1.0		

## E10B03-E10Q14

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	Ö W	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µS]	pH [1]	E <sub>H</sub> [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [dH]	CaH [dH]	SBV [dH]	Mg/Ca	GH/SBV	NKH [dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]	
E10Q18	Hochsch1	QF(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	50			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	35						
E11B02	SchnMürt	B(E)	11.9	1	M1	19. Nov 96	5.07		10.0	580	7.85	150		17.0							10.0	36						
						27. Feb 97	5.58		9.1	789	7.20			20.7	20.3	18.5	0.02	1.12	2.2	16.0	44							
E11B02	Mittel						5.33		9.6	685	7.53			18.9							13.0	40						
E11B03	SöllKälb	B(E)	60.7	1	K3	19. Nov 96	57.00		10.0	530	8.40	140		15.0							10.0	11						
						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							
E11B03	Mittel						57.56		9.8	540	8.16			15.6							10.0	8						
E11B04	KiesHöllB	B	18.0	0	M1	19. Nov 96	4.63		10.0	640	8.30	140		17.0							12.0	18						
						27. Feb 97	6.16		8.8	792	7.44			23.0	22.4	18.3	0.03	1.26	4.7	10.0	42							
E11B04	Mittel						5.40		9.4	716	7.87			20.0							11.0	30						
E11B05	PeneUndü	B(E)	36.7	1	K3	20. Nov 96	35.70		9.0	630	7.80	140		17.0								43						
						27. Feb 97	35.91		8.7	627	7.54			16.1	14.7	13.0	0.10	1.24	3.1	16.0	39							
E11B05	Mittel						35.81		8.9	629	7.67			16.6							16.0	41						
E11B06	WeinObdü	B(E)	42.0	1	K3	21. Nov 96	37.82		8.5	580	7.90	180		17.0								47						
						27. Feb 97	38.01		8.5	605	7.52			15.0	14.0	13.0	0.07	1.15	2.0	14.0	36							
E11B06	Mittel						37.92		8.5	593	7.71			16.0							14.0	42						
E11B07	LeonW.H.	B(E)	6.3	1	M1	20. Nov 96	4.37		9.0	670	7.80	160		19.5								55						
E11B08	SperStazB	B(E)	24.0	1	K3	21. Nov 96	21.27		9.0	660	7.80	180		19.5								72						
						1. Mrz 97	21.51		9.5	692	7.37			19.6	15.8	14.5	0.24	1.35	5.1	16.0	55							
E11B08	Mittel						21.39		9.3	676	7.59			19.6							16.0	64						
E11B09	KasaScha	B(E)	9.0	1	M1	21. Nov 96			11.0	580	7.80	185		16.5								61						
						27. Feb 97			9.5	662	7.47			18.4	15.0	14.5	0.23	1.27	3.9	10.0	45							
E11B09	Mittel								10.3	621	7.64			17.5							10.0	53						
E11B10	BiscKugl	B(E)	2.1	1	M1	21. Nov 96	0.40		8.5	580	7.85	190		16.0								95						
						27. Feb 97	0.56		8.4	625	7.53			16.7	14.5	12.0	0.15	1.39	4.7	10.0	63							
E11B10	Mittel						0.48		8.5	603	7.69			16.4							10.0	79						
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	48							
E11E01	TempelE	E	-	2	M1	22. Aug 97		0.25	11.5	709	7.01	180	7.7	24.0	19.6	13.8	0.22	1.74	10.2	17.0	58	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	13.6	0.35	1.47	6.4	16.0	55	0	0	0.01	0.03	5.0		
						19. Nov 96		0.40	9.0	680	7.90	160		18.5							14.0	51						
						29. Nov 96			10.0	680	8.00	200		19.5							14.0	74						
E11Q01	KiesHöllQ	QF(E)	-	2	K3	25. Feb 97			9.2	681	7.48			16.0	15.0	14.7	0.07	1.09	1.3	14.0	41							
						6. Mai 97			9.8	685	7.57		9.8	19.2	16.2	15.4	0.19	1.25	3.8	16.0	56			0		4.0	0	
						20. Aug 97			10.1	683	7.51	150	9.7	23.0	16.8	14.6	0.37	1.58	8.4	18.0	45	0.02	0.1	0	0	5.0		
E11Q01	Mittel								9.6	682	7.69	170	9.8	19.2	16.0	14.9	0.20	1.29	4.3	15.2	53			0		4.5		
						20. Nov 96		0.75	10.0	690	7.80	160		19.5								66						
E11Q02	MayrAltm	QF(E)	-	2	M1	27. Feb 97			8.1	700	7.39			19.0	16.0	14.5	0.19	1.31	4.5	18.0	49							
						6. Mai 97			9.2	692	7.41		7.5	20.0	16.2	14.8	0.23	1.35	5.2	21.0	66			0		3.5	0	
						22. Aug 97			10.6	701	7.32	180	7.4	21.4	17.1	14.0	0.25	1.53	7.4	22.0	55	0	0.1	0	0	3.0		
E11Q02	Mittel								9.5	696	7.48	170	7.5	20.0	16.4	14.4	0.22	1.38	5.5	20.3	59			0		3.3		
						25. Feb 97		1.50	9.8	606	7.37			14.5	14.0	13.3	0.04	1.09	1.2	14.0	40			0		3.5	0	
E11Q03a	BradWVBa	Q	-	3	K3	7. Mai 97			9.7	608	7.46		8.1	17.6	14.3	13.2	0.23	1.33	4.4	17.0	51			0		3.5	0	
						21. Aug 97			10.1	608	7.46	140	8.5	20.0	15.7	13.0	0.27	1.54	7.0	20.0	40	0	0.1	0	0	4.0		
E11Q03a	Mittel								9.9	607	7.43		8.3	17.4	14.7	13.2	0.18	1.32	4.2	17.0	44			0		3.8		

## E10Q18-E11Q03a

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	Wg [g]	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µS]	pH [1]	E <sub>H</sub> [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [dH]	CaH [dH]	SBV [dH]	Mg/Ca	GH/ SBV	NKH [dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]	
E11Q03b	BradWVBb	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	40							
						7. Mai 97			9.6	600	8.12		9.3	17.4	14.0	13.0	0.24	1.34	4.4	17.0	54		0			3.5	0	
						21. Aug 97			10.7	602	8.17	150	9.3	20.0	14.8	12.0	0.35	1.67	8.0	20.0	42	0	0	0	0	4.0		
<b>E11Q03b Mittel</b>								<b>10.0</b>	<b>600</b>	<b>8.11</b>			<b>9.3</b>	<b>17.5</b>	<b>14.4</b>	<b>12.5</b>	<b>0.22</b>	<b>1.40</b>	<b>5.0</b>	<b>17.0</b>	<b>45</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.8</b>	<b>0</b>			
E11Q04	Föhr1	QS	-	2	K3	2. Mai 97		0.25	8.6	695	7.60		9.3	20.0	16.8	14.2	0.19	1.41	5.8	14.0	80		0	0	0	0	3.5	0
						20. Aug 97			10.3	699	7.47	180	9.6	25.1	19.6	14.8	0.28	1.70	10.3	24.0	65	0	0.1	0	0	4.0		
<b>E11Q04 Mittel</b>									<b>9.5</b>	<b>697</b>	<b>7.54</b>		<b>9.5</b>	<b>22.6</b>	<b>18.2</b>	<b>14.5</b>	<b>0.24</b>	<b>1.56</b>	<b>8.1</b>	<b>19.0</b>	<b>73</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.8</b>	<b>0</b>			
E11Q05	Mand1	QF(E)	-	3	K3	7. Apr 97		0.68	7.9	674	7.60		10.1	19.3	15.1	14.2	0.28	1.36	5.1	16.4	68		0	0	3.0			
						2. Mai 97			9.5	648	7.59		9.5	19.4	14.2	15.6	0.37	1.24	3.8	13.0	42		0	3.0	0			
<b>E11Q05 Mittel</b>									<b>8.7</b>	<b>661</b>	<b>7.60</b>		<b>9.8</b>	<b>19.4</b>	<b>14.7</b>	<b>14.9</b>	<b>0.32</b>	<b>1.30</b>	<b>4.5</b>	<b>14.7</b>	<b>55</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.0</b>	<b>0</b>			
E11Q06	Tempel1	Q	-	2	K3	6. Mai 97		0.25	9.4	675	7.69		7.2	19.7	16.2	14.2	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	14.0	0.53	1.71	10.0	19.0	49	0	0.1	0	0	5.0		
<b>E11Q06 Mittel</b>									<b>9.9</b>	<b>679</b>	<b>7.65</b>		<b>8.4</b>	<b>21.9</b>	<b>16.0</b>	<b>14.1</b>	<b>0.37</b>	<b>1.55</b>	<b>7.8</b>	<b>18.0</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.0</b>	<b>0</b>			
E11Q07	Tempel2	Q	-	2	K3	6. Mai 97		0.17	9.3	621	7.59		9.2	18.3	14.5	14.1	0.26	1.30	4.2	13.0	38		0	0	3.5	0		
E11Q08	ÖlspPrin	Q(T)	-	2	M1	6. Mai 97		0.11	9.2	638	7.39		8.0	18.0	15.8	12.8	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	13.0	0.19	1.54	7.0	15.0	56	0	0	0	3.0			
<b>E11Q08 Mittel</b>									<b>9.7</b>	<b>641</b>	<b>7.40</b>		<b>8.1</b>	<b>19.0</b>	<b>16.3</b>	<b>12.9</b>	<b>0.17</b>	<b>1.47</b>	<b>6.1</b>	<b>14.5</b>	<b>64</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.3</b>	<b>0</b>			
E11Q09	Tempel4	QS	-	2	M1	6. Mai 97			9.6	680	7.70		9.9	19.6	16.0	14.9	0.23	1.32	4.7	18.0	62		0	0	4.0	0		
E11Q10	BradWVB	QF(Ö)	-	4	K3	21. Aug 97		29.5	10.5	629	7.90	170	9.2	21.0	16.8	14.2	0.25	1.48	6.8	20.0	46	0.05	0	0	0	4.0		
E11Q11	ObhaZimmQ	QF(T)	-	1	K3	7. Mai 97			8.8	721	7.44		8.3	20.5	17.8	15.3	0.15	1.34	5.2	17.5	72		0	0	3.0	0		
						21. Aug 97			10.9	711	7.36	180	8.3	25.4	21.0	14.8	0.21	1.72	10.6	21.0	56	0	0	0	3.0			
<b>E11Q11 Mittel</b>									<b>9.9</b>	<b>716</b>	<b>7.40</b>		<b>8.3</b>	<b>23.0</b>	<b>19.4</b>	<b>15.1</b>	<b>0.18</b>	<b>1.52</b>	<b>7.9</b>	<b>19.3</b>	<b>64</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.0</b>	<b>0</b>			
E11Q13	Dehenw1	QF(E)	-	1	K4	7. Mai 97			7.7	633	7.41		8.4	17.7	15.2	12.5	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	13.2	0.33	1.73	9.6	21.0	58	0	0.1	0	0	3.0		
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								
<b>E12B01 Mittel</b>									<b>1.54</b>	<b>8.7</b>	<b>553</b>	<b>7.74</b>		<b>15.3</b>					<b>45</b>									
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								
<b>E12B02 Mittel</b>									<b>7.33</b>	<b>9.5</b>	<b>679</b>	<b>7.58</b>		<b>18.6</b>					<b>18</b>									
E12B03	NeudFors	B(E)	28.8	1	M1	23. Nov 96	5.16		10.0	640	7.60	190		18.0						12.0	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								
<b>E12B03 Mittel</b>									<b>8.85</b>	<b>9.4</b>	<b>686</b>	<b>7.63</b>		<b>18.8</b>					<b>13.0</b>	<b>54</b>								
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				18.0	73											
						24. Nov 96	34.24		8.5	390	8.50	190		11.0			10.0	48										
						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								
						<b>E12B04 Mittel</b>								<b>34.54</b>	<b>9.4</b>	<b>537</b>	<b>7.84</b>		<b>14.5</b>	<b>11.3</b>		<b>1.43</b>	<b>4.8</b>	<b>15.3</b>	<b>71</b>			
E12B05	StriObha	BB(E)	36.0	1	K3	24. Nov 96	2.49		10.5	700	7.80	170		20.0						14.0	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								
<b>E12B05 Mittel</b>									<b>2.90</b>	<b>8.8</b>	<b>727</b>	<b>7.62</b>		<b>20.7</b>				<b>17.0</b>	<b>64</b>									
E12B06	MayrObpe	B(E)	32.7	1	M1	22. Feb 97			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			9.3	473	7.92		13.5	12.0	12.8	0.13	1.05	0.7	6.0	1								
E12B08	SchlObbe	B(E)	9.2	1	M1	23. Feb 97			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]	ph	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µS]	pH [I]	E <sub>H</sub> [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	CaH [dH]	SBV [dH]	Mg/Ca	GH/SBV	NKH [dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [mg/l]	Fe [mg/l]	Mn [mg/l]	Si [mg/l]	K [mg/l]					
E12Q01	RösnInne	QF(E)	-	1	M2	22. Nov 96		0.20	8.0	540	8.00	220								12.0	53											
						27. Feb 97			7.0	561	7.58						15.0	14.0	11.0	0.07	1.36	4.0	14.0	57								
<b>E12Q01</b>	<b>Mittel</b>									<b>7.5</b>	<b>551</b>	<b>7.79</b>								<b>13.0</b>	<b>55</b>											
E12Q02	MayrTasc	QF(E)	-	1	M1	25. Nov 96			8.0	730	7.80	200									14.0	79										
						1. Mrz 97			8.7	795	7.27					23.0	20.0	17.0	0.15	1.35	6.0	16.0	71									
<b>E12Q02</b>	<b>Mittel</b>									<b>8.4</b>	<b>763</b>	<b>7.54</b>								<b>15.0</b>	<b>75</b>											
E12Q03	DaubMoos	QF(E)	-	1	M1	23. Feb 97			7.5	806	7.07			20.0	18.3	21.0	0.09	0.95	0.0	14.0	1											
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										
						1. Feb 90																										
E13B02	WeisGang	B(E)	7.4	1	M2	22. Nov 96	3.00		10.0	390	8.10	220		12.0							2.0	6										
						27. Feb 97	4.32		8.4	607	7.35					15.5	15.0	15.3	0.03	1.01	0.2	6.0	24									
<b>E13B02</b>	<b>Mittel</b>									<b>3.66</b>	<b>9.2</b>	<b>499</b>	<b>7.73</b>							<b>4.0</b>	<b>22</b>											
E13B03	SteilKlpe	B(E)	7.7	1	M2	23. Feb 97	7.70		8.5	641	7.17			18.0	17.0	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	656	7.26			17.0	15.5	17.5	0.10	0.97	0.0	10.0	1											
E13Q01	HertGrmo	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	PeseSchm1	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	PeseSchm2	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								
						23. Nov 96	5.30		10.0	570	8.10	190																				
E14B01c	PeseSchm3	B(E)	12.8	1	M2	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											
<b>E14B01c</b>	<b>Mittel</b>									<b>5.41</b>	<b>9.7</b>	<b>587</b>	<b>7.83</b>							<b>9.0</b>	<b>8</b>											
E14B02	KersGrkn	B(E)	2.0	1	M2	23. Nov 96			8.0	600	7.80	190		17.0							12.0	36										
E14B03	KammSchm	B(E)	13.0	1	M1	26. Nov 96			11.5	640	7.70	210		17.0							9.0	39										
						26. Nov 96	7.90		10.0	720	8.20	210													10.0	39						
E14B04	PichAich	B(E)	13.7	1	M2	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											
<b>E14B04</b>	<b>Mittel</b>									<b>8.41</b>	<b>9.8</b>	<b>735</b>	<b>7.70</b>							<b>9.0</b>	<b>32</b>											
E14B05	MauhUnai	B(E)	15.3	1	M1	26. Nov 96	6.78		10.0	350	8.40	220		10.0							3.0	9										
						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									
<b>E14B05</b>	<b>Mittel</b>									<b>7.47</b>	<b>9.8</b>	<b>427</b>	<b>7.92</b>							<b>3.5</b>	<b>13</b>											
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										
						1. Mrz 97			5.2	462	7.62					11.8	10.0	10.8	0.18	1.09	1.0	2.0	1									
<b>E15B01</b>	<b>Mittel</b>									<b>5.1</b>	<b>446</b>	<b>7.86</b>								<b>2.0</b>	<b>1</b>											
E15Q01	WintWeie	QF(E)	-	1	M1	27. Aug 96				614	7.20			17.0		17.0		1.00	0.0			34										
						26. Nov 96			8.5	640	7.70	230				18.0									8.0	25						
						1. Mrz 97			7.9	663	7.18					17.8	16.5	17.0	0.08	1.05	0.8	8.0	21									
<b>E15Q01</b>	<b>Mittel</b>									<b>8.2</b>	<b>639</b>	<b>7.36</b>								<b>1.03</b>	<b>0.4</b>	<b>8.0</b>	<b>27</b>									
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											
						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	3.0						
<b>F11Q01</b>	<b>Mittel</b>									<b>9.1</b>	<b>573</b>	<b>7.74</b>								<b>15.9</b>	<b>13.5</b>	<b>12.7</b>	<b>0.18</b>	<b>1.26</b>	<b>3.3</b>	<b>15.0</b>	<b>47</b>					
F11Q02	KnoW.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											
						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	3.0						
<b>F11Q02</b>	<b>Mittel</b>									<b>9.9</b>	<b>707</b>	<b>7.38</b>								<b>20.3</b>	<b>17.2</b>	<b>16.5</b>	<b>0.18</b>	<b>1.23</b>	<b>3.9</b>	<b>9.5</b>	<b>50</b>					

E12Q01-F11Q02

Code	Kurzbez.	Art	Tiefe [m]	gh [m]	Typ	Datum	Abst. [m]	Q [l/s]	WT [°C]	LF [µS]	pH [1]	E <sub>H</sub> [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	GH [°dH]	CaH [°dH]	SBV [°dH]	Mg/Ca	GH/ SBV	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> [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	0	3.0					
<b>F11Q03 Mittel</b>								<b>9.1</b>	<b>637</b>	<b>7.31</b>		<b>8.3</b>	<b>18.6</b>	<b>15.8</b>	<b>14.7</b>	<b>0.18</b>	<b>1.26</b>	<b>3.9</b>	<b>12.8</b>	<b>41</b>				<b>0.01</b>									
F11Q04	Mand2a	Q	-	1	K3	2. Mai 97			10.8	587	8.21		9.6	17.4	13.3	12.8	0.31	1.36	4.6	15.0	42				0		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	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				0		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				0		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						
<b>F11Q07b Mittel</b>									<b>9.9</b>	<b>669</b>	<b>7.57</b>		<b>9.4</b>	<b>19.9</b>	<b>16.9</b>	<b>13.8</b>	<b>0.18</b>	<b>1.45</b>	<b>6.2</b>	<b>21.5</b>	<b>52</b>				<b>0</b>		<b>3.3</b>						
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	MörtFelb	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	SteilMiex	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

## ENDBERICHT 1999

über das Projekt

*"TIEFENGRUNDWASSER TRAUN – ENNS – PLATTE"*

*TEILPROJEKT:*

*KREMSMÜNSTER – BAD HALL – WARTBERG*

## ANHANG D

**Gruppierung ausgewählter  
hydrochemischer  
und hydrophysikalischer Meßwerte  
nach Grundwassertypen**

**2 Seiten**

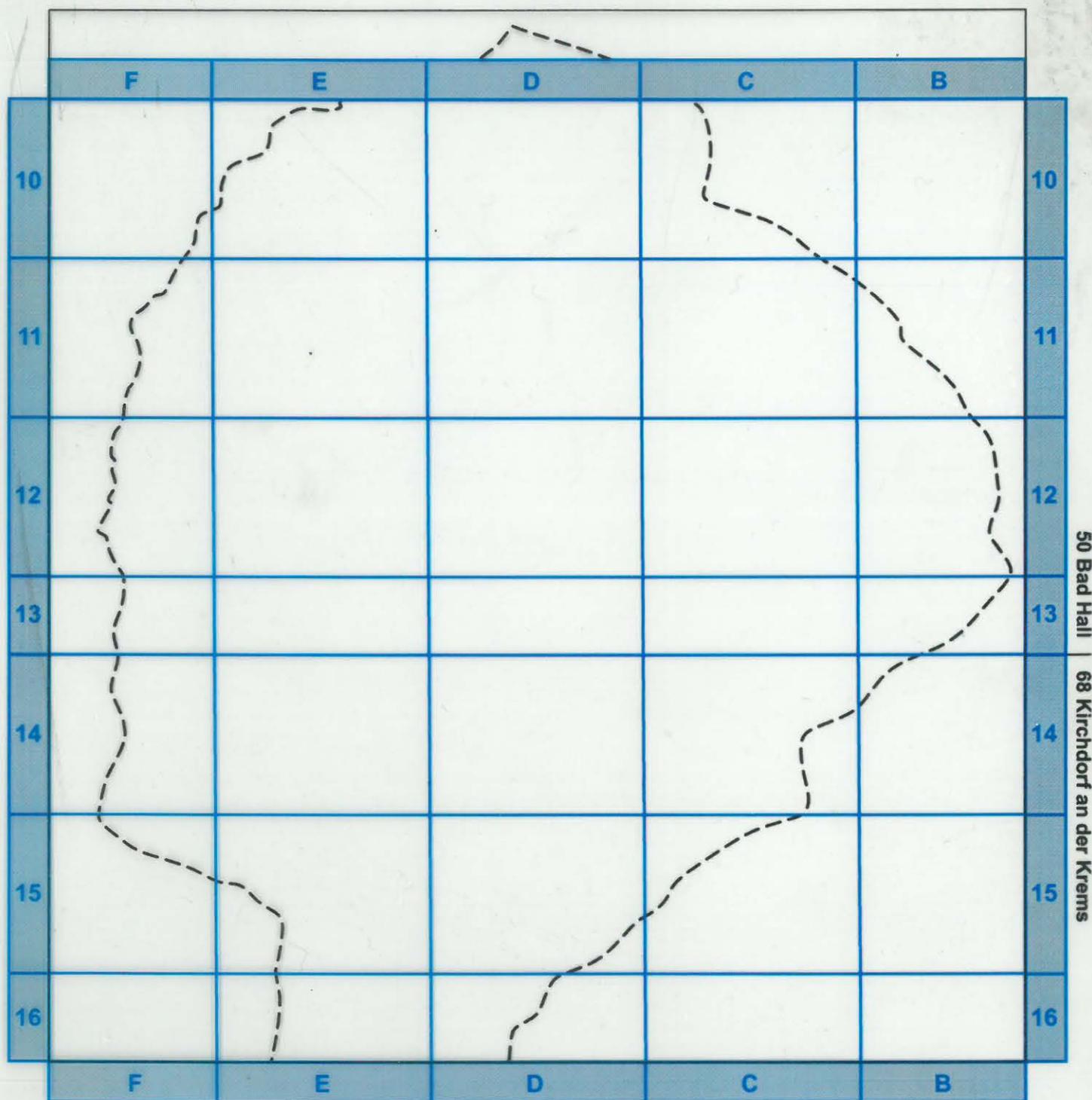
Anhang D (Seite D1–D2) enthält die **126 ausgewählten Datensätze**, auf die sich die explorative statistische Analyse und ein großer Teil der Argumentation im vorliegenden Teilbericht stützt, geordnet nach Grundwassertyp und innerhalb dieser Gruppen nach der Reihenfolge in Tab. 3–13. Anhand der Tabellen (Nr. 1–13) zu den einzelnen Grundwassertypen ist die Entstehung der Datenmenge zum Teil auf Grundlage der dort gebildeten **Gruppen von Wasserspendern** nachvollziehbar; die hier verwendeten Gruppenwerte sind in Tab. 3–13 gelb unterlegt.

- Code/Bez.** – bei **Einzelobjekten** gebildet aus:
- (a) der Bezeichnung des Aufnahmequadranten, gefolgt von
  - (b) einem Buchstaben zur Grobeinteilung in drei Arten von Wasserspendern [Q = *Quelle*, B = *Brunnen*, E = *Entwässerung*] und
  - (c) einer fortlaufenden Nummer;
- [die Nummern werden immer zweistellig angegeben, nötigenfalls mit einer führenden Null].
- bei **Gruppen von Wasserspendern** ein geographischer Name, eingeleitet durch  
 QG = *Quellgruppe* oder  
 GWF = *Gruppe aus Grundwasserfassungen verschiedener Art*;  
 in Klammer die Codes der zusammengefaßten Objekte.
- Kurzbez.** – bei **Einzelobjekten** gebildet aus
- (a) Name des Baches oder der Flur oder des Gehöfts, in dessen Bereich sich eine Quelle oder Entwässerung befindet, oder im Falle einer Grundwasserfassung: Namen des Besitzers, und
  - (b) Hofname oder fortlaufende Nummer, oder ein anderes Kürzel, z.B. FT = *Fischteich*, sowie eventuell
  - (c) im Falle gleichlautender Namen ein Kürzel zur Unterscheidung;
- bei **Gruppen von Wasserspendern**: Abkürzung der Bezeichnung in der ersten Spalte.
- Tiefe** **Brunnentiefe** in Meter.
- GW-Typ** **Grundwassertyp**, Bedeutung und Bezeichnung wie im ersten Teilbericht (HÄUSLER & STRAKA, 1999) begründet.
- Ch-Typ** **Chemischer Grundwassertyp**, im vorliegenden zweiten Teilbericht eingeführt, zur Unterscheidung zweier chemisch begründeter Untertypen innerhalb der Gruppe M1+M2 (Ch-Typen *Ms* und *Mt*), und zur regionalen Differenzierung innerhalb der GW-Typen S4 und L2 (je nach Lage des dort eingeordneten Wasserspenders im Bereich der *Kies-Konglomerat-Gruppe* [S4kkg, L2kkg] oder der *ÄDS-Terrassenschotter* [S4äds, L2äds]).

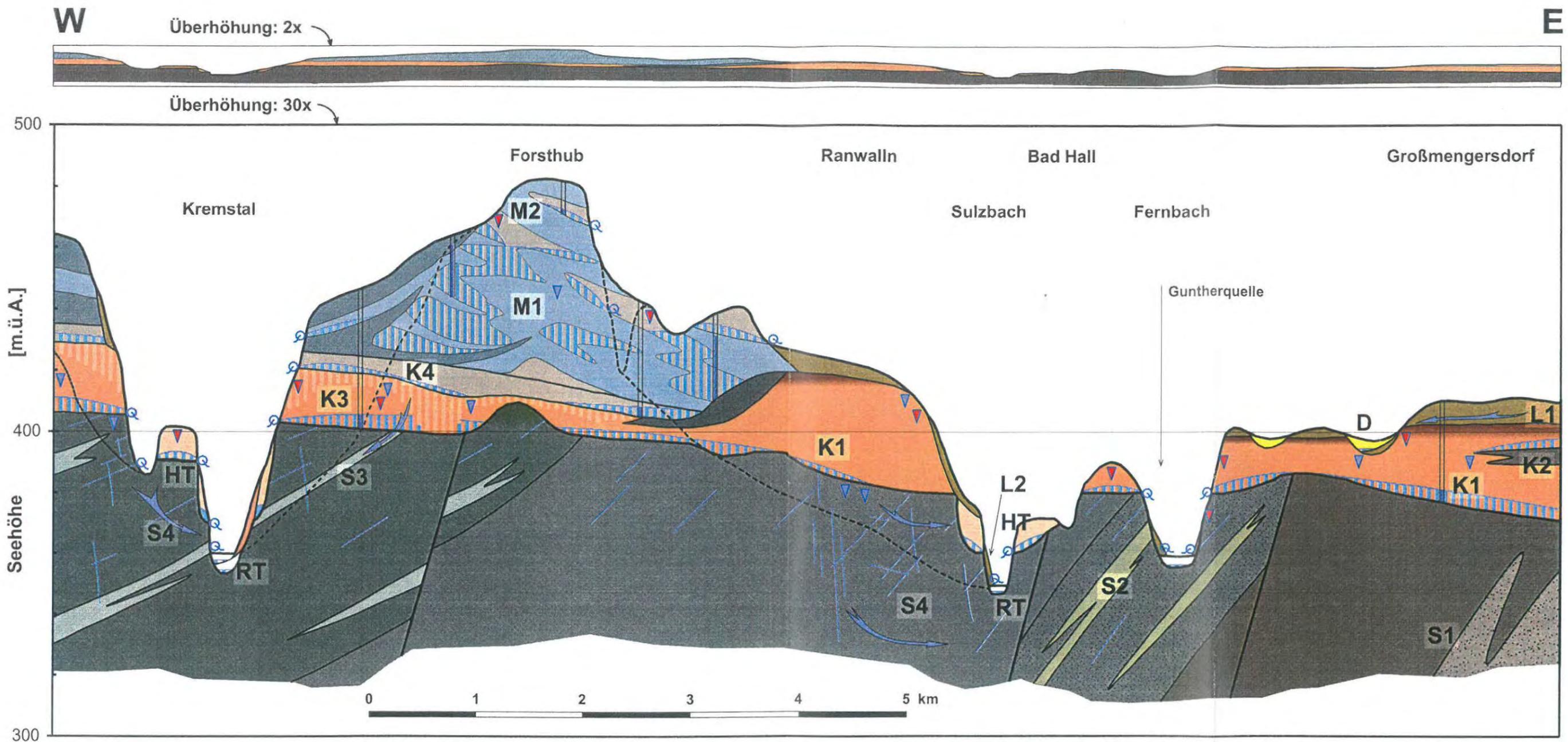
Die **restlichen Spalten** beziehen sich auf diejenigen der in Kap. 2.2 besprochenen Parameter, die im Rahmen der explorativen Statistik zur Differenzierung der Grundwassertypen wesentlich beigetragen haben. Die Parameter Fe, Mn, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> und K, deren Werte sehr häufig = 0 sind, können zur explorativen statistischen Analyse nicht sinnvoll herangezogen werden.

Code/Bezeichnung	Kurzbez.	Tiefe	GW-Typ	Ch-Typ	LF [µS]	Eh [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [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	MaurRaba	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	HiesAhrmB	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	S4ads	758		7.1	0.45	3.8	17.5	47	5.8
C11Q13	Hasel1		S4	S4ads	744		8.4	0.40	4.8	20.0	46	7.5
QG Gleich (C11Q18; C12Q23-24)	QG Gleich		S4	S4ads	755	150	7.0	0.53	8.9	17.7	41	5.3
QG Ahrmühle (D09Q01/03/04)	QG Ahrm.		S4	S4ads	680	140	6.0	0.36	5.4	24.2	48	7.0
QG Reichel (D10Q06-08)	QG Reichel		S4	S4ads	714	90	7.8	0.36	5.4	20.3	45	5.0
C10Q02	Edt2		S4	S4ads	709		6.8	0.35	4.1	17.5	38	8.0
C11Q12	Doll2		S4	S4ads	758	140	10.0	0.46	10.4	20.0	57	5.0
C12Q14	GarsTrem		S4	S4ads	618	120	8.5	0.41	5.4	34.0	37	5.0
C12Q16	Fern3		S4	S4ads	568	130	8.2	0.29	5.5	33.0	45	4.5
D10Q01 Mittel	RadlEngl		S4	S4ads	726	190	5.9	0.28	4.8	16.5	43	8.0
D10Q05	Sulz2		S4	S4ads	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 Gmeinstrasser (C10Q04-05)	QG Gmeinstr.		K1	ADS	763		7.3	0.35	4.6	17.5	67	4.5
QG Furtberg (C11Q09-11)	QG Furtb.		K1	ADS	812	145	8.0	0.44	5.8	20.4	49	3.6
QG Haselbergergraben (C11Q14-16)	QG Haselb.		K1	ADS	718	117	9.2	0.45	9.0	22.2	60	4.2
QG Mühibach (C12Q03-06)	QG Mühib.		K1	ADS	667	113	8.9	0.46	7.1	19.5	43	3.0
QG Fernbach Wim (C12Q13/20)	QG Fernb.		K1	ADS	505	125	8.8	0.46	7.3	23.5	38	4.8
QG Haid (C12E05-06)	QG Haid		K1(F)	ADS	597	115	9.1	0.54	8.2	23.5	43	1.0
QG Eggmair (C12Q09/11/12)	QG Eggm.		K1(F)	ADS	649	113	7.1	0.39	5.1	18.3	26	3.0
B12B02 Mittel	EderReic	24.4	K1	ADS	644	210		0.45	7.3	10.5	26	
C12B04 Mittel	ZeheSchm	21.3	K1	ADS	808	220		0.62	3.4	18.0	60	
C12B05 Mittel	AdamUnho	15.4	K1	ADS	622	190		0.52	0.2	12.0	26	
C12B07 Mittel	HiesGlei	17.5	K1	ADS	713	190		0.56	3.3	18.0	73	
B12B01 Mittel	MandPözl	15.0	K1(F)	ADSfy	953	220		0.70	0.0	15.7	59	
B12B03 Mittel	MandHame	31.9	K1(F)	ADSfy	595	180		0.66	3.3	9.0	28	
B13B01 Mittel	RossTrei	6.3	K1(F)	ADSfy	494	210		0.25	7.5	14.0	25	
C13B01 Mittel	HeubEgge	7.0	K1(F)	ADSfy	721	170		0.28	8.7	10.0	5	
C13B02 Mittel	ScheMose	15.7	K1(F)	ADSfy	681	170		0.80	4.7	12.0	30	
C11Q07	Schimp1		K1	ADS	730		7.4	0.44	3.6	20.0	51	3.5
C11Q08	Schimp2		K1	ADS	732		7.3	0.45	3.5	15.5	45	3.0
C11Q17	Brunn1		K1	ADS	750		8.2	0.59	10.8	20.0	56	5.0
C12E01	BinderE1		K1	ADS	656	100	8.9	0.72	7.8	16.0	27	5.0
C12Q17	Fern4		K1	ADS	622	100	8.6	0.40	5.5	28.0	41	4.5
C12Q22	Fern10		K1	ADS	716	120	8.6	0.59	8.0	20.0	47	5.0
C12Q26	ScheW.H.		K1	ADS	648	120	7.0	0.38	5.0	15.0	34	3.0
D09Q05	Michl2		K1	ADS	676		6.1	0.36	4.0	20.0	56	6.5
C11E01 Mittel	FernE0		L2	L2ads	805	120	3.9	0.39	7.7	26.0	50	9.0
QG Mühibach Sek.-Q. (C12Q01-02)	QG Mühib.-Sek.Q		L2	L2ads	726	75	9.7	0.38	8.3	20.5	56	2.5
C12Q15	Fern2		L2	L2ads	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-Typ	Ch-Typ	LF [µS]	Eh [mV]	O <sub>2</sub> [mg/l]	Mg/Ca	NKH [°dH]	Cl [mg/l]	NO <sub>3</sub> [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 Föhrenleitn (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 Tempelal (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	SteilMiex	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	GriiObbeB	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	SchiObbe	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	SteilKlpe	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	WintWaie		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	KramHoch	3.1	HT	HT	706			0.09	2.2	16.0	30	
E10B05	ÖlslSchm	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	GrubKramB	16.6	HT	HT	744			0.18	5.5	18.0	67	



**Suchraster zur Auffindung der untersuchten Wasserspender nach deren Objektcode in den Karten zum Bericht HÄUSLER & STRAKA (1999, Anhang A):** Die ersten drei Stellen des Objektcodes bezeichnen den Quadranten der Brunnen- und Quellenaufnahme (vgl. Anhang B). 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.



**Beilage 5 – 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 verfälscht auch das Einfallen der Schlier-Formationen!

**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 1998

vasser-Typen , gleichzeitig Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse zur westlichen Traun-Enns-Platte (OÖ)

stik	Erschließungsgrad und Nutzung	GW-Gefährdungspotential	Regionale Besonderheiten	GW-Typ
sbrunner im Kremstal lurchgehend < 50 mg/l; rien nachweisbar.	Im Kremstal durch Brunnen genutzt, u.a. zur <b>Betriebswasserversorgung</b> der Fa. Greiner sowie des Zentraltanklagers der RAG (beide südl. Kremsmünster). Die Betriebe nutzen den tieferen gespannten Aquifer, der zw. Kremsmünster und Wartberg/Kr. entwickelt ist.	Regulierung und folgende Einschneidung der Krems, daher Senkung des GW-Spiegels, machte landwirtsch. Nutzung der vorher versumpften Talsohle mögl.; örtl. Gegebenheiten bestimmen den Grad der Gefährdung (bakterielle Verunreinigung nur stellenweise nachweisbar).	Im <b>Kremstal</b> zw. Kremsmünster und Wartberg/Kr. zwei GW-Stockwerke: (1) das höhere von der Krems beeinflusst, (2) das tiefere gespannte mit GW von den Talflanken. Im <b>Sulzbachtal</b> keine Stockwerk-Gliederung; Zuzug von GW, stellenweise vom Typ S3, ebenfalls über die Talflanken (an deren Fuß Stauquellen).	RT
nänder und des Flyschzone ansetzen; je 1 mg/l).	Ausschließlich – wenn überhaupt – durch <b>Entwässerungen</b> erschlossen; ehem. Sumpfland am Grund von Dellen meist der landwirtsch. Nutzung zugeführt, die ephemerer Gerinne mit Sickerrohr versehen und zugeschüttet.	Dellen fungieren bes. bei heftigen Niederschlagsereignissen als <b>Leitlinien der Entwässerung</b> , daher wirken sich Auswaschung aus dem Boden und die Bewirtschaftungsform unmittelbar aus.	Bei Rodungs- und Grabungsarbeiten zur Entwässerung der Delle bei <i>Brunnhub</i> (östl. Bad Hall) entdeckte man 1½ m.u.G. ein altes Bodenniveau mit Baumstümpfen <i>in situ</i> ; d.h. dort sind $\geq 1\frac{1}{2}$ m der <b>Dellenfüllung anthropogen</b> .	D
Stockwerken andrän- z. bis 30 mg/l. Bodenniveau gefällt).	Mancherorts in <b>Fischteiche</b> geleitet, z.B. im Sulzbachtal NE Feyregg. Unterhalb der „Stiftsterrasse“ (HT) in Kremsmünster Teiche des Stiftes; ähnl. Teiche an der Kremstalsüdflanke Anf. 60er-Jahre aufgelassen (Aufschüttung, Drainagierung).	Ursache der stellenw. rel. hohen <b>Cl-Gehalte</b> (20–30 mg/l Cl) ist neben dem Einfluß der Evapotranspiration auf das GW unter der Hanglehmdecke vermutl. die Anwendung <b>anorganischen Düngers</b> (K-Nachweis mittels Trübungstest).	In <b>Kremsmünster</b> 2 Quellniveaus unterhalb der Stiftsterrasse (HT), jedes mit Sekundärquellen; das tiefere aus Molasseklüften. Im <b>Sulzbachtal</b> NE Feyregg drei Quellniveaus auf engstem Raum (Typ HT, L2, S4).	L2
GH- und Cl-Werte), id der Evapotrans-	Ein einziges Beispiel: der Brunnen deckt den Bedarf eines 2-Personen-Haushalts.	Durch das hohe Wasser-Rückhaltevermögen der Lößlehme und die Einschaltung interglazialer Reliktböden gute Schutzwirkung bes. für darunterliegende GW-Leiter; selbst v.a. durch lokale <b>Bewirtschaftungsform</b> beeinflusst.	Durch die <b>Gletschernähe</b> zur Mindelzeit, also kurze Entfernung zw. Ausblaugungs- und Ablagerungsgebiet, kann die Basis der ÄDS-Deckschichten hier sandig entwickelt sein ( <b>Flugsand</b> ) und etwas GW führen.	L1
ten die HT vorgelagert , und Si) eine Bereichsweise leichte . ≤ 0.01 mg/l).	Im Untersuchungsgebiet führt nur die <b>HT des Kremstales</b> im Ortsgebiet und östl. von Kremsmünster reichlich GW, das zum größeren Teil über Entwässerungen dem Aubach und einigen Fischteichen zugeleitet, mittels einiger Brunnen und weniger Quellfassungen aber auch als Trinkwasser genutzt wird.	GW der HT liefert an gewissen Orten die <b>höchsten gemessenen Cl-Werte</b> (bis über 40 mg/l Cl); in Oberrohr können diese mit erheblichen Gehalten an NO <sub>2</sub> und NH <sub>4</sub> sowie rel. niedrigen E <sub>s</sub> -Werten einhergehen, sodaß Chlorid zumindest hier auch ein <b>Verschmutzungsindikator</b> ist.	Die <b>HT von Bad Hall</b> erhält Wasser nur aus ihrem eigenen Verbreitungsgebiet. Die HT im <b>Kremstal südl. Kremsmünster</b> führt auch deshalb wenig Wasser, weil die Molasse-Oberfläche höher als ihre eigene liegt; die <b>Stiftsterrasse</b> in Kremsmünster wird aber teilw. aus wiederversickertem Oberflächenw. gespeist.	HT
sentl. größer als bei 1 200 µS/cm (vermutl. n der Moräne höhere 1 Ehrnsdorf).	Die <b>meisten Fassungen von GW der Mindelmoräne</b> fördern aus einem seichten Vorkommen. Auch auf der Anhöhe des Moränenrückens sind Quellfassungen installiert, weil das hier versickerte Wasser teilw. schon wenig unterhalb des Grates wieder austritt (vgl. das hoch ansetzende, verzweigte Gerinnenetz).	<b>Flurabstand</b> 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). <b>NO<sub>2</sub>-Gehalt</b> räuml. und zeitl. stark schwankend (Max. im Herbst und Frühjahr); > 30 mg/l NO <sub>2</sub> deutl. Zusammenhang mit NKH.	Im Gebiet zw. Exenberg und Ehrnsdorf an der <b>Westflanke der Mindelmoräne</b> enthält das seichte GW wenig NO <sub>2</sub> (meist < 10 mg/l); gleichzeitig NKH nahe Null. Ansonsten besteht im GW dieses Typs ein <b>Zusammenhang zw. NO<sub>2</sub> und NKH</b> (Auswaschung von NO <sub>2</sub> und einer äquivalenten Menge Ca aus dem Boden).	M2
20 mg/l; die geringeren er Moräne kann das 3 und Mn (verbunden issener Bohrbrunnen in ng/l Mn).	Einige <b>wenige ergiebige Quellen und Brunnen</b> v.a. im nördl. Teil der Moräne, der stärker von Kieskörpern durchsetzt ist. Manche Brunnen in der Westflanke der Moräne führen <b>stark gespanntes GW</b> mit chem. Eigenschaften der darüberliegenden seichten GW-Vorkommen; <b>geogene Fe/Mn-Gehalte</b> 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 <b>NO<sub>2</sub>-Gehalt</b> schwankt weniger als im seichten GW des Typs M2 und ist bei <i>Quellen</i> aus dem genannten Grund deutlich höher als in <i>Brunnen</i> dieses Typs (Durchschnitt über alle Quellen > 50 mg/l NO <sub>2</sub> ).	Vertikal verbundene Stapel von Kieseinlagerungen in die sonst eher tonmergelige Moräne verursachen <b>lokal beschleunigte Versickerung</b> : (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
r Typen M1 und M2: kommen handelt; 3 (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 <b>NO<sub>2</sub>-Gehalt</b> ist gering oder hoch, wo der des seichten GWs in darüberliegenden Schichten es ist.	Die für die <b>Kremstal-Ostflanke</b> 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
ring mineralisiertes, erung und NO <sub>2</sub> -Gehalt eglmäßig > 50 mg/l tockwerke (Typ M1, KKG (7–10 mg/l Cl), yp S4).	Etlche tiefe <b>Brunnen</b> , darunter alle <i>Bohrbrunnen</i> im Gebiet der Mindelmoräne, fördern GW der KKG (nur eine Bohrung in Ehrnsdorf hat GW in dieser Tiefe verfehlt). Ergiebige <b>Quellen</b> befinden sich in den Tälern der nördl. und östl. Ausläufer des Moränen-Hügellandes (Neigung der Molasse-Oberfläche in diese Richtungen), genutzt u.a. zur Wasserversorgung der Gemeinden Bad Hall (Sickergalerie bei der Bradingmühle im Schlederbachtal) und Pfarrkirchen.	Eine Gefährdung insbes. der Quellwässer ergibt sich aus zwei Umständen: (1) <b>Abnahme der Bedeckungshöhe</b> und damit der Filterwirkung der Moränen-sedimente in Grundwasserfließrichtung (auf die Ränder der Moräne zu); (2) <b>Übereinandergestapelte Kieskörper</b> innerhalb der Moräne unterstützen örtlich die vertikale Versickerung und Zumischung rel. junger Wässer (auch an den Tritium-Daten ablesbar), bes. in den nördl. Ausläufern der Moräne.	Die <b>Quellen am Nordrand der Mindelmoräne</b> 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 <b>GW im Südtail der KKG</b> enthält nur lokal versickerte, aber sehr versch. alte Komponenten (gleichbleibende <sup>18</sup> O-, aber stark schwankende <sup>3</sup> H-Werte; Versickerungsgebiet zw. Ehrnsdorf und Nußbach).	K3
alte, insbes. der Pararierung; die Cl-Konz. 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 daruntergelegenen Stockwerk.	Einer der beiden hier eingeordneten Brunnen war im Untersuchungszeitraum durch eine mangelhaft abgedichtete Senkgrube beeinträchtigt; daher vermutlich der Unterschied im NO <sub>2</sub> -Gehalt der beiden GW (7 bzw. 42 mg/l NO <sub>2</sub> 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
n der ÄDS reichert das g/Ca bei durchschnitt- t 1997 auf den vermut- mg/l (jahreszeitl. Max. ses Wertebereich; r ÄDS-Hochfläche ördl. anschließenden lenfalls durch dessen ; knapp außerhalb 2 geprägt).	Die ergiebigen Quellen im Gemeindegebiet von <b>Waldneukirchen</b> werden für die öffentliche Wasserversorgung des Ortes genutzt (HB beim Gehöft Pimsner); dazu kommen zwei Brunnen am Südrand des Hametwaldes nördl. Katzenmarkt; die GW-Mächtigkeit beträgt dort etwa 7–10 m, der k <sub>s</sub> -Wert liegt aufgrund der Pumpversuche bei 4·10 <sup>-3</sup> m/s. Quellfassungen der <b>WVA Adlwang</b> befinden sich knapp westl. Sitzleinsdorf. Die in die ÄDS gegrabenen <b>Hausbrunnen</b> führen alle mehr als genug Wasser; ergiebige <b>Quellen</b> sind meist, wenn nicht für Trinkwasser, dann für Teichanlagen gefaßt, z.T. drainagenartig, um die Vernässung von landwirtschaftlich nutzbaren Schlierhängen zu verhindern.	Im allgemeinen bewirken die mächtigen <b>Deckschichten</b> aus „Pechschotter“ (Verwitterungsschwarte der ÄDS) und Lößlehm einen wirksamen GW-Schutz. Dieser wird auf 4 versch. Arten durchbrochen: (1) <b>Verwitterungsschlote</b> können prinzipiell überall auf der Hochfläche, allerdings nur punktuell, gute Versickerungsmöglichkeiten schaffen; (2) <b>Dellen</b> wirken als Wassersammelstellen bei heftigen Niederschlagsereignissen, an ihren Rändern sind die Deckschichten durch eiszeitl. Bodenfließen teilw. abgetragen; (3) <b>Erosionsreste von Terrassen</b> (Terrassensporne) tragen naturgemäß auch nur mehr einen Teil ihrer Deckschichten; (4) steile <b>Talflanken</b> sind oft ohne nennenswerte Hanglehmdecke, weniger steile können landwirtschaftlich genutzt werden.	Das GW der ÄDS knapp <b>außerhalb des Verbreitungsgebietes des schwebenden GW-Leiters Typ K2</b> (dessen Nordrand folgt in etwa einer Linie Sitzleinsdorf–St. Blasien–Steinersdorf) wird durch <b>Mischung dreier Komponenten</b> bestimmt: (1) <b>GW der ÄDS</b> unter dem tonigen StauhORIZONT, der den GW-Leiter K2 nach unten abdichtet; rel. geringe Schwankungen der Zusammensetzung, mäßiger oder geringer NO <sub>2</sub> -Gehalt; (2) <b>GW des Typs K2</b> , das über die Ränder des schwebenden Aquifers in die ÄDS einsickert und die Schwankungsbreite seiner eigenen Zusammensetzung auf das GW im tieferen Stockwerk überträgt; (3) <b>GW der ÄDS-Deckschichten</b> (Typ L1), das über Verwitterungsschlote und Dellenränder einsickert; durch Verdunstungseinfluß aufkonzentriert (Cl-Gehalt).	K1
en dieser Typ (Unter- 3 verbindet ihn der ration kann bis zw. 5 maßen sinkt.	Ergiebige, gut definierte GW-Austritte („ <b>Schlierspaltenquellen</b> “, 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 <b>wie bei Typ K1 und K3</b> . Wesentl. rascheres Abfließen als Typ S3, daher geringe Beeinflussung durch diesen; <b>kein NO<sub>2</sub>-Abbau</b> . Das GW der talrandnahen Klüftsysteme ist leichter beeinflussbar (Kontaminationsgefahr an Talflanken größer als bei Typ K1).	Abfließen in <b>Störungen</b> 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 <b>talrandnahe Klüftsysteme</b> (Entlastungszone) an den Rand der Talfüllung geleitet werden, wo es in <b>Stauquellen</b> zutage tritt.	S4
e/Mn-Sulfiden oder Fe- und Mn-Spezies eit über den Trink- äure bis 12 mg/l Si. Nitrat < 2 mg/l NO <sub>2</sub> .	GW des Typs S3 wird nur vereinzelt aus Brunnen, häufiger aus Entwässerungen gefördert und tritt sonst nur in <b>unergiebigen Quellen</b> unter Hanglehmen hervor; die Quellen können unmittelbar neben wesentlich ergiebigeren des Typs S4 auftreten, deren Wasser Fe-frei ist (Grundbachtal und östl. Rohr/Kr.). <b>Probleme</b> mit genutzten Wässern durch Fe/Mn-Krustenbildung und O <sub>2</sub> -Armut (Korrosion).	O <sub>2</sub> -Zutritt und Fe-Fällung sowie Einmischung vadosen (und durch Evapotranspiration aufkonzentrierten) Wassers und damit <b>Kontamination</b> nur im <b>Bodenniveau</b> möglich. Durch die reduzierenden Eigenschaften des Wassers können hohe NO <sub>2</sub> - (bis 0.1 mg/l) und NH <sub>4</sub> -Konzentrationen (bis 0.5 mg/l) auftreten; <b>Fe/Mn-Gehalte</b> z.T. ebenfalls über den Trinkwasser-Grenzwerten <b>sind geogen</b> .	Seitlicher Zutritt von der Ostflanke des <b>Sulzbachtals</b> in dessen Sedimentfüllung zu beobachten (Brunnen der Ahrmühle NE Rohr/Kr.); im selben Bereich <b>oberhalb</b> der Talsohle nur Quellen des Typs S4. Im <b>Grundbachtal</b> und <b>östl. Rohr/Kr.</b> liegen GW-Austrittsstellen mit orangen Fe-Oxid-Fällungen unmittelbar neben ergiebigen Quellen des Typs S4, die Fe-frei sind.	S3
than; Gesamtminera- l. Im Bereich der as Grundwasser ierfläche vor. Geringe m Wasser der	Die in der Gründungsurkunde des Stiftes Kremsmünster (777) genannte Saline wurde im 14. Jh. wieder verschlagen. Seit um 1820 wird die Jodsole balneologisch genutzt; ab 1852 Aufschwung des Kurbetriebs. Seit den 1950er-Jahren verfügen die Kuranstalten zur <b>Jodsole-Gewinnung</b> über die nicht-fündige Ölbohrung <i>Bad Hall 1</i> (1956) und 9 sog. Strukturbohrungen der RAG sowie drei eigene Bohrungen. Die gering-ergiebigen zwei natürlichen Vorkommen werden weiter genutzt.	Der geringe Tritium-Gehalt (0.4 ± 0.3 TU) des Wassers in der 15 m tiefen Fassung der <b>Tassiloquelle</b> , 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 <b>Oberen Puchkirchen-Formation</b> sind völlig isoliert; das hochgespannte Wasser wird aus tiefen Bohrbrunnen gefördert.	Im Bereich des Sulzbachtals liegt die <b>Mineralisierung</b> der Jodsole aus Bohrungen bei nur 15.5 g/l, das ist wenig höher als beim Wasser der Tassiloquelle (13.6–14.6 mg/l). Die <b>Methan-Führung</b> des Untergrundes im Bereich des Sulzbachtals hat schon zu Brandunfällen geführt (beim Reinigen der Fassung der Tassiloquelle; Brand einer Wasserbohrung bei Sitzleinsdorf).	S2 S1

# Legende und geologische Klassifizierung der Grundwasser-Typen

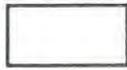
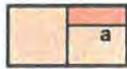
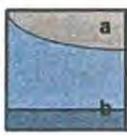
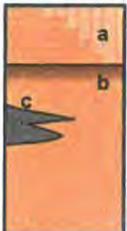
# Übersicht der wichtigen Kennzeichen der Grundwasser-Typen

## Geologische Einheiten

## Grundwasser-Typen

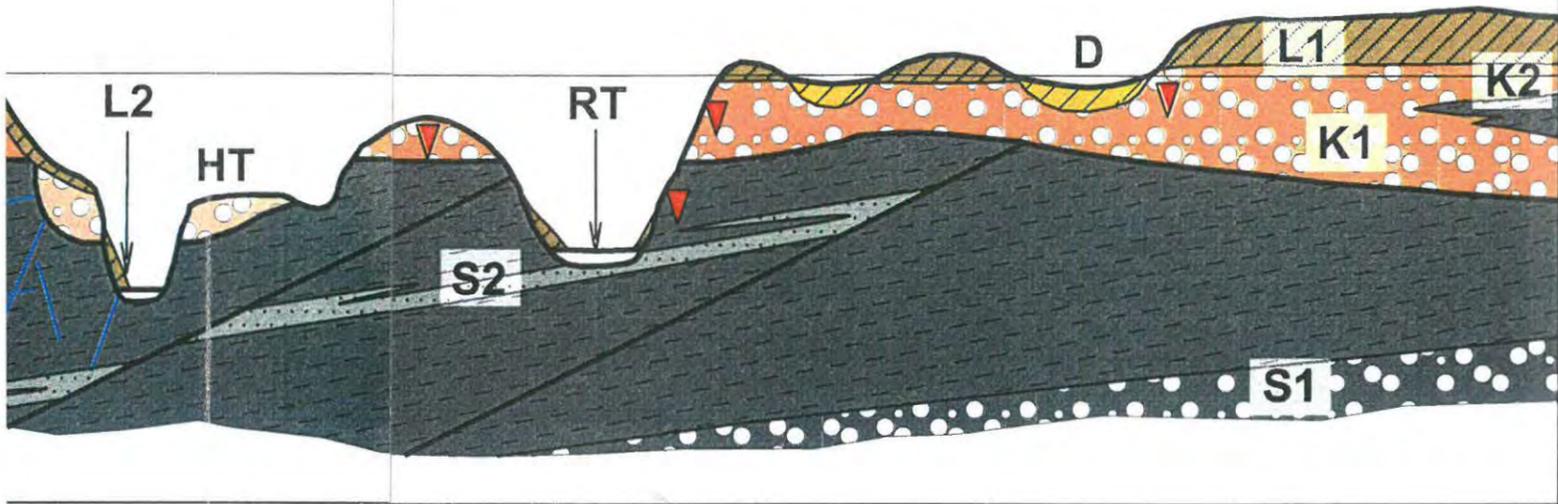
## Hydrologische Charakteristik

## Hydrochemische Charakteristik

	<b>Rezente Talfüllung</b>	<b>RT</b>	<b>GW der rezenten Talfüllung:</b> Ergiebigkeit je nach Sedimentinhalt versch.; über Kremstal-Sohle gröbere periglaziale Füllung.	Einsickerung von den Talflanken; im <b>Sulzbachtal</b> von GW des Typs S3 zum Begleitstrom des Baches; im <b>Kremstal</b> aus Schwemmkegeln in ein ungespanntes höheres, 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 <sub>3</sub> -Konz. durchgehend < 50 mg/l; stellenweise NO <sub>2</sub> und NH <sub>4</sub> , häufiger aber auch Fäkalbakterien nachweisbar.	Im Fa Dir Wz
	<b>Dellenfüllung</b> (periglazial; teilw. anthropogen)	<b>D</b>	<b>GW der Dellenfüllungen:</b> In groben Lagen an deren Basis (talabwärts bewegt).	Schwache GW-Führung durch <b>Infiltration über die Dellenränder</b> (Deckschichten durch Solifluktion teilweise abgetragen); Weiterversickerung in die ÄDS fraglich („Pechschotter“ auch unterhalb von Dellen).	Schwankend je nach Einfluß der Versickerung in die Dellenränder und des <b>Niederschlags</b> ; letzterer bes. hoch bei Dellen, die in der Flyschzone ansetzen; deren GW führt Fe und Mn (sowie zeitw. NO <sub>2</sub> und NH <sub>4</sub> bis je 1 mg/l).	A de ep
	<b>Deckschicht</b> (Lößlehm, Hanglehm, Fließerde; auch kombiniert)	<b>L2</b>	<b>Hangwasser</b> in Hanglehm- und Solifluktionsdecken oder unter diesen gestautes GW	Einsickerung in Hanglehme oder Anstau durch dieselben von <b>GW aus versch. Aquiferen</b> , die an den Talflanken ausbeißern. Tieferlegen von Quellaustritten v.a. aus den Hochterrassen des Kremstals (Sekundärquellen).	<b>Mischwasser</b> , abgeleitet von bergseitig aus versch. GW-Stockwerken andrängenden Grundwässern (K1, K3, S4, S3; ähnl. HT). <b>Cl-Konz.</b> bis 30 mg/l. <b>Stellenw. Mn, nicht aber Fe</b> nachweisbar (Fe vermutl. im Bodenniveau gefällt).	Mz de Kr
		<b>L1</b>	<b>Sickerwasser der Lößlehmdecken</b> (teilw. GW-Zug in Richtung Dellen)	Lößlehmdecke der ÄDS nimmt Niederschläge vollständig auf, und gibt den größten Teil durch Evapotranspiration wieder an die Atmosphäre ab. Schwache GW-Führung über <b>stauenden Pechschottern</b> (Verwitterungsschwarte der ÄDS).	Extreme <b>Schwankungsbreite der Mineralisierung</b> (LF-, GH- und Cl-Werte), bedingt durch wechselnde Einflüsse des Niederschlags und der Evapotranspiration.	Eir 2-f
	<b>Riß-Hochterrasse (HT)</b> a: mit Grundmoränendecke	<b>HT</b>	<b>GW der Hochterrasse:</b> 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-Südseite östl. Kremsmünster. Die HT von <b>Bad Hall</b> 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 <sub>h</sub> und Si) eine <b>Mittelstellung zw. den Herkunftstypen (K3, S4, S3)</b> ein. Bereichsweise leichte Fe-Führung (an der Nachweisgrenze des Triazintests, d.h. ≤ 0.01 mg/l).	Im östl ge un
	<b>Mindel-Moräne</b> a: fluvioglazialer sandiger Kies b: Grundmoräne	<b>M2</b>	<b>Seichtes GW</b> in Kieshorizonten und Verwitterungsschwarte der <b>Mindelmoräne</b> (bis 10 m, unter Kuppen etwas tiefer)	Ein großer Teil des eingesickerten Wassers verbleibt <b>einige wenige Jahre</b> in lokalen seichten Aquiferen; Hangwasserzug zu Quellaustritten an den Talflanken; beeinflusst durch den <b>Jahresgang des Niederschlags</b> ; örtlich sehr versch. Möglichkeiten zur <b>Weitersickerung</b> in tiefere GW-Leiter.	<b>Räuml. und zeitl. Variation</b> der chem. Eigenschaften wesentlich größer als bei M1; Mineralisierung etwas geringer (10–15 mg/l Cl); E <sub>h</sub> um 200 µS/cm (vermutl. O <sub>2</sub> -gesättigt); Mg/Ca meist ≤ 0.1, in Kristallin-reichen Teilen der Moräne höhere Mg-Gehalte sowie Fe/Mn-Lösung möglich (Umgebung von Ehrnsdorf).	Die ter ins Gr
		<b>M1</b>	<b>GW in sandig-kiesigen Schichten der Mindel-Endmoräne</b> (lokal begrenzte Stockwerke; teilw. stark gespannt)	Stapel vertikal verbundener grobkörniger Einschaltungen schaffen <b>Sickerwege</b> in tiefere Schichten oder bei Abdichtung nach unten <b>isolierte gespannte Aquifere</b> ; mittlere Verweilzeit in isolierten Grundwasserkörpern und auf manchen Sickerstrecken <b>bis zu mehreren Jahrzehnten</b> ; insgesamt starke räumliche und zeitliche Differenzierung.	M1 unterscheidet sich von M2 nur graduell: <b>Cl-Konz.</b> 10–20 mg/l; die geringeren Werte im Südteil der Moräne. In Kristallin-reichen Teilen der Moräne kann das GW verstärkt <b>Mg</b> aufnehmen (Mg/Ca > 0.1), teilw. auch <b>Fe und Mn</b> (verbunden mit etwas sinkenden E <sub>h</sub> - und O <sub>2</sub> -Werten; ein heute aufgelassener Bohrbrunnen in Ehrnsdorf lieferte 1992 Werte von 0.63 mg/l Fe und 0.17 mg/l Mn).	Eir der lieg Be
	<b>Mindel-Vorstößschotter</b> (Graue Nagelfluh; GNF)	<b>K4</b>	<b>GW der Mindel-Vorstößschotter</b> („Graue Nagelfluh“), lokal über der Weißen Nagelfluh gestaut	Wahrscheinlich nahe Talflanken besser ausgeprägt (Talrandverkitung der WNF; Weitersickerung über deren Kufte); aus dem Inneren der Moräne und von Hangwasser an deren Flanken gespeist.	Chemische Eigenschaften <b>variieren im Wertebereich der Typen M1 und M2</b> : räumlich, weil es sich um unzusammenhängende GW-Vorkommen handelt; zeitlich, weil eher mit dem seichten GW der Mindelmoräne (M2) verbunden.	Eir lar
	<b>Kies-Konglomerat-Gruppe (KKG = Günz-Vorstößschotter + Ältere Deckenschotter [ÄDS] + Weiße Nagelfluh [WNF])</b> a: konglomeriert (mit Lösungsspalten) b: Ältere Deckenschotter mit autochthoner Verwitterungsschwarte c: tonige Zwischenlage (abgetragene Verwitterungsschwarte von Schlier- oder Flyschrücken; darüber vermutlich Jüngere Deckenschotter [JDS])	<b>K3</b>	<b>GW der Kies-Konglomerat-Gruppe:</b> 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; <b>mittl. Verweilzeit</b> in diesem Fließsystem: 1–3 Jahrzehnte (im S der KKG zeitl. variierende Mischalter mit wesentlich älteren Komponenten). Besondere <b>Versickerungsgebiete</b> : nördl. Ausläufer der Moräne zw. Sommersdorf und Hading, und die höchste Erhebung des Moränenrückens südl. Ehrnsdorf.	O <sub>2</sub> -reiches, <b>unter mächtiger Moränenbedeckung</b> rel. gering mineralisiertes, kaum NO <sub>3</sub> -belastetes GW (LF 450–550 µS/cm). Mineralisierung und NO <sub>3</sub> -Gehalt der <b>Quellwässer</b> wesentlich höher (LF 600–750 µS/cm; regelmäßig > 50 mg/l NO <sub>3</sub> ). Die <b>Cl-Konz.</b> liegt im Bereich der hangenden GW-Stockwerke (Typ M1, M2); die geringsten Werte im südl. Verbreitungsgebiet der KKG (7–10 mg/l Cl). <b>Mg/Ca ≈ 0.2</b> (vgl. Typ K1); <b>Kieselsäure &lt; 5 mg/l Si</b> (vgl. Typ S4).	Etl för ver Au Ric (Si)
		<b>K2</b>	<b>Schwebender GW-Leiter</b> über toniger Zwischenlage (wahrsch. Jüngere Deckensch.)	Verbreitet zw. einer Linie Sitzleinsdorf-St. Blasien-Steinersdorf und dem Nordrand der Flyschzone; nicht durchgehend entwickelt; schützt darunterliegendes GW der ÄDS (K1); verlängert dessen Versickerungszeit.	<b>Hohe räumliche und zeitliche Variabilität</b> der Ionengehalte, insbes. der Parameter Cl und NO <sub>3</sub> , und damit einhergehend: der Mineralisierung; die Cl-Konz. des GW unter Sitzleinsdorf steigt von Nov. 96 bis März 97 von 8 auf 18 mg/l Cl.	GV gel au:
		<b>K1</b>	<b>GW der Älteren Deckenschotter i.e.S.</b> (ÄDS-Terrassenschotter): Ergiebiges GW in sandigen Kiesen unter mächtiger Lößlehmdecke.	<b>Infiltration</b> wegen Undurchlässigkeit der autochthonen Verwitterungsschwarte der ÄDS („Pechschotter“) hauptsächlich über Dellenränder und Verwitterungsschote, im gesamten Gebiet der ÄDS-Hochfläche; im Verbreitungsgebiet des schwebenden GW-Leiters über die Zwischenstufe K2; am Südrand des ÄDS-Körpers Versickerung von Oberflächenwasser oder oberflächennahem GW der Flyschzone möglich. <b>Fließrichtung</b> tendiert, der Topographie der Molasse-Oberfläche folgend, nach NW bis NE, östl. von Edtbach und Fernbach NNE bis NE. <b>Mittl. Verweilzeit</b> im gesamten Fließsystem ca. 2 Jahrzehnte; im N und S der ÄDS-Hochfläche gleich, unter dem schwebenden GW-Leiter etwas länger.	Abbau von Silikaten der zahlreichen Kristallinkomponenten der ÄDS reichert das GW nicht an Si, wohl aber an Mg an (rel. zu Ca); daher <b>Mg/Ca</b> bei durchschnittlich 0.5 (bzw. Ca/Mg ≈ 2), Si < 5 mg/l. Der <b>Cl-Gehalt</b> steigt 1997 auf den vermutlichen Normalwert von etwa 20 mg/l. <b>Nitrat</b> zw. 25 und 75 mg/l (jahreszeitl. Max. im Herbst und Frühjahr), in Brunnen am unteren Ende dieses Wertebereichs; NO <sub>2</sub> und NH <sub>4</sub> regelmäßig nachweisbar. Am <b>südl. Rand der ÄDS-Hochfläche</b> Versickerung von Wässern der Flyschzone denkbar. Im nördl. anschließenden Verbreitungsgebiet des schwebenden GW-Leiters (K2) jedenfalls durch dessen Stauhohizont geschützt (in Quellwässern um 40 mg/l NO <sub>3</sub> ); knapp außerhalb dieses Bereichs von den zeitl. Schwankungen des Typs K2 geprägt.	Die die dar die Pukne wa vor
	<b>Günz-Moräne</b> (und toniges Äquivalent der Weißen Nagelfluh)		(K1 und K3 mit Sekundärquellen, gebildet durch Hanglehme und verwitterten Schlier)			
	<b>Molasse</b> a: mit autochthoner Verwitterungsschwarte b: mit wasserföhr. Klüften c: Robulus-Schlier mit wasserföhr. Sandeinschaltungen d: Haller Schlier e: Haller Basis-Schichten mit wasserföhr. Sand-Kies-Einschaltungen f: Obere Puchkirchen-Fm. mit wasserföhr. grobklastischen Einschaltungen	<b>S4</b>	<b>Junges Kluffgrundwasser der Molasse:</b> aus GW der quartären Sedimente abgeleitet; kurze Aufenthaltszeit, oxidierend, Fe-frei.	<b>Einsickerung</b> aus dem hangenden Quartär in die Entfestigungszone der Molasse. Rasches <b>Abfließen</b> in Störungen oder über die Entlastungszone an Talflanken, teilweise auch in schichtparallelen Klüften; <b>mittl. Verweilzeit</b> im Bereich der „Quartärwässer“ (K1, K3; kürzer oder länger je nach Fließweg).	Die <b>Eigenschaften der Herkunftstypen K1 und K3</b> prägen diesen Typ (Unterschiede v.a. bei Mg/Ca, graduell bei NKH); mit dem Typ S3 verbindet ihn der Gehalt an <b>Kieselsäure &gt; 5</b> (max. 10) mg/l Si. <b>O<sub>2</sub>-Konzentration</b> kann bis zw. 5 und 6 mg/l O <sub>2</sub> sinken, ohne daß der E <sub>h</sub> (≤ 150 mV) gleichermaßen sinkt.	Erg Sta da f (Ty
		<b>S3</b>	<b>Junges Porengrundwasser der Molasse:</b> in Sandhorizonten insbes. des Robulus-Schlier; aus GW der quartären Sedimente abgeleitet; lange Aufenthaltszeit, reduzierend, Fe-föhrend.	<b>Einsickerung</b> aus dem hangenden Quartär in die südwärts ansteigenden, vor dem Nordrand der Bad Haller Schuppenzone an der Molasse-Oberfläche austreichenden Sandschichten im Robulus-Schlier; langsames Abfließen, isoliert vom Hangenden; unter Hanglehmen der Kremstal-Südflanke gespannt; <b>mittl. Verweilzeit</b> : 2-3 Jahrzehnte (erwartungsgem. länger als Herkunftstypen K1, K3).	Unter <b>O<sub>2</sub>-Zehrung</b> mikrobiotische „Veratmung“ von NO <sub>3</sub> , Fe/Mn-Sulfiden oder -Oxiden und SO <sub>4</sub> ; daher Konzentrationen <b>reduzierter N-, Fe- und Mn-Spezies</b> (NO <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> , Fe <sup>II</sup> bis 3 mg/l, Mn <sup>II</sup> bis 1.2 mg/l) stellenweise weit über den Trinkwasser-Grenzwerten, sowie leichte H <sub>2</sub> S-Föhrung. <b>Kieselsäure</b> bis 12 mg/l Si. O <sub>2</sub> -Gehalt sinkt mit dem E <sub>h</sub> , bei E <sub>h</sub> < 0 mV auf < 5 mg/l O <sub>2</sub> . <b>Nitrat</b> < 2 mg/l NO <sub>3</sub> .	GV gef die auf mit
		<b>S2</b>	<b>Iod-Brom-föhr. Formationswasser der Haller Basisschichten</b> (Gunther-Quelle; unergiebig);	Formationswasser in Kies-Einschaltungen der Oberen Puchkirchen-Formation (OPF; Typ S1) und in Sandhorizonten der „Haller Basisschichten“ (S2); aus letzteren zwei <b>natürl. Austritte</b> im Sulzbachtal (Tassiloquelle) und im Fernbachtal (Guntherquelle); in der OPF vielfach erbohrt. Am hydrologischen Kreislauf nicht beteiligt. Nachdem kein Zusammenhang zw. Tiefe und J/Cl-Verhältnis besteht, sind die einzelnen GW-Leiter wahrsch. voneinander isoliert.	<b>Iod-Brom-föhrendes NaCl-Wasser</b> ; enthält biogenes Methan; Gesamtmineralisierung zw. 14 und 24 g/l; Iodid-Gehalte erreichen 50 mg/l. Im Bereich der ehem. natürlichen Austritte kommt so gut wie <b>Tritium-freies</b> Grundwasser „Tiefengrundwasser“; 0.4 ± 0.3 TU) knapp unter der Erdoberfläche vor. Geringe jahreszeitl. Schwankungen der Zusammensetzung sind vom Wasser der Tassiloquelle bekannt.	Die wu ger die Hal ger
		<b>S1</b>	<b>der Puchkirchen-Gruppe</b> (ergiebig; verschiedentlich erbohrt).			

Bad Hall

E



**SCHEMATISCHES  
GEOLOGISCHES W-E-PROFIL  
DURCH DIE  
UMGEBUNG VON BAD HALL (OÖ)  
ZUR  
GROBEN KLASSIFIZIERUNG  
DER  
GRUNDWASSERVORKOMMEN**

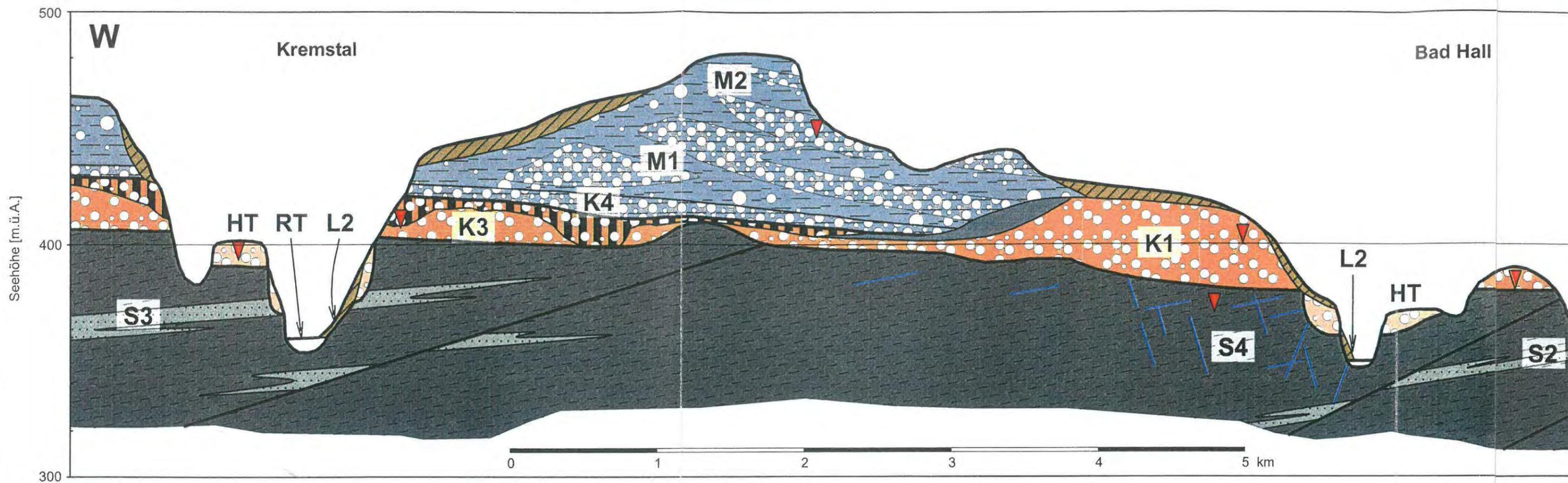
ENTWURF: W. STRAKA

WIEN, APRIL 1998

	<b>Ausmaß/Voraussetzungen der GW-Gefährdung ▼</b>
tal)	hoch: Drainage/Bewirtschaftung ehem. versumpfter Talsohlen
	hoch: Versickerung am Dellenrand (Lößlehm teilw. abgetragen)
därquellen er "Pechschotter"	versch.: je nach Bewirtschaftung; geringer unter Wald- bedeckung; Verletzung der Lehmdecke bei Bauvorhaben
emstal, Sulzbachtal)	hoch: geringmächtige Verwitterungs- und Staublehmdecke
spanntes GW	versch.: geringer Flurabstand der seichten GW; Versickerung in Kieseinschaltungen
relativer Stauer) r Moräne DS ecke	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 VERWITTERUNGSSCHLOTE
der Molasse obulus-Schlier er Basisschichten ikirchen-Gruppe	hoch (S4) bis sehr gering (S1): Kommunikation mit Aquifers der quartären Überdeckung über tektonisch oder verwitterungs- bedingte Auflockerungszonen, an Talflanken auch mit ober- flächennahem Grund- und Sickerwasser

**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.



GW-Haupttyp	Legende	Geologie	GW-Typ	Art des Aquifers (A.)	Ausn
VIII – Talfüllung		Rezente Talfüllung	RT	lokaler A.: Tal-Grundwasser (insbes. Kremstal)	hoch:
VII – Dellenfüllung		Dellenfüllung	D	lokaler A.: generelle Verbreitung fraglich	hoch:
VI – Deckschichten		Lehmige Deckschichten	L2 L1	lokaler A.: Hangwasser, z.T. gestaut; Sekundärquellen lokaler A.: Sickerwasser und Staunässe über "Pechschotter"	versch bedec
V – Talgebundene Terrassenschotter		Hochterrasse	HT	lokaler A.: z.T. gespeist aus K3, S4, S3 (Kremstal, Sulzbachtal)	hoch:
IV – Moräne		Mindelmoräne	M2 M1	lokaler A.: seichtes Grundwasser lokale, kommunizierende Aquifers: teilw. gespanntes GW	versch Versic
III – Nicht talgebundene Terrassenschotter		<b>Kies-Konglomerat-Gruppe:</b> 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 Ausdi Abtra Deller
II – Junges GW der Molasse		<b>Schlier:</b> Robulus-Schlier (Ottwang) Hall-Fm. (Eggenburg) Puchkirchen-Gruppe (Eger)	S4 S3	Kluft-A.: Auflockerungszone und Störungen der Molasse gespannter Poren-A. (Sandhorizonte) im Robulus-Schlier	hoch (der qu beding fläche
I – Formationswasser der Molasse			S2 S1		

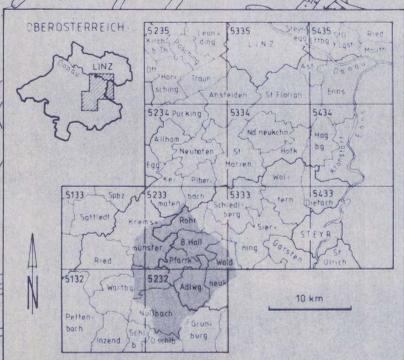
# W. STRAKA: HYDROGEOLOGIE DES RAUMES KREMSMÜNSTER – BAD HALL – WARTBERG/KREMS

Westabschnitt des Projektes der O.-Ö. L.-R.: BauW-II/LG-930007/2-1996-WMR/G:

## Hydrogeologie der Schliergrundwässer der Traun-Enns-Platte

(Projektleiter Dr. H. HÄUSLER, Institut für Geologie der Universität Wien)

BEILAGE 7



Kompilierte Geologische Karte 1:20.000

Autor: H. Kottl, 1986/87, auf Grundlage des ÖO-Katastralkatasters mit Lage- und Code-Nr. der bearbeiteten Wasserspende. Zusammenstellung W. STRAKA, Juni 1997

**LEGENDE:**

Haltbarkeit	R2	Künstliche Aufschüttung
	R1	Schwenmkegel
	R0	Rezente Talfüllung
Wärmegrad	Q3	Wasserlose Dellen (mit vorw. würmzeitl. Füllung)
	Q2	Lehmige Soliflukationsdecken
	Q1	Löß-Staublehne (würmzeitl.)
Riff	Q8	HT (allg.; teils mit Lößdecke)
	Q6	HT (ältere; glazifluvial, mit würmzeitl. Schluffdecke)
	Q5	HT (periglazial autochthon)
Mündel	Q4	Riff-Moräne (allg.)
	Q3	Riff-Grundmoräne (jüngere)
	Q2	Mündel (allg.)
G.M.	Q1	Mündel-Moräne
	Q0	JDS (teils mit Lößauflage)
	Q-1	JDS (+ Mündel-Vorstoßschotter)
Günz	Q-2	Weißer Nagelfluß
	Q-3	ADS (glazifluvial, mit Staublehne Verwitterungsdecke)
	Q-4	ADS + Günz-Vorstoßschotter
Münster	M2	Schlier (allg.)
	M1	Robulus-Schlier (mit Verwitterungsdecke)
	M0	Haller Schlier
Helvetikum	M-1	Aquitain (Tonschiefer mit Verwitterungsdecke)
	H3	Helvetikum (Bunte Mergel; okr)
	H2	Helvetikum in Bohrungen
Fisch	F1	Fisch (allg.)
	F2	Zementmergelerde (Alb)
	F3	Mürksandsteinführende Serie (okr bis Alttertiär)
	F4	Oberste Bunte Mergel Schiefer (okr)

GRENZE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES W. STRAKA

1 umfaßt die Eintragungsbereiche von Nulzbach und Sulzbach und alle Bäche, die zwischen diesen rechts der Enns einmünden

Übersichtskarte der hydrochemischen Typen von Brunnen & Quellen 1:20.000

(Zusammenstellung W. STRAKA & H. HÄUSLER, Juni 1999)

**LEGENDE:**

- Gemeindegrenzen
- Grenze des engeren Untersuchungsgebietes W. STRAKA

**WASSERSPENDE**

B 13 Code-Nr. (Quadrant)

■ E10/B1/14/6 Brunnen/Tiefe/Hydrochemischer Typ /K5

● D10/Q8/54 Quelle/Hydrochemischer Typ

**GRUNDWASSERTYPEN**

HYDROCHEMISCHER TYP	HYDROGEOLOGISCHER TYP
RT	Rezente Talfüllung
D	Delle (Wurm-Resent)
L2	Hangwasser & Sekundärquellen
L1	Lößlehndecke der ADS
HT	HT (Hochterrasse; Riff)
M0	Endmoräne (Mündelmoräne seicht, Typ M1 + M2)
M1	Endmoräne (Mündelmoräne tief, Typ M1)
K5	JDS (Jüngere Deckenschotter)
K4	GNF (Graue Nagelfluß, Teil der JDS)
K3	KKG (Kies-Konglomerat-Gruppe, ADS+HNWF)
K2	Schwebender GW-Leiter, JDS
K1	ADS (Ältere Deckenschotter)
S4	Sch (Junges Klüftgrundwasser im Schlier)
S3	Sch (Junges Porengrundwasser im Schlier)
F	Fy (Fischzone; inkl. Helvetikum)