

**Ludwig-Maximilians-Universität München**  
Fakultät für Geowissenschaften  
Department für Geo- und Umweltwissenschaften  
Arbeitsgruppe Hydro- und Umweltgeologie

Kombinierte Diplomarbeit und Kartierung  
Quellkartierung und hydrochemische Untersuchung  
des Teisenberg- und Sulzberggebiets

vorgelegt von

**Felix Dudek**

München, April 2009

betreut von

Prof. Dr. Christian Wolkersdorfer

Lehrstuhl für Hydrogeologie



## EIDESTATTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit versichere ich, dass ich die vorgelegte Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmitteln angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen sind als solche kenntlich gemacht.

München, 2009-04-23

Felix Dudek

## **Danksagung**

Zu aller erst gilt mein Dank Prof. Dr. Christian Wolkersdorfer für die Vergabe des Themas und die trotz der großen geographischen Entfernung allzeit vorhandenen Bereitschaft Fragen zu beantworten und Probleme zu lösen.

Weiterhin gilt mein Dank den Mitarbeitern des Landesamts für Umwelt München und des Wasserwirtschaftsamts Traunstein für die tatkräftige Unterstützung sowohl bei der Recherche als auch bei der Geländearbeit. Auch die Mitarbeiter der Gemeinde Siegsdorf und des Wasserzweckverbands Surgruppe lieferten jederzeit wichtige Informationen für die Erstellung der Kartierung. Besonderer Dank gilt Herrn Dipl. Geol. Markus Kantioler für die geduldige Hilfe bei der Bearbeitung dieser kombinierten Diplomarbeit und Kartierung. Mein Dank für die Beantwortung mathematischer Fragen gilt Herrn Dipl. Math. Michael Schinabeck.

Selbstverständlich möchte ich mich auch bei meinem Kommilitonen Michael Kratzer für die gute Zusammenarbeit bei der Probenahme und für die Weitergabe der Ergebnisse seiner Arbeit bedanken. Zuletzt gilt mein Dank meiner Familie und meiner Freundin, die seit Monaten die Grundlage für die Durchführung dieser Arbeit schaffen.

## Zusammenfassung

Thema dieser kombinierten Diplomarbeit und -kartierung ist eine hydrogeologische Kartierung des Teilgebiets Siegsdorf und eine hydrochemische Analyse der Arbeitsgebiete Siegsdorf und Teisenberg. Die östlich von Traunstein gelegenen Gebiete besitzen zusammen eine Fläche von ca. 108 km<sup>2</sup>. Geologisch wird das Arbeitsgebiet Siegsdorf vorwiegend von Lokal- und Fernmoränen geprägt, im Gebiet Teisenberg dominiert hauptsächlich die südostbayerische Flyschzone.

In den vergangenen Jahrzehnten wurden beiden Gebiete immer wieder geologisch untersucht; über die hydrogeologischen Verhältnisse lagen jedoch nur wenige Erkenntnisse vor. Grund hierfür ist die geringe wasserwirtschaftliche Bedeutung der beiden Gebiete, in denen meist nur kleine Quellaustritte der öffentlichen und privaten Trinkwasserversorgung liegen. So bestand die Aufgabe dieser Arbeit darin, möglichst viele hydrogeologisch relevante Daten zu sammeln und diese auf hydrochemische Aspekte hin zu untersuchen.

Im Mittelpunkt standen hierbei die kommunalen und privat genutzten Quellen und Brunnen. An allen lokalisierten Quellen und Brunnen wurden Vor-Ort-Parameter gemessen. Anhand einer hierarchischen Clusteranalyse wurde aus diesen 114 Messpunkten 13 (Gebiet Siegsdorf) beziehungsweise 12 (Gebiet Teisenberg) repräsentative Beprobungsstellen gewählt.

In Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Umwelt wurden an den ausgewählten Stellen Proben genommen, die parallel im Labor der Sektion Hydrogeologie, Department für Geo- und Umweltwissenschaften und dem Labor des Landesamts für Umwelt München untersucht wurden. Anhand dieser Daten erfolgte die hydrochemische Modellierung.

Zusammenfassend bestätigt sich aus den gewonnenen Daten die geringe wasserwirtschaftliche Bedeutung vor allem der Bergregionen in beiden Gebieten. Die Quellen und wenigen Brunnen in den Tallagen besitzen hingegen eine größere Bedeutung für die Wasserwirtschaft. Dennoch ist ebenso wie an den Quellen an den Bergen nicht immer ein Einfluss von Oberflächenwasser zu vermeiden. Zustande kommt dies durch die geringe Verweildauer des Wassers im Untergrund, bedingt durch allgemein geringmächtige Überdeckungen oberhalb der Grundwasserleiter.



## Abstract

Topic of this combined diploma thesis and mapping was the hydrogeological mapping of the area around Siegsdorf and the hydrochemical analyses of the area around Siegsdorf and Teisenberg. Located east of the city of Traunstein, both areas are nearly 108 km<sup>2</sup> in size. The geology in both areas is different, the area Siegsdorf being dominated by distant and regional moraine, the area around Teisenberg by the south-east-bavarian Flyschzone.

In the past, both areas were geologically reviewed, yet however there was very little information about the hydro-geological situation. One reason for this is the diminutive importance of both areas in water supply and distribution, mostly represented by small springs used for official and private water supplies. The assignment was to collect as much hydro-geologically relevant information as possible and to review it in hydro-chemical aspects.

The focus was on the communally and privately used springs and wells, therefore on-site-parameters were measured in every localised springs and well. Out of 114 measuring points in both areas, by means of a hierarchical cluster analysis, 13 representative measuring points where chosen for the area Siegsdorf, whereas 12 were opted for in the area Teisenberg

In cooperation with the Bavarian state ministry of Environment samples were taken on each of the elected measuring points. The samples were analyzed at the laboratory for Hydrogeology at the department of Earth and Environmental Sciences and at the laboratory of the Bavarian state ministry of Environment. Based on these results, the hydro-chemical research was carried out.

In summary the minor importance of both areas in water supply and distribution especially in the mountain areas can be approved by the analyzed results. Of greater importance are the springs and few wells in the valley areas. However, the chemical composition of the springs in the mountain areas also proves to be affected by surface water. This is based on the little soil cover over the aquifers.

1 Vorwort .....	4
2 Untersuchungsgebiete .....	5
2.1 Geographischer Überblick.....	5
2.2 Überblick regionale geologische Verhältnisse .....	6
2.3 Geologische Verhältnisse der Untersuchungsgebiete Siegsdorf und Teisenberg .....	8
2.3.1 Kalkalpin .....	8
2.3.2 Flysch .....	8
2.3.3 Helvetikum und Ultrahelvetikum.....	13
2.3.4 Quartäre Ablagerungen .....	14
2.4 Klima und hydrogeologische Verhältnisse .....	16
2.4.1 Untersuchungsgebiet Siegsdorf.....	17
2.4.2 Gebiet Teisenberg .....	23
3 Quellkartierung.....	29
3.1 Arbeitsweise und Methodik .....	29
3.2 Beschreibung der Messpunkte .....	30
3.2.1 Allgemein .....	30
3.2.2 Quellen .....	32
3.2.3 Brunnen .....	32
4 Erläuterung und Ergebnisse der Vor-Ort-Parameter-Messungen .....	33
4.1 Einleitung .....	33
4.2 Wassertemperatur.....	34
4.3 elektrische Leitfähigkeit.....	35
4.4 Redoxpotential .....	38
4.5 Sauerstoffgehalt und -sättigung.....	40
4.6 pH-Wert.....	43
4.7 Säure- und Basenkapazität .....	45

4.8 Fördermenge und Quellschüttung .....	48
5 Probenahme und Ergebnisse .....	51
5.1 Auswahl der Probenahmepunkte und Probenahme.....	51
5.2 Clusteranalyse, Statistik .....	56
5.3 Analysedaten .....	61
5.3.1 Arbeitsgebiet Siegsdorf.....	63
5.3.2 Arbeitsgebiet Teisenberg.....	67
5.3.3 Beurteilung .....	71
6 Diskussion der Werte .....	73
6.1 Vor-Ort-Parameter .....	73
6.1.1 Wassertemperatur.....	75
6.1.2 Elektrische Leitfähigkeit .....	77
6.1.3 Redoxpotential .....	78
6.1.4 Sauerstoffgehalt und –sättigung .....	80
6.1.5 pH-Wert.....	81
6.1.6 Säure- und Basenkapazität .....	83
6.1.7 Schüttung und Fördermenge .....	85
6.2 Analyseergebnisse .....	86
7 Hydrochemische Auswertung .....	92
7.1 Einleitung .....	92
7.2 Piper Diagramme: Klassifizierung nach FURTAK & LANGGUTH.....	92
7.3 Schoeller-Diagramme.....	97
7.4 Klassifikation nach Davis & de Wiest (1967).....	100
7.5 Berechnung der relevanten Mineralphasen mit PHREEQC .....	102
8 Hydrochemisches Resümee.....	107
9 Zusammenfassung .....	112
10 Literatur.....	114

11 DIN Normen.....	116
12 Verzeichnisse .....	117
12.1 Abbildungsverzeichnis .....	117
12.2 Tabellenverzeichnis.....	120
12.3 Anhangsverzeichnis .....	121
Anhang .....	123

## 1 Vorwort

Bei der Themenvergabe dieser Arbeit war es vorgesehen einen Zusammenschluss aus Diplomkartierung und Diplomarbeit unter einem einheitlichen Thema zu bearbeiten. Ziel der Diplomkartierung war es, alle Quellen und Brunnen im den Arbeitsgebiet Siegsdorf aufzunehmen, anhand GPS einzumessen und mit den vorhandenen kartierten Quellaustritten zu vergleichen bzw. zu ergänzen. Die Ermittlung der Vor-Ort-Parameter und die Probenahme an ausgewählten Quellen und Brunnen gehörten ebenfalls zur Aufgabe. Untersucht wurden die Proben im Labor des Landesamt für Umwelt in München und dem Labor für Hydrogeologie, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, LMU München.

In der Diplomarbeit werden die Analysebefunde aus dem Arbeitsgebiet Siegsdorf und Teisenberg bearbeitet. Das Gebiet Teisenberg wurde von Michael Kratzer im Umfang einer hydrogeologischen Diplomkartierung behandelt. Anhand der Analysebefunde erfolgte eine statistische Auswertung und eine hydrochemische Modellierung der Daten. Um die Qualität der ermittelten Messergebnisse zu sichern, werden sie auf ihre Plausibilität hin überprüft; im Fall der Analyseergebnisse wurde eine Ionenbilanz durchgeführt. Anhand der so diskutierten Resultate erfolgt eine Einteilung der Wässer nach ihren hydrogeochemischen Eigenschaften.

In Zusammenarbeit mit dem Wasserwirtschaftsamt Traunstein und dem Landesamt für Umwelt in München wurden alle Quellaustritte und Brunnen in den beiden Arbeitsgebieten Siegsdorf und Teisenberg kartiert, und auf ihre Vor-Ort-Parameter hin untersucht. Ein Teil der ermittelten Quellen und Brunnen wurde auf Haupt-, Spuren- und Nebenelemente hin analysiert. Die Probenahme unter Leitung des Landesamts für Umwelt erfolgte zusammen mit meinem Studienkollegen Michael Kratzer.

Grundlage für die Feldarbeit im Mai 2008 war eine umfassende Literaturrecherche im Wasserwirtschaftsamt Traunstein und die Sichtung des vorhandenen Kartenmaterials im Landesamt für Umwelt in München.

Bisher sind die Quellen und Brunnen in den Datenbanken des Wasserwirtschaftsamts Traunstein InfoWas, und dem BodenInformationsSystem BIS des Landesamts für Umwelt München gespeichert. Die Erstellung einer einheitlichen Datenbank für das Arbeitsgebiet war eine weitere Zielsetzung der Diplomkartierung, da bisher kein Datenabgleich vorhanden war. Die gesammelten Ergebnisse fließen in die

Datenbanken des Landesamts für Umwelt und des Wasserwirtschaftsamts Traunstein ein. Die Zielsetzung der kombinierten Diplomkartierung und Diplomarbeit war somit die Erstellung einer einheitlichen Karte der Quellaustritte und Brunnen im Gebiet Siegsdorf, und die Bestimmung des Wassertyps anhand der gesammelten Analysedaten im Gebiet Siegsdorf und Teisenberg.

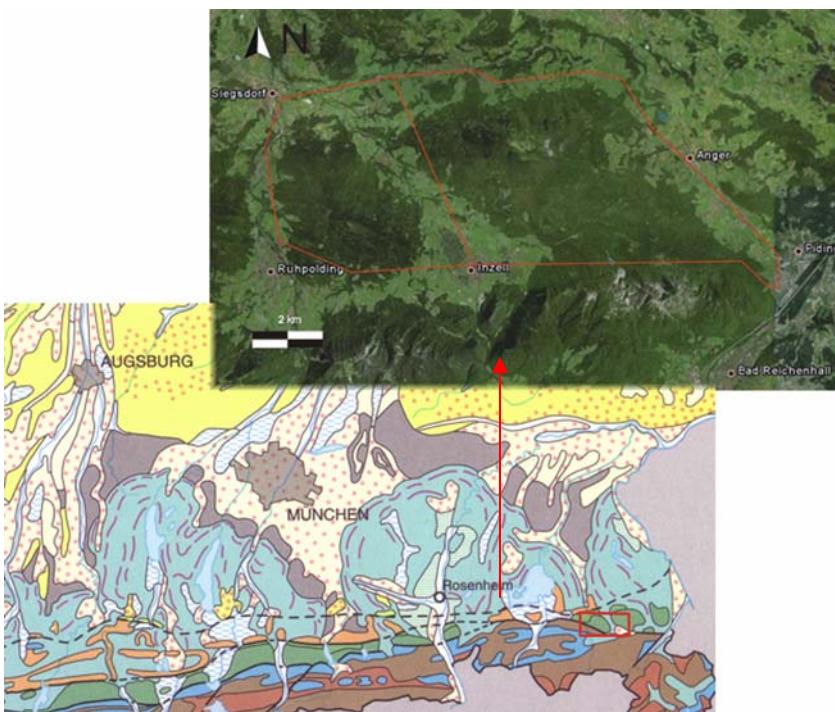
## 2 Untersuchungsgebiete

### 2.1 Geographischer Überblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei Arbeitsgebiete im Alpenvorland zwischen Traunstein und Berchtesgaden hydrogeologisch untersucht (Abb. 1). Das Untersuchungsgebiet Siegsdorf mit einer Ausdehnung von 7,2 km in Ost-West und 7,6 km Nord-Süd Richtung umfasst eine Fläche von annähernd  $40 \text{ km}^2$ . Das Gebiet ist morphologisch schwach ausgeprägt mit Höhen von 600 bis 1227 m ü. N.N. Höchster Berg im Gebiet ist der Zinnkopf mit 1227 m ü. N.N.

Das Untersuchungsgebiet wird überwiegend landwirtschaftlich, das stark bewaldete Gebiet um den Zinnkopf forstwirtschaftlich genutzt. Begrenzt wird es weiterhin durch die Ortschaften Siegsdorf (8025 Einwohner) im Nordwesten, Inzell (4343 Einwohner) im Südosten und Ruhpolding (6351 Einwohner) im Südwesten. Ein dicht verzweigtes Gewässersystem (Abb. 8) durchzieht mit Fließrichtung nach Norden dieses Gebiet mit den größten Flüssen Rote Traun, Weiße Traun, Riedelbach, Dürrngraben und Markgraben.

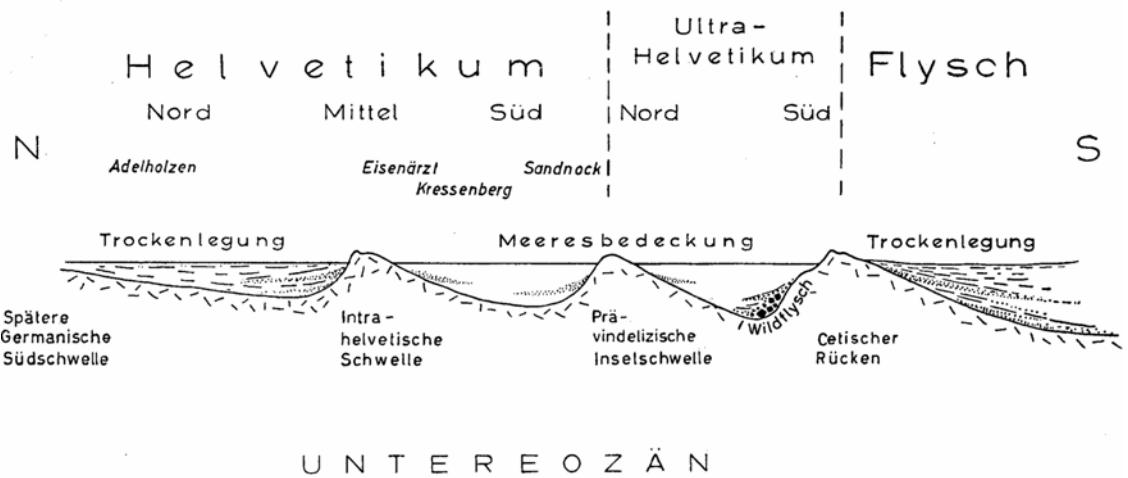
Das östlich anschließende Untersuchungsgebiet Teisenberg mit einer 11,5 km Ost-West und einer 7,2 km Nord-Süd Ausdehnung umfasst eine Fläche von annähernd  $68 \text{ km}^2$ . Morphologisch ist das Gebiet mit Höhen von 472 bis zu 1333 m ü. N.N stärker ausgeprägt als das Gebiet Siegsdorf. Höchster Berg im Gebiet ist der Teisenberg mit 1333 m ü. N.N. Mit 4343 und 5313 Einwohnern sind die Ortschaften Inzell und Piding größte Siedlungen. Die Landnutzung des Gebiets ist auf die Land- und Forstwirtschaft beschränkt. Im Norden und Osten wird das Gebiet Teisenberg von der Autobahn A8 eingegrenzt, im Südosten liegt Bad Reichenhall, im Südwesten Inzell. Durchzogen wird es von einem dichten Gewässersystem mit Abflussrichtung Nord. Größte Flüsse sind Stoßer Ache, Marktgraben, Falkenseebach und der Großwaldbach.



**Abb. 1 : Lage der Untersuchungsgebiete Siegsdorf (links) und Teisenberg (rechts), Geologische Karte von Bayern (LFU 2008) und GoogleMaps (2008)**

## 2.2 Überblick regionale geologische Verhältnisse

Die geologische Bearbeitung der Gebiete Siegsdorf und Teisenberg ist in den Arbeiten von FREIMOSER (1972) und HAGN (1981) behandelt und wird hier zusammenfassend erläutert. Beide Gebiete liegen zu großen Teilen im Bereich der Rhenodanubischen Flyschzone, die sich am Nordrand der Alpen in unterschiedlicher Breite von Voralberg über Bayern bis zum Wiener Wald hin zieht (HAGN et al. 1960). Davon gehört ein etwa 250 km langer Teilstreifen dem bayrischen Alpenrand-Bereich an. Als sich an den Außenrändern der Muldenstruktur aus der späteren ein Teil des Orogen entstand, ein mariner Vortrog bildete, lagerten sich dort feine detritische Sedimente ab. Nach heutigen Erkenntnissen wurde das Sediment in Form von Trübeströmen in das Becken eingebracht. Die These, der Flysch sei ein typisch flachmarines Sediment ist mittlerweile überholt, denn BOUMA (1962, in TUCKER 1985) identifizierte die einzelnen Schichtglieder als Turbidit.



**Abb. 2: Schematische Darstellung des helvetischen und des ultrahelvetischen Trogs sowie der Flyschzone (HAGN 1960)**

Zu den wichtigsten Merkmalen der typischen Flyschfazies gehören die Folgenden: „Nahe Beziehung zu einer schuttliefernden Orogenese und große Mächtigkeit; Wechsellagerung von Sandstein- oder Kalkbänken mit tonigen oder mergeligen Zwischenlagen; auffallende Armut an Makrofossilien, graded bedding wird häufig beobachtet“ (HLAUSCHEK 1983).

Die Südostbayerische Flyschzone stellt einen gut abzugrenzenden Abschnitt dar. Im Westen keilt sie südlich der Ortschaft Bergen zwischen den vordrängenden Randschuppen der Kalkalpen und dem Helvetikum bzw. dem aufgerichteten Südrand der Molasse aus; im Osten bei Hammerau an der Salach ist der Zusammenhang mit dem Flysch durch mächtige quartäre Verfüllungen verhüllt. Im Norden gegen Helvetikum und Molasse ist ein allmählicher Übergang zum Flysch zu finden. In mehr oder weniger breiten Tälern greifen Helvetikum oder Ultrahelvetikum halbfensterartig oder sogar fensterartig gegen Süden her in den Flysch ein. Anhand dieser Fenster kann der flache und mehrstöckige Bau des Helvetikums und Ultrahelvetikums dokumentiert werden (FREIMOSER 1972). Charakteristisch für das Helvetikum ist der steile Schuppenbau, innerhalb der einzelnen Einheiten kann eine Zweiteilung in Nord und Süd vorgenommen werden: Die Adelholzner und die Kressenberger Faziesentwicklung (Abb. 2).

Zwischen Flysch und Helvetikum vermittelt faziell das Ultrahelvetikum. Dort lassen sich zwei Arten unterscheiden: Eine feinpelitische, oft bunt gefärbte Mergelfolge (Buntmergelserie), und eine teils extrem grobklastische, scheinbar auf wenige Schüttungszentren beschränkte Serie (Wildflysch).

## 2.3 Geologische Verhältnisse der Untersuchungsgebiete Siegsdorf und Teisenberg

### 2.3.1 Kalkalpin

Westlich des Frillensees im Gebiet Teisenberg befindet sich die einzige Stelle an der das Kalkalpin ansteht. Die dort vorkommenden, für sich isolierten Rauhwackenspäne bilden wahrscheinlich die Basis der Reichenhaller Schichten. Die meisten dieser Gesteine sind nur mehr als tektonische Breccien erhalten; nach DOBEN (1973) handelt sich mehr um eine Brecciierung der einzelnen Schichtglieder in sich, als um eine tektonische Vermischung mehrere Schichtglieder.

Die Rauwacken bestehen häufig aus hellen Dolomitteilen sowie herausgewitterten Calcitäderchen, ebenso können Komponenten der hangenden (Bunter Dolomit) und liegenden Schichten (Werfener Schichten) gefunden werden. Die Rauwacken entstammen einem mylonitisiertem Dolomit und sie können Löcher enthalten, die durch die Lösung des stark zerriebenen, noch nicht vollständig kalzitisierten Dolomits entstanden sind (FREIMOSER 1970).

### 2.3.2 Flysch

Die Flyschzone macht einen großen Teil beider Arbeitsgebiete aus. Der älteste Teil der Schichtfolge beginnt mit dem Flysch-Gault (Alb), und endet mit den Oberen Bunten Mergeln (Maastrich bis Eozän). Folgende Schichtglieder können im Einzelnen angetroffen werden: Flysch-Gault, Untere Bunte Mergel, Reiselberger Sandsteine, Zementmergelserie, Piesenkopfschichten, Hällritzer Serie, Oberste Bunte Mergel und Bleichhornserie (Abb. 3).

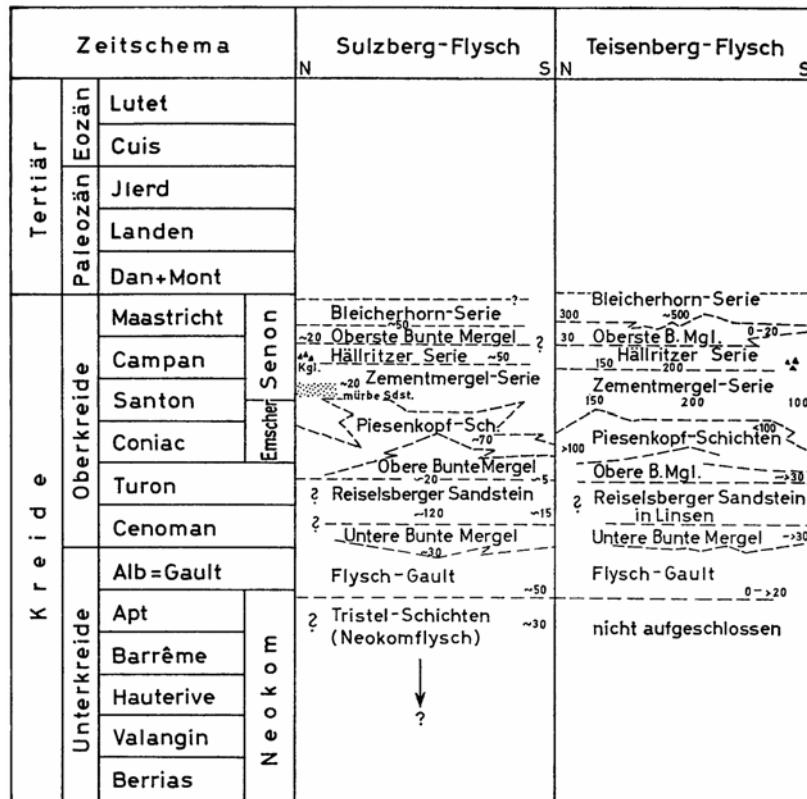


Abb. 3: stratigraphische Gliederung des Sulzberg- und Teisenberg-Flysch (aus DOBEN 1973)

Bezeichnend für den Flysch-Gault sind schwarze, meist kieselige Schiefersteine ebenso wie graue und grüne Tonmergel. Größere Ausstrichbereiche dieses Typs findet man auf Höhe Mooswinkel und Schöneck.

Im Großwaldbach nordwestlich von Adlgäss befindet sich eines der wenigen Vorkommen der Unterer Bunten Mergel. Zu erkennen sind sie an der monotonen, dünnbankigen Wechsellagerung in der neben verschiedenfarbigen Tonmergeln und Schiefersteinen hellbläulich bis graue Kalkmergel und Mergelkalke mit wechselndem Sand- und Kieselsäuregehalt auftreten. Größer klastische Sedimente, wie stark sandige Schiefersteine, Kalksandsteine, Sandkalke treten demgegenüber in den Hintergrund.

Reiselberger Sandsteine, die in der Zinnkopfmulde im Gebiet Siegsdorf noch mit einer Mächtigkeit von 120 m bis 150 m aufgeschlossen sind, dünnen nach Süden hin so stark aus, dass sie im Arbeitsgebiet Teisenberg nur noch als kleine Sandsteinbänke zu finden sind. Den Übergang zu den Unteren Bunten Mergeln bilden zahlreiche Mergelzwischenlagen, wodurch die gesamte Schichtfolge dünnbankiger wird. Sie stellen eine Kombination aus roten Tonmergeln und Piesenkopfschichten dar. Eine Abgrenzung der Reiselberger Sandsteine erfolgt durch den besonders im oberen Teil geschlossenen Sandsteinzug. Bis zu mehrere Meter dicke Sandstein- und Feinkonglomeratbänke grenzen fast lückenlos aneinander (FREIMOSER 1972).

Bei den Zementmergeln handelt es sich um graublaue Mergel die zur Zementherstellung verwendet wurden. Als Indiz für den Übergang zu den Piesenkopfschichten kann man eine Zunahme der Bankdicke und der Korngröße in den Hartbänken annehmen. Die Mächtigkeit der Hartbänke beträgt teilweise mehr als einen Meter. Die Zementmergelserie wird nach FREIMOSER (1972) in drei Faziestypen gegliedert: Die Rhythmik-, Misch- und Mürbsandsteinführende Fazies. Die Zementmergelserie ist im Arbeitsgebiet Teisenberg weit verbreitet. Im Bereich Teisenbergkopf sind ebenso Aufschlüsse zu finden wie in der Umgebung der Stoßer Alm.

Der Zinnkopf (1227 m) und die gegen SE verlaufende Sulzbergschneid bilden den Kernbereich der wattenförmigen Zinnkopf-Mulde; der Nordschenkel mit Resten von Gault und Unteren Bunten Mergeln ist auf Zementmergelserie bzw. Bleichhornserie aufgeschoben (FREIMOSER 1972). Als Jüngstes Schichtglied erscheint im Muldenkern die Zementmergel-Serie. Auf der sanfter abfallenden Bergflanke des Zinnkopfs Richtung Norden sind bis ins Tal immer wieder einzelne stark verrutschte Zementmergelschuppen zu finden. Auch im Osten, Richtung Siegsdorf treten kleine Schuppen auf.

Die Piesenkopfschichten zeichnen sich durch eine dünnbankige bis dünnplattige Wechselfolge von Kalksandsteinen, Kalkmergeln und Tonmergeln aus. Sie werden als „grauer, gelblich verwitternder, glimmerreichen Mürbsandstein“ (GANS 1977) beschrieben. Dieser ist oft in großen, verwitternden Blöcken zu finden. Die im Osten des Kartiergebiets Teisenberg vertretenen Kalkmergel werden nach Westen hin zunehmend von dunkelgrauen bis schwarzen Schiefertonen verdrängt (DOMMEL 1995); weitere Vorkommen von Piesenkopfschichten sind im südlichen und

westlichen Rand des Gebiets zu finden und zwar in den AnrisSEN der GernplaiKEN und im südwestlich davon gelegenen Markgraben. Ein weiterer Aufschluss ist nordwestlich von Adlgaß zu finden. Auf der nördlichen Seite des Sulzbergs sind in einem Fenster folgende drei Schichten aufgeschlossen: im Zentrum die ZementmergelSchichten, nördlich und südlich davon die PiesenkopfSchichten.

Im Unterschied zur Zementmergelserie dominieren in der Hällritzer-Serie mehrere Meter dicke, grobe Kalksteinbänke und Sandkalke. Im Top der Bänke sind gelegentlich Hornsteinknollen und Kalkpellite anzutreffen; getrennt werden die einzelnen Lagen nur durch dünne Schieferlagen. Die Hartbänke zeigen besonders im angewitterten Zustand eine Vielzahl von Sedimentstrukturen. Die Hällritzer Serie entwickelt sich aus der Zementmergel-Serie durch das Zurücktreten der Pelitanteile (FREIMOSER 1972). Ihre maximale Mächtigkeit beträgt ca. 200 m. Bezeichnend sind großwellige Absonderungsflächen. Ein hoher Glaukonitgehalt der bis in die Obersten Bunten Mergel hinaufreicht, erleichtert die Auskartierung der Hällritzerserie selbst in schlecht aufgeschlossenem Gelände. Anzutreffen sind diese Gesteine wiederum an der Stoßer Ache und in der Umgebung des Pommerberges. Im Übergang zur Obersten Bunten MergelSchicht treten in der Hällritzer Serie vermehrt Lagen mit bunten, kalkarmen Lagen auf. Diese Grenzziehung beschränkt sich aber auf den Nordteil des Arbeitsgebietes Teisenberg, da die Obersten Bunten Mergeln im Südteil und im Arbeitsgebiet Siegsdorf nicht aufgeschlossen sind. Dort besteht eine scharfe Grenze zwischen der Hällritzer Serie und den ersten Mürbsandsteinbänken der Unteren Bleicherhornserie.

Die Einheit der Obersten Bunten Mergel besteht aus glaukonitreichen Sandkalk- und Siltstein-Bänken die mit grauen bis rot-grün gefleckten Schiefertonen wechsellagern; im oberen Bereich befinden sich dickplattige Kalkbänke. Die Differenzierung zu den Unteren Bunten Mergeln fällt besonders schwer. DOBEN (1973) fasst den Unterschied so zusammen: „Sind die Tonmergel-Zwischenlagen in ihrer Mehrzahl rot gefärbt und bilden das Liegende der Reiselberger Sandsteine (...), dann sind diese Schichten als Obere Bunte Mergel auskartiert.“ Aufschlüsse der Obersten Bunten Mergel im Gebiet Teisenberg finden sich in der Umgebung des Großen Kachelsteins und südlich des Teisenbergs bei Pommern im Steingraben. Am ganzen Nordschenkel der Zinnkopf-Mulde stehen im Hangenden des Reiselberger Sandsteins die Oberen Bunten Mergel – eine Kombination aus roten Tonmergeln und Piesenkopf-Schichten – in einer etwa

20 m an. Die Übergänge zu den benachbarten Schichten sind undeutlich, und nach auch meist fließend. Anzeichen hierfür können Einschaltungen Bunter Mergellagen sein. FREIMOSER (1972) schätzt die Mächtigkeit auf ca. 50 m.

Gesteine der Bleicherhornserie sind in beiden Gebieten maximal im 10-er Meter Bereichen aufgeschlossen. Die Bleichhornserie weist die heterogenste Gesteinsfolge im gesamten südostbayrischen Flysch auf. Es treten alle bislang besprochenen Gesteinstypen in den mannigfachsten Kombinationen und Abfolgen auf (FREIMOSER 1972). DOMMEL, SCHUMERTL & SCHÜTZ (1995) schlagen eine Zweiteilung in Untere und Obere Bleicherhornserie vor. Die Grenzziehung zum Liegenden erfolgt zum einen durch das Verschwinden der bunten Mergellagen zu den Obersten Bunten Mergeln hin, zum anderen anhand des Übergangs von Kalksandsteinen zu Mürbsandsteinen. Die gelblich-braunen bis grauen Mürbsandsteine markieren die Grenze zu den liegenden Hällritzer-Serien. Im oberen Bereich der Schicht ist eine Zunahme des Karbonatgehalts zu beobachten, bis eine Vorherrschaft an Kalksandsteinen und Kalkmergeln eintritt. Neben diesen zwei Schichten liegen auch, wie schon oben genannt, alle weiteren Vertreter der liegenden Schichten vor. Großflächige Aufschlüsse im Arbeitsgebiet Teisenberg sind zwischen Stoßer Ache im Süden und Steinwandhütte im Norden und in der Umgebung der Farnbichlalm bis zum Markgraben-Gebiet nordöstlich von Holzen zu finden (DOBEN 1973, SCHUMERTL & SCHÜTZ 1995).

### 2.3.3 Helvetikum und Ultrahelvetikum

Zum Helvetikum und Ultrahelvetikum zählen unter anderem der Lithothamnienkalk und die Stockletten der Adelholzner Fazies sowie die Kressenberger Schichten und die Fossilschuttkalke der Kressenberger Fazies. Das Helvetikum wird im Allgemeinen in einen Nord- (Adelholzner Fazies) und Südteil (Kressenberger Fazies) gegliedert. Stockletten, die die Lithothamnienkalke umschließen, finden sich bei Gerhartsreit wieder, erstrecken sich jedoch nur bis Wolfsberg. Bei den Stockletten handelt es sich um Globigerinenmergel in denen kleine Eisenkonkretionen vorkommen. Zwischen Stockletten und Flysch-Gault (Alb) ist die Buntmergelserie aufgeschlossen; sie zieht sich von Siegsdorf aus bis nach Hammer in kleinen Grüppchen hin, bleibt flächenmäßig aber gering vertreten. Wegen der bunten, nicht horizontgebundenen Lagen etablierte sich auch der in Niederösterreich verwendete Begriff Buntmergel. Die Buntmergelserie gehört schon zum Ultrahelvetikum. Ebenfalls dem Ultrahelvetikum zugehörig, aber quantitativ geringer vertreten, ist der grobklastische Wildflysch, der nur im östlichsten Teil des Gebiets Siegsdorf in Form kleiner Flecken vorliegt.

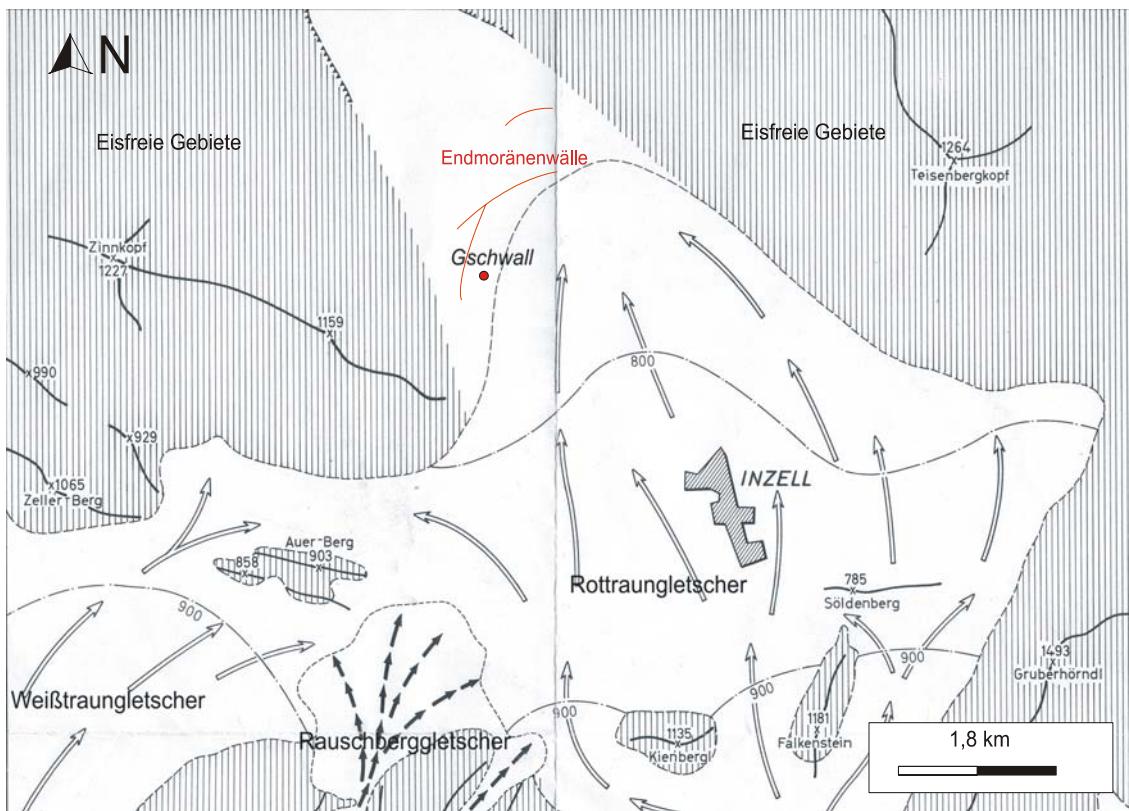
Als Vertreter des Helvetikums ist im Gebiet Teisenberg die Kressenberger Fazies mit den beiden Schichtgliedern Kressenberger Schichten und Fossilschuttkalk anzutreffen. Letztere können südlich des Kleinen Kachelsteins gefunden werden; die Kressenberger Schichten ziehen sich als morphologisch stark ausgeprägter Rücken in südwestlicher Richtung hin.

### 2.3.4 Quartäre Ablagerungen

Quartäre Ablagerungen sind in beiden Kartiergebieten weit verbreitet. Vorkommen sind Fernmoränen der Würmeiszeit (Rottraungletscher, Weißtraungletscher), der Rißeiszeit (Salzachgletscher) sowie Lokalmoräne (Rauschberggletscher; Abb. 4), weiterhin fröhholozäne Schotter und Schwemmkegel die postglazial entstanden sind. Die Ferngletscher der Würmzeitvereisung drangen nicht so weit nach Norden vor wie die während der Rißeiszeit, wovon Lage der drei hintereinander gestaffelten Endmoränenwälle des Rottraungletschers bei Gschwall zeugt. Ihre maximale Höhe beträgt 28 m. Als Würmzeitliche Endmoränenwälle zu erkennen sind sie anhand des bewegten Reliefs mit Kuppen und Senken (JERZ 1993). Der größte Teil der Glazialablagerungen im Gebiet Siegsdorf ist dem Rottraungletscher zuzuordnen; er umfloss den Zinnkopf auf der östlichen Seite und erstreckte sich ins Tal der Roten Traun nördlich Inzell (DOBEN 1973).

Endmoränenwälle des Salzachgletschers sind im Arbeitsgebiet Siegsdorf auf Höhe von Scheibelegg und Wagenau zu finden. Die Moränenwälle sind heute von der Roten Traun unterbrochen, bildeten ursprünglich aber eine geschlossene Einheit.

Auf Höhe des Froschsees, am südlichen Rand des Gebiets Siegsdorf, trafen der Rottraungletscher und der Weißtraungletscher aufeinander. Letzterer bewegte sich westlich um den Zinnkopf herum in das heutige Tal der Weißen Traun. Die Lokalmoräne, die sich von Rauchenbichl über den Froschsee nach Schmelz erstreckt, ist auf den Rauschberggletscher zurückzuführen. Der Rauschenberg-Gletscher wurde aus der Rossgasse und einem Kar zwischen Hinterem Rauschberg und Streicher gespeist und er sammelte sich im Rossgraben, von wo er über eine 50 m hohe Felsbarriere hinab sein Zungenbecken erreichte (DOBEN 1973). Bei Rauchenbichl berühren sich die Endmoränen des Rauschberggletschers mit der Moräne des Weißtraun-, beim Froschsee mit der des Rottraungletschers (Abb. 4).



**Abb. 4: Fern- und Lokalgletscher im Gebiet Siegsdorf, abgeändert aus DOBEN (1973)**

Großflächige quartäre Ablagerungen im Gebiet Teisenberg entstanden durch den Salzachgletscher, der seinen Höchststand in der Rißzeit erreichte (JERZ 1993). Auf den ehemaligen Eishöchststand weisen zahlreiche Seitenmoränenwälle des Salzachgletschers hin. SCHUMERTL (1995) gibt diesen mit 850 m über N.N. an. DOMMEL (1995) beschreibt die Zusammensetzung der Seitenmoränen des Salzachgletschers bei Spittenreut und Atzbach und einer Endmoräne bei dem Gehöft Wildberg folgendermaßen: Kalkalpine Komponenten mit wenig metamorphen Komponenten wie Quarz, Gneise und Granite, wenige Amphibolite und Glimmerschiefer. Das Material setzt sich aus grobem Blockwerk zusammen, der übliche Geschiebebestand ist vorwiegend kalkalpin.

In den Flyschgebieten, die nicht unter einer Eisdecke lagen, herrschte ein hohes Maß an Solifluktion. Als sich die Gletscher zurückzogen, hinterließen sie in Zungenbecken und anderen Niederungen Material, das von seiner Korngröße her Schluff, Sand und Schotter umfasst.

Auf diesen Ablagerungen bildeten sich im Laufe der Zeit Moore. Im Raum Inzell erstreckt sich ein Moor von Niederachen bis nach Wald, was auf eine Abdichtung aus tonigem Material schließen lässt. In den Höhenlagen handelt es sich meistens nicht um echte Moore, sondern um vernässte Gebiete.

Seetone und Schotter wurden durch refraktionsseismische Methoden im Bereich Niederachen in einer Gesamtmächtigkeit von rund 70 m ermittelt (DOBEN 1973). In jüngster erdgeschichtlicher Zeit gab die Erosion der Landschaft ihre endgültige Gestalt. Wasser räumte die Lockergesteine teils wieder aus und bildete Terrassen in den eiszeitlichen Ablagerungen. Aber auch die Schutt- und Schwemmkegel, Hang- und Verwitterungsschotter sind auf die erosive Wirkung des Wassers zurückzuführen. Hochwasserablagerungen sind im Gebiet meist durch einen hohen Schluffanteil zu erkennen. Interglaziale Ablagerungen sind nordöstlich des Frillensees in Form eines Schuttkegels zu finden.

## 2.4 Klima und hydrogeologische Verhältnisse

Der Niederschlag ist in Zusammenhang mit der Temperatur der wichtigste Faktor für die Grundwasserneubildung und die dort stattfindenden Lösungsprozesse. Der Abfluss aus einem Gebiet steht im direkten Zusammenhang mit dem Niederschlag: Kurze Regenschauer wirken sich anders aus als Schneeschmelzen, wobei der Bezug zwischen Niederschlag und Abfluss für die Interpretation der hydrogeologischen Kenngrößen von großer Bedeutung ist (HÖLTING 2005).

Durch die Lage am Nordrand der Alpen und den damit verbundenen Staueffekt der Berge gegenüber der Luftströmungen und den Wolken fällt in beiden Arbeitsgebieten entsprechend viel Regen. In den Monaten Juni, Juli und August erreichen die Niederschlagswerte ihr Maximum, in den Monaten November bis Februar ihr Minimum. Die stärkeren Niederschläge im Sommer treten in dieser Klimazone vor allem am Nordrand der Alpen auf (SCHONWIESE 1994). Dies ist auf den vorherrschenden Klimatyp der Region zurückzuführen. Nach MALBER (1985) handelt es sich um den Klimazonentyp Cfb. Charakteristisch für diesen Typ sind Durchschnittstemperaturen unter 22 °C im wärmsten Monat, und Durchschnittswerte von -3 °C bis 18 °C im kältesten Monat.

## 2.4.1 Untersuchungsgebiet Siegsdorf

In den Tallagen bei ungefähr 450 m ü. N.N. beträgt die mittlere Jahrestemperatur 6 bis 7,0 °C und in den höher gelegenen Regionen < 4 bis 6,0 °C (DOBEN 1973).

Der durch Thiessen-Polygone ermittelte mittlere Niederschlag für das Gebiet Siegsdorf beträgt 1704 mm/a. Er errechnet sich aus den von 1961 bis 2007 aufgezeichneten Jahresmittelwerten der fünf Messstationen die im Gebiet oder in der näheren Umgebung des Gebiets liegen (Tab. 1). In Ruhpolding wurden auf Grund der orographischen Verhältnisse die höchsten Niederschläge gemessen (2552 mm/a), in Siegsdorf die Geringsten (896 mm/a).

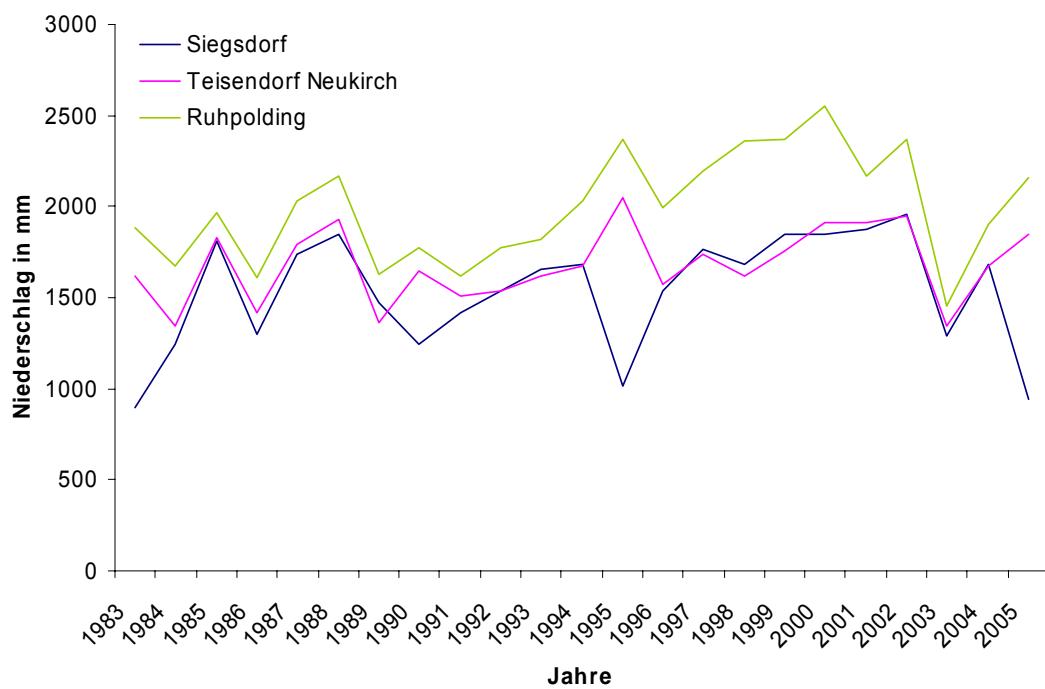
Um eine Aussage über den Niederschlag des Untersuchungsgebiet treffen zu können, wurden die aufgezeichneten Einzelwerte der im Gebiet liegenden Stationen über die Fläche interpoliert. Hierzu verwendet man die Methode der Thiessen-Polygone. Im Prinzip werden dabei Verbindungslien zwischen den Messstationen gezogen, auf denen die Mittelsenkrechten errichtet werden. Die Teilflächen werden verhältnisgleich den Messstationen mit den jeweiligen Niederschlägen zugeordnet. Die daraus resultierenden Niederschläge werden addiert und ergeben den über das Gesamtgebiet interpolierten Niederschlag (HÖLTING 2005).

**Tab. 1 Niederschlagswerte in mm/a an 5 Messstationen im Gebiet Siegsdorf (Datenrecherche aus WWA Traunstein)**

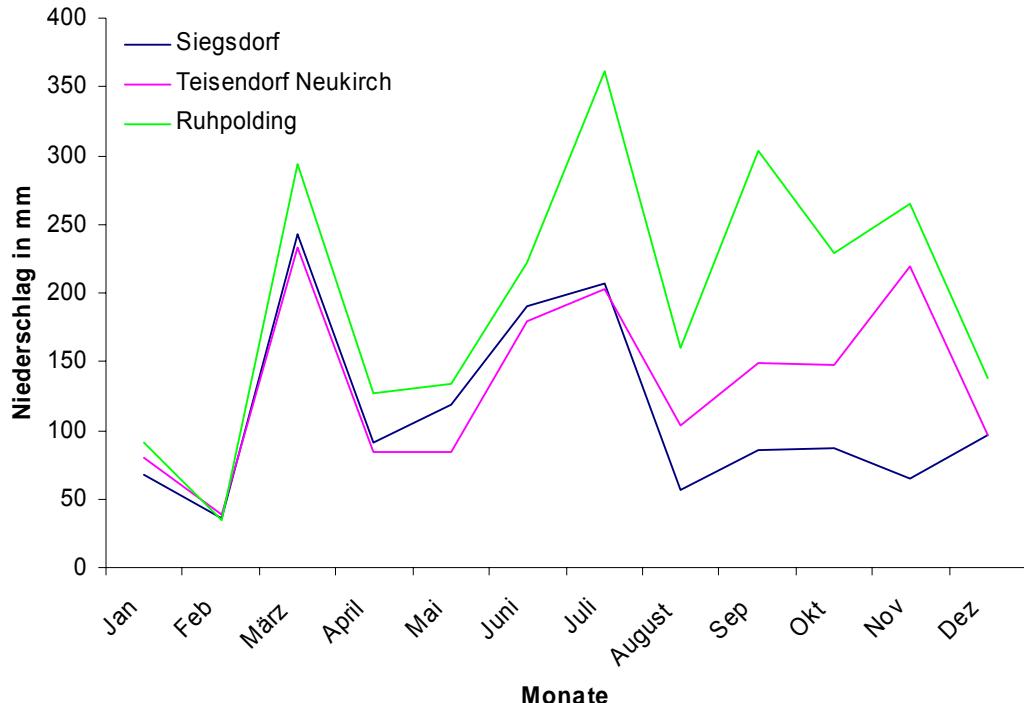
Messstation	mittlerer Jahres- niederschlag in mm/a	minimaler Jahres- niederschlag in mm/a	maximaler Jahres- niederschlag in mm/a	Zeitraum
Siegsdorf	1534,0	896,2	1959,4	1983-2005
Teisendorf- Neukirch	1628,4	1173,4	2051,4	1971-2005
Inzell	1805,8	1260,3	2388,6	1961-2007
Ruhpolding	1914,1	1223,8	2552,2	1970-2006
Siegsdorf- Maria Eck	1779,6	1150,9	2267,8	1961-2007
Thiessen Polygone	1704,4	1142,1	2194,3	

Je nach räumlicher Lage der einzelnen Stationen schwanken die Niederschlagswerte sehr stark. In Ruhpolding, dem südlichsten und damit am nächsten an den Bergen gelegenen Ort fällt durchschnittlich der meiste Niederschlag (1914 mm/a). In Siegsdorf, dem nördlichsten Punkt des Kartiergebiets liegt ein Minimum vor (1534 mm/a). Mit 1628 mm/a Niederschlag liegt die Messstation Teisendorf-Neukirch Wertemäßig zwischen beiden Standorten.

Die Verteilung der Jahresniederschläge zwischen den Jahren 1983 und 2005 der Messstellen Siegsdorf, Ruhpolding und Teisendorf-Neukirch sind in Abb. 5 dargestellt. Dabei ist ein starker Unterschied der Niederschläge innerhalb der einzelnen Jahre feststellbar. Gegenüber den anderen beiden Stationen weist die Station Siegsdorf die niedrigsten Niederschlagswerte auf, ihre nördlichste, und damit am weitesten von den Bergen entfernte Lage, liefert durch die geringere Aufstauung der Wolken eine Erklärung hierfür.



**Abb. 5: Jahresniederschlag an den drei Messstationen Siegsdorf, Teisendorf-Neukirch und Ruhpolding in den Jahren 1983 bis 2005**



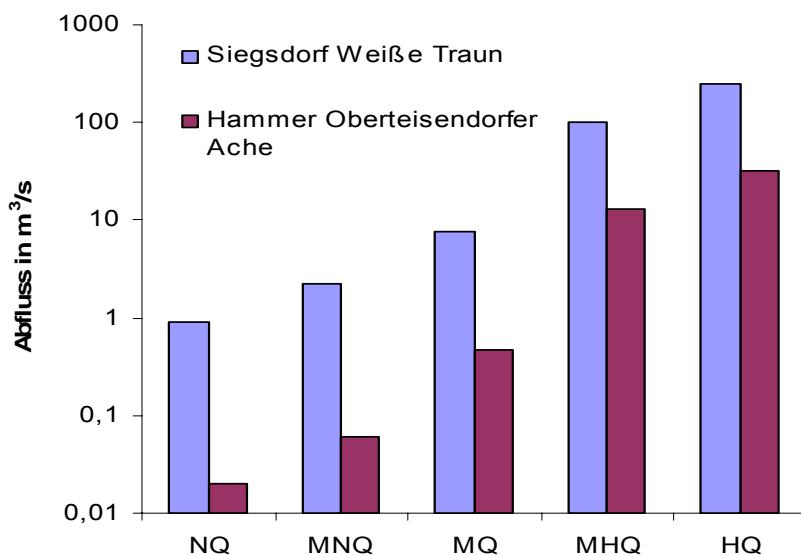
**Abb. 6: Monatliche Verteilung des Niederschlags im Jahr 1998 an den Stationen Siegsdorf, Teisendorf-Neukirch und Ruhpolding**

Abb. 6 zeigt die monatliche Niederschlagsmenge die an den drei Stationen Siegsdorf, Teisendorf-Neukirch und Ruhpolding innerhalb des Jahres 1998 im Gebiet Siegsdorf aufgezeichnet wurde. Das Jahr 1998 steht dabei exemplarisch für ein Jahr ohne besondere Starkregenereignisse oder Trockenperioden. In den Monaten Juli und August liegen an der Messstelle Siegsdorf keine Daten vor, weshalb die Niederschlagsmengen für diese beiden Monate auf Basis der Daten der Stationen Teisendorf-Neukirch und Ruhpolding interpoliert wurden.

Die Niederschlagsdaten wurden vom Wasserwirtschaftsamt Traunstein zur Verfügung gestellt; die Jahresreihen beginnen 1961 und reichen bis zum Jahr 2007. Das Jahresmaximum des Niederschlags liegt bei 361 mm im Monat Juli an der Station Ruhpolding, den niedrigste Niederschlag verzeichnet die Ortschaft Siegsdorf im Februar mit 35,5 mm. Auffallend ist der große Unterschied im Niederschlag von bis zu 100 mm zwischen den einzelnen Messstationen, die ca. 10 km auseinander liegen. Ein Niederschlagsmaximum liegt im Frühjahr und Sommer vor (durchschnittlich 150 mm/Monat), ein Minimum im Herbst und Winter (durchschnittlich 135 mm/Monat).

Zur Bestimmung des Abflusses wurden zwei Messstellen benutzt: Der Pegel Weiße Traun bei Siegsdorf mit  $181,98 \text{ km}^2$ , und der Pegel Oberteisendorfer Ache bei Hammer mit  $15,6 \text{ km}^2$  Einzugsgebiet. Folglich repräsentieren die zwei Flüsse die Heterogenität der vorhandenen hydrogeologischen Verhältnisse sehr anschaulich.

Abb. 7 zeigt, dass die größte Abflussmenge (HQ) in Hammer mit  $32,2 \text{ m}^3/\text{s}$  (12.08.2002) und am 6.6.2002 in Siegsdorf mit  $248 \text{ m}^3/\text{s}$  registriert wurde. Zum Vergleich sei hier der Pegel der Salzach in Burghausen genannt, an dem am 8.9.2000 ein Höchstabfluss von  $3150 \text{ m}^3/\text{s}$  gemessen wurde.

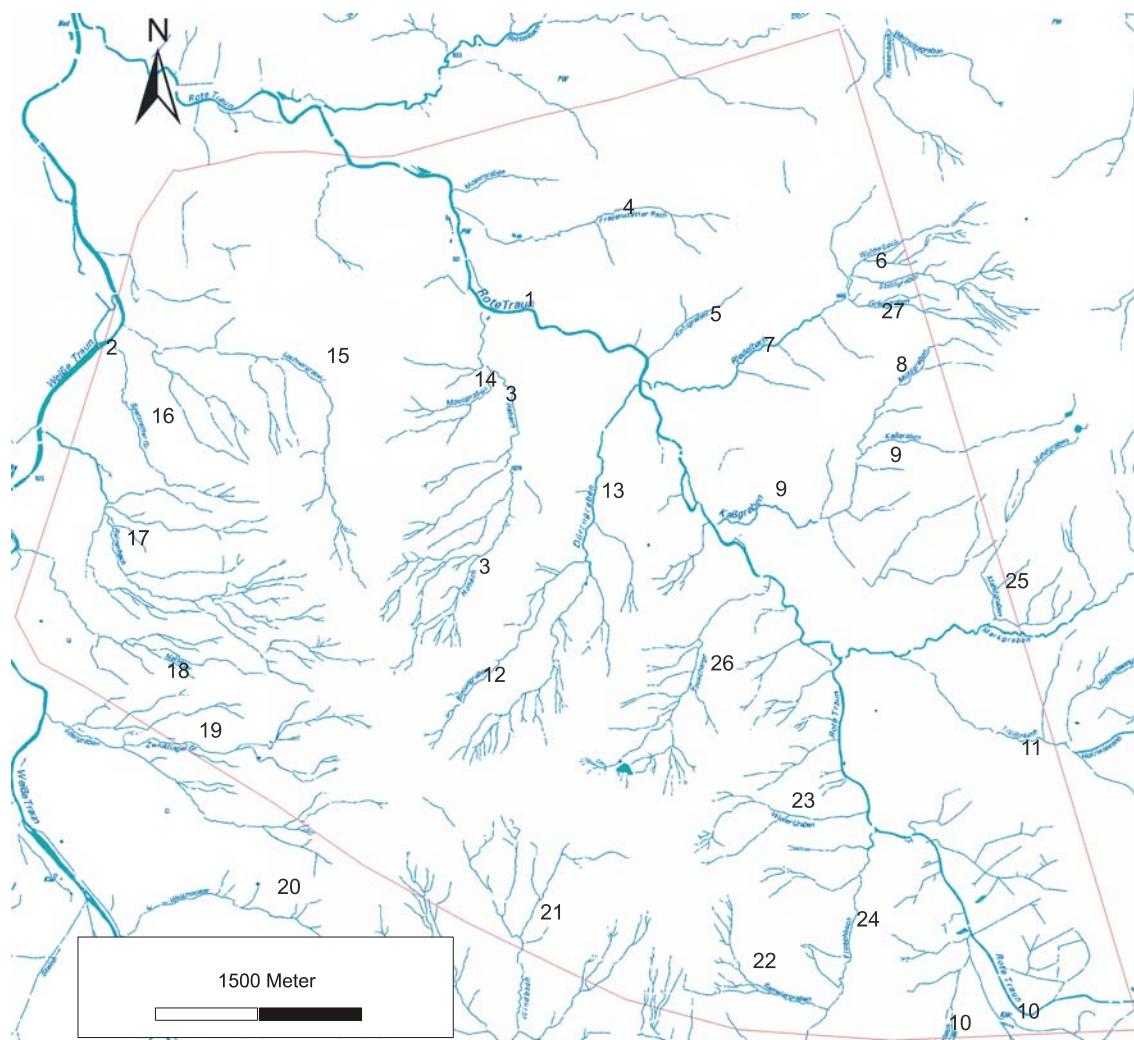


**Abb. 7:** mittlere Jahresabflusswerte der Weißen Traun und der Oberteisendorfer Ache in logarithmischer Darstellung. HQ: höchste gemessene Abflussmenge, MNQ: mittlerer Niedrigwasserabfluss, MQ: Mittelwasserabfluss, HQ: mittlerer Höchstwasserabfluss, NQ: Niedrigwasserabfluss

Die hydrologischen Verhältnisse zeichnen sich durch eine hohe Heterogenität sowohl in Bezug auf die Länge und Breite der Flüsse, als auch auf ihren Durchfluss aus. Größte Flüsse im Gebiet sind die Rote und die Weiße Traun. Ihre Einzugsgebiete werden vom Wasserwirtschaftsamt Traunstein mit  $91,19 \text{ km}^2$  (Rote Traun) bzw. mit  $181,98 \text{ km}^2$  (Weiße Traun) angegeben. Beide haben ihren Ursprung in der Traun, die sich nordwestlich von Siegsdorf in die zwei Flüsse aufteilt. Zufluss erhalten beide Flüsse durch viele kleine, verzweigte Bäche (Tab. 2).

Flüsse mit ähnlicher Größe der Roten Traun sind der Riedelbach nordöstlich der Ortschaft Hammer, der Dürrngraben nordwestlich Hammer und der Markgraben nordöstlich des Weilers Gschwall (Abb. 8). Auf 1000 m Höhe, nördlich der Sulzbergschneid, liegt der Frillensee, der einzige See im Untersuchungsgebiet, mit einer Fläche von ca. 43000 m<sup>2</sup>.

Der Abfluss ist stark abhängig von Starkregenereignissen und der Schneeschmelze. Nach langer Zeit ohne Regen fallen viele der kleinen Rinnsale trocken, was die Aufzeichnungen des Wasserwirtschaftsamts Traunstein im Jahrhundertsommer 2003 belegen.



**Abb. 8: Fließgewässer im Gebiet Siegsdorf mit Nummerangabe (vgl.Tab. 2) bearbeitet aus topographischer Karte 1:25000 (Blatt 8141, 8142, 8241, 8241)**

**Tab. 2: Vorhandene Fließgewässer im Gebiet Siegsdorf (siehe Abb. 8)**

Nummer	Fließgewässer	Zufluss	Lage	Länge
1	Rote Traun	Traun		> 5 km
2	Weisse Traun	Traun		
3	Mosergraben	Zufluss Rote Traun	N Vorauf	
4	Frauenstätter Bach	Zufluss Rote Traun	S Vorauf	
5	Kohlgraben	Zufluss Rote Traun	N Hammer	
6	Walderbach, Sterngraben,	Zufluss Riedelbach	N Kökenberg	
7	Riedelbach	Zufluss Rote Traun	E Kökenberg	
8	Mühlgraben, Kaßgraben,	Zufluss Kaßgraben	S Süßboden	
9	Kaßgraben	Zufluss Rote Traun	S Hammer	
10	Sulzenbach, Klär	Zufluss Rote Traun	S Inzell	> 1 km
11	Weissenbach	Zufluss Markgraben	N Inzell	
12	Blasengraben	Zufluss Dürngraben	E Zinnkopf	
13	Dürngraben	Zufluss Rote Traun	NW Scheibelegg	
14	Habach, Moosgraben	Zufluss Rote Traun	SW Frauenstätt	
15	Lochnergraben	Zufluss Weisse Traun	SE Gerhardsreit	
16	Spatzrettergraben	Zufluss Weisse Traun	E Spatzreit	
17	Rainerbach	Zufluss Weisse Traun	E Hörgering	
18	Nattergraben	Zufluss Weisse Traun	SE Hörgering	
19	Zwicklinger Graben	Zufluss Weisse Traun	N Vordermiesenbach	
20	Weitmoosgraben	Zufluss Weisse Traun	NE Ruhpolding	
21	Windbach	Zufluss Weisse Traun	Grashof	
22	Ramslergraben	Zufluss Froschbach	W Inzell	
23	Wiener Graben	Zufluss Rote Traun	W Windgrat	
24	Froschbach	Zufluss Rote Traun	NW Inzell	
25	Mahdgraben	Zufluss Markgraben	NE Inzell	< 1 km
26	Tauschergraben	Zufluss Rote Traun	Obermoos	
27	Grenzgraben	Zufluss Riedelbach	W Hammer	

#### 2.4.2 Gebiet Teisenberg

Die klimatischen Bedingungen des Teisenbergs ähneln denen des westlichen Nachbargebietes Siegsdorf, wobei die durchschnittlich größere Höhenlage zur Abweichung führt. Als Anhaltspunkt hierfür dienen die im Verhältnis zu den Tallagen um 2 bis 4°C niedrigeren Durchschnittstemperaturen der Höhenlagen im Arbeitsgebiet.

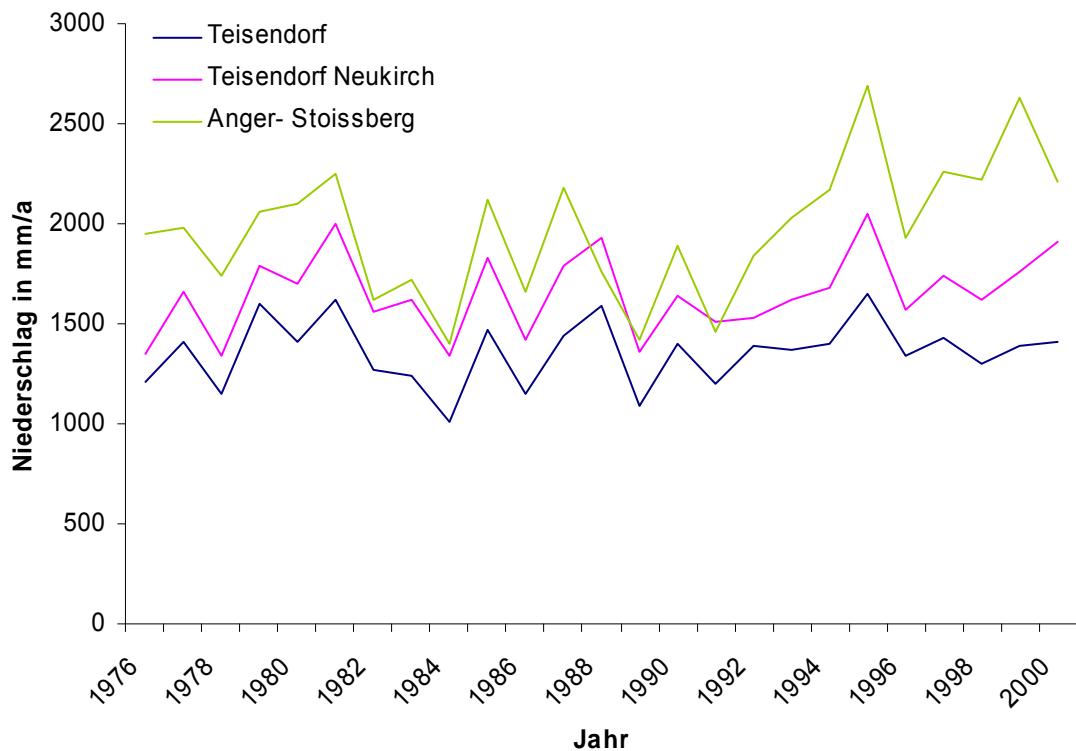
Auch der mittlere Niederschlag mit 1643,4 mm/a ist nahezu identisch mit dem des Gebiets Siegsdorf. Dieser Wert wurde ebenfalls durch die Berechnung anhand der Thyssen-Polygone ermittelt. In Tab. 3 werden die Niederschlagswerte von sieben Messstationen im Zeitraum von 1961-2007 dargestellt. Der gewählte Zeitraum von 40 Jahren gewährt ein repräsentatives Ergebnis für die Mittel- und Spitzenwerte des Niederschlags im Gebiet. Sämtliche Daten wurden im Wasserwirtschaftsamts Traunstein recherchiert.

**Tab. 3: Niederschlag an sieben Messstationen im Untersuchungsgebiet Teisenberg**

Messstation	mittlerer Jahres- niederschlag in mm/a	minimaler Jahres- niederschlag in mm/a	maximaler Jahres- niederschlag in mm/a	Zeitraum
Achtal	1706,7	1333,9	2151,6	1961 – 1968
Anger-Oberhögl	1332,7	994,9	1724,8	1961 – 2005
Anger-Stoissberg	1953,1	1376,6	2747,0	1961 – 2007
Inzell	1805,8	1260,3	2388,6	1961 – 2007
Reichenhall	1628,6	1226,7	2115,0	1961 – 2006
Teisendorf	1329,7	989,8	1740,5	1961 – 2007
Teisendorf- Neukirchen	1628,4	1173,4	2051,4	1971 – 2005
Thiessen-Polygone	1643,4	1188,7	2165,7	

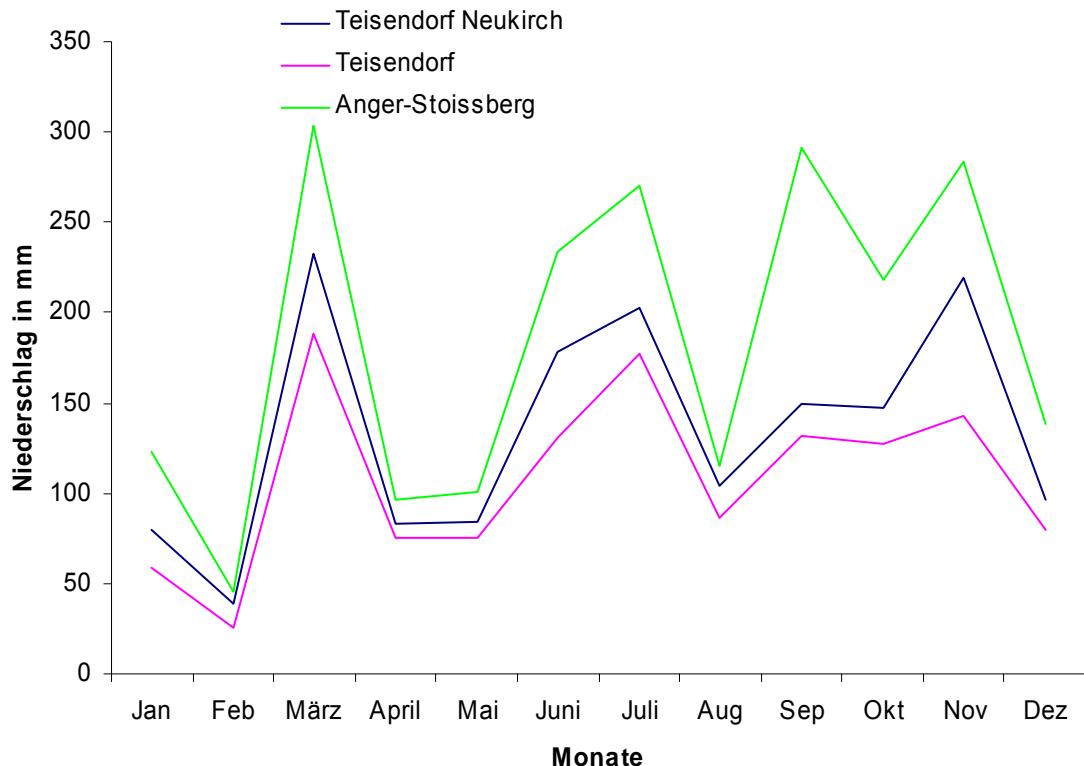
Den kleinsten Niederschlagswert verzeichnet die Gemeinde Teisendorf mit 1329 mm/a, den größten die Messstation bei Anger-Stoissberg mit 1953,1 mm/a. In Tab. 3 wird deutlich, dass die Niederschläge Jahreszeiten bedingt erwartungsgemäß starken Schwankungen unterworfen sind. Dies liegt an dem am Anfang beschriebenen Klimatyp cfb mit seinen Niederschlagsmaxima im Sommer und Minima im Winter.

Zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Niederschlagsmittelwert in Tab. 3 liegt ein Unterschied von 623 mm/a. Um die ganzjährlichen Schwankungen im Niederschlag zu veranschaulichen, sind in Abb. 9 die an den Stationen Teisendorf und Anger-Stoissberg gemessenen Niederschlagswerte im Zeitraum von 1976 bis 2000 gegenübergestellt. Als Station mit durchschnittlichen Niederschlagswerten dient die Station Teisendorf Neukirch. Hier sind die ähnlichen Verläufe der Jahresniederschläge, die sich jedoch in der Quantität unterscheiden zu sehen. Nur selten reißen einzelne Jahre aus dem Verlauf aus.



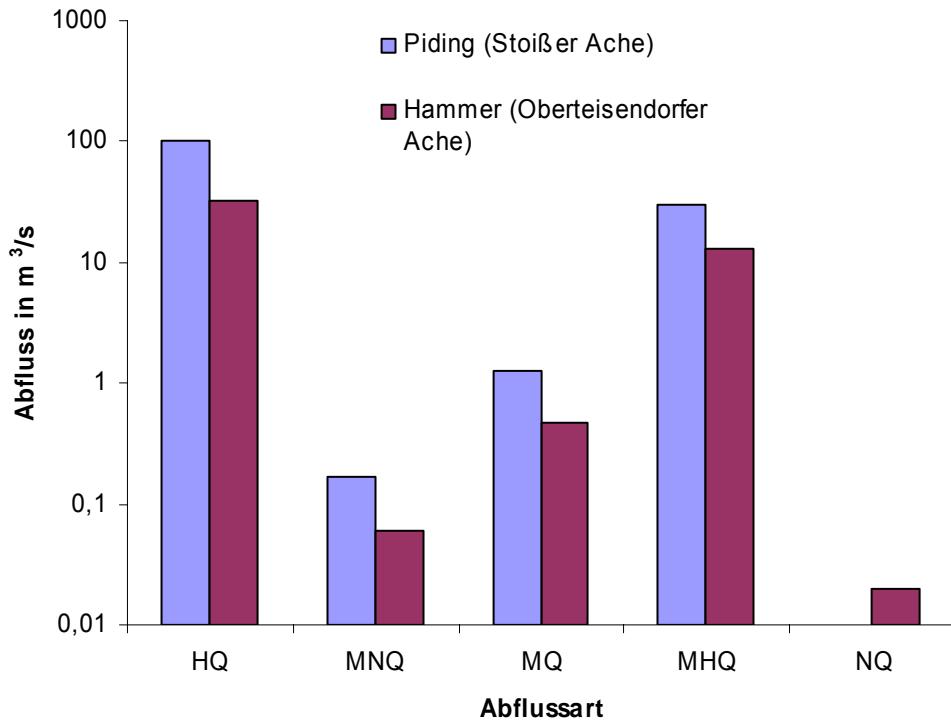
**Abb. 9: mittlerer Jahresniederschlag an den drei Stationen Teisendorf, Teisendorf Neukirch und Anger-Stoissberg von 1976 bis 2000**

In Abb. 10 wird die monatliche Niederschlagsverteilung des Jahres 1998 an den Stationen Teisendorf, Teisendorf Neukirch und Anger-Stoissenberg dargestellt. Das Minimum liegt bei 25,7 mm Niederschlag im Monat Februar, gemessen an der Station Teisendorf, das Maximum bei 291 mm im Monat September beim Messpunkt Anger-Stoissberg. Ähnlich wie im Gebiet Siegsdorf treten Unterschiede im Niederschlag zwischen Sommer und Winter auf. Auffällig ist der Sprung zwischen Februar und März: im Februar fielen noch durchschnittlich 36 mm Niederschlag, im März hingegen durchschnittlich 241 mm. Der Verlauf der Niederschlagskurven ist bei allen drei Stationen sehr ähnlich, sie unterscheiden sich im Wesentlichen nur durch die Menge des gefallenen Niederschlags.



**Abb. 10:** monatlicher Niederschlag im Jahr 1998 an den drei Stationen Teisendorf Neukirch, Teisendorf und Anger-Stoissberg

Zur Bestimmung des Abflusses wurden zwei Pegel benutzt, die 1 km, bzw. 2 km außerhalb des Gebietes liegen. Zum einen der Pegel an der Stoißer Ache auf Höhe Piding, und zum anderen der Pegel bei Hammer, der schon im Gebiet Siegsdorf für die Bestimmung des Abflusses verwendet wurde (Abb. 11). Die Datenerfassung des Abflusses am Standort Hammer erstreckt sich von 1926 bis 2006, am Messort Piding von 1951 bis 2004. Die Datenrecherche ergab, dass der höchste Abflusswerte (HQ) in Hammer  $32,2 \text{ m}^3/\text{s}$  und in Piding  $103 \text{ m}^3/\text{s}$  beträgt, gemessen jeweils am 12.8.2002. Die Niederschlagswerte an diesem Datum weisen auf ein stärkeres Regenereignis hin; denn an den Stationen Inzell (21,8 mm/d), Bad Reichenhall (15,4 mm/d) und Anger-Stoissberg (19,9 mm/d) wurden an diesem Tag erhöhte Niederschlagswerte gemessen.



**Abb. 11: Abflusswerte der Oberteisendorfer Ache und der Stoißer Ache. HQ: höchste gemessene Abflussmenge, MNQ: mittlerer Niedrigwasserabfluss, MQ: Mittelwasserabfluss, HQ: mittlerer Höchstwasserabfluss, NQ: Niedrigwasserabfluss**

Auch das Gebiet um den Teisenberg zeichnet sich durch eine Vielzahl von Quellen und kleinen Flüsse aus (Tab. 4). Das Hauptgewässer ist die Stoißer Ache, deren Quelle auf 1200 m ü. N.N. im Staufenecker Forst nahe der Stoißer Alm liegt. Die Stoißer Ache besitzt ein Einzugsgebiet von ca. 50 km<sup>2</sup>. Weitere größere Bäche sind der Marktgraben am westlichen Gebietsrand, der Falkenseebach und der Großwaldbach im Südwesten. Viele der kleinen Flüsse führen wiederum nur periodisch Wasser und versiegen laut Aussage von Anliegern bei längerer Trockenheit völlig.

Der Großteil des Abflusses erfolgt oberflächlich, da die Sandsteine des Flysch schlecht durchlässig sind, die Wässer fließen meist dicht unter der Oberfläche und treten nur bei stärkeren Regenereignissen zu Tage. Zu erkennen sind diese dann nur beim Austritt an Schichtgrenzen oder im Hanganschnitt. Die Schüttung der einzelnen Quellen bleibt sehr gering, selten reichen sie über 2 L/s. Einziger See im Gebiet ist der auf 922 m über N.N. gelegene Frillensee mit einer Fläche von 43000 m<sup>2</sup>. Nach Angaben des Wasserwirtschaftsamts Traunstein besitzt er ein Einzugsgebiet von 2,5 km<sup>2</sup>.

**Tab. 4: Überblick über die Oberflächengewässer im Untersuchungsgebiet Teisenberg**

Fließgewässer	Zufluss	Lage	Länge
Stoißer Ache	mündet bei Piding in die Saalach		> 5 km
Falkenseebach, Großwaldbach	Zuflüsse der Roten Traun	E Inzell bei Oedmühl	
Frillenseebach	Ausfluss aus dem Frillensee, Zufluss Großwaldbach	NW Frillensee	
Steinbach	Zufluss Großwaldbach	N Adlgaß	> 1 km
Markgraben	Zufluss Rote Traun,	N Holzen	
Schwarzenberggraben	Zufluss Oberteisendorfer Ache	SW Neukirchen	
Aufhamer Bach	Zufluss Stoißer Ache	W Aufham	
Leitengraben	Zufluss Stoißer Ache	E Piding	
Hochöder Graben	Zufluss Oberteisendorfer Ache,	S Fuchssteig	
Brennerbach	Zufluss Weißenbach	E Hutterer	
Holzwiesenbach, Holzwiesengraben	Zufluss Weißenbach	NE Hutterer	
Weißenbach	Zufluss Markgraben	W Hutterer	
Mahdgraben	Zufluss Markgraben	N Unterau	< 1 km
Kaßgraben	Zufluss Rote Traun	E Hammer	
Mühlgraben	Zufluss Kaßgraben	NE Mauer	
Walderbach, Steingraben, Grenzgraben	Zuflüsse Riedelgraben	SW Kleiner Kachelstein	
Brandgraben	Zufluss Schwarzenberggraben	NE Großer Kachelstein	
Alzbach	Zufluss Oberteisendorfer Ache	E Gschwend	
Vorderrissgraben, Hochöder Graben	Zuflüsse Fuchssteiggraben	S Fuchssteig	
Fuchssteiggraben	Zufluss Oberteisendorfer Ache	NE Mauerreuten	
Alpenbach, Poschenockbach,	Zuflüsse Stoißer Ache	SE Stoißer Alm	
Stoißermaish		NE Maureute	
Roithenbach	Zufluss Stoißer Ache	SW Anger	
Almbach	Zufluss Stoißer Ache	W Anger	
Dunkelgraben	Zufluss Stoißer Ache	SW Aufham	
Seen			
Frillensee		N Zwiesel	

### 3 Quellkartierung

#### 3.1 Arbeitsweise und Methodik

Zur Vorbereitung der Geländearbeit fand eine Recherche im Wasserwirtschaftsamt Traunstein statt. Grundlage hierfür waren die schriftlichen Unterlagen sowie das BodenInformationsSystem (BIS) des Landesamts für Umwelt und die Datenbanken der Bayrischen Wasserwirtschaftsämter (InfoWas). In letzteren fanden sich vor allem Informationen zu privaten und öffentlichen Wasserversorgern, im BIS über frei auslaufende Quellen. Weitere Hinweise auf Quellaustritte wurden von Mitarbeitern des Gesundheitsamts Traunstein gegeben, deren Aufgabe die Überwachung der Wasserqualität vieler kleiner Privatquellen ist, und die ebenfalls deren Lage verzeichnet haben.

Die einzelnen Datenbanken sind im Bezug auf Namengebung und Koordinaten nicht aufeinander abgestimmt, was einen Abgleich der Eintragungen erforderlich machte. Hierzu dienten topographische Karten im Maßstab 1: 25000, in die die einzelnen gegebenen Punkte der beiden Systeme mit Rechts und Hochwert eingetragen wurden.

Im Gelände wurde nun die Lage der einzelnen Quellaustritte überprüft. Nachdem sie hierzu anhand der gegebenen Rechts- und Hochwerte (Gauß-Krüger-Projektionen, Bessel Ellipsoid) lokalisiert, und dann per GPS eingemessen wurden, fand ein Abgleich mit den vorhandenen Eintragungen in der Karte statt. Die Höhe der Quellaustritte wurde anhand der topographischen Karten 1:25000 bestimmt, die Messungen mit dem GPS sind aufgrund der technologisch-methodischen Eigenheiten nicht für direkte Messung von Geländehöhen geeignet. Wicht jedoch der angegebene Rechts- und Hochwert zu stark von der wirklichen Lage der Quelle ab, musste in vereinzelten Fällen der Flusslauf bis zum Quellaustritt verfolgt werden. In vielen Fällen konnte die Lage besonders der im BIS verzeichneten Quellen nicht bestätigt werden.

Nachdem die Quellaustritte erfasst waren, erfolgte die Ermittlung der Vor-Ort-Parameter pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Redoxpotential, Sauerstoffsättigung bzw. Gehalt, Wassertemperatur und der Schüttung. Die Organoleptik, also die Trübung, Färbung (beides nach DIN 38404) und Geruch der Gewässer wurden bei diesem Schritt ebenfalls vermerkt.

Die Schüttung wurde per Eimer und Stoppuhr ermittelt; bei den im Gebiet vorhandenen öffentlichen Brunnen wurde mit Hilfe der Wasserwarte, die den Zugang zu den Brunnenhäusern ermöglichten, an einer Wasseruhr die momentane Fördermenge abgelesen.

Zur Auswahl der Probenahmestationen für die Analyse wurde anhand einer hierarchischen Komponentenanalyse der Vor-Ort-Parameter 12 Quellen und Brunnen aus den sechs Clustern (Abb. 18) ausgesucht, die repräsentativ für einen Wassertyp waren. Das bedeutet, die einzelnen Gruppen haben intern eine möglichst große Übereinstimmung in ihren Vor-Ort-Parametern, untereinander sind die Unterschiede aber möglichst groß. Bei der Probenahme wurden für die Analytik ebenfalls noch einmal die Schüttung und die Vor-Ort-Parameter gemessen, hinzu kamen noch die Säure- und Basenkapazität. Diese 12 ausgesuchten Proben wurden dann im Labor des Departments für Umwelt- und Geowissenschaften, Sektion Hydrogeologie und im Labor des Landesamts für Umwelt auf Haupt-, Spuren- und Nebenelemente analysiert. Zur Auswertung der Ergebnisse wurden darüberhinaus die Messwerte der Diplomkartierung KRATZER (2008) herangezogen.

### 3.2 Beschreibung der Messpunkte

#### 3.2.1 Allgemein

Ungefassste Quellaustritte sind im Gebiet quantitativ am häufigsten vertreten, gefasste beschränken sich auf die öffentliche Wasserversorgung, oder die Wasserversorgung von kleinen Höfen und Almen. Eine unbedenkliche Wasserqualität der privaten Quellen ist laut Gesundheitsamt Traunstein teilweise nicht mehr gegeben, so dass viele Bauern ihr Wasser mittlerweile aus der öffentlichen Wasserversorgung beziehen.

Die öffentliche Wasserversorgung wird zum Teil aus den Quellen, aber auch aus Brunnen innerhalb von Wasserschutzzonen gespeist. Im Gebiet Siegsdorf gibt es sechs Brunnen und ebenso viele gefasste Quellen die im Bereich einer ausgewiesenen Wasserschutzzone liegen. Oftmals ist die Nutzung der privaten Quellen nur durch das Befragen der Anlieger zu erfahren; die Unterlagen der verschiedenen Ämter sind oft nicht auf den neuesten Stand gebracht, oder gar nicht vorhanden.

13 Wasserversorgungen liegen im Gebiet Siegsdorf, fünf davon stellen die öffentlichen Wasserversorger in Form von Gemeinden, sieben sind privater Natur in Form von Zweckverbänden. Im Gebiet Teisenberg gibt es 21 Wasserversorgungen. Darunter sind vier Brunnen und 42 Quellen, nur sechs weisen ein Trinkwasserschutzgebiet auf (Tab. 5). Die restlichen Quellen sind, wie im Gebiet Siegsdorf, als Trinkwasser oder Brauchwasser privat genutzt. Eine Auflistung der komplett kartierten Brunnen und Quellen befindet sich im Anhang 1.

**Tab. 5: Wasserversorger in den Arbeitsgebieten Siegsdorf und Teisenberg; WV: Wasserversorger**

Bezeichnung	Namen der Brunnen und Quellen	Nutzung
<b>Gebiet Siegsdorf</b>		
Stadtwerke Traunstein	Kressenbach Brunnen 1– 4	öffentliche TrinkWV
Zweckverband Surgruppe	Vogling Brunnen1	öffentliche TrinkWV
Gemeinde Siegsdorf	Höpfling Brunnen 1– 4	Brauchwasser, Notversorgung
Stadtwerke Traunstein	Kressenbach Quelle 1	öffentliche TrinkWV, Reserve
Gemeinde Siegsdorf	Köckenberg gefasste Quelle 1–3	öffentliche TrinkWV
Gemeinde Siegsdorf	Riedl gefasste Quelle 1–3	öffentliche TrinkWV
WV Wald	Franz Gallinger gefasste Quelle 1 und 2	ehemalige private TrinkWV
WV Oberhausen	Oberhausen gefasste Quelle 1–3	ehemalige private TrinkWV
WV Wolfsberg	Wolfsberg gefasste Quellen 1–7	ehemalige private TrinkWV
WV Forstamt Siegsdorf	Prügelmöser Quelle 1	private TrinkWV
WV Hammer	Scheibelegg Quelle 1– 6	Brauchwasser
WV Forstamt Siegsdorf	Rindermoos Quelle 1	private TrinkWV
WV Wiesengrabenhütte	Wiesengrabenhütte Quelle 1	private TrinkWV
<b>Gebiet Teisenberg</b>		
Zweckverband Surgruppe	Aufham Brunnen I und II	öffentliche TrinkWV
Naturbadepark Inzell	Brauchwasserbrunnen I und II	BrauchWV
WV Piding	Schlosswald Quellen 1, 1a und 2	öffentliche TrinkWV
WV Farnbichlalm	Farnbichl Quelle	EigenTrinkWV
WV Fürmannalm	Fürmannalm Quelle I und II	öffentliche TrinkWV
WV Geisreiter	Duft Quelle	EigenTrinkWV
WV Hallweger & Wakolbinger	Hallweger & Wakolbinger Quelle	EigenTrinkWV
WV Stoisser Alm	Frauenwald Quellen 1 – 3	öffentliche TrinkWV
WV Steiner Alm	Steiner Alm Quelle	BrauchWV
WV Gemeinde Inzell	Teisenberg Quellen 1 – 6	Notwasserversorgung
Zweckverband Surgruppe	Frauenwaldquellen 1 – 4	ehemalige TrinkWV
Zweckverband Surgruppe	Freidling Quellen 1 – 4	ehemalige TrinkWV
WV Adlgäß	Adlgäß Quelle	EigenTrinkWV
WV Bäckeralm	Steintalquelle und „alte“ Quelle	EigenTrinkWV
WV Klaffeln	Quelle	EigenTrinkWV
WV Pommern 7	Quelle	EigenTrinkWV
WV Pommern	Quellen 1 – 3	öffentliche TrinkWV
WV Reith	Quelle	EigenTrinkWV
WV Teisenberg	Quelle	EigenTrinkWV
WV Einsiedl	Quellen 1 und 2	ehemalige TrinkWV
WV Kapell	Holzner Quellen 1 – 3	ehemalige TrinkWV

### 3.2.2 Quellen

In beiden Gebieten ist etwa die Hälfte der kartierten Quellen gefasst; je nach Nutzung reicht der Ausbau vom einfachen Betonring mit 80–100 cm Durchmesser, bis zur gut ausgebauten öffentlichen Grundwasserversorgung. Die privaten Quellen sind nach mündlicher Mitteilung des Wasserwirtschaftsamts Traunstein und des Gesundheitsamts Traunstein oft von mangelnder Hygiene. Grund dafür ist die geringe Verweildauer des Wassers im Untergrund und die schlechte Filterwirkung der überdeckenden Böden; eine Wasserschutzzone fehlt im Gegensatz zu den öffentlichen Versorgern gänzlich. Besonders nach starken Regenfällen treten in den Wässern koliforme Bakterien und eine starke Trübungen auf. Nur vereinzelt werden diese kleinen Quellfassungen noch zur Trinkwassergewinnung genutzt; meist ist dies auf Almen der Fall. Einige wenige dienen als Brauchwasser, die meisten liegen aber seit dem Ausbau des Trinkwassernetzes brach.

Die Schüttung der Quellen reicht von 0,01 L/s bis zu 14 L/s. Bei den frei auslaufenden Quellen liegt der Wert aber selten über 5 L/s. Bestimmt wurde diese Schüttung mit der Eimer- und Stoppuhr-Methode.

### 3.2.3 Brunnen

Zur Trinkwasserversorgung tragen die Brunnenbohrungen im Gebiet den größten Anteil bei. Im Gebiet Siegsdorf wurden sechs Bohrungen mit einer Tiefe zwischen 19,5 m (Vogling) und 28,0 m (Kressenbach) abgeteuft, im Gebiet Teisenberg vier. Die Brunnen in Höpfling (Brunnen 1-4) dienen hierbei der Brauchwassergewinnung ebenso wie die in Inzell (Brauchwasserbrunnen 1 und 2). Bei beiden Standorten wird ein spätglazialem Schotter als Grundwasserleiter erschlossen, wobei die Fördermenge von 1,5 L/s in Inzell bis zu 30 L/s in Höpfling reicht.

Die Brunnen in Kressenbach, Vogling und Aufham dienen der Trinkwasserversorgung. In Kressenbach (Brunnen 1–3) wird ein leicht gespannter Grundwasserleiter erschlossen, der sich aus Grobkies mit Nagelfluheinlagen zusammensetzt. In Vogling (Brunnen I) liefert eine glaziale Wanne aus Kies mit sandigen und schwach schluffigen Komponenten das Trinkwasser. Aufham (Brunnen I und II) fördert Wasser aus einem sandigen Kies, der das Hangende zu Seetonen bildet. Die Schüttung der drei Standorte reicht von 10 L/s (Vogling) bis zu 70 L/s in Kressenbach.

## 4 Erläuterung und Ergebnisse der Vor-Ort-Parameter-Messungen

### 4.1 Einleitung

Die Bestimmung der Vor-Ort-Parameter im Gelände ist von größter Wichtigkeit. Viele dieser Parameter sind stark von Temperatur oder Entgasungsprozessen abhängig, was eine exakte Ermittlung im Labor nahezu unmöglich macht.

Gemessen wurden der pH-Wert, das Redoxpotential in mV, die elektrische Leitfähigkeit in  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , die Sauerstoffsättigung in % und der -gehalt in mg/L. Hierfür stehen entsprechend der Parameter vier Sonden zur Verfügung die an das Multimeter Multiline P4 (WTW GmbH) angeschlossen wurden.

Die Wassertemperatur konnte mit allen Sonden ausgenommen der Redoxsonde ermittelt werden. Die Säurekapazität  $K_s$  (4,3) und Basenkapazität  $K_B$  (8,2) wurde mit einem Digitaltitrator der Firma Hach (Hach Company) ermittelt.

An jedem kartierten Quellaustritt und Brunnen wurden die Vor-Ort-Parameter gemessen. Im Gebiet Siegsdorf liegen insgesamt 40 Messungen vor, im Gebiet Teisenberg 74. Aus zeitlichen Gründen wurden die Vor-Ort-Parameter an allen Quellen jeweils nur einmal ermittelt. Ein Vergleich der einzelnen Daten bezogen auf die äußeren Einflüsse wie Jahreszeiten und starker Regen ist daher nicht möglich. Die Daten wurden in einem Zeitraum von jeweils drei Wochen gemessen.

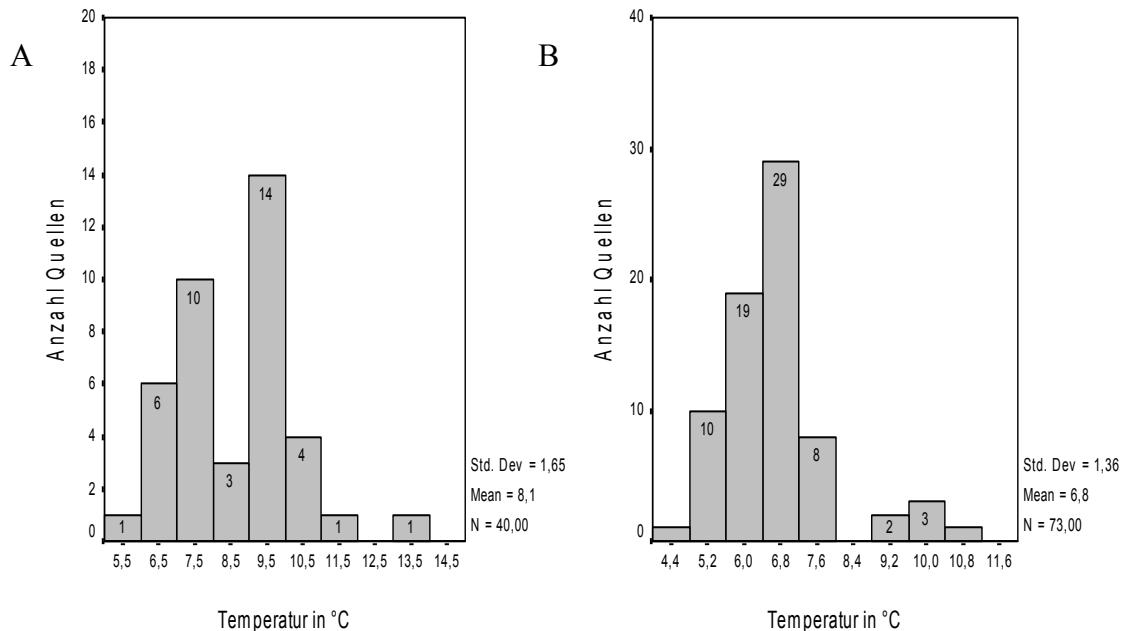
Einschränkungen bei der Bestimmung der Vor-Ort-Parameter ergaben sich beim Zugriff auf die Quellfassungen, da teilweise eine Messung direkt am Quellaustritt aufgrund der fortgeschrittenen Korrosion der Quellfassungen nicht möglich war. In

diesem Fall wurden die Werte am Überlauf der Quellfassung ermittelt. Je nach Lage, Lufttemperatur sowie Alter- und Verwitterungszustand des Überlaufs kann sich dies auf die Messwerte auswirken. Die Vor-Ort-Messungen an den Brunnen wurden mit Hilfe der Wasserwarte an einem Probenahmehahn nach dem Freipumpen der Brunnen vorgenommen. Hinzugezogen wurden die ermittelten Parameter zur Auswahl der Cluster für die anschließende Probenahme und für die Kontrolle der Analytik, sowie zu deren Interpretation.

## 4.2 Wassertemperatur

Die Temperatur des Wassers ist ausschlaggebend für viele physikalische und chemische Eigenschaften und somit auch von hoher Bedeutung für die Vor-Ort-Parameter. Sie bestimmt im Besonderen den Grad der Löslichkeit von Feststoffen ebenso wie den Gehalt an freier Kohlensäure (HÖLTING 2006). Ermittelt wird sie elektronisch an jeder der drei in Kapitel 4.1 genannten Sonden. Die Präzision der Messung liegt bei  $\pm 0,1$  °C. Verwendet wurde wieder das Multimeter Multiline P4 der Firma WTW.

In beiden Gebieten ist eine Teilung in jeweils zwei Gruppe zu beobachten (Abb. 12). Im Gebiet Siegsdorf (Abb. 12 A) liegt die eine zwischen 6,0 °C und 8,0 °C, die andere zwischen 9,0 °C und 11 °C. Der niedrigste gemessene Wert liegt bei 4,9 °C, der höchste bei 12,9 °C.



**Abb. 12: Wassertemperatur der 40 (Gebiet Siegsdorf links) bzw. 74 (Gebiet Teisenberg rechts) Quellen und Brunnen im Arbeitsgebiet , N: Anzahl der Messwerte**

Im Gebiet Teisenberg (Abb. 12 B) liegt der Hauptanteil zwischen 5,0 °C und 8,0 °C, der kleinere Teil zwischen 9,0 °C und 11 °C. Betrachtet man die Werte der beiden Gruppen ist jeweils eine Standard Normalverteilung der beiden Bereiche erkennbar.

Gründe für die Zweiteilung der Wassertemperaturen werden im Kapitel 5.5.1 beschrieben, die unterschiedliche Temperaturbereiche der beiden Gebiete (Siegsdorf: 4,9 bis 12,9 °C, Teisenberg: 4,0 bis 11,0 °C) sind unter anderem auf die verschiedenen Höhenlagen der Messpunkte zurückzuführen.

#### 4.3 elektrische Leitfähigkeit

Als elektrische Leitfähigkeit bezeichnet man die Fähigkeit eines Stoffes elektrischen Strom zu leiten. Der Strom wird durch die in Lösung dissoziierten Ionen transportiert. Die Kationen und Anionen wandern hierbei in einem angelegten elektrischen Feld je nach Polung zur Anode oder Katode und geben pro Milliäquivalent die Elektrizität von 96,5 Colomb ab (HÖLTING 2005).

Die elektrolytische Umwandlung ist mit einer chemischen Umwandlung verbunden, die von folgenden Parametern abhängig ist: Temperatur des Wassers, Konzentration und Dissoziationsgrad des jeweiligen Elektolyts und der Beweglichkeit der einzelnen Ionen in Feldrichtung.

Da in natürlichen Wässern die Wertigkeit und die Beweglichkeit konstant sind, lässt sich die elektrische Leitfähigkeit als Funktion der Ionenkonzentration darstellen. Die elektrische Leitfähigkeit (S) entspricht dem Kehrwert des Widerstands (R) (LANGGUTH & VOIGT 2004).

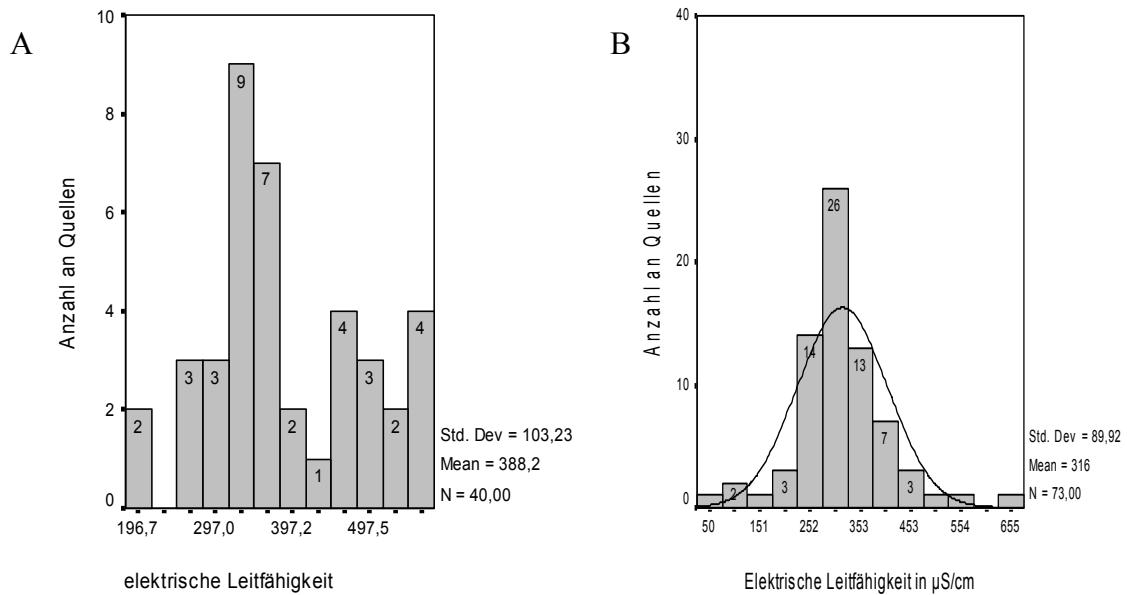
$$S = \frac{1}{R} \quad (1)$$

Ermittelt wird der Widerstand anhand einer Leitfähigkeitsmesszelle in einer Wasserprobe. Diese besteht aus zwei Elektroden mit einer Fläche von  $1 \text{ cm}^2$  und einem Abstand von 1 cm, an die üblicherweise ein Wechselstrom hoher Frequenz angelegt wird. Der Wechselstrom soll Polarisationseffekten vorbeugen, die an der Grenze Elektrode/Flüssigkeit bei Stromfluss auftreten können und die Messwerte verfälschen (HÖLTING 2005). Die Einheit der elektrischen Leitfähigkeit wird in  $\mu\text{S}/\text{cm}$  angegeben. Durch die unterschiedliche Ionenbeweglichkeit bei hoher und niedriger Temperatur muss die Angabe weiterhin auf die Standardtemperatur von  $25^\circ\text{C}$  korrigiert werden. Das verwendete Gerät führt dies automatisch durch und zeigt den korrigierten Wert an.

Bei der Messung mit der Leitfähigkeitssonde ist es wichtig, keine Luftverwirbelungen an der Messzelle entstehen zu lassen. Die Sonde muss so tief in das Wasser eingetaucht werden, dass das Wasser ohne Blasenbildung durch die Messzelle fließen kann. Sie muss solange in dem zu beprobendem Gewässer bleiben, bis sich der Messwert über mehrere Minuten nicht verändert.

Als höchster Wert wurde im Gebiet Siegsdorf eine elektrische Leitfähigkeit von  $580 \mu\text{S}/\text{cm}$  am Messpunkt Kressenbach Br. I. gemessen; er beinhaltet die Überläufe der Kressenbachquellen und die der zwei Trinkwasserbrunnen. Niedrigste Werte waren mit  $160$  bzw.  $184 \mu\text{S}/\text{cm}$  zwei ungefasste Quellen auf dem Zinnkopf. Die restlichen ermittelten Daten verteilen sich gleichmäßig; lediglich zwischen  $320$  und  $370 \mu\text{S}/\text{cm}$  befindet sich eine größere Anzahl an Werten (Abb. 13 A). Im Nordwesten

des Gebiets liegen die zwei Quellen Wolfsberg Q2 und 6. Sie liegen auf engstem Raum zusammen und weisen Werte von 555 und 559  $\mu\text{S}/\text{cm}$  auf, einen ebenso stark erhöhten Messwert weißt der ca. 1,5 km weiter westlich gelegene Messpunkt Gerhardsreit Q1 mit 566  $\mu\text{S}/\text{cm}$  auf. Da diese vier Werte das Maximum der ermittelten Daten bilden, muss bei der Auswertung besonderes Augenmerk darauf gelegt werden wie diese erhöhten Werte zustande kommen.



**Abb. 13: elektrische Leitfähigkeit der 40 (A: Gebiet Siegsdorf) bzw. 74 (B: Gebiet Teisenberg) Quellen und Brunnen, N: Anzahl der Messwerte**

Im Gebiet Teisenberg fällt die annähernde Normalverteilung der Werte (Abb. 13 B) auf. Der Hauptteil der Werte liegt zwischen 180  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und 470  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , die gesamte Bandbreite der Werte liegt zwischen 67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und 630  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Die niedrigen Werte um 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  stammen von frei auslaufenden Quellen, bei den hohen Werten um 500–600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  handelt es sich um Brunnenwässer.

## 4.4 Redoxpotential

Das Redoxpotential ist ein Indikator für die reduzierenden oder oxidierenden Bedingungen in Flüssigkeiten. Redoxreaktionen zählen zu den wichtigsten Reaktionen im Wasser und bestimmen zusammen mit dem pH Wert die Löslichkeit einiger wichtiger Ionen im Wasser (LANGGUTH & VOIGT 2004). Es handelt sich dabei um Reaktionen bei denen jeweils ein Reaktionspartner reduziert (Aufnahme von  $e^-$ ) beziehungsweise oxidiert (Abgabe von  $e^-$ ) wird. Ein Übergang von Elektronen, und somit eine Änderung der Oxidationsstufen findet statt.

Je höher das Redoxpotential, desto höher der Einfluss von oxidierenden Stoffen und umgekehrt. Anhand der Nernst'schen Gleichung wird das Potential des Verhältnisses der Aktivitäten von oxidierenden zu reduzierenden Stoffen dargestellt (HÖLTING 2005).

$$E_h = E^\circ + \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \cdot \ln \frac{[\text{ox}]}{[\text{red}]} \quad (2)$$

$E_h$  = Redoxpotential der Lösung

$E^\circ$  = Standardpotential in V (bei 298,15 K;  $10^5$  Pa, wenn  $[\text{ox}] = [\text{red}] = 1\text{mol/L}$  Aktivität)

$R$  = Gaskonstante ( $8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )

$F$  = Faradaykonstante ( $96,504 \text{ J} \cdot \text{V}^{-1}$ )

$T$  = Temperatur in K

$n$  = Zahl der umgesetzten Elektronen

$\text{ox}$  = Aktivität des oxidierenden Stoffes

$\text{red}$  = Aktivität des reduzierenden Stoffes

Gemessen wird das Potential mit einer inerten Metallelektrode mit hoher Elektronenleitfähigkeit. An der Oberfläche erfolgt ein zur Ionenkonzentration der beiden Reaktionspartner proportionaler Umsatz, wobei die Oberfläche der meist aus Platin bestehenden Elektrode ein elektronentauschendes Medium darstellt (HÖLTING 2005).

Aus Gründen der Handlichkeit wird eine so genannte Elektrode zweiter Art verwendet. Im angewandten Fall eine Silber/Silberchlorid-Bezugselektrode. Die gemessene Spannung wird auf die Standart Wasserstoffelektrode umgerechnet; verwendet wird hierbei folgende Gleichung (Wolkersdorfer 2008):

$$E_h = E - 0,198 \times (T - 25) + \sqrt{50230 - 295 \times T} \quad (3)$$

$E_h$  = korrigiertes Redoxpotential in mV

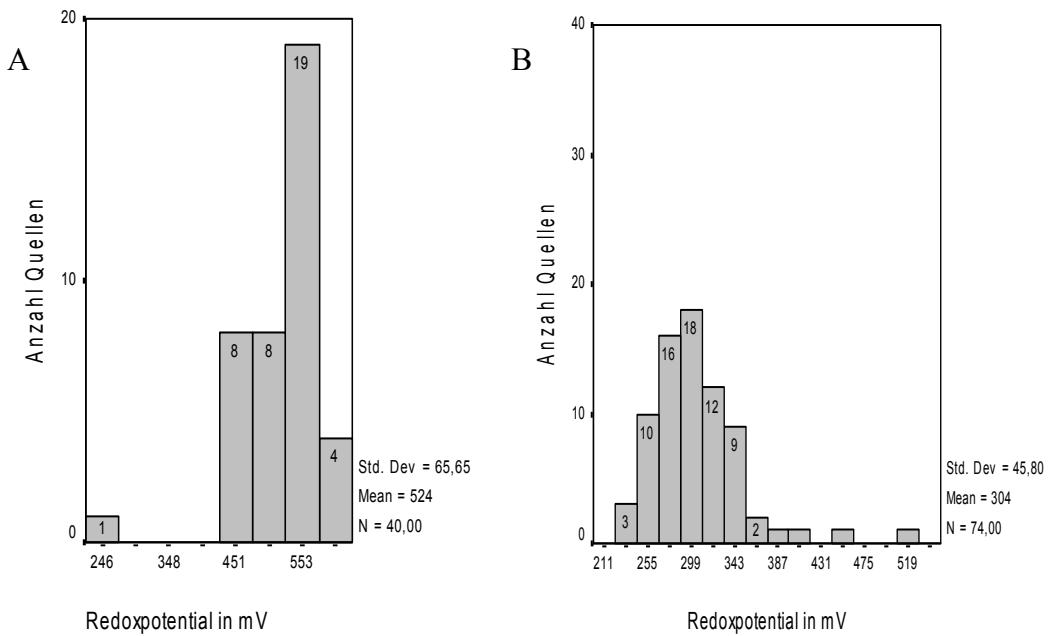
$E$  = gemessenes Redoxpotential der Ag/AgCl-Bezugselektrode

$T$  = gemessene Wassertemperatur in °C

Sind bei einer Redoxreaktion Wasserstoffionen beteiligt, so ist das Redoxpotential temperaturabhängig. Ebenso wie die elektrische Leitfähigkeit ist es auch vom pH Wert abhängig.

Wird mit der Redoxsonde gemessen, muss unbedingt beachtet werden, dass die Membran am oberen Ende der Sonde geöffnet ist. Sie dient dem Druckausgleich für den im inneren befindlichen Elektrolyt. Nach jeder Messung wird diese wieder geschlossen. Die Öffnung darf auch nicht in Kontakt mit Wasser kommen, dieses würde eindringen und den Elektrolyt verdünnen. Die Messzeit mit Redoxsonde beträgt in einzelnen Fällen bis zu 20 min bis ein konstanter Messwert angezeigt wird.

Bei dem für das Gebiet Siegsdorf (Abb.14 A) dargestellte Redoxpotential handelt es sich um das auf die Wasserstoffstandartelektrode bezogene Redoxpotential. Der kleinste Wert liegt bei 237 mV bei der öffentlichen Wasserversorgung Riedl Q1, der größte liegt bei 628 mV und wurde bei der öffentlichen Wasserversorgung Köckenberg gemessen. Beide Quellen liegen im Osten des Gebietes nahe beieinander, aber in unterschiedlichen lithologischen Einheiten. Den Hauptanteil bilden die Werte zwischen 460 und 580 mV mit einer recht gleichmäßigen Verteilung.



**Abb. 14: Redoxpotential der 40 (A: Gebiet Siegsdorf) bzw. 74 (B: Gebiet Teisenberg) Quellen und Brunnen, N: Anzahl der Messwerte**

Eine größere Verteilung der Werte findet man im Gebiet Teisenberg (Abb. 14 B). Sie reichen von 237 bis 516 mV, der höchste Wert liegt westlich des Frillensees. Im gesamten Gebiet um den Frillensee erreichen die Redoxpotentiale höhere Werte. Der kleinste Wert mit 237 mV ermittelt bei der Saulochhütte, weicht nicht stark von dem Großteil der anderen Potentiale ab. Diese liegen im Bereich zwischen 250 und 350 mV.

#### 4.5 Sauerstoffgehalt und -sättigung

Der Sauerstoffgehalt eines Gewässers ist ausschlaggebend für viele biochemische Reaktionen und lässt einen bedingten Schluss auf die oxidierenden oder reduzierenden Bedingungen eines Gewässers zu. Reguliert wird der Gehalt durch vielfältige Prozesse die entweder Sauerstoff liefern oder zehren. Eingebracht wird der Sauerstoff durch die Vermischung mit dem Wasser an der Oberfläche von Gewässern oder Photosynthese; verbraucht durch die im Wasser lebenden Tieren, Mikroorganismen und Oxidationsprozesse.

Die Kapazität an Sauerstoff im Wasser wird durch die Temperatur, den Salzgehalt und den Luftdruck beeinflusst. Je höher die Temperatur, desto weniger Sauerstoff kann aufgenommen werden.

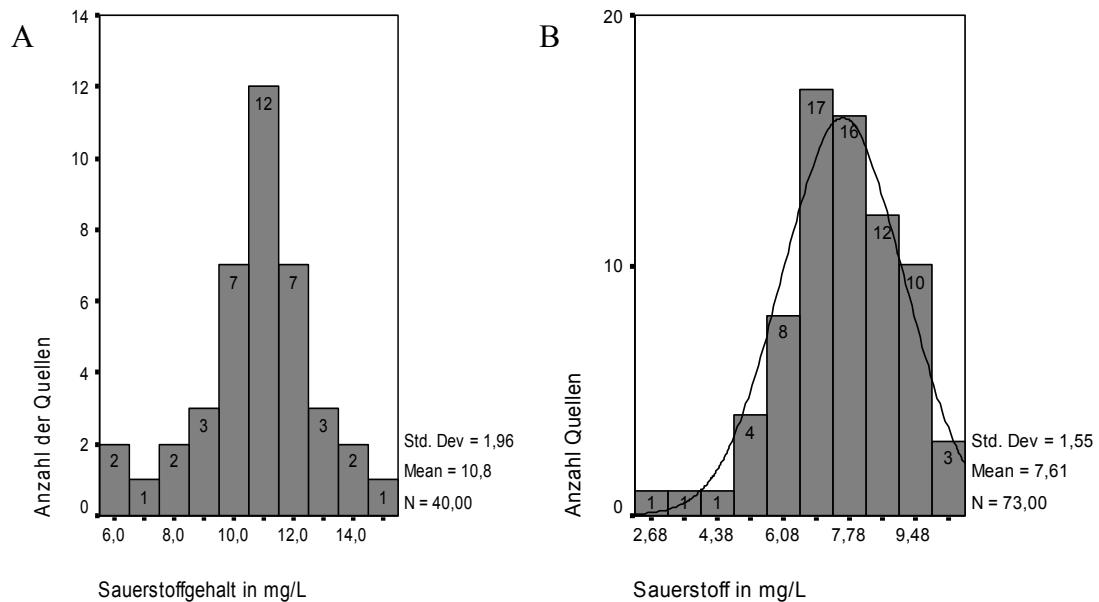
Zur Bestimmung des Sauerstoffgehalts und der -sättigung gibt es mehrere Verfahren. Bei dem neuesten Verfahren wird der Sauerstoff anhand der Lumineszenz detektiert, ebenso möglich ist die Methode nach Winkler die den Gehalt titrimetrisch mit Hilfe der Iodometrie ermittelt.

Aus Gründen der einfachen und schnellen Handhabung wurde bei der Feldarbeit eine Sauerstoffelektrode nach CLARK verwendet (Zweielektrodenprinzip). Dabei handelt es sich um ein geschlossenes System in dem mittels stabilisierter und membranüberzogener Platinelektroden der Sauerstoff gemessen wird. Das Elektrodensystem besteht aus einer Blei-Anode gegen eine Kathode aus Gold oder Platin. Getrennt werden die beiden Elektroden durch eine sauerstoffsensitive Folienmembran. Während der Messung ist es von größter Wichtigkeit, dass eine Anströmung der Sonde erfolgt, da an der Sonde Sauerstoff aufgebraucht wird und ohne Anströmung eine Verfälschung der Messung erfolgen würde. Führt man die Messung in stehenden Gewässern durch, kann die Anströmung durch ein leichtes bewegen der Sonde erzeugt werden. Die Genauigkeit der Methode ist jedoch mangelhaft. Die Membran am Kopf der Sonde ist gegen Berührungen sehr empfindlich und reißt leicht ein. Deshalb ist ein vorsichtiges Einbringen der Sonde in das zu beprobende Gewässer äußerst wichtig. An den beiden Elektroden laufen folgende Prozesse ab.



Wie schon genannt, sind Sauerstoffgehalt und -sättigung von der Temperatur und dem Druck abhängig. Diese Werte ermittelt die Sonde während der Messung automatisch. Um eine hohe Genauigkeit der Messwerte zu erzielen, muss die Sonde vor jeder Messung kalibriert werden. Dies erfolgt durch eine Einpunktikalibrierung mit dem OxiCal-Gefäß der Firma WTW. Die Sonde berührt dabei einen leicht befeuchteten Schwamm der zu 100 % sauerstoffgesättigt ist. Das Ergebnis stellt das Gerät in mg/L für die Sauerstoffkonzentration, und in % für die Sättigung dar. Bei der Darstellung als Sättigung handelt es sich um einen relativen Wert an gelöstem Sauerstoff im Wasser bei gegebener Temperatur.

Die Werte in Abb. 15 A bewegen sich zwischen 6,02 mg/L und 14,9 mg/L. Der Großteil der Werte liegt zwischen 10 und 12 mg/L Sauerstoffgehalt. Ein durchgeföhrter P-P-Plot ergab, dass im Fall der Abb. 15 A keine Normalverteilung vorliegt.



**Abb. 15:Sauerstoffgehalt in mg/L der 40 (A: Gebiet Siegsdorf) bzw. 74 (B: Gebiet Teisenberg) Quellen und Brunnen, N: Anzahl der Messwerte**

Die ermittelten Werte des Teisenberggebiets weisen eine Hauptgewichtung im Bereich zwischen 4 mg/L und 10 mg/L auf. Den höchsten Wert stellt mit 10,44 mg/L der Messpunkt Quelle Wolfertsau, kleinster Wert mit 2,43 mg/L die Quelle der Brenneralm. Die dargestellten Werte entsprechen nach zusätzlicher Prüfung durch einen P-P-Plot weitgehend der Standardnormalverteilung.

## 4.6 pH-Wert

Um eine nähere Aussage über den sauren, neutralen oder basischen Charakter eines Wassers geben zu können, muss der pH Wert bestimmt werden. Definiert wird er über den negativen dekadischen Logarithmus der Wasserstoffionenaktivität.

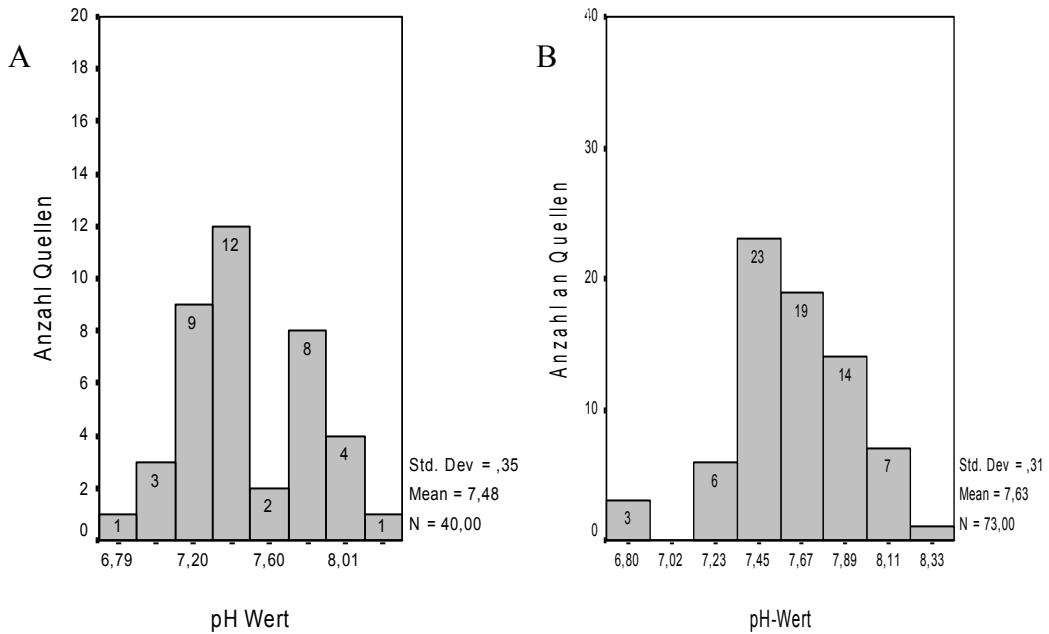
$$\text{pH} = -\log \{\text{H}^+\} \quad (6)$$

Der Eintrag von Säure in das Grundwasser erfolgt durch mehrere Prozesse. An Bedeutung gewinnt jedoch zunehmend der Anteil von Schwefel- und Stickoxiden in der Luft, die zu saurem Regen führen (LANGGUTH & VOIGT 2004).

Gepuffert werden die durch das Sickerwasser eingebrachten sauren Wässern durch säurebindende Prozesse. Den wichtigsten Puffer stellen dabei die Karbonate dar. Zur Bestimmung des pH Werts dient entweder die kolometrische Methode mit Indikatorpapier, oder die elektrometrische mit einer Elektrode. Hierbei wird die Potentialdifferenz zwischen der Elektrode und Probe, so wie der zwischen einer Silber/Silberchlorid oder Platinelektrode mit bekanntem Potential und Probe ermittelt (HÖLTING 2005).

Die pH-Sonde muss zu Beginn jedes Geländetages anhand zweier Pufferlösungen kalibriert werden. Für die in den Gebieten vorherrschenden pH-Werte wurden die Kalibrierlösungen mit pH 7 und pH 10 gewählt. Da der pH-Wert von der Temperatur abhängig ist, muss der ermittelte Wert auf die Außentemperatur bezogen werden. Dafür ist auf jedem Behälter der Kalibrierlösungen der pH-Wert bei verschiedenen Temperaturen angegeben. Während der Messung muss die Sonde vollständig vom zu beprobendem Wasser bedeckt sein und solange im Wasser verbleiben, bis die beiden angezeigten Werte (Temperatur, pH) über mehrere Minuten konstant bleiben.

Das gesamte Spektrum der gemessenen pH Werte reicht im Gebiet Siegsdorf von 7,07 bis zu 8,07. Diese Spektrum teilt sich in zwei Gruppen (Abb. 16 links): Der größere Teil der Punkte liegt zwischen den pH Werten 7,0 und 7,50, der kleiner Anteil zwischen den pH Werten 7,60 und 8,1. Die Gruppen sind nicht spezifisch einer geologischen Einheit zuzuordnen.



**Abb. 16: pH Werte der 40 (A: Gebiet Siegsdorf) bzw. 74 (B: Gebiet Teisenberg) Quellen und Brunnen, N: Anzahl der Messwerte**

Das Gros der Messwerte im Teisenberggebiet (Abb. 16 B) liegt in einem Bereich von 7,20 und 8,20. Ein Wert fällt im oberen Segment der Grafik auf, er wurde am Südrand des Gebietes an der Quelle goldenes Bründl gemessen (pH 8,3). Stark abweichend sind die drei Werte mit einem pH Wert unter 7,70 die allesamt im Bereich des Teisenbergkopfes liegen. Die Gründe für diese niedrigeren Werte werden in Kapitel 6.1.5 erläutert.

## 4.7 Säure- und Basenkapazität

Die Speziesverteilung des anorganischen Kohlenstoffs im Wasser ist streng pH-abhängig. Unter einem pH von 4,3 kein gelöstes Hydrogencarbonat mehr, unterhalb von 8,2 keine gelösten Karbonationen, ab einem pH von 8,2 kein gelöstes CO<sub>2</sub> mehr. In Abb. 17 wird diese Verteilung veranschaulicht.

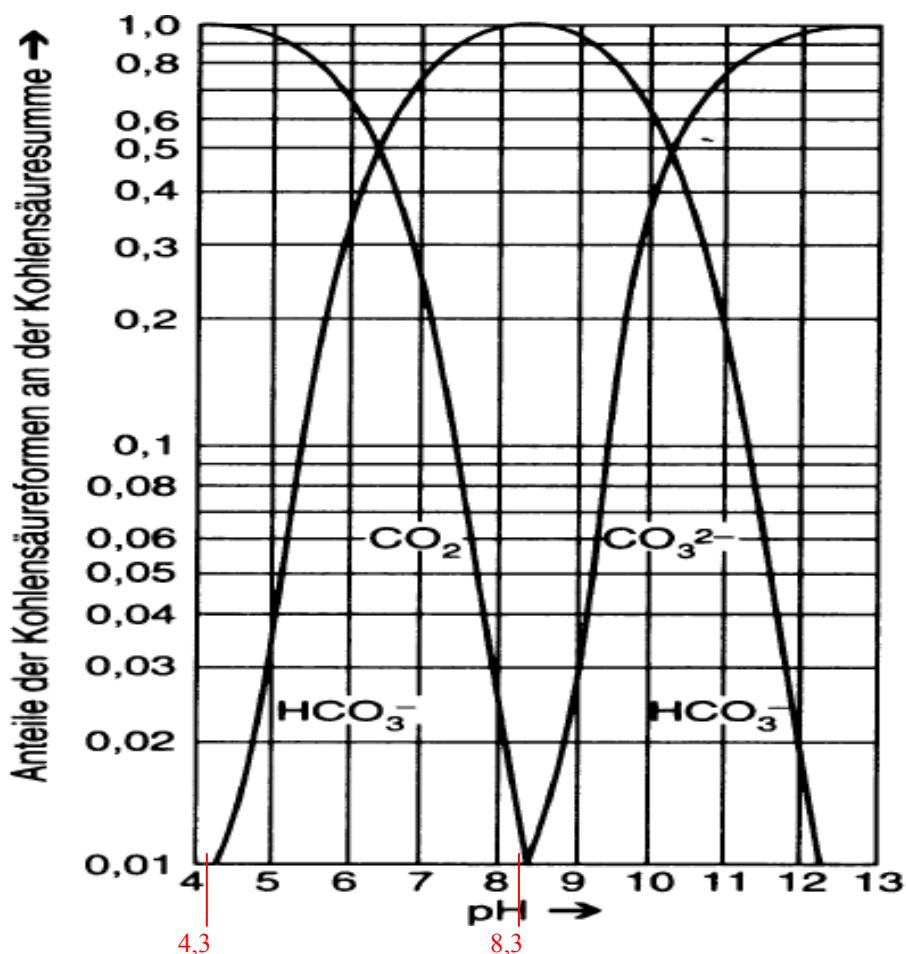


Abb. 17: Kohlensäurespezies in Abhängigkeit vom pH-Wert (verändert nach HABERER 1970, aus SCHWOERBEL 1999)

Unter der Säurekapazität versteht man die Fähigkeit von Wasser eine Säure bestimmter Konzentration neutralisieren zu können (LANGGUTH & VOIGT 2004).

Man gibt so lange Säure einer bestimmten Konzentration zu, bis eine Spezies des Kohlenstoffs aufgebraucht ist. Die Säurekapazität in mmol(eq)/L entspricht der Konzentration an Puffer, der Säurekapazitätspunkt K<sub>s</sub> liegt je nach Ausgangs-pH-Wert bei K<sub>s</sub> (8,2) oder K<sub>s</sub> (4,3).

Die in beiden Gebieten angetroffenen pH-Werte rangieren alle zwischen pH 4,3 und 8,2. Somit wurde mit 1,0 normaler Lösung HCl auf den  $K_s$  (4,3) titriert. Bei Zugabe von Säure nimmt jedes  $\text{HCO}_3^-$  ein  $\text{H}^+$ -Ion auf. Sind bis auf einen kleinen Rest alle Hydrogenkarbonat-Ionen aufgebraucht, bewirkt jede weitere Zugabe einen rapiden Abfall des pH-Werts auf den  $K_s$  (4,3).

Unter der Basenkapazität versteht man die Fähigkeit einer Lösung eine Base zu neutralisieren (LANGGUTH & VOIGT 2004). Der Basenkapazitätspunkt liegt bei  $K_B$  (4,3) für Wässer mit pH unterhalb 4,3 oder, wie bei den Wässern im Gebiet, bei  $K_B$  8,2 für Wässer mit pH oberhalb 4,3. Die Einheit wird ebenfalls in mmol(eq)/L angegeben. Der Umschlagspunkt des Indikators Phenolphthalein, liegt genau bei pH 8,2. Titriert wurde mit 0,1 normaler Natronlauge.

Als Vorlage wurde bei beiden im Gelände angewandten Methoden 50 mL Wasser verwendet, zur Zugabe der Säure beziehungsweise der Base ein Digitaltitrator der Firma Hach. Aus Gründen der Genauigkeit wurde zur Bestimmung der Umschlagspunkte eine elektronische pH-Sonde verwendet. Aus den Säure- und Basenkapazitäten werden folgende Werte ermittelt: Die Konzentration von freier Kohlensäure und Hydrogenkarbonat. Aus der Basenkapazität kann man die Konzentration an freiem  $\text{CO}_2$  mit folgender Formel bestimmen bestimmen:

$$[\text{CO}_2] \text{ in mg/L} = K_B \cdot 44 \text{ g/mol} \quad (7)$$

Die Konzentration des Hydrogenkarbonats steht im folgendem Zusammenhang mit der Säurekapazität:

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ in mg/L} = K_s \cdot 61,0159 \text{ g/mol} \quad (8)$$

Wie schon im Kapitel 4.1 beschrieben, wurde der  $K_s$  und der  $K_B$  Wert mittels eines Digitaltitrators der Firma Hach ermittelt. Daraus ergeben sich die in Tab. 6 aufgeführten Werte. Die Titration mit 0,2 normaler NaOH, die ebenfalls im Gelände durchgeführt wurde, wird zugunsten des wesentlich genaueren Digitaltitrators vernachlässigt.

Da nur bei den Messpunkten die Säure- und Basenkapazität vorliegt, die auch für die Probenahme vorgesehen waren, handelt es sich im Gebiet Siegsdorf um dreizehn, und im Gebiet Teisenberg um zwölf Werte für die Säure und Basenkapazität.

**Tab.6:  $k_s$  und  $k_B$  Werte und die dazu korrespondierenden Gehalte an  $\text{CO}_2$  und  $\text{HCO}_3^-$  der Brunnen und Quellen im den Gebieten Siegsdorf und Teisenberg**

Probenbezeichnung	Lokalität	$k_B$ , mmol/L	$k_s$ , mmol/L	$\text{CO}_2$ , mg/L	Massenkonzentration $\text{HCO}_3^-$ , mg/L
<b>Gebiet Siegsdorf</b>					
TST12	Oberhausen Q2	0,33	4,47	14,5	272,7
TST14	Rindermoos Q1	0,19	4,45	8,4	271,5
TST20	Zinnkopf Q7	0,02	0,45	0,9	27,5
TST37	Vogling Br1	0,38	3,62	16,7	220,9
TST40	Prügelmöser Q1	0,25	2,95	11,0	180,0
TST10	Franz Gallinger Q1	0,17	4,02	7,5	245,3
TST02	Scheibelegg Q5	0,16	4,45	7,0	271,5
TST03	Scheibelegg Q6	0,13	4,77	5,7	291,0
TST06	Köckenberg Q4	0,22	5,25	9,7	320,3
TST09	Riedl Q1	0,12	6,55	5,3	399,7
TST36	Höpfling Br 2	0,11	3,27	4,8	199,5
TST27	Wolfsberg Q1	0,12	5,20	5,3	317,3
TST08	Kressenbach Q1-4	0,44	4,85	19,4	295,9
<b>Gebiet Teisenberg</b>					
1001	Teisenberg Qu1	0,14	2,55	6,3	155,6
1009	Teisenberg, Qu	0,11	3,93	4,8	239,8
1010(Qu 1)	Schloßwald Qu 1	0,06	2,03	2,5	123,6
1010 (Qu 1a)	Schloßwald Qu 1a	0,09	2,65	3,9	161,7
1011	Staufeneck Qu	0,04	1,78	1,7	108,3
1012 (Br 2)	Aufham Br 2	0,54	4,88	23,8	297,5
1041 (Qu 1)	Frauenwald Qu	0,20	3,70	8,6	225,8
1051	goldenes Bründl Qu	0,03	1,43	1,2	86,9
1078	Bäckeralm Qu	0,07	1,85	2,9	112,9
1090	Hochfilz Qu	0,37	1,13	16,3	68,6
1125	Holzner Qu	0,09	4,25	4,0	259,3
1128	Haft Qu	0,16	4,58	7,0	279,1

Die ermittelten Massenkonzentrationen an  $\text{CO}_2$  reichen im Gebiet Siegsdorf von 0,88 mg/L ( $K_B$ : 0,02 mmol/L) bis zu 19,36 mg/L ( $k_B$ : 0,44 mmol/L). Die Massenkonzentration an  $\text{HCO}_3^-$  ist an der Quelle Riedl im südöstlichen Teil des Gebiets mit 399,65 mg/L ( $k_s$ : 6,55 mmol/L) am höchsten, am kleinsten fällt er mit 27,46 mg/L ( $k_s$ : 0,45 mmol/L) an der frei austretenden Quelle des Zinnkopf aus. Die auffälligen Minima finden sich auch bei den anderen Vor-Ort-Parametern wieder. An dieser Stelle muss im Kapitel 6.1.6 überprüft werden, ob es sich um einen Messfehler handelt, oder ob bestimmte Einflüsse zu dieser Abweichung führen. Der Mittelwert des  $\text{CO}_2$  Gehalts beträgt 8,9 mg/L, der des gelösten  $\text{HCO}_3^-$  254,9 mg/L. Die am Zinnkopf gemessenen Werte liegen folglich den Faktor zehn niedriger als der Mittelwert ( $\text{HCO}_3^-$ : 273,8 mg/L;  $\text{CO}_2$ : 9,6 mg/L) ohne die Massenkonzentration am Punkt Zinnkopf Q7.

Im Gebiet Teisenberg reichen die Massenkonzentrationen an gelöstem CO<sub>2</sub> von 1,2 mg/L ( $k_B$ : 0,03 mmol/L) bis zu 23,8 mg/L ( $k_B$ : 0,54 mmol/L). Der Anteil an gelöstem HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> reicht von 68,6 mg/L ( $k_S$ : 1,13 mmol/L) hin zu 297,5 mg/L ( $k_S$ : 4,88 mmol/L). Der Durchschnittliche Gehalt an CO<sub>2</sub> beträgt 6,9 mg/L, der von HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> beläuft sich auf 176,6 mg/L (Tab. 6). Einen stark abweichenden Wert gibt es in diesem Gebiet nicht, die Verteilung der hohen und niedrigen Werte reicht gleichmäßig über die gesamte Bandbreite.

#### 4.8 Fördermenge und Quellschüttung

Neben den physiochemischen Parametern wurde im Gelände auch die Schüttung ermittelt. Sie wurde mit Hilfe der Eimer- und Stoppuhr-Methode gemessen. An jedem Messpunkt wurde dazu die Messung dreimal durchgeführt um dann den Mittelwert bilden zu können. In beiden Gebieten wurde bei 66 von 112 untersuchten Quellen die Schüttung gemessen. Bei den Brunnen konnte die Fördermenge meist direkt an einer installierten Wasseruhr abgelesen oder aus den recherchierten Unterlagen entnommen werden. Bei den restlichen 46 Quellen war eine Schüttungsmessung aufgrund der örtlichen Begebenheiten nicht möglich.

Die Fördermenge der Brunnen gibt Aufschluss über die Grundwasserhöufigkeit, und die Durchlässigkeit des Grundwasserleiters. Man nimmt dabei an, dass die Fördermenge in direkten Zusammenhang mit der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters steht. Unter Höufigkeit versteht man in Anlehnung an den bergmännischen Begriff die voraussichtlich Nutzbarkeit des Wassers per Zeit (HÖLTING 2005).

Anhand der gemessenen Schüttungen lässt sich nur bedingt ein Rückschluss über den Grundwasserleiter der Quellen ziehen. Die Schüttung der oberflächennahen Grundwasserleiter ist stark von den herrschenden Niederschlägen abhängig und liefert somit nur bedingt Aufschluss über den Grundwasserleiter aus der die Quelle entspringt.

Die Lage der einzelnen Quellen und die zum Zeitpunkt der Kartierung zu geringe Schüttung verhinderten eine Messung an allen Quellaustreten. Wo möglich wurde die Schüttung nach der oben beschriebenen Methode gemessen. Die Quellen im Gebiet Siegendorf weisen meist eine geringe bis sehr geringe Schüttung auf. Der kleinste Wert (0,1 L/s) wird an zwei Stellen erreicht. Die meisten Schüttungen im den Gebiet liegen

zwischen 0,5 L/s und 1,5 L/s (Tab. 7). Der höchste Wert bei den Quellen (2,5 L/s) wird von der neu gefassten Quelle Köckenberg gestellt. Gemessen wurde dort am Überlauf, so dass eine geringfügig höhere Schüttung der eigentlichen Quelle zu erwarten ist. Aus den Unterlagen des Wasserwirtschaftsamts Traunstein geht eine durchschnittliche Schüttung von 4,5 L/s hervor.

Weit über der mittleren Schüttung der Quellen liegt die Fördermenge der Brunnen. Gemessen wurde dort nicht die mögliche Höchstförderung, sondern die für den tatsächlichen Verbrauch benötigte Menge. Der Brunnen in Höpfling, der nur bei Bedarf Brauchwasser fördert und nicht permanent im Betrieb ist, liefert 30,0 L/s, der Brunnen der Surgruppe in Vogling dagegen 10,0 L/s (beide Gebiet Siegsdorf).

**Tab. 7: Quellschüttungen in den Arbeitsgebieten Siegsdorf und Teisenberg; Qu: Quellen, Br: Brunnen**

Ortsbezeichnung	Schüttung in L/s	Ortsbezeichnung	Schüttung in L/s
<b>Gebiet Siegsdorf</b>			
Scheibelegg Q5	0,51	Wienergrabenhütte	0,1 ± 0,01
Köckenberg Q4	1,7 ± 0,2	Hinterebrand Q1	1,2 ± 0,2
Köckenberg Q3	2,5 ± 0,5	Gerhardsreit Q1	1,6 ± 0,2
Vogling Br1	10,0 ± 0,3	Wienergraben Q1	1,6 ± 0,2
Franz Gallinger Q1	0,6 ± 0,02	Wolfsberg Q1	0,7 ± 0,2
Oberhausen Q2	0,8 ± 0,2	Wolsberg Q2	0,8 ± 0,2
Rindermoos Q1	0,5 ± 0,02	Wolfsberg Q6	2,3 ± 0,2
Zinnkopf Q 1_4	0,4 ± 0,02	Mooswinkel Q2	0,3 ± 0,01
Sulzbergschneid Q1	1,5 ± 0,2	Prügelmöser Q2	0,1 ± 0,01
Zinnkopf Q6	2,1 ± 0,2	Höpfling Br 2	30,0 ± 0,3
Spannmoos Q1	0,4 ± 0,2	Kassgraben Q2	0,1 ± 0,01
Spannmoos Q3	0,4 ± 0,2		
<b>Gebiet Teisenberg</b>			
Teisenberg Qu. 1	16,3	NNW Bäckeralm, Quelle	0,45 ± 0,05
Hutterer, Bachlauf	0,091	S Brenneralm, EigenWV, Quelle	0,42
NW Wiedmais Hütte, EigenWV, Quelle	0,053	NE Ortsteil Brenner, EigenWV, Quelle	0,80
E Wiedmais Hütte, Quelle	0,039	SE Hutterer, Quelle Teisenberger	0,35
Schloßwald Qu. 1	3,64	Hochfilz, Quelle	0,45
Schloßwald Qu. 1a	3,83	SW Stumpfegg, EigenWV, Quelle	0,09±0,05
Schloßwald Qu. 2	3,87	W Urwies, Quelle	0,22
Staufeneck Qu.	0,69	Inzell, Brauchwasserbr. I	0,82 - 4,17
Aufham Br.2	22,5 ± 0,3	SE Einsiedl, Quelle	0,042
WSW Wolfertsau, Quelle	0,31	Poschennock Diensthütte, Laufbrunnen	0,070
NW Sennleiten Dienst-Hütte, EigenWV, Quelle	0,33	Frauenwald, Stoßer Alm, Quelle	0,30
Saulochhütte, Laufbrunnen	0,32	E Steiner Alm, Quelle	0,1
N Stoßer Alm, Frauenwald Qu. 1, WV Stoßer Alm	0,86	SW Steiner Alm, BrauchWV Steiner Alm, Quelle	0,31
NE Adlgaß, Quelle rechts	0,69	NE Steiner Alm, Quelle	0,069
NE Adlgaß, Quelle links	0,037	Holzner Qu. 1	0,091
NE Adlgaß, Quelle	0,28	NW Pommern, Quelle	0,047
NE Adlgaß, Quelle	0,53	Haft Quelle	0,46
E Bayer Brünndl, Quelle	0,11	SSW Hochpoint, Quelle	0,072
N Adlgaß, Quelle Bayer Brünndl	0,35	S Hochpoint, Quelle	0,40
NE Bäckeralm, Quelle	0,15		

Die im Gebiet Teisenberg gemessenen Schüttungen liegen zum Großteil im Bereich von 0,5 bis 1,0 L/s. Somit fallen die Schüttungen geringfügig kleiner aus als im Nachbargebiet. Mit 0,039 L/s stellt die Quelle an der Wiedmaishütte die kleinste, mit 16,3 L/s die sieben zusammengefassten Teisenbergquellen im Mittel die größte Schüttung dar.

Bei den Brunnen wurde mit Hilfe der Wasserwarte die Fördermenge abgelesen. Sie betragen an den zwei Brauchwasserbrunnen 0,82 L/s beziehungsweise 4,17 L/s und liegen somit im Durchschnitt der Quellschüttungen. Einzig der Trinkwasserbrunnen Br 1 in Aufham sticht mit seinen 22,5 L/s aus den durchschnittlich ermittelten Schüttungen heraus. Aufham Br 2 war zur Zeit der Vor-Ort-Messung nicht in Betrieb, anhand der Auskunft des Wasserwärts liegt die Fördermenge im Betriebszustand bei 18,0 L/s.

## 5 Probenahme und Ergebnisse

### 5.1 Auswahl der Probenahmepunkte und Probenahme

Um in der vorgegebenen Zeitspanne die Arbeit der Diplomkartierung abschließen zu können wurde eine Auswahl von zwölf Probenahmepunkten getroffen, die wasserchemisch analysiert wurden. Die Auswahl wurde über einer Clusteranalyse durchgeführt, Grundlage für die Cluster waren die Vor-Ort-Parameter. Die Clusteranalyse ergab im Fall Siegsdorf fünf beziehungsweise sechs unterschiedliche Gruppen, im Fall Teisenberg sechs beziehungsweise zehn, je nach durchgeföhrter Hierarchischer Clusteranalyse (Tab. 8). Näheres dazu wird im Kapitel 5.2 erläutert.

**Tab. 8: Liste der mit GPS eingemessenen, beprobten Punkte im Arbeitsgebiet; Br: Brunnen, Qu: Quellen. Koordinatensystem: Gauß-Krüger-Projektion, Bezugsellipsoid: Bessel-Ellipsoid, Höhen aus topographische Karte 1:25000**

Lokalität	Rechtswert	Hochwert	Höhe in m ü. N.N	Kurzbez.
<b>Gebiet Siegsdorf</b>				
Köckenberg Q4	4553303	5296527	680	TST06
Riedl Q1	4552365	5297551	665	TST09
Wolfsberg Q1	4550551	5297468	710	TST27
Kressenbach Q1-4	4553440	5295466	640	TST08
Zinnkopf Q7	4550952	5294477	1040	TST20
Scheibelegg Q5	4553011	5295346	720	TST02
Franz Gallinger Q1	4554080	5292511	735	TST10
Rindermoos Q1	4552103	5293094	960	TST14
Höpfling Br 2	4548747	5296979	635	TST36
Prügelmöser Q1	4554278	5296001	715	TST40
Oberhausen Q2	4553034	5291699	760	TST12
Vogling Br1	4552019	5298787	635	TST37
Scheibelegg Q6	4552729	5295629	740	TST03
<b>Gebiet Teisenberg</b>				
Duft	4555695	5295340	860	1001
Teisenberg Qu1	4559020	5292881	840	1009
Schloßwald Qu. 1	4566610	5292090	533	1010(Qu. 1)
Schloßwald Qu. 1a	4566601	5292125	528	1010(Qu. 1a)
Staufeneck	4566955	5291497	570	1011
Aufham Br. 2	4566139	5293552	471	1012(Br. 2)
Frauenwald Qu 1	4558120	5296740	1250	1041(Qu1-3)
Goldenes Brünndl	4561697	5292093	941	1051
Bäckeralm	4558163	5294358	1150	1078(neue Qu.)
Hochfilz, Qu	4557923	5295391	1200	1090
Holzner Qu. 1	4558607	5292132	760	1125
Haft, Qu	4562480	5297354	620	1128

Im Zeitraum vom 9. bis 11. Juni 2008 erfolgte die Probenahme. Für die spätere Analyse wurde die Messung der Vor-Ort-Parameter wiederholt. Zusätzlich wurden die Säure- und Basenkapazität ermittelt, einmal mit dem Digitaltitrator, 50 mL Vorlage und der entsprechenden Säure oder Base, auf Wunsch des Landesamts für Umwelt anhand der Titration mit 0,2 normaler Natronlauge und Bürette, Vorlage 100 mL. Ein Überblick über die Probenahmegeräße und die Behandlung der Proben ist in Tab. 9 zu finden.

Je nach Art der später zu analysierenden Elemente mussten die Proben entweder mit Säure stabilisiert oder filtriert werden. Für das Landesamt für Umwelt wurden insgesamt sieben Proben genommen, angesäuert wurde entweder mit HNO<sub>3</sub> (65%ig suprapur) oder mit HCl (30%ig suprapur). Drei der Proben wurden filtriert. Zum Einsatz kamen hierbei Spritzen, vor die der Filteraufsatz „minisart plus“ geschraubt wurde. Dieser aus Celuloseacetat bestehender Filter weist einen Porendurchmesser von 0,45 µm auf. Zur Bestimmung des Radongehalts wurde das so genannte

Direktmessverfahren angewendet. Dazu wird 2,8 mL Probe in ein Vial mit dem Szintillationscocktail „Aqualight“ gegeben. Wichtig hierbei ist, dass die Probe ohne Verzögerung genommen und direkt nach der Zugabe mit der Pipette 2 min geschüttelt wird. Für das Hydrogeologielabor des Departments für Geo- und Umweltwissenschaften wurden zwei Proben genommen, eine davon filtriert und mit der oben beschriebenen HNO<sub>3</sub> angesäuert, die andere gänzlich unbehandelt.

**Tab. 9: Überblick der Probenahmegeräte und ihre Verwendung für die Analytik;**

Gefäßart	Beschreibung	für Analytik
<b>Landesamt für Umwelt Labor</b>		
50 mL Zentrifugenrörchen	Probe filtriert, mit 1 mL HNO <sub>3</sub> angesäuert	ICP-MS (Massenspektrometrie mit induktiv-gekoppeltem Plasma)
50 mL Zentrifugenrörchen	Probe filtriert, mit 1 mL HNO <sub>3</sub> angesäuert	ICP-OES (optische Emissionsspektrometrie mit induktiv-gekoppeltem Plasma)
25 mL Sulpelco-Fläschchen	Probe klar, mit 1 mL HCl stabilisiert	AFS (Atomfluoreszenzspektroskopie)
100 mL PE-Weithalsflasche	Probe filtriert	IC (Ionenchromatographie), FIA (Fluoreszenzimmunoassay)
500 mL PE-Weithalsflasche	Probe unbehandelt	Titration, LF (elektrische Leitfähigkeit), ISE (Massenspektroskopie mit Ionen-sensitiven Elektroden), ICP-MS
250 mL Braunglasflasche	Probe unbehandelt, mit 1 mL HCl angesäuert	TOC (TotalOrganicCarbon Analysator)
<b>Hydrogeologielabor</b>		
500 mL PE-Weithalsflasche	Probe unbehandelt	IC
100 mL PE-Flasche	Probe filtriert, mit 1 mL HNO <sub>3</sub> stabilisiert	AAS (Atomabsorptionsspektroskopie)

Die Analytik erfolgte im Labor des Departments für Umwelt- und Geowissenschaften, Sektion Hydrogeologie und dem Landesamt für Umwelt. Eine Auflistung der bestimmten Parameter und der angewandten Geräte ist in Tab. 10 zu sehen. Durchgeführt wurde die Bestimmung der einzelnen Parameter nach den DIN Normen DIN 38404 und DIN 38405 des Deutschen Einheitsverfahrens zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung.

Um Analysefehler ausschließen zu können, wurden die Daten vor der Freigabe erst einer Ionenbilanz unterzogen deren Fehler nicht größer als 5 % sein durfte. Lag die Differenz der Summe an Kationen und Anionen darüber, wurde anhand der Rückstellproben teilweise eine erneute Analyse durchgeführt.

**Tab. 10: Ermittelte Parameter und die zur Bestimmung angewandte Methodik**

Parameter	Methode/Gerät	DIN-Norm	
Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, La, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, Sn, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, Y, Zn	ICP-MS (Massenspektrometrie mit induktiv-gekoppeltem Plasma)	DIN EN ISO 17294-2 (E29)	
Ca, Fe, K, Mg, Na	ICP-OES (optische Emissionsspektrometrie mit induktiv-gekoppeltem Plasma)	DIN EN ISO 11885	Analytiklabor
Hg	AFS (Atomfluoreszenzspektrometrie)	DIN EN 13506	Bayerisches Landesamt für Umwelt
Br, Cl, NO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub>		DIN EN ISO 103 04-1/-2 (D19 D20),	
PO <sub>4</sub>	IC (Ionenchromatographie)	DIN 38405 - D30 (Entwurf)	
SiO <sub>2</sub>		LACHAT-Verfahren QuickChem-Methode 10-114-27-1-B	
NO <sub>2</sub>	FIA (Fluoreszenzimmunoassay)	DIN EN ISO 13395,	
NH <sub>4</sub>		DIN EN ISO 11732-HA1 (E23)	
Säurekapazität $K_S$		DIN 38409-H7	
pH-Wert	Titration, pH-Meter	DIN 38404-C5	
F	ISE (Massenspektrometrie mit Ionen-sensitiven Elektroden)	DIN 38405-D4-1	
TOC	TOC-Analysator	DIN EN 1484 (H3)	
Rn	Flüssigszintillator		
Cl, NO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub>	IC (Ionenchromatographie)	DIN EN ISO 103 04-2 (D20)	Hydrogeologie-labor
Al		DIN EN ISO 12 020	Department für Geo- und
Ba, Fe, K, Mn, Na, Sr, Zn	AAS (Atomabsorptionsspektroskopie)	DIN 38406	Umweltwissenschaften
Ca, Mg		DIN EN ISO 7980	
As, Co, Cu, Ni, Pb		DIN 38406	
Cr	Graphitrohr-AAS	DIN EN ISO 1233	
Cd		DIN EN ISO 5961	

## 5.2 Clusteranalyse, Statistik

Um größere Datenmengen, wie die bei der Vor-Ort-Parameter-Messung an den Quellen und Brunnen ermittelten, beschreiben zu können, muss eine statistische Auswertung erfolgen. Da die üblichen statistischen Verfahren, wie Mittelwert und Standardabweichung, oftmals nicht genügen, um Datensätze mit mehreren Parametern zu beschreiben, sind multivariate Verfahren nötig. Angewendet wurde hierbei eine hierarchische Clusteranalyse. Alle Clusteranalysen wurden mit dem Computerprogramm SPSS 11.0 (SPSS Inc.) durchgeführt. Aufgrund der mit den Vor-Ort-Parameter gebildeten Clustern erfolgte eine Auswahl für die Probenahme.

Bei der Interpretation der Analysedaten wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse und dann eine hierarchische Clusteranalyse angewandt. Ziel hierbei war es, den Zusammenhang der einzelnen Parameter untereinander herauszufinden und die verschiedenen Wässer in Gruppen einzuteilen. Die so entstehenden Gruppen haben eine größtmögliche Übereinstimmung der Parameter innerhalb einer Gruppe; untereinander sollen die Gruppen sich möglichst stark unterscheiden.

Die Haupkomponentenanalyse (Principal Component Analysis: PCA) ist ein Verfahren zur Strukturierung und Vereinfachung umfangreicher Datensätze, in dem eine Vielzahl statistischer Variablen zu sogenannten Haupkomponenten linear kombiniert werden. Dabei sollten jene Variablen, welche sehr stark korrelieren, zu einer Haupkomponente zusammengefasst werden, während die Haupkomponenten selbst wiederum möglichst wenig voneinander abhängen sollten. Der zugrundeliegende Datensatz wird dabei mathematisch gesehen auf einen Vektorraum einer wesentlich geringeren Dimension projiziert.

Die Entscheidung, welche Variablen zu einer Haupkomponente zusammengefasst werden sollen, wird dabei von einer hierarchischen Clusteranalyse unterstützt, welche die zugrundeliegende Messdaten in sogenannte Cluster untergliedert. Dies erfolgt anhand der Methode nach WARD, bei der die Streuung innerhalb der Cluster, gemessen als quadrierte euklidische Distanz, minimiert wird (WAGNER et al. 2003). Zum einen wurde diese Methode gewählt um einen Vergleich der aus WAGNER et al (2003) entnommenen Daten, bei denen bei Clusteranalysen die WARD Methode verwendet wurde, mit denen aus den beiden Arbeitsgebieten möglich zu machen, zum anderen ermöglicht die Methode nach Ward bei Datenmengen mit einer größeren Streuung eine besseres Resultat als die ansonsten häufig verwendete between-groups-Methode. Die Auswertung der hierarchischen Clusteranalyse aufgrund der Vor-Ort-Parameter ergab für das Gebiet Siegsdorf folgende Clusterbildung (Abb. 18).

Dendrogram using Ward Method

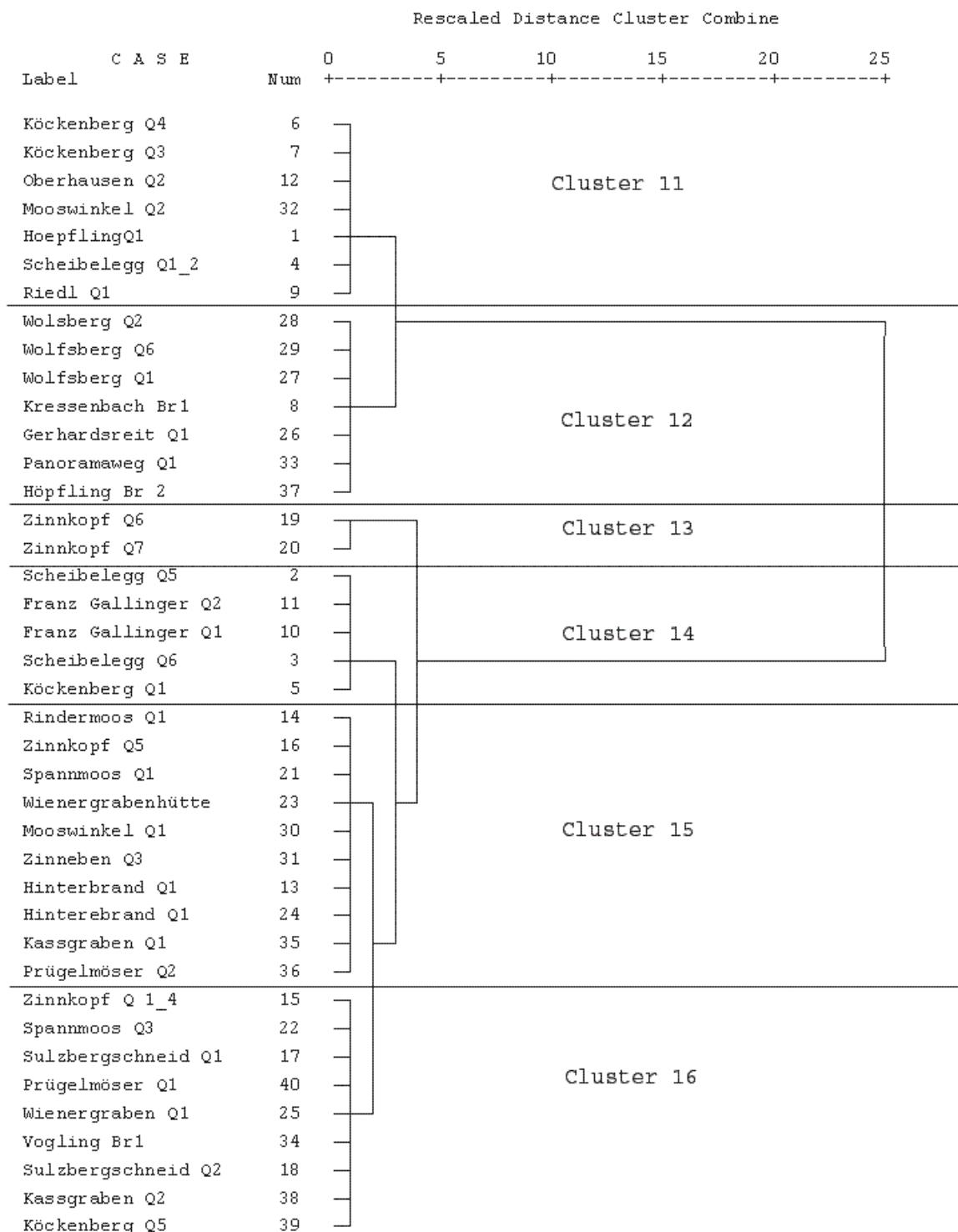
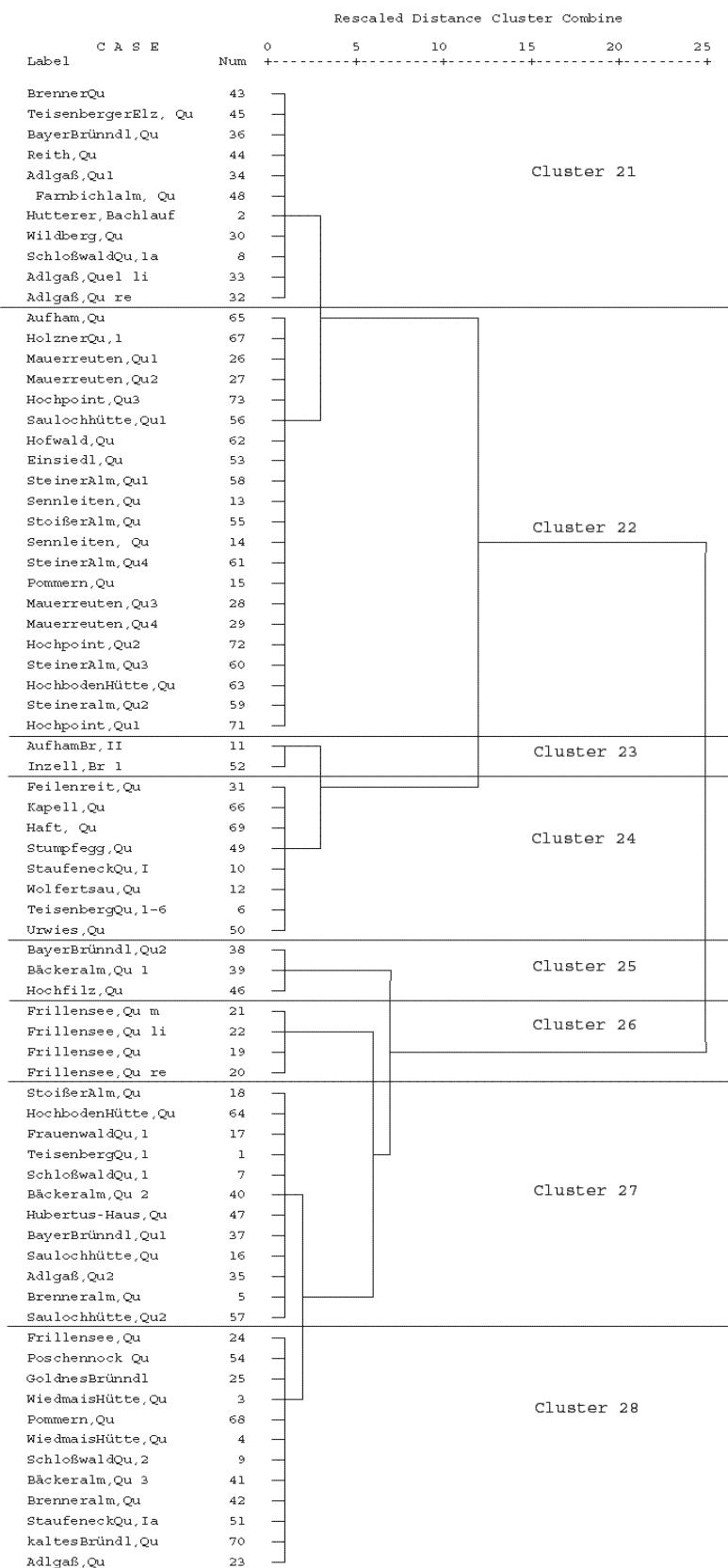


Abb. 18: Ergebnis der hierarchische Clusteranalyse anhand der Vor-Ort-Parameter im Gebiet Siegsdorf

Die gebildeten Cluster sind von verschiedener Größe, die größte Gruppe (Cluster 15) wird von zehn beprobten Quellen gebildet. Mit Ausnahme der Quellen Mooswinkel Q1, Kassgraben Q1 und Prügelmöser Q2 liegen alle anderen dieser Gruppe in der Zementmergelserie. Die kleinste Gruppe (Cluster 13) wird von den beiden Quellen auf dem Zinnkopf gebildet, die schon bei der Darstellung der elektrischen Leitfähigkeit eine isolierte Gruppe bildeten. Sie liegen beide in der Einheit des Reiselberger Sandsteins. Im Falle des Clusters 14 liegen alle Quellen innerhalb von Moränenablagerungen des Salzachgletschers (Scheibelegg Q6, Q5 und Köckenberg Fernmoräne, Franz Gallinger Q1 und 2 Lokalmoräne). Der Cluster 16 bildete eine bezüglich der lithologischen Lage der Quellen sehr heterogene Gruppe. Dabei liegen die Quellen Zinnkopf 1-4, Spannmoos Q3 und Wienergraben Q1 wieder in der Zementmergelserie, geographisch nahe den Punkten aus Cluster 15. Die anderen Quellen liegen in quartären Ablagerungen oder sind aufgrund nicht vorhandenem geologischen Kartenmaterial der jeweiligen geologischen Einheiten nicht genau zuzuordnen. Im Cluster 11 befinden sich sieben Messpunkte. Die Quelle Mooswinkel liegt dabei im Bereich der Buntmergelserie, alle anderen Quellen befinden sich innerhalb Moränenablagerungen des Rottraungletschers. Im Arbeitsgebiet Teisenberg beläuft sich die Anzahl der Cluster auf 8 Gruppen unterschiedlichster Größe. Die kleinste umfasst zwei (Brunnen Aufham1 und Inzell1), die größte Gruppe 21 Messpunkte (Abb. 19).

Dendrogram using Ward Method



**Abb. 19: Ergebnis der hierarchischen Clusteranalyse anhand der Vor-Ort-Parameter im Arbeitsgebiet Teisenberg**

Im Cluster 21 liegen die 11 Punkte zu gleichen Teilen im Bereich der Piesenkopfschichten, Bleichhornserie und der Zementmergelserie. Im Cluster 22 verteilen sich die Messstellen auf die letzten beiden genannten Schichten sowie den Moränenablagerungen des Salzachgletschers. Brunnen Aufham II und der Brunnen in Inzell bilden den Cluster 23, beide erschließen als Grundwasserleiter glaziale bis postglaziale Ablagerungen. Cluster 24 zeigt sich in Hinsicht auf die lithologischen Verhältnisse sehr homogen: Alle Punkte liegen innerhalb der Salzachgletschermoräne. In der Hällritzer- und der Bleichhornserie liegen die drei Punkte des Clusters 25, die Messpunkte am Frillensee die im Cluster 26 zusammengefasst sind in der Moräne des Weißtraungletschers. Auffallend ist, dass alle ermittelten Quellaustritte in unmittelbarer Nähe westlich des Frillensees (Cluster 26) auf einer Störung liegen, die NW–SE streicht (Kartenblatt Bad Reichenhall Nr. 667 von 1979). Die kartierten Quellen, die im Cluster 27 zusammengefasst sind, liegen fast ausschließlich in Hangschuttablagerungen, nur ein Punkt innerhalb der Bleichhornserie. Letzte Gruppe in der Abb. 19 ist der Cluster 28; seine Messpunkte liegen ebenfalls innerhalb von Hangschuttablagerungen, jedoch näher an Lokalmoränenablagerungen als die des Clusters 27.

### 5.3 Analysedaten

Geohydrochemische Analysen sind die Grundlage für die Klassifizierung von Grundwasserleitern (HÖLTING & COLDEWEY 2005). Die Anzahl der gemessenen Parameter findet sich in Tab. 10. Die Probennahme erfolgte entsprechend den Richtlinien des DVWK-Regelhefts Nr. 128 „Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben“, die Analyse nach DIN 38404 und DIN 38405 des Deutschen Einheitsverfahrens zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung (2007). Für die genaue Interpretation der Analysedaten war eine wiederholte Messung der Vor-Ort-Parameter nötig; in den wenigsten Fällen war eine starke Abweichung gegenüber den ersten Werten zu erkennen. Im Anhang 4 und 6 sind die Analyseergebnisse, ausgewertet am Department für Umwelt- und Geowissenschaften, Sektion Hydrogeologie, im Anhang 5 und 7 die des Labors des Landesamts für Umwelt aufgelistet. Alle Proben wurden jeweils in beiden Laboren bearbeitet. Für die anschließende Auswertung wurden die Ergebnisse der beiden Labore verglichen und bei zu starker Abweichung aus beiden Analysen (LMU/LfU) der Mittelwert am jeweiligen Messpunkt gebildet.

Um die Brunnen- und Quellanalysen beider Gebiete vergleichen zu können, wurde der von WAGNER et al. verfasste GLA Fachbericht Nr. 21 (2003) hinzugezogen. In diesem werden vom Landesamt für Umwelt Werte für die charakteristischen Wässer der einzelnen geologischen Einheiten in Süddeutschland aufgeführt. Die Daten setzen sich aus bis zu 100 Einzelanalysen zusammen, aus denen der Median ermittelt wurde. Diese Methode soll verhindern, dass Ausreißer mit in die statistische Darstellung eingehen. Somit handelt es sich nicht um Spitzenwerte von Einzelanalysen, sondern um eine Gesamttendenz. Da die Bildung des Medians nur bei Analysen eines Gewässertyps sinnvoll ist, werden im folgenden Kapitel jeweils Haupt-, Neben- und Spurenelemente aller Messpunkte addiert und auf die Gesamtkonzentration prozentual umgerechnet. Somit ergibt sich der Gesamttendenz des betreffenden Gebietes. Die Ergebnisse wurden in äquivalente Stoffmengenanteile angegeben (meq %), damit ein Vergleich mit den Werten aus WAGNER et al. (2003) erfolgen konnte.

Des Weiteren wurden vier Parameter ermittelt, die sich rechnerisch aus den Analyseergebnissen bestimmen lassen:  $d^{\wedge}$  ie Gesamtmineralisation, die Gesamthärte, die Carbonathärte und der Calcium-Sättigungsindex.

Die Gesamtmineralisation (GM) wird aus den Summen der Konzentrationen in mg/L folgender Kationen und Anionen ermittelt:

$$GM \text{ [mg/L]} = [\text{Na}] + [\text{K}] + [\text{Ca}] + [\text{Mg}] + [\text{HCO}_3] + [\text{SO}_4] + [\text{NO}_3] + [\text{Cl}] + [\text{F}] + [\text{Br}] \\ + [\text{PO}_4] + [\text{Fe}] + [\text{Mn}] + [\text{NO}_2] + [\text{Si}] + [\text{NH}_4]$$

Die Gesamthärte (GH) berechnet sich aus der Konzentration von Magnesium und Calcium in mg/L

$$GH \text{ [°dH]} = ([\text{Ca}]/20,04 + [\text{Mg}]/12,153) \times 2,8 \quad (9)$$

Die Carbonathärte (KH) in °d entspricht dem Gehalt an  $\text{Ca}^{2+}$  Ionen und  $\text{Mg}^{2+}$  Ionen , für die eine äquivalente Menge an Hydrogencarbonat, Carbonat und bei der Hydrolyse entstehendes Hydroxid vorliegt. Berechnet wird sie aus dem  $K_s$  (pH 4,3) Wert in mmol/L.

$$KH \text{ [°dH]} = k_{s,4,3} \times 2,8 \quad (10)$$

Der Calcium-Sättigungsindex (SI) gibt Auskunft über die Ausbildung des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts. Berechnet wird er aus dem im Gelände gemessenen pH-Wert und dem Gleichgewichts-pH. Letzterer lässt sich nach HÖLTING & COLDEWEY (2005) aus der Konzentration an Calcium und Hydrogencarbonat, sowie der temperaturabhängigen Langlier-Konstante ( $pK^*$ ) und dem Langlier-Korrekturfaktor  $f_L$  berechnen.

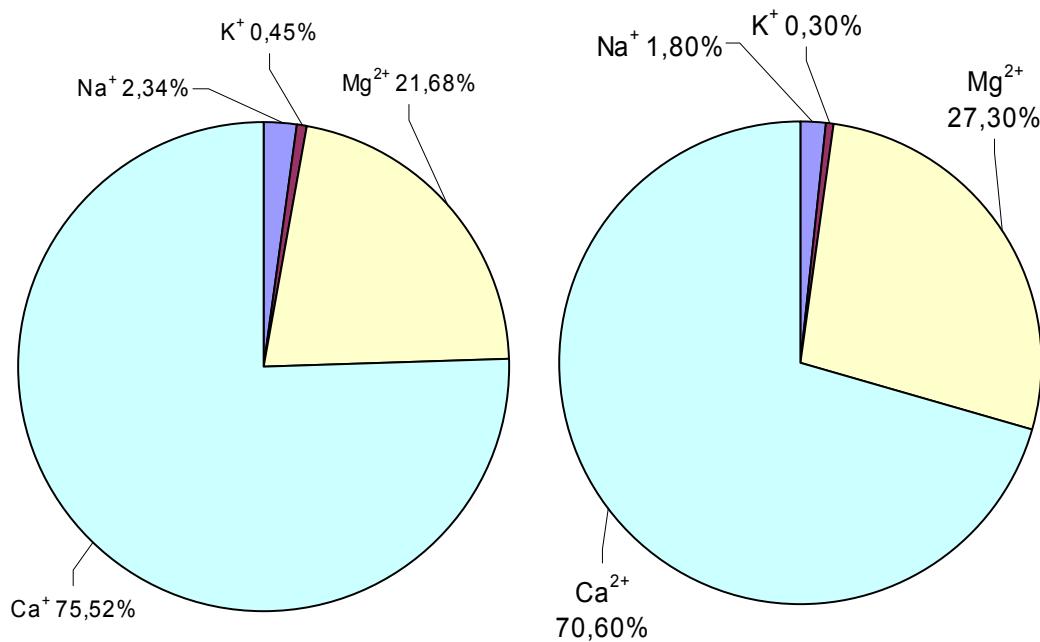
$$SI = pH_{\text{Gelände}} - pH_{\text{Gleichgewicht}} \quad (11)$$

$$pH_{\text{Gleichgewicht}} = pK^* - \lg C_{\text{Ca}}^{2+} - \lg c_{\text{HCO}_3^-} + \lg f_L \quad (12)$$

Ein negativer Index in Gleichung (11) zeigt das Vorhandensein von aggressiver Kohlensäure an, ein positiver Index den Überschuss von  $\text{CaCO}_3$ , Werte nahe der Null Gleichgewichtsgewässer (HÖLTING & COLDEWEY 2005).

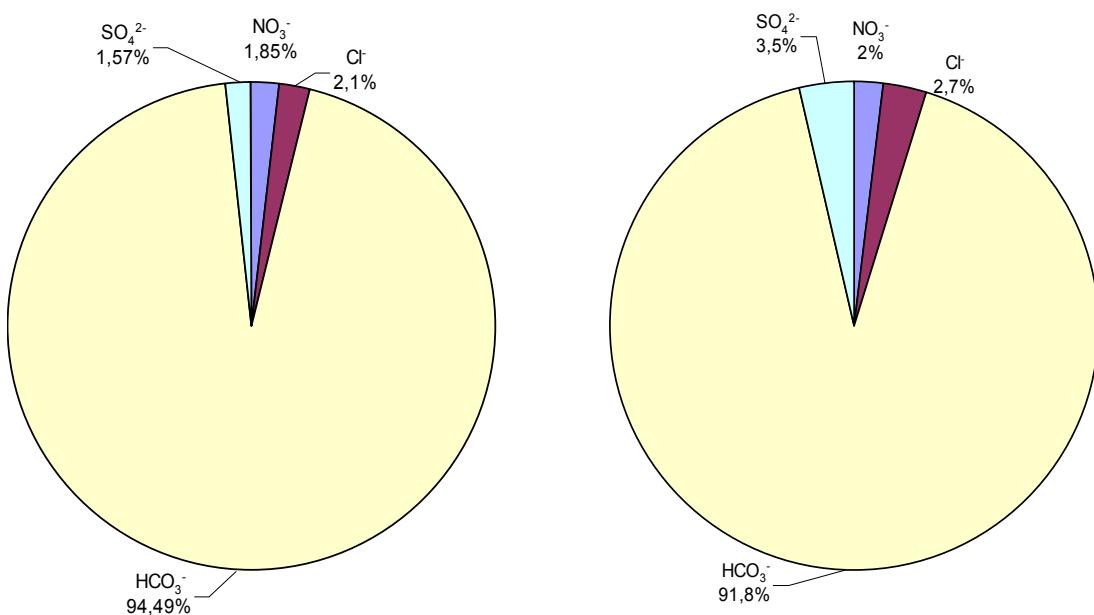
### 5.3.1 Arbeitsgebiet Siegsdorf

Im Bezug auf die Hauptinhaltsstoffe der Brunn- und Quellwässer ist in den Analyseergebnissen eine deutliche Dominanz von Ca (75,52 mmol(eq) %) bei den Kationen, und von Hydrogencarbonat (94,5 m mmol(eq) %) bei den Anionen zu verzeichnen. Mit 24,04 mmol(eq) % liegt bei den Kationen Mg an zweiter Stelle. Diese Verteilung der Elemente liegt leicht über dem Durchschnitt, ist aber dennoch charakteristisch für die quartären Grundwasserleiter im Moränenbereich (WAGNER et al. 2003). Betrachtet man die Einzelwerte, so stellt man fest, dass die Quellen Wolfsberg Q1 und Kressenbach Q1-4 bei allen Hauptkationen deutlich höhere Werte erreichen. Bei den Hauptanionen, mit Ausnahme von Sulfat, verhält es sich ebenso. Die beiden Quellen liegen nicht in denselben geologischen Einheiten, ihre deutlich erhöhten Werte verfälschen die prozentuale Verteilung der Analyseergebnisse jedoch nicht, und gehen somit in das Kreisdiagramm mit ein. Abb. 20 zeigt die Verteilungen der Hauptkationen anhand zweier Kreisdiagramme, links die für das Gebiet Siegsdorf ermittelten, rechts die für die Quartären Moränenablagerungen charakteristischen medianen Hauptkationen.



**Abb. 20:** Kreisdarstellung der Hauptkationen in den Gewässern von Gebiet Siegsdorf (links), rechts die Messwerte der Wässer der quartären Grundwasserleiter im Moränenbereich aus WAGNER et al. (2003), ermittelt anhand von 258 Analysen am Landesamt für Umwelt München

Bei den Hauptanionen bildet Hydrogencarbonat mit 94,5 mmol(eq) % die am häufigsten vertretene Spezies. Wie in Abb. 21 links zu sehen, kommen SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> und Cl<sup>-</sup> zu etwa gleichen Teilen vor. Die in WAGNER et al. (2003) angeführten Werte für die Wässer der Quartären Grundwasserleiter im Moränenbereich (Abb. 21 rechts) decken sich ebenfalls mit den Analyseergebnissen der Proben des Arbeitsgebiets Siegsdorf. Stärker abweichend sind lediglich Hydrogencarbonat (um 2,6 mmol(eq)% höher) und Sulfat (um 1,8 mmol(eq) % niedriger), tendenziell ist somit ein stärkerer carbonatischer Einfluss festzustellen.



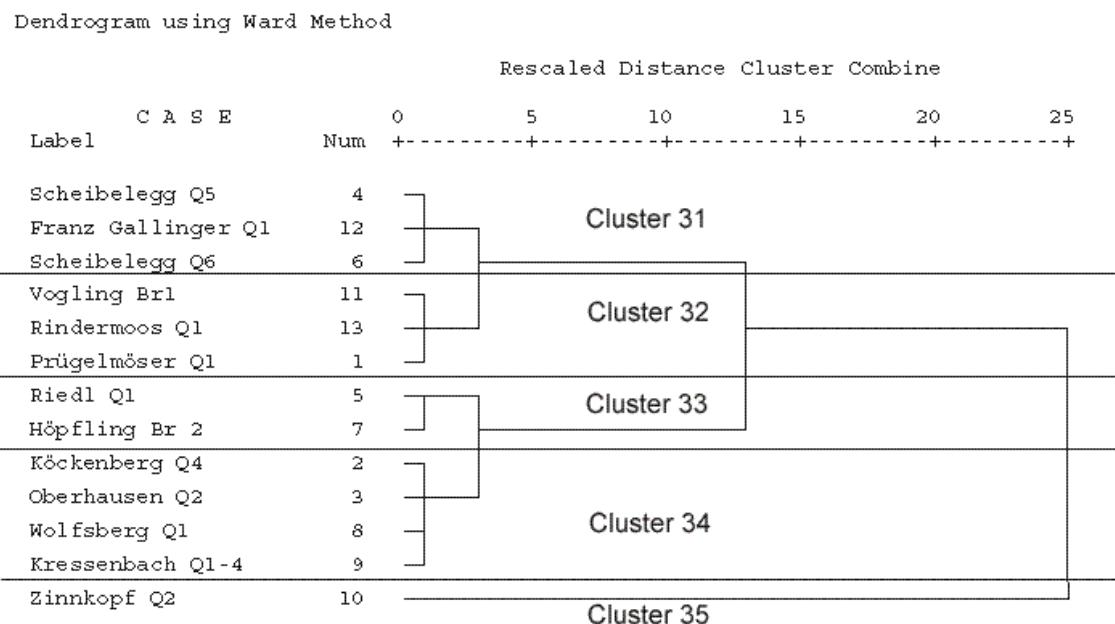
**Abb. 21: Hauptanionen im Arbeitsgebiet Siegsdorf (links), rechts die Messwerte der Wässer der quartären Grundwasserleiter im Moränenbereich aus WAGNER et al. (2003), ermittelt anhand von 47 Analysen am Landesamt für Umwelt München, ermittelt anhand von 258 Analysen am Landesamt für Umwelt München**

Hinsichtlich der Spurenelemente weisen die Werte oftmals Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze auf. Ein Vergleich mit den Werten aus WAGNER et al. (2003) bringt nur bedingte Übereinstimmung: Die Werte für Strontium, Barium, Bor und Zink liegen oberhalb von 10 µg/L. Lithium und Nickel liegen über 1 µg/L, die Konzentration von Aluminium und Chrom unterhalb der Nachweisgrenze. Dies ergibt im Vergleich zu WAGNER et al. (2003) zu niedrige Werte für Aluminium und Kupfer, und leicht erhöhte Werte für Bor.

Die Gesamtmineralisation an den jeweiligen Brunnen- und Quellwässern im Gebiet Siegsdorf reicht von 144 bis 491,6 mg/L. Damit liegt sie mit durchschnittlich 355 mg/L leicht unter den für die Quartären Schotter typischen Werten (WAGNER et al. 2003). Die Gesamthärte liegt zwischen 5,0 °d und 17,0 °d, im Durchschnitt beträgt sie 12,64 °dH, was nach KLUT & OLSZEWSKI (1945) dem Härtegrad „ziemlich hart“, oder nach dem Wasch- und Reinigungsmittelgesetz Härtegrad 2 entspricht. Die Carbonathärte (KH) reicht von 1,26 bis 18,34 °d, in ihrem

Mittel 11,7 °dH, und weicht damit nicht wesentlich von der Gesamthärte ab. Auffällig ist die Probe Zinnkopf die mit 1,26 °dH (KH) weit vom Mittelwert abweicht. Gründe hierfür werden in der Plausibilitätskontrolle (Kapitel 6) genannt. Der Sättigungsindex reicht von -0,33 (Zinnkopf Q2) bis zu 1,65 am Messpunkt Höpfling Br 2. Dies besagt, dass sich nur ca. die Hälfte der Wässer im Gleichgewicht befindet. Die Proben an den Messpunkten Prügelmöser Q1, Wolfsberg Q1, Höpfling Br 2 und Vogling Br1 weisen einen Überschuss an CaCO<sub>3</sub> auf. Mit dem einzigen negativen Wert stellt Zinnkopf Q2 den einzigen Wässertyp mit „aggressiver Kohlensäure“ dar.

Um Ähnlichkeiten im Chemismus zwischen den einzelnen Probenahmepunkten herauszufinden, wurde eine statistische Auswertung der hierfür in mmol/L umgerechneten Analyseergebnisse erstellt. Um den Zusammenhang der einzelnen Analysedaten erkennen zu können, wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt. Diese ergab folgende Parameter, die bei der hierarchischen Clusteranalyse verwendet wurden: Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Hydrogencarbonat, Chlorid, Redoxpotential, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur.



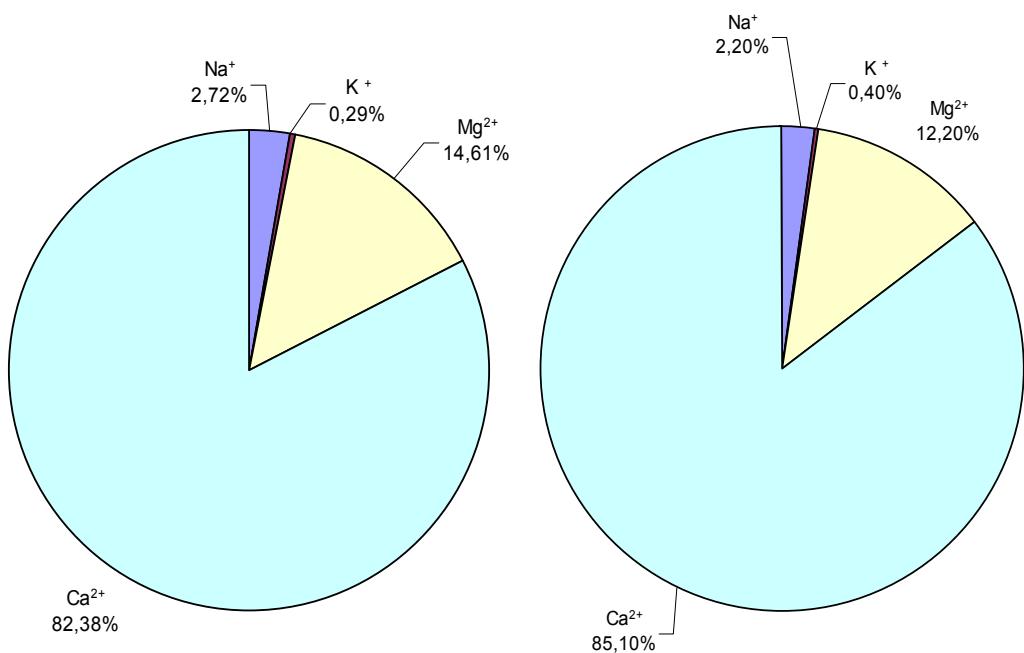
**Abb. 22:** Ergebnisse der hierarchischen Clusteranalyse anhand der Parameter Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Hydrogencarbonat, Chlorid, Redoxpotential, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur für die 12 Probenahmepunkte im Gebiet Siegsdorf

Mit Ausnahme von Cluster 31 ist keine vollkommene Übereinstimmung mit den Clustern aus der hierarchischen Clusteranalyse (Abb. 18) aus Kapitel 5.3 zu verzeichnen. Vergleicht man die Lage der Probenahmepunkte aus Abb. 22 mit der geologischen Karte 1:25000 des Arbeitsgebiets, so stellt man fest, dass lediglich die Messpunkte der Cluster 31, und 34 homogen innerhalb der Moränenablagerungen des Salzachgletschers liegen. Die Cluster 32 und 33 sind, die Lage der geologischen Einheiten betreffend, heterogen zusammengesetzt. Cluster 35 wird nur von einem Punkt gebildet und liegt in der Zementmergelserie.

### 5.3.2 Arbeitsgebiet Teisenberg

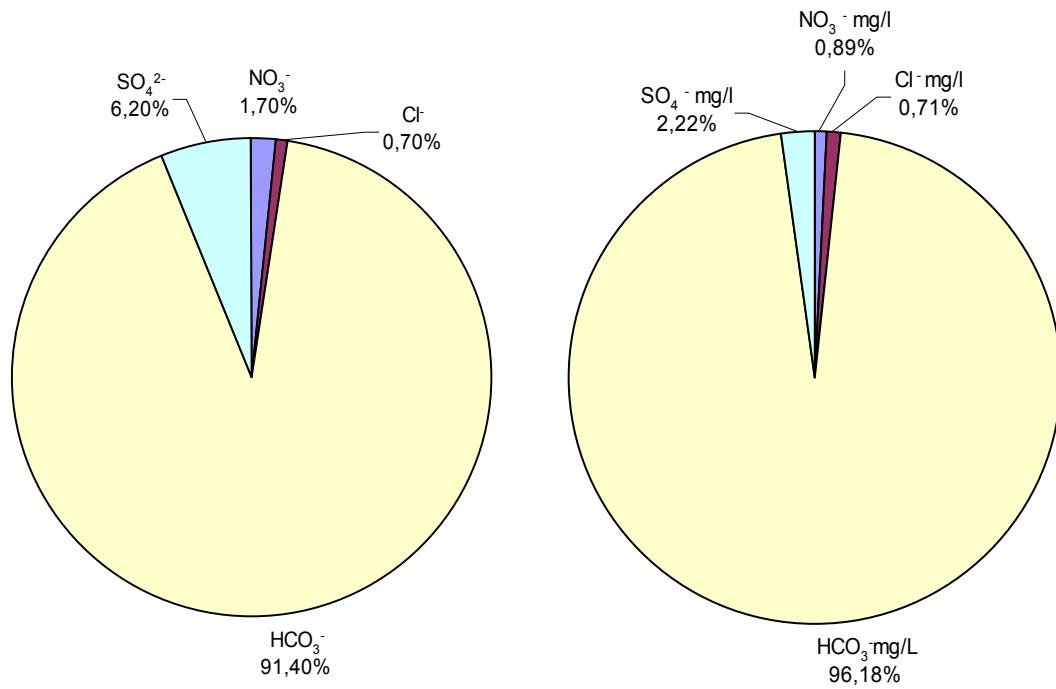
Bei Betrachtung der Einzelwerte sind im Gebiet Teisenberg die beiden Messpunkte Aufham Br. II und Staufenec Qu. I von Bedeutung. In allen Bereichen der Hauptkationen und Anionen weisen sie stark erhöhte Werte auf. Ohne diese beiden Punkte kommt man anhand der Analyse der Hauptkationen in Abb. 23 zu der Schlussfolgerung, dass es sich tendenziell um den von WAGNER et al. (2003) ermittelten Gewässertyp des Flysch handelt. Der Grund für die hohen Werte dieser zwei Messstellen liegt laut KRATZER (2008) an antrophogenen Einflüssen durch die Autobahn. Da es sich bei den im folgenden Kapitel beschriebenen Analyseergebnissen um Tendenzen der hydrogeologischen Gewässertypen handelt, gehen die beiden Messpunkte nicht in das in Abb. 23 dargestellte Kreisdiagramm ein.

Somit dominiert auch im Gebiet Teisenberg bei den Hauptkationen Calcium deutlich mit 82,38 mmol(eq) %, Magnesium liegt mit 14,61 mmol(eq) % an zweiter Stelle. Auch die Werte für Natrium und Kalium liegen in derselben Größenordnung wie die der Gewässer des Flysch (Abb. 23 rechts).



**Abb. 23: Kreisdarstellung der Hauptkationen in den Gewässern von Arbeitsgebiet Teisenberg (links), zum Vergleich die Werte der Grundwasserleiter des Flysch (rechts) aus WAGNER et al. (2003), ermittelt anhand von 61 Analysen am Landesamt für Umwelt München**

Mit 91,40 mmol(eq) % liegt Hydrogencarbonat auch in den Analysen des Gebiets Teisenberg am häufigsten vor. Die Verteilung der restlichen Hauptanionen Sulfat (6,20 mmol(eq) %), Nitrat (1,70 mmol(eq) %) und Chlor (0,70 mmol(eq) %) in Abb. 24 lässt, nach Vernachlässigung der Punkte Staufenec Qu. I und Aufham Br. II, ebenfalls den Schluss zu, dass es sich um Grundwässer aus dem Bereich des Flysch handelt (Abb. 23 rechts).



**Abb. 24: Kreisdarstellung der Hauptanionen in den Gewässern von Arbeitsgebiet Teisenberg (links), zum Vergleich die Werte der Grundwasserleiter des Flysch (rechts) aus WAGNER et al. (2003), ermittelt anhand von 61 Analysen am Landesamt für Umwelt München**

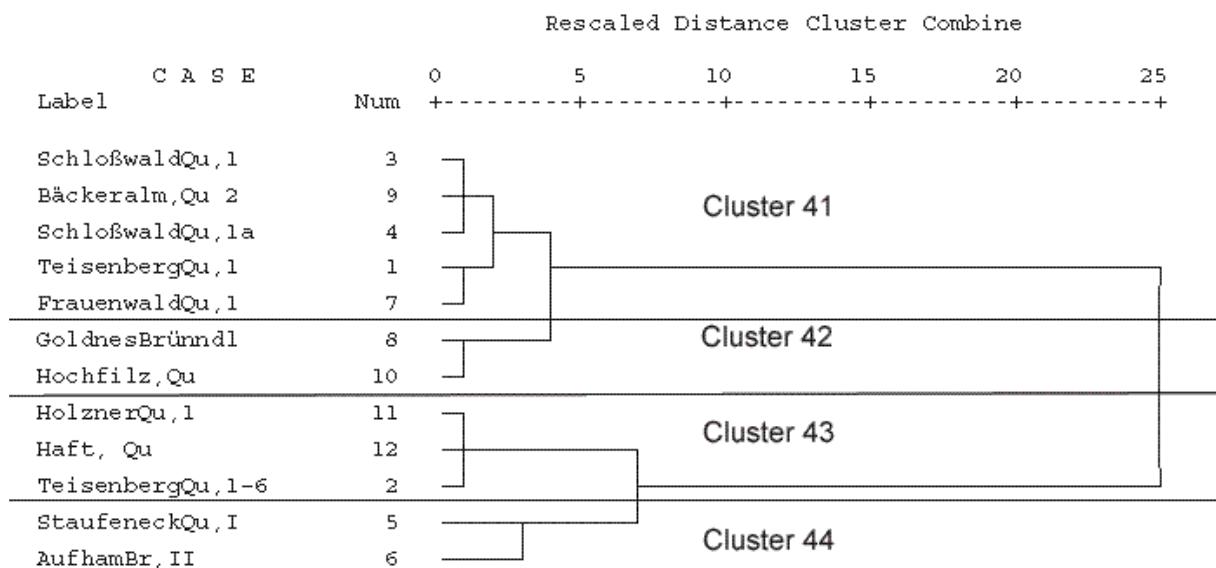
Im Vergleich zu den Werten der Spurenelemente aus WAGNER et al. (2003) in Gewässern des Flysch liegen die des Gebiets Teisenberg vielen Bereichen höher. So liegen die Werte für Barium, Bor, Strontium und Zink deutlich über 10 µg/L, WAGNER et al. (2003) stellen für Bor und Zink Werte zwischen 1 und 10 µg/L fest. Nickel und Lithium liegen mit Werten von unter 10 µg/L im angegebenen Bereich der Flyschwässer.

Im Vergleich zum Gebiet Siegsdorf weist das Gebiet Teisenberg eine um 80 mg/L niedrigere durchschnittliche Gesamtmineralisation auf. Mit Werten von 103 – 474,2 mg/L gelten die Wässer als schwach mineralisiert. Die Gesamthärte (GH) beträgt durchschnittlich 10 °dH, entsprechend werden sie als mittelharte Wässer benannt. Somit gehören sie ebenso wie das Gebiet Siegsdorf dem Härtebereich 2 an. Die Karbonathärte liegt im Mittel mit 9 °dH nahe am Durchschnitt der Gesamthärte. Einzig die Proben Staufenec Qu I und Aufham Br.II liegen mit einer Gesamtmineralisation von 15 °dH bzw. 17,22 °dH weit über dem Durchschnitt. Der

Brunnen in Aufham weist jedoch im Verhältnis zu der Quelle in Staufenec ebenfails eine hohe Karbonathärte auf (Kap. 6). Der Karbonatsättigungsindex (SI) der Proben schwankt im Wesentlichen zwischen Null und eins, und liegt somit im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht. Lediglich der Messpunkt Hochfilz Qu. zeigt mit einem Wert von -2,06 das Vorhandensein von aggressiver Kohlensäure an.

Die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Probenahmepunkten im Gebiet Teisenberg werden durch das Dendrogramm in Abb. 25 dargestellt. Grundlage hierfür war eine Hauptkomponentenanalyse, die dieselben Parameter für die hierarchische Komponentenanalyse lieferte wie im Gebiet Siegsdorf. Es handelt sich um Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Hydrogencarbonat, Chlorid, Redoxpotential, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur. Die Analysergebnisse werden auch hier in mmol/L für die Bedeutung herangezogen.

Dendrogram using Ward Method



**Abb. 25: Ergebnisse der hierarchischen Clusteranalyse anhand der Parameter Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Hydrogencarbonat, Chlor, Redoxpotential, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur für die 12 Probenahmepunkte im Gebiet Teisenberg**

Im Gegensatz zum Arbeitsgebiet Siegsdorf ergeben sich im Arbeitsgebiet Teisenberg nur vier Cluster. Im Bezug auf die geologischen Verhältnisse weisen die einzelnen Cluster eine große Homogenität auf. Nur die beiden Punkte von Cluster 42 liegen in unterschiedlichen geologischen Einheiten. Die fünf Punkte aus Cluster 41 liegen sowohl in Fern- als auch in Lokalmoränen, die beiden auffälligen Punkte Aufham Br. II und Staufenec Qu I in Cluster 44 liegen geographisch nah beieinander an der

Autobahn A8. Im Vergleich mit der hierarchischen Clusteranalyse in Abb. 19 (Kapitel 5.2) anhand der Vor-Ort-Parameter zeigt sich, dass sie mit den Cluster aus Abb. 25 nicht identisch sind. Die Spezifizierung anhand der Analyseergebnisse sorgt für eine genauere Unterteilung der Gruppen, und ermöglicht so eine präzisere Aussage über ihre Zugehörigkeit.

### 5.3.3 Beurteilung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der tendenzielle hydrochemische Charakter der Gebiete Siegsdorf und Teisenberg unterschiedlich ist. Das Gebiet Siegsdorf entspricht den Quartären Grundwasserleitern im Moränenbereich, das Gebiet Teisenberg eher denen des Flysch. Unterzieht man die Messpunkte beider Gebiete einer Hauptkomponentenanalyse anhand der Parameter Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Hydrogencarbonat, Chlorid, Redoxpotential, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur, so ergeben sich die sechs in Abb. 26 dargestellten Cluster. Auffällig ist, dass diese Cluster nur in einem Fall gebietsübergreifend sind, d.h Cluster 52 beinhaltet zwei Punkte aus dem Gebiet Teisenberg, und einen aus dem Gebiet Siegsdorf.

In Abb. 26 spiegelt sich der unterschiedliche hydrochemische Charakter beider Gebiete wieder. Wenn auch manche Punkte gebietsübergreifend in derselben geologischen Einheit liegen, verursachen äußere Umstände wie Höhenlage, Schneeschmelze, Verweildauer des Wassers oder Landnutzung im jeweiligen Gebiet chemische Unterschiede.

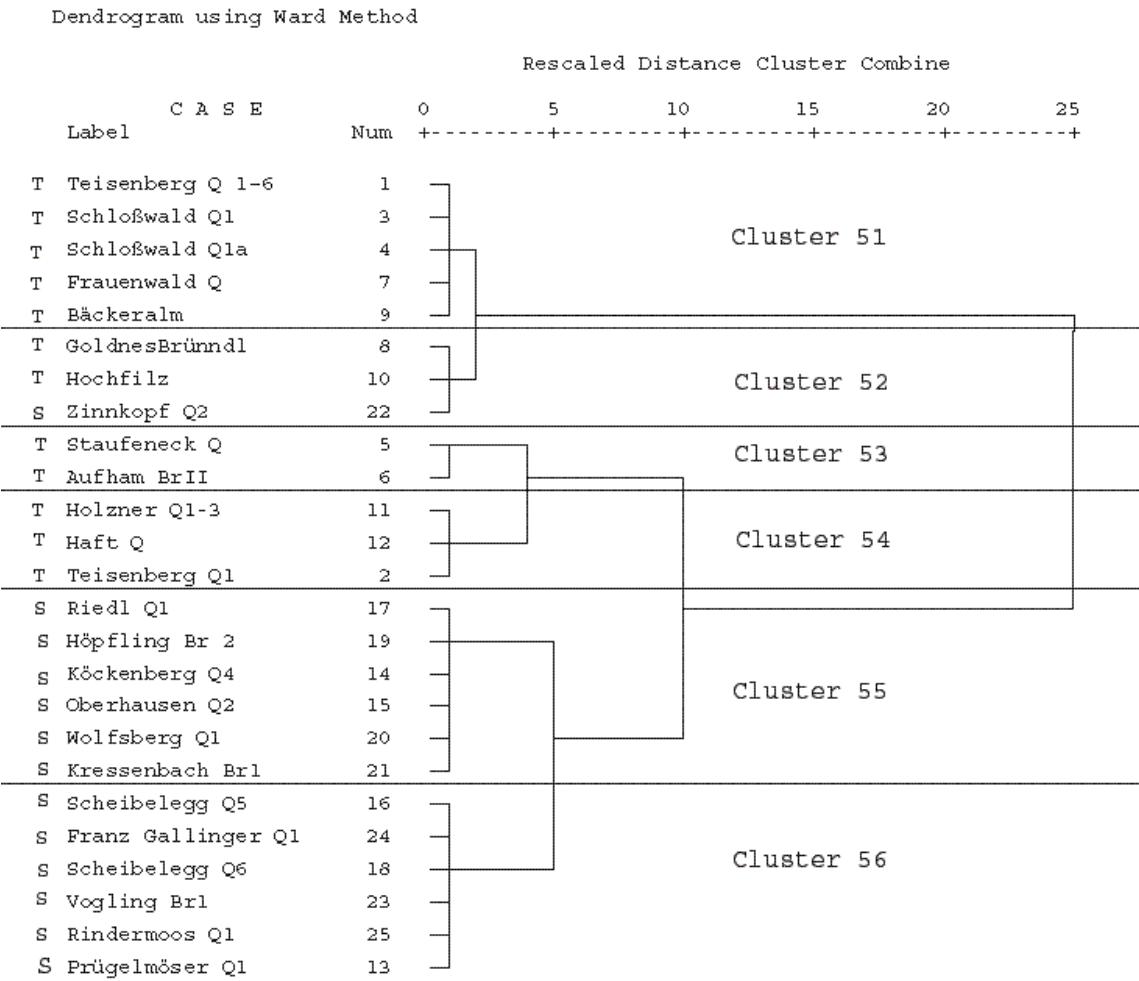


Abb. 26: Hierarchische Clusteranalyse der Gebiete Siegsdorf (S) und Teisenberg (T) anhand der Parameter Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Hydrogencarbonat, Chlorid, Redoxpotential, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur.

## 6 Diskussion der Werte

In diesem Kapitel soll vor allem überprüft werden, ob es sich bei stark abweichenden und auffälligen Daten um Messfehler, oder plausible Werte handelt. Die gilt für die Vor-Ort-Parameter ebenso wie für die Analysenwerte. Die Vor-Ort-Parameter werden anhand von Ausreißertests überprüft, und augenscheinlich falsche Werte verworfen (WAGNER et al. 2003). Bei den Analysedaten erfolgt die Kontrolle anhand einer Ionenbilanz. Bei plausiblen Werten, die stark von der Norm abweichen werden die möglichen Ursachen erläutert. Anhand der so diskutierten Werten erfolgt die hydrochemische Modellierung der einzelnen beprobten Quellen und Brunnen beider Untersuchungsgebiete.

### 6.1 Vor-Ort-Parameter

Die gesammelten Vor-Ort-Parameter der beiden Gebiete Siegsdorf und Teisenberg sind in Tab. 11 dargestellt. Die Daten wurden im Gebiet Siegsdorf vom 1.-15. Mai 2008 ermittelt, im Gebiet Teisenberg zwischen dem 27. April und 15. Mai. Während der gemeinsamen Probenahme, die vom 9.-11. Juni stattfand wurden die Vor-Ort-Parametern an den 25 ausgesuchten Probenahmepunkten ermittelt. Als Grundlage für den Vergleich der gemessenen Werte mit den Standards der jeweiligen Gewässertypen dient wieder der GLA Fachbericht Nr. 21 (WAGNER ET. AL. 2003).

**Tab. 11: Zusammenfassende Ergebnisse der Wertebereiche der ermittelten Vor-Ort-Parameter in den Gebieten Siegsdorf und Teisenberg**

Vor-Ort-Parameter	Wertebereich	Mittelwert	Median	Standardabweichung
<b>Siegsdorf</b>				
Temperatur [Wasser] in °C	4,9 – 12,9	8,10	8,15	1,62
elektrische Leitfähigkeit in µS/cm	160 – 581	386,90	365,00	102,97
Redoxpotential in mV	237 – 628	523,75	539,50	65,65
Sauerstoff in mg/L	54 – 8,29	99,40	10,86	2,77
Sauerstoffsättigung in %	6 – 23,75	11,34	101,30	17,71
pH-Wert	6,7 – 8,29	7,48	7,41	0,35
Schüttung in L/s	0,1 – 0,51	0,22	0,15	0,16
K <sub>B</sub> in mmol/L	0,02 – 0,44	0,20	0,17	0,12
K <sub>S</sub> in mmol/L	0,45 – 6,55	4,18	4,45	1,46
CO <sub>2</sub> in mg/L	0,88 – 19,36	8,94	7,92	4,86
Hydrogencarbonat in mg/L	27,5 – 399,65	254,86	271,52	88,81
<b>Teisenberg</b>				
Temperatur [Wasser] in °C	4 – 11,9	6,77	6,60	1,27
elektrische Leitfähigkeit in µS/cm	67 – 630	316,41	315,00	89,92
Redoxpotential in mV	13 – 291	81,03	299,42	45,65
Sauerstoff in mg/L	2,4 – 10,44	7,61	7,68	1,55
Sauerstoffsättigung in %	22,3 – 96,6	68,65	69,50	14,28
pH-Wert	6,7 – 8,33	7,63	7,63	0,31
Schüttung in L/s	0,04 – 16,3	1,05	0,31	2,84
K <sub>B</sub> in mmol/L	0,03 – 0,54	0,16	0,10	0,15
K <sub>S</sub> in mmol/L	1,13 – 4,88	2,90	2,60	1,31
CO <sub>2</sub> in mg/L	1,2 – 23,8	6,92	4,40	6,70
Hydrogencarbonat in mg/L	68,6 – 297,5	176,59	158,65	79,93

### 6.1.1 Wassertemperatur

Die Grundwassertemperatur wird durch den Wärmeumsatz an der Erdoberfläche, durch Konvektion und Verdunstung, sowie von chemischen und thermonuklearen Abläufen beeinflusst. Ab einer bestimmten bodenabhängigen Tiefe (isotherme Zone) wird das Grundwasser nicht mehr von den an der Oberfläche ablaufenden Prozessen beeinträchtigt (HÜTTER 1994). Je durchlässiger ein Boden ist, desto geringer ist die Verweildauer des Wassers in der ungesättigten Zone. Somit steigt der Einfluss des infiltrierenden Wassers auf den Grundwasserleiter, das es je nach Jahreszeit oder Höhenlage abkühlt oder erwärmt. Im Fall der beiden Untersuchungsgebiete war diese Wirkung deutlich an der noch andauernden Schneeschmelze zur Zeit der Kartierung zu beobachten. Im Gegenzug dazu entstehen höhere Temperaturen durch den Einfluss der in den niedrigeren Regionen erwärmten oberflächennahen Wässer. In Abb. 27 wird der Zusammenhang zwischen der Höhenlage der Quellen und der Wassertemperatur dargestellt. Zur Veranschaulichung wurde eine Regressionsgerade durch die Messpunkte beider Gebiete gelegt, deren Korrelationskoeffizient 0,2663 beträgt. In der Grafik ist die generell abnehmende Wassertemperatur bei zunehmender Höhe zu erkennen.

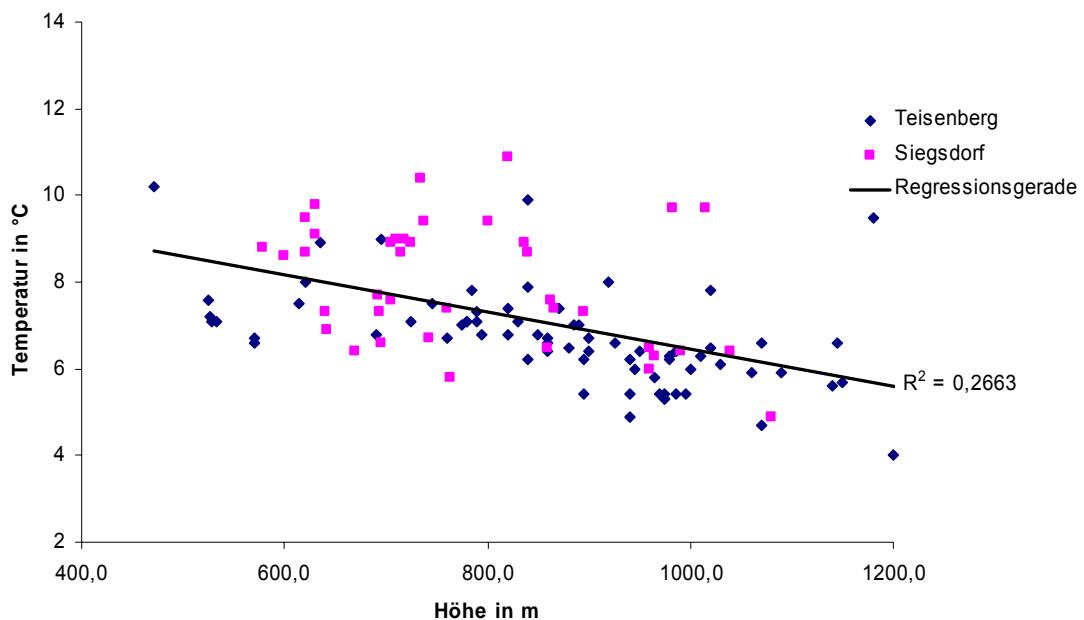


Abb. 27 graphische Darstellung der an den Quellen und Brunnen gemessenen Temperatur im Bezug zur Höhe in den beiden Arbeitsgebieten Siegsdorf und Teisenberg

Des Weiteren ist in Abb. 27 der in Kapitel 2.4.2 beschriebene Temperaturunterschied zwischen den Gebieten Teisenberg und Siegsdorf erkennbar. Im Gebiet Siegsdorf treten, bedingt durch die niedrigeren Höhenlagen durchschnittlich wärmere Temperaturen auf als im Gebiet Teisenberg. Eine Zweiteilung der Wassertemperatur innerhalb der beiden Gebiete ist ebenfalls wie in Abb. 12 zu beobachten. Dies ist auf die Lage der Quellen und den damit verbundenen Einfluss der Temperatur der infiltrierenden Wässer zurückzuführen. Im Gebiet Siegsdorf liegt je eine Gruppe über 8,5 °C, bzw. unterhalb 8 °C. Die Lage der kartierten Quellen in den Tallagen und den höheren Regionen führt zu dieser Aufteilung. Im Gegensatz zum Gebiet Teisenberg: dort zeigt sich die Teilung des Gebiets im Bezug auf die Wassertemperatur nicht so deutlich da nur wenige Quellen in den Tallagen, und damit höheren Temperaturen, kartiert wurden. Lediglich sechs Werte liegen oberhalb von 8 °C. In WAGNER ET. AL. (2003) wird für die Wässer der quartären Grundwasserleiter im Moränenbereich ein arithmetisches Mittel von 8,6 °C angegeben, im Gebiet Siegsdorf beträgt es 8,1 °C, und entspricht recht exakt den vorgegebenen Werten. Das arithmetische Mittel im Gebiet Teisenberg beträgt 6,8 °C und stimmt somit ebenfalls mit den Werten der Flyschwässer (7,2 °C) überein (WAGNER et al. 2003).

Den höchsten Temperaturwert im Gebiet Siegsdorf besitzt die Quelle Prügelmöser Qu. 2. Sie liegt an einem Süd-West-Hang in 743 m ü. N.N. und weist durchweg eine Schüttung von 0,1 L/s auf. Nach einem Ausreißertest nach MEYER (1976) gehört der Wert der Grundgesamtheit an. Ihre Lage, die zur Zeit der Kartierung vorherrschenden hohen Temperaturen in den Tallagen und der recht oberflächennahe Grundwasserleiter liefern eine Erklärung für diesen hohen Wert. Aus diesen Gründen der Messpunkt nicht aus der Grundgesamtheit entfernt.

Im Gebiet Teisenberg stellt die Quelle Feilenreit, Qu (840 m ü. N.N.) die höchste gemessene Quelltemperatur im Gebiet dar. Der Wert von 11,9 °C wurde ebenfalls einem Ausreißertest nach MEYER (1976) unterzogen. Wiederum zeigte sich die Zugehörigkeit zur Grundgesamtheit. Der hohe Wert fußt laut KRATZER (2008) in dem recht oberflächennahen Grundwasserleiter der Quelle.

### 6.1.2 Elektrische Leitfähigkeit

Im Gebiet Siegsdorf traten an zwei Messpunkten die niedrigsten Werte der elektrischen Leitfähigkeit auf. Die beiden Quellen Zinnkopf Q6 und Q7 liegen mit Werten von 184 und 160 µS/cm weit vom arithmetischen Mittel von 398 µS/cm entfernt. Der Ausreißertest nach Meyer aus Wolkersdorfer (1996) ergab, dass beide Werte der Grundgesamtheit angehören. Da es sich bei den beiden Werten um die höchstgelegenen Punkte im Gebiet Siegsdorf handelt (1040, bzw 1080 m ü. N.N.), und in der Zeit vor und während der Messung keine Niederschläge zu verzeichnen waren, wird hier der Einfluss der bereits erwähnten Schneeschmelze mit 10-100 µS/cm (HÜTTER 1994) deutlich. Schwach mineralisierte Oberflächenwässer haben nach HÜTTER (1994) eine elektrische Leitfähigkeit von 50–200 µS/cm. Dies entspricht den beiden ermittelten Werten.

Ein Ausreißertest für die höchsten gemessenen Werte an den Punkten Wolfsberg Q2 und 6 im Arbeitsgebiet Siegsdorf, sowie den Messpunkten Gerhardsreit Q1 und Kressenbach Br. I ergab, dass es sich um der Grundgesamtheit angehörende Werte handelt. Bei der Ermittlung der Vor-Ort-Parameter fielen an den Quellen Wolfsberg Q2 und 6 eine oberhalb der beiden Quellaustritte beweidete Wiese auf. Anhand der Luftbilder (Quelle: Landesamt für Umwelt München 2008) ist eine intensive Landwirtschaftliche Nutzung des gesamten Wolfsbergs zu erkennen. Da der Grundwasserleiter als oberflächennah angesehen werden kann (Wassertemperatur: 9 °C bzw. 8,9 °C) liegt eine Verunreinigung durch die im Einzugsbereich befindliche Viehhaltung und Landwirtschaft nahe. Dies kann als Grund für die erhöhten Werte angenommen werden.

Oberhalb der Quelle Gerhardsreit Q1 liegt die Bundesstraße St 2098; die eingebrachten Verunreinigungen von der Straße, wie Streusalz oder Bremsenabrieb könnten Gründe für den vergleichsweise hohen Wert von 566 µS/cm sein. Dies lässt sich leider nicht durch Analysergebnisse stützen, da an diesem Messpunkt keine Probenahme erfolgte.

Am Probenahmepunkt Kressenbach Br I. lässt sich die hohe elektrische Leitfähigkeit anhand der Gesamtmineralisation von 436 mg/L erklären. Diese gründet auf der längeren Verweildauer der Wässer in tieferen Grundwasserleitern aus der der Brunnen Kressenbach fördert. Das Wasser ist in der Lage mehr Stoffe aus dem umgebenden

Gestein zu lösen, aus diesen gelösten Stoffen folgt die hohe elektrische Leitfähigkeit. Nach HÜTTER (1994) handelt es sich bei Wässern mit einer Mineralisierung von 500-2000 µS/cm um gut mineralisierte Grundwasserleiter. Im Gebiet Teisenberg liegen die niedrigsten Werte der elektrischen Leitfähigkeit an den Messpunkten Bäckeralm Qu1 (67 µS/cm) und Bayer Bründl Qu2 (96 µS/cm) vor. Beide Punkte gehören der Grundgesamtheit an. Die Punkte liegen auf 1070 bzw. 925 m ü. N.N. jeweils an einem Nordosthang. Geht man von einer elektrischen Leitfähigkeit von 10-100 µS/cm für Schneewasser aus (HÜTTER 1994), so handelt es sich bei den ermittelten Werten um eben solches. Auch die Temperaturwerte und der pH-Wert sind entsprechend HÜTTER (1994) typisch dieses Wassertyp. Somit steht eine Beeinflussung durch Oberflächenwasser an diesen Punkten fest.

Auch der höchste gemessene Wert (630 µS/cm) am Messpunkt Aufham Br II. gehört der Grundgesamtheit an. WAGNER et al. (2003) gibt für die elektrische Leitfähigkeit von Wässern karbonatischer Quartärschotter, die der Brunnen in Aufham erschließt, eine elektrische Leitfähigkeit von 642 µS/cm an.

### 6.1.3 Redoxpotential

Während der Quellkartierung stellte sich das Redoxpotential als am schwierigsten zu ermittelnder Parameter heraus. Fehler bei der Messung konnten durch eine Vielzahl von Faktoren ausgelöst werden. Beläge aus Mn<sup>2+</sup> an der Platinelektrode können Verfälschungen des Potentials um bis zu 400 mV bewirken. Bei sauerstoffarmen Gewässern können geringste Änderungen im Sauerstoffgehalt großen Einfluss auf das Redoxpotential haben (HÜTTER 1994). Daraus folgt, dass eine Vermischung des zu beprobenden Wassers mit der umgebenden Luft am Quellaustritt oder durch die Vermengung mit Luft beim Pumpvorgang vermieden werden muss. Dies war in der Praxis aufgrund der örtlichen Gegebenheiten oftmals nicht möglich.

Zur Kontrolle des Redoxpotentials dienen die Parameter pH, Temperatur und Sauerstoffgehalt. Steigen pH-Wert und Temperatur in einer wässrigen Lösung, so nimmt das Redoxpotential ab, bei steigendem Sauerstoffgehalt steigt es. Bei einem sinkendem Redoxpotential nimmt die reduzierende Kraft des Systems zu; dies kann anhand höherer Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> und H<sub>2</sub>S Werte erkannt werden (HÖLTING 2005), soweit an den fraglichen Punkten Proben genommen wurden.

Mit 237 mV weist der Messpunkt Zinnkopf Q7 den kleinsten, die Quelle Köckenberg Q5 mit 628 mV den größten gemessenen Wert im Arbeitsgebiet Siegsdorf auf. Anhand des Ausreißertests nach Meyer (1976) konnte festgestellt werden, dass es sich um Ausreißer handelt. Eine durchgeführte Plausibilitätskontrolle anhand der Parameter Sauerstoffgehalt (14 mg/L) und pH-Wert (7,4) Temperatur (6,4 °C) zeigt weitere Ungereimtheiten am Messpunkt Zinnkopf Q7 im Bezug auf das Redoxpotential. An vergleichbaren Punkten im Arbeitsgebiet Siegsdorf (Scheibelegg Q 1, 2 und 6) lagen bei ähnlicher Sauerstoffsättigung und pH-Wert durchschnittlich 466 mV Redoxspannung vor. Ein weiteres Indiz hierfür ist die bei der ersten Vor-Ort-Probenahme ermittelte Redoxspannung von 310 mV. Somit ist es nicht auszuschließen, dass es sich an diesem Punkt um einen Messfehler handelt. Der Einfluss von Schmelzwasser hätte an dieser Stelle eher ein höheres Redoxpotential, wie bei der ersten Messung vermuten lassen vermuten lassen.

Hingegen lassen sich die gemessenen 628 mV am Messpunkt Köckenberg Q5 anhand der Parameter Sauerstoff (11,52 mg/L), pH-Wert (8,07) und Temperatur (9,4 °C) erklären. Die restlichen gemessenen Redoxpotentiale im Gebiet Siegsdorf (Anhang 2 und 3) wurden ebenfalls auf diese Weise überprüft, und stellten sich gänzlich als plausibel dar. Sie schwanken zwischen 450 mV und 628 mV, ihr Mittelwert beträgt 531 mV.

Im Arbeitsgebiet Teisenberg wurden ebenfalls der höchste (516 mV Frillensee, Q re.) und der niedrigste (237 mV Saulochhütte, Q1) Wert einem Ausreißertest unterzogen. Bei dem ermittelten Redoxpotential von 516 mV liegt ein Ausreißer vor, der nicht der Grundgesamtheit angehört. Ein Vergleich mit den Werten für pH, Sauerstoff und Temperatur an diesem Punkt zeigt Ungereimtheiten auf. Die Werte für die Sauerstoffsättigung und die Temperatur sind zu klein, der pH-Wert entspricht dem arithmetischen Mittel. Da keine schlüssige Begründung für diesen Ausreißer gefunden werden kann, wird er für weitere Schlussfolgerungen nicht herangezogen. Auch beim Punkt Saulochhütte Qu1 gibt es bei der Plausibilitätsprüfung anhand der Parameter pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Temperatur kein eindeutiges Ergebnis. Die Werte für den Sauerstoff bewegen sich zwar in der zu erwartenden Größenordnung (6,41 mg/L), der pH-Wert liegt aber nahe des arithmetischen Mittels von 7,63, und die Wassertemperatur mit 6,3 °C sehr niedrig. Bei beiden Werten kann somit ein Messfehler bei der Ermittlung des Redoxpotentials nicht ausgeschlossen werden.

Auffällig sind des Weiteren die Quellen Frillensee Qu, Qu m, und Qu li. Mit Redoxpotentialen von 381–457 mV liegen sie über dem arithmetischen Mittel von 304 mV. Sie liegen alle im Umkreis von ca. 500 m einer NW-SE verlaufenden Störung. Die Zusammengehörigkeit der Punkte bestätigt sich in Abb. 19, in der alle Punkte in Cluster 26 liegen.

#### 6.1.4 Sauerstoffgehalt und –sättigung

Im Grundwasser entscheidet vor allem das Vorhandensein oder Fehlen von Sauerstoff über oxidierende oder reduzierende Bedingungen. In Grundwässern werden oft Gehalte von 6–12 mg/L bei 0–20 °C festgestellt (MATTHES 1994). Sauerstoff wird durch das infiltrierende Sickerwasser eingebracht. Hierbei offenbart sich der wichtigste Zusammenhang mit dem Parameter Sauerstoff: Die Temperatur. Je wärmer Wasser ist, desto weniger Sauerstoff kann es binden und umgekehrt (HÖLTING 2005).

Da Sauerstoffgehalt und Sättigung in unmittelbarem Zusammenhang stehen, werden im folgendem nur die Messwerte für die Sauerstoffgehalte (in mg/L) diskutiert. Im Gebiet Siegsdorf erstrecken sich die Werte von 6,0 mg/L bei einer Temperatur von 6 °C (Sulzbergschneid Q2) bis zu 14,9 mg/L und einer Temperatur von 6,7 °C (Scheibelegg Q6). Nach einem durchgeföhrten Ausreißertest wird deutlich, dass die Werte Scheibelegg Q6 und Sulzbergschneid Q2 der Grundgesamtheit angehört. WAGNER et al. (2003) gibt eine Spanne von 0,10–12,08 mg/L für den Sauerstoffgehalt der Wässer der Quartären Grundwasserleiter an. In MATTHES (1994) werden Werte von 6–12 mg/L bei 0–20 °C für oberflächennahe Grundwassertypen genannt. Mit durchschnittlich 10,8 mg/L und durchschnittlich 7,9 °C liegen die ermittelten Werte im Gebiet Siegsdorf also im plausiblen Bereich..

Im Gebiet Teisenberg reichen die Werte von 2,34 mg/L bei 6,1 °C an der Brenneralm Q, bis zu 10,43 mg/L und 6,0 °C an der Wiedmaishütte Q. Beide Werte gehören der Grundgesamtheit an. In WAGNER et al. (2003) wird für den Sauerstoffgehalt der Flyschwässer eine Spanne von 1,90–12,80 mg/L angegeben. Auch im Vergleich zu den in MATTHES (1994) angegebenen Richtwerten (6–12 mg/L bei 0–20 °C) liegen die im Arbeitsgebiet Teisenberg ermittelten Werte (arithmetisches Mittel: 7,6 mg/L) im unteren, aber plausiblen Bereich.

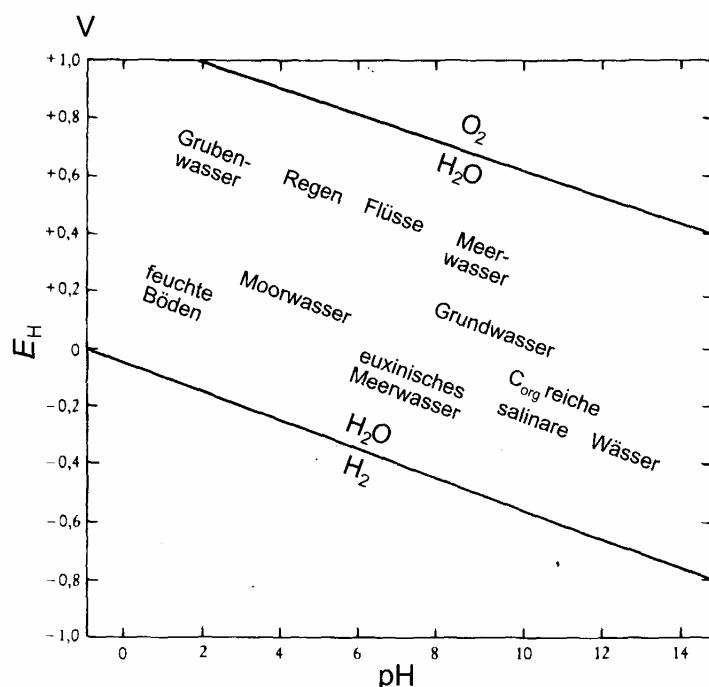
Im Allgemeinen zeigen die Werte beider Gebiete durchweg hohe Sauerstoffgehalte auf. Dies ist auf eine geringe Verweildauer im Untergrund, oder auf Einfluss durch Oberflächenwasser zurückzuführen.

### 6.1.5 pH-Wert

Welchen pH-Wert ein unbelastetes Grundwasser aufweist hängt am meisten vom Stoffmengenverhältnis der freien Kohlensäure zum Hydrogencarbonat ab. Gut gepufferte Grundwässer mit mittlerem Härtegrad weisen einen pH-Wert in der Nähe des Neutralpunkts (pH 6,5-7,5) auf. In carbonatreichen Wässern oder bei der Entgasung von CO<sub>2</sub> steigt der pH-Wert an (HÜTTER 1994). Eine Überprüfung des pH-Wertes anhand des ermittelten Gehalts an freier Kohlensäure und Hydrogencarbonats scheint hierbei sinnvoll. Soweit möglich wird auch noch der Calcium-Sättigungsindex hinzugezogen. Weiterhin ist der pH-Wert vom Redoxpotential abhängig. Allgemein gilt in wässrigen Lösungen: Je höher der pH-Wert, desto kleiner das Redoxpotential (Abb. 28).

Im Gebiet Siegsdorf reichen die pH-Werte von 6,72 (Kressenbach Br I.) bis 8,29 (Zinneben Q3); sie gehören beide der Grundgesamtheit an. Das arithmetische Mittel der pH-Werte beträgt 7,48 und liegt somit im Bereich des Kohlensäure-Karbonatpuffers im leicht alkalischen Bereich. Die drei Probenahmepunkte Köckenberg Q4, Q3 und Kressenbach Br I liegen mit pH-Werten zwischen 6,72 und 6,98 leicht unterhalb des Mittels. Sie liegen alle innerhalb der vorwiegend karbonatischen Moränenablagerungen des Salzachgletschers. Der erschlossene Grundwasserleiter ist als Grobkies mit Nagelfluheinlagen beschrieben (WWA Traunstein 2008). Mit einem erhöhten Silikatanteil sind die niedrigen Werte nicht zu erklären. Dagegen spricht auch der am Messpunkt Kressenbach Br I ermittelte Calcium-Sättigungsindex von 0,58. Vielmehr scheint auch hier wieder der Einfluss von Oberflächenwasser zusammen mit einem erhöhten CO<sub>2</sub> Gehalt ausschlaggebend zu sein.

Hingegen sprechen die vier Punkte mit pH-Werten von 8,0 bis 8,29 (Zinnkopf Q 1-4, Zinneben Q3, Prügelmöser Q2 un Köckenberg Q5) für einen erhöhten Anteil an Karbonat: Alle Punkte liegen in der Grundmoräne, bzw. Endmoräne des Salzachgletschers, die einen hohen Kalkgehalt aufweist.



**Abb. 28 Häufige Redoxpotential/pH-Wert Bedingungen in natürlichen Wässern (aus HÖLTING 2005)**

Im Arbeitsgebiet Teisenberg ergibt sich bei der Verteilung der pH-Werte ein ähnliches Bild. Hier reichen sie von 6,70 bis 8,33 und befinden sich somit ebenfalls im Bereich des Kohlensäure-Karbonat-Pufferbereichs. Die drei niedrigsten Werte Bayer Bründl Qu2, Hochfilz Qu und Bäckeralm Qu1 weisen pH-Werte von 6,70 bis 6,75 auf, damit gehören sie der Grundgesamtheit an. Durch die niedrigen elektrischen Leitfähigkeiten (96, 123 und 67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) und Temperatur (5,4; 4,0 und 6,6 °C) lassen sich die pH-Werte erklären: Es handelt sich hierbei um durch Schmelzwasser beeinflusste pH-Werte. Oberhalb von 8,00 werden die pH-Werte zum Teil durch einen erhöhten Karbonatanteil verursacht. Bei den Punkten Feilenreit Q (pH 8,09) und Hutterer Bachlauf (pH 8,21) handelt es sich, nach einem Vergleich mit den an den drei Punkten gemessenen Redoxpotentialen und Wassertemperaturen, um Grundwässer mit längeren Verweildauern im Untergrund.

Mit einem arithmetischen Mittel des pH-Werts von 7,63 und einem mittleren Redoxpotential von 304 mV liegen die Quellwässer nach Abb. 28 im Bereich des Grundwassers. Am Messpunkt Goldenes Bründl Qu (pH 8,33) liegt der Grund für den hohen pH-Wert vermutlich in der Entgasung des vorhandenen CO<sub>2</sub>.

### 6.1.6 Säure- und Basenkapazität

Der Gehalt an CO<sub>2</sub> schwankt im Allgemeinen sehr stark. Grundwässer haben meistens einen Gehalt von 10-20 mg/L, Oberflächenwässer einen Gehalt zwischen höchstens 10 und 15 mg/L (HÖLL 1986). CO<sub>2</sub> liegt im nennenswerten Maße nur zwischen einem pH-Wert von 4,3 und 8,2 vor. Ab pH 8,2 wird sie vernachlässigbar (HÜTTER 1994). Des Weiteren nimmt die Löslichkeit von Kohlensäure bei fallender Temperatur zu. Wie aus Abb. 17 zu entnehmen ist, steigt ab pH 4,3 der Gehalt an Hydrogenkarbonat an, bei pH 6,4 liegen beide Spezies zu ca. 50 % vor. Bei einem pH von etwa 8,2 besitzt der Gehalt an Hydrogenkarbonat ein Maximum.

Im Arbeitsgebiet Siegsdorf reichen die Werte für Hydrogenkarbonat, die sich aus dem K<sub>S</sub>-Wert berechnen, von 27,5 mg/L (Zinnkopf Q7) bis 399,7 mg/L (Riedl Q1). Grund für den extrem niedrigen Wert am Punkt Zinnkopf Qu. 7 ist die schon angesprochene Schneeschmelze. Der Punkt liegt weiterhin isoliert in den Cluster 13 und 35. Somit bestätigt sich wieder der Rückschluss, dass es sich um Oberflächenwasser handelt und somit keine Aussage über das Grundwasser getroffen werden kann.

Der Wert von 399,7 mg/L Hydrogenkarbonat an der Quelle Riedl Q1 liegt innerhalb der Grundgesamtheit, und lässt sich mit der in der Umgebung anstehenden Grundmoräne des Salzachgletschers und dem damit verbundenen höheren Karbonatgehalt erklären.

Mit einem arithmetischen Mittel des Hydrogencarbonats von 274 mg/L (ohne den Messpunkt Zinnkopf Q7) liegen die Werte unter den angegebenen Parametern von WAGNER et al. (2003) für die quartären Grundwasserleiter im Moränenbereich. Der Grund hierfür ist vermutlich in dem verstärkt auftretenden Einfluss von Oberflächenwasser im Gebiet zurückzuführen.

Die Gehalte an CO<sub>2</sub> im Gebiet Siegsdorf bewegen sich im Bereich zwischen 0,9 und 19,4 mg/L. Drei Messpunkte, die alle der Grundgesamtheit angehören, fallen jedoch auf: Kressenbach Qu 1-4 (19,4 mg/L), Oberhausen Q2 (14,5 mg/L) und Vogling Br I

(16,7 mg/L). Im Falle von Vogling Br I liegt der Wert in dem für Grundwässer zu erwartenden Bereich, ebenso wie die Punkte Oberhausen Q2 und Kressenbach Qu 1-4. Die Verteilung der Gehalte an CO<sub>2</sub> an den Punktem mit Gehalten unter 10 mg/L kann durch Entgasungsprozesse und den Temperaturanstieg am Quellaustritt zustande kommen. Auch der Einfluss von Oberflächenwasser und geringe Verweilzeiten im Untergrund wirken sich aus.

Die Gehalte an Hydrogenkarbonat im Arbeitsgebiet Teisenberg erstrecken sich von 68,6 mg/L am Messpunkt Hochfilz Qu, bis 297,5 mg/L in der Probe Aufham Br 2. Hochfilz Q stellt den am höchsten gelegenen Punkt im Gebiet Teisenberg mit 1200 m ü. N.N. und einer Wassertemperatur von nur 4,0 °C. Die Ursache für den geringeren Gehalt an Hydrogenkarbonat ist wieder der Einfluss des Schmelzwassers. Aufham Br 2 fördert sein Wasser aus quartären Ablagerungen; die Verweilzeit des Wassers im Untergrund ist hierbei deutlich länger. Somit kann sich unter anderem auch mehr Karbonat im Wasser lösen. Dieses Argument wird durch die hohe elektrische Leitfähigkeit von 630 µS/cm bestätigt.

Die Werte für den Gehalt an CO<sub>2</sub> bewegen sich zwischen 1,2 mg/L (Frillensee goldenes Bründl Q) und 23,8 mg/L (Aufham Br 2). Am Messpunkt Aufham Br 2 liegt mit einem Calcium-Sättigungsindex von - 0,62 keine aggressive Kohlensäure vor. Bedingt wird dies durch den ebenfalls hohen Gehalt an Hydrogencarbonat, und die allgemein hohe Mineralisation. Das Ergebnis am Messpunkt goldenes Bründl ist anhand des hohen pH-Werts von 8,06 zu erklären. Durch die Entgasung des CO<sub>2</sub> aus der Wasserprobe sinkt auch der Gehalt an Kohlensäure im Wasser, was einen Anstieg des pH-Werts, und einen niedrigen CO<sub>2</sub> Gehalt der Probe zu Folge hat. Die restlichen beprobten Punkte im Gebiet Teisenberg (Mittelwert 5,9 mg/L) liegen innerhalb der von WAGNER et al (2003) angegebenen Werte der Wässer des Flysch (Mittelwert 5,3 mg/L).

### 6.1.7 Schüttung und Fördermenge

Die ermittelten Schüttungen in beiden Arbeitsgebieten liegen mehrheitlich im Bereich von 0,3 L/s, wobei berücksichtigt werden muss, dass eine Schüttungsmessung nur an 64 der 110 ermittelten Quellen möglich war. An allen anderen Stellen war eine Bestimmung aufgrund zu geringer Schüttungen nicht möglich.

Aus den im Wasserwirtschaftsamts Traunstein recherchierten Unterlagen lassen sich die jährlichen Entnahmemengen der öffentlichen Wasserversorger im Gebiet Siegsdorf und Teisenberg entnehmen. Im Gebiet Siegsdorf liegt die Entnahmemenge an der öffentlichen Wasserversorgung Riedl (Riedl Q1-3) bei 120.000 m<sup>3</sup>/a, an den Köckenbergquellen (Köckenberg Qu1-3) bei 60.000 m<sup>3</sup>/a. An den Brunnen in Höpfling wurde aus bakteriologischen Gründen der Betrieb eingestellt, lediglich der Brunnen II dient noch der Notwasserversorgung. Bei Bedarf fördert er 30 L/s. Die Stadtwerke Traunstein leiten Wasser aus den Brunnen Kressenbach Br I-III zur Energiegewinnung ab. Die durchschnittliche Entnahmemenge beträgt hierbei 38,73 L/s (1.221.370 m<sup>3</sup>/a) (WWA Traunstein). Brunnen Vogling I mit einer durchschnittlichen Förderleistung von 17 L/s (315.000 m<sup>3</sup>/a) ist im Besitz des Wasserzweckverbands Surgruppe und dient der Trinkwassergewinnung. Den Brunnen im Gebiet Siegsdorf ist somit wasserwirtschaftlich die größte Bedeutung beizumessen.

Im Arbeitsgebiet Teisenberg beläuft sich die Entnahmemenge der meisten öffentlichen Wasserversorger auf knapp 10.000 m<sup>3</sup>/a. Lediglich die Wasserversorgung von Piding besitzt eine Entnahmemenge oberhalb von 10.000 m<sup>3</sup>/a. Brauchwasserbrunnen I und II des Naturbadeplans Inzell liegen mit einer Fördermenge von 0,82–1,47 L/s im Bereich der Quellschüttungen. Entsprechend niedrig fällt die jährliche Entnahmemenge von 6000 m<sup>3</sup>/a aus. Brunnen Aufham I und II fördern mit 22,5 bzw. 18,5 L/s, damit liegen sie weit über dem Mittel der anderen öffentlichen Wasserversorger und Quellen im Gebiet Teisenberg.

## 6.2 Analyseergebnisse

Bei der Laboranalyse wird zur Überprüfung der Messergebnisse eine Ionenbilanz durchgeführt. In dieser werden die Äquivalentssummen der Kationen und Anionen gegenübergestellt. Im Idealfall entsprechen sich die beiden Summen; nach DVWK Regelheft 128 (1992) gilt ein Fehler von bis zu 5 % als tolerierbar.

Zur Erstellung der Ionenbilanz kam das chemisch-thermodynamischen Programm PHREEQC for Windows Version 2.15.06 zur Anwendung. Bei diesem Programm werden zusätzlich zu den Anionen und Kationen noch die Werte für das Redoxpotential, pH-Wert und die Temperatur benötigt. Diese Parameter und der Gehalt an Hydrogencarbonat wurden sowohl im Gelände, als auch beim Eingang der Proben im Labor des Landesamts für Umwelt ermittelt. Auch diese Parameter (Tab. 12 mit „Vor-Ort-Parameter Labor“ gekennzeichnet) wurden in einer separaten Ionenbilanz verwendet. In Tab. 12 sind die Ergebnisse der Ionenbilanzen der jeweiligen Messstellen mit den dazugehörigen prozentualen Fehlern dargestellt. Ein negativer Wert bedeutet einen Überschuss an Anionen, ein positiver Wert den an Kationen.

Auffällig ist der große Fehler der Ionenbilanz bei den Analysen aus dem Gebiet Siegsdorf, die im Labor der Sektion Hydrogeologie durchgeführt wurden. Der niedrigste absolute Fehler liegt bei 7,66 %, und damit 2,66 % über dem maximal zulässigen Fehler. Weiterhin auffällig sind die weitgehend positiven Fehler, sie zeigen also einen Mangel an Anionen auf. Ein Grund hierfür könnte das Vorhandensein von verschiedenen Huminsäuren, vor allem aus Oberflächenwasser sein. Diese Säuren wurden zum Teil im Labor nicht bestimmt und sind nach HÜTTER (1994) oftmals Grund für eine unausgeglichene Ionenbilanz. Ein weiterer Grund wäre die fehlende Analyse relevanter Stoffe wie zum Beispiel Phosphat, Nitrit und Fluorid (LANGGUTH & VOIGT 2004). Da die Titration des  $K_B$  und  $K_s$  Werts immer von derselben Person durchgeführt wurde und die Probenahme gebietsübergreifend stattfand, muss davon ausgegangen werden, dass keine Fehler bei der Titration im Gebiet Siegsdorf auftreten. Vielmehr scheint die Art der Titration zwischen Gelände und Labor der Grund für die hohen Fehler zwischen den einzelnen Ionenbilanzen zu sein.

Betrachtet man die hydrochemischen Charaktere der Gebiete, so findet man eine mögliche Erklärung für die hohen Fehler in den Analysen des Labors der Sektion Hydrogeologie. Im GLA Fachbericht Nr. 21 (Wagner et. al.) werden für die quartären Grundwasserleiter im Moränenbereich für Phosphat 15,60 mg/L, Nitrit 31,0 mg/L und Fluor 0,64 mg/L als Maximalwerte genannt. In den Grundwasserleitern des Flysch liegen diese Werte allesamt unterhalb der Nachweisgrenze, haben also keinen Einfluss auf die Ionenbilanz. Da diese Parameter in der Analyse des Labors der Sektion Hydrogeologie bei beiden Gebieten nicht ermittelt wurden, können sie zum großen positiven Fehler im Gebiet Siegsdorf beitragen, im Gebiet Teisenberg entfällt dieser Einfluss. Geht man von den oben genannten Massenkonzentrationen für Phosphat, Nitrit und Fluor aus, so verringert sich der Fehler der Analysen des Labors der Sektion Hydrogeologie München im Fall Oberhausen auf 14,56 %, bei Vogling Br I auf 18,77 % und Franz Gallinger Q1 auf 30,4 %. Am Messpunkt Köckenberg Q4 würde der Fehler in der Ionenbilanz auf 16,7 % sinken. Am Punkt Zinnkopf kann ein möglicherweise hoher Gehalt an Huminsäuren für den Fehler von 27,45 % verantwortlich gemacht werden. Dafür spricht der Umstand, dass bei den Analysen des Landesamts für Umwelt, bei denen der Gehalt an Fluor, Nitrit und Phosphat bestimmt wurde, mit 42,64 % ebenfalls sehr hoch liegt. Sicherlich sind diese Werte als spekulativ anzusehen, ihr möglicher Einfluss auf die diskutierten Ionenbilanzen ist jedoch nicht von der Hand zu weisen.

Eine weitere mögliche Ursache für den hohen Fehler liegt in den unterschiedlichen Titrationsmethoden im Gelände und im Labor. Im Gegensatz zum Labor wird im Gelände eine Endpunkt titration durchgeführt. Man ermittelt möglichst exakt die nötige Menge an Säure bzw. Base die zugegeben werden muss, um den pH-Wert 4,3 oder 8,2 zu erreichen. Im Labor hingegen wird der Wendepunkt der Titrationskurve an den pH-Werten 4,3 und 8,2 bestimmt. Da dieser Wendepunkt nicht exakt an den pH-Werten 4,3 bzw. 8,2 liegt, sondern innerhalb einer Abweichung von  $\pm 0,1$  sind unterschiedliche Ergebnisse bei beiden Methoden möglich.

Daraus resultieren Abweichungen zwischen den im Gelände und im Labor ermittelten Gehalten an CO<sub>2</sub> und HCO<sub>3</sub>. Der Fehler ist nicht systematisch, da individuelle Faktoren wie Temperatur oder Gesamtmineralisation eine Rolle spielen. Erfahrungswerte zeigen darüber hinaus, dass die Menge an zugegebener Säure bzw. Base bei mehrmaliger Titration ein und derselben Probe ebenfalls schwanken kann.

**Tab. 12: Fehler in % der Ionenbilanzen aus den Analyseergebnissen des Labors für Hydrogeologie, Department für Geo- und Umweltwissenschaften LMU, und des Labors des Landesamts für Umwelt München**

Lokalität	LMU/Vor-Ort-parameter Gelände, %	LFU/Vor-Ort-Parameter Gelände, %	LFU/Vor-Ort-Parameter Labor, %
<b>Siegsdorf</b>			
Oberhausen Q2	22,86	12,00	-1,44
Rindermoos Q1	-10,19	-7,91	-1,42
Zinnkopf Q7	55,03	42,64	-2,12
Vogling Br1	27,45	11,06	-1,29
Prügelmöser Q1	15,43	-0,50	-0,50
Franz Gallinger Q1	38,48	-5,02	-0,55
Scheibelegg Q5	16,90	-11,59	-1,50
Scheibelegg Q6	15,01	-2,66	-1,66
Köckenberg Q4	23,82	2,32	-0,76
Riedl Q1	-9,71	-11,42	-1,13
Höpfling Br 2	7,66	3,21	-0,89
Wolfsberg Q1	8,05	6,22	-0,37
Kressenbach Q1-4	keine Analyse vorhanden	8,62	-0,82
<b>Teisenberg</b>			
N Holzen, Teisenberg Qu1	0,85	3,09	3,28
Schloßwald Qu 1a	1,31	4,18	-1,58
Schloßwald Qu 1a	-0,69	-0,80	-1,54
Staufeneck Qu	-1,53	-0,58	-3,09
Aufham Br 2	5,03	8,21	-1,65
Frauenwald Qu 1-3	-11,79	-8,60	-0,94
Goldenes Bründl Qu	5,12	7,50	-2,99
Bäckeralm Qu	10,67	-14,28	-1,17
Hochfilz Qu	7,22	9,09	-2,77
Holzner Qu	-3,00	-3,03	-2,01
Holzhausen, Haft Qu	-10,67	-6,25	-0,98

Im Gegensatz zum Labor des Landesamts für Umwelt wurde im Labor der Sektion Hydrogeologie keine Titrationkurve der eingegangenen Proben erstellt. Es wurden also die im Gelände titrierten Gehalte an Hydrogencarbonat und CO<sub>2</sub> bei der Erstellung der Ionenbilanzen verwendet. Im Gebiet Siegsdorf wirkt sich dieser Fehler in der Ionenbilanz aufgrund der höheren durchschnittlichen Gesamtmineralisation von 355,4 mg/L (Teisenberg: 274,6 mg/L) und höheren Temperatur gravierender aus.

Die im Labor des Landesamts für Umwelt ermittelten Werte weisen in sieben der 13 Messpunkte im Gebiet Siegsdorf Fehler deutlich über 5 % auf. Nur zwei dieser Werte besitzen ein negatives Vorzeichen und somit ein Anzeichen für Anionenüberschuss.

**Tab. 13: Gehalte an Hydrogencarbonat aus Geländemessungen, und den Analysen des Labors des Landesamts für Umwelt München, jeweils unter Einbezug eines Fehlers von ± 5 % der beiden Arbeitsgebiete Siegdorf und Teisenberg**

<b>Lokalität</b>	<b>Hydrogencarbonat Gelände, mg/L</b>		<b>Hydrogencarbonat, LFU,mg/L</b>	
	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
<b>Siegsdorf</b>				
Oberhausen Q2	259,1	286,4	340,8	376,7
Rindermoos Q1	257,9	285,1	225,5	249,2
Zinnkopf Q7	26,1	28,8	98,0	108,3
Vogling Br1	209,8	231,9	273,0	301,8
Prügelmöser Q1	171,0	189,0	171,0	189,0
Franz Gallinger Q1	233,0	257,5	212,2	234,5
Scheibelegg Q5	257,9	285,1	209,3	231,3
Scheibelegg Q6	276,5	305,6	270,7	299,2
Köckenberg Q4	304,3	336,4	324,0	358,1
Riedl Q1	379,7	419,6	307,2	339,6
Höpfling Br 2	189,5	209,5	208,7	230,6
Wolfsberg Q1	301,4	333,1	345,5	381,8
Kressenbach Q1-4	281,1	310,7	344,9	381,2
<b>Teisenberg</b>				
Teisenberg Qu1	147,8	163,4	171,0	189,0
Teisenberg, Qu	227,8	251,8	291,0	321,6
Schloßwald Qu 1	117,4	129,7	136,2	150,6
Schloßwald Qu 1a	153,6	169,8	156,5	173,0
Staufeneck Qu	102,9	113,7	121,7	134,5
Aufham Br 2	282,6	312,3	356,5	394,0
Frauenwald Qu	214,5	237,0	183,7	203,1
goldenes Bründl Qu	82,6	91,3	103,2	114,0
Bäckeralm Qu	107,2	118,5	150,1	165,9
Hochfilz Qu	65,2	72,1	84,6	93,5
Holzner Qu	246,4	272,3	241,1	266,5
Haft Qu	265,2	293,1	235,9	260,8

Ist der Gehalt an Hydrogencarbonat niedriger, so lässt sich das durch die Erwärmung der Proben während der Geländearbeiten und der damit verbundenen Abnahme an Hydrogencarbonat erklären. Ein Anstieg des Gehalts um 72 bzw. 80 mg/L (Zinnkopf Q7) gegenüber der vor Ort Messung ist nur mit den genannten Unterschieden sowie dem 5 %-igen Fehler der beiden Titrationsmethoden zu erklären. Die Fehler mit positivem Vorzeichen treten zum größten Teil an den Probenahmepunkten auf (Tab. 12), die stark von Oberflächenwasser beeinflusst sind. Zu erklären ist das möglicherweise unter anderem mit einer fehlenden Analyse von Huminsäuren (LANGGUTH & VOIGT 2004), beziehungsweise einer mangelhaften Bestimmung des Gehalts an  $\text{HCO}_3^-$ .

Besonders auffällig sind die Unterschiede zwischen den beiden Gebieten anhand der Ergebnisse des Labors der Hydrogeologie am Department für Geo- und Umweltwissenschaften. Bis auf drei Werte (Tab. 12) liegen alle Fehler im Gebiet Teisenberg in dem zu tolerierenden Bereich. Zwei der drei zu großen Fehler haben ein negatives Vorzeichen. Sie zeigen somit einen Mangel an Kationen auf. Eine Erklärung hierfür liefern die ermittelten Werte für Hydrogenkarbonat. Im Gelände beliefern sich die Gehalte von Hydrogencarbonat an dem Messpunkt Frauenwald Qu.1-3 auf 225,8 mg/L, im Labor des Landesamts für Umwelt dagegen nur noch 193,4 mg/L. Ebenso verhält es sich am Probenahmepunkt Haft Qu. (Gelände: 279,1 mg/L; Labor: 248,3 mg/L). Der Grund für den geringeren Gehalt an Hydrogenkarbonat ist die Entgasung von  $\text{CO}_2$  bei höheren Temperaturen. Das entstehende Karbonation ist in der Lage  $\text{Ca}^+$  zu binden. Somit tritt ein Mangel an  $\text{Ca}^+$  Ionen bei gleichzeitiger Abnahme von freiem Hydrogenkarbonat auf.

Weiterer Grund könnte wiederum der empirisch ermittelte Fehler von 5 % sein. Dieser ergibt am Punkt Frauenwald für den im Gelände titrierten Gehalt an Hydrogencarbonat eine Spanne von 214–236 mg/L, und für den im Labor ermittelten Gehalt eine Streuung von 183–202 mg/L.

Da die Mitarbeiter des Labors der Sektion Hydrogeologie den vor Ort ermittelten Gehalt an Hydrogenkarbonat verwendete stimmt die Ionenbilanz in diesen beiden Fällen nicht überein. Eine mangelhafte Kühlung der beiden Proben ist auf Grund der schwierig zu erreichenden Lage der beiden Punkte denkbar. Ähnlich verhält es sich bei der Ionenbilanz des Labors des Landesamts für Umwelt an diesen zwei Messpunkten. Am Punkt Bäckeralm sind mit größter Wahrscheinlichkeit Huminsäuren

für den positiven Fehler verantwortlich. Die restlichen Fehler der Ionenbilanz bewegen sich im Rahmen des zu tolerierenden Bereichs. Die Werte der beiden Labore entsprechen sich nahezu, lediglich die vom Labor des Landesamts für Umwelt München ermittelten Gehalt an Hydrogenkarbonat weichen in den beiden Messpunkten Aufham Br II (77,8 mg/L mehr) und Hochfilz (45,2 mg/L) ab.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass nicht alle gemessenen Parameter der Wässer beider Testgebiete ohne Abstriche verwendet werden. Liegt ein Fehler deutlich oberhalb von 5 %, können die Ergebnisse nicht ohne Vorbehalt in die Grundwassermodellierung eingehen.

Zum Teil können die positiven Fehler der Ionenbilanzen durch ein Fehlen wichtiger Stoffe, sowie Fehler bei der Methodik in der Analyse erklärt werden. Die LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) akzeptiert einen prozentualen Fehler von 10 %. Die Werte im Gebiet Siegsdorf, die in dieser Größenordnung liegen und plausibel erscheinen, werden somit auch zugelassen. Im Gebiet Teisenberg liegen die prozentualen Fehler allgemein niedrig, Ausnahme bildet der Punkt Bäckeralm Qu. der ebenfalls unter Vorbehalt steht. Die Analysen des Labors der Sektion Hydrogeologie, können bis auf den Punkt Bäckeralm Qu. gänzlich schlüssig erklärt werden. Eine Verwendung dieses Datensatzes scheint somit sinnvoll.

## 7 Hydrochemische Auswertung

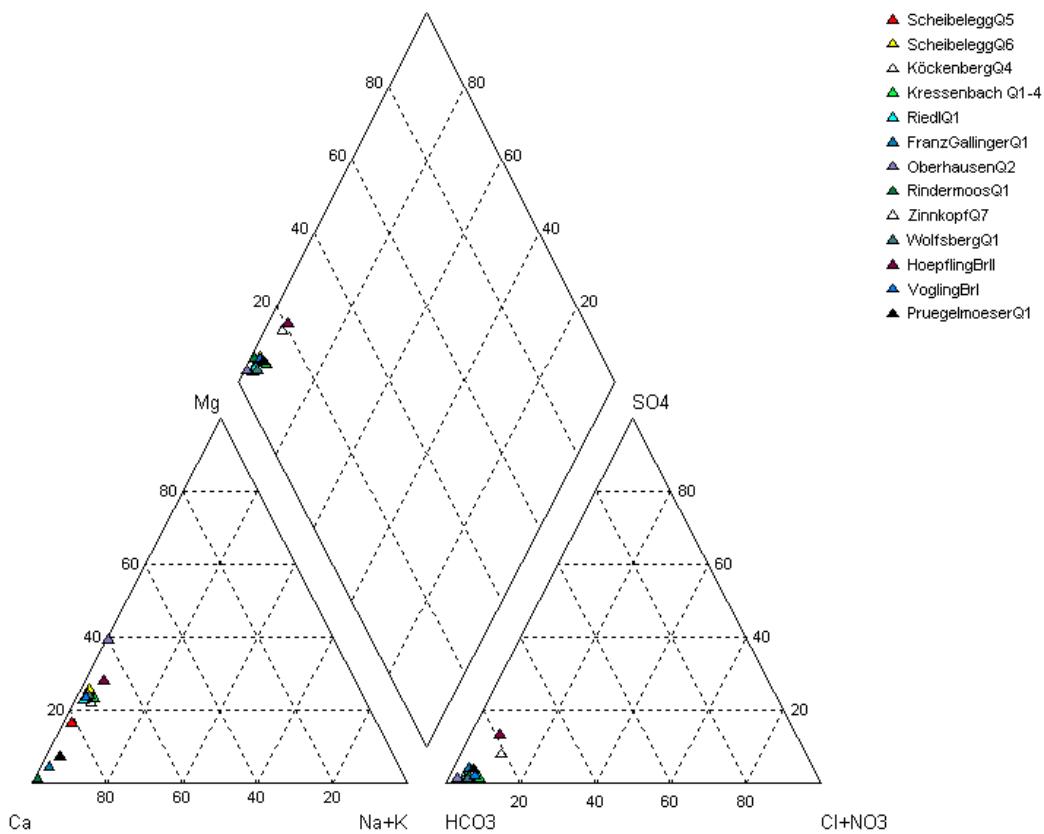
### 7.1 Einleitung

In der folgenden hydrochemischen Auswertung werden die auf Plausibilität geprüften Analysedaten der einzelnen Messpunkte beider Gebiete mit dem chemisch-thermodynamischen Programm PHREEQC for Windows Version 2.15.06 bearbeitet. Herausgefunden werden soll hierbei vor allem welche Minerale zur chemischen Zusammensetzung der beprobtten Gewässer geführt haben. Anhand dieses Verfahrens können hydrochemische Gemeinsamkeiten, und somit die Zusammengehörigkeit der Proben untereinander festgestellt werden. Des Weiteren werden die Daten in Piper- und Schoeller- Diagrammen dargestellt.

### 7.2 Piper Diagramme: Klassifizierung nach FURTAK & LANGGUTH

Bei einem Piper-Diagramm werden die Hauptanionen und -Kationen in Stoffmengenanteilen der Äquivalentskonzentrationen in einem Dreieck dargestellt. Kombiniert werden sie mit einem zu einer Raute verzerrtem Viereckdiagramm. In den Dreiecken werden die Anionen, bzw. Kationen gesondert, in der Raute werden beide Anteile durch einen Punkt dargestellt (DVWK Regelheft 128 1992, HÖLTING & COLDEWEY, 2005). Bei dieser Darstellungsvariante soll der Gewässertyp herausgefunden werden. Hierzu bietet sich noch eine weiter Methode zu Klassifizierung an: Die Typisierung nach FURTAK & LANGGUTH (1967). Hierbei wird ein Vierecksdiagramm in  $10 \times 10$  Felder aufgeteilt und nummeriert. Das Vierecksdiagramm entspricht der verzerrten Raute aus dem Piper-Diagramm. Je nachdem in welches Typenfeld die Analyse fällt, kann eine Aussage über ihre Zusammensetzung getroffen werden.

Im Gebiet Siegsdorf liegt der Großteil der Punkte im Kationendreieck im Bereich zwischen 20 und 40 % Magnesium, 60–80 % Calcium und 0–10 % Natrium und Kalium. Die Punkte im Anionendreieck liegen gehäuft zwischen 80 und 100 % Hydrogencarbonat, 0–20 % Sulfat und 0–20 % Chlorid und Nitrat (Abb. 29).

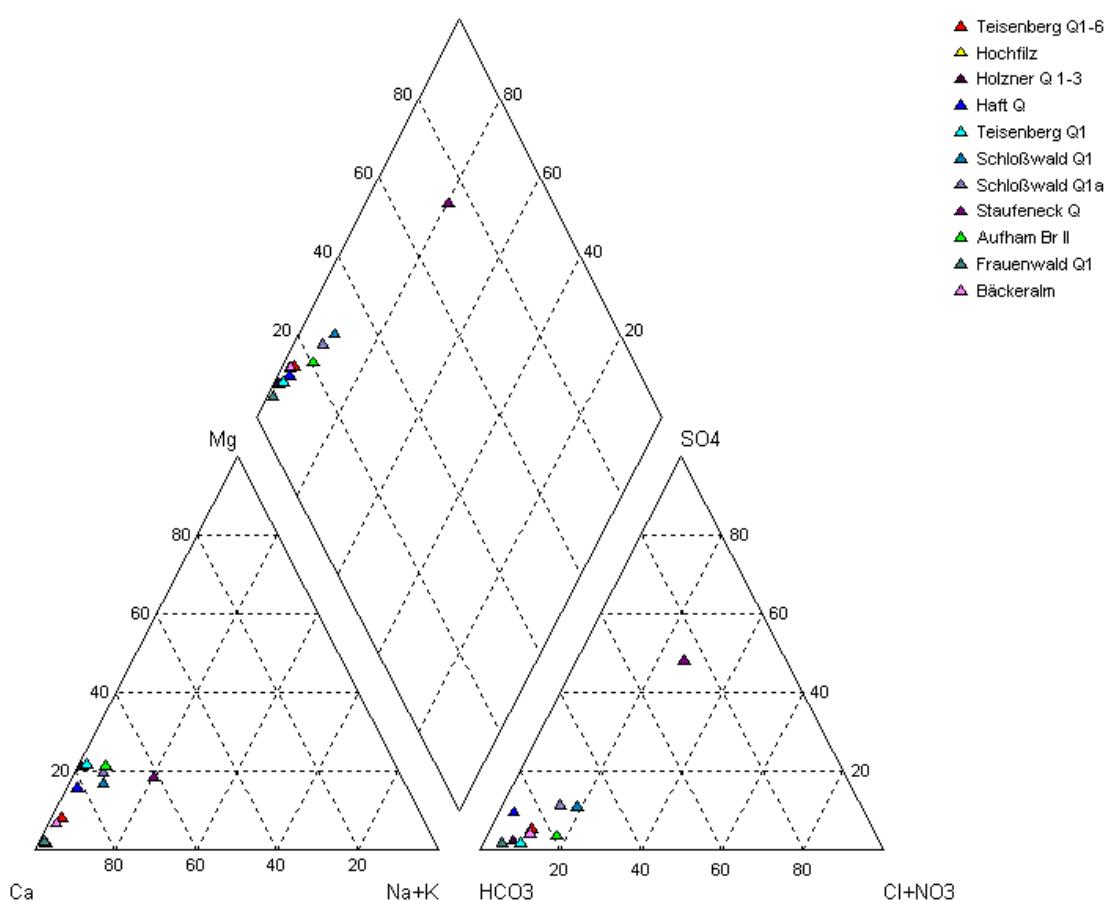


**Abb. 29: Piper-Diagramm mit den Probenahmepunkten im Gebiet Siegsdorf. Klassifizierung nach FURTAK & LANGGUTH (1967) in Stoffmengenanteilen der Äquivalentskonzentrationen.**

Abweichend sind die Werte an den Punkten Hoepfling Br II und Zinnkopf Q7. Anthropogene Einflüsse sind bei beiden Punkten als Grund für die leicht erhöhten Sulfatwerte zu nennen. Anzeichen hierfür ist die Einstellung des Betriebs der Wasserversorgung am Brunnen Höpfling II wegen häufiger bakteriologischer Beanstandung (WWA Traunstein). Geologische Ursachen, wie ein erhöhter Anhydridanteil, können aufgrund der vorliegenden quartären Schotter nicht als Grund geltend gemacht werden. Die Quelle Zinnkopf wird klar durch Oberflächenwasser beeinflusst, eine Verunreinigung ist deshalb nicht auszuschließen. Aus dem Kationen und Anionendreieck lassen sich die Punkte in das Vierecksdiagramm eintragen. Alle Analysepunkte sind nach FURTAK & LANGGUTH (1967) als normal erdalkalisch, überwiegend hydrogenkarbonatisch zu bezeichnen.

Ein ähnliches Bild ergibt sich für das Arbeitsgebiet Teisenberg (Abb. 30). Der relative Großteil der Werte besitzt einen Calciumgehalt zwischen 70 und 80 % und einen Magnesiumanteil zwischen 0 und 30 %. Der Anteil an den Alkali-Elementen Natrium und Kalium ist im Vergleich mit dem Arbeitsgebiet Siegsdorf höher, bleibt aber immer noch im Bereich zwischen 0 und 20 %. Eine exponierte Stellung nimmt der Punkt goldenes Bründl Qu. mit Magnesium und Alkaliwerten um 40 %.

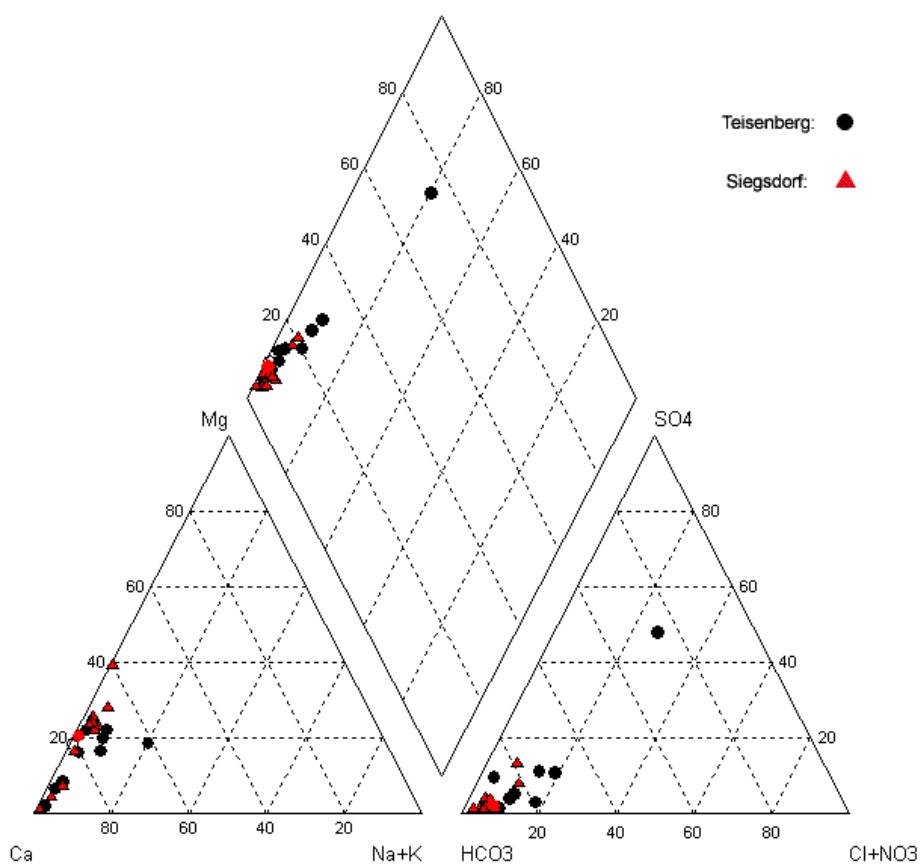
Bei der Verteilung der Anionen fällt auf, dass die einzelnen Probenahmepunkte weiter verstreut sind. Der Großteil weist einen Gehalt von 70–100 % Hydrogenkarbonat, 0–30 % Chlorid und Nitrat, und 0–30 % Sulfat auf. Ausnahme bildet hierbei die Messstelle Staufenecck Qu. (Abb. 30) mit deutlich höheren prozentualen Anteil an Sulfat, Nitrat und Chlorid.



**Abb. 30: Piper-Diagramm mit den Probenahmepunkten im Gebiet Teisenberg. Klassifizierung nach Furtak & Langguth (1967) in Stoffmengenanteilen der Äquivalentskonzentrationen.**

Bei dem Messpunkt Staufenbeck scheint der erhöhte Gehalt an Sulfat geologischen Ursprungs zu sein. In den Reichenhaller Schichten in denen sich der Messpunkt Staufenbeck befindet, finden sich nach BÜTTNER et. al. (2003) neben karbonatisch und silikatisch-karbonatischen Grundwasserleitern auch solche mit karbonatisch-sulfatischem Anteil. Somit kommt ein erhöhter Anteil an Gips für die hohen Sulfatwerte in Frage. Als Beleg hierfür dienen die ermittelten Werte an Hydrogencarbonat, die Werte für die Karbonathärte und die Gesamthärte. Der Unterschied zwischen Karbonathärte und Gesamthärte beträgt 9 °dH. Das vorhandene Calcium ist in diesem Fall zu großen Teilen an das Sulfat-Anion gebunden, nicht wie bei den anderen Analysen an das Hydrogencarbonat-Anion. Daraus folgt die niedrige Karbonathärte im Gegensatz zur Gesamthärte. Nach der Klassifizierung nach FURTAK & LANGGUTH (1967) handelt es sich bei diesem Gewässertyp um einen erdalkalisch, überwiegend sulfatischen Gewässertyp. Die restlichen Analysepunkte lassen sich nach Furtak & Langguth (1967) als normal erdalkalische, überwiegend hydrogencarbonatische Wässer bezeichnen.

Zur besseren Übersicht ist in Abb. 31 ein Schoellerdiagramm mit den Analyseergebnissen beider Gebiete dargestellt. Deutlich zu sehen ist die ähnliche Beschaffenheit der Wasseranalysen. Die Analysen des Arbeitsgebiets Teisenberg besitzen jedoch einen, relativ zum Gebiet Siegsdorf gesehenen, höheren Anteil an SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> und Cl. Diese Charakteristik wird auch in der Klassifizierung nach FURTAK & LANGGUTH (1967), sowie DAVIS & DE WIEST (1967) deutlich.



**Abb. 31: Zusammenfassendes Piperdiagramm über die Arbeitsgebiete Siegsdorf und Teisenberg. Klassifizierung nach Furtak & Langguth (1967) in Stoffmengenanteilen der Äquivalentskonzentrationen.**

### 7.3 Schoeller-Diagramme

Die Darstellung der Hauptkationen und Anionen in einem Schoeller-Diagramm dient dazu, gleiche Ionenverteilung unabhängig der Gesamtkonzentration zu ermitteln. Dabei werden auf der Abszisse die Kationen und Anionen aufgetragen, auf der Ordinate die Konzentration in logarithmischen Maßstab (Anhang 8 und 9). Die so entstandenen Punkte werden untereinander verbunden. Linien mit gleicher Steigung bedeuten Analysen mit gleicher Ionenverteilung.

Die vertikalen Linien geben zum anderen die Gesamtkonzentration der Proben an. Somit können im Schoeller-Diagramm sowohl Verhältnisse als auch Gesamtkonzentrationen abgelesen werden (DVWK-Schriften 89, 1990). Da bei ähnlichen Konzentrationen der Proben die Punkte auf der Abszisse nahe beieinander liegen werden immer nur sechs Proben gleichzeitig in einem Schoellerdiagramm dargestellt.

Im ersten Diagramm, dass die Verhältnisse zwischen 6 der insgesamt 13 Messpunkte im Gebiet Siegsdorf aufzeigt, fällt eine hohe Gemeinsamkeit der prozentualen Gehalte zwischen den Kationen Calcium, Natrium und Kalium auf. Gewählt wurden hierbei die Messpunkte aus Cluster 31 und 32 aus Abb. 22. Umfasst sind somit die Messpunkte Scheibelegg Qu.5 und Qu.6, Franz Gallinger Qu.1, Rindermoos, Vogling Br I und Prügelmöser Qu.1. Die Gehalte an Magnesium schwanken im Verhältnis zum Gehalt an Calcium recht stark. Zwischen den Kationen Calcium und Natrium und Kalium ist die Steigung sehr ähnlich, genau wie die zwischen Sulfat und Hydrogencarbonat . Hingegen schwanken die prozentualen Verhältnisse an Chlorid sehr stark. Am höchsten ist der Gehalt am Messpunkt Vogling Br I. Auffällig ist die starke Ähnlichkeit der beiden Punkte Vogling Br I und Scheibelegg Qu.6. Beide Punkte liegen geographisch weit voneinander entfernt, jedoch beiden innerhalb der Fernmoräne des Salzachgletschers. Auffällig ist im Abgleich mit Abb. 22 lediglich, dass der Punkt Scheibelegg Qu. 5 nicht dieselbe chemische Verteilung aufweist wie Scheibelegg Qu. 6 der, in derselben geologischen Einheit gelegen, in Cluster 31 liegt.

Eine annähernd gleiche prozentuale Verteilung der Massenkonzentrationen ist ebenfalls bei den beiden Punkten Scheibelegg Qu.5 und Prügelmöser Qu.1 zu beobachten. Sie liegen in Abb. 22 nicht innerhalb eines Clusters, jedoch im Abgleich mit der geologischen Karte innerhalb der Moränenablagerung des Salzachgletschers.

Der Unterschied zwischen den beiden Punkten Scheibelegg Qu 5 und 6 liegt im Chloridgehalt begründet. Denkbar wäre ein unterschiedlicher Schluff und Tongahlt der Wasserführenden Schichten.

Im Anhang 8 sind die Probenahmestellen der Cluster 33, 34 und 35 in einem weiteren Schoellerdiagramm dargestellt: Die auffälligen Gemeinsamkeiten die sich zwischen den Cluster 31 und 32 finden ließen, sind hier erwartungsgemäß nicht anzutreffen. Wie schon bei der Beschreibung der Cluster 33, 34 und 35 erwähnt, liegen diese nicht homogen innerhalb einer geologischen Einheit. Auch zwischen den beiden Schoellerdiagrammen in Anhang 8 lassen sich keine weiteren Gemeinsamkeiten feststellen.

Beträgt das Äquivalentsverhältnis von Natrium zu Chlorid 1-1,3 handelt es sich um gelöstes Salz. Handelt es sich um geogen entstandenes, ist dies unabhängig vom stratigraphischen Alter (HÖLTING & COLDEWEY 2005). Im Schoellerdiagramm wird das durch eine beinahe horizontale Linie zwischen Natrium und Chlorid verdeutlicht. In den betroffenen Messpunkten im Gebiet Siegsdorf (Höpfling Br. II, Vogling BrI, Oberhausen Q2, Rindermoos Q1, Kressenbach Q1-4 und Wolfsberg Q1) ist der Kaliumgehalt sehr gering und kann deshalb in der Auswertung des Schoeller-Diagramms vernachlässigt werden. Der geringe Gehalt an Kalium liegt an der adsorptiven Bindung des Elements in Grundwasserleitern (HÖLTING & COLDEWEY 2005). Die Herkunft des Salzes ist vermutlich auf das im Untergrund anstehende Haselgebirge zurückzuführen. So mineralisierte Wässer zeichnen sich durch einen erhöhten Natrium und Chlorid Gehalt aus, und steigen durch Kluftsysteme an die Oberfläche (DOBEN 1973).

In der Darstellung der Messpunkte des Gebiets Teisenberg in den beiden Schoellerdiagrammen fällt sofort die breite Streuung der Werte im absoluten Gehalt an Natrium und Kalium, Chlorid und Sulfat ins Auge (Anhang 9). Im ersten Schoellerdiagramm wurden die Cluster 41 und 42 aus Abb. 25 zusammengefasst, im zweiten die Cluster 43 und 44.

Ein ähnlicher Koeffizient zwischen Natrium und Chlorid wie im Testgebiet Siegsdorf kann dort nicht ausgemacht werden. Die unterschiedlichen Gehalte müssen daher von unterschiedlichsten Mineralen oder, im Bezug auf den Sulfat und Chloridanteil, durch antrophogene Einflüsse entstanden sein.

Auffallend ist die Probe Staufenec Q mit den höchsten Werten an Natrium, Kalium, Chlorid und Sulfat. Wie schon im Abschnitt Piper-Diagramm erklärt, liegt diese Mineralisierung an den anstehenden Reichenhaller Schichten. Die Verhältnisse zwischen den restlichen Kationen und Anionen an den einzelnen Messpunkten sind meist gleich, die einheitliche Steigung der Geraden ist hierfür ein Anzeichen. Die absoluten Mineralisierungen unterscheiden sich nicht signifikant zum Gebiet Siegsdorf, die vorherrschenden geologischen Bedingungen die dem GLA Fachbericht 21 (WAGNER et al. 2003) entnommen wurden, bestätigen diese Beobachtung (Kapitel 5.3).

## 7.4 Klassifikation nach Davis & de Wiest (1967)

Die Klassifikation von DAVIS & DE WIEST (1967) kann ähnlich der Klassifizierung nach FURTAK & LANGGUTH (1967) aus dem Piper-Diagramm ermittelt werden. Die Darstellung der einzelnen Analysepunkte erfolgt in mmol(eq) %, die Platzierung der Hauptkationen und Hauptanionen an den jeweiligen Schenkeln der Dreiecke entspricht denen des Piper-Diagramms. Die beiden Dreiecke werden in je sieben Felder unterteilt und je nachdem in welchem Feld der Analysepunkt zu liegen kommt wird er nach seinen äquivalenten Bestandteilen geordnet. Angefangen wird hierbei immer mit dem prozentual am häufigsten Element.

So wird zum Beispiel ein Wasser mit den Bestandteilen Calcium 30 mmol(eq) %, Magnesium mmol(eq) 10 %,  $\text{HCO}_3^-$  mmol(eq) 40 % als Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> Typ beschrieben. Diese Klassifizierung wird auch von dem Programm Aquachem 3.70 verwendet. Die so benannten Gewässertypen sind in Tab. 14 dargestellt.

**Tab. 14: Einteilung der Analyseergebnisse beider Arbeitsgebiete nach DAVIS & DE WIEST (1967)**

Lokalität	Gewässertyp nach DAVIS & DE WIEST	Lokalität	Gewässertyp nach DAVIS & DE WIEST
<b>Siegsdorf</b>		<b>Teisenberg</b>	
Oberhausen Q2	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Teisenberg Qu1-6	Ca-HCO <sub>3</sub>
Rindermoos Q1	Ca-HCO <sub>3</sub>	Schloßwald Qu 1	Ca-HCO <sub>3</sub>
Zinnkopf Q7	Ca-HCO <sub>3</sub>	Schloßwald Qu 1a	Ca-HCO <sub>3</sub>
Vogling Br1	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Staufeneck Qu 1	Ca-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Cl
Prügelmöser Q1	Ca-HCO <sub>3</sub>	Aufham Br II	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
Franz Gallinger Q1	Ca-HCO <sub>3</sub>	Frauenwald Qu 1	Ca-HCO <sub>3</sub>
Scheibelegg Q5	Ca-HCO <sub>3</sub>	Goldenes Bründl Qu	Ca-HCO <sub>3</sub>
Scheibelegg Q6	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Bäckeralm Qu 2	Ca-HCO <sub>3</sub> -Cl
Köckenberg Q4	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Hochfilz Qu	Ca-HCO <sub>3</sub>
Riedl Q1	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Holzner Qu 1	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
Höpfling Br 2	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Haft Qu	Ca-HCO <sub>3</sub>
Wolfsberg Q1	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Teisenberg Q1	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
Kressenbach Q1-4	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>		

Vorwiegender Gewässertyp in beiden Gebieten ist erwartungsgemäß der Ca-CO<sub>3</sub> Typ mit 12 Analysen, mit zehn Analysen liegt der Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> Typ am zweithäufigsten vor. Einzige Ausnahmen bilden die beiden schon im Kapitel Schoeller- und Piper-Diagramme aufgefallenen Messpunkte Bäckeralm Qu. und Staufenec Qu. mit erhöhtem Chlorid beziehungsweise Sulfat-Gehalt. Auch dabei bestätigt sich die ähnliche Mineralisierung der Wässer der beiden Arbeitsgebiete Siegsdorf und Teisenberg. Von Interesse scheint nun noch, welche Minerale zu der charakteristischen Hydrochemie geführt haben.

## 7.5 Berechnung der relevanten Mineralphasen mit PHREEQC

Mit dem schon für die Berechnung der Ionenbilanz verwendeten Programm PHREEQC for Windows Version 2.15.06 werden in diesem Kapitel die für die analysierten Wässer relevanten Minerale dargestellt („kontrollierende Phasen“). Je nachdem welche Gesteine und Böden ein Wasser durchfließt, werden unterschiedliche Mineralphasen gelöst. Wichtig dabei ist auch die Verweildauer im Aquifer und die damit verbundene Inhaltsstoffe.

PHREEQC berechnet für alle möglichen Mineralphasen einer Datenbank den Sättigungsindex gegenüber dem zu analysierenden Wasser. Als Datenbank wurde der Datensatz WATEQ4F verwendet. In diesem Datensatz, der als ASCII File vorliegt, sind verschiedene Themenbereiche in Blöcke getrennt, die durch Schlüsselwörter abgerufen werden. PHREEQC for Windows Version 2.15.06 berechnet auf Grundlage der in der Datenbank gespeicherten Reaktionsgleichungen in iterativen Schritten mit welchen Mineralphasen das zu modellierende Wasser im Gleichgewicht steht. Ob die Probe nun an einem Mineral untersättigt oder übersättigt ist, wird durch die Berechnung des Sättigungsindex (SI) entschieden. Dieser wird durch den dekadischen Logarithmus des Quotienten aus Ionenaktivitätsprodukt (IAP) und Löslichkeitsprodukt (LP) bezeichnet.

$$SI = \log \frac{IAP}{LP} \quad (13)$$

Das Ionenaktivitätsprodukt berechnet sich aus der in der Wasseranalyse gegebenen Konzentration durch Umrechnung in Ionenaktivität. Berücksichtigt werden hierbei die Ionenstärke, die Temperatur des Wassers sowie eine mögliche Komplexbildung. Das Löslichkeitsprodukt LP ergibt sich aus der höchst möglichen Löslichkeit des Stoffes im Bezug auf die Wassertemperatur. Dieser Wert wird aus dem Datensatz WATEQ4F entnommen (MERKEL & FRIEDRICH 2002). Ein negativer Wert bedeutet eine untersättigte Mineralphase, ein positiver Wert eine Übersättigung. Relevante Mineralphasen besitzen einen Sättigungsindex von  $\pm 0,2$  bis 1. Innerhalb dieses Spektrums liegen die Minerale im Wasser gesättigt vor. Ein Sättigungsindex von  $>(\pm 1)$  entspricht einer mehr als 10 fachen Über- beziehungsweise Untersättigung und ist somit nicht notwendigerweise ausschlaggebend für die Mineralisierung der Wässer. Die Minerale bis zu einem gerundeten SI von  $\pm 0,2$  sind in Tab. 15 rot markiert. Im

Gebiet Teisenberg liegen an den Messpunkten Holzner Qu., Schloßwald Qu1., Schloßwald Qu.1a und Staufenec Qu. keine SI kleiner  $\pm 0,2$  vor. In diesen Fällen wurden jeweils die zwei niedrigsten Werte markiert. Anhydrid bildet mit einem durchschnittlichen Sättigungsindex von -3,02 eine Ausnahme, es stellt aber eine mögliche Quelle für die Gehalte an SO<sub>4</sub> in der Analyse und ist somit relevant.

**Tab. 15: Relevante Mineralphasen in den Analysen beiden Arbeitsgebieten Siegsdorf und Teisenberg, modelliert mit PHREEQC for Windows Version 2.15.06, Datensatz WATEQ4F**

	Dolomit(d)	ZNSIO3	Aragonit	Quartz	Calzit	Magnesit	Dolomit	Gips
<b>Siegsdorf</b>								
Scheibelegg Q5		-0,81	-0,61	-0,22	-0,46		-2,99	
Franz Gallinger Q1			-0,50	0,14	-0,34		-2,86	
Scheibelegg Q6	-0,75	-0,40	-0,26	-0,20	-0,10		-2,93	
Vogling Br1	-0,99	0,05	0,04	0,20	0,11	-1	-0,37	-2,86
Rindermoos Q1		-0,51	-0,51	-0,23	-0,28		-2,85	Cluster 32
Prügelmöser Q1	-0,92	0,14	-0,03	-0,26	0,13		-2,79	
Riedl Q1	-0,94		-0,31	-0,08	-0,15		-2,82	
Höpfing Br 2	0,06	0,59	0,38	-0,63	0,53	-0,41	0,66	-2,15
Köckenberg Q4	-0,73		-0,30	-0,35	-0,16		-3,02	
Oberhausen Q2	-1,00	-0,68	-0,18	-0,49	-0,03	-0,86	-0,38	-3,06
Wolfsberg Q1	-0,79	-0,61	0,06	-0,19	0,22	-0,9		-2,96
Kressenbach Br1			-0,62	-0,21	-0,47			-2,85
Zinnkopf Q7		-0,36	-0,92	-0,16	-0,76		-2,83	Cluster 35
<b>Teisenberg</b>								
Schloßwald Qu1		-0,43	-0,66	-0,42	-0,50		-2,47	
Bäckeralm Q2	-0,05		-0,14	-0,16	0,02		-2,94	
Schloßwald Q1a	-0,43		-0,66		-0,50		-2,34	
Teisenberg Q1	-0,27		-0,35	-0,36	-0,19	-0,9	-2,84	
Frauenwald Q1	-0,65		-0,44	-0,29	-0,28		-2,99	
goldenes Bründl Q		-0,10	-0,29		-0,13		-3,71	
Hochfilz Q				-0,37			-3,35	Cluster 42
Holzner Q1	-0,40	0,25	0,30		0,46	-0,75	0,22	-2,84
Haft Q		-0,76	-0,27	-0,11	-0,12		-2,37	
Teisenberg Q1-6	-0,02		-0,27	-0,16	-0,11		-2,12	
Staufenec Q		-1,00	-0,71	-0,45	-0,55		-1,33	
Aufham Brill	-0,70	-0,52	-0,19	0,00	-0,04		-2,50	Cluster 44

Betrachtet man die Verteilung der relevanten Mineralphasen, so stellt man fest, dass in beiden Gebieten ein Trend auszumachen ist. Calcit ist in den Analysen beider Gebiete meist das dominierende Mineral, gefolgt von Quarz, Aragonit und ZnSiO<sub>3</sub>. Magnesit und Dolomit sind nur in fünf der 25 Fällen dominierende Phasen. PHREEQC modelliert, vermutlich auf Grundlage von pH-Wert und Wassertemperatur, die Phase Anhydrid so, dass sie stark untersättigt ist. Ausgenommen anthropogener Einflüsse ist Anhydrid jedoch der plausibelste Lieferant für Sulfat.

Anhand der Tab. 15 ist, wie nach der Auswertung nach FURTAK & LANGGUTH und de WIEST zu erwarten, eine große Ähnlichkeit der Wässer untereinander festzustellen. Gemeinsamkeiten zwischen den einzelnen Punkten bestehen vor allem im Bezug auf die beiden Minerale Calcit und Quarz. Auffällig ist die Homogenität der nach den Clustern 31–35 und 41–44 angeordneten Punkte. Lediglich die Sättigungsindizes in den Clustern 33 und 44 weichen stärker voneinander ab.

An den Punkten Schloßwald Q1., Schloßwald Q.1a und Staufenec Q. im Arbeitsgebiet Teisenberg liegt eine insgesamt stärkere Untersättigung der analysierten Wässer vor. Gemeinsamkeiten lassen sich bei den Punkten Schloßwald Q1. und Schloßwald Q.1a feststellen: Sie besitzen denselben Sättigungsindex bei den Mineralphasen Aragonit (-0,66) und ZnSiO<sub>3</sub> (-0,43) und weisen eine nahezu gleiche Verteilungen der Äquivalentskonzentrationen im Schoellerdiagramm auf. Bei den Vor-Ort-Parametern gleichen sich die Werte beider Punkte ebenfalls. Die Abweichung des SI im Cluster 44 war anhand der PIPER-Diagramme zu erwarten. Auch hier zeigt sich die isolierte Stellung des Punktes Staufenec Qu. 1. Auch die Abweichungen im Cluster 33 sind zu erklären. Beim Punkt Höpfling handelt es sich um einen Brauchwasserbrunnen, beim Punkt Riedl um eine Quelle. Die Zusammenfassung in Cluster 33 erfolgte maßgeblich anhand der Vor-Ort-Parameter.

Aus den modellierten Mineralphasen kann folgender Schluss gezogen werden: Die Gewässer die einen prozentual ähnlichen Sättigungsindex bei gleichen Mineralphasen aufweisen stammen aus gleichen geologischen Verhältnissen. Berücksichtigt werden muss bei dieser Beurteilung jedoch die unterschiedlichen Verweildauer des Wassers im Untergrund. Je länger ein Wasser im Untergrund verweilt, desto mehr kann es an Mineralen gesättigt sein. Eine Übersättigung kann durch das Auftreten von Mischwässern hervorgerufen werden, wie sie zum Beispiel an den Messpunkten Vogling Br 1, Franz Gallinger Qu.1 und Bäckeralm Q. vorliegen. Ein anderer Grund

ist eine rasche Erwärmung des Wassers am Quellaustritt und somit ein von PHREEQC falsch errechnetes theoretisches Löslichkeitsprodukt. Eine prozentual gleiche Verteilung des Sättigungsindex zwischen zwei oder mehreren Punkten liefert somit den Hinweis auf gleiche geologische Verhältnisse. In beiden Gebieten findet sich solche Übereinstimmung im Bezug auf die modellierten Mineralphasen, die zum Großteil schon in den in Abb. 22 und 25 ermittelten Clustern zu finden sind. Der gleiche hydrochemische Grundcharakter macht sich hier durch die deutliche Dominanz von Calcit, Quarz und Aragonit bemerkbar, jedoch scheinen unterschiedlichste Einflüsse die Wässer individuell zu verändern. Eine Rolle spielen hier außer unterschiedlichen geologischen Verhältnissen auch der Einfluss von Oberflächenwasser, die Temperatur und das damit verbundene Löslichkeitsprodukt, sowie anthropogene Einflüsse.

Zur besseren Übersicht wird in Abb. 32 die Zugehörigkeit der einzelnen Cluster zur jeweiligen, anhand der geologischen Karten im Maßstab 1:25000 festgestellten, geologischen Einheiten dargestellt.

<b>Ortsbezeichnung</b>		<b>Geologische Einheiten</b>
<b>Siegsdorf</b>		
Scheibelegg Q5	Cluster 31	Fernmoräne Salzachgletscher
Franz Gallinger Q1		
Scheibelegg Q6		
Vogling Br1		Lokalmoräne
Rindermoos Q1	Cluster 32	Fernmoräne
Prügelmöser Q1		Zementmergelserie
Riedl Q1	Cluster 33	
Höpfling Br 2		Spätglaziale Schotter
Köckenberg Q4		
Oberhausen Q2	Cluster 34	Fernmoräne Salzachgletscher
Wolfsberg Q1		
Kressenbach Br1		
Zinnkopf Q7	Cluster 35	Reiselberger Sandstein
<b>Teisenberg</b>		
Teisenberg Q1		
Bäckeralm Q2		Verwitterungsschutt
Frauenwald Q1	Cluster 41	
Schloßwald Qu1		
Schloßwald Q1a		Schwemmkegel
goldenes Bründl Q	Cluster 42	Lokalmoräne Weiße Traun
Hochfilz Q		Hällritzer Serie
Holzner Q1		
Haft Q	Cluster 43	Spätglaziale Schotter, teilweise Schwemmkegel
Teisenberg Q1-6		
Staufeneck Q	Cluster 44	
Aufham Brill		Fernmoräne Salzachgletscher

**Abb. 32:** Zugehörigkeit der Cluster 31–35 und 41–44 zu den anhand der geologischen Karten im Maßstab 1:25 000 ermittelten geologischen Einheiten

Erstaunlich sind die Umstände die zur Trennung zwischen den Clustern 31, 34 und 44 führen. Cluster 31 und 34 unterscheiden sich anhand der Vor-Ort-Parameter, ihre SI sind jedoch annähernd gleich. Der Cluster 44 grenzt sich anhand der Vor-Ort-Parameter und des SI ab.

## 8 Hydrochemisches Resümee

Die Cluster, die durch ihre einheitlichen hydrochemischen Eigenschaften gebildet wurden, lassen einen Rückschluss für alle Quellen und Brunnen im Gebiet zu. Da aus jedem der Cluster 11–16 und 21–28 ein Probenahmepunkt gewählt wurde, kann jedem dieser Cluster und den darin enthaltenen Messpunkten ein hydrochemischer Charakter zugewiesen werden. Dieser Rückschluss basiert auf der Annahme, dass sich die Vor-Ort-Parameter während der Zeit zwischen der ersten Geländearbeit und der Probenahme nicht wesentlich verändert haben. Bestätigt wird das anhand von Anhang 3. In Abb. 33 und Abb. 34 erfolgt nun der Abgleich zwischen den Clustern 31 bis 35 und 41 bis 44 mit den Messpunkten an denen lediglich die Vor-Ort-Parametern bestimmt wurden. Da die hydrochemischen Repräsentanten mehrere Cluster bei den Vor-Ort-Parametern umfassen, bildeten sich die rot dargestellten Cluster. Im Vergleich mit der geologischen Karte im Maßstab 1:25000 wird deutlich, dass ein Großteil der nur anhand der Vor-Ort-Parameter ermittelten Messpunkte innerhalb einer geologischen Ablagerung, entsprechend Abb. 32, liegen. Je größer der Umfang des Clusters, desto höher ist die Verteilung der Messpunkte auf unterschiedliche geologische Einheiten. Da sich die Gewässertypen stark ähneln ist dies zu erwarten.

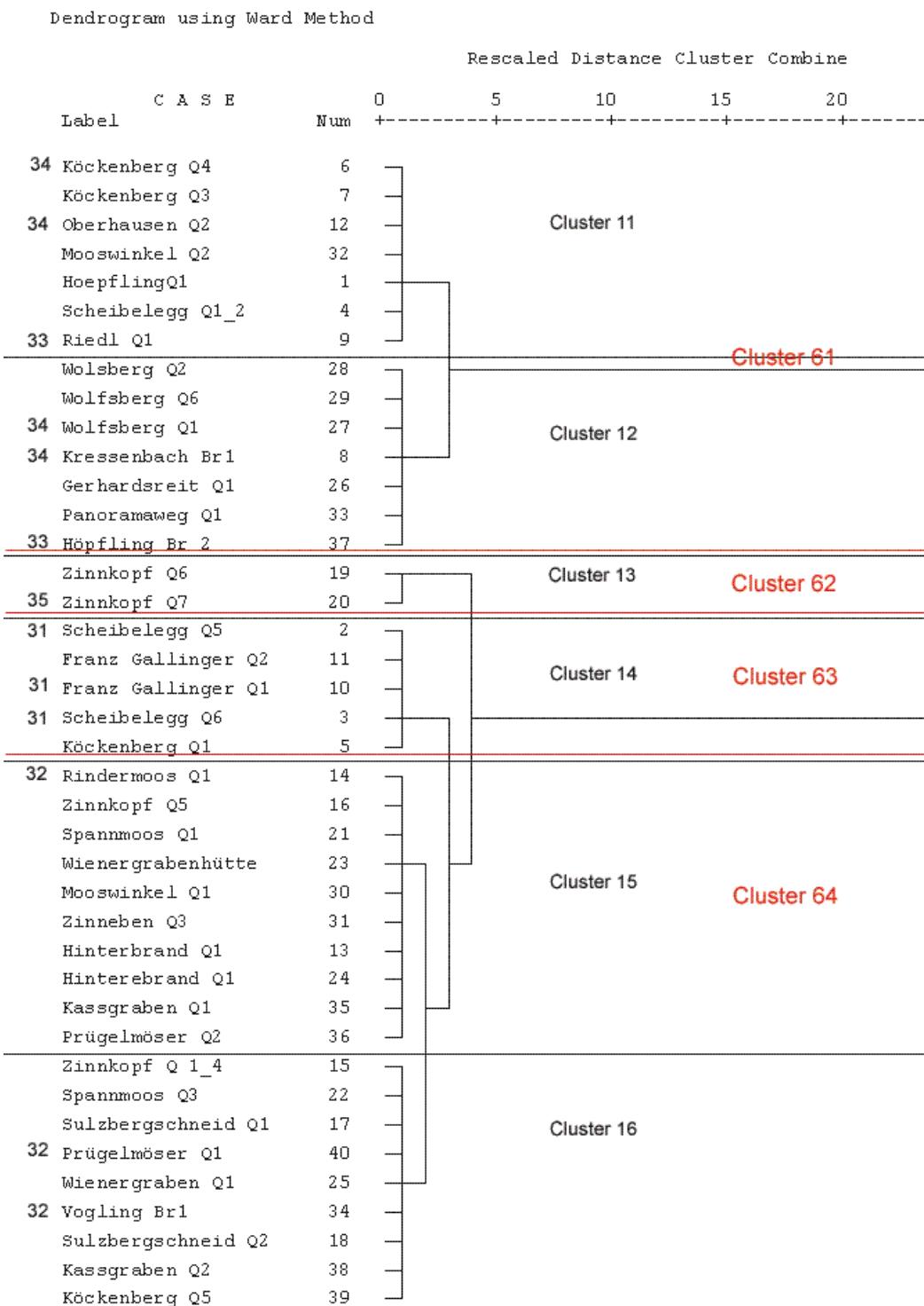


Abb. 33: Zugehörigkeit der Cluster 31 bis 35 in der hierarchischen Clusteranalyse anhand der Vor-Ort-Parameter

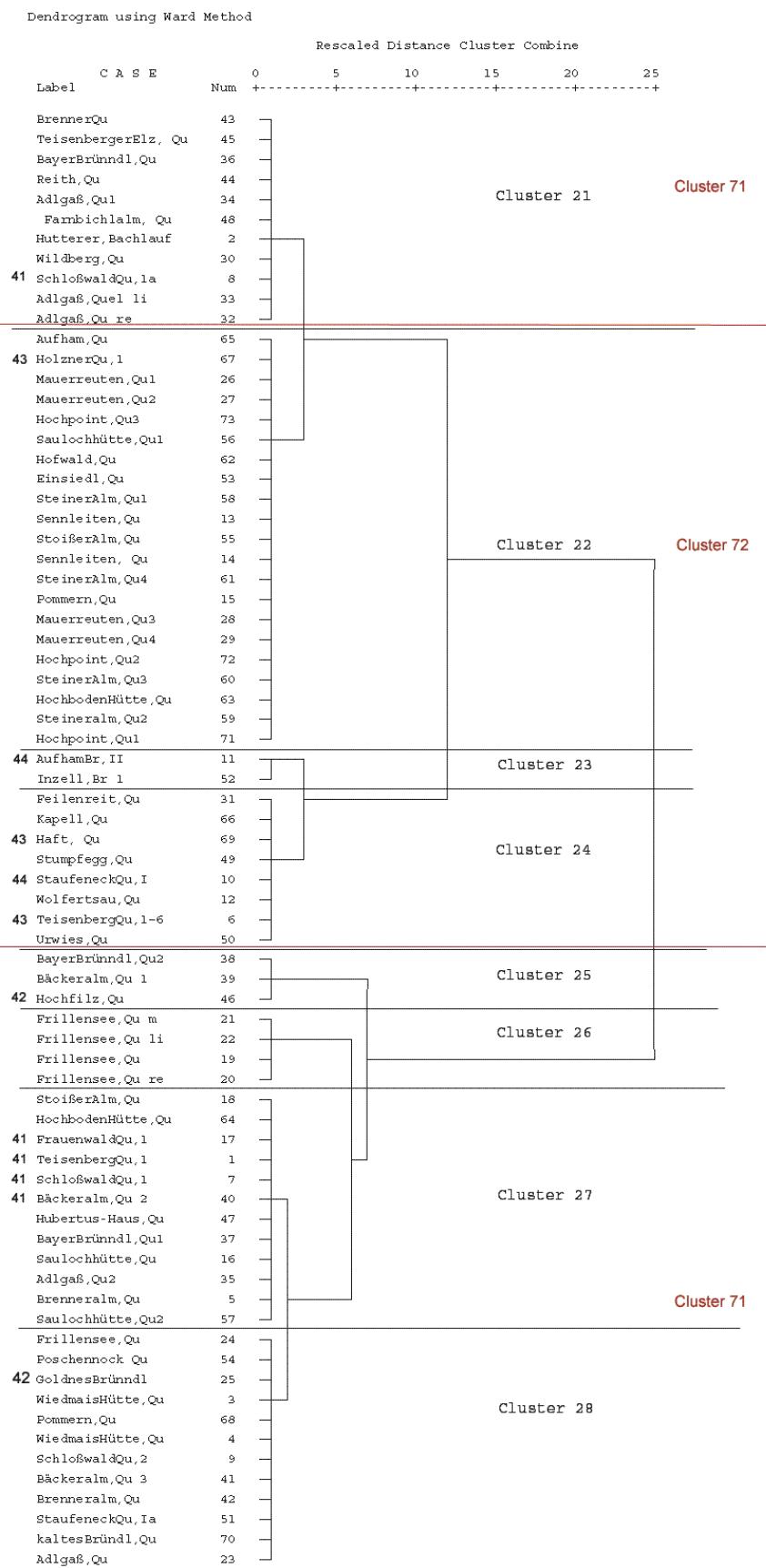
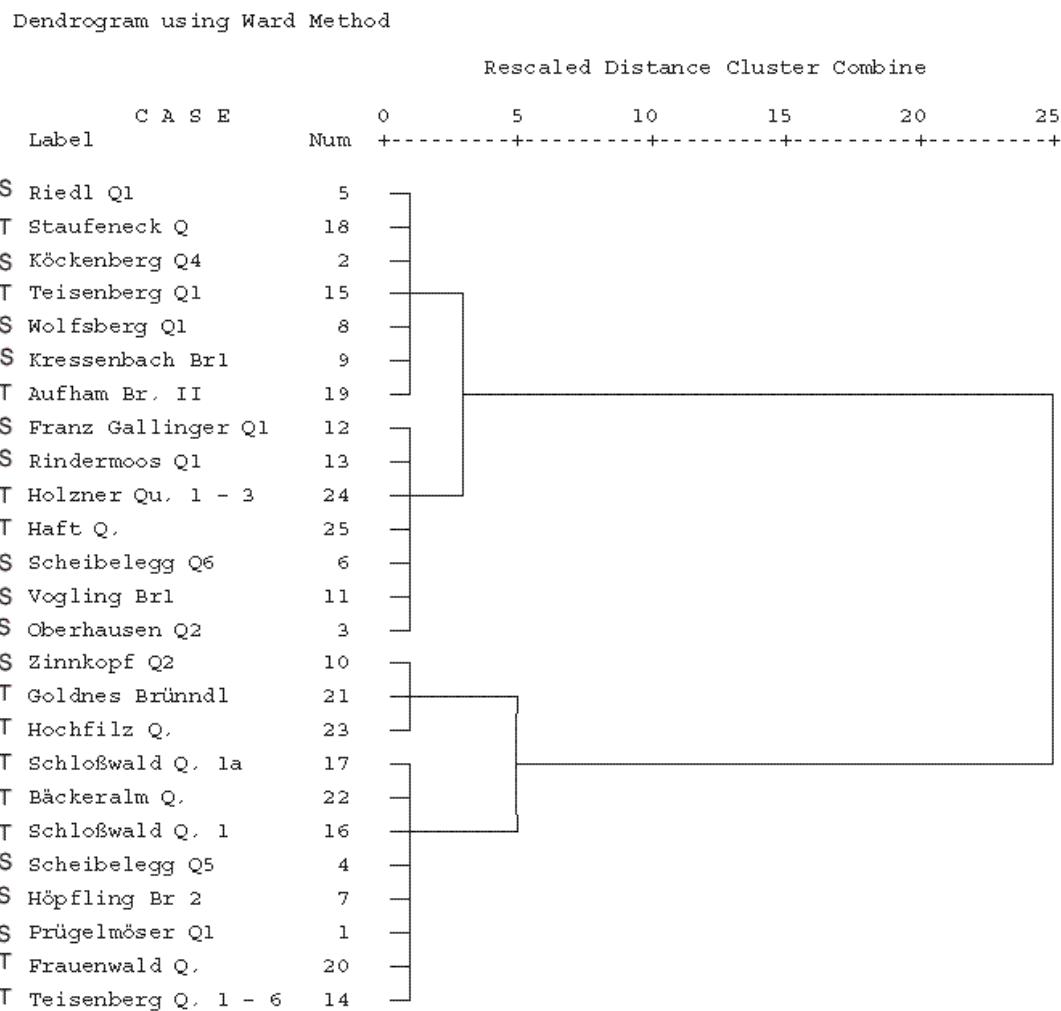


Abb. 34: Zugehörigkeit der Cluster 41 bis 44 in der hierarchischen Clusteranalyse anhand der Vor-Ort-Parameter

Eine Frage eröffnet sich jedoch bei dem Vergleich der Abb. 26 mit den Resultaten aus Abb. 32: Warum erstellt die hierarchische Clusteranalyse anhand der durch die PCA ermittelten Werte keine gebietsübergreifenden Cluster? Der Grund lässt sich anhand der mit dem Programm Surfer 8 (Golden Software, Inc. 2002) erstellten elektrischen Leitfähigkeits- und Temperaturkarte erklären (Anhang 13 und 14). Auf der interpolierten Karte der Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit sind die höheren Werte im Vergleich zum Arbeitsgebiet Teisenberg zu sehen. Der Grund für die erhöhten Werte ganz im Osten des Gebiets Teisenberg liegen am Brunnen Aufham II ( $630 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Dieser Punkt liegt zusammen mit dem Punkt Inzell Br. I isoliert in Cluster 23 und spiegelt somit nicht den Großteil der Wässer im Gebiet wieder.

Diese Verteilung wird zudem im Histogramm in Abb. 13 deutlich. Zusammen mit der in Abb. 12 dargestellten Verteilung der Wassertemperatur, und der Temperaturverteilung der interpolierten Karte im Anhang 13 sowie der durchschnittlichen Gesamtmineralisation (Gebiet Siegsdorf:  $355,4 \text{ mg/L}$ , Teisenberg:  $274,64 \text{ mg/L}$ ) beider Gebiete ergibt sich daraus eine plausible Antwort für die oben gestellte Frage: Durch den höheren Einfluss der Schneeschmelze im Gebiet Teisenberg, bedingt durch die durchschnittlich größere Höhe über N.N und die damit geringeren Werte für Temperaturen und elektrische Leitfähigkeit des Wassers ergibt sich eine Unterscheidung anhand der Vor-Ort-Parameter. Betrachtet man jedoch die in den Abb. 29, 30 und 31, sowie in den Tab. 14 und 15 präsentierten Ergebnisse so kommt man zu den Schluss, dass sich die Wässer beider Gebiete zum Teil sehr ähneln.

Um diese Aussage zu stützen, wurde in Abb. 35 eine hierarchische Clusteranalyse anhand der Äquivalenzmassenprozente von  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Cl}^-$  und  $\text{HCO}_3^-$  durchgeführt. Diese Parameter wurden zuvor durch eine Hauptkomponentenanalyse ermittelt. Gut zu sehen ist hierbei die gebietsübergreifende Verteilung der Messpunkte.



**Abb. 35: hierarchische Clusteranalyse der Analyseergebnisse beider Gebiete anhand der Parameter  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Cl}^-$  und  $\text{HCO}_3^-$  (in mmol(eq)/L), S: Siegsdorf, T: Teisenberg**

Damit kommt man zu dem Schluss, dass sich die Wässer in ihren chemischen Eigenschaften angleichen, die Differenzierung anhand der analysierten Wässer zwischen den beiden Gebieten erfolgt durch die ermittelten Vor-Ort-Parameter. Oftmals kann zwischen den geologischen Einheiten nicht genau differenziert werden. Wie der GLA Fachbericht Nr. 21 (WAGNER et al. 2003) bestätigt, überschneiden sich die charakteristischen Werte teilweise.

## 9 Zusammenfassung

Anhand der in dieser Arbeit erzielten Ergebnisse können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden: Die in den beiden Arbeitsgebieten angegebene Position der Quellen korreliert nur zum Teil mit den Angaben aus der Literaturrecherche vom LfU und WWA Traunstein. Die Lage der Quellen aus den Datenbanken BIS und InfoWas stimmten mit der tatsächlichen Lage der Quellen überein. Bei der eigenen Neukartierung der Quelle im Gebiet Siegsdorf wurden 67 Quellaustritte erfasst, sieben davon waren in den Datenbanken BIS und InfoWas verzeichnet. Die Brunnen in beiden Gebieten waren korrekt erfasst.

Von großer Bedeutung bei der Beurteilung der Wässer in den beiden Gebieten ist der Niederschlag. So weisen die meist als oberflächennah anzusehenden Grundwasserleiter kurz nach starken Regenereignissen höhere Schüttungen auf. Grund dafür sind die kurzen Verweildauern der Wässer im Untergrund. Im Zuge der Quellkartierung wurden Schüttungsmengen ermittelt, die zum Großteil sehr gering waren (Tab. 11). Einige der kleinen nicht gefassten Quellen fielen aufgrund des zur Zeit der Feldarbeit fehlenden Niederschlags trocken. Betroffen sind vor allem die Punkte südlich des Zinnkopf (Zinneben Qu.3, Zinnkopf Qu.5). Diese Schüttungsmessungen decken sich mit den aus DOBEN (1973) und WAGNER et. al (2003) bekannten Eigenschaften der Grundwasserleiter des Flysch und der quartären Grundwasserleiter.

Die Quellen in beiden Gebieten sind somit wasserwirtschaftlich von geringer Bedeutung, die Brunnen werden nur im Fall Vogling zur Trinkwassergewinnung genutzt. Laut Wasserzweckverband Surgruppe besitzt der Brunnen Vogling I eine jährliche Entnahmemenge von  $1.261.440 \text{ m}^3/\text{a}$ . Die restlichen Brunnen in beiden Gebieten werden lediglich zur Brauchwassergewinnung genutzt und liegen mit  $10.000 \text{ m}^3/\text{a}$  weit unter der Entnahmemenge des Trinkwasserbrunnens.

Bei den gemessenen Vor-Ort-Parametern konnte ebenfalls eine Übereinstimmung mit den im Fachbericht 21 (WAGNER et. al 2003) angegebenen Messergebnissen für die jeweiligen geologischen Einheiten festgestellt werden. Abweichende Werte, vor allem bei der elektrischen Leitfähigkeit, sind auf Schmelzwasser oder anthropogene Einflüsse zurückzuführen. Aufgrund der längeren Verweildauer der Wässer im Aquifer wurde eine allgemein höhere elektrische Leitfähigkeit der Brunnenwässer

festgestellt. So ergibt sich für das arithmetisches Mittel der Leitfähigkeit der Brunnenwässer ein Wert von 520 µS/cm, für die Quellwässer von 334 µS/cm.

Die Ionenbilanzen der Analyseergebnisse beider Gebiete waren teilweise mit einem hohen Fehler behaftet (z.B. Zinnkopf Qu. 7: 55 %), der auf mehrere Ursachen zurückgeführt werden kann. Zum einen fehlt die Analyse relevanter Stoffe (Fluorit, Nitrit und Phosphat), zum anderen wurden die Werte von Hydrogencarbonat und CO<sub>2</sub> im Gelände und im Labor mit unterschiedlichen Titrationsmethoden bestimmt. Als weitere Fehlerquelle kommt eine Erwärmung der betroffenen Wasserproben zwischen Probenahme und anschließender Analyse in Frage.

Eine Einteilung der Wässer nach Typen erfolgte aufgrund mehrerer Klassifizierungsmethoden. Durch die Einteilung der Analyseergebnisse in Piper- und Schoellerdiagramme zeigte sich eine angleichende Verteilung der Messpunkte beider Gebiete, ähnliche Ergebnisse wurden mit der Einordnung der Wässer nach DAVIS & de WIEST (1967) erzielt. Daraus resultiert die Ähnlichkeit der Wässer im Bezug auf die hydrochemischen Eigenschaften der beiden geologischen Einheiten des Flysch und der quartären Grundwasserleiter.

Im Anhang 11 sind auf der topographischen Karte im Maßstab 1:50000 alle kartierten Quellen und Brunnen dargestellt; die entsprechenden Koordinaten befinden sich im Anhang 1. Dazu ist die Verteilung der wichtigsten Haupthonen anhand von Tortendiagrammen in Anhang 12 zu sehen, wobei der Radius der Diagramme proportional zur elektrischen Leitfähigkeit ist. Die durchgeführte kombinierte Diplomkartierung und -arbeit soll dazu beitragen einen umfassenden Überblick über die hydrogeologischen und hydrochemischen Verhältnisse der Untersuchungsgebiete Siegsdorf und Teisenberg zu geben.

## 10 Literatur

- Doben, K. (1970): Geologische Karte von Bayern 1:25000 Erläuterungen zum Blatt Nr. 8241 Ruhpolding; 44 Abb., Tab., 4 Beilagen; Bayrisches Geologisches Landesamt, München
- Doben, K. (1973): Geologische Karte von Bayern 1:25000 Erläuterungen zum Blatt Nr. 8242 Inzell; 34 Abb., 2 Tab., 4 Beilagen; Bayrisches Geologisches Landesamt, München
- Doben, K. (1985): Geologische Karte von Bayern 1:25000 Erläuterungen zum Blatt Nr. 8334 Kochel am See; 20 Abb., 2 Tab., 6 Beilagen Bayrisches Geologisches Landesamt, München
- Fetter, C. (1988): Applied Hydrogeology second Edition, 592 S., Verlag Macmillan Publishing Company, New York
- Freimoser, M. (1972) Zur Stratigraphie, Sedimentpetrographie und Faziesentwicklung der Südostbayerischen Flyschzone und des Ultrahelvetikums zwischen Bergen/Obb. und Salzburg. – Geologica Bavaria, Nr. 66; S. 7-991, 8 Abb., 2 Tab., 6 Beil., München
- Ganss, O. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25000 Erläuterungen zum Blatt Nr. 8140 Prien am Chiemsee und zum Blatt Nr. 8141 Traunstein; 58 Abb., 8 Tab.; 4 Beilagen Bayrisches Geologisches Landesamt, München
- Hagn, H. (1960): Die stratigraphischen, paläogeographischen und tektonischen Beziehungen Zwischen Molasse und Helvetikum im östlichen Oberbayern. – Geologica Bavaria, Nr. 44, 208 S., 10 Abb., 1 Tab., 12 Taf., München
- Hagn, H. (1981): Die Bayerischen Alpen und ihr Vorland in mikropläontologischer Sicht. – Geologica Bavaria, Nr. 82; S. 11-41, 70 Abb., 7 Tab., 13 Taf., München
- Hagn, H., Hillenbrandt, A. v. Hillenbrandt, Malz H., Martini E., Moussavian E., Pfeil H. Schaub & Voigt E. (1981) Helvetikum und Ultrahelvetikum im Raum Siegsdorf Geologica Bavaria, Nr. 82, S. 89-132, 6 Abb., München
- Höll, K., Wasser: Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung, Chemie, Bakteriologie, Virologie Biologie, 7. völlig neu bearb. Auflage, 592 S., de Gruyter Berlin, New York 1986
- Höll, K., Grohmann, A. (2002): Wasser: Nutzung im Kreislauf, Hygiene, Analyse und Bewertung; 8. völlig neubearb. Auflage, 955 S., Verlag Walter de Gruyter & Co, Berlin
- Hölting, B., Coldewey, W. (2005): Hydrogeologie – Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie, 6. überarbeitete und erweiterte Auflage, 326 S., 118 Abb., 69 Tab., Spektrum

Hütter, L. A. (1994): Wasser und Wasseruntersuchungen, 6. erweiterte und aktualisierte Auflage 515 S., Otto Salle Verlag, Sauerländer

<http://maps.google.de/maps> (2008)

Jerz, H. (1993): Das Eiszeitalter in Bayern, 243 S., 74 Abb., 17 Tab.; Schweizerbart, Stuttgart

Langguth, H., Voigt R. (2004): Hydrogeologische Methoden, 2. Auflage, 997 S., 304 Abb., Springer Verlag Springer

Malberg, H. (1985): Meteorologie und Klimatologie: Eine Einführung; 305 S.; 171 Abb.; Springer Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo

Matthes, G. (1994): Die Beschaffenheit des Grundwassers. – In: Matthes, G.: Lehrbuch der Hydrogeologie Band 2, 3. überarbeitete Auflage 499 S., 139 Abb., 116 Tab., Borntraeger, Berlin

Meyer, A. (1976): Statistische Verfahren 138 s., Glückauf, Essen

Merkel, B. J., Planer-Friedrich, B. (2002): Grundwasserchemie – Praxisorientierter Leitfaden zur numerischen Modellierung von Beschaffenheiten, Kontamination und Sanierung Aquatischer Systeme; 219 S., 74 Abb., 56 Tab. Verlag Springer

Norusis, M.J (1986): SPSS/PC+; 402 Seiten; Verlag SPSS inc. Illinois

Schönwiese C. D. (1994): Klimatologie; 255 S.; 166 Abb.; 27 Tab.; Ulmer, Stuttgart

Schriftreihen des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.  
(1990): Schriften, Heft 89; Methodensammlung zur Auswertung und Darstellung von Grundwasserbeschaffenheitsdaten; 234 S.; 81 B.; 14 Tab.; Parey Hamburg und Berlin

Schriftreihen des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.  
(1992): Regeln, Heft 128: Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben 36 S.; 5 B.; 6 Tab.; Parey Hamburg und Berlin

Wagner, B., Töpfner, C., Lischeid, G., Scholz, M., Klinger, R., Klaas, P. (2003): Hydrochemische Hintergrundwerte der Grundwässer Bayerns. GLA-Fachbericht Nr. 21, 250 S., 107 Abb., 15 Tab., Bayerisches Geologisches Landesamt, München

Wasserwirtschaftsamt Traunstein (2002): Wasserrechtliche Erlaubnis Kressenbachquellen

Wolkersdorfer, C. (1996): Hydrogeochemische Verhältnisse im Flutungswasser eines Uranbergwerks – Die Lagerstätte Niederschlema/Alberoda. – Clausthaler Geo-Wissenschaftliche Dissertationen, 50; 216 S., 131 Abb.; 61 Tab.; Clausthal

Wolkersdorfer, C. (2008): Water Management at Abandoned Flooded Underground Mines- Fundamentals – Tracer Tests – Modelling – Water Treatment. – 466 S.; 126 Abb.; 34 Tab.; Springer Heidelberg

## 11 DIN Normen

DIN 38404: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Physikalische und physikalisch-chemische Kenngrößen (Gruppe C). – Berlin (Beuth)

DIN 38405: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Anionen (Gruppe D). – Berlin (Beuth)

## 12 Verzeichnisse

### 12.1 Abbildungsverzeichnis

Abb.1 : Lage der Untersuchungsgebiete Siegsdorf (links) und Teisenberg (rechts), Geologische Karte von Bayern (LFU 2008) und GoogleMaps (2008).....	6
Abb. 2: Schematische Darstellung des helvetischen und des ultrahelvetischen Trogs sowie der Flyschzone (HAGN 1960) .....	7
Abb. 3: stratigraphische Gliederung des Sulzberg- und Teisenberg-Flysch (aus DOBEN 1973)	9
Abb. 4: Fern- und Lokalgletscher im Gebiet Siegsdorf, abgeändert aus DOBEN (1973) .....	15
Abb. 5: Jahresniederschlag an den drei Messstationen Siegsdorf, Teisendorf-Neukirch und Ruhpolding in den Jahren 1983 bis 2005 .....	18
Abb. 6: Monatliche Verteilung des Niederschlags im Jahr 1998 an den Stationen Siegsdorf, Teisendorf-Neukirch und Ruhpolding .....	19
Abb. 7: mittlere Jahresabflusswerte der Weißen Traun und der Oberteisendorfer Ache in logarithmischer Darstellung. HQ: höchste gemessene Abflussmenge, MNQ: mittlerer Niedrigwasserabfluss, MQ: Mittelwasserabfluss, HQ: mittlerer Höchstwasserabfluss, NQ: Niedrigwasserabfluss.....	20
Abb. 8: Fließgewässer im Gebiet Siegsdorf mit Nummerangabe (vgl.Tab. 2) bearbeitet aus topographischer Karte 1:25000 (Blatt 8141, 8142, 8241, 8241).....	22
Abb. 9: mittlerer Jahresniederschlag an den drei Stationen Teisendorf, Teisendorf Neukirch und Anger-Stoissberg von 1976 bis 2000 .....	25
Abb. 10: monatlicher Niederschlag im Jahr 1998 an den drei Stationen Teisendorf Neukirch, Teisendorf und Anger-Stoissberg.....	26
Abb. 11: Abflusswerte der Oberteisendorfer Ache und der Stoißer Ache. HQ: höchste gemessene Abflussmenge, MNQ: mittlerer Niedrigwasserabfluss, MQ: Mittelwasserabfluss, HQ: mittlerer Höchstwasserabfluss, NQ: Niedrigwasserabfluss ...	27
Abb. 12: Wassertemperatur der 40 (Gebiet Siegsdorf links) bzw. 74 (Gebiet Teisenberg rechts) Quellen und Brunnen im Arbeitsgebiet , N: Anzahl der Messwerte.....	35

Abb. 13: elektrische Leitfähigkeit der 40 (A: Gebiet Siegsdorf) bzw. 74 (B: Gebiet Teisenberg) Quellen und Brunnen, N: Anzahl der Messwerte .....	37
Abb. 14: Redoxpotential der 40 (A: Gebiet Siegsdorf) bzw. 74 (B: Gebiet Teisenberg) Quellen und Brunnen, N: Anzahl der Messwerte .....	40
Abb. 15:Sauerstoffgehalt in mg/L der 40 (A: Gebiet Siegsdorf) bzw. 74 (B: Gebiet Teisenberg) Quellen und Brunnen, N: Anzahl der Messwerte .....	42
Abb. 16: pH Werte der 40 (A: Gebiet Siegsdorf) bzw. 74 (B: Gebiet Teisenberg) Quellen und Brunnen, N: Anzahl der Messwerte .....	44
Abb. 17: Kohlensäurespezies in Abhängigkeit vom pH-Wert (verändert nach HABERER 1970, aus SCHWOERBEL 1999).....	45
Abb. 18: Ergebnis der hierarchische Clusteranalyse anhand der Vor-Ort-Parameter im Gebiet Siegsdorf.....	58
Abb. 19: Ergebnis der hierarchischen Clusteranalyse anhand der Vor-Ort-Parameter im Arbeitsgebiet Teisenberg.....	60
Abb. 20: Kreisdarstellung der Hauptkationen in den Gewässern von Gebiet Siegsdorf (links), rechts die Messwerte der Wässer der quartären Grundwasserleiter im Moränenbereich aus WAGNER et al. (2003), ermittelt anhand von 258 Analysen am Landesamt für Umwelt München.....	64
Abb. 21: Hauptanionen im Arbeitsgebiet Siegsdorf (links), rechts die Messwerte der Wässer der quartären Grundwasserleiter im Moränenbereich aus WAGNER et al. (2003), ermittelt anhand von 47 Analysen am Landesamt für Umwelt München, ermittelt anhand von 258 Analysen am Landesamt für Umwelt München.....	65
Abb. 22: Ergebnisse der hierarchischen Clusteranalyse anhand der Parameter Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Hydrogencarbonat, Chlorid, Redoxpotential, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur für die 12 Probenahmepunkte im Gebiet Siegsdorf .....	66
Abb. 23: Kreisdarstellung der Hauptkationen in den Gewässern von Arbeitsgebiet Teisenberg (links), zum Vergleich die Werte der Grundwasserleiter des Flysch (rechts) aus WAGNER et al. (2003) , ermittelt anhand von 61 Analysen am Landesamt für Umwelt München.....	68

Abb. 24: Kreisdarstellung der Hauptanionen in den Gewässern von Arbeitsgebiet Teisenberg (links), zum Vergleich die Werte der Grundwasserleiter des Flysch (rechts) aus WAGNER et al. (2003) , ermittelt anhand von 61 Analysen am Landesamt für Umwelt München.....	69
Abb. 25: Ergebnisse der hierarchischen Clusteranalyse anhand der Parameter Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Hydrogencarbonat, Chlor, Redoxpotential, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur für die 12 Probenahmepunkte im Gebiet Teisenberg .....	70
Abb. 26: Hierarchische Clusteranalyse der Gebiete Siegsdorf (S) und Teisenberg (T) anhand der Parameter Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Hydrogencarbonat, Chlorid, Redoxpotential, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur. ....	72
Abb. 27 graphische Darstellung der an den Quellen und Brunnen gemessenen Temperatur im Bezug zur Höhe in den beiden Arbeitsgebieten Siegsdorf und Teisenberg.....	75
Abb. 28 Häufige Redoxpotential/pH-Wert Bedingungen in natürlichen Wässern (aus HÖLTING 2005).....	82
Abb. 29: Piper-Diagramm mit den Probenahmepunkten im Gebiet Siegsdorf. Klassifizierung nach FURTAK & LANGGUTH (1967) in Stoffmengenanteilen der Äquivalentskonzentrationen.....	93
Abb. 30: Piper-Diagramm mit den Probenahmepunkten im Gebiet Teisenberg. Klassifizierung nach Furtak & Langguth (1967) in Stoffmengenanteilen der Äquivalentskonzentrationen.....	94
Abb. 31: Zusammenfassendes Piperdiagramm über die Arbeitsgebiete Siegsdorf und Teisenberg. Klassifizierung nach Furtak & Langguth (1967) in Stoffmengenanteilen der Äquivalentskonzentrationen.....	96
Abb. 32: Zugehörigkeit der Cluster 31–35 und 41–44 zu den anhand der geologischen Karten im Maßstab 1:25 000 ermittelten geologischen Einheiten .....	106
Abb. 33: Zugehörigkeit der Cluster 31 bis 35 in der hierarchischen Clusteranalyse anhand der Vor-Ort-Parameter .....	108
Abb. 34: Zugehörigkeit der Cluster 41 bis 44 in der hierarchischen Clusteranalyse anhand der Vor-Ort-Parameter .....	109

Abb. 35: hierarchische Clusteranalyse der Analyseergebnisse beider Gebiete anhand der Parameter  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Cl}^-$  und  $\text{HCO}_3^-$  (in (eq)mmol/L), S: Siegsdorf, T: Teisenberg ..... 111

## 12.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Niederschlagswerte in mm/a an 5 Messstationen im Gebiet Siegsdorf (Datenrecherche aus WWA Traunstein).....	17
Tab. 2: Vorhandene Fließgewässer im Gebiet Siegsdorf (s. a. Abb. 8) .....	23
Tab. 3: Niederschlag an sieben Messstationen im Untersuchungsgebiet Teisenberg .....	24
Tab. 4: Überblick über die Oberflächengewässer im Untersuchungsgebiet Teisenberg .....	28
Tab. 5: Wasserversorger in den zwei Arbeitsgebiete Siegsdorf und Teisenberg.....	31
Tab.6: $k_S$ und $k_B$ Werte und die dazu korrespondierenden Gehalte an $\text{CO}_2$ und $\text{HCO}_3^-$ der Brunnen und Quellen im den Gebieten Siegsdorf und Teisenberg.....	47
Tab. 7: Quellschüttungen in den Arbeitsgebieten Siegsdorf und Teisenberg; Qu: Quellen, Br: Brunnen .....	50
Tab. 8: Liste der per GPS eingemessenen, beprobten Punkte im Arbeitsgebiet; Br: Brunnen, Qu: Quellen. Koordinatensystem: Gauß-Krüger, Bezugsellipsoid: Bessel-Ellipsoid.....	52
Tab. 9: Überblick der Probenahmegeräße und ihre Verwendung für die Analytik .....	53
Tab. 10: Ermittelte Parameter und die zur Bestimmung angewandte Methodik .....	55
Tab. 11: Zusammenfassende Ergebnisse der Wertebereiche der ermittelten Vor-Ort-Parameter in den Gebieten Siegsdorf und Teisenberg .....	74
Tab. 12: Fehler in % der Ionenbilanzen aus den Analyseergebnissen des Labors für Hydrogeologie, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, und des Labors des Landesamts für Umwelt München .....	88
Tab. 13: Fehler in % der Ionenbilanzen aus den Analyseergebnissen des Labors für Hydrogeologie, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, und des Labors des Landesamts für Umwelt München .....	89
Tab. 14: Einteilung der Analyseergebnisse beider Arbeitsgebiete nach Davis & de Wiest (1967).....	100

### 12.3 Anhangsverzeichnis

- Anhang 1 kartierte Quellen und Brunnen in den Arbeitsgebieten Siegsdorf und Teisenberg, Koordinaten Gauß-Krüger-Projektion, Bessel Ellipsoid
- Anhang 2 während der Quellkartierung im Frühjahr 2008 ermittelte Vor-Ort-Parameter der Wässer in den beiden Arbeitsgebieten Siegsdorf und Teisenberg
- Anhang 3 während der Probenahme im Frühjahr 2008 ermittelte Vor-Ort-Parameter der zu analysierenden Wässer in den beiden Arbeitsgebieten Siegsdorf und Teisenberg
- Anhang 4 Analyseergebnisse der beprobten Wässer des Arbeitsgebiets Siegsdorf, bearbeitet vom Labor der Sektion Hydrogeologie, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, LMU München
- Anhang 5 Analyseergebnisse der beprobten Wässer des Arbeitsgebiets Siegsdorf, bearbeitet vom Labor des Landesamts für Umwelt, München
- Anhang 6 Analyseergebnisse der beprobten Wässer des Arbeitsgebiets Teisenberg, bearbeitet vom Labor der Sektion Hydrogeologie, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, LMU München
- Anhang 7 Analyseergebnisse der beprobten Wässer des Arbeitsgebiets Teisenberg, bearbeitet vom Labor des Landesamts für Umwelt, München
- Anhang 8 Schoellerdiagramme der Analyseergebnisse der beprobten Wässer des Arbeitsgebiets Siegsdorf
- Anhang 9 Schoellerdiagramme der Analyseergebnisse der beprobten Wässer des Arbeitsgebiets Teisenberg
- Anhang 10 Beschreibung der beprobten Messpunkte im Arbeitsgebiet Siegsdorf
- Anhang 11 topographische Karte mit den erfassten Quellaustreten der Quellkartierung beider Arbeitsgebiete im Maßstab 1: 50000, Lage der Probenahmepunkte und der ermittelten Messpunkte mit Vor-Ort-Parametern

- Anhang 12 topographische Karte im Maßstab 1:50000 mit den beprobten Messpunkten mit Bezeichnung und graphischer Darstellung der wichtigsten Hauptionen (in mmol(eq)/L) der Analysen in Tortendiagrammen, Radius proportional zum Wert der elektrischen Leitfähigkeit
- Anhang 13 mit Surfer 8 interpolierte Karte der Temperatur der Brunnen- und Quellwässer in beiden Arbeitsgebieten
- Anhang 14 mit Surfer 8 interpolierte Karte der elektrischen Leitfähigkeit der Brunnen- und Quellwässer in beiden Arbeitsgebieten

## Anhang

Rechtswert	Hochwert	Ortsbezeichnung	Höhe in m ü.N.N
4548591	5296953	HoepflingQ1	600
4553011	5295346	Scheibelegg Q5	705
4552771	5295592	Scheibelegg Q4	644
4552760	5295662	Scheibelegg Q3	618
4552729	5295629	Scheibelegg Q6	742
4552724	5295610	Scheibelegg Q1_2	760
4553191	5296540	Köckenberg Q1	620
4553315	5296527	Köckenberg Q4	840
4553303	5296527	Köckenberg Q3	836
4553502	5295451	Kressenbach Br3	480
4553517	5295505	Kressenbach Br2	480
4553498	5295485	Kressenbach Br4	480
4553440	5295466	Kressenbach Br1	630
4552019	5298787	Vogling Br1	578
4552398	5297577	Riedl Q3	690
4552377	5297576	Riedl Q2	680
4552365	5297551	Riedl Q1	715
4554080	5292511	Franz Gallinger Q1	640
4554091	5292509	Franz Gallinger Q2	642
4553398	5291896	Oberhausen Q1	775
4552920	5291766	Oberhausen Q3	770
4553034	5291699	Oberhausen Q2	670
4553237	5292240	Hinterbrand Q1	863
4552103	5293094	Rindermoos Q1	960
4550433	5293798	Zinnkopf Q 1_4	895
4550379	5293729	Zinnkopf Q5	860
4554511	5293804	Gschwall Q1	710
4552704	5293744	Sulzbergschneid Q1	965
4552739	5293753	Sulzbergschneid Q2	960
4550913	5294369	Zinnkopf Q6	1080
4550952	5294477	Zinnkopf Q7	1040
4550483	5295204	Zinneben Q1	930
4550793	5295071	Zinneben Q2	925
4553103	5293321	Spannmoos Q1	990
4553308	5292835	Spannmoos Q2	1010
4553017	5293239	Spannmoos Q3	1015
4554867	5292833	Wald Q1	650
4554797	5292965	Wald Q2	645
4554783	5293149	Wald Q3	645
4554717	5293252	Wald Q4	635
4553686	5293281	Wienergrabenhütte	865
4553864	5292469	Hinterebrand Q1	693
4554043	5293607	Wienergraben Q1	763
4548999	5297218	Gerhardsreit Q1	620
4550551	5297468	Wolfsberg Q1	710
4550531	5297433	Wolsberg Q2	718
4550539	5297420	Wolfsberg Q3	710
4550556	5297427	Wolfsberg Q4	715
4550577	5297432	Wolfsberg Q5	720
4550607	5297430	Wolfsberg Q6	725
4550611	5297457	Wolfsberg Q7	705
4549575	5296250	Mooswinkel Q1	983

Rechtswert	Hochwert	Ortsbezeichnung	Höhe in m ü.N.N
4553963	5295720	Panoramaweg Q1	692
4554733	5296419	Kassgraben Q1	820
4554422	5295791	Prügelmöser Q2	743
4548747	5296979	Höpfling Br 2	630
4553415	5297284	Kassgraben Q2	735
4551332	5297617	Frauenstätt Q1	718
4553989	5296650	Köckenberg Q5	800
4554045	5296671	Köckenberg Q6	738
4554278	5296001	Prügelmöser Q1	743
4548810	5297100	Höpfling Br 1	515
4548790	5297060	Höpfling Br4	515
4548790	5297010	Höpfling Br3	515
4554996	5294770	Zinneben Q3	680
4549160	5296084	Mooswinkel Q2	695
4555695	5295340	N Holzen, Teisenberg Qu. 1	860
4555718	5295346	N Holzen, Teisenberg Qu. 1a	859
4555688	5295482	N Holzen, Teisenberg Qu. 2	897
4555726	5295547	N Holzen, Teisenberg Qu. 3	906
4555961	5295318	N Holzen, Teisenberg Qu. 4	856
4555926	5295329	N Holzen, Teisenberg Qu. 5	862
4555900	5295340	N Holzen, Teisenberg Qu. 6	862
4556568	5294601	N Hutterer, Bachlauf	840
4557265	5294823	NW Wiedmais Hütte, EigenWV, Quelle	1020
4557382	5294677	E Wiedmais Hütte, Quelle	1000
4557229	5294344	NE Hutterer, Quelle	940
4557446	5294367	NW Brenneralm, Quelle	985
4559020	5292881	N Holzen, Teisenberg Qu. 1 – 6	840
4566610	5292090	WSW Piding, Schloßwald Qu. 1	533
4566601	5292125	WSW Piding, Schloßwald Qu. 1a	528
4566683	5292030	WSW Piding, Schloßwald Qu. 2	527
4566955	5291497	W Mauthausen, Staufenec Qu. I	570
4566154	5293552	SE Aufham, Aufham Br. I	471
4566139	5293552	SE Aufham, Aufham Br. II	471
4562539	5296443	WSW Wolfertsau, Quelle	635
4563023	5293746	N Sennleiten, Quelle	870
4562998	5293794	N Sennleiten, Quelle	885
4562927	5293827	NW Sennleiten Dienst-Hütte, EigenWV, Quelle	900
4562719	5294421	S Fürmannalm, Quelle 1 WV Fürmannalm	1010
4562729	5294428	S Fürmannalm, Quelle 2 WV Fürmannalm	1010
		SW Anger, Buchenquelle, ehem.	
4562596	5294858	WV Frauenwaldqu.	820
4560937	5292344	NW Frillensee, Quelle mitte	975
4560944	5292344	NW Frillensee, Quelle links	975
4561016	5292227	W Frillensee, EigenWV Adlgaß, Quelle	985
4561111	5292204	W Frillensee, Quelle	965

Rechtswert	Hochwert	Ortsbezeichnung	Höhe in m ü.N.N
4561697	5292093	SE Frillensee, Quelle Goldnes Brünndl	941
4561554	5292265	E Frillensee, Quelle	925
4561294	5292596	N Frillensee, Quelle	925
4556716	5298560	SE Neukirchen, Quelle	750
4556971	5298332	SW Mauerreuten, Laufbrunnen	770
4556963	5298478	SW Mauerreuten, Quellschacht	790
4557062	5298357	SW Mauerreuten, Quelle	785
4557112	5298285	SW Mauerreuten, Quelle	790
4557189	5298324	WSW Mauerreuten, Quelle	780
4557208	5298313	SSW Mauerreuten, Quelle	780
4557921	5298257	S Wildberg,Quille	830
4555082	5298293	NE Feilenreit, Quelle	840
4560569	5293748	NE Adlgaß, Quelle rechts	860
4560568	5293748	NE Adlgaß, Quelle links	860
4560700	5293798	NE Adlgaß, Quelle	880
4561076	5294271	NE Adlgaß, Quelle	1020
4561047	5294162	NEAdlgaß, Quelle	1010
4560829	5294419	E Bayer Brünndl, Quelle	895
4560149	5294459	N Adlgaß, Quelle	925
4559517	5294339	WSW Bayer Brünndl, Quelle	940
4559396	5294231	NW Adlgaß, Quelle	1000
4558994	5294305	NE Bäckeralm, Quelle	1070
4558163	5294358	NW Bäckeralm	1150
4558203	5294324	NW Bäckeralm, Quelle	1140
4557586	5294197	S Brenneralm, EigenWV, Quelle	1030
4556965	5293586	NE Ortsteil Brenner	725
4556642	5294639	N Hutterer, Quelle	860
4556623	5294667	N Hutterer, Quelle	860
4556600	5294686	N Hutterer, Quelle	865
4556905	5293817	SE Hutterer, EigenWV Reith, Quelle	870
4557236	5293740	SEHutterer, Quelle Teisenberger Elz	880
4557923	5295391	SSW Hochfilz, Quelle	1200
4557950	5295369	S Hochfilz, Quelle	1200
4556651	5296348	NW Hubertus-Haus, Quelle	1145
4555521	5295742	E Farnbichl	890
4566016	5292758	sw StumpfeggQuelle	525
4564105	5292890	ne Steiner Alm, Quelle	940
4563669	5292903	e Hofwald Diensthütte, Quelle	945
4562098	5294724	ne Hochboden Hütte, Quelle	900
4562031	5294855	nw Hochboden Hütte, Quelle	840
4564176	5292155	se Steineralm, Quelle	895
4563111	5292298	SW Steiner Alm	1060
4562768	5294486	wnw Aufham, Quelle	995
4564158	5294117	w Aufham, Quelle	695
4558475	5292040	sw Kapell, Quellschacht	745
4558607	5292132	e Kapell, Holzner Qu. 1	760
4558617	5292147	e Kapell, Holzner Qu. 2	760
4558629	5292156	e Kapell, Holzner Qu. 3	760
4558182	5293404	nw Pommern, Quelle	850

Rechtswert	Hochwert	Ortsbezeichnung	Höhe in m ü.N.N
4562480	5297354	nw Holzhausen, Quelle Haft	620
4561194	5297731	ssw Oberreit, Quelle Am kalten Brü	950
4560631	5298472	ssw Hochpoint, Quelle	820
4560653	5298458	ssw Hochpoint, Quelle	815
4560950	5298358	sse Hochpoint, Quelle 1	820
4560962	5298355	sse Hochpoint, Quelle 2	820
4560978	5298353	sse Hochpoint, Quelle 3	820
4560967	5298390	sse Hochpoint, Quelle 4	820
4560699	5298442	s Hochpoint, Quelle	790
4558518	5293109	ne Pommern, Quellfassung	760
4558141	5296693	n Stoißer Alm, Quelle	1180
4558164	5296702	n Stoißer Alm, Quelle	1180
4559606	5296918	ene Stoißer Alm, Quelle	1115
4560254	5297150	Steinwand-Hütte, Rohrleitung	1070
4560860	5292384	nw Frillensee, Quelle	980
4556651	5293849	se Hutterer, Quelle	740
4556862	5294073	ne Hutterer, Quelle	815
4556753	5294136	ne Hutterer, Quelle	795
4558528	5293180	ne Pommern, Betonschacht	775
4558167	5293480	n Pommern, EigenWV Hallweger/Wakolbinger, Quelle	840
4559216	5295955	Saulochhütte, Laufbrunnen	970
4558100	5296699	n Stoißer Alm, Frauenwald Qu. 1, WV Stoißer Alm	1207
4558100	5296700	n Stoißer Alm, Frauenwald Qu. 2, WV Stoißer Alm	1193
4558110	5296710	n Stoißer Alm, Frauenwald Qu. 3, WV Stoißer Alm	1192
4558137	5296714	n Stoißer Alm, Quelle	1185
4565511	5292457	w Urwies, Quelle	615
4566975	5291481	Staufeneck Qu. I a	570
4556500	5292100	Inzell, Brauchwasserbr. I	690
4556499	5292100	Inzell, Brauchwasserbr. II	690
4557744	5293285	ne Klaffeln, EigenWV Teisenberg, Quelle	800
4557750	5293290	ne Klaffeln, EigenWV Klaffeln, Quelle	820
4558438	5293142	ne Pommern, Quelle	760
4558791	5292270	se Einsiedl, Quellschacht	800
4558816	5292291	se Einsiedl, Quelle	795
4558659	5292374	sse Einsiedl, Laufbrunnen	755
4558734	5292402	s Einsiedl, Quelle	750
4558625	5295846	Poschennock Diensthütte	1070
4558670	5296356	sw Stoißer Alm, Quelle	1090
4559191	5296067	n Saulochhütte, Quelle	980
4562536	5294795	SW Anger, Blausteigquelle, ehem. WV Frauenwaldqu.	820
4562422	5294821	SW Anger, Thannwirtquelle, ehem. WV Frauenwaldqu.	820
4562379	5294897	SW Anger, neue Quelle, ehem. WV Frauenwaldqu.	820
4559111	5296130	nw Saulochhütte, Quelle	995
4564496	5292380	e Steiner Alm, Quelle	920

## Vor-Ort-Parameter vor Probenahme Seite 1 von 4

## Anhang 2

Ortsbezeichnung	Redox in mV	pE	ph-Wert	Leitfähigkeit in S/cm	O <sub>2</sub> -Sättigung in %	O <sub>2</sub> -Gehalt in mg/L	Temp in °C	Schüttung in L/s	Höhe in m Wasser- ü.N.N probe
<b>Siegsdorf</b>									
Hoepfling, Q1	457	7,72	7,21	448	120,60	13,23	8,6	nb	600
Scheibelegg, Q5	488	8,24	7,07	326	122,00	23,75	7,6	0,51	705 x
Scheibelegg, Q6	474	8,02	7,26	390	130,00	14,90	6,7	nb	742 x
Scheibelegg, Q1_2	459	7,75	7,18	442	110,40	10,67	7,4	nb	760
Köckenberg, Q1	495	8,36	7,16	278	95,20	10,65	8,7	nb	620
Köckenberg, Q4	451	7,62	6,94	495	99,50	11,07	8,7	1,7± 0,2	840 x
Köckenberg, Q3	450	7,61	6,98	499	99,30	11,04	8,9	2,5± 0,5	836
Kressenbach, Br1	475	8,03	6,72	581	95,60	10,20	9,1	nb	630 x
Vogling, Br1	567	9,57	7,13	453	94,50	10,41	8,7	10,0± 0,3	578 x
Riedl, Q1	393	6,63	7,15	495	117,00	12,97	7,3	nb	715 x
Franz Gallinge, Q1	465	7,86	7,15	341	116,50	13,05	6,9	0,6± 0,02	640
Franz Gallinger, Q2	500	8,45	7,29	346	120,00	13,43	6,4	nb	642 x
Oberhausen, Q2	476	8,04	7,57	479	85,40	9,64	7,6	0,8± 0,2	670 x
Hinterbrand, Q1	534	9,02	7,16	366	86,10	9,39	6,5	nb	863
Rindermoos, Q1	566	9,56	8,00	364	69,70	9,11	7,3	0,5± 0,02	960 x
Zinnkopf, Q 1_4	573	9,68	7,41	328	101,50	11,09	6,5	0,4± 0,02	895
Zinnkopf, Q5	549	9,27	7,93	343	76,20	8,43	6,3	nb	860
Sulzbergschneid, Q1	571	9,64	7,46	300	109,60	12,08	6,0	1,5± 0,2	965
Sulzbergschneid, Q2	613	10,36	7,41	261	54,00	6,02	4,9	nb	960
Zinnkopf, Q6	567	9,58	7,44	184	105,60	12,03	6,4	0,4± 0,2	1080
Zinnkopf, Q7	529	8,94	7,34	180	84,50	9,40	6,4	nb	1040 x
Spannmoos, Q1	587	9,91	7,72	339	54,80	6,04	9,7	0,4± 0,2	990
Spannmoos, Q3	582	9,83	7,88	340	97,70	9,76	9,7	0,4± 0,2	1015
Wienergrabenhütte	541	9,14	7,59	371	104,60	11,26	7,4	0,1	865
Hinterebrand, Q1	562	9,49	7,80	366	101,40	11,19	7,3	1,2± 0,2	693
Wienergraben, Q1	567	9,58	7,39	318	121,00	13,97	5,8	1,6± 0,2	763
Gerhardsreit, Q1	577	9,75	7,41	566	94,40	10,03	9,5	1,6± 0,2	620
Wolfsberg, Q1	501	8,47	7,34	559	128,20	13,63	9,0	0,7± 0,2	710
Wolfsberg, Q2	499	8,44	7,35	559	101,20	10,75	9,0	0,8± 0,2	718 x
Wolfsberg, Q6	511	8,64	7,80	555	94,60	10,16	8,9	2,3± 0,2	725

## Vor-Ort-Parameter vor Probenahme Seite 2 von 4

## Anhang 2

Ortsbezeichnung	Redox in mV	pE	ph-Wert	Leitfähigkeit in S/cm	O <sub>2</sub> -Sättigung in %	O <sub>2</sub> -Gehalt in mg/L	Temp in °C	Schüttung in L/s	Höhe in m Wasser-ü.N.N probe
Zinneben, Q3	524	8,85	7,73	371	106,10	10,88	9,7	nb	983
Mooswinkel, Q2	501	8,47	7,35	471	105,60	11,83	6,6	0,30	695
Panoramaweg, Q1	550	9,30	7,75	520	105,50	11,64	7,7	nb	692
Kassgraben, Q1	540	9,12	7,87	322	107,40	10,84	8,8	0,20	820
Prügelmöser, Q2	558	9,43	8,05	357	102,00	10,95	10,9	0,10	743
Höpfing, Br 2	565	9,54	7,47	386	99,40	10,67	12,9	30,0± 0,3	630
Kassgraben, Q2	573	9,69	7,43	274	91,10	9,69	10,4	0,10	735
Köckenberg, Q5	629	10,63	8,07	291	110,90	11,52	9,8	nb	800
Prügelmöser, Q1	566	9,57	7,75	303	113,00	11,97	9,4	nb	738 x
<b>Gebiet Teisenberg</b>									
Teisenberg, Qu1	245	4,1	7,55	291	79,5	8,89	6,7	16,3	860 x
Hütterer, Bachlauf	322	5,5	8,21	321	81,3	8,41	9,9	0,091	840
Wiedmaishütte, Qu	330	5,6	7,85	244	86,6	9,62	6,5	0,053	1020
Wiedmaishütte, Qu	337	5,7	7,55	259	93,2	10,43	6,0	0,039	1000
Brenneralm, Qu	307	5,2	7,77	269	72,6	8,06	6,4	nb	985
Teisenberg, Qu1–6	302	5,1	7,18	490	76,7	8,44	7,9	nb	840 x
Schloßwald Qu1	319	5,4	7,73	282	82,4	9,48	7,1	3,64	533 x
Schloßwald Qu1a	331	5,6	7,65	318	75,6	8,7	7,1	3,83	528 x
Schloßwald Qu2	319	5,4	7,84	256	85,4	9,82	7,2	3,87	527
StaufeneckQu,I	265	4,5	7,84	442	78,1	9,05	6,7	0,69	570 x
Aufham,BrII	283	4,8	7,26	630	67	7,1	10,2	22,5 ± 0,3	471 x
Wolfertsau, Qu	243	4,1	7,8	469	96,6	10,44	8,9	0,31	635
Sennleiten, Qu	263	4,4	7,51	307	76,3	8,45	7,0	nb	885
Sennleiten, Qu	263	4,4	7,51	319	51,2	5,65	6,7	0,33	900
Pommern, Qu	276	4,7	7,53	308	89,1	9,81	7,0	nb	775
Saulochhütte, Qu	299	5,1	7,61	279	76,3	8,49	5,4	0,32	970
Frauenwald, Qu1	263	4,4	7,44	264	87,3	9,8	5,8	0,86	1207 x
Stoiber Alm, Qu	279	4,7	7,55	287	93,5	9,3	9,5	nb	1180
Frillensee, Qu	457	7,7	7,9	293	42,7	4,75	6,2	nb	980
Frillensee, Qu re	516	8,7	7,81	264	48,1	5,5	5,3	nb	975
Frillensee, Qu m	381	6,4	7,97	273	46,4	5,28	5,4	nb	975
Frillensee, Qu li	399	6,7	7,93	273	46,8	5,34	5,3	nb	975

## Vor-Ort-Parameter vor Probenahme Seite 3 von 4

## Anhang 2

Ortsbezeichnung	Redox in mV	pE	ph-Wert	Leitfähigkeit in S/cm	O <sub>2</sub> -Sättigung in %	O <sub>2</sub> -Gehalt in mg/L	Temp in °C	Schüttung in L/s	Höhe in m Wasser- ü.N.N probe
Frillensee, Qu	250	4,2	7,99	232	50,2	5,65	5,8	nb	965
Goldnes Brünndl	294	5,0	8,33	175	58,6	6,76	4,9	nb	941
Mauerreuten, Qu1	282	4,8	8,19	362	55	5,99	7,8	nb	785
Mauerreuten, Qu2	278	4,7	7,55	357	48,8	5,37	7,3	nb	790
Mauerreuten, Qu3	299	5,1	7,63	314	61,6	6,78	7,1	nb	780
Mauerreuten, Qu4	304	5,1	7,5	318	83,8	9,27	7,1	nb	780
Wildberg, Qu	320	5,4	7,56	323	63,5	6,95	7,1	nb	830
Feilenreit, Qu	282	4,8	8,08	415	73,8	7,19	11,9	nb	840
Adlgaß, Qu re	369	6,2	7,44	326	67,5	7,58	6,6	0,69	860
Adlgaß, Quel li	343	5,8	7,67	307	70,1	7,92	6,4	0,037	860
Adlgaß, Qu1	308	5,2	7,63	345	72,9	7,87	7,8	0,28	1020
Adlgaß, Qu2	302	5,1	7,4	287	65,9	7,34	6,3	0,53	1010
Bayer Brünndl, Qu	339	5,7	7,57	359	70,1	7,79	6,2	0,11	895
Bayer Brünndl, Qu1	328	5,5	7,32	278	59,6	6,65	6,6	0,35	925
Bayer Brünndl, Qu2	329	5,6	6,7	96	57,8	6,63	5,4	nb	940
Bäckeralm, Qu 1	317	5,4	6,75	67	62	6,8	6,6	0,15	1070
Bäckeralm, Qu 2	316	5,3	7,53	283	64,5	7,12	5,7	nb	1150
Bäckeralm, Qu 3	307	5,2	7,72	252	59,8	6,61	5,6	0,45 ± 0,05	1140
Brenneralm, Qu	302	5,1	7,63	249	22,3	2,43	6,1	0,42	1030
Brenner, Qu	334	5,6	7,39	365	71,4	8,04	7,1	0,80	725
Reith, Qu	339	5,7	7,67	384	79,5	8,83	7,4	nb	870
Teisenberger Elz, Qu	333	5,6	7,41	363	65,8	7,36	6,5	0,35	880
Hochfilz, Qu	355	6,0	6,74	123	55,5	6,4	4,0	0,45	1200
Hubertus-Haus, Qu	311	5,3	8,09	279	81,3	8,86	6,6	nb	1145
Farnbichlalm, Qu	310	5,2	7,42	367	61,7	6,85	7,0	nb	890
Stumpfegg, Qu	339	5,7	7,32	418	64,4	7,3	7,6	0,95 ± 0,05	525
Urwies, Qu	334	5,6	7,22	463	67,9	7,66	7,5	0,22	615
Staufeneck Qu1a	305	5,2	8,09	226	81,3	9,39	6,6	nb	570
Inzell, Br 1	291	4,9	7,36	550	56,3	6,15	6,8	0,82 / 4,17	690
Einsiedl, Qu	239	4,0	7,99	348	34,4	3,85	6,8	0,042	795
Poschenhnock, Qu	255	4,3	7,44	212	78,9	8,19	4,7	0,070	1070
StoßerAlm, Qu	267	4,5	7,34	310	81,7	9,03	5,9	0,30	1090

## Vor-Ort-Parameter vor Probenahme Seite 4 von 4

## Anhang 2

Ortsbezeichnung	Redox in mV	pE	ph-Wert	Leitfähigkeit in S/cm	O <sub>2</sub> -Sättigung in %	O <sub>2</sub> -Gehalt in mg/L	Temp in °C	Schüttung in L/s	Höhe in m ü.N.N	Wasser- probe
Saulochhütte, Qu2	289	4,9	7,94	270	68,2	7,7	5,4	nb	995	
SteinerAlm, Qu1	256	4,3	7,47	355	64,1	6,84	8,0	0,1	920	
Steinalm, Qu2	289	4,9	7,63	332	71,1	8,13	5,4	nb	895	
SteinerAlm, Qu3	280	4,7	7,8	332	72,2	7,95	5,9	0,31	1060	
SteinerAlm, Qu4	269	4,5	7,58	315	63,4	7,07	6,2	0,069	940	
Hofwald, Qu	248	4,2	7,78	321	69,5	7,9	6,0	nb	945	
HochbodenHütte, Qu	276	4,7	7,7	339	79,1	8,89	6,4	nb	900	
HochbodenHütte, Qu	269	4,5	7,92	281	61	6,87	6,2	nb	840	
Aufham, Qu	269	4,6	8,08	385	71,7	7,68	9,0	nb	695	
Kapell, Qu	291	4,9	7,36	426	64,9	7,18	7,5	nb	745	
Holzner, Qu1	270	4,6	7,66	396	68,2	7,66	6,7	0,091	760	x
Pommern, Qu	334	5,6	7,77	251	57,9	6,43	6,8	0,047	850	
Haft, Qu	302	5,1	7,66	413	78,8	8,7	8,0	0,46	620	x
kaltes Bründl, Qu	299	5,0	7,65	217	70,8	7,86	6,4	nb	950	
Hochpoint, Qu1	285	4,8	7,51	323	86,5	9,5	7,4	0,072	820	
Hochpoint, Qu2	298	5,0	7,8	322	78,8	8,77	6,8	nb	820	
Hochpoint, Qu3	283	4,8	7,52	373	94,4	10,43	7,1	0,40	790	
Mooswinkel, Q1	540	9,13	8,29	360	112,30	11,99	8,9	nb	705	
Adlgaß, Qu	285	4,8	8,11	233	52,2	5,94	5,4	nb	985	
Saulochhütte, Qu1	237	4,0	7,41	323	57,7	6,41	6,3	nb	980	

nb nicht bestimmbar

## Vor-Ort-Parameter Probennahme Seite 1 von 1

## Anhang 3

Ortsbezeichnung	Redoxpotential in mV	pE	pH	Leitfähigkeit in µS/cm	O <sub>2</sub> -Sättigung in %	O <sub>2</sub> Gehalt in mg/L	Temp. [H <sub>2</sub> O] in °C	Schüttung in L/s
Scheibelegg, Q5	461	7,78	7,38	332	97,0	10,7	8,0	0,51
Scheibelegg, Q6	403	6,82	7,2	433	98,0	10,5	8,9	nb
Köckenberg, Q4	445	7,51	7,52	496	97,5	106,0	9,1	1,7 ± 0,2
Kressenbach, Br1	480	8,12	6,96	562	104,0	11,1	8,9	nb
Vogling, Br1	542	9,15	7,12	389	96,0	10,5	8,3	10,0 ± 0,3
Riedl, Q1	424	7,16	7,13	497	94,2	10,3	8,7	nb
Franz Gallinger, Q2	453	7,66	7,68	346	79,0	8,8	7,9	nb
Oberhausen, Q2	493	8,32	7,25	433	102,0	11,0	8,0	0,8 ± 0,2
Rindermoos, Q1	513	8,67	7,35	355	65,0	6,8	9,0	0,5 ± 0,02
Zinnkopf, Q7	509	8,59	6,61	160	128,0	14,0	7,8	nb
Wolsberg, Q2	488	8,25	6,61	535	118,00	11,0	8,9	0,8 ± 0,2
Prügelmöser, Q1	407	6,88	7,58	278	123,0	12,7	10,9	nb
Höpfling, Br 2	425	7,18	7,47	395	66,5	7,0	9,5	30,0 ± 0,3
Teisenberg, Qu1–6	260	4,40	7,57	292	110,0	12,4	6,7	15 – 20
Teisenberg, Qu1	287	4,85	7,26	473	93,0	10,4	8,3	0,65
Schloßwald, Qu1	256	4,32	7,29	279	130,0	14,8	7,3	1,53 ± 0,04
Schloßwald, Qu1a	254	4,29	7,28	313	123,0	14,9	7,2	2,95 ± 0,07
Staufeneck, Qu1	295	4,99	7,21	659	95,0	10,8	7,0	0,1
Aufham, BrII	356	6,02	7,09	629	116,0	12,3	10,2	21,0 ± 0,2
Frauenwald, Qu1	301	5,08	7,31	297	94,0	9,9	7,5	nb
Goldnes Brünndl	282	4,77	8,06	164	148,0	17,1	4,7	0,3 – 0,6
Bäckeralm, Qu 2	281	4,75	7,82	249	110,0	12,3	5,6	0,35 ± 0,01
Hochfilz, Qu	287	4,86	6,92	137	72,0	8,3	4,3	0,25
Holzner, Qu1	293	4,95	7,92	383	132,0	14,2	8,4	0,08
Haft, Qu	295	4,98	7,31	410	85,0	9,4	8,5	0,08

	TST40 Prügel- möser Q1	TST06 Köcken- berg Q4	TST12 Oberhau- sen Q2	TST02 Scheibel- egg Q5	TST09 Riedl Q1	TST03 Scheibel- egg Q6	TST36 Höpfling Br 2	TST27 Wolfs- berg Q1	TST20 Zinn-kopf Q2	TST37 Vogling Br1	TST10 Franz Gallinger Q1	TST14 Rinder- moos Q1
<b>Parameter, mg/L</b>												
Na	2,38	1,47	0,56	1,47	2,16	1,64	4,95	3,53	1,87	2,77	1,71	0,45
K	0,68	1,22	0,53	0,94	1,53	1,61	0,75	1,99	0,68	0,76	0,64	0,44
Mg	2,87	18,35	28,20	7,33	14,95	15,50	14,75	16,35	5,17	15,05	2,45	0,53
Ca	79,35	144,25	99,25	57,05	86,2	110,2	68,73	98,85	44,17	117,4	184,8	74,76
Mn	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,132
Fe	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
NO <sub>3</sub>	4,66	4,84	3,95	6,15	5,40	8,78	4,18	6,10	8,02	13,42	6,46	6,57
SO <sub>4</sub>	6,63	3,26	3,56	4,04	5,23	4,54	31,52	3,40	10,20	5,39	8,63	4,02
Cl	0,98	3,31	1,22	0,85	4,03	4,32	8,45	6,31	0,74	8,05	0,91	0,91
HCO <sub>3</sub>	180,0	320,3	272,7	271,5	399,7	291,0	199,5	317,3	27,5	220,9	295,9	271,5
<b>Parameter, µg/L</b>												
Al	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Zn	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,045	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ba	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sr	0,32	0,14	0,14	0,16	0,18	0,13	0,44	0,55	0,088	0,17	0,56	0,42
As	4,67	0,54	2,77	2,92	0,08	4,48	2,38	2,72	1,28	5,16	1,91	2,46
Cd	0,09	0,08	0,09	0,08	0,02	0,07	0,16	0,07	0,07	0,11	0,08	0,10
Cr	1,74	0,33	0,45	0,53	0,34	0,39	1,14	0,25	0,37	0,40	0,80	0,35
Co	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Cu	1,88	1,37	2,53	1,53	n.n.	0,96	1,31	1,31	2,73	2,98	2,38	1,73
Ni	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2,72	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
ph	7,58	7,52	7,25	7,38	7,13	7,20	7,47	6,61	7,44	7,12	7,68	7,35
Temp in Grad °C	10,90	9,10	8,00	8,00	8,70	8,90	9,80	8,90	6,40	8,30	7,50	9,00

n.n unter Nachweisgrenze



Analyseergebnisse LfU; Gebiet Siegsdorf Seite 1 von 3

Anhang 5

Bezeichnung	TST40 Prügel- möser Q1	TST06 Köcken- berg Q4	TST12 Oberhau- sen Q2	TST02 Scheibel- egg Q5	TST09 Riedl Q1	TST03 Scheibel- egg Q6	TST36 Höpfling Br 2	TST27 Wolfs- berg Q1	TST08 Kresse- nbach Q1-4	TST20 Zinn- kopf Q7	TST37 Vogling Br1	TST10 Franz Gallinger Q1	TST14 Rinder- moos Q1
Lokalität													
<b>Parameter,</b> <b>mg/L</b>													
Na	2,4	2,8	0,6	1,4	2,1	1,7	4,8	3,6	6,5	1,9	2,6	1,7	0,6
K	0,5	0,7	0,4	0,9	1,4	1,5	0,6	1,8	1,3	0,3	0,5	0,5	0,3
Mg	2,7	17	28	7,4	15	15	15	18	18	5,1	14	2,1	0,5
Ca	56	84	71	60	82	70	59	91	92	28	73	72	78
Mn	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
NH <sub>4</sub>	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
SiO <sub>2</sub>	4,5	5	2,4	4,8	6,2	4,8	2,2	5	4,7	4,8	4,9	5,1	4
Fe	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
NO <sub>3</sub>	4,6	4,7	4	5,8	5,1	7,9	4,2	5,6	6	7,4	6,8	4,8	6,1
NO <sub>2</sub>	n.n.	n.n.	n.n.	0,003	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,007	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
o-PO <sub>4</sub>	0,02	0,02	< 0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
SO <sub>4</sub>	5,9	3,1	3,2	3,7	4,6	4,1	29	3,2	4,1	9	4,7	7,5	3,9
F	n.n.	n.n.	0,1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Br	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Cl	1	3,2	1	0,8	3,7	4,3	7,8	5,6	13	0,8	4,8	0,6	0,9

## Analyseergebnisse LfU; Gebiet Siegsdorf Seite 2 von 3

## Anhang 5

Bezeichnung	TST40 Prügel- möser Q1	TST06 Köcken- berg Q4	TST12 Oberhau- sen Q2	TST02 Scheibel- egg Q5	TST09 Riedl Q1	TST03 Scheibel- egg Q6	TST36 Höpfling Br 2	TST27 Wolfs- berg Q1	TST08 Kresse- nbach Q1-4	TST20 Zinn- kopf Q2	TST37 Vogling Br1	TST10 Franz Gallinger Q1	TST14 Rinder- moos Q1
Lokalität													
KS 4,3-mmol/l	2,95	5,59	5,88	3,61	5,3	4,67	3,6	5,96	5,95	1,69	4,71	3,66	3,89
HCO <sub>3</sub>	180,0	341,1	358,8	220,3	323,4	284,9	219,7	363,7	363,0	103,1	287,4	223,3	237,4
TOC-mg/l	1,2	0,5	0,6	1,5	< 0,5	< 0,5	0,9	0,5	0,7	< 0,5	0,5	0,5	0,7
Gesamtmineralisation-mg/L	23,38	21,38	19,71	24,23	23,95	48,82	23,45	35,24	14,77	25,56	20,59	23,09	0,00
Gesamthärte-°dH	8,45	15,65	16,37	10,09	14,91	13,24	11,70	16,86	17,00	5,09	13,43	10,54	11,01
Carbonathärte-°dH	23,65	43,83	45,84	28,25	41,76	37,06	32,76	47,21	47,60	14,24	37,59	29,52	30,84
Sättigungsindex (CaCO <sub>3</sub> )	1,18	0,80	1,06	0,68	1,07	0,95	1,65	1,30	0,58	-0,33	1,13	0,77	0,86
pH-Wert (Labor)	7,84	8,14	8,1	8,14	8,17	8,35	8,13	8,11	8,13	7,48	8,27	8,3	8,21
LF (25 °C) - µS/cm ( Labor)	278	496	433	332	479	342	395	535	562	160	433	346	335

Bezeichnung	TST40 Prügel- möser Q1	TST06 Köcken- berg Q4	TST12 Oberhau- sen Q2	TST02 Scheibel- egg Q5	TST09 Riedl Q1	TST03 Scheibel- egg Q6	TST36 Höpfling Br 2	TST27 Wolfs- berg Q1	TST08 Kressen- bach Q1-4	TST20 Zinn- kopf Q2	TST37 Vogling Br1	TST10 Franz Gallinger Q1	TST14 Rinder- moos Q1
Lokalität													
<b>Parameter - µg/L</b>													
Li	0,0016	0,00073	0,00046	0,00057	0,0014	0,00068	0,0011	0,00078	0,0011	0,0023	0,00079	0,0022	0,00039
Al	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ti	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sn	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Pb	0,053	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,33	n.n.	0,07	0,054	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
V	n.n.	0,25	0,26	0,22	n.n.	n.n.	0,24	0,2	0,21	n.n.	0,23	n.n.	n.n.
As	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,22	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sb -	0,076	0,042	0,05	0,069	n.n.	n.n.	0,023	0,064	0,057	n.n.	0,053	0,042	0,066
Bi	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Cr-ges.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Mo	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Cu	0,56	n.n.	n.n.	0,5	n.n.	n.n.	0,68	n.n.	n.n.	0,4	0,64	n.n.	n.n.
Zn	9,3	8	31	18	89	200	6,7	100	5,9	120	290	3,2	44
Cd	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Hg-ges.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Co	0,045	0,05	0,045	0	0,051	0,057	0,042	0,058	0,058	n.n.	0,045	0,044	0,052
Ni	1,5	2,1	1,8	1,6	2	1,6	1,5	2,1	2,3	7	1,7	1,7	1,9
Y -	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ce	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Tl	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02
Se	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
U	66	37	600	18	31	36	48	36	37	61	32	11	82
Ba	56	49	91	72	76	36	28	72	50	41	92	27	91
Be	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Rb	0,29	0,46	0,042	0,18	0,35	0,39	0,3	0,56	0,62	0,1	0,15	0,41	0,032
Sr	407	160	153	189	220	140	558	175	268	88	190	706	546

n.n unter Nachweisgrenze

## Analyseergebnisse Gebiet Teisenberg LMU Seite 1 von 1

Anhang 6

Bezeichnung	Teisen-berg Q. 1 – 6	Teisen- berg Q1	Schloß- wald Q. 1	Schloß- wald Q. 1a	Staufen- eck Q	Aufham Br. II	Frauen- wald Q.	Goldnes Brünndl	Bäcker- alm Q.	Hochfilz Q. 1 – 3	Holzner Qu. 1 – 3	Haft Q.
<b>Parameter, mg/L</b>												
Na	1,78	2,29	5,55	5,44	29,95	9,99	0,82	0,24	1,00	0,48	0,97	2,51
K	0,64	1,06	0,53	0,5	0,89	2,47	0,47	0,12	0,38	0,23	0,26	1,35
Mg	2,99	14,0	5,79	7,88	14,95	18,05	0,81	3,79	2,06	0,37	10,7	8,45
Ca	52,36	78,6	42,72	46,98	81,5	94,2	59,4	27,47	46,74	28,98	66,97	69,58
Mn	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032
NO <sub>3</sub>	9,56	7,36	11,3	10,93	8,04	10,5	5,58	4,23	6,87	5,69	9,36	5,6
SO <sub>4</sub>	8,41	3,37	17,86	19,46	160,65	9,96	3,59	1,07	4,62	3,47	4,63	26,34
Cl	1,1	6,21	8,23	7,88	55,41	25,96	0,8	0,57	0,57	0,54	1,11	2,03
HCO <sub>3</sub>	155,6	239,8	123,6	161,7	108,3	297,5	225,8	87,0	112,9	68,6	259,3	279,2
Fe	< 1,34	< 1,34	< 1,34	< 1,34	< 1,34	< 1,34	< 1,34	< 1,34	< 1,34	< 1,34	< 1,34	< 1,34
<b>Parameter, µg/L</b>												
Al	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Zn	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Ba	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Sr	0,39	0,059	0,23	0,50	0,70	0,40	0,34	< 0,05	0,24	0,14	< 0,05	0,95
As	< 4,3	< 4,3	< 4,3	< 4,3	< 4,3	< 4,3	< 4,3	< 4,3	< 4,3	< 4,3	< 4,3	< 4,3
Cd	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,22	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr	11,36	0,6	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,54	< 0,3	0,36	< 0,3
Co	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Cu	1,69	1,85	1,22	1,08	1,90	2,22	3,17	< 0,8	< 0,8	1,26	0,94	3,05
Ni	< 2,7	< 2,7	< 2,7	< 2,7	< 2,7	< 2,7	< 2,7	< 2,7	< 2,7	< 2,7	< 2,7	< 2,7
Pb	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,61	< 1	1,04	< 1	1,19	1,07	< 1



Bezeichnung	Teisen- berg Q. 1 – 6	Teisen- berg Q1	Schloß- wald Q. 1	Schloß- wald Q. 1a	Staufen- eck Q	Aufham Br. II	Frauen- wald Q.	Goldnes Brünndl	Bäcker- alm Q.	Hochfilz Q. Qu. 1 – 3	Huft Q.
Parameter, mg/L											
Na	1,78	2,29	5,55	5,44	29,95	9,99	0,82	0,24	1,00	0,48	0,97
K	0,64	1,06	0,53	0,5	0,89	2,47	0,47	0,12	0,38	0,23	0,26
Mg	2,99	14,0	5,79	7,88	14,95	18,05	0,81	3,79	2,06	0,37	10,7
Ca	52,36	78,6	42,72	46,98	81,5	94,2	59,4	27,47	46,74	28,98	66,97
Mn	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
NH <sub>4</sub>	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
SiO <sub>2</sub>	4,8	3,2	2,2	2,7	2,5	7,9	3,7	0,3	4,6	2,7	2,3
Fe	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
NO <sub>3</sub>	8,6	6,8	10	9,6	7,5	9,8	5,3	4,2	6,5	3,7	8,1
NO <sub>2</sub>	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
o-PO <sub>4</sub>	0,02	n.n.	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	< 0,02	< 0,02
SO <sub>4</sub>	7,5	3,2	15	19	160	8,8	3,3	1,1	4,3	2,4	4,9
F	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Br	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Cl	2,2	5,5	7,7	7,3	57	27	0,7	0,3	0,6	0,7	2,8

Analyseergebnisse LfU Gebiet Teisenberg Seite 2 von 3

Anhang 7

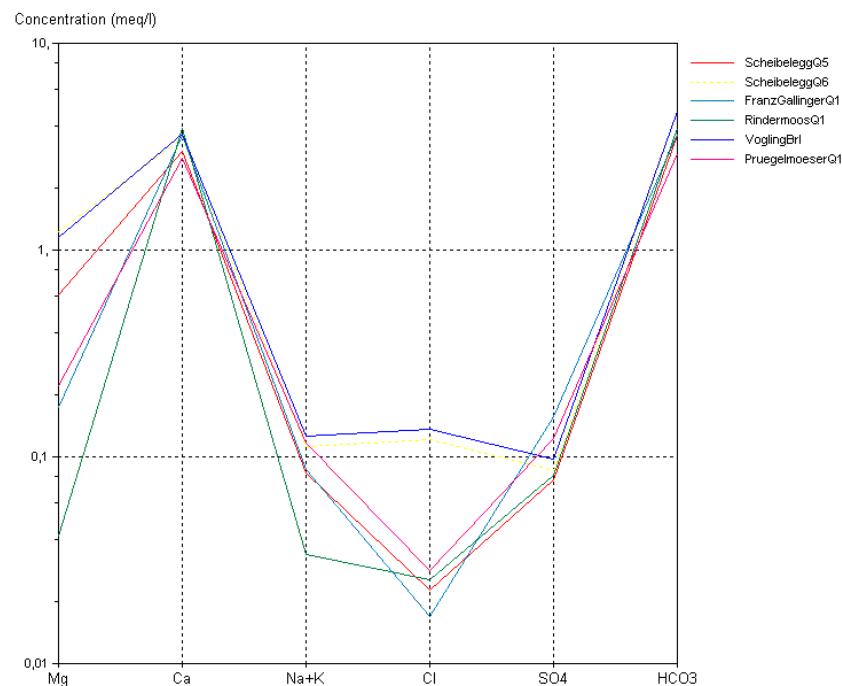
<b>Bezeichnung</b>	Teisen- berg Q. 1 – 6	Teisen- berg Q1	Schloß- wald Q. 1	Schloß- wald Q. 1a	Staufen- eck Q	Aufham Br. II	Frauen- wald Q.	Goldnes Brünndl	Bäcker- alm Q.	Hochfilz Q. Qu. 1 – 3	Huft Q.
<b>Parameter -</b>											
<b>µg/L</b>											
Li	2,60	0,36	0,76	1,20	3,50	3,30	0,86	0,09	1,50	0,11	0,26
Al	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ti	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sn	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Pb	0,048	0,041	n.n.	n.n.	n.n.	0,068	0,3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
V	n.n.	0,22	0,27	0,27	0,37	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
As	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,27	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sb -	n.n.	0,057	0,16	0,11	0,23	n.n.	0,084	0,17	n.n.	0,073	0,088
Bi	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Cr-ges.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Mo	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,35
Cu	0,53	0,49	0,44	n.n.	0,62	1,90	2,80	n.n.	n.n.	n.n.	0,51
Zn	13	5,8	25	39	17	25	15	39	7,5	12	22
Cd	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,074	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Hg-ges.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Co	0,038	0,053	0,032	0,033	0,061	0,065	0,063	n.n.	0,026	0,021	0,048
Ni	1,4	2,1	1,1	1,3	2,2	2,7	2,0	7,2	1,2	0,7	1,7
Y -	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,13	n.n.	n.n.
Ce	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Tl	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	20	8,2	12	24	28	43	12	11	13	5,9	11
U	0,08	0,25	0,18	0,28	0,33	0,34	0,064	0,028	0,058	n.n.	0,24
Ba	20	31	68	82	37	139	30	63	29	28	65
Be	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Rb	0,41	0,22	0,093	0,079	0,38	0,48	0,18	n.n.	0,11	0,036	0,031
Sr	457	73	281	474	869	522	391	14	296	159	56
											1200

**n.n unterhalb der Nachweisgrenze**

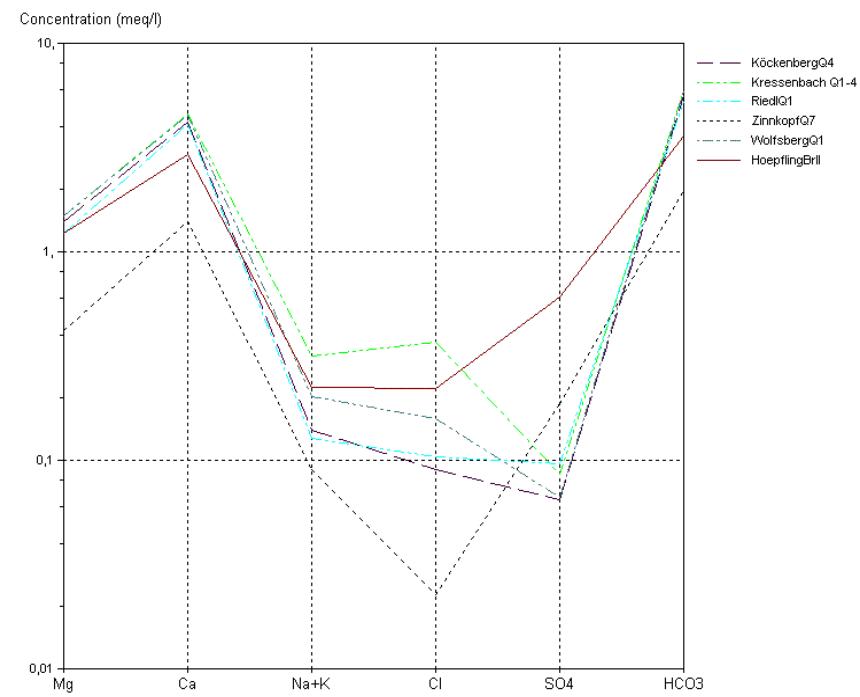
Schoellerdiagramme: Wasseranalysen Siegsdorf, A: Cluster 31 und 32; B: Cluster 33–35

Anhang 8

**A**



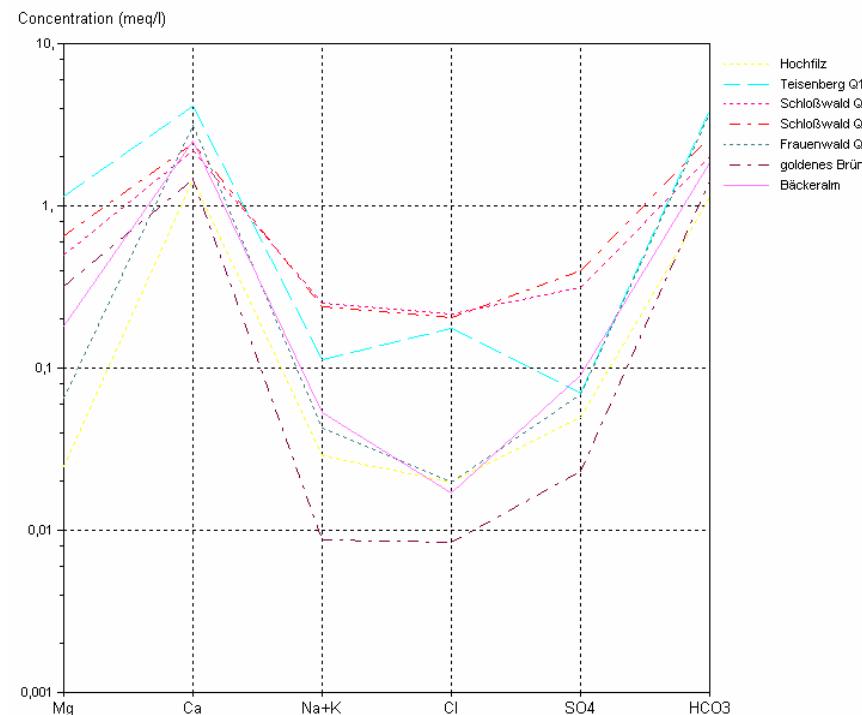
**B**



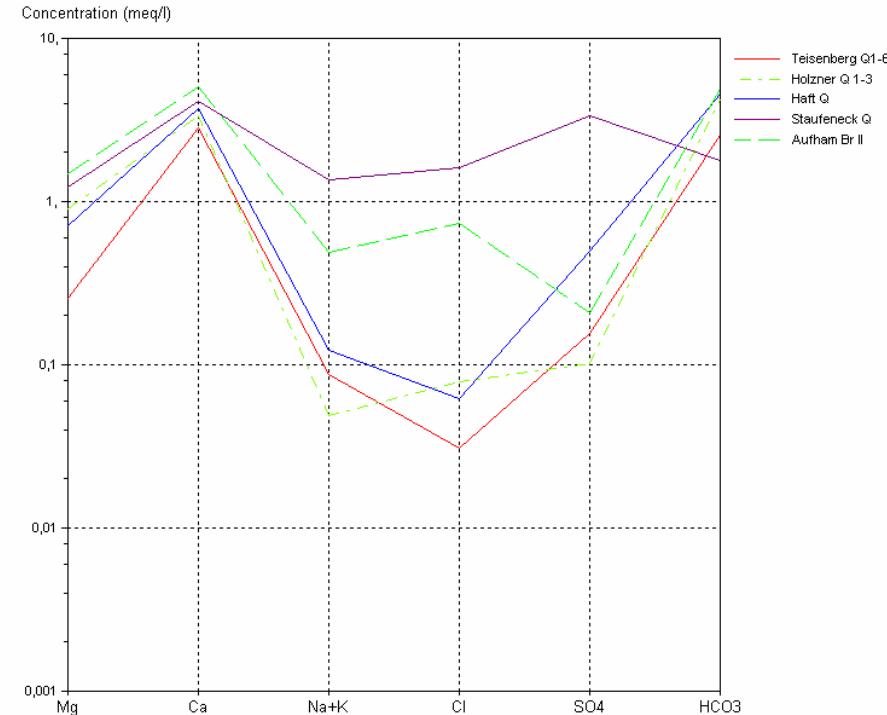
Schoellerdiagramme: Wasseranalysen Teisenberg, A: Cluster 41 und 42, B: Cluster 43 und 44

Anhang 9

**A**



**B**



## **Messpunktbeschreibung Gebiet Siegsdorf:**

### **Höpfling Br II:**

Der Messpunkt Höpfling Br. II liegt ca. 2 km südöstlich der Ortschaft Siegsdorf in unmittelbarer Nähe der Weißen Traun. Die Endteufe des Brunnens beträgt 12,30 m. Ausgebaut ist der Brunnen bis 11,30 m unter GOK; verfiltert ist er von 3,30 – 7,30 m und von 9,30 – 10,30 m. Eine Abdichtung durch Beton erfolgte in der Tiefe zwischen 1,40 und 2,70 m, eine Abdichtung durch Ton in einer Tiefe von 2,70 bis 2,90 m. Der Durchmesser des zwischen 2,90 und 12,30 m eingebauten Filterkieses beträgt 3 – 7 mm. Der Brunnendurchmesser beträgt 800 mm. Das Wasser wird Mittels einer Unterwasserpumpe zu Tage gefördert und wird lediglich zu Brauchwasserzwecken verwendet. Der Brunnenkopf befindet sich in einem Brunnenhaus, dass innerhalb der Wasserschutzzone eins liegt. Diese wird durch einen Stacheldrahtzaun mit Tor gesichert.

### **Wolfsberg Qu. 1:**

Die Wolfsbergquellen befinden sich ca. 1,2 km südwestlich der Ortschaft Vorauf. Qu. 1 liegt zwischen vielen anderen gefassten Quellen an einem Hang mit ungefähr 5 % Neigung in einem lichten Mischwald. Ein stark verwittertes Schild weist auf ein Quellschutzgebiet hin. Die Fassung der Quelle ist stark korrodiert und nicht mehr verschlossen. Das Wasser am Überlauf der Fassung schäumt stark, ist organoleptisch jedoch unauffällig. Oberhalb der Quellfassung liegt eine beweidete Grünfläche.

### **Riedl Qu.1:**

Quelle Riedl 1 wurde erst kürzlich saniert, ihre Quellfassung ist sehr neu und durch einen Maschendrahtzaun gegen unbefugtes Betreten gesichert. Sie liegt ca. 1 km östlich des Weilers Frauenstätt direkt am Fuße eines steil abfallenden Hanges. Sie besteht aus zwei Schichtquellfassungen mit ca. 3 m langen Sickerungen. Gegen das Eindringen von Oberflächenwasser ist sie mit einem Betondeckel und Lehmschlag gesichert. Die Einzugsrichtung geht von Süden nach Norden, dem Gefälle des Hangs folgend. Die größtmögliche Fördermenge wird im Gutachten des Landratsamts Traunstein 18.02.1996 mit 19 L/s genannt. Die Riedlquellen besitzen ein ausgewiesenes Schutzgebiet das entsprechend ihres Einzugsgebiets angelegt wurde.

### **Köckenberg Qu.5:**

Die Köckenbergquellen liegen ca. 0,5 km nordöstlich der Gemeinde Hammer in unmittelbarer Nähe des Riedelbachs an einem nach Norden einfallendem Hang. Es handelt sich bei der Qu. 5 um eine Quellfassung von vier Schichtquellen mit 2 m langer Sickerung. Gegen das Eindringen von Oberflächenwasser ist die Quelle wiederum durch einen Betondeckel und Lehmschlag gesichert. Die höchstmögliche Fördermenge ist auf 3,8 L/s beschränkt

### **Scheibelegg Qu. 5:**

Quelle Scheibelegg 5 liegt rund 0,4 km südöstlich der Gemeinde Scheibelegg am Fuße des Hügels an dem sich die Siedlung befindet. In der Nähe des durch einen Hangrutsch verschütteten Quellschachtes befindet sich eine Almhütte für deren Wassergewinnung die Quellfassung ursprünglich vorgesehen war. Der Schacht ist nicht mehr verschlossen, Wasser tritt seitlich am Betonring der Fassung aus.

### **Scheibelegg Qu. 6:**

Die Quellfassung der Quelle 6 liegt direkt unterhalb des steil abfallenden Hanges auf dem die Siedlung Scheibelegg liegt. Direkt neben der Quellfassung, bestehend aus einem Betonring mit Metaldeckel, liegen zwei weitere Sammelbecken die durch eine ca 200 mm starkes Metallrohr Wasser in die Quellfassung einspeisen. Das Wasser in der Fassung ist nur gering durch Blätter verunreinigt, der organoleptische Befund ist ohne Beanstandung. Die Quelle befindet sich innerhalb von Hangschuttmaterial und dient laut Aussagen von Anliegern der Brauchwasserversorgung einer Gastwirtschaft der Gemeinde Hammer.

### **Franz Gallinger Qu. 1:**

In unmittelbarer Nähe des Gehöfts der Familie Gallinger liegen die Quellen die ursprünglich zur Trinkwasserversorgung des Hauses gedacht waren. Qu. 1 liegt in einem dichten Nadelwald in den Ausläufern des Zinnkopfs. Die Quellfassung ist durch einen Stacheldraht, die aus einem Betonring bestehende Fassung durch einen massiven Deckel aus Beton gesichert. Das Wasser am Überlauf sprudelt sehr, an Blättern im Bachbett des Überlaufs ist Versinterung zu beobachten. Anstehendes Gestein ist nicht aufgeschlossen, um die Quelle liegen in unregelmäßigen Abständen Kalkblöcke verteilt.

### **Prügelmöser Qu. 1:**

Die Quelle Prügelmöser Qu.1 liegt direkt neben einer Hütte des Forstamts Traunstein. Diese befindet sich ca. 1,5 km südöstlich der Gemeinde Hammer. Die Quelle ist gefasst und speist einen Laufbrunnen, das Wasser ist klar und fließt in unregelmäßigen Abständen. Die Tränke unterhalb des Brunnens weist starken Algenbewuchs auf.

### **Vogling Br. I:**

Der Brunnen Vogling I gehört zum Wasserzweckverband Surgruppe und liegt ca. 0,5 km von dem Weiler Vogling, und ca. 0,3 km von der Autobahn A8 entfernt. Die Endteufe beträgt 19,50 m, eine Verfilterung der im Durchmesser 750 mm betragenden Bohrung fand zwischen 9,5 und 14,5 m statt. Eine Abdichtung der Bohrung wurde zwischen 2,5 und 8,0 m angebracht. Die vermutete Grundwasserfließrichtung geht von SSO nach NNW. Die maximale Förderleistung ist durch die unter Wasser angebrachte Kreiselpumpe auf 10 L/s beschränkt. Das Wasser dient der Trinkwasserversorgung und wird regelmäßig auf bakteriologischen Befund hin untersucht. Der Brunnenkopf befindet sich in einem Brunnenhaus das sich innerhalb der Wasserschutzzzone I befindet. Gegen unbefugtes Betreten ist es durch einen ca. 2 m hohen Maschendrahtzaun gesichert.

### **Zinnkopf Qu. 7:**

Ca. 0,5 km nördlich und unterhalb des Gipfels des Zinnkopf liegt die Quelle 7. Sie liegt unterhalb der Forststraße und ist durch einen Betonring mit ca. 50 cm Durchmesser gefasst. Der Beton ist stark korrodiert, der Deckel aus Holz liegt stark verwittert neben der Fassung. Die Quelle liegt direkt im Hangschutt, im Umkreis liegen mehrere Kalksteinblöcke, anstehendes Gestein ist nicht zu finden

### **Rindermoos Qu. 1:**

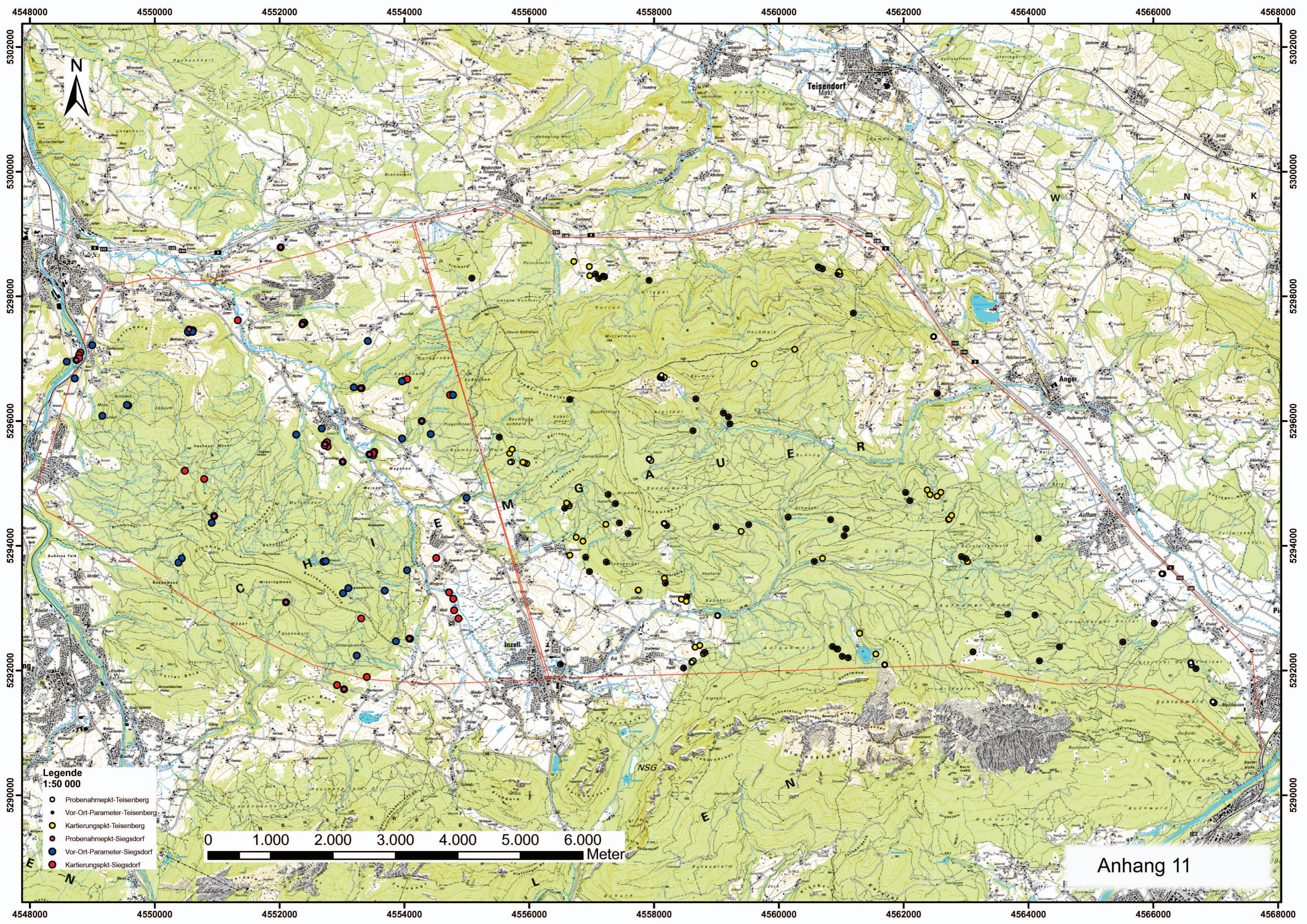
Im Süden der Sulzbergschneid liegt die Quelle Rindermoos 1. Sie ist ebenfalls gefasst und speist einen Laufbrunnen des bayrischen Forstamts. Der Brunnen liegt innerhalb eines lichten Fichtenwalds im flachen Gelände. In der Umgebung der Quelle sind Vernässungszonen zu erkennen. Das Wasser ist klar, die unterhalb des Brunnens befindliche Tränke weist keinen Bewuchs oder Algenbildung auf.

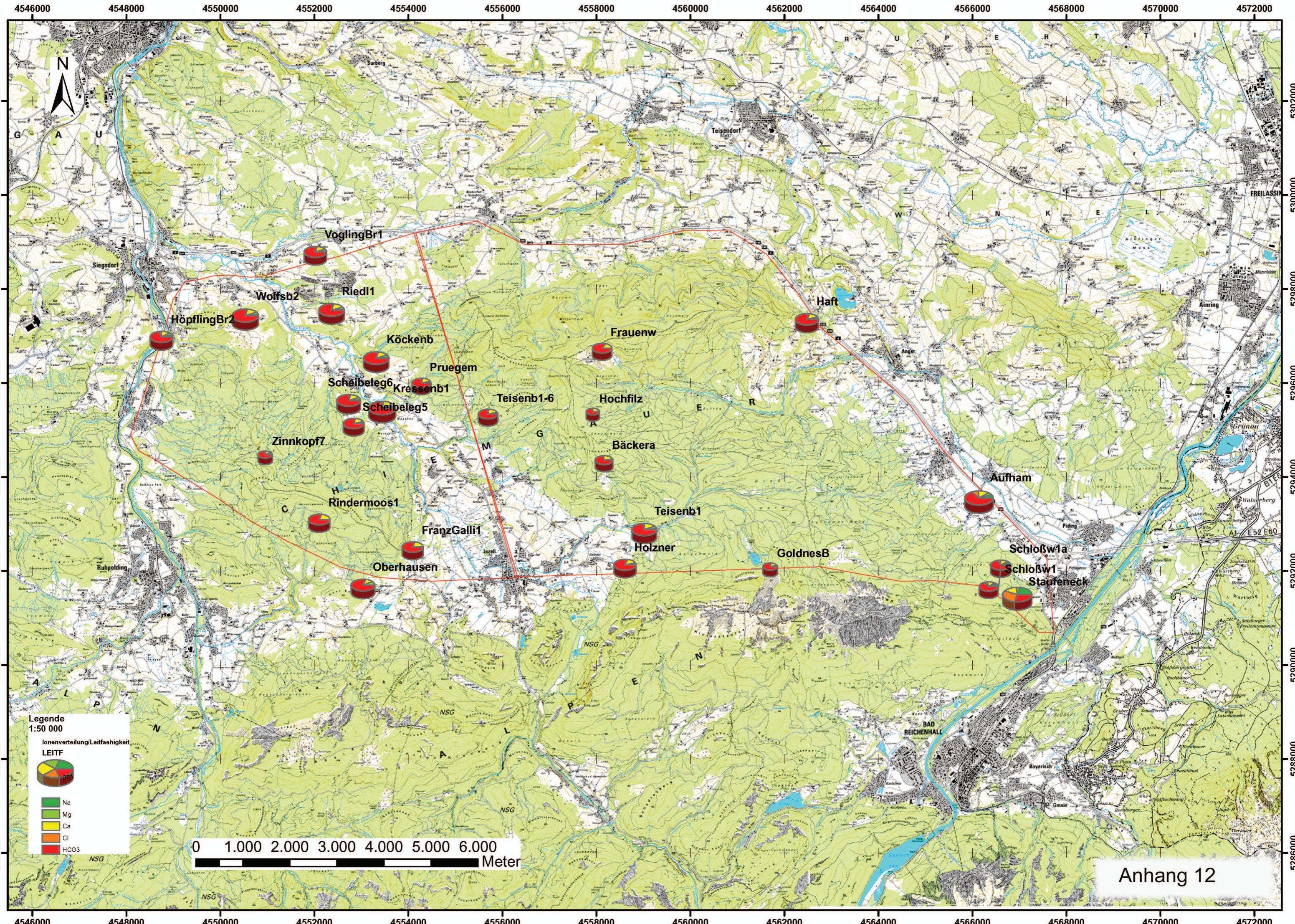
### **Oberhausen Qu. 2:**

Die Quelle Oberhausen liegt etwa 0,3 km von dem Weiler Oberhausen in westlicher Richtung entfernt. Von dem Quellschacht der sich oberhalb des Windbachs befindet verlaufen Plastikleitungen von 300 mm Durchmesser in Richtung Tal. Die Fassung ist durch einen Metaldeckel gesichert. Der Besitzer der Quelle berichtet, dass durch den Einsatz immer schwererer Traktoren die ursprüngliche Quelle versiegt sei, die neu angelegte Quelle würde aber auch nur noch gering Wasser führen. Die Quelle wird lediglich zur Brauchwassergewinnung genutzt. Anstehendes Gestein ist auch hier nicht unmittelbar zu finden, der Boden ist von einer dicken Humusschicht bedeckt.

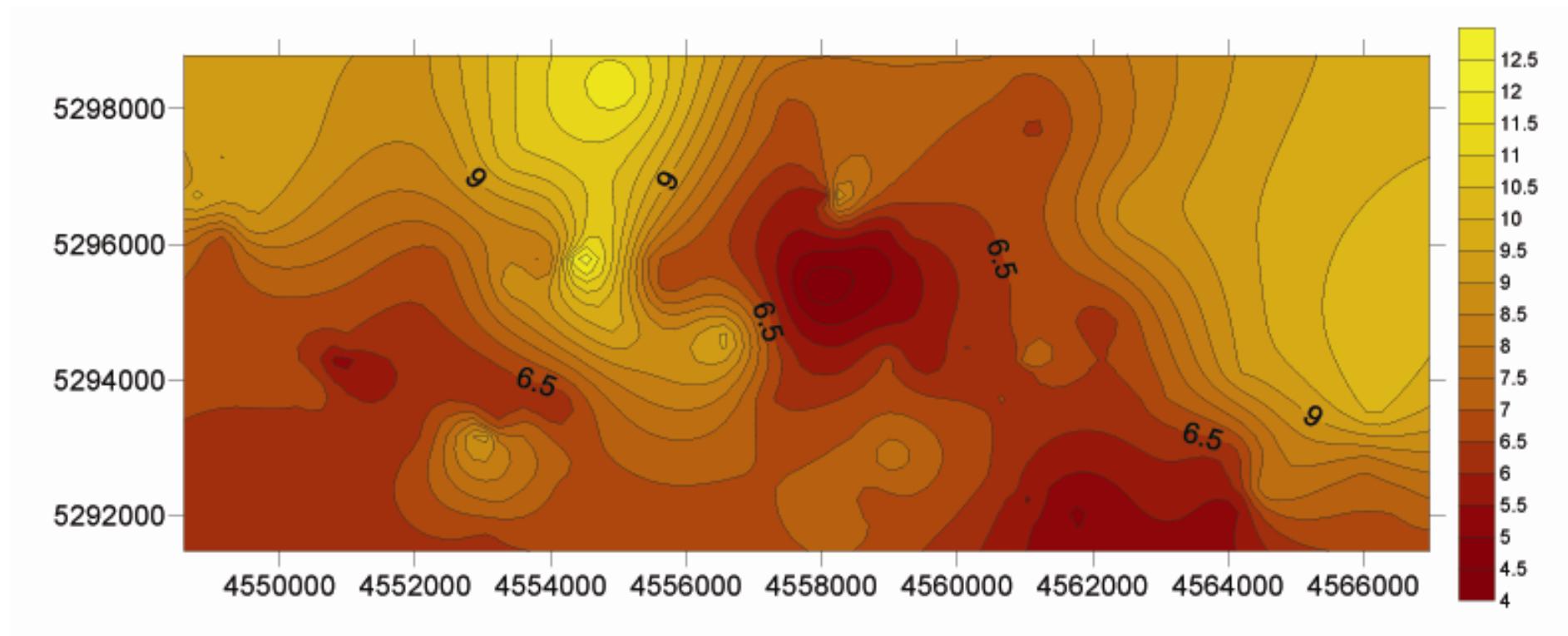
### **Kressenbach Br. I:**

Der Messpunkt Kressenbach liegt ca. 1 km südwestlich der Gemeinde Hammer. Besitzer der 3 Brunnen und 2 Quellen sind die Stadtwerke Traunstein. Die Messung der Vor-Ort-Parameter und die Probenahme erfolgte am Überlauf der Kressenbach Brunnen. Die Stadtwerke Traunstein erklärten sich nicht zu einer Beprobung direkt am Brunnen oder an den Quellfassungen bereit. Die drei Brunnen erschließen alle gespanntes Grundwasser, der Grundwasserleiter besteht aus Grobkies mit Nagelfluh-einlagen. Die Grundwasserströmungsrichtung geht von NO nach SW. Die Brunnen sind gegen Oberflächenwasser abgedichtet und bakteriologisch einwandfrei. Die maximale Ableitung aus den Kressenbachbrunnen liegt bei 98 L/s. Die Ableitung des Wassers wird für die Energiegewinnung der Pumpwerke Haslach genutzt. Der Überlauf der Brunnen wird durch zwei 800 mm starke Rohre gespeist, organoleptisch war das Wasser ohne Beanstandung. Alle Brunnen haben ein ausgewiesenes Schutzgebiet das durch einen Stacheldrahtzaun gesichert ist.





Anhang 13: mit Surfer interpolierte Karte der Temperatur der Brunnen- und Quellwässer in beiden Arbeitsgebieten



Anhang 14: mit Surfer 8 interpolierte Karte der elektrischen Leitfähigkeit der Brunnen- und Quellwässer in beiden Arbeitsgebieten

