

3184

Nº 701



**RegioKAT NEU**  
Grund- und Trinkwasserwirtschaft

# Institut für Geothermie und Hydrogeologie

ENDBERICHT

"Hydrogeologie der Nördlichen  
Kalkvoralpen  
Schafberg - Höllengebirge"

HÖ 18 Teil III/ 1983/84



Forschungsgesellschaft Joanneum  
GRAZ-Burg

A 05842-R

D

E · N · D · B · E · R · I · C · H · T

HYDROGEOLOGIE DER NÖRDLICHEN KALKVORALPEN  
SCHAFBERG - HÖLLENGEBIRGE

HÖ 18  
TEIL III / 1983/84

3184

BEARBEITUNG:

R. BENISCHKE

PROJEKTLEITUNG:

H. ZOJER

GRAZ, MAI 1984

## KURZFASSUNG

Einen nennenswerten Abschnitt dieser Teilstudie nimmt die Erfassung von unter dem Wasserspiegel einströmendem Grundwasser in den Attersee (Südost- und Südabschnitt) ein, der von Prof. M. Seger und Mag P. Mandl (Universität für Bildungswissenschaften Klagenfurt) behandelt wurde. Die Aufgabenstellung umfaßte die Organisation eines Thermalscanner-Meßfluges zur Ermittlung und Darstellung digitaler Temperaturmeßdaten von der Wasseroberfläche des Attersees sowie die Interpretation der Meßergebnisse.

Der Meßflug wurde am 8. Jänner 1983 durchgeführt, wobei ein Spektralbereich gewählt wurde, der die thermische Abstrahlung (thermisches Infrarot) aufzuzeichnen vermag. Ziel dieses Thermalscanner-Meßfluges war es, mittels der Temperaturdifferenzierung an der Seeoberfläche Einströmungen von unterirdischem Wasser in den Attersee festzustellen. Dabei wurde die Jahreszeit so gewählt, daß die unbeeinflusste Seeoberfläche die niedrigsten Temperaturen aufweist und sich Unterschiede in erster Linie durch das Hochsteigen von wärmeren Wässern im See einstellen. Zu berücksichtigen sind allerdings verschiedene Randbedingungen, wie verschiedene Emissionsfaktoren, Störungen durch die Atmosphäre oder Einflüsse des Windes.

Zur Zeit des Meßfluges lagen die Oberflächentemperaturen des Sees in seinem Südabschnitt zwischen 2,6 und 2,1<sup>0</sup> C, wobei ein genereller Temperaturabfall gegen S festzustellen war. Oberflächlich einströmendes Wasser repräsentiert vor allem der Weißenbach (5,1 - 5,5<sup>0</sup> C). Die relativ hohe Wassertemperatur der diesen Bach speisenden Karstquellen bewirkt, daß dieses Wasser wärmer ist als die Seewasseroberfläche, so daß ersteres auf dem Scannerbild im Mündungsbereich des Baches deutlich sichtbar ist.

Von einigem hydrogeologischem Interesse ist die Art des in den See einströmenden bachbegleitenden Grundwassers aus dem Schwemmfächer des Weißenbaches, aus dessen mittlerem Teil eine auffällige Zone wärmeren Wassers nach N strömt. Der Breite dieser Zone entsprechend ist dieser Zufluß wesentlich stärker als der Abfluß des Weißenbaches selbst. Auffällig ist weiters ein schmaler Streifen kälteren Wassers zwischen der Uferlinie und dem aufsteigenden wärmeren Grundwasser im See. Er macht deutlich, daß sich unmittelbar am Ufer eine Mischungszone befindet, während der Hauptteil des einströmenden Grundwassers - gemäß der Aquifermächtigkeit und der flachen Uferböschung - erst einige Meter vom Ufer entfernt sichtbar wird.

Neben einströmendem Grundwasser aus den Lockersedimenten wird der Attersee örtlich auch von Karstwässern subaquatisch angereichert. Wohl sind keine detaillierten Mengenangaben möglich, doch sind derartige Zutritte aus der Form der Verteilung wärmeren Wassers deutlich erkennbar.

Die Interpretation von Meßwerten des stabilen Isotops Sauerstoff-18 läßt bei einem entsprechenden Datenumfang eine höhenmäßige Eingliederung von Quelleinzugsgebieten zu. Für diese Untersuchung standen 10 Meßserien bei 10 Quellen zwischen April 1982 und Februar 1983 zur Verfügung. Unter Berücksichtigung der Meßgenauigkeit kommt 8 von den 10 Quellen praktisch eine gleiche Höhe ihres Einzugsgebietes zu, was auch durch die großmorphologische Form des gesamten Karststockes einleuchtend ist. Aufgrund der geringen Schüttung entwässert die Nikolausquelle (H 79) nur ein lokales Einzugsgebiet, das deshalb lagemäßig gut abgrenzbar ist. Es dürfte in Mittel in etwa 800 m Seehöhe liegen. Aufgrund der Isotopenkonzentration würde sich daraus eine mittlere Höhe des Einzugsgebietes der Schwarzenbachquelle von ca. 900 m ergeben, für alle anderen Quellen eine zwischen 1000 und 1050 m. Aus dieser Erkenntnis läßt sich ableiten, daß die Quellen am Nordfuß des Massivs nur in einem untergeordneten Maß die Hochflächen des Höllengebirges entwässern. Somit dürften die im Plateaubereich infiltrierten Wasser hauptsächlich drei Quellzonen zuströmen: Gimbach, Höllbach, Schuster- und Miesenbach.

Die Isotopenmessungen geben auch Hinweise auf die unterirdische Speicherung von Quellwässern, da der Jahresgang des Gehaltes an Sauerstoff-18 auf dem Temperatureffekt beruht, ausgehend von der Temperatur im Zusammenhang mit der Kondensation von Niederschlägen. Die niedrigsten <sup>18</sup>O-Werte fallen fast durchwegs in die Probennahmezeit Anfang Juni. Dies ist ein Ausdruck der Schneeschmelze, die lediglich bei zwei Quellen nicht so markant in Erscheinung tritt, nämlich bei der Zwieselgrabenquelle (H 1) und bei Nikolausquelle (H 79), die sich von den anderen Quellen durch eine längere Speicherung des Wassers im Untergrund unterscheiden. Unter Anwendung des Exponentialmodells wurde der mittlere Aufenthalt von Wässern der großen Karstquellen mit lediglich etwa einem halben Jahr berechnet. Letzlich soll aber darauf hingewiesen werden, diesen Zahlen nicht unbedingt einen absoluten Wert beizumessen, da die physikalischen Modelle nicht in ihrer extremen Form anwendbar sind.

Was die Hydrochemie der Karstwässer betrifft, so sind interpretationsfähige Meßwerte u. a. auch von exakten Feldmessungen und sorgfältiger Probenahme abhängig. Weiters ist auch der Zeitpunkt der Probennahme von einiger Bedeutung der eine Abhängigkeit vom Abflußverhalten miteinbezieht.

Solche Punkte sind z. B. bei der Interpretation des Calcium/Magnesium-Verhältnisses notwendig. Insgesamt zeigt sich eine generelle Tendenz zu abnehmendem Ca/Mg-Verhältnis bei sinkender Schüttung. Zur Zeit der Schneeschmelze und unmittelbar nach heftigen Niederschlägen kann diese Relation überproportional ansteigen. Bei länger andauerndem Trockenwetterabfluß erreicht das Ca/Mg-Verhältnis einen Minimalwert, der trotz weiter sinkender Schüttung nicht mehr unterschritten wird.

Das Schwankungsverhalten einiger chemischer Parameter innerhalb der Beobachtungsperiode (20 monatliche Meßserien) gibt Hinweise auf die unterirdische Speicherfähigkeit, ähnlich wie bei den stabilen Umweltisotopen. Der Unterschied besteht allerdings darin, daß  $^{18}\text{O}$  und  $^2\text{H}$  im Untergrund stabil bleiben, während die einzelnen Ionen durch Lösungs- und (manchmal auch) Kristallisationsvorgänge im Austausch zwischen Wasser und Gestein oft erheblichen Konzentrationsänderungen unterworfen sind. Aus der Leitfähigkeit, dem  $\text{HCO}_3^-$ -Gehalt und der Gesamtmineralisierung wurde eine Rangordnung der unterirdischen Speicherkapazität erstellt, die in ihrer relativen Aussage durchaus mit den Ergebnissen der Isotopenuntersuchungen vergleichbar ist.

## INHALT

### Vorbemerkung

1. Die Erfassung von unter dem Wasserspiegel einströmendem Grundwassers im Attersee, Oberösterreich, mittels Fernerkundung im Bereich des thermischen Infrarots (M. SEGER & P. MANDL)
  - 1.1. Problemstellung
  - 1.2. Durchführung des Meßfluges, Scannertechnik und vorgenommene Bildverarbeitung, radiometrische Randbedingungen
    - Meßflug
    - Scannertechnik
    - Durchgeführte Bildverarbeitungen
    - Radiometrische Randbedingungen und Korrekturen
  - 1.3. Witterungs- und hydrologische Bedingungen zur Zeit des Meßfluges
  - 1.4. Auswertung der Meßbilder
    - 1.4.1. Einflüsse von Randbedingungen
    - 1.4.2. Erkennung einströmender Wässer durch Temperaturdifferenzierungen
      - Oberflächlich einströmende Gerinne
      - In den See einströmendes bachbegleitendes Grundwasser aus Schwemmfächern
      - Aus ufernahen Karstquellen einströmendes Grundwasser
      - Unter dem Wasserspiegel einströmende Wässer aus Festgesteinen
2. Die Auswertung der Messungen des stabilen Isotops Sauerstoff-18 (H. ZOJER)
  - 2.1. Die höhenmäßige Eingliederung von Quelleinzugsgebieten
  - 2.2. Hinweise auf die unterirdische Speicherung von Quellwässern
3. Zur Hydrochemie der Karstwässer (R. BENISCHKE)
  - 3.1. Allgemeines
  - 3.2. Probennahme und Untersuchungsmethodik
  - 3.3. Voraussetzungen für Interpretation der Meßdaten
  - 3.4. Die Interpretation der chemischen Parameter
    - 3.4.1. Das Ca/Mg-Verhältnis
    - 3.4.2. Der Chlorid-Gehalt
    - 3.4.3. Der Sulfat- und Nitratgehalt
    - 3.4.4. Die elektrische Leitfähigkeit, die Gesamtmineralisierung und die Karbonathärte
    - 3.4.5. Der Gehalt an Natrium und Kalium

### Nachbemerkung

### Literatur

### Anhang

Vorbemerkung

Im Rahmen der Bund-Bundesländer-Kooperation wurde im Oktober 1981 die Forschungsgesellschaft Joanneum von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und vom Land Oberösterreich mit der Durchführung des Projektes

**"Hydrogeologie der nördlichen Kalkvoralpen; Schafberg-Höllengebirge"**

beauftragt.

Die Ausführung der Studie obliegt dem Institut für Geothermie und Hydrogeologie der Forschungsgesellschaft Joanneum, das sich nunmehr erlaubt, den Endbericht über das dritte Berichtsjahr (1983) vorzulegen. Hierbei wird das Hauptgewicht der Arbeiten auf das Höllengebirge gelegt, wengleich auch im Schafberg-Leonsberggebiet Detailmessungen durchgeführt wurden.

Es soll nicht versäumt werden, die äußerst gute Zusammenarbeit mit dem Amt der Oberösterreichischen Landesregierung (Herren ROBR. Dipl.-Ing. WEHINGER, Dr. SOMMER) hervorzuheben. Ihnen sind wir nicht nur für die ideelle Unterstützung dieses Projektes, sondern auch für die Errichtung von Meßstationen zu Dank verpflichtet. Dasselbe gilt auch für die OKA, die im Rahmen dieses Projektes drei automatische Registrieranlagen an ausgewählten Quellgerinnen errichtet hat.

Die Organisation der Befliegung des Attersees für die flächenhafte Temperaturaufnahme sowie die Auswertung der Meßdaten hat Herr UProf. Dr. M. SEGER (Universität für Bildungswissenschaften Klagenfurt) übernommen; ihm danken wir für die kollegiale Zusammenarbeit.

1. Die Erfassung von unter dem Wasserspiegel einströmendem Grundwasser im Attersee/Oberösterreich mittels Fernerkundung im Bereich des thermischen Infrarots (M. SEGER, P. MANDL)

## 1.1 Problemstellung

Im Rahmen eines vom Forschungszentrum Graz, Institut für Hydrogeologie und Geothermie durchgeführten Projektes zur Erkundung der Karstwässer im Bereich der südlichen Umräumung des Attersees wurde vom Institut für Geographie ein Fernerkundungsmeßflug organisiert und die Daten sowohl ausgewertet wie auch interpretiert. Ziel dieses Teilprojektes war es, mittels der Temperaturdaten der Wasseroberfläche eine Abklärung der Frage zu ermöglichen, ob - und wenn ja wo - Karstwässer aus den umgebenden Kalkgebirgsmassiven unterhalb des Seespiegels in den Wasserkörper des Attersees einströmen. Damit sollte die durch den Vergleich von Zufluß- und Abflußmessungen aufgestellte Hypothese gestützt werden, daß der Attersee auch durch Zuflüsse unter dem Seespiegel gespeist wird. Die Aufgabenstellung war demnach zweigeteilt:

- a. Organisation und Auswertung eines Thermalscanner-Meßfluges zur Ermittlung und Darstellung digitaler Temperaturmeßdaten von der Wasseroberfläche des Attersees
- b. Interpretation der Ergebnisse unter Verwendung klimatologischer und hydrologischer Daten.

Um in den See unterhalb des Wasserspiegels einfließendes Wasser an der Seeoberfläche sichtbar zu machen, bedarf es zunächst eines Zeitpunktes im Jahresablauf, an dem aufgrund der temperaturabhängigen unterschiedlichen Dichte des Wassers mit einem Aufsteigen der in unbestimmter Tiefe einströmenden Wasser zu rechnen ist. Dies ist während der spätherbstlichen Abkühlung des Sees dann der Fall, wenn das einströmende Karstgrundwasser eine höhere Temperatur aufweist als die bereits stark abgekühlte oberste Wasserschicht. Unter der Annahme, daß störende Randbedingungen ausgeschaltet werden können, ist in dieser Zeit das relativ wärmere, aufgestiegene Wasser mittels eines Thermalmeßfluges zu kartieren. Der Meßflug wurde daher für den Zeitraum November 1982 geplant, er konnte jedoch aufgrund schlechter Witterungsbedingungen erst am 8. Januar 1983 durchgeführt werden. Doch auch zu dieser Zeit ist zu erwarten, daß das einströmende, relativ warme Grundwasser an die Oberfläche tritt und damit sichtbarer gemacht werden kann. Die Interpretation der auf dem Thermalbild sichtbaren Strukturen erfolgte nach datenmäßigen Hilfestellungen durch Dr. Moog, Dr. Schulz und Doz. Sampl unter Mitwirkung von Doz. Zojer, der im besonderen die Kenntnis der hydrologischen Verhältnisse im Untersuchungsraum in die Evaluation der Interpretationsergebnisse einbrachte. Die enge Kooperation mit den entsprechenden Fachleuten erbrachte eine hinreichende Klärung der im Thermalbild sichtbaren Inhomogenitäten der Temperatur. Erst dadurch wird die Fernerkundung zu einem brauchbaren Instrument für konkrete und spezielle Fragestellungen - ein Aspekt, der bei verschiedenen Fernerkundungsmissionen mittels Flugzeugscanner zum Nachteil dieser neuen Technik arg vernachlässigt wurde.

## 1.2 Durchführung des Meßfluges, Scannertechnik und vorgenommene Bildverarbeitung, radiometrische Randbedingungen

### 1.2.a Durchführung des Meßfluges - Scannertechnik - Bildverarbeitung

Der Meßflug wurde von der Fa. Eurosense-Belfotop GmbH, Brüssel, am Spätnachmittag des 8.1.1983 durchgeführt. Es wurden zwei Meßstreifen geflogen. Der erste erfaßte das östliche Ufer des Attersees von ca. 1 km nördlich Weyeregg südwärts, der zweite Flugstreifen nahm den Bereich des südlichen Endes des Sees auf (vgl. Abb. 7 a-c).

Zum Einsatz kam ein Daedalus-Digital-Multispektral-Scanner, der in 11 unterschiedlichen Wellenbereichen ("Kanälen") des elektromagnetischen Spektrums (genauer: in einem thermischen Sensor und in 10 Bandbereiche eines Spektrometers) die von der Erdoberfläche remittierte Strahlung zu messen vermag.

Für die gegenständliche Fragestellung der Erkundung unterschiedlicher Wassertemperaturen ist nur einer dieser Kanäle nutzbar. Es ist dies der Kanal 11, dessen Sensor für den Spektralbereich von 8 - 13  $\mu\text{m}$  empfindlich ist und damit die thermische Abstrahlung aufzuzeichnen vermag. Diese Wärmestrahlung wird auch als thermisches Infrarot bezeichnet. Sie ist nicht zu verwechseln mit dem nahen Infrarot, welches mit einer Wellenlänge von 0,8 - 0,9  $\mu\text{m}$  an das Rot des sichtbaren Teiles des Spektrums anschließt und welches besonders im Zusammenhang mit der Erkennung von Vegetationsschäden von großer Bedeutung ist. Das nahe Infrarot wird im verwendeten Meßgerät durch den Kanal 9 erfaßt. Es wurde beim gegenständlichen Meßflug für Zwecke der visuellen Kontrolle des Aufnahmegebietes mit aufgenommen (der längerwellige Bereich des Spektrums ist frei von störenden Dunstschleiern und kontrastreich wie eine mit einem Rotfilter aufgenommene Schwarz-Weiß-Aufnahme). Die Daten des nahen Infrarot wurden nicht weiter verarbeitet.

### 1.2.b Scannertechnik

Das Wesen der digitalen Scannertechnik beruht auf

- a) der Möglichkeit der Gliederung des Aufnahmegebietes in einzelne Flächenelemente (Rasterdatenpunkte),

- b) der Umwandlung der pro Flächenelement erhaltenen (von diesem remittierten) Energie in einen digitalen Datenwert, der mit der Intensität der remittierten Energie korreliert,
- c) dem Aufbau eines Rasterdatenfeldes, in welchem jeder Meßpunkt durch x-Wert und y-Wert verortet und in dem die gemessene Energie durch einen z-Wert dokumentiert ist.

Bei einem Scanner-Meßflug wird die zu messende Oberfläche zeilenweise und quer zur Flugrichtung abgetastet (Abb. 1). Pro Zeile werden ca. 800 Bildpunkte erfaßt. Bei einer Flughöhe von 1200 m über Grund (wie bei diesem Flug) entspricht ein Bildpunkt (Pixel) etwa der Fläche von 2x3 m. Die Abtastgeschwindigkeit wird mit der Fluggeschwindigkeit derart korreliert, daß es zu keinen (wesentlichen) Längsüberdeckungen (Überdeckungen in Flugrichtung) kommt. Das punktweise Abtasten wird mittels eines rotierenden Spiegels bewerkstelligt. Die Scannermechanik fügt die Meßpunkte derart zeilenweise aneinander, daß auch das Gelände zu beiden Seiten der Fluglinie datenmäßig erfaßt wird (Öffnungswinkel  $38^{\circ}$ ). Dadurch ist aber auch eine zum Rand des Aufnahmestreifens hin sich verstärkende Verzerrung gegeben. Eine Entzerrung dieser geometrischen Verzeichnung wurde durchgeführt, weitere geometrische Entzerrungen wurden aber nicht vorgenommen. Deshalb ist beispielsweise der Schwemmfächer von Weißenbach/Attersee in den Aufnahmen Abb. 7 b,c, nicht deckungsgleich.

Die Sensoren des Thermalkanals vermögen Temperaturen im Bereich von  $-10^{\circ}$  C bis  $+50^{\circ}$  C aufzuzeichnen. Es ist jedoch sinnvoll, den Meßbereich auf das zu erwartende Temperaturintervall zu reduzieren, weil dadurch eine feinere Differenzierung der vorhandenen Muster der Oberflächentemperaturen möglich wird. Diese Eingrenzung orientiert sich an den im Meßbereich angetroffenen t-Minima und t-Maxima; beim Flug Attersee wurde der Thermalkanal auf Werte von  $-0,5^{\circ}$  C bis  $+8,5^{\circ}$  C kalibriert. Die digitale Datenspeicherung erfolgt im Umfang einer 8bit-Information pro Meßpunkt, d.h., das 256 unterschiedliche Intensitätsstufen (Temperaturwert-Stufen) registriert werden können. Die digitalen Daten zeigen somit (bei einem t-Intervall von insgesamt  $9^{\circ}$  C) Temperaturunterschiede in einer Differenzierung bis zu  $0,16^{\circ}$  C an. Diese ganz besonders feine Aufzeichnung der Temperaturabweichungen hat sich gerade bei den geringen Unterschieden zur Zeit des Meßfluges sehr bewährt.

Der Einsatz eines Thermalscanner-Meßfluges ist überall dort gerechtfertigt, wo einer bestimmten Fragestellung mittels Temperaturdifferenzierung nachgegangen werden kann. Dazu zählen: thermische Belastung von Gewässern, Aufspüren von Einleitungen in Gewässer, Wasserkörper-Mischungsfragen, Wärmediffusion von Gebäuden

in die Außenluft, Klima- und Kleinklimastudien, thermische Differenzierung von Gesteinsarten und Böden, Erkennung von Vegetationsschädigungen durch unterschiedliches thermisches Verhalten der Vegetationsbestände, Einsatz von Thermalbildern in der Stadtplanung (Stadtökologiefragen) u.a.m. Thermalbilder aus Satellitenaufnahmen (Meteosat, Landsat 4) kommen nur für Fragestellungen im regionalen Maßstab in betracht.

Eine gute - und sehr frühe - Zusammenfassung der digitalen Thermographie geben L. SELLIN u. H. SVENSSON 1970; aus dieser Arbeit sind auch einige Abbildungen in dieser Studie übernommen. Den Einsatz im Bereich der Gewässerüberwachung und der Stadt- und Regionalplanung geben die Hefte 12 (1974), 13 (1977) und 14 (1979) der Reihe "Landeskundliche Luftbilddauswertung im mitteleuropäischen Raum (Schriftenreihe der Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung). Die Hefte 44 und 58 der Schriftenreihe des Siedlungsverbandes Ruhrkohlenbezirk befassen sich ebenfalls mit der Fernerkundung mittels thermalen Sensoren. Die jüngste Zusammenstellung zum Thema Thermalbilder findet sich im Manual of Remote Sensing, 1983.

### 1.2.c Durchgeführte Bildverarbeitungen

Als erstes Resultat des Meßfluges gelangt man zu einem Bildstreifen (Abb.7 a,b,c) in welchem tiefe Temperaturen dunkel, höhere Temperaturen hell dargestellt sind. Das Bild zeigt die gegebene thermische Differenzierung, charakteristische Unterschiede der Wassertemperatur lassen sich bereits erkennen.

Nachfolgende Methoden der Bildverbesserung, die einen besseren visuellen Eindruck der einströmenden Wasser ermöglichen sollen, sowie zugehörige quantitative Auswertungen (Messungen der Temperatur der Wasserkörper aufgrund der digitalen Datenwerte), wurden an der Bildverarbeitungsanlage GEOBAS (Geographisches Bildanalyse System) des Institutes für Geographie der Universität Klagenfurt sowie am Bildschreib- und Lese-Scanner Optronics Colormation 4500 (Standort: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien; das Institut ist Mitbesitzer dieser Anlage) durchgeführt (den Herren Dr. Zirm und Dipl.Ing. Fibich wird für technische Hilfestellungen herzlich gedankt).

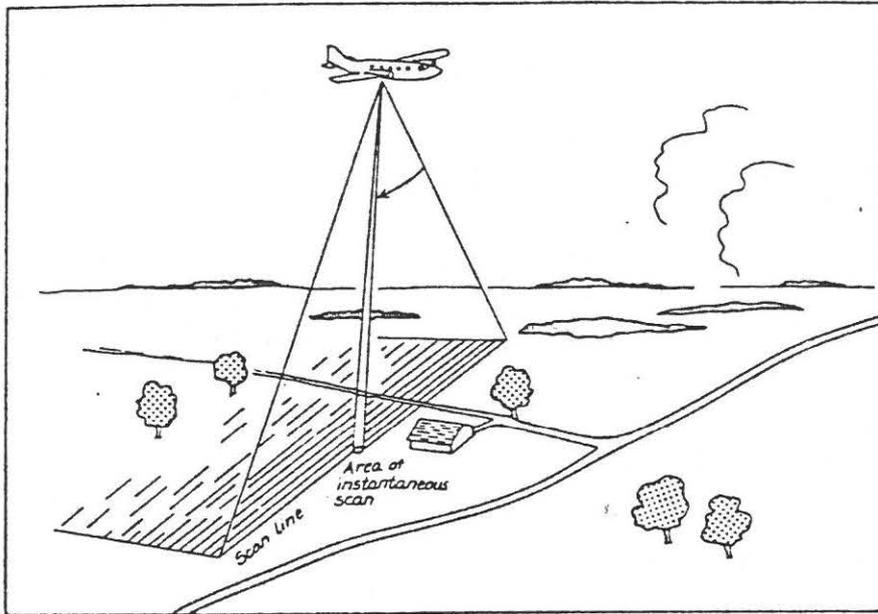


Abb. 1: Prinzip der zeilenweisen Oberflächenabtastung mittels eines im Flugzeug montierten digitalen Bildscanners.

Quelle: SELLIN u. SVENSSON 1970

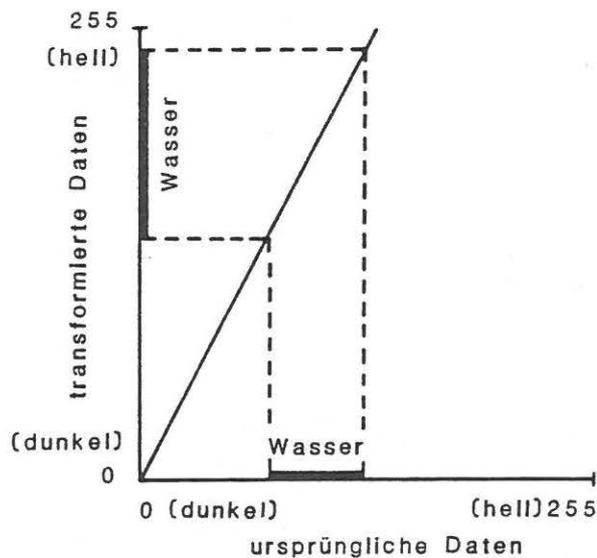


Abb. 2: Prinzip einer Datentransformation zur Helligkeitsveränderung und Kontrastverstärkung in einem Grauwerte-Bild. Eng liegende, dunkle Werte werden in helle, gedehnte Werte transformiert.

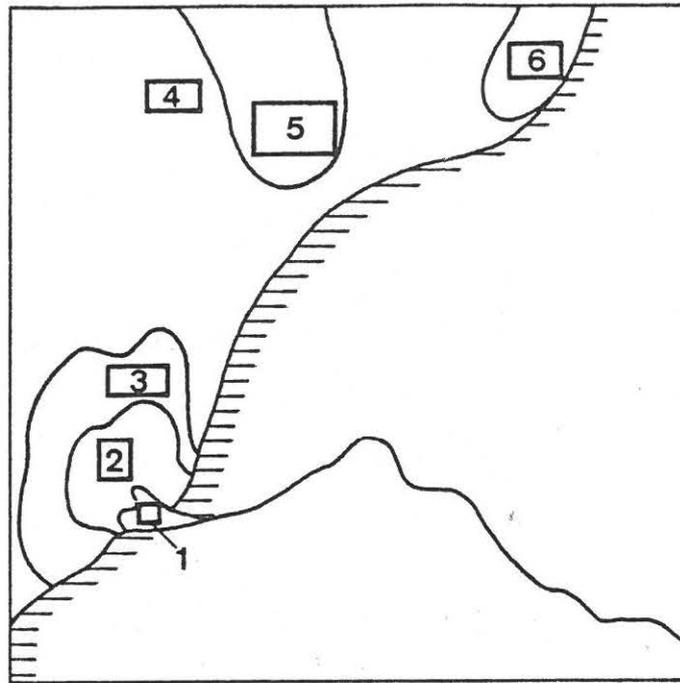


Abb. 3 a: Testgebiete 1 - 6 im Bereich der Wasserfläche des Attersees bei Weißenbach, für welche die Temperaturwerte (digitale Meßwerte) in Abb. 3 b ermittelt wurden (vgl. auch Abb. 8-10)

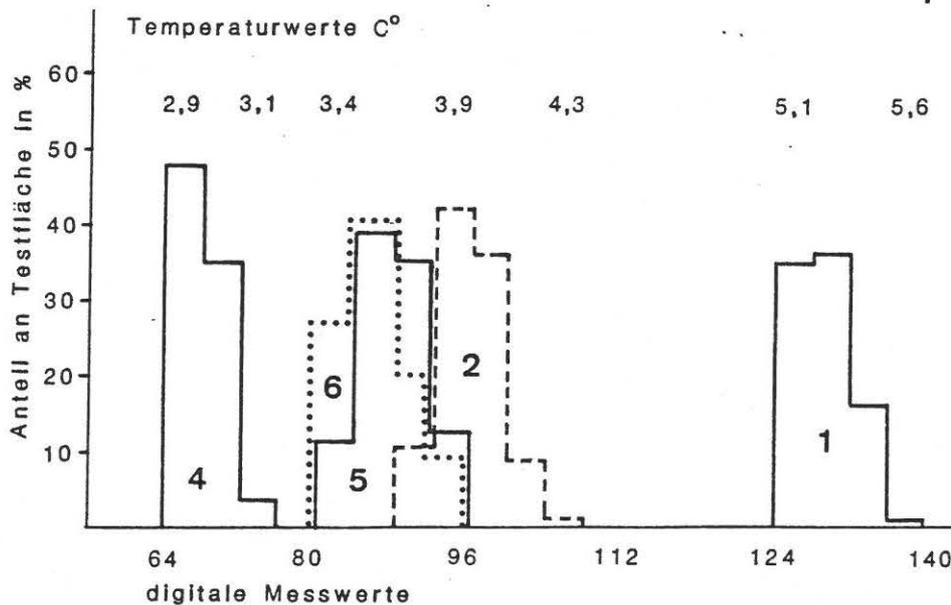


Abb. 3 b: Histogramme (Meßwertverteilung) der Testgebiete 1-6 (Abb. 3a), digitale Meßwerte und zugehörige (korrigierte) Temperaturwerte. An dem Meßwertbereich 0-255 ist die Wasseroberfläche nur im Bereich 64-112 betroffen, im Bereich 124-140 befindet sich das in dem See einströmende Wasser des Weißenbaches (Testgebiet 1). Die Testfläche 4 gibt das kalte Oberflächenwasser wieder, die Flächen 2, 5, 6 zeigen vergleichsweise wärmeres, einströmendes Wasser. Auf die Darstellung der Testfläche 3 wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet. Vgl. auch Abb. 8-10. Testfläche 3 nicht dargestellt, liegt zwischen Histogramm 2 und 5.

Die durchgeführten Bildverbesserungen verfolgen zunächst das Ziel, die infolge der geringen Temperaturunterschiede dichte Packung der Datenwerte der Wasseroberfläche zu strecken (Abb. 2). Dadurch wird die Zahl der Grauwertstufen unter Vernachlässigung jener Werte, die unter oder über jenen des Wassers liegen, reduziert. Die verbleibenden Grauwertstufen können zur besseren Unterscheidbarkeit in Farbwerte umgesetzt werden (color coding, vgl. Abb. 8 - 10).

Den Farben wie auch den Grauwerten sind unter Berücksichtigung von Korrekturfaktoren (siehe unten) konkrete Temperaturwerte zuordenbar. Meßwerte aus bestimmten Testgebieten (vgl. Abb. 3 a, b) ermöglichen die Feststellung deren Temperaturbereiche. Sie belegen bzw. korrigieren meßdatenmäßig den visuellen Eindruck von der unterschiedlichen Temperaturstruktur der Wasseroberfläche.

Weil diese detaillierten Untersuchungen stets nur in einem ausgewählten Ausschnitt des Flugstreifens vorgenommen werden können, wurden die dabei gewonnenen Abgrenzungskriterien zur Differenzierung der Wasseroberfläche und zur optimalen visuellen Darstellung anschließend auf das gesamte Datenmaterial übertragen. Es erfolgte eine sechsstufige Klassifizierung nach wohlabgewogenen Grenzwerten (Abb. 11 a, b, c). Sie wurde am bereits erwähnten Bildschreib- und Lesescanner Optronics Colormation 4500 durchgeführt.

#### 1.2.d Radiometrische Randbedingungen und Korrekturen

Die vom Thermal-Scanner aufgezeichneten Werte, die in Abb. 7 bildhaft dargestellt sind, entsprechen nicht genau den Temperaturen der aufgenommenen Oberflächen, d.h.: wenn man gleichzeitig mit der Thermalscanneraufnahme vor Ort Temperaturmessungen an den einzelnen Oberflächen durchführte, differenzierten die "entfernt" gemessenen Werte zu den "vor Ort" gemessenen. Diese Differenzen sind zum Großteil auf drei Faktoren zurückzuführen, deren Einfluß auf die entfernt gemessenen Werte aber recht gut bekannt ist und daher durch Korrekturen teilweise beseitigt werden kann. Diese Faktoren sind:

1. Der Einfluß unterschiedlicher Oberflächenbeschaffenheit der aufgenommenen Objekte auf ihre spezifische Strahlungsemission (Emissionsfaktoren)
2. der Einfluß, der zwischen Objekt und Sensor liegenden Luftschicht auf die aufgezeichneten Emissionswerte (atmosphärische Störungen) und
3. relative Meßgenauigkeit des Sensors (Sensorkalibrierung).

##### ad 1. Emissionsfaktoren unterschiedlicher Objekte

Ein perfekter Strahler (Schwarzkörper) sendet bei bestimmter Temperatur ganz bestimmte Wellenlängen elektromagnetischer Strahlung aus (Abb. 4 ).

Das Maximum der Sonnenemission (Temperatur beträgt etwa  $6000^{\circ}$  K) liegt im Bereich des sichtbaren Lichtes. Körper mit Temperaturen um  $300^{\circ}$  K (das ist etwa die durchschnittliche Temperatur der Erdoberfläche) strahlen im Bereich von  $10 \mu\text{m}$  Wellenlänge am intensivsten.

Nun ist aber nicht jedes Objekt der Erdoberfläche ein perfekter Strahler, sondern die Oberflächenbeschaffenheit der Körper bzw. Objekte bedingt meist eine Verminderung der ausgesandten Energiemenge, relativ zum Schwarzkörper gleicher Temperatur. Der Anteil dieser verminderten, an der gesamtmöglichsten Ausstrahlung wird als Emissionsfaktor (E) bezeichnet. Die folgende Tabelle stellt für einige Erdoberflächenklassen die E-Werte zusammen:

Emissionsfaktoren einiger lichtundurchlässiger Materialien im 8-14  $\mu\text{m}$ -Bereich

<u>Material</u>		<u>Material</u>	
Granit	0,81 - 0,90	Dachziegel	0,95
Schotter	0,97	Holz	0,96
Sand	0,96	Wasser (rein)	0,99
Feldspat	0,82 - 0,87	Wasser (mit Ölfilm)	0,97
Sandstein	0,91 - 0,94	Eis	0,98
Quarzsand	0,91 - 0,94	Vegetation (junges Grün)	0,96
Beton	0,94 - 0,97	Vegetation (trocken)	0,88 - 0,94
Asphalt	0,95 - 0,96		
Dachziegel	0,95		
Holz	0,96		

(Quelle: SELLIN u. SVENSSON 1970)

Daher ist bei Temperaturmessungen unterschiedlicher Oberflächen dieser Koeffizient E zu beachten. Da es sich in unserem Fall aber um eine homogene Oberfläche, die noch dazu Wasser ist ( $E = 0,99$ ) handelt, können wir diesen Störungsfaktor außer acht lassen.

ad 2. Störungen durch die Atmosphäre

Die zwischen Objekt und Sensor liegende Luftschicht beeinflusst ebenfalls die remittierte Strahlung. Zwar ist der Einfluß der Atmosphäre auf Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich größer als im thermischen Bereich, doch muß auch dort ein Einfluß berücksichtigt werden. Abb. 5 gibt einen Überblick der Verursacher der Störungen in der Atmosphäre.

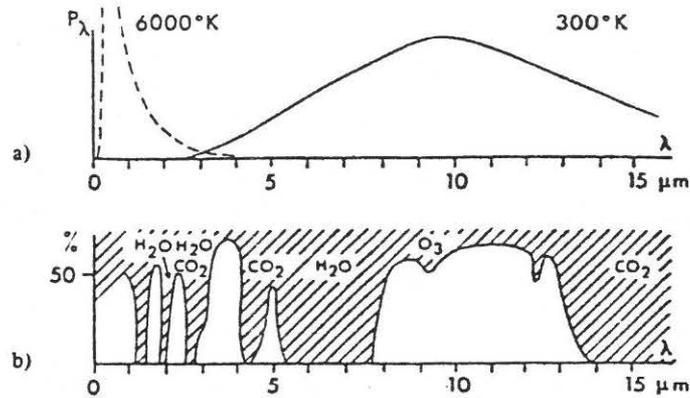


Abb. 4: Spektralverteilung der Strahlung eines Schwarzkörpers bei  $300^\circ\text{K}$  (a) und atmosphärische Durchlässigkeit im thermischen Infrarot (b)

Quelle: SELLIN u. SVENSSON 1970

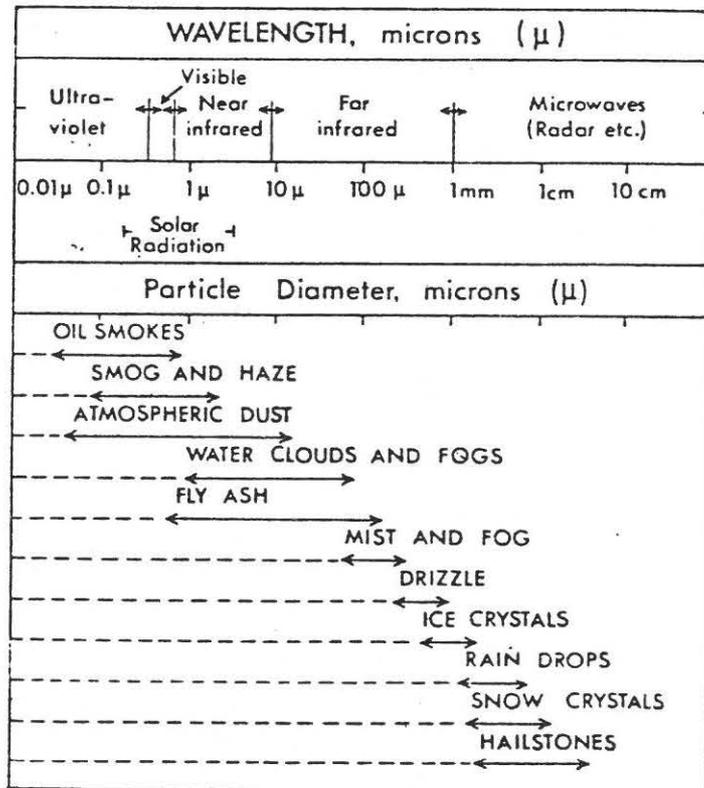


Abb. 5: Größenverhältnis gewöhnlicher atmosphärischer Bestandteile und anderer Partikeln. Pfeile auf ausgezogenen Linien bezeichnen die Abschwächungsgrenzen. Gestrichelte Linien zeigen, wie die Abschwächung nach kürzerer Wellenlänge hin fortsetzt, wenn die Partikelkonzentration stark genug ist.

Quelle: SELLIN u. SVENSSON 1970

Die Meßfehler durch atmosphärische Bedingungen wurden im vorliegenden Fall nicht maschinell korrigiert, weil die Erarbeitung eines entsprechenden Rechenprogrammes bei der geringen Abweichung der Scannerdatenwerte von der wahren Temperatur einen zu großen Aufwand bedeutet hätte. Folgt man den Ausführungen von ZIRM 1983, wo die Temperaturabweichung nach LORENZ 1979 behandelt wird, so ergibt sich bei den niedrigen Temperaturen zum Aufnahmezeitpunkt (Lufttemperatur in Flughöhe ca.  $-5^{\circ}\text{C}$ ) und bei einer Differenz zwischen der Temperatur in Flughöhe und jener in Bodennähe von ca.  $7^{\circ}\text{C}$  eine Abweichung der Meßwerte von den wahren Temperaturwerten um ca.  $1^{\circ}\text{C}$ . Das Korrekturdiagramm ist in Abb. 6 dargestellt. Die Luftfeuchtigkeit zum Aufnahmezeitpunkt betrug zwischen 75 und 80 %. Die angegebenen Temperaturwerte in den Abbildungen sind um diesen Korrekturfaktor ( $+1^{\circ}\text{C}$ ) verändert.

Die Berücksichtigung dieses Korrekturfaktors war unumgänglich, da die Dichtewerte des Wassers, die bei  $4^{\circ}\text{C}$  bekanntlich am größten sind, für die nachfolgende Interpretation entscheidend und daher die Kenntnis der "wahren Temperatur" des Wassers notwendig waren.

### ad 3. Kalibrierung des Sensors

Der dritte wichtige Einflußfaktor auf die Richtigkeit der Aufnahmedaten ist die relative Meßgenauigkeit des Scannersystems. Zwei Schwarzkörperreferenzstrahler, die jeweils auf den niedrigsten (bei uns  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ) und den höchsten (bei uns  $+8,5^{\circ}\text{C}$ ) aufgezeichneten Temperaturwert eingestellt werden, dienen zur Sicherung der aufgenommenen Meßwerte. Überlicherweise werden die Eichwerte der Referenzstrahler für jede aufgenommene Scannerzeile mitabgezeichnet und können dazu zur Berechnung der Strahlungstemperaturen der aus den aufgezeichneten Meßwerten herangezogen werden (siehe dazu etwa ZIRM 1983, S. 58 f). Da die so errechneten Korrekturen, wie die Erfahrung zeigt, in der Größenordnung von  $0,1^{\circ}$  -  $0,2^{\circ}\text{C}$  liegen, schien eine Korrektur der abgezeichneten Werte nicht notwendig und wurde daher auch nicht durchgeführt.

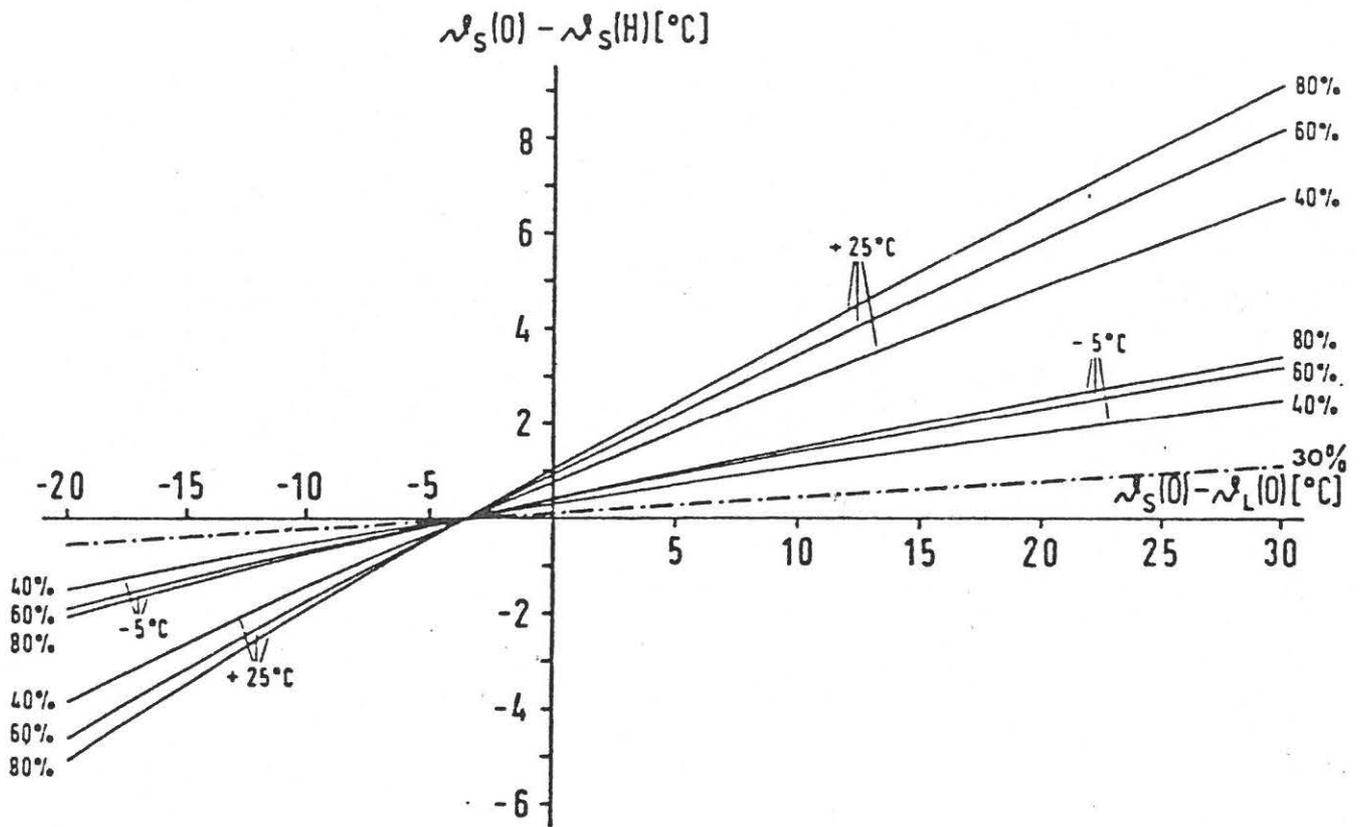


Abb. 6: Differenz zwischen den Strahlungstemperaturen der Höhe 0 und  $H = 3000$  ft ( $\tau_S(0) - \tau_S(H)$ ) in Abhängigkeit von der Differenz zwischen Strahlungstemperatur und Lufttemperatur in der Höhe 0 ( $\tau_S(0) - \tau_L(0)$ ) für Modellatmosphären bei einer relativen Feuchte 40 %, 60 % und 80 % für eine Lufttemperatur in der Höhe von  $-5^\circ\text{C}$  und  $+25^\circ\text{C}$ ;

Quelle: ZIRM 1983 nach LORENZ 1979

### 1.3 Witterungs- und hydrologische Bedingungen zur Zeit des Meßfluges

#### 1.3.a Wetter und Klimatologie

Der Meßflug wurde am 8. Januar 1983 in der Zeit von 16:15 bis 16:30 Uhr durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt lag die gesamte Seefläche bereits im Schatten, so daß ein Einfluß der Besonnung auf das Temperaturbild der Seeoberfläche nicht gegeben ist. Es sind auch keine Nachwirkungen der Besonnung festzustellen. Dies ergibt sich aus der gleichmäßigen Oberflächentemperatur des nördlichen Teiles des Sees. Nach einer Bewölkung von 2/10 um 14 Uhr nahm diese stetig zu (Weyeregg 19 Uhr: 10/10), der Meßflug wurde bei 8/10 Bewölkung über dem Testgebiet durchgeführt.

Wie die Daten der Station Feuerkogel/Höllengebirge (1.560 m) zeigen, herrschte in der Höhe eine schwache WNW-Strömung mit Windstärken 3-4 bei Temperaturen um  $-4,5^{\circ}\text{C}$ . Im Bereich des Attersees (Station Weyeregg) wurde zur Zeit des Überfluges eine Luftbewegung von 1,8 m/sec. aus WSW-Richtung gemessen (Daten freundlicherweise von Dr. Moog, Weyeregg, zur Verfügung gestellt).

Einflüsse der Luft- und Windtemperatur auf die Wasseroberfläche, wie sie bei stärkerem Wind in der Windrichtung festzustellen waren, können im Temperaturbild der Seeoberfläche, speziell im südlichen Seebecken, dem unsere besondere Aufmerksamkeit gilt, nicht beobachtet werden. Eine Wasserdurchmischung aufgrund der Verdriftungskraft des Windes wird zur Zeit des Überfluges ebenfalls ausgeschlossen: besonders deshalb, weil - Unterschiede in der Temperaturschichtung vorausgesetzt - diese auch im nördlichen Teil des Sees zu beobachten wären.

Die Lufttemperatur (Station Weyeregg) betrug zur Zeit des Überfluges etwa  $+4,2^{\circ}\text{C}$  (14 Uhr:  $5,3^{\circ}\text{C}$ , 19 Uhr:  $9^{\circ}\text{C}$ ), die relative Luftfeuchtigkeit lag bei 70 %. Die angegebenen Daten sind den Monatsbögen der Stationen Weyeregg und Feuerkogel entnommen.

#### 1.3.b Hydrologie: Diskussion der vertikalen Wasserbewegungen

Wie bereits eingangs erwähnt, ist das Gelingen des Nachweises in den See einströmenden Grundwassers dann besonders wahrscheinlich, wenn das vergleichsweise wärmere Wasser aus dem Karstwassersystem aufgrund der geringeren Dichte an die Oberfläche steigt. Dazu muß sich das Oberflächenwasser soweit abgekühlt haben, daß es kälter ist als die vermutete Grundwassertemperatur. Im Verlauf dieser Abkühlung tritt zunächst auch wärmeres Wasser aus dem tieferen Epilimnion und dem Metalimnion an die Oberfläche. Zuflüsse unter dem Wasserspiegel, die eher diffus und nicht in Form starker Quellen einfließen, können in diesem Stadium wohl nur schwer von diesem herbstlichen Zirkulationswasser getrennt werden.

Zu einem späteren Zeitpunkt, zu dem die Zirkulation bereits abgeschlossen ist, sollte wärmeres, einströmendes Wasser eher an der Oberfläche ausgemacht werden können. Dies gilt für eine Abkühlung bis zur in bezug auf die Dichte des Wassers kritischen Temperatur von  $+4^{\circ}\text{C}$ . Bei einer weiteren Abkühlung der Seeoberfläche werden vergleichsweise kalte und warme (einströmende) Wässer an der Oberfläche sichtbar, weil sie beide leichter sind als das (mit etwa  $4,2^{\circ}\text{C}$  schwerste) Tiefenwasser.

Zur Zeit des Meßfluges, dessen Termin aus Witterungsgründen und aus Kostengründen (der Meßflug, durchgeführt von einer aus Belgien angeflogenen Maschine, wurde mit anderen Projekten gekoppelt) nicht frei varjabel war, hatte sich der See jedoch bereits derart abgekühlt. Kalte Witterung im Dezember war dafür verantwortlich. Alle auf der Seefläche gemessenen Temperaturen lagen unter  $+4^{\circ}\text{C}$ , die Temperatur im nördlichen Seebereich lag ziemlich einheitlich bei  $3,5^{\circ}\text{C}$ , das kälteste Oberflächenwasser im südlichen Bereich hatte die Temperatur von  $2,9^{\circ}\text{C}$ . Nur unmittelbar bei der Mündung des Weißenbaches wurden über  $4^{\circ}\text{C}$  gemessen. Die gleichförmige winterliche Temperaturschichtung reichte bereits bis knapp unter dem Wasserspiegel (Station Weyeregg, Boje, 8.1.1983:  $4,5^{\circ}\text{C}$  in 5 m Tiefe).

Welche Bewegungsdynamik einströmenden Grundwassers ist bei Temperaturen um und unter  $4^{\circ}\text{C}$  zu erwarten? Das Grundwasser ist bei seinem Eintritt in den See wärmer und damit leichter als das Tiefenwasser von  $4^{\circ}\text{C}$ , zugleich wärmer als das kalte Oberflächenwasser, aber etwa gleich schwer wie dieses (gleicher Abstand von  $4^{\circ}\text{C}$ ). Es bildet eine Zwischenschicht im Bereich des Einströmens, die aber aufgrund des stetigen Nachströmens auch die Oberfläche erreicht und das kalte Oberflächenwasser teilweise verdrängt. Besonders dann, wenn kalte Lufttemperaturen, die rasch zu einer Abkühlung der oberflächlichen Wasserschicht führen, fehlen, muß dieser relativ wärmere Wasserkörper durch die Wärmestrahlungsmessung erfaßbar sein. Dennoch kommt es zur oberflächlichen Abkühlung der einströmenden Wässer, die zwar nur mehr  $3,5^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}\text{C}$  aufweisen, jedoch noch deutlich wärmer sind als das umgebende Oberflächenwasser.

In den Tagen vor dem Meßflug fielen Niederschläge (46 mm Regen zwischen dem 2.1. und dem 5.1.1983, Station Weyeregg) bei Durchschnittslufttemperaturen von  $+6^{\circ}\text{C}$  (Weyeregg) bzw. um  $0^{\circ}\text{C}$  (Feuerkogel 1560 m, dort Schneeregen) auf unterkühlten, z.T. schneebedeckten Boden. Der Niederschlag in der Höhe (Feuerkogel) erreichte im gleichen Zeitraum sogar 65 mm. Ein unmittelbarer Einfluß dieser Niederschläge auf das Temperaturbild der Oberfläche des Attersees wird jedoch ausgeschlossen, wenn man von einer vermehrten Wasserführung der größeren Gerinne absieht. Der Tag vor dem Meßflug so wie der 8.1.1983 selbst, waren niederschlagsfrei, und kleine Gerinne sind, wie dies für die Wintermonate typisch ist, wasserlos (zumindest in bezug auf die Erkennbarkeit aus der Luft).

Abb. 7a: Attersee Mitte-Ost,  
(Gebiet Seefeld/Kienbach (unterer  
Bildabschnitt) und nördlich davon  
(bis Alexenauerbach).

Thermalscanneraufnahme, 8.1.1983  
Wiedergabe der Originaldaten.

Wärmebild: Photographische Dar-  
stellung der digitalen Raster-  
daten des Thermalkanals eines  
11-Kanal-Multispektralscanners.  
256 Grauwerte von schwarz = kalt  
(0,4<sup>0</sup> C)  
bis weiß = warm  
(bis über 6<sup>0</sup>C).

Der homogene Grauwert des oberen  
Bildteiles zeigt die gleich-  
mäßige, nicht durch Zuflüsse ge-  
störte Oberflächentemperatur des  
Sees an.

Nach Süden hin nimmt die Ober-  
flächentemperatur ab, was aus den  
dunk]en Grauwerten zu entnehmen ist.  
Das dazu vergleichsweise wärmere  
und hellere Wasser des Kienbaches  
hebt sich davon, nordwärts ver-  
frachtet, gut ab. Schwache Einflüsse  
des Windes (aus WSW, 1,8 m/sec) sind  
zu beobachten.



Abb. 7b:

Attersee Südende, Ostseite Gebiet  
Weißenbach (unterer Bildabschnitt)  
bis Seefeld (oberes Bildende)

Thermalscanneraufnahme 8.1.1983,  
Wiedergabe Originaldaten.

Wie die dunklen Bereiche der Wasser-  
fläche bei Weißenbach zeigen, nimmt  
die Temperatur der Wasseroberfläche  
südwärts (im Vgl. mit Abb. 7a)  
weiter ab. Wärmeres, leichteres  
Wasser, in den See einfließendes  
Wasser ist dagegen an der Ober-  
fläche überall dort zu finden,  
wo helle Grauwerte zu beobachten  
sind (Wasser des Äußeren Weißen-  
baches, des begleitenden Grund-  
wasserstromes von dessen Schwemm-  
fächer und im Gebiet Forstamt  
Gmauret). Eine generelle Nord-  
verdriftung ist zu beobachten.

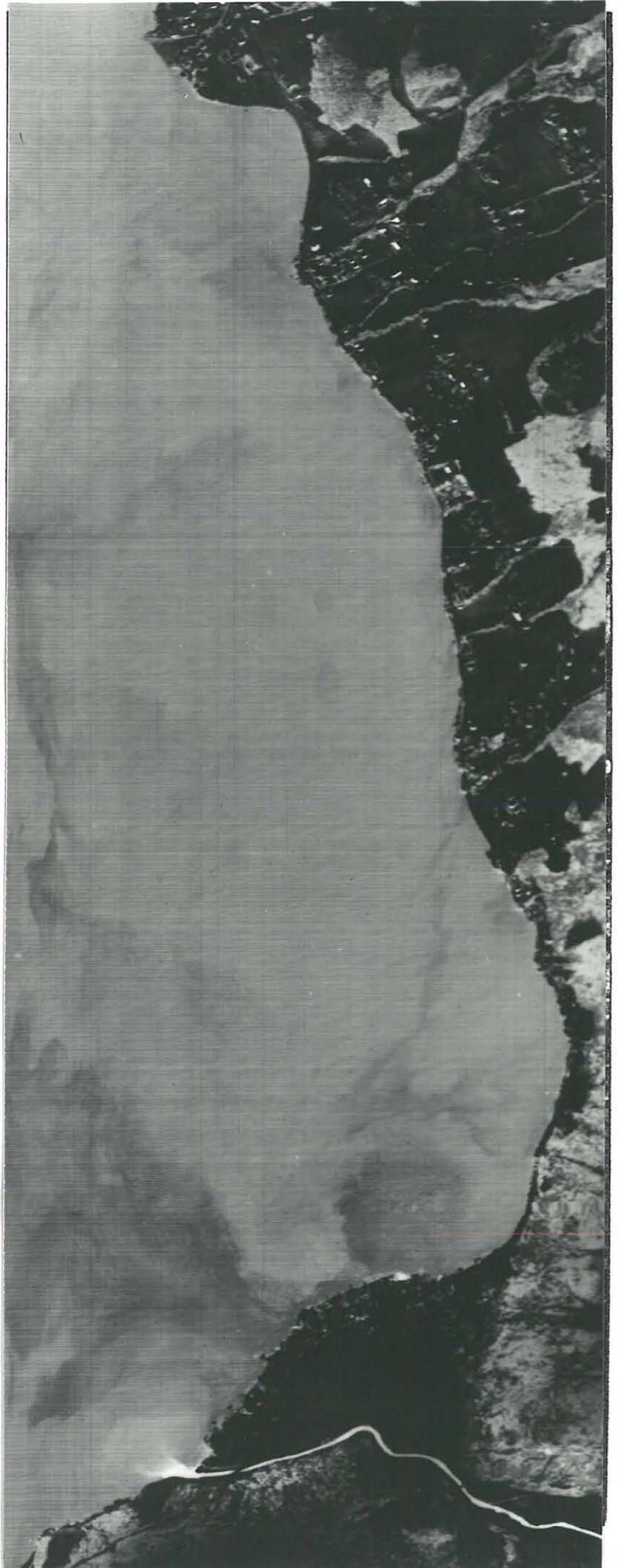


Abb. 7c: Attersee-Südufer. Gebiet zwischen Burgbachau (im Bild links) und Weißenbach (im Bild rechts).

Thermalscanneraufnahme 8.1.1983, Wiedergabe Originaldaten.

Neben den Warmwasserfahnen der Seeache (linker Bildrand) und des Äußeren Weißenbaches (rechts) sowie neben dem Grundwasserstrom in dessen Delta sind Zuflüsse beiderseits des Schwemmfächers von Burgbachau (linke Bildhälfte) zu beobachten. Sie stammen von der Quelle des Kaiserbrunnen (westlich Burgbachau) sowie von unter dem Wasserspiegel einströmenden Wassers (östlich Burgbachau). Dunkle Flächen stellen den Bereich des kältesten Oberflächenwassers dar.

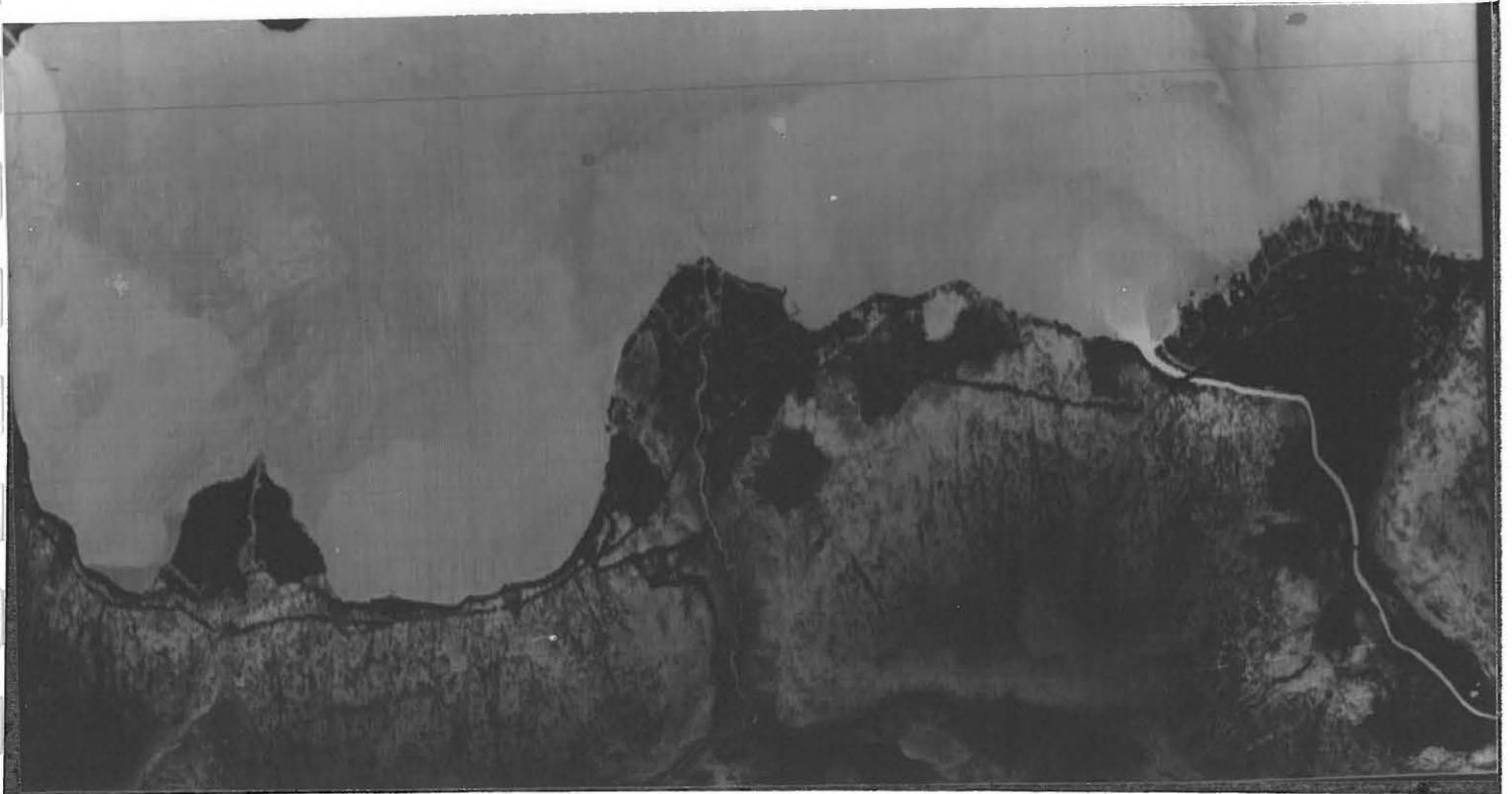




Abb. 10: Temperaturstufenbild. Farbklassifizierung der Wassertemperaturen, Bildverarbeitung, Bereich Weißenbach, Ausschnitt aus Abb. 7b.

Temperaturwerte der Farbstufen in °C

Schwarz	0,4 - 1,8
Preußischblau	1,8 - 2,1
Dunkelblau	2,1 - 2,3
Hellblau	2,3 - 2,6
Blaugrün	2,6 - 3,0
Grün	3,0 - 3,3
Grüngelb	3,3 - 3,6
Gelb	3,6 - 4,0
Orange	4,0 - 4,3
Rot	4,3 - 4,6
Weinrot	4,6 - 4,9
Violett	4,9 - 5,5

## 1.4 Auswertung der Meßbilder

### 1.4.1 Einflüsse von Randbedingungen

Wie die vorangegangenen Ausführungen belegen, kann der Einfluß atmosphärischer Störungen auf die Oberflächentemperatur des Sees zur Zeit des Meßfluges bei der Dateninterpretation ausgeklammert werden. Bei den geringen Temperaturunterschieden des Wassers könnte lediglich die Auswirkung des Windes von einiger Bedeutung auf die Oberflächentemperatur des Sees sein. Zu erwarten wären in diesem Falle Temperaturunterschiede, die als windrichtungsparallele Streifen in Erscheinung treten. Tatsächlich ist, wenn auch sehr schwach, eine solche Streifung aus WSW südlich von Seefeld zu beobachten. Im südlichen, kalkalpin umrahmten Teil des Sees sind derartige Einflüsse des Windes auf die Oberflächentemperatur jedoch nicht (Abb. 7b, c) bzw. nur schwach (Abb. 7a) festzustellen.

Die zu beobachtenden thermischen Differenzierungen der Wasseroberfläche sind daher das Resultat der Dynamik von Wässern unterschiedlicher Temperatur. Dabei interessiert zunächst, welche Temperatur ohne derartige Störungen zu erwarten wäre. Eine solcherart durch Turbulenzen ungestörte Wasseroberfläche mit einer auffallend gleichartigen Temperaturverteilung stellt der nördliche Teil des Sees dar. Die Temperaturen an der Oberfläche betragen dort  $4,1^{\circ}$  C im arithmetischen Mittel, die Minima liegen bei  $3,5^{\circ}$  C, die Maxima bei  $4,5^{\circ}$  C.

Die Abkühlung unterhalb des Betrages von  $+4^{\circ}$  C kann stets nur durch t-Abstrahlung infolge geringer Lufttemperaturen erfolgen. Die kältesten Oberflächentemperaturen des Wassers sind in unserem Meßbild nicht überall gleich, die Temperaturen nehmen vielmehr gegen Süden ab. Die Minimalwerte betragen bei Weyeregg  $3,4^{\circ}$ , bei Seefeld  $2,6^{\circ}$  C und am Süden des Sees  $2,1^{\circ}$  C.

Diese Veränderung ist dadurch zu erklären, daß die umgebungsbedingte Abkühlung des Oberflächenwassers im südlichen, gebirgsurahmten Teil des Sees stärker ist als im nördlichen Abschnitt, dessen Umgebung regionalklimatisch bereits dem Alpenvorland zuzurechnen ist.

Alle übrigen Temperaturdifferenzierungen sind somit durch oberflächlich oder unter dem Seespiegel einströmendes Wasser verursacht.

### 1.4.2 Erkennung einströmender Wässer durch Temperaturdifferenzierungen

#### a) Oberflächlich einströmende Gerinne

Die oberflächlich einströmenden Bäche haben eine Wassertemperatur von  $5,1-5,5$  (gemessen am Äußeren Weißenbach), die Temperatur nimmt jedoch rasch ab.

Sie werden aus Karstquellen und durch kühles Niederschlagswasser gespeist, sind wärmer als das Wasser des Sees mit minimaler Temperatur, jedoch etwa gleich schwer wie dieses, zugleich leichter als das Tiefenwasser von 4<sup>0</sup> C. Bei Abkühlung sinkt das Wasser der Bäche, sich fächerförmig ausbreitend, zum Teil etwas ab (Trichter wärmeren Wassers bei der Mündung des Äußeren Weißenbaches, vgl. Abb. 8, 9, 10). Durch die Volumsvermehrung infolge nachströmenden Wassers und aufgrund der Tatsache, daß das Bachwasser auf dem schweren Tiefenwasser " schwimmt ", verdrängt das Bachwasser zumindest teilweise auch das kältere Oberflächenwasser und wird damit (als vergleichsweise wärmeres Wasser) oberflächlich sichtbar. Dies ist zu beobachten an den Mündungen des Äußeren Weißenbaches (bei Weißenbach am Attersee) und an der Seeache (bei Unterach am Attersee). Loidlbach (bei Burgau) und Kienbach (bei Seefeld) lassen eine deutliche Erkennung oberflächlich zufließenden Wassers - wohl aufgrund der geringen Menge zur Winterszeit - vermissen. Gleiches gilt für den Burgbach bei Burgbachau.

b) In den See einströmendes bachbegleitendes Grundwasser aus Schwemmfächern

Die oberflächlichen Gerinne werden von einem Grundwasserstrom begleitet, der bei seiner Mündung in den See aufgrund seiner vergleichsweise höheren Temperatur sichtbar wird. Besonders deutlich ist dies beim Schwemmfächer des Äußeren Weißenbaches zu beobachten, aus dessen mittlerem Teil sich eine sehr auffällige Zone hellen (damit wärmeren) Wassers nordwärts strömt. Der Breite dieser Zone entsprechend, ist dieser Zufluß wesentlich umfangreicher als jener des Äußeren Weißenbaches selbst. Der Grundwasserstrom bestimmt die Oberflächentemperatur bis etwa nach Steinbach/Attersee. Sehr auffällig ist ferner die Zone kälteren (dunkleren) Wassers zwischen der Uferlinie und dem Beginn des wärmeren Grundwassers. Sie macht deutlich, daß der Grundwasserstrom aus dem Schwemmfächer in einer gewissen Tiefe - eben jener des Grundwasserspiegels - in den See einmündet, wodurch er erst einige Meter vom Ufer entfernt, das kalte Oberflächenwasser verdrängend, steigend sichtbar wird.

Auch am Loidlbach ist, wenn auch wesentlich schwächer (was durchaus dem kleinen Einzugsgebiet entspricht), einströmendes Grundwasser zu beobachten. Es bildet zusammen mit dem Bachwasser des Loidlbaches etwa 300-500 m vor dem Schwemmfächer eine deutliche Temperaturgrenze gegen das kältere, durch den Zufluß verdrängte Wasser. Unter Umständen ist ein ähnlicher Zufluß aus Porengrundwasser auch am Kienbach bei Seefeld zu beobachten. Die Abgrenzung des einströmenden Wassers ist dort jedoch nicht klar gegeben, weil auch von Süden her Wasser mit der gleichen Temperatur hierhin verfrachtet werden. Auffallend ist, daß dem Schwemmfächer Burgbachau jeder sichtbare Grundwasserzustrom fehlt.

c) Aus ufernahen Karstquellen einströmendes Grundwasser

Zu den oberirdischen Zuflüssen zählt auch der Abfluß des Kaiserbrunnen, der (BENISCHKE, GAMERITH, ZOJER 1983) nahe dem Ufer und nur 2 Meter über dem Wasserspiegel ca. 500 Meter westlich Burgbachau austritt. Die winterliche Schüttung dürfte 6 - 8 l/sec. betragen, die Temperatur liegt bei 7° C. Das vergleichsweise warme Quellwasser ist in Abb. 7c besonders gut zu beobachten. Es wird vom ebenso gut sichtbaren Wasser der Seeache ostwärts abgedrängt und bildet eine markante Temperaturdifferenz zum kalten Seewasser in der kleinen Bucht zwischen dem Schwemmfächer Burgbachau und dem westlich anschließenden Uferbereich.

d) Unter dem Wasserspiegel einströmende Wässer

Nach der Erfassung aller oberirdisch einströmenden Wässer ergibt sich zwingend, daß die übrigen erkennbaren Flächen vergleichsweise wärmeren Wassers unterhalb des Seespiegels einmünden müssen. Damit wird die eigentliche Fragestellung dieser Studie nach einem Ausschluß-Verfahren beantwortet. Es sind zwei Bereiche zu erkennen, in welchen eine beträchtliche Wasserzufuhr auf diese Weise erfolgen muß:

d) 1. Bereich östlich des Schwemmfächers Burgbachau (Abb. 7c, 11b)

Eine halbkreisförmige Front warmen Wassers ist östlich des genannten Schwemmfächers zu beobachten; ihre Grenze wird ostwärts infolge der Wasserverdriftung undeutlich. Die Form dieser Warmwasserfläche läßt den Schluß zu, daß auf der ganzen Front des Steilufers zwischen den Schwemmfächern Burgbachau und Burgau, vornehmlich in dessen östlichem Teil, Karstwässer unter dem Wasserspiegel in den See einfließen. Östlich von Burgbachau dürfte der Zufluß in Form einer Quelle erfolgen, weil die Form des zufließenden Wassers halbkreisförmig auseinander strebt, westlich von Burgau ist mit einem eher diffusen Einströmen zu rechnen. Mit einem Zufluß in diesem Bereich ist sicher zu rechnen: stammte das dort beobachtbare vergleichsweise wärmere Wasser aus dem östlich anschließenden Teil dieses Uferbereiches, dann wären Reste kalten Oberflächenwassers zu beobachten.

d) 2. Bereich nördlich des Schwemmfächers Weißenbach, Lokalität Forstamt - Gmauret

Wie bereits GAMERITH-KOLLMANN (1976) aufgrund von bei einer Temperaturmeßfahrt gewonnenen Daten vermutet haben, ist mit unter dem Seespiegel einströmendem Wasser auch im Bereich des Steilabfalles des westlichen Spornes des Höllengebirges zu rechnen. Die Abb. 7b und 11b belegen eindrucksvoll einen Wasserzustrom, der vom

aus dem Weißenbach-Schwemmfächer stammenden Grundwasser durch eine Zone kalten Oberflächenwassers getrennt ist. Das vor dem Bereich "Forstamt" einfließende Wasser teilt darüberhinaus diesen Grundwasser-Zufluß derart, daß dessen östlicher Teil westwärts zum Ufer abgedrängt wird, worauf anschließend eine Vermischung mit kaltem Oberflächenwasser stattfindet.

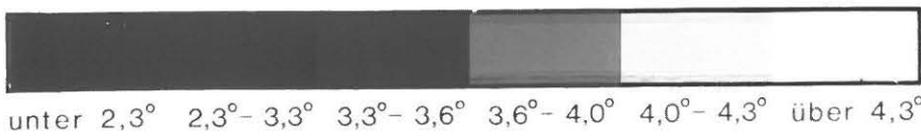
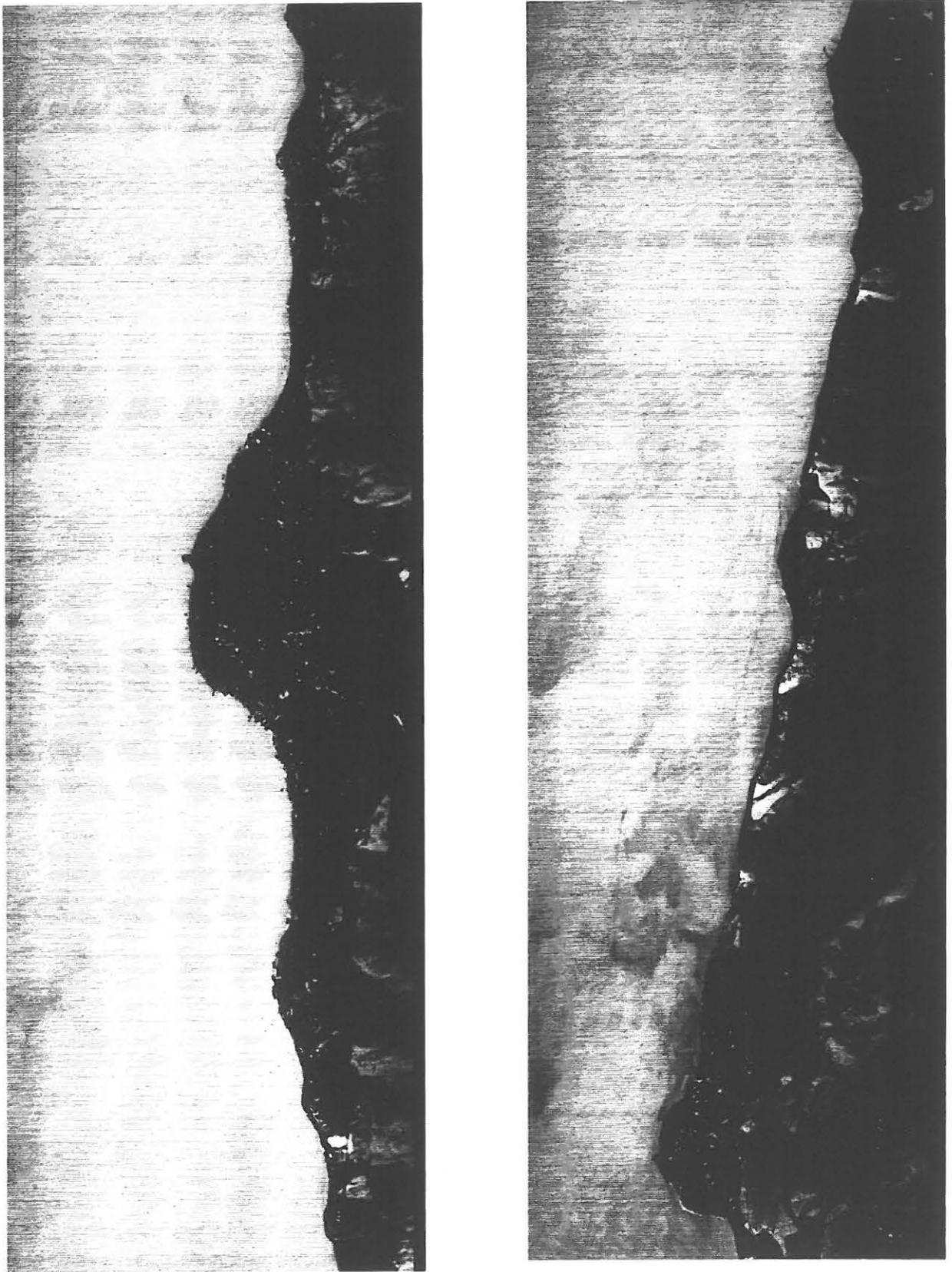
Zu Abb. 11a, b:

Temperaturstufenbilder mit sechstufiger Temperaturstufenscala

Im Gegensatz zu den Abb. 7a, b, c, in welchen die Temperaturunterschiede nur relativ, als kontinuierliche Grauwertveränderungen, erfaßt wurden, stellen die Abb. 11a, b eine Klassifizierung der Daten nach sechs vorweg festgelegten Temperaturintervallen (Temperaturstufen) dar. Diese Intervalle wurden so gewählt, daß die für die Fragestellung einströmenden Wässer wesentliche feinere Differenzierung im Bereich zwischen  $2,3^{\circ}\text{C}$  und  $4,3^{\circ}\text{C}$  besonders betont wird.

Diese quantitative Bilddatenverarbeitung wurde an einem Bildschreibescanner Optronics Colormation 4500 durchgeführt. Stärker als in der kontinuierlichen Grauwertabfolge der Abb. 7 a, b, c, treten bestimmte Störungen des Scanners (z.B. "Fischgrätenmuster") hier in Erscheinung. Wenn auch die Bildqualität jene der Abb. 7 a, b, c, nicht oder nur in Teilbereichen übertrifft, so liegt der Wert dieser Bildverarbeitung doch in eben dieser Quantifizierung des Temperaturmeßbildes. Bildinterpretation in Abschnitt 4.

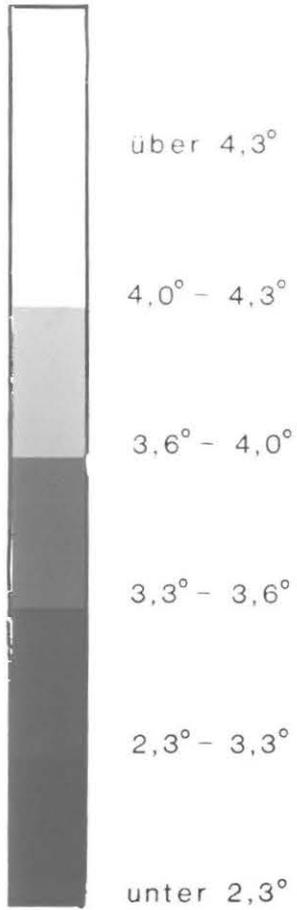
Abb.11a : Thermalscanneraufnahme Attersee, Temperaturstufenbilder.



Temperaturstufen  
in C°

Abb.11b: Thermalscanneraufnahme  
Attersee, Temperaturstufenbilder

Temperaturstufen in C°



## 2. Die Auswertung der Messungen des stabilen Isotops Sauerstoff-18

Seit Beginn der Dauerbeobachtung (April 1982) wird von 10 ausgewählten Quellwässern des Hölleengebirges durch das Institut für Radiohydrometrie der GSF München (Dipl.-Phys. W. STICHLER) monatlich der Sauerstoff-18-Gehalt bestimmt. Gegenwärtig stehen für eine Interpretation der Daten 10 Meßserien zur Verfügung, die in Tab. 1 enthalten sind.

### 2.1 Die höhenmäßige Eingliederung von Quelleinzugsgebieten

Durch die Bestimmung der stabilen Umweltisotope Deuterium und (oder) Sauerstoff-18 von Quellwässern ist es möglich, ihre mittleren Einzugsgebietshöhen zu differenzieren.

Obwohl der methodische Hintergrund in der hydrologischen Anwendung von Isotopenmethoden ausführlich von H. MOSER & W. RAUERT (1980), P. FRITZ & J. Ch. FONTES (1980), J. R. GAT & R. GONFIANTINI (1981) sowie im GUIDEBOOK ON NUCLEAR TECHNIQUES IN HYDROLOGY (1983) beschrieben wird, soll hier zum besseren Verständnis noch kurz auf den Höheneffekt stabiler Umweltisotope eingegangen werden. Dies umso mehr, als nun in Ergänzung zu den für die Berichte I und II vorliegenden Daten längere Meßreihen zur Verfügung stehen.

Die Messung des stabilen Isotops Sauerstoff-18 erfolgt in ‰ der Abweichung des Isotopenverhältnisses von einem Standard, der als SMOW (Standard Mean Ocean Water) definiert wird:

$$\delta = \frac{R - R_{SMOW}}{R_{SMOW}} \cdot 1000 \text{ (‰)}$$

(R = Isotopenverhältnis  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ )

Tab. 1:  $^{18}\text{O}$ -Analysen (in ‰) ausgewählter Wässer aus dem Höllengebirge

	H1 Zwiesel- graben- quelle	H4 Aurach- ur- sprung	H7 Hirsch- brunn-	H9 Kalten- bach- quelle	H14 Miesen- bach- quelle	H15 Schuster- bach- quelle	H29 Höll- bachur- sprung	H65 Gimbach- ursprung	H73 Schwarzen- bach- quelle	H79 Nikolaus- quelle
Seehöhe	740	950	830	810	455	450	600	650	520	470
$\delta^{18}\text{O}$ : 24.4.82	-12.03	-11.73	-12.10	-11.76	-12.66	-12.31	-12.93	-12.96	-12.67	-11.34
2.6.82	-11.81	-12.59	-12.87	-12.47	-13.11	-12.88	-13.09	-13.44		-11.22
12.7.82	-11.93	-11.55	-11.84	-11.66	-12.23	-11.88	-11.90	-12.12	-11.39	
1.8.82	-11.90	-11.46	-10.21	-11.51	-10.82	-10.03	-10.66	-10.04	-10.07	-10.72
1.9.82	-11.18	-11.82	-11.47	11.69	-11.36	-11.50	-10.68	-10.84	-10.42	-11.15
30.9.82	-10.64	-11.46	-11.16	-11.13	-10.92	-11.29	-10.50	-11,02	-10.28	-10.81
1.11.82	-11.51	-11.66	-11.38	-11.50	-10.70	-11.46	-11.24	-11.09	-11.06	-10.89
2.12.82	-11.78	-11.58		-11.62	-11.38	-11.87	-11.80	-11.87	-11.33	-11.01
4.1.83	-11.67	-11.31	-11.84	-11.40	-12.13	-11.50	-11.93	12.08	-11.51	-11.10
1.2.83	-11.49	-12.10	-11.84	-11.96	-12.17	-12.20	-12.23	12.43	-12.03	-11.23
Mittel	-11,59	-11,68	-11,63	-11,67	-11,75	-11,73	-11,70	11,79	-11,38	-11,05
Schwankungs- breite	1,39	1,59	2,66	1,34	2,41	2,85	2,69	3,40	2,93	0,62

Ähnliche Verhältnisse liegen im E vor (Miesenbach- und Schusterbachquelle), wengleich sich hier eine differenziertere tektonische Überprägung durch die Gsollstörung hydrogeologisch auswirkt.

Im S allerdings, gegen die Weißenbachfurche hin, ist das Höllengebirge morphologisch stärker zerlegt, ein Ausdruck gesteinsbedingter Prägung. Die im Vergleich zu den Kalken stärkere oberflächliche Verwitterung und die mindere Bereitschaft des Wettersteindolomites zur Verkarstung hat hier zur Ausbildung von kleinen Tälern geführt, von denen jene des Höll- und Gimbaches am weitesten nach N zum Hauptmassiv zurückreichen. In ihren Talschlüssen treten die großen Quellen aus (Höllbach- und Gimbachursprung), die am Fuß der südexponierten Wettersteinkalk-Steilstufe gelegen, auch Plateaubereiche des Höllengebirges entwässern, so daß sich die mittlere Höhe ihrer Einzugsgebiete kaum von den der vorhin genannten Quellen unterscheidet.

In diesem Abschnitt ist die Schwarzenbachquelle die einzige, die in unmittelbarer Nähe des Vorfluters (Weißenbach) entspringt. Ihr Einzugsgebiet liegt vornehmlich im Wettersteindolomit und reicht nicht - oder in einem nur untergeordnetem Maße - in die Plateauregionen hinauf, was auch durch einen höheren mittleren  $^{18}\text{O}$ -Gehalt ihres Wassers dokumentiert wird. Unter Berücksichtigung der oben angegebenen Abweichung der Sauerstoff-18-Konzentration mit der Höhe dürfte die mittlere Höhe ihres Einzugsgebietes etwas mehr als 100 m tiefer liegen als bei jenen Quellen, die Hochbereiche des Höllengebirges entwässern.

Noch höher liegt die mittlere  $^{18}\text{O}$ -Konzentration bei der Nikolausquelle (H79). Aufgrund ihrer geringen Schüttung kommt ihr nur ein lokales Einzugsgebiet zu, das an der Westflanke des Schobersteines liegt. Aus diesem Grund könnte sie als "Eichquelle" (P. RAMSPACHER, F. RIEPLER & H. ZOJER, 1983) für die absolute Höheneingliederung der übrigen Wasseraustritte dienen.

Unter Annahme einer mittleren Höhe des Einzugsgebietes der Nikolausquelle von 800 m würde sich für die Schwarzenbachquelle eine Höhe von etwa 900 m und für alle anderen Austritte eine zwischen 1000 und 1050 m ergeben. Berücksichtigt man nun aus der Schüttung der einzelnen Quellen noch die Fläche des Einzugsgebietes, lassen sich aussagekräftige Hinweise auf die den einzelnen Austritten zurechenbaren Infiltrationsgebiete ableiten. So erkennt man, daß die Quellen am Nordfuß des Massivs nur in einem untergeordnetem Maß die Hochflächen des Höllengebirges entwässern. Dieser Schluß

entspringt einer synoptischen Betrachtung aus der Schüttung, der Höhenlage der Quellaustritte und der mittleren Höhe ihrer Einzugsgebiete (aus den  $^{18}\text{O}$ -Werten).

Beim Auräch-Ursprung reicht infolge der nur geringen Quellschüttung das Einzugsgebiet nicht weit über die Austrittsstelle hinauf, ähnliches - in einem abgeschwächten Maße - gilt auch für die Zwieselgrabenquelle. Die beiden übrigen Quellen (Hirschbrunn- und Kaltenbachquelle) entwässern Kare, deren Lehne sehr steil zur Hochfläche ansteigt. In beiden Fällen verläuft die 1000 m-Isohypse im Bereich des Karbodens, so daß die Beimengung von Infiltrationswässern aus den Hochflächen - besonders beim Hirschbrunn - nicht von nennenswerter Bedeutung ist.

Somit dürften die im Hauptteil der Plateaubereiche infiltrierten Wasser im Untergrund hauptsächlich drei Quellzonen zuströmen: Gimbach,  
Höllbach,  
Schuster- und  
Miesenbach.

Diese Aussage wird durch den im Jahre 1983 beim Hochleckenhaus durchgeführten Markierungsversuch bestätigt.

## 2.2 Hinweise auf die unterirdische Speicherung von Quellwässern

Die Kenntnis der unterirdischen Verweildauer und damit die Speicherung von Wässern ist einer der wichtigsten wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkte, weil dadurch die Frage geklärt werden kann, wie lange sich Wasser im Untergrund aufhalten kann, bevor es durch Quellen natürlich abfließt. Hierbei ist anzumerken, daß allein die Quellschüttung und ihre Schwankungen keine ausreichenden Hinweise auf die unterirdische Wasserzirkulation geben können, weil hierbei nur die Menge des austretenden Wassers, nicht aber seine Einzelkomponenten Berücksichtigung finden.

Der Jahresgang des Gehaltes an Sauerstoff-18 bei den einzelnen Quellwässern beruht vor allem auf dem Temperatureffekt, ausgehend von den jahreszeitlichen Temperaturverhältnissen im Zusammenhang mit der Kondensation von Niederschlägen, die auf die einzelnen Quelleinzugsgebiete fallen. So sind die Winterniederschläge i. a. isotopisch leichter als die Sommerregen. Dieser Umstand muß - weil die  $^{18}\text{O}$ -Konzentration im Untergrund stabil bleibt - zu mehr

oder weniger starken und (oder) verzögerten Schwankungen des Gehaltes an Sauerstoff-18 bei den austretenden Quellen führen. Aus der Dämpfung der  $^{18}\text{O}$ -Schwankungsamplitude gegenüber dem Input (Niederschlag) kann daraus mit Hilfe hydrologischer Modelle die unterirdische Verweilzeit des Wassers geschätzt werden.

Abb. 12 enthält den Jahresgang des  $^{18}\text{O}$ -Gehaltes der unter Dauerbeobachtung stehenden Quellwässer, wobei zur besseren Übersicht eine Unterteilung in eine Gruppe Nord und Süd vorgenommen wurde. Der Beobachtungszeitraum erstreckt sich von April 1982 bis Februar 1983. Voraussetzung für eine Interpretation der Isotopenmessungen ist die Kenntnis der Inputverhältnisse. Dieser Forderung entspricht die Darstellung des wöchentlichen Niederschlages in Fig. 1, getrennt in Regen und Schnee. Darüberhinaus wurden in Abb. 13 klimatische Parameter (monatliche Niederschlagshöhe, Temperatur) des Zeitraumes der Dauerbeobachtung jenen des langjährigen Durchschnittes gegenübergestellt. Daraus ist erkennbar, daß die Niederschläge im Winter 1981/82 deutlich unter dem langjährigen Mittel lagen, was zur Folge hat, daß sich die Schneeschmelze mengenmäßig nicht markant auswirken konnte. Sie ist auch gegenüber dem langjährigen Mittel etwas weiter in den Mai/Juni verschoben, worauf die Tatsache hinweist, daß die mittlere Lufttemperatur im April fast  $3^{\circ}\text{C}$  weiter unter dem langjährigen Durchschnitt lag. Während im Frühsommer die Niederschlagssummen annähernd an die langjährigen Mittelwerte herankamen, war der Spätsommer und Herbst 1982 relativ trocken und auch warm. Letztlich fällt noch der warme Jänner 1983 auf - fast  $2/3$  des Niederschlages fiel am Feuerkogel als Regen - allerdings kann dieser Umstand für die Interpretation der gegenwärtig vorliegenden Isotopenwerte noch nicht herangezogen werden.

Ausdruck über die Speicherfähigkeit des Untergrundes bieten im  $^{18}\text{O}$ -Jahresgang die Auswirkungen der Schneeschmelze, die sich bei den Quellwässern aufgrund des Temperatureffektes in einem Konzentrationsminimum dokumentieren. Dieser Tatsache tragen mit Ausnahme der Nikolausquelle (H79) und Zwieselgrabenquelle (H1) alle Wasseraustritte insofern Rechnung, als ihr Minimum durchwegs in die Probenahmezeit Anfang Juni fällt (bei der Schwarzenbachquelle liegt leider kein repräsentativer Meßwert vor). Daraus läßt sich - vorerst sehr generell ausgesprochen - keine nennenswerte längerfristige Speicherung in den Karbonatgesteinen des Höllengebirges ableiten, die beiden oben angeführten Quellen sind wegen ihrer geringen Schüttung wasserwirtschaftlich nur von untergeordneter Bedeutung.

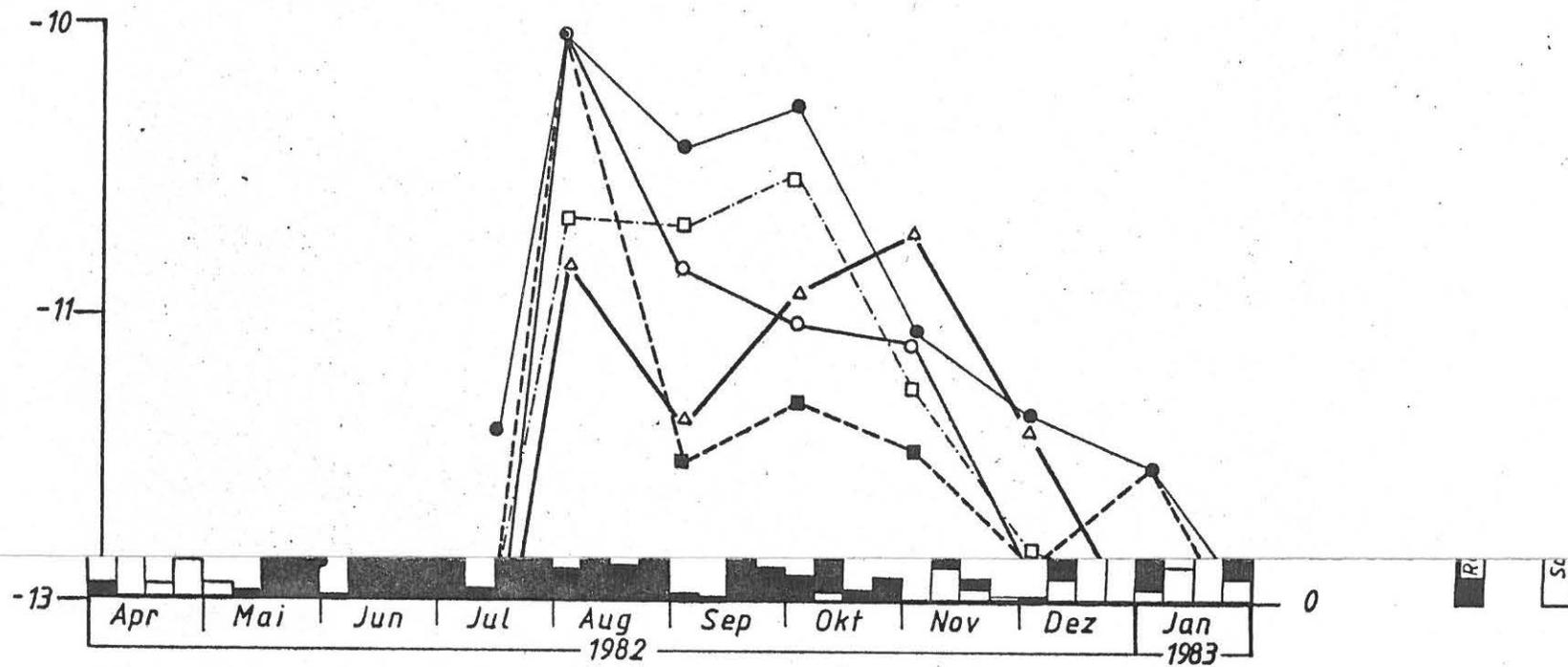


Abb. 12: Die Schwankung des Deuteriumgehaltes beobachteter Quellwässer des Höllengebirges zwischen April 1982 und Jänner 1983

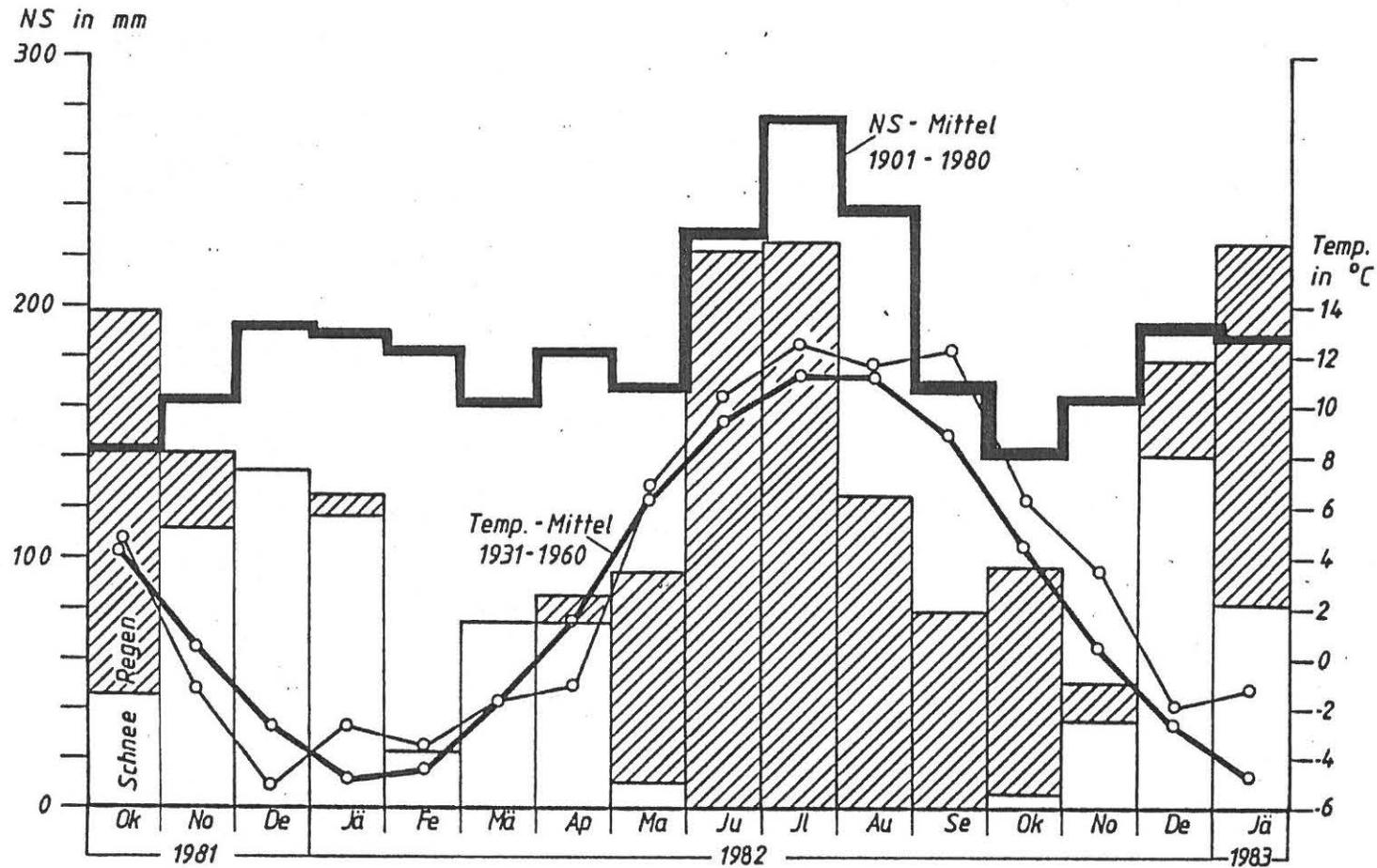


Abb. 13: Station Feuerkogel (1598 m): Mittel der Niederschlags-Monatssummen (1901-80), Monatsmittel der Lufttemperatur (1931-60), Monatsmittel der Niederschlagshöhe und Lufttemperatur (Oktober 1981 - Jänner 1983)

Während demnach alle Quellen zur Zeit der Schmelzwasserführung in hohem Maße Niederschläge aus den vorhergegangenen Wintermonaten abgeben, sind die Ganglinien im Sommer bei den einzelnen Quellen doch unterschiedlichen Einflüssen unterworfen.

In der zweiten Maihälfte 1982 fielen im Plateaubereich des Höllengebirges ergiebige Niederschläge - ausschließlich in Form von Regen (mittlere Lufttemperatur ca.  $10^{\circ}\text{C}$ ) - die sich in einer deutlichen Abflußspitze bei den Großquellen am Fuße des Höllengebirges auswirkten (vgl. Abflußgang Miesenbachquelle, Bericht II, 1983). Die zu dieser Zeit bei den Quellen austretenden Wässer sind allerdings isotopisch leicht und nicht ident mit den kurz vorher gefallenen Niederschlagswässern. Sie sind vielmehr eindeutig als Schmelzwässer zu definieren. Damit ergibt sich für diesen Zeitraum ein hydrodynamisches Bild, das dadurch geprägt wird, daß versickerte Schmelzwässer durch die darauffolgend infiltrierten Regenwässer aus dem Aquifer ausgepreßt werden, wie es dem klassischen "piston-flow" entspricht. Der unterirdische Abfluß der Regenfälle vom Mai und der zweiten Junihälfte erreichte frühestens bei der Probennahme Anfang August einige Quellaustritte, nämlich jene, deren Aquifer das geringste unterirdische Rückhaltevermögen hat. Ihre Sauerstoff-18-Ganglinie ist durch ein markantes Maximum im Hochsommer gekennzeichnet. Dieser Gruppe gehören die Quellen Schusterbach, Gimbach und Hirschbach an. Eine weitere Quellgruppe, nämlich der Miesenbach, Schwarzenbach und Höllbach, weist zwei Maxima - ein zweites im Frühherbst - auf. Diese Ganglinien geben Aufschluß über die unmittelbaren Auswirkungen von Sommerregen auf den unterirdischen Abfluß. Auch diese Wässer werden nur kurzzeitig im Untergrund gespeichert, sie treten nach relativ kurzer unterirdischer Fließzeit bei den Quellen wieder aus. Bei einigen Quellen, wie beim Austritt Aurach und bei der Kaltenbachquelle, übertrifft das  $^{18}\text{O}$ -Herbstmaximum jenes vom Frühjahr bei weitem, bei der Zwiese Grabenquelle tritt die Frühjahrs- spitze überhaupt nicht auf. Diesen Quellwässern kommt im Vergleich zu den oben beschriebenen schon eine größere Speicherung zu, die beachtlichen jahreszeitlichen Schwankungen rechtfertigen aber immer noch die Bezeichnung "Karstquelle". Dieser Terminus trifft lediglich für die Nikolausquelle nicht zu, ihr Jahresgang des Sauerstoff-18-Gehaltes ist stark gedämpft, was sich in einer Schwankungsbreite von  $0,62 \text{ ‰}$  dokumentiert.

Wie Abb.12 zeigt, fallen die niedrigsten  $^{18}\text{O}$ -Werte fast durchwegs in die Probennahme Anfang Juni. Dies ist ein Ausdruck der Schneeschmelze, die lediglich bei zwei Quellen nicht so markant in Erscheinung tritt, bei der Zwieselgrabenquelle (H1) und bei der Nikolausquelle (H79), deren Eigenheiten sich von den anderen Quellen durch eine längere Speicherung des Wassers im Untergrund doch einigermaßen unterscheidet. Da die Schüttung dieser beiden Austritte jedoch - im Vergleich zu den anderen - nur von untergeordneter Bedeutung ist, vermögen die  $^{18}\text{O}$ -Schwankungsunterschiede im generellen Bild der Hauptaustritte des Höllengebirges keine starke Differenzierung des Entwässerungsmechanismus zu erzeugen.

Unter Anwendung des Exponentialmodells (U.SIEGENTHALER,1971) können erste Ansätzungen der unterirdischen Verweildauer der Quellwässer auf der Basis der  $^{18}\text{O}$ -Schwankungsamplitude durchgeführt werden. Die mittlere Verweilzeit  $\tau$  (in Jahren) ergibt sich aus der Funktion

$$\tau = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{f^2} - 1} \quad (y),$$

wobei der Ausdruck  $f$  das Amplitudenverhältnis der Output- und Inputfunktion angibt. Die Jahresschwankung des Sauerstoff-18-Gehaltes im Niederschlag beträgt aufgrund bisher vorliegender Messungen und von Werten aus der weiteren Umgebung mit geringen Abweichungen etwa 8 ‰. Somit stellt die Dämpfung des Jahresganges bei den untersuchten Quellwässern eine Zeitfunktion der unterirdischen Speicherung dar. Allerdings ist Wert auf den Ausdruck "Ansätzung" der unterirdischen Verweilzeit zu legen, da der Entwässerungsmechanismus nicht allein auf der Grundlage des Exponentialmodells beruht.

Die  $\tau$ -Werte (in Jahren) sind in nachstehender Aufstellung zusammengefaßt:

H 1 Zwieselquelle	0,90
H 4 Aurach-Ursprung	0,79
H 7 Hirschbrunn	0,45
H 9 Kaltenbachquelle	0,94
H 14 Miesenbachquelle	0,50
H 15 Schusterbachquelle	0,42
H 29 Höllbachquelle	0,45
H 65 Gimbachquelle	0,34
H 73 Schwarzenbachquelle	0,40
H 79 Nikolausquelle	2,0

Am längsten ist das infiltrierte Wasser der Nikolausquelle im Untergrund gespeichert, wenn auch die mittlere Verweildauer von 2 Jahren noch kein Kriterium für eine längerfristige Speicherung ist. Das andere Extrem ist der Gimbach-Ursprung, dessen Wasser im Mittel nur wenige Monate im Untergrund verweilen. Auch bei den anderen größeren Karstwasseraustritten wurde ein mittlerer Aufenthalt im Karstwasserkörper nach dem Exponentialmodell von nur etwa einem halben Jahr berechnet. Letzlich soll aber auch darauf hingewiesen werden, diesen Zahlen nicht unbedingt einen absoluten Wert beizumessen, da die physikalischen Modelle nicht in ihrer reinen Form anwendbar sind. Betrachtet man die errechneten Angaben allerdings unter relativen Gesichtspunkten, ist doch eine grobe Differenzierung zwischen länger- und kürzerfristiger Speicherung im Untergrund möglich.

### 3. Zur Hydrochemie der Karstwässer (R. BENISCHKE)

#### 3.1 Allgemeines

Wie im Projektantrag zum Teil III ausgeführt, soll neben der hydrographischen Bearbeitung des Hölleengebirges die Sammlung, Auswertung und Interpretation hydrochemischer Daten weitere Erkenntnisse für den Entwässerungsmechanismus, die Speicherfähigkeit der Gesteine des Hölleengebirges und nicht zuletzt für die allfällige Nutzung der Karstwässer bringen.

Neben der Quellenkartierung (W. GAMERITH & W. KOLLMANN, 1976) mit einer Übersichtsbeprobung werden seit dem Jahre 1982 an ausgewählten Quellen im Zuge einer Dauerbeobachtung monatlich Wasserproben entnommen. Die vorliegenden Ergebnisse bieten einen Überblick über den Zeitraum von zwei Jahren (s. Anhang).

Die Wasserproben wurden bis auf die Serien der Monate Februar und Jänner 1983 (Institut f. Geothermie & Hydrogeologie) alle in Labors der Öö. Landesregierung untersucht und zwar wie folgt:

Im Amt d. Oö. Landesreg., Abt. Wasser- und Energierecht, Unterabt. Gewässeraufsicht und Gewässerschutz (Dr. Berthelot) die Serien bis Dezember 1982,

im Institut für Geothermie und Hydrogeologie am Forschungszentrum Graz die Serien Jänner und Februar 1983 und ab März 1983, im Amt der Oö. Landesreg. Abt. Baudienst und sonstige Angelegenheiten, Unterabt. Immissionsschutz (Dr. Sommer).

### 3.2. Probennahme und Untersuchungsmethodik

Im Gelände wurden an Ort und Stelle soweit möglich die Schüttung (l/s), die elektrische Leitfähigkeit ( S/cm bei 20<sup>0</sup> C) der pH-Wert (mit Einstab-elektrode) und ab März 1983 auch zusätzlich die Säurekapazität bis pH 4.3 ("Bicarbonat-Titration" mit 0.1 n HCl) bestimmt.

1 l Wasserprobe wurde jeweils entnommen und zur Analyse in die Labors der Oö. Landesregierung gebracht. Im Labor wurden zur Kontrolle nocheinmal die elektrische Leitfähigkeit, der pH-Wert und die Säurekapazität bis pH 4.3 bestimmt. Darüber hinaus erfolgte auch die Bestimmung der Kationen Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium, wie auch der Anionen Chlorid, Nitrat und Sulfat.

Durch technische Gebrechen an den Geräten oder durch witterungsbedingte Einflüsse war es nicht immer möglich, bei allen Quellen alle Bestimmungen vollständig durchzuführen. Es liegen daher nicht immer durchgehende Meßserien vor. Neben diesen Einschränkungen sind zusätzlich auch methodische Unterschiede in der chemischen Analytik zu berücksichtigen. So wurde z. B. die Säurika-pazität bis pH 4.3 mit unterschiedlichen Indikatoren (Mortimer-Mischindikator und Methylorange) bestimmt, Nitrat mit unterschiedlichen photometrischen Ver-fahren, oder Sulfat am Beginn mit Bariumperchlorat und Thorin titriert, wäh-rend später Sulfat turbidimetrisch bestimmt wurde, Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium mit Hilfe der Atomabsorption oder durch Titration mit Titriplex bzw. mit Hilfe der Ionenchromatographie. Weitere Fehlerquellen lagen darin, daß zwischen der Probennahme und der Analyse eine gewisse Zeit verstrich. Da-durch konnten leicht Veränderungen im ursprünglichen Kalk-Kohlensäure-Gleich-gewicht stattfinden und die Analyse repräsentierte nicht mehr die natürlichen Verhältnisse am Austritt. Die nachstehenden zwei Abbildungen sind ein Bei-spiel für Unterschiede zwischen Bestimmung im Gelände und im Labor.

Conc. (mg/l)

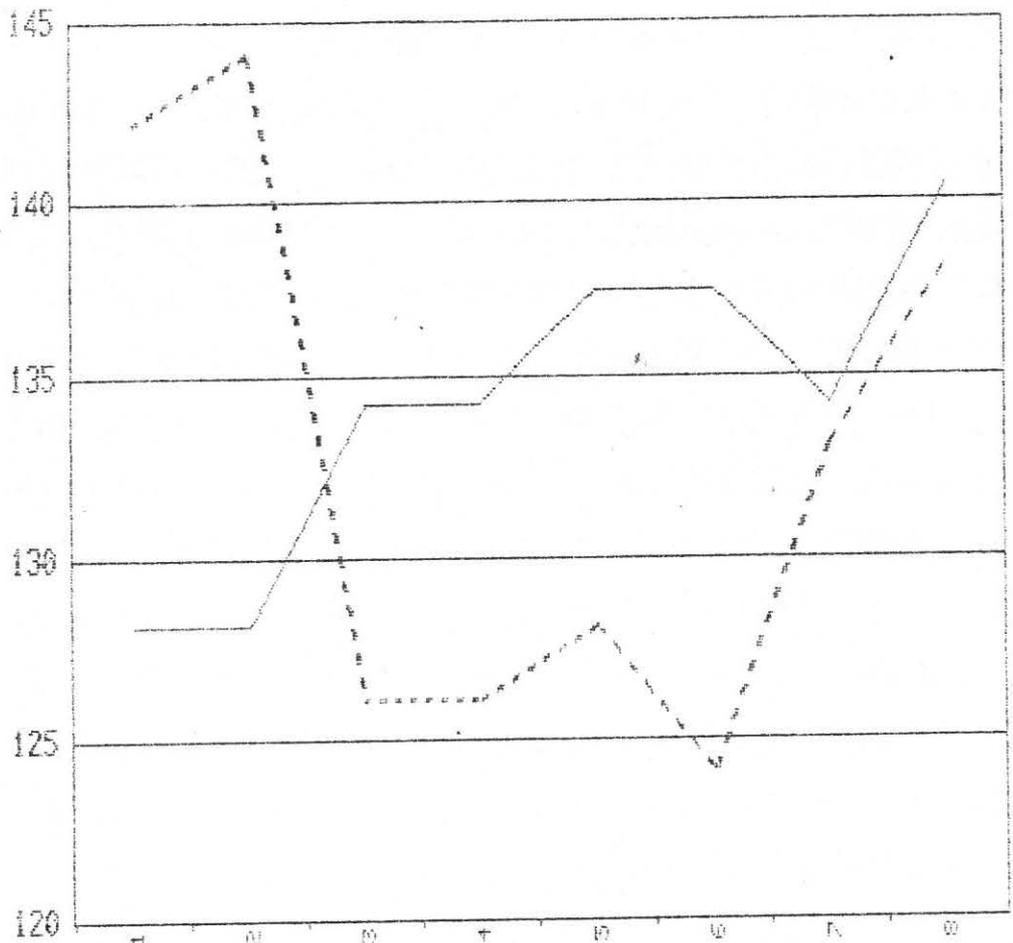


Abb.14: Aurach-Ursprung (H4); Vergleich von Bestimmungen des  $\text{HCO}_3$ -Gehaltes im Gelände (—) und im Labor (----), monatliche Proben von Mai - Dezember 1983

Die Kontrolle durch Doppelmessungen im Labor und Gelände zeigt, inwieweit Karbonate durch Fällungsvorgänge während des Probentransportes und während der Lagerung für die Analyse verlorengegangen sind. Diese Kontrolle ist deshalb wichtig, da für die hydrodynamische Interpretation mit Hilfe chemischer Parameter letztlich Zeitreihen herangezogen werden. Schwankungen innerhalb einer Zeitreihe, die auf Analysenfehlern beruhen, können zu weitreichenden Fehlinterpretationen führen. Die dargestellten Beispiele zeigen deutlich, daß, je höher der Labor-pH-Wert über dem Geländewert, oder anders, je weiter der Labor- $\text{HCO}_3$ -Wert unter dem Geländewert liegt, um so mehr Karbonate ausgefallen sind.

pH-Wert

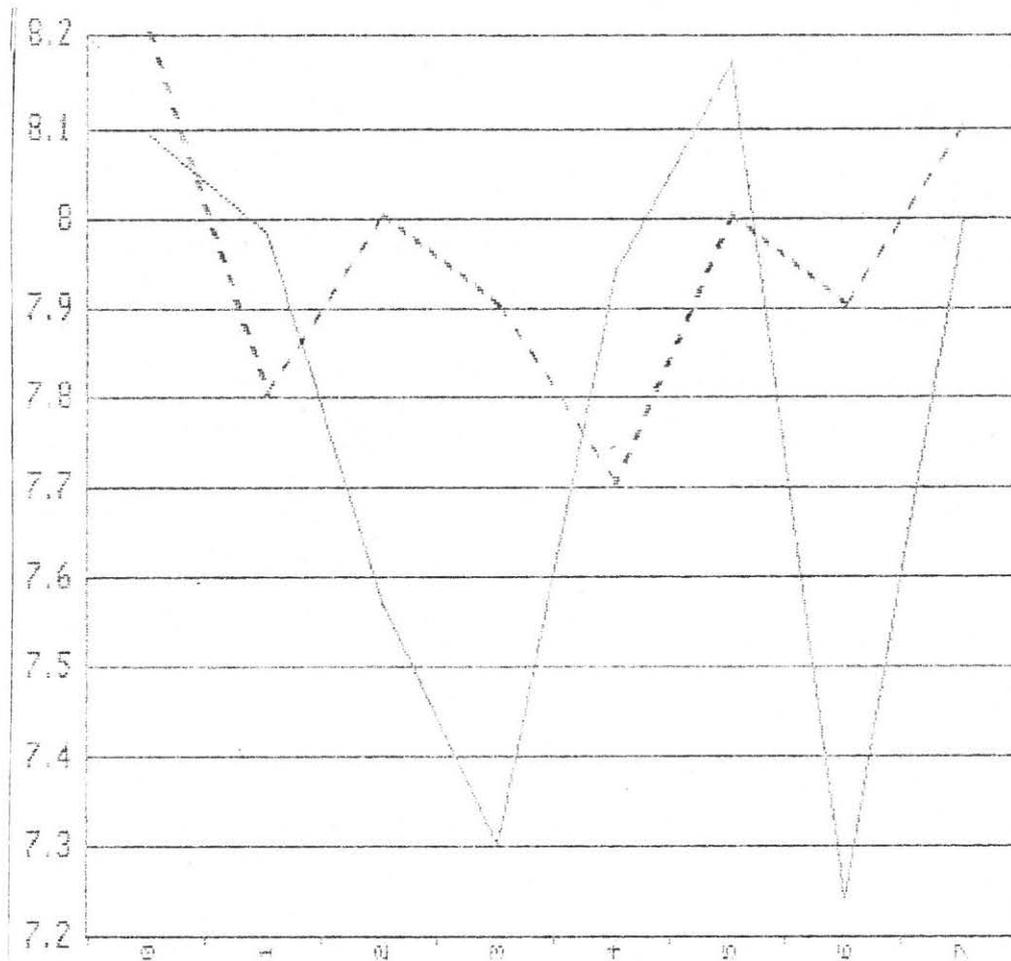


Abb. 15: Aurach-Ursprung (H4); Vergleich von Messungen des pH-Wertes im Gelände (—) und im Labor (----) von monatlichen Proben der Zeit Mai bis Dezember 1983, siehe auch Anhang

### 3.3 Voraussetzungen für die Interpretation der Meßdaten

Die Verarbeitung der Meßdaten erfolgte auf der institutseigenen Rechananlage (SIRIUS-1) und mit eigens zur Auswertung hydrochemischer Daten entwickelter Programme.

Trotz vieler analytischer Unsicherheiten gestattet das vorliegende Datenmaterial eine brauchbare Typisierung der Wässer und eine Zuordnung zu einem bestimmten Aquifer.

Beprobt wurden im monatlichen Rhythmus folgende Quellen:

- H 1 Zwieselgrabenquelle
- H 4 Aurach-Ursprung
- H 7 Hirschbrunn
- H 9 Kaltenbachquelle
- H 14 Miesenbachquelle
- H 15 Schusterbachquelle
- H 29 Höllbach-Ursprung
- H 65 Gimbach-Ursprung
- H 73 Schwarzenbachquelle
- H 79 Nikolausquelle/Attersee
- H 81 Langbathquelle

Bei der Interpretation ist davon auszugehen, daß eine monatliche Beprobung immer nur eine Momentaufnahme des augenblicklichen Zustandes ist und das tatsächliche hydrochemische Schwankungsverhalten nur in groben Umrissen bestimmt werden kann. Abhilfe könnte hier nur die kontinuierliche Messung und Datenaufzeichnung schaffen. Dies würde aber den vorhandenen Projektrahmen sowohl in technischer als auch und vor allem in finanzieller Hinsicht bei weitem übersteigen. Diese Einschränkungen verhindern aber leider eine genauere Untersuchung des Niederschlagseintrages, der Gesteinslöslichkeit und der Lösungsfähigkeit der Wässer. Es kann also meist nur das Endprodukt der hydro-geochemischen Prozesse untersucht werden, nämlich der Lösungsinhalt der Quellwässer. Von diesem soll wiederum auf den Aquifer zurückgeschlossen werden.

Insoferne Wässer aus geologisch gut unterscheidbaren Einheiten stammen, kann relativ leicht eine Zuordnung zu bestimmten Gesteinsbereichen getroffen werden. Ist dies nicht der Fall, so lassen sich zumindest aus dem Schwankungsverhalten der chemischen Parameter Rückschlüsse auf das Speicher-verhalten des entsprechenden Aquifers ziehen.

Auf jeden Fall muß eine Interpretation, welches Ziel sie auch letztlich hat, sowohl die geologischen als auch die hydrogeochemischen Grundlagen miteinander kombinieren.

### 3.4 Die Interpretation der chemischen Parameter

#### 3.4.1 Das Ca/Mg-Verhältnis

Schon in den Endberichten zu den Teilen I und II des Projektes wurde versucht, das Calcium-Magnesium-Verhältnis der Quellwässer für eine Charakterisierung heranzuziehen. Dem Endbericht zum Teil I lagen die Ergebnisse der einmaligen Probennahme aus dem Jahre 1975/76 zugrunde. Im Endbericht zum Teil II wurden die dauerbeobachteten Quellen weiter untersucht. Dabei wurde festgestellt, daß das Ca/Mg-Verhältnis bei relativ einheitlichen geologischen Bedingungen weniger Aussagekraft besitzt als zum Beispiel bei stärkerem Wechsel von Dolomiten und Kalken, wie dies im Schafberg-Leonsberg-Gebiet der Fall ist. Für den vorliegenden Bericht standen 222 Analysen zur Verfügung. Im Anhang ist neben anderen Ionenverhältnissen auch das Ca/Mg-Verhältnis dargestellt.

Wie im Endbericht zum Teil II erwähnt, ergab sich nach den ersten Analysen folgendes Bild über das Ca/Mg-Verhältnis:

Bei hoher Infiltration steigt die Verhältniszahl. Dies kommt besonders deutlich bei der Miesenbachquelle (H 14) zum Ausdruck, wenn in einem zweidimensionalen Diagramm Schüttung und Ca/Mg-Verhältnis gegeneinander aufgetragen werden. Nach mehr als eineinhalbjähriger Beobachtung kann etwas genauer differenziert werden. Es wurde festgestellt, daß mindestens folgende weitere Faktoren ebenfalls maßgebend sind, wie z. B.

- Speichervermögen (bezogen auf die Gesamtmenge) und zeitliches Rückhaltevermögen von allfälligen "Reservoirs" im Abflußsystem,
- Zeitpunkt der Probennahme bzgl. des letzten Hochwasser- bzw. Niederschlagsereignisses,
- Abhängigkeit von Dauer, Intensität und Gesamtmenge des Niederschlages und seines Stoffeintrages,
- Überlagerung von Schmelzwasserabfluß durch Niederschlagsereignisse,
- Änderung der Lösungsfähigkeit der Wässer unter verschiedenen Abflußbedingungen.

Insgesamt zeigt sich eine generelle Tendenz zu abnehmendem Ca/Mg-Verhältnis bei sinkender Schüttung. Findet die Probennahme während der Schneeschmelze statt oder während bzw. unmittelbar nach Niederschlagsereignissen, so kann dieses Verhältnis plötzlich überproportional hoch ansteigen. Die Absolutwerte sind selbstverständlich nicht überzuinterpretieren. Bei länger andauerndem Trockenwetterabfluß strebt das Ca/Mg-Verhältnis einem Grenzwert (z. B. bei der Miesenbachquelle (H 14) ca. 2,15 - 2,2) zu und nimmt trotz sinkender Schüttung nicht weiter ab. Ein starkes kurzfristiges Niederschlagsereignis nach einer längeren Trockenperiode kann sich allerdings auf dieses Verhältnis genauso auswirken, wie bei der Probennahme während der Schneeschmelze.

### 3.4.2 Der Chlorid-Gehalt

Für hydrodynamische Betrachtungen eignet sich neben den Umweltisotopen auch das Chlorid als natürlicher Tracer, da es aufgrund seiner hohen hydrochemischen Mobilität weitgehend auf alle Schwankungen des Abflußverhaltens reagiert.

An diesem Parameter lassen sich hauptsächlich Verdünnungs- und Konzentrationseffekte vor, während und nach Niederschlagsereignissen studieren. Eingeschränkt wird die Brauchbarkeit nur dadurch, daß Karstwässer i. a. sehr geringe Chloridgehalte aufweisen (siehe Anhang ; Höllbach (H 29) oder Gimbach (H65)), sodaß Routinelabors meist nicht darauf eingerichtet sind, Gehalte auch unter 1 mg/l quantitativ zu bestimmen, sodaß letztlich nur Grenzwerte (z. B. Gehalt <1 mg/l) mitgeteilt werden. Damit kann aber eine Anwendung für eine hydrodynamische Analyse verhindert werden. Für das Höllengebirge stehen nur die Werte der Miesenbachquelle (H 14) und Schusterbachquelle (H 15) zur Verfügung. Durch den Kontakt mit Evaporiten (Steinsalz, Haselgebirge etc.) ist der Chloridgehalt so weit erhöht, daß er auch analytisch gut zu bestimmen ist. Abb. 16 zeigt den Zusammenhang zwischen Chloridkonzentration und Schüttung bei der Miesenbachquelle.

Allgemein läßt sich feststellen, daß ein unmittelbares Reagieren des Chlorid-Gehaltes auf Schüttungsschwankungen meist ein Indikator für geringes Speichervermögen des zugehörigen Aquifers ist.

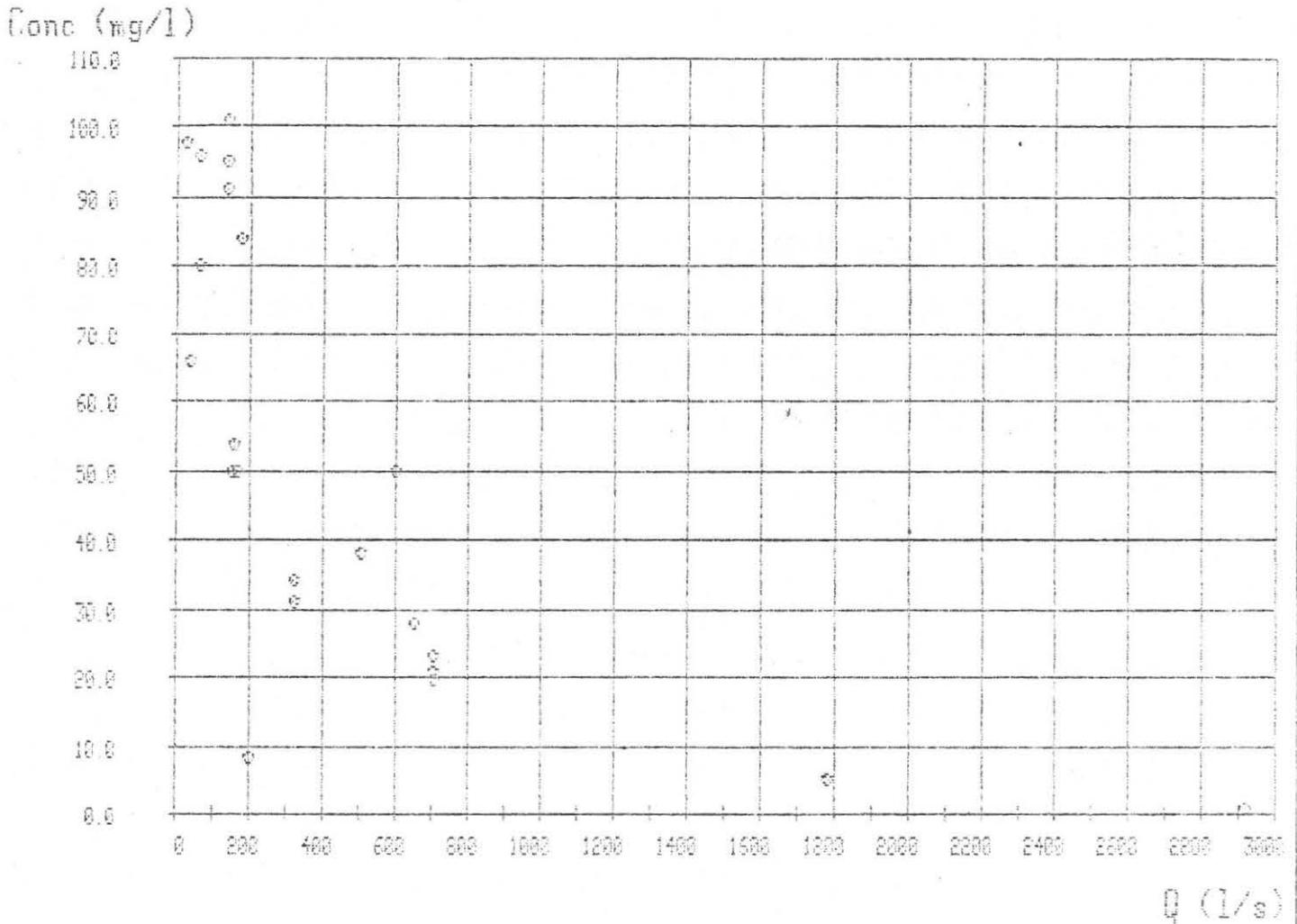


Abb. 16 : Zusammenhang zwischen Chlorid-Konzentration und Schüttung bei der Miesenbach-Quelle.

### 3.4.3 Der Sulfat- und Nitrat-Gehalt

In Karbonatgesteinswässern ist Sulfat fast ausschließlich an die Kationen Calcium und Magnesium gebunden, nimmt an Fällungsvorgängen teil und zeigt daher keine deutliche Abhängigkeit von Schüttungsschwankungen. Eine solche Abhängigkeit konnte nur bei der Miesenbach- und bei der Schusterbachquelle nachgewiesen werden, wenn auch hier mit geringerer Deutlichkeit. Bei allen übrigen Quellen traten nicht interpretierbare Schwankungen auf.

Nitrat wurde bestimmt, um allfällige Einflüsse von Weide- oder generell Almwirtschaft feststellen zu können. Es kann hier als biogener oder speziell als anthropogener Einflußfaktor gelten. Alle Quellen wiesen bisher Werte auf, die weit unter den für das Trinkwasser geltenden Richtlinien liegen. Der absolut höchste Wert wurde mit 14 mg/l bei der Gimbachquelle (H 65) am 1.12.1982 gemessen, welche sonst Werte kleiner als 7 mg/l aufwies. Bei keinem der Austritte konnte eine unnatürliche Erhöhung der Nitratwerte nachgewiesen werden, auch nicht bei den zeitweilig höher mineralisieren Wässern der Miesenbach- und der Schusterbachquelle. Bei den übrigen Quellen sind die Werte so gering, daß möglicherweise analytische Unsicherheiten bei der Bestimmung einen größeren Einfluß haben als die natürlichen Schwankungen.

#### 3.4.4 Die elektrische Leitfähigkeit, die Gesamtmineralisierung und die Karbonathärte

Anhand dieser Parameter soll versucht werden, das unterschiedliche Schwankungsverhalten näher zu charakterisieren. Herangezogen wurden nur die im Gelände gemessenen Werte der elektrischen Leitfähigkeit und der Säurekapazität bis pH 4.3 (Karbonathärte =  $\text{HCO}_3^-$  Gehalt = Bicarbonatgehalt) und die aus den Laborwerten bestimmte Gesamtmineralisierung. In Abb. 17 wird der Zusammenhang von elektrischer Leitfähigkeit zur Gesamtmineralisierung dargestellt.

Trotz der Problematik der Mittelwertbildung bei Zeitreihen und trotz Verzicht auf die Gewichtung der Mittelwerte mit der Analysenanzahl läßt sich an Tab. 2 erkennen, daß die Standardabweichung die im Beobachtungszeitraum festgestellte Schwankung deutlich widerspiegelt, und somit eine Differenzierung der Quellen zuläßt.

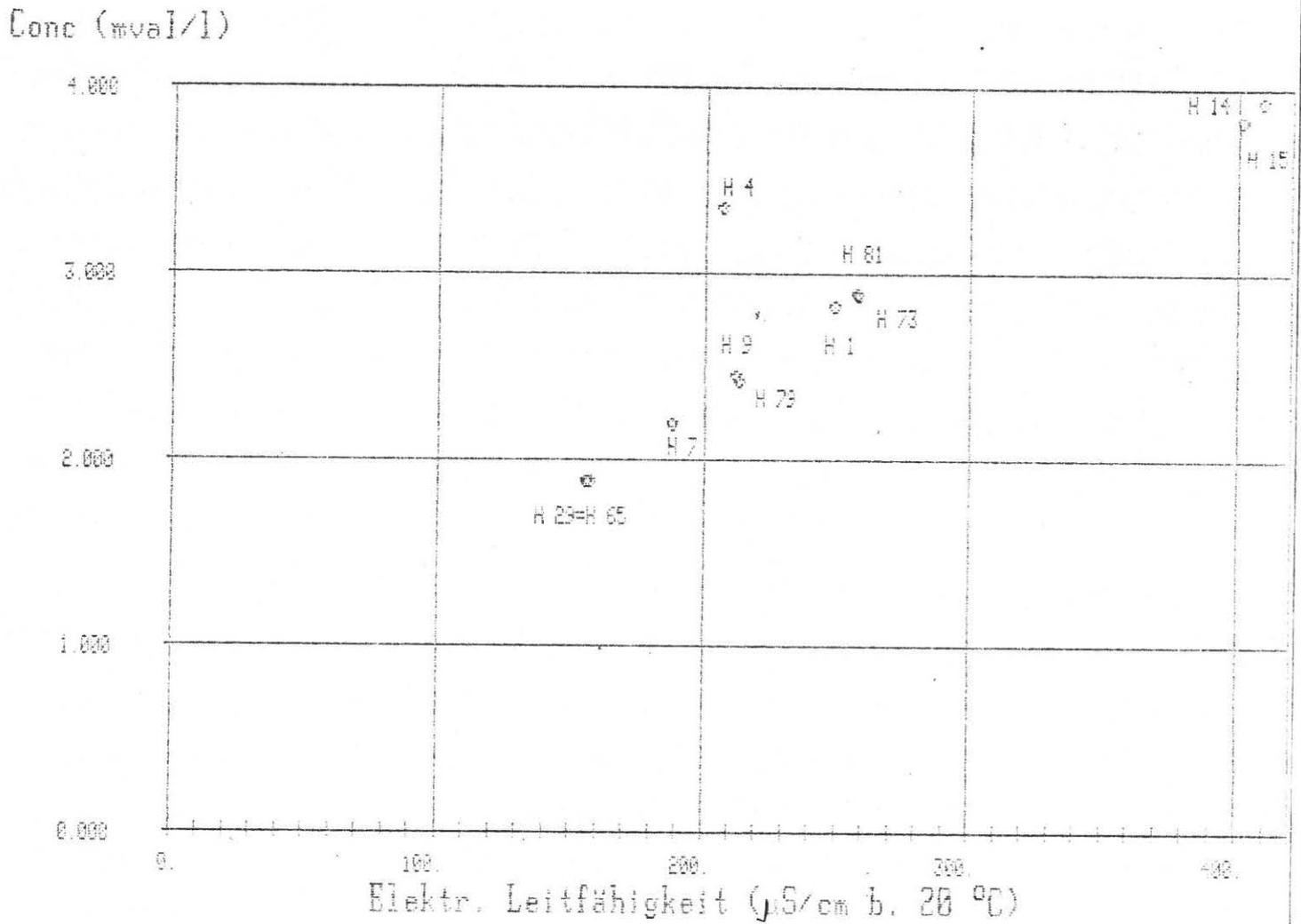


Abb. 17: Elektrische Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$  b.  $20^\circ\text{C}$ ) zu Gesamtmineralisierung (mval/l; arithmet. Mittel aus Kationen- und Anionensumme d. Einzelproben einer Quelle).

Tab. 2: Arithmet. Mittel und Standardabweichung (s) mit Probenanzahl (n) der elektrischen Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$  b.  $20^{\circ}\text{C}$ ) = LF 20, des arithmet. Mittels aus Kationen- und Anionensumme (mval/l)  $\neq$  mit Angabe der zugehörigen Gesteinseinheit

Quelle	LF 20	GESMIN	$\text{HCO}_3$		Aquifer
H 4	207	3.36	2.2	Mittel	Wettersteinkalk
	11.53	0.212	0.066	s	
	21	21	9	n	
H 7	188	2.19	2.06	Mittel	Wettersteinkalk Plattenkalk
	18.12	0.318	0,160	s	
	19	20	8	n	
H 9	212	2,45	2.36	Mittel	Wettersteinkalk Jura- u. Kreidek.
	11.19	0.199	0.088	s	
	21	21	9	n	
H29	157	1.887	1.7	Mittel	Wettersteinkalk
	19.49	0.201	0.151	s	
	21	21	8	n	
H65	156	1.89	1.7	Mittel	Wettersteinkalk
	16.47	0,180	0.120	s	
	20	20	8	n	
H81	257	2.89	2.85	Mittel	Wettersteinkalk
	16.94	0.280	0.200	s	
	9	9	8	n	
H73	258	2.87	2.26	Mittel	Wettersteindolomit
	53.95	0.457	0.277	s	
	20	20	8	n	
H79	213	2.41	2.14	Mittel	Wettersteindolomit
	11.77	0.153	0.050	s	
	20	19	8	n	
H14	409	3.93	1.86	Mittel	Wettersteinkalk Evaporite
	174.19	1.504	0.206	s	
	21	22	8	n	
H15	401	3.83	1.80	Mittel	Wettersteinkalk Evaporite
	173.58	1.351	0.235	s	
	18	19	5	n	
H 1	249	2.82	2.73	Mittel	Wettersteinkalk Hauptdolomit Flysch/Quartär
	15.39	0.316	0.212	s	
	20	20	8	n	

Tab. 3: Ordnung der Quellen nach der Schwankung des jeweiligen Parameters. Position 1 = größte Schwankung, Position 11 = geringste Schwankung, Rang bezogen auf die Standardabweichung aus Tab. 2

Rang	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
LF 20	H14	H15	H73	H29	H 7	H81	H65	H 1	H79	H 4	H 9
GESMIN	H14	H15	H73	H 7	H 1	H81	H 4	H29	H 9	H65	H79
HCO <sub>3</sub>	H73	H15	H 1	H14	H81	H 7	H29	H65	H 9	H 4	H79

Summiert man für jede Quelle den Rang, den sie bezüglich eines Parameters aufweist, so ergibt sich eine Gesamtrangordnung der einzelnen Quellen wie folgt:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
H14	H15	H73	H 7	H 1	H81	H29	H65	H 4	H 9	H79

Diese zunächst etwas theoretisch anmutende Verteilung von Rängen soll nun etwas näher untersucht werden: Es zeigt sich nämlich, daß jene Quellen, für die schon aus rein hydrologischen Gründen eine geringe Speicherkapazität des zugehörigen Aquifers postuliert wurde, auch die größten Schwankungen im Chemismus aufweisen und zwar sogar bei Parametern, die eher eine summarische Charakteristik des Chemismus bieten. Wären von allen Quellen vollständige Serien über Chlorid- oder Alkaligehalte vorhanden, könnte die darauf basierende Rangordnung viel besser differenziert werden.

Es ergibt sich nun folgendes Bild: Miesenbachquelle (H14) und Schusterbachquelle (H15) weisen die größten Schwankungen auf und liegen daher auf den niedersten Rängen, während die Kaltenbachquelle (H 9) und die Nikolausquelle (H79) am anderen Ende der Skala liegen. Bei den übrigen Quellen überlagern sich mehrere Effekte. So wäre bei der Schwarzenbachquelle (H73) zu erwarten, daß durch sie ein speicherfähigerer Aquifer (Wettersteindolomit) entwässert wird, wie bei der Nikolausquelle, welche im gleichen Gestein liegt. Daß dies nicht der Fall ist, kann dadurch erklärt werden, daß die Austrittsstelle bei Hochwassersituationen durch ein Oberflächengerinne über-

flutet wird. Durch Verdünnung mit rasch abfließendem Oberflächenwasser wird auch eine geringere Gesamtmineralisierung vorgetäuscht. Da Hochwassersituationen nicht nur zur Schneeschmelze sondern auch nach Gewittern oder länger andauernden Niederschlägen auftreten, schwankt ihr Chemismus relativ stark, sodaß dadurch hier eine geringere Speicherfähigkeit des Aquifers vorgetäuscht wird. Die Ergebnisse dieser Art der Typisierung stimmen im großen und ganzen mit denen der Isotopenanalysen überein. Eine völlige Parallelisierung ist aber nicht zu erwarten, da im Gegensatz zum Isotopengehalt die übrigen chemischen Inhaltsstoffe der Infiltrationswässer bis zum Wiederaustritt einer Menge chemischer Reaktionen unterliegen, denen die Umweltisotope nicht ausgesetzt sind. Darüber hinaus ist festzuhalten, daß die aufgrund der Isotopenwerte gewonnenen Verweilzeiten auf der Grundlage des Exponentialmodells gewonnen wurden, das selbst auch eine Vereinfachung der natürlichen Verhältnisse darstellt.

#### 3.4.5 Der Gehalt an Natrium und Kalium

Die beiden Kationen Natrium und Kalium kommen in geringen Gehalten in jedem Wasser vor. Nur bei starker anthropogener Verunreinigung kann Kalium den Natriumgehalt überwiegen, ansonsten ist meist ein Na/K-Verhältnis von 3:1 bis 10:1 zu erkennen. In salinar (hier alpine Steinsalzvorkommen) beeinflussten Wässern verschiebt sich das Verhältnis zu höheren Werten. In diesem Fall kann der Natrium-Gehalt ebenfalls wie das Chlorid als hydrodynamischer Parameter verwendet werden. Dies trifft im Höllengebirge vorwiegend für die Miesenbachquelle (H14) und die Schusterbachquelle (H15) zu. Alle übrigen Quellen haben geringe bis sehr geringe Gehalte dieser Alkalien. Eine bessere Darstellung dieser Zusammenhänge zeigt Abb. 18. Der starke Einfluß von Schüttungsschwankungen ist besonders bei der Miesenbach-, etwas geringer bei der Schwarzenbachquelle zu erkennen, während die Variationen bei Höllbach- und Gimbach-Ursprung eher auf analytische Unsicherheiten (Werte nahe der Nachweisgrenze des Analysenverfahrens) zurückzuführen sein durften.

conc  
(mval/l)

10

1

0.1

0.01

0.001

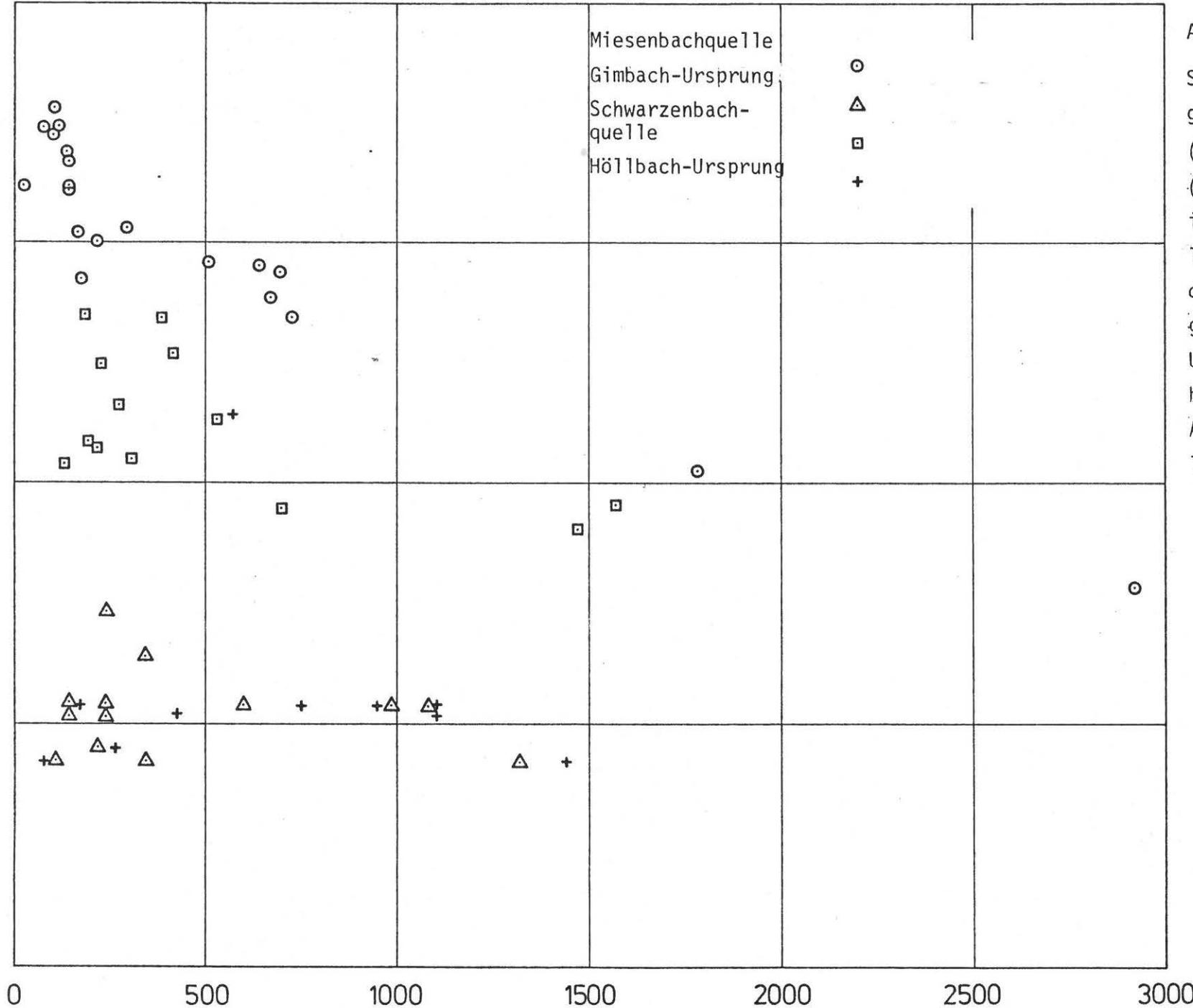


Abb. 18:

Semilogarithmisches Diagramm: Summe der Alkalien (y-Achse) zu Schüttung (x-Achse). Konzentration in mval/l, Schüttung in l/s aufgrund der vorhandenen Pegelaufzeichnungen, für H 65 (Gimbach-Ursprung) und H 29 (Höllbach-Ursprung) wurde der Abfluß an der Pegelstelle herangezogen.

Nachbemerkung

Mit dem dritten Projektsjahr wurde zur Erfassung der Wasserreserven im Schafberg-Höllengebirge eine Reihe von Arbeiten abgeschlossen, die es erlauben, Hinweise auf eine unterschiedliche Karstwasserspeicherung zu geben:

- Geologische Grundlagen
- Quellen - ihre chemisch-physikalische Beschaffenheit
  - Dauerbeobachtung hinsichtlich der unterirdischen Speicherung
  - Einrichtung von Abflußmeßstellen
- Fernerkundung von Grundwassereinströmungen in den Attersee

Damit wurden die Grundlagen für die Erstellung eines Entwässerungsmodells des Höllengebirges, das in der noch verbleibenden Untersuchungszeit ausgearbeitet werden soll.

Bearbeiter:



R. BENISCHKE

Projektleiter:



UDoz. Dr. H. ZOJER

## LITERATUR

- BORTOLAMI, G.C. et al. (1979): Isotope Hydrology of the Val Corsaglia, Maritime Alps, Piemont, Italy. Isotope Hydrology 1978, Wien.
- COLWELL, R.N. (1983): Manual of Remote Sensing, Second Edition. Fall Church 2440 S.
- FONTES, J.Ch. et al. (1979): Hydrologie isotopique du Massif du Mont-Blanc. Isotope Hydrology 1978, Wien.
- FRITZ, P. & J.Ch. FONTES (Ed., 1980): Handbook of Environmental Isotope Geochemistry. Vol. 1, 545 S., Amsterdam.
- GAMERITH, W. u. W. KOLLMANN (1976): Zur Hydrologie des Schaf- und Leonsberggebietes sowie des Höllengebirges. In: ATTERSEE - Vorläufige Ergebnisse des OECD-Seenentrophierungs- und des MAB-Programms, Gmunden-Weyeregg, S. 29 - 42.
- GAT, J.R. & R. GONFIANTINI (Ed., 1981): Stable Isotope Hydrology. Technical Reports Series No. 210, IAEA, 337 S., Wien.
- GONFIANTINI, R. et al. (1976): Environmental Isotopes and Hydrochemistry in Groundwater of Gran Canaria. Proc. Adv. Group Meeting 1975, Wien.
- Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology (1983). IAEA, Technical Reports Series, 91, 439 S., Wien.
- LORENZ, D. (1979): Der Einfluß einer Luftzwischen-schicht auf meteorologische Oberflächentemperaturmessungen mit Radiometern. In: Tellus XXI, 1, S. 76 - 88.
- Luftaufnahmen, Wärme-Infrarotmessungen als neue Informationsquelle für Planungszwecke (1972). Schriftenreihe Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, Heft 44. 70 S.
- Luftaufnahmen II, Auswertung für Stadtplanung, Regionalplanung, Umweltschutz (1975). Schriftenreihe Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, Heft 58, 132 S.
- MOSER, H. & W. RAUERT (1980): Isotopenmethoden in der Hydrologie. Lehrb. Hydrogeol.; 8, 400 S., Berlin-Stuttgart.
- PAYNE, B.R. & Y. YURTSEVER (1974): Environmental Isotope as a Hydrogeological Tool in Nicaragua. Isotope Technique in Groundwater Hydrology 1974, Wien.
- SCHNEIDER, S. (1974): Gewässerüberwachung durch Fernerkundung. Die mittlere Saar. Landeskundliche Luftbildauswertung im mitteleuropäischen Raum, Heft 12, Bonn-Bad Godesberg, 71 S.

- SCHNEIDER, S. (1977): Gewässerüberwachung durch Fernerkundung. Der mittlere Oberrhein im Vergleich zur mittleren Saar. Landeskundliche Luftbilddauswertung im mitteleuropäischen Raum, Heft 13, Bonn-Bad Godesberg, 92 S.
- SCHNEIDER, S. (1979): Gewässerüberwachung durch Fernerkundung. Digitale Aufbereitung und Auswertung von Thermalaufnahmen der Untereibe und des Oberrheins. Landeskundliche Luftbilddauswertung im mitteleuropäischen Raum, Heft 14, Bonn-Bad Godesberg, 55 S.
- SCHOTTERER, U. et al. (1979): Isotope Study in the Alpine Karst Region of Rawil, Switzerland. Isotope Hydrology 1978, Wien.
- SELLIN, L. u. H. SVENSSON (1970): Airborne Thermography. In: Geoforum 2, 1970, S. 49 - 60.
- SIEGENTHALER, U. (1971): Sauerstoff-18, Deuterium und Tritium im Wasserkreislauf, Beiträge zu Meßtechnik, Modellrechnung und Anwendungen. Diss. Univ. Bern.
- ZIRM, K. (1983): Registrierung von Grundwasserzuflüssen in den Neusiedler See mit Hilfe der Fernerkundung. In: Review 1/1983, S. 54 - 64.

## A N H A N G

### Obersicht über die chemischen Analysen der dauerbeobachteten Quellen des Höllengebirges

#### Erläuterungen

Labornummer:	Institutsinterne Probennummer
Art:	Art der Schüttungsangabe: 1 = Messung 2 = Schätzung
GLD/LAB:	Gelände/Labor
$\text{HCO}_3^-$ :	Entspricht der Säurekapazität bis pH 4.3
+++:	keine Messung durchgeführt
d ‰:	Delta - Promille
T.U.:	Tritium Unit

Im ersten Teil des Anhangs sind für jede Quelle Feldparameter, Ionenkonzentrationen in mg/l und Isotopenwerte angegeben, im zweiten Teil Ionenkonzentration in mval/l und Ionenverhältnisse.

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAMEN: ZWIESELGRABEN-QUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 1

AUFNAHME DATUM		SEEHÖHE	MESSOBJEKT-TYP		GESTEIN OBERHALB D. AUSTRITTES				GESTEIN UNTERHALB D. AUSTRITTES											
750215		740.00	SCHUTTQUELLE		FLYSCH-HANGSCHUTT/QUARTAR				FLYSCH-HANGSCHUTT/QUARTAR											
LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	n	Q (l/s)	LEITFAHIGK. 20 °C μS/cm		TEMP °C	pH-WERT		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		Na + (mg/l)	K+ (mg/l)	Mg+2 (mg/l)	Ca+2 (mg/l)	Cl - (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	18-O d‰	2-H d‰	3-H T.U.
				GLD	LAB		GLD	LAB	GLD	LAB										
0	810822	1	2.00	****	****	6.6	****	****	****	167.2	.90	.50	8.70	38.00	2.00	9.30	8.60	-11.83	-81.60	****
0	820421	1	2.00	267.	255.	5.3	7.55	****	****	188.2	.70	.25	18.00	33.00	3.00	8.40	9.00	-12.03	****	****
0	820602	1	1.00	281.	250.	6.3	7.55	7.90	****	182.0	.65	.30	15.00	43.00	1.00	6.90	10.00	-11.81	****	****
0	820712	1	.50	226.	250.	6.5	7.60	7.90	****	178.0	1.40	.30	12.00	43.00	1.00	8.50	9.00	-11.93	****	****
0	820801	1	2.00	224.	205.	6.5	7.55	7.85	****	161.0	.60	.25	14.00	37.00	4.00	11.00	11.00	-11.90	****	****
0	820901	1	3.00	228.	250.	****	****	8.00	****	152.0	.55	.20	15.00	36.00	2.00	9.20	11.00	-11.18	****	****
0	820930	1	.20	236.	245.	6.2	****	8.00	****	134.0	.50	.70	11.00	36.00	3.00	12.00	13.00	-10.64	****	****
0	821101	2	.60	259.	235.	6.4	****	8.10	****	121.0	.50	.70	13.00	32.00	1.00	9.30	13.00	-11.51	****	****
0	821202	2	1.50	266.	260.	6.2	****	8.05	****	159.0	.65	.20	18.00	32.00	2.00	8.90	11.00	-11.78	****	****
830221	830104	1	1.00	260.	****	5.6	****	****	****	159.3	.72	.37	10.00	42.71	.55	9.35	7.59	-11.87	****	****
830383	830201	1	1.50	268.	****	6.2	****	****	****	162.3	.63	.27	10.31	38.93	.60	6.40	6.40	-11.49	****	****
0	830302	1	2.00	257.	197.	5.6	****	7.70	****	****	.67	****	10.50	43.10	****	1.80	1.40	****	****	****
0	830404	1	2.00	249.	242.	6.0	****	7.92	****	159.8	.79	.10	11.50	42.40	1.00	2.10	5.40	****	****	****
0	830503	1	2.50	250.	230.	6.1	7.94	8.00	195.3	172.0	.70	.20	9.90	42.00	1.00	2.40	4.20	****	****	****
0	830531	2	1.50	248.	210.	6.3	7.88	7.90	153.8	172.0	.70	.20	7.10	41.00	1.00	.90	4.20	****	****	****
0	830629	1	1.50	252.	243.	6.7	7.92	8.10	167.8	136.0	.60	.20	3.60	41.00	1.00	1.90	5.80	****	****	****
0	830802	2	.30	247.	220.	6.2	7.65	8.10	158.6	153.0	.70	.20	4.10	40.90	1.00	1.70	2.50	****	****	****
0	830901	2	.80	241.	220.	6.8	7.64	7.90	164.7	156.0	.60	.10	2.40	40.00	1.00	1.70	2.10	****	****	****
0	831002	2	.10	240.	220.	6.9	7.66	7.90	161.7	150.0	.70	.20	3.60	39.00	1.00	1.90	7.00	****	****	****
0	831106	1	.10	239.	220.	6.6	7.95	7.90	158.6	145.0	.70	.20	2.20	38.00	1.00	2.10	7.90	****	****	****
0	831203	1	.10	235.	240.	5.1	7.42	8.10	161.7	153.0	.80	.30	2.40	38.50	1.00	2.10	8.10	****	****	****

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÜLLENGEBIRGE - Teil III  
 PROJEKTNUMMER: H 82 311

MESSOBJEKT-NAME: AURACH-URSPRUNG  
 KURZBEZEICHNUNG: H 4

AUFNAHMEDATUM		SEEHÖHE	MESSOBJEKT-TYP		GESTEIN OBERHALB D. AUSTRITTES				GESTEIN UNTERHALB D. AUSTRITTES											
750503		950.00	SCHUTTQUELLE		WETTERSTEINKALK/RAIBLER SCH.				HAUPTDOLOMIT											
LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	A T	Q (l/s)	LEITFÄHIGK. 20° C μS/cm	TEMP °C	pH-WERT		HCO <sub>3</sub> - (mg/l)		Na + (mg/l)	K+ (mg/l)	Mg+2 (mg/l)	Ca+2 (mg/l)	Cl - (mg/l)	NO <sub>3</sub> - (mg/l)	SO <sub>4</sub> -2 (mg/l)	18-O d‰	2-H d‰	3-H T.U.	
			GLD	LAB	GLD	LAB	GLD	LAB	GLD	LAB										
0	810822	2	.60	*****	*****	5.3	****	****	*****	148.2	.50	.50	5.80	38.00	.50	9.40	7.20	-12.17	-84.90	*****
0	820420	1	1.00	235.	205.	4.6	7.50	****	*****	152.4	.25	.20	9.40	36.00	1.00	7.90	15.00	-11.73	*****	*****
0	820601	1	2.50	193.	180.	4.6	7.45	7.75	*****	139.0	.20	.20	6.60	35.00	1.00	5.50	6.00	-12.59	*****	*****
0	820712	1	1.50	194.	200.	5.0	7.25	7.65	*****	136.0	.40	.40	8.30	37.00	1.00	6.70	6.00	-11.55	*****	*****
0	820801	1	15.00	192.	170.	6.2	7.55	7.80	*****	127.0	.20	.20	7.40	35.00	1.00	7.30	9.00	-11.46	*****	*****
0	820831	2	.60	196.	210.	5.2	****	7.70	*****	138.0	.20	.20	8.60	38.00	1.00	8.40	9.00	-11.82	*****	*****
0	820930	1	.35	211.	210.	5.5	****	7.70	*****	131.0	.30	.70	7.20	39.00	1.00	13.00	10.00	-11.46	*****	*****
0	821031	1	.50	224.	210.	5.3	****	8.05	*****	109.0	.30	.70	9.30	29.00	1.00	10.00	8.00	-11.66	*****	*****
0	821202	1	.50	231.	215.	5.1	****	8.20	*****	138.0	.25	.15	9.20	37.00	2.00	8.90	10.00	-11.58	*****	*****
830222	830104	1	3.00	205.	*****	4.8	****	****	*****	135.5	.26	.27	6.82	39.49	.60	4.30	4.77	-11.31	*****	*****
830384	830201	1	4.00	205.	*****	4.7	****	****	*****	125.7	.23	.20	6.70	33.97	.65	4.90	6.20	-12.10	*****	*****
0	830302	1	.80	212.	170.	4.8	****	7.90	*****	*****	.23	.16	7.60	39.30	*****	1.60	1.40	*****	*****	*****
0	830404	2	2.50	205.	204.	4.6	****	7.92	*****	142.1	.32	.10	6.40	39.70	1.00	1.70	1.80	*****	*****	*****
0	830503	1	1.50	202.	190.	4.8	8.09	8.20	128.1	142.1	.30	.10	5.70	36.50	1.00	2.30	2.20	*****	*****	*****
0	830531	2	1.00	208.	200.	5.1	7.98	7.80	128.1	144.0	.20	.10	4.40	40.00	1.00	.10	3.00	*****	*****	*****
0	830629	2	5.50	207.	210.	5.6	7.57	8.00	134.2	126.0	.20	.10	2.90	38.00	1.00	1.50	1.60	*****	*****	*****
0	830802	2	.15	212.	200.	5.8	7.30	7.90	134.2	126.0	.30	.20	3.70	37.30	1.00	1.40	2.20	*****	*****	*****
0	830901	2	.20	205.	195.	5.8	7.94	7.70	137.3	128.0	.20	.10	3.20	37.00	1.00	1.50	1.40	*****	*****	*****
0	831001	2	.30	200.	200.	5.7	8.17	8.00	137.3	124.0	.20	.10	2.40	33.00	1.00	1.70	2.10	*****	*****	*****
0	831106	1	.20	201.	200.	5.5	7.34	7.90	134.2	133.0	.20	.10	2.20	36.00	1.00	2.00	1.10	*****	*****	*****
0	831203	1	1.00	204.	230.	5.3	8.00	8.10	140.3	138.0	.20	.50	2.40	32.90	1.00	1.90	3.20	*****	*****	*****
0	840103	1	1.50	197.	200.	5.2	8.00	7.80	134.2	137.0	.20	.10	2.90	36.00	1.00	2.00	3.00	*****	*****	*****

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAMEN: HIRSCHBRUNN  
 KURZBEZEICHNUNG: H 7

AUFNAHME DATUM			SEEHÖHE	MESSOBJEKT-TYP			GESTEIN OBERHALB D. AUSTRITTES				GESTEIN UNTERHALB D. AUSTRITTES									
750624			830.00	SCHUTTQUELLE			WETTERSTEINKALK				PLATTENKALK/HAUPTDOLOMIT									
LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	A R T	Q (l/s)	LEITFÄHIGK. 20°C µS/cm		TEMP °C	pH-WERT		HCO <sub>3</sub> - (mg/l)		Na + (mg/l)	K+ (mg/l)	Mg+2 (mg/l)	Ca+2 (mg/l)	Cl - (mg/l)	NO <sub>3</sub> - (mg/l)	SO <sub>4</sub> -2 (mg/l)	18-O d‰	2-H d‰	3-H T.U.
				GLD	LAB		GLD	LAB	GLD	LAB										
0	810822	1	4.00	*****	*****	5.9	****	****	*****	134.2	.50	.50	6.80	38.00	.50	4.90	7.20	-11.97	-82.10	*****
0	820420	1	3.50	199.	190.	5.1	7.55	****	*****	140.3	.20	.20	7.90	35.00	1.00	5.40	7.00	-12.10	*****	*****
0	820602	1	20.00	182.	165.	5.8	7.70	8.00	*****	122.0	.20	.20	5.90	31.00	1.00	3.60	6.00	-12.87	*****	*****
0	820713	1	5.00	165.	190.	5.8	7.70	8.05	*****	134.2	.35	.30	7.80	36.00	1.00	4.60	7.00	-11.84	*****	*****
0	820801	1	8.00	193.	180.	7.0	7.65	7.95	*****	146.4	.20	.20	11.00	35.00	2.00	4.70	9.00	-10.21	*****	*****
0	820831	1	1.20	176.	200.	5.8	****	8.10	*****	115.9	.20	.20	6.60	32.00	1.00	7.00	7.00	-11.47	*****	*****
0	820930	1	.15	203.	205.	5.8	****	8.15	*****	115.9	.30	.70	8.40	32.00	1.00	8.80	10.00	-11.16	*****	*****
0	821101	1	.50	227.	205.	5.5	****	8.25	*****	109.8	.30	.70	6.70	34.00	1.00	7.60	9.00	-11.38	*****	*****
0	821201	1	*****	*****	*****	****	****	****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
830225	830103	1	.50	191.	*****	5.2	****	****	*****	128.1	.32	.24	4.70	40.25	.50	7.10	3.91	-11.84	*****	*****
830385	830201	1	5.00	147.	*****	5.0	****	****	*****	103.7	.20	.23	4.17	32.32	.46	1.30	5.70	-11.84	*****	*****
0	830301	2	1.50	200.	157.	4.8	****	8.00	*****	*****	.25	.19	4.80	38.90	*****	1.30	1.40	*****	*****	*****
0	830405	2	5.00	191.	185.	5.2	****	8.00	*****	140.3	.40	.26	7.70	39.80	1.00	1.10	1.40	*****	*****	*****
0	830503	1	4.00	183.	170.	5.3	8.14	8.20	122.0	134.2	.30	.10	3.60	35.80	1.00	1.40	1.00	*****	*****	*****
0	830531	2	.50	185.	180.	5.4	8.33	8.20	122.0	134.2	.30	.10	5.60	35.00	1.00	.10	2.50	*****	*****	*****
0	830629	1	30.00	179.	184.	5.4	7.64	8.30	115.9	115.9	.20	.10	2.40	35.00	1.00	1.00	1.00	*****	*****	*****
0	830801	2	.10	214.	210.	6.2	7.85	8.30	140.3	134.2	.40	.20	3.20	40.90	1.00	1.00	2.90	*****	*****	*****
0	830831	2	.10	205.	190.	6.0	7.47	8.10	140.3	134.2	.30	.10	3.00	39.00	1.00	1.00	2.80	*****	*****	*****
0	831001	2	2.00	187.	190.	5.7	8.30	8.00	128.1	122.0	.30	.10	1.90	34.00	1.00	1.20	.60	*****	*****	*****
0	831106	1	*****	*****	*****	****	****	****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
0	831203	1	4.00	180.	200.	5.3	7.90	8.20	122.0	122.0	.30	.10	1.90	32.50	1.00	1.40	2.60	*****	*****	*****
0	840103	1	4.00	170.	170.	5.4	7.80	8.00	115.9	122.0	.20	.10	2.90	32.00	1.00	1.30	1.60	*****	*****	*****

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAME: KALTENBACHQUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 9

AUFNAHME DATUM		SEEHÖHE	MESSOBJEKT-TYP		GESTEIN OBERHALB D. AUSTRITTES				GESTEIN UNTERHALB D. AUSTRITTES											
750624		810.00	SCHICHTSTAUQU.		PLATTENKALKE				HAUPTDOLOMIT											
LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	A R T	Q (l/s)	LEITFAHIGK. 20° C GLD LAB	TEMP °C	pH-WERT GLD LAB		HCO3 - (mg/l) GLD LAB		Na + (mg/l)	K+ (mg/l)	Mg+2 (mg/l)	Ca+2 (mg/l)	Cl - (mg/l)	NO3- (mg/l)	SO4 -2 (mg/l)	18-0 d‰	2-H d‰	3-H T.U.	
0	810822	1	40.00	*****	*****	5.7	*****	*****	146.4	.70	.50	12.00	36.00	.50	10.40	7.40	-11.84	-82.30	*****	
0	820420	1	30.00	221.	215.	5.6	7.55	*****	158.6	.40	.25	9.90	38.00	1.00	7.00	13.00	-11.76	*****	*****	
0	820602	1	35.00	197.	195.	5.8	7.65	7.95	*****	140.3	.45	.20	13.00	35.00	1.00	3.20	6.00	-12.47	*****	*****
0	820713	1	30.00	194.	200.	5.7	7.65	8.00	*****	140.3	.40	.20	8.30	36.00	1.00	5.00	9.00	-11.66	*****	*****
0	820801	1	40.00	187.	160.	6.0	7.65	8.00	*****	122.0	.35	.15	7.80	33.00	3.00	6.10	8.00	-11.51	*****	*****
0	820831	1	37.00	209.	210.	5.7	*****	8.00	*****	134.2	.35	.20	8.70	35.00	2.00	6.20	8.00	-11.69	*****	*****
0	820930	1	22.00	213.	210.	5.7	*****	8.05	*****	122.0	.30	.70	9.30	34.00	2.00	12.00	11.00	-11.13	*****	*****
0	821101	1	22.00	237.	210.	*****	*****	8.10	*****	109.8	.30	.70	8.70	30.00	2.00	4.70	9.00	-11.50	*****	*****
0	821201	1	12.00	231.	205.	5.6	*****	8.10	*****	134.2	.40	.20	11.00	33.00	2.00	5.80	9.00	-11.62	*****	*****
830226	830104	1	30.00	213.	*****	5.5	*****	*****	*****	128.1	.41	.33	5.60	38.80	.65	8.59	4.82	-11.40	*****	*****
830386	830201	1	40.00	222.	*****	5.5	*****	*****	*****	134.2	.50	.27	7.30	38.88	.41	2.50	5.70	-11.96	*****	*****
0	830301	1	15.00	214.	166.	5.6	*****	7.90	*****	*****	.45	.22	7.50	39.30	*****	1.30	1.40	*****	*****	*****
0	830405	1	20.00	217.	210.	5.6	*****	7.91	*****	152.5	1.47	.70	7.30	41.80	1.00	1.20	1.60	*****	*****	*****
0	830503	1	7.00	214.	190.	5.7	8.04	8.20	140.3	152.5	.50	.20	5.50	40.70	1.00	1.70	2.20	*****	*****	*****
0	830531	1	20.00	211.	200.	5.7	8.20	8.00	140.3	152.5	.50	.20	6.30	38.00	1.00	.10	2.50	*****	*****	*****
0	830629	1	150.00	219.	215.	6.1	8.22	8.30	152.5	140.3	.40	.20	1.90	41.00	1.00	1.10	2.20	*****	*****	*****
0	830801	1	16.00	210.	210.	6.2	7.88	8.20	140.3	134.2	.40	.20	3.20	36.00	1.00	1.10	2.50	*****	*****	*****
0	830831	1	8.00	207.	193.	6.0	8.17	8.00	152.5	140.3	.40	.10	2.40	38.00	1.00	1.10	2.80	*****	*****	*****
0	831001	1	12.00	208.	200.	5.8	7.73	7.90	140.3	140.3	.50	.20	1.70	36.00	1.00	1.30	4.90	*****	*****	*****
0	831106	1	8.00	208.	200.	5.8	8.09	8.00	140.3	170.8	.40	.20	1.90	36.00	1.00	1.50	4.10	*****	*****	*****
0	831203	1	20.00	209.	220.	5.8	7.83	8.20	140.3	140.3	.40	.20	1.70	34.90	1.00	1.40	4.00	*****	*****	*****
0	840103	1	25.00	212.	200.	5.8	7.80	7.90	146.4	149.0	.50	.20	2.90	38.00	1.00	1.50	2.80	*****	*****	*****

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÜLLENGEBIRGE - TEIL IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAME: MIESENBACHQUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 14

AUFNAHME DATUM		SEEHÖHE	MESSOBJEKT-TYP		GESTEIN OBERHALB D. AUSTRITTES				GESTEIN UNTERHALB D. AUSTRITTES												
750713		455.00	KLUFTQUELLE		WETTERSTEINKALK				HAUPTDOLOMIT/HOLOZAN												
LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	A R T	Q (l/s)	LEITFAHIGK. 20° C μS/cm		TEMP		pH-WERT		HCO3 - (mg/l)		Na + (mg/l)	K+ (mg/l)	Mg+2 (mg/l)	Ca+2 (mg/l)	Cl - (mg/l)	NO3- (mg/l)	SO4 -2 (mg/l)	18-0 d‰	2-H d‰	3-H T.U.
				GLD	LAB	°C	GLD	LAB	GLD	LAB	GLD	LAB									
0	810820	1	40.00	*****	*****	6.2	****	****	*****	134.2	41.00	1.30	8.70	42.00	66.00	5.50	39.80	-12.18	-82.40	*****	
0	810821	1	600.00	*****	*****	6.3	****	****	*****	128.1	32.00	1.00	8.70	41.00	50.00	4.20	31.20	-11.84	-81.10	*****	
0	810822	2	200.00	*****	*****	6.0	****	****	*****	115.9	5.20	.50	5.80	32.00	8.40	5.30	10.10	-11.74	-81.70	*****	
0	820421	1	150.00	383.	365.	6.3	7.55	****	*****	134.2	23.00	.80	10.00	37.00	50.00	6.20	33.00	-12.66	*****	*****	
0	820601	2	2920.00	139.	130.	5.4	7.75	7.95	*****	79.3	.78	.11	2.50	25.05	.86	1.58	2.00	-13.11	*****	*****	
820000	820601	2	2920.00	139.	130.	5.4	7.75	7.95	*****	103.7	.70	.20	7.70	21.00	1.00	1.00	4.00	-13.11	*****	*****	
0	820713	2	507.00	317.	300.	5.7	7.70	8.05	*****	109.8	18.80	.80	6.30	36.00	38.00	2.00	25.00	-12.23	*****	*****	
0	820801	2	1780.00	172.	145.	5.8	7.75	8.05	*****	109.8	2.50	.15	3.90	33.00	5.00	3.70	10.00	-10.82	*****	*****	
0	820901	2	166.00	410.	345.	6.2	****	8.15	*****	109.8	25.00	.80	8.40	37.00	50.00	6.70	33.00	-11.26	*****	*****	
0	820930	2	24.00	642.	550.	6.2	****	8.15	*****	109.8	39.00	1.50	12.00	46.00	98.00	6.30	58.00	-10.92	*****	*****	
0	821101	2	140.00	626.	540.	6.2	****	8.20	*****	103.7	38.00	1.40	12.00	43.00	95.00	8.20	61.00	-10.70	*****	*****	
0	821201	2	140.00	644.	545.	6.3	****	8.20	*****	122.0	50.00	1.40	13.00	47.00	101.00	4.60	60.00	-11.38	*****	*****	
830227	830103	2	140.00	653.	*****	6.5	****	****	*****	122.0	54.80	.30	8.26	52.50	91.04	6.01	56.40	-12.13	*****	*****	
830387	830202	2	705.00	253.	*****	6.4	****	****	*****	103.7	11.24	.22	5.07	34.47	19.70	2.30	14.60	-12.17	*****	*****	
0	830302	2	157.00	417.	324.	6.6	****	7.80	*****	*****	39.10	*****	7.90	45.30	54.00	1.00	15.00	*****	*****	*****	
0	830404	2	323.00	346.	314.	6.5	****	7.91	*****	*****	26.60	.10	6.10	37.60	34.00	1.00	24.00	*****	*****	*****	
0	830504	2	705.00	244.	220.	5.8	8.20	8.20	97.6	109.8	17.40	.10	1.60	34.50	23.00	1.00	12.00	*****	*****	*****	
0	830601	2	651.00	254.	240.	5.6	8.04	8.20	91.5	109.8	18.60	.10	3.20	35.00	28.00	.10	15.00	*****	*****	*****	
0	830630	2	705.00	250.	244.	5.7	8.14	8.30	109.8	109.8	13.50	.10	2.40	37.00	21.00	.60	14.00	*****	*****	*****	
0	830801	2	60.00	516.	440.	6.2	7.88	8.20	122.0	115.9	69.00	1.40	2.90	46.10	80.00	.60	50.00	*****	*****	*****	
0	830831	2	140.00	566.	480.	6.2	8.24	8.10	122.0	122.0	71.00	.10	2.70	49.00	101.00	.70	34.00	*****	*****	*****	
0	831002	2	175.00	504.	440.	6.2	8.10	7.90	122.0	115.9	66.00	.10	2.40	44.00	84.00	.90	46.00	*****	*****	*****	
0	831106	2	60.00	547.	460.	6.3	8.15	8.00	122.0	128.1	77.00	.10	2.70	48.00	96.00	.90	63.00	*****	*****	*****	
0	831201	2	323.00	290.	300.	6.5	7.95	8.20	122.0	115.9	16.30	.10	1.70	36.50	31.00	1.30	25.00	*****	*****	*****	

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÜLLENGEBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAME: SCHUSTERBACHQUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 15

AUFNAHME DATUM			SEEHÖHE	MESSOBJEKT-TYP			GESTEIN OBERHALB D. AUSTRITTES					GESTEIN UNTERHALB D. AUSTRITTES								
750713			450.00	KLUFTQUELLE			WETTERSTEINKALK					HAUPTDOLOMIT/HOLOZAN								
LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	A R T	Q (l/s)	LEITFÄHIGK. 20 °C $\mu$ S/cm		TEMP °C	pH-WERT		HCO <sub>3</sub> - (mg/l)		Na + (mg/l)	K+ (mg/l)	Mg+2 (mg/l)	Ca+2 (mg/l)	Cl - (mg/l)	NO <sub>3</sub> - (mg/l)	SO <sub>4</sub> -2 (mg/l)	18-O d‰	2-H d‰	3-H T.U.
				GLD	LAB		GLD	LAB	GLD	LAB										
0	810820	1	1.50	*****	*****	6.2	****	****	*****	128.1	40.00	1.30	10.00	41.00	65.00	3.50	41.00	-12.12	-84.70	*****
0	810822	1	70.00	*****	*****	6.0	****	****	*****	115.9	5.00	.50	4.90	32.00	7.70	9.50	10.80	-11.74	-80.50	*****
0	820421	1	50.00	393.	370.	6.3	7.55	****	*****	134.2	30.00	.80	13.00	35.00	51.00	5.90	33.00	-12.31	*****	*****
0	820601	1	500.00	150.	130.	5.4	7.75	7.95	*****	97.6	.80	.20	3.20	29.00	1.00	1.00	4.00	-12.88	*****	*****
0	820713	1	120.00	337.	305.	5.7	7.70	8.05	*****	109.8	18.60	.75	5.80	36.00	39.00	2.10	25.00	-11.88	*****	*****
0	820801	1	1000.00	183.	145.	5.8	7.75	8.10	*****	109.8	2.40	.20	2.90	36.00	5.00	5.30	8.00	-10.03	*****	*****
0	820901	1	20.00	439.	380.	6.2	****	8.15	*****	109.8	29.00	.80	11.00	40.00	53.00	6.60	34.00	-11.50	*****	*****
0	820930	1	.50	639.	550.	6.2	****	8.10	*****	109.8	38.00	1.40	8.50	49.00	97.00	4.40	57.00	-1.29	*****	*****
0	821101	1	.50	626.	545.	6.2	****	8.20	*****	97.6	38.00	1.40	11.00	42.00	96.00	5.00	57.00	-11.46	*****	*****
0	821201	1	.50	717.	550.	6.3	****	8.20	*****	115.9	51.00	1.40	15.00	38.00	101.00	4.20	60.00	-11.87	*****	*****
830228	830103	1	2.00	632.	*****	6.5	****	****	*****	122.0	55.14	.29	8.24	53.31	92.17	6.09	55.50	-11.50	*****	*****
830388	830202	1	120.00	251.	*****	6.4	****	****	*****	97.6	11.64	.24	5.09	34.77	19.50	2.50	15.40	-12.20	*****	*****
0	830302	1	5.00	457.	332.	6.6	****	8.00	*****	41.90	*****	*****	7.80	45.20	58.00	1.00	20.40	*****	*****	*****
0	830404	1	60.00	332.	318.	6.5	****	8.01	*****	128.1	27.80	.10	7.10	42.30	1.00	1.00	24.00	*****	*****	*****
0	830504	1	150.00	248.	230.	5.8	8.20	8.20	97.6	109.8	17.20	.10	.40	36.00	23.00	1.00	13.00	*****	*****	*****
0	830601	1	150.00	244.	240.	5.6	8.14	8.20	91.5	109.8	17.00	.10	4.90	33.00	28.00	.10	13.00	*****	*****	*****
0	830630	1	250.00	254.	252.	5.7	8.16	8.30	109.8	109.8	14.20	.10	2.40	37.00	22.00	.60	14.00	*****	*****	*****
0	830801	1	1.50	515.	500.	6.5	8.00	8.20	122.0	115.9	72.00	2.60	2.90	48.50	81.00	.60	53.00	*****	*****	*****
0	830831	1	*****	*****	*****	****	****	****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
0	831002	1	2.00	511.	410.	6.2	8.32	8.00	122.0	115.9	63.00	.10	2.90	44.00	84.00	.90	42.00	*****	*****	*****
0	831106	1	*****	*****	*****	****	****	****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
0	831201	1	15.00	294.	320.	6.5	7.95	8.20	115.9	109.8	16.80	.10	1.90	44.10	33.00	1.30	27.00	*****	*****	*****

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAME: HÖLLBACHQUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 29

AUFNAHME DATUM		SEEHÖHE	MESSOBJEKT-TYP				GESTEIN OBERHALB D. AUSTRITTES				GESTEIN UNTERHALB D. AUSTRITTES									
750624		600.00	SCHUTTQUELLE				WETTERSTEINKALK/DOLOMIT				WETTERSTEINDOLOMIT									
LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	A R T	Q (l/s)	LEITFAHIGK. 20° C $\mu$ S/cm		TEMP °C	pH-WERT		HCO <sub>3</sub> - (mg/l)		Na + (mg/l)	K+ (mg/l)	Mg+2 (mg/l)	Ca+2 (mg/l)	Cl - (mg/l)	NO <sub>3</sub> - (mg/l)	SO <sub>4</sub> -2 (mg/l)	18-O d‰	2-H d‰	3-H T.U.
				GLD	LAB		GLD	LAB	GLD	LAB										
0	810822	1	250.00	*****	*****	5.6	****	****	*****	109.8	.40	.30	4.90	29.00	.50	4.00	6.20	-11.74	-79.90	*****
0	820420	1	200.00	184.	170.	6.0	7.55	****	*****	128.1	.10	.10	5.20	33.00	1.00	6.70	14.00	-12.93	*****	*****
820001	820602	1	600.00	132.	125.	4.9	7.75	8.00	*****	79.3	.11	.06	2.40	25.25	.10	1.93	1.00	-13.09	*****	*****
0	820602	1	600.00	132.	125.	4.9	7.75	8.00	*****	97.6	.10	.20	2.90	26.00	1.00	1.00	3.00	-13.09	*****	*****
0	820712	1	350.00	138.	140.	5.3	7.60	8.05	*****	103.7	.35	.15	3.40	30.00	1.00	2.20	4.00	-11.90	*****	*****
0	820801	1	2500.00	134.	125.	5.5	7.75	8.05	*****	91.5	.10	.10	3.40	28.00	1.00	5.80	8.00	-10.66	*****	*****
0	820901	1	150.00	144.	170.	5.8	****	8.15	*****	109.8	.20	.10	6.30	29.00	2.00	5.90	7.00	-10.68	*****	*****
0	820930	1	50.00	189.	170.	5.8	****	8.15	*****	103.7	.30	.70	5.90	31.00	1.00	8.00	10.00	-10.50	*****	*****
0	821101	1	100.00	160.	180.	****	****	8.25	*****	103.7	.30	.70	3.70	34.00	1.00	5.30	11.00	-11.24	*****	*****
0	821201	1	100.00	187.	170.	6.0	****	8.20	*****	109.8	.10	.10	7.80	30.00	2.00	5.30	7.00	-11.80	*****	*****
830223	830102	1	150.00	170.	*****	6.0	****	****	*****	109.8	.16	.04	4.73	34.20	.44	4.31	3.28	-11.93	*****	*****
830389	830201	1	250.00	149.	*****	6.0	****	****	*****	103.7	.20	.09	4.14	31.25	.55	3.00	3.60	-12.23	*****	*****
0	830302	1	80.00	188.	136.	6.2	****	8.20	*****	*****	.26	.09	5.20	32.70	*****	1.20	2.10	*****	*****	*****
0	830405	1	200.00	170.	177.	6.2	****	8.24	*****	115.9	4.41	.11	5.40	33.70	1.00	1.10	1.00	*****	*****	*****
0	830504	1	400.00	138.	130.	5.3	8.21	8.20	91.5	103.7	.20	.10	.80	29.80	1.00	1.10	9.60	*****	*****	*****
0	830601	1	400.00	132.	140.	5.0	8.00	8.20	91.5	103.7	.20	.10	5.60	27.00	1.00	.20	1.00	*****	*****	*****
0	830630	1	700.00	149.	158.	5.5	8.20	8.30	97.6	103.7	.10	.10	2.90	31.00	1.00	.60	1.00	*****	*****	*****
0	830802	1	120.00	162.	170.	5.7	7.93	8.30	109.8	103.7	.20	.10	2.90	31.30	1.00	.80	2.50	*****	*****	*****
0	830901	1	100.00	168.	180.	6.0	8.25	8.10	115.9	115.9	.10	.10	4.40	32.00	1.00	.80	3.40	*****	*****	*****
0	831001	1	*****	154.	220.	5.9	7.91	8.00	103.7	103.7	.20	.10	2.40	30.00	1.00	1.10	1.00	*****	*****	*****
0	831105	1	60.00	161.	240.	6.0	7.70	8.10	109.8	109.8	.20	.10	2.70	32.00	1.00	1.10	1.80	*****	*****	*****
0	831202	1	80.00	164.	200.	6.1	8.12	8.20	109.8	109.8	.20	.10	1.50	30.90	1.00	1.50	2.60	*****	*****	*****

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAMEN: GIMBACHQUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 65

AUFNAHME DATUM		SEEHÖHE	MESSOBJEKT-TYP		GESTEIN OBERHALB D. AUSTRITTES				GESTEIN UNTERHALB D. AUSTRITTES											
750715		650.00	KLUFTQUELLE		WETTERSTEINKALK/DOLOMIT				WETTERSTEINDOLOMIT											
LABOR-NUMMER	ENTNAHME-DATUM	A	Q (l/s)	LEITFAHIGK. 20°C $\mu$ S/cm	TEMP °C	pH-WERT		HCO <sub>3</sub> - (mg/l)		Na + (mg/l)	K+ (mg/l)	Mg+2 (mg/l)	Ca+2 (mg/l)	Cl - (mg/l)	NO <sub>3</sub> - (mg/l)	SO <sub>4</sub> -2 (mg/l)	10-0 d%	2-H d%	3-H T.U.	
		T		GLD LAB		GLD	LAB	GLD	LAB											
0	810822	1	250.00	*****	*****	5.1	****	****	*****	115.9	.30	.30	5.80	29.00	.50	4.80	7.70	-11.76	-79.30	*****
0	820420	1	150.00	175.	180.	5.3	7.55	****	*****	122.0	.15	.10	5.30	32.00	1.00	6.90	6.00	-12.96	*****	*****
0	820602	1	1000.00	124.	125.	4.8	7.70	8.00	*****	97.6	.10	.20	3.30	26.00	1.00	1.00	4.00	-13.44	*****	*****
0	820712	1	200.00	131.	145.	5.0	7.55	8.05	*****	103.7	.35	.15	6.30	29.00	1.00	3.10	4.00	-12.12	*****	*****
0	820801	1	3500.00	136.	120.	5.4	7.70	8.05	*****	97.6	.15	.10	4.10	29.00	1.00	6.10	8.00	-10.04	*****	*****
0	820901	1	250.00	145.	165.	5.1	****	8.15	*****	109.8	.10	.10	4.20	31.00	1.00	6.00	*****	-10.84	*****	*****
0	920930	1	80.00	174.	165.	5.2	****	8.10	*****	103.7	.30	.70	3.40	33.00	1.00	5.20	10.00	-11.02	*****	*****
0	821101	1	100.00	180.	165.	5.2	****	8.20	*****	103.7	.45	.70	5.50	31.00	1.00	6.80	9.00	-11.09	*****	*****
0	821201	1	80.00	175.	145.	5.2	****	8.20	*****	109.8	.15	.15	8.10	31.00	3.00	14.00	8.00	-11.87	*****	*****
830229	830103	1	70.00	170.	*****	5.3	****	****	*****	103.7	.16	.05	4.32	33.27	.39	6.34	21.00	-12.08	*****	*****
830390	830201	1	200.00	152.	*****	5.4	****	****	*****	97.6	.20	.10	3.92	30.56	.62	1.70	4.10	-12.43	*****	*****
0	830302	1	*****	171.	132.	5.4	****	8.00	*****	*****	.20	.09	4.70	32.70	*****	1.20	2.10	*****	*****	*****
0	830405	1	100.00	165.	230.	5.4	****	8.05	*****	109.8	.37	.10	6.10	32.20	1.00	1.20	1.20	*****	*****	*****
0	830504	1	400.00	138.	130.	5.0	8.21	8.20	103.7	103.7	.20	.10	1.70	28.20	1.20	1.10	.60	*****	*****	*****
0	830601	1	350.00	138.	130.	4.9	8.10	8.20	91.5	103.7	.20	.10	7.50	28.00	1.00	.30	1.00	*****	*****	*****
0	830630	1	300.00	148.	150.	5.1	8.15	8.30	97.6	103.7	.10	.10	2.70	29.00	1.00	.70	1.60	*****	*****	*****
0	830802	1	60.00	163.	160.	5.2	8.30	8.20	109.8	103.7	.60	.10	3.20	30.10	1.00	.80	5.00	*****	*****	*****
0	830901	1	100.00	163.	160.	5.3	7.90	8.10	109.8	109.8	.10	.10	4.40	31.00	1.00	.90	2.10	*****	*****	*****
0	831001	1	100.00	151.	170.	5.3	7.80	8.00	97.6	97.6	.20	.10	1.80	28.00	1.00	1.10	1.10	*****	*****	*****
0	831105	1	50.00	159.	170.	5.3	7.69	8.10	109.8	109.8	.20	.10	2.20	29.00	1.00	1.10	1.80	*****	*****	*****
0	831202	1	50.00	157.	170.	5.4	8.03	8.10	109.8	103.7	.10	.10	1.90	28.50	1.00	1.40	2.50	*****	*****	*****

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAMEN: SCHWARZENBACHQUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 73

AUFNAHME DATUM		SEEHÖHE	MESSOBJEKT-TYP		GESTEIN OBERHALB D. AUSTRITTES				GESTEIN UNTERHALB D. AUSTRITTES											
750730		520.00	SCHUTTQUELLE		WETTERSTEINDOLOMIT				WETTERSTEINDOLOMIT											
LABOR- NUMMER	ENT- NÄHME- DATUM	A R T	Q (l/s)	LEITFAHIGK. 20 °C μS/cm		TEMP °C	pH-WERT		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		Na + (mg/l)	K+ (mg/l)	Mg+2 (mg/l)	Ca+2 (mg/l)	Cl - (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	18-O d‰	2-H d‰	3-H T.U.
				GLD	LAB		GLD	LAB	GLD	LAB										
0	810822	1	200.00	*****	*****	8.0	****	****	*****	152.5	2.40	.50	14.00	35.00	4.50	4.90	21.60	-11.89	-81.70	*****
0	820420	1	200.00	234.	220.	6.6	****	7.50	*****	146.4	1.60	.20	8.60	38.00	3.00	7.90	22.00	-12.67	*****	*****
0	820602	1	300.00	159.	160.	6.3	7.55	7.90	*****	115.9	.40	.20	5.60	33.00	1.00	2.60	7.00	*****	*****	*****
0	820712	1	150.00	203.	220.	7.0	7.55	7.90	*****	134.2	1.70	.30	9.20	39.00	3.00	4.10	20.00	-11.39	*****	*****
0	820801	1	2500.00	182.	150.	6.8	7.60	7.60	*****	109.8	.45	.10	4.10	34.00	1.00	4.40	11.00	-10.07	*****	*****
0	820901	1	400.00	282.	285.	8.2	****	7.90	*****	146.4	3.60	.35	14.00	40.00	8.00	7.30	31.00	-10.42	*****	*****
0	820930	1	70.00	280.	265.	7.5	****	7.95	*****	128.1	3.00	.70	11.00	42.00	8.00	5.60	26.00	-10.28	*****	*****
0	821101	1	100.00	274.	260.	7.8	****	7.95	*****	134.2	2.40	.70	14.00	39.00	4.00	8.40	26.00	-11.04	*****	*****
0	821201	1	200.00	266.	265.	8.1	****	8.10	*****	152.5	3.00	.30	14.00	43.00	8.00	5.70	27.00	-11.33	*****	*****
830224	830103	1	200.00	316.	*****	8.0	****	****	*****	146.4	4.73	.28	10.40	47.54	5.54	7.46	31.67	-11.51	*****	*****
830391	830202	1	500.00	208.	*****	6.8	****	****	*****	115.9	1.38	.20	5.76	37.62	2.09	4.70	13.00	-12.03	*****	*****
0	830302	1	200.00	346.	266.	7.5	****	7.70	*****	*****	11.00	.50	12.00	54.20	14.00	1.10	45.00	*****	*****	*****
0	830405	1	250.00	264.	252.	7.2	****	7.90	*****	140.3	4.06	.26	9.40	49.00	5.00	1.20	25.00	*****	*****	*****
0	830504	1	400.00	189.	170.	6.5	8.10	8.10	109.8	115.9	1.70	.10	2.50	37.40	1.00	1.30	10.00	*****	*****	*****
0	830601	1	200.00	229.	220.	6.8	7.98	8.00	122.0	134.2	2.80	.10	7.30	42.00	3.00	.50	22.00	*****	*****	*****
0	830630	1	*****	225.	208.	7.6	7.87	8.00	134.2	146.4	1.80	.10	2.40	39.00	2.60	.80	11.00	*****	*****	*****
0	830802	1	100.00	311.	280.	7.9	8.07	8.00	152.5	140.3	7.10	.20	3.20	48.50	8.00	.80	38.00	*****	*****	*****
0	830901	1	150.00	262.	230.	7.5	8.05	7.90	140.3	134.2	2.70	.10	3.90	39.00	3.00	1.00	6.20	*****	*****	*****
0	831002	1	100.00	330.	300.	7.8	7.58	7.80	140.3	134.2	11.50	.30	3.60	44.00	13.00	1.20	45.00	*****	*****	*****
0	831105	1	*****	259.	230.	7.7	7.82	7.90	140.3	134.2	3.30	.10	2.20	44.00	4.00	1.30	35.00	*****	*****	*****
0	831201	1	*****	338.	350.	9.4	7.56	8.20	164.7	158.6	7.20	.40	1.90	51.30	12.00	1.20	46.00	*****	*****	*****

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAMEN: NIKOLAUSQU., WEIßENBACH  
 KURZBEZEICHNUNG: H 79

AUFNAHME DATUM		SEEHÖHE	MESSOBJEKT-TYP		GESTEIN OBERHALB D. AUSTRITTES				GESTEIN UNTERHALB D. AUSTRITTES											
740622		469.00	SCHUTTQUELLE		WETTERSTEINDOLOMIT				WETTERSTEINDOLOMIT											
LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	R T	Q (l/s)	LEITFAHIGK.		TEMP °C	pH-WERT		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		Na + (mg/l)	K+ (mg/l)	Mg+2 (mg/l)	Ca+2 (mg/l)	Cl - (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	18-O d‰	2-H d‰	3-H T.U.
				GLD	LAB		GLD	LAB	GLD	LAB										
0	820420	1	.05	218.	200.	5.8	7.60	****	****	140.3	.35	.10	6.00	41.00	1.00	6.20	13.00	-11.34	*****	*****
0	820602	1	.10	222.	200.	6.1	7.78	8.10	****	140.3	.25	.20	9.10	38.00	1.00	4.30	11.00	-11.22	*****	*****
0	820712	2	.05	195.	210.	6.2	7.75	8.10	****	134.2	.35	.15	6.80	41.00	1.00	6.30	15.00	*****	*****	*****
0	820801	1	.70	216.	190.	6.9	7.80	8.10	****	122.0	.25	.15	7.20	39.00	1.00	8.70	14.00	-10.72	*****	*****
0	820901	2	.05	213.	220.	6.4	****	8.20	****	122.0	.30	.10	6.60	40.00	1.00	8.90	13.00	-11.15	*****	*****
0	820930	2	.02	230.	220.	6.5	****	8.10	****	109.8	.30	.70	6.20	37.00	2.00	9.60	14.00	-10.81	*****	*****
0	821101	2	.01	230.	215.	****	****	8.20	****	115.9	.30	.70	5.80	37.00	1.00	10.00	15.00	-10.89	*****	*****
0	821201	2	.01	232.	210.	5.2	****	8.35	****	128.1	.25	.10	5.90	39.00	2.00	11.00	14.00	-11.01	*****	*****
830230	830103	1	.70	212.	****	6.4	****	****	****	109.8	.30	.04	4.10	38.97	.68	8.59	8.18	-11.10	*****	*****
830392	830201	1	.50	199.	****	6.6	****	****	****	109.8	.29	.10	4.37	39.28	.72	3.70	10.20	-11.23	*****	*****
0	830301	2	.12	208.	165.	6.4	****	8.20	****	****	.35	.11	4.20	40.70	*****	2.10	3.40	*****	*****	*****
0	830404	2	.12	207.	269.	6.3	****	8.23	****	128.1	.68	.11	5.10	42.60	1.00	1.70	6.60	*****	*****	*****
0	830502	2	.44	200.	180.	6.4	8.10	8.30	128.1	134.2	.40	.10	2.70	42.10	1.00	1.80	7.00	*****	*****	*****
0	830601	2	.03	206.	200.	6.5	8.12	8.20	134.2	140.3	.30	.10	5.60	45.00	1.00	1.00	7.80	*****	*****	*****
0	830630	2	.35	211.	211.	6.7	8.15	8.30	128.1	128.1	.30	.10	2.70	42.00	1.00	1.60	7.00	*****	*****	*****
0	830802	2	.02	211.	210.	6.8	8.26	8.20	134.2	128.1	.40	.10	2.70	40.10	1.00	1.40	7.90	*****	*****	*****
0	830901	2	.01	204.	200.	7.2	8.14	8.20	128.1	128.1	.30	.10	3.00	42.00	1.00	1.30	1.00	*****	*****	*****
0	831002	2	.07	205.	220.	6.8	8.20	7.90	134.2	128.1	.30	.10	2.70	40.00	1.00	1.60	13.00	*****	*****	*****
0	831105	2	.01	201.	210.	6.7	7.86	8.10	128.1	122.0	.30	.10	2.40	40.00	1.00	1.70	11.00	*****	*****	*****
0	831201	2	.02	235.	240.	6.2	7.39	8.30	128.1	122.0	.30	3.10	1.90	36.10	4.00	2.30	13.00	*****	*****	*****

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÜLLENGBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAME: LANGBATHQUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 81

AUFNAHME DATUM		SEEHÖHE	MESSOBJEKT-TYP		GESTEIN OBERHALB D. AUSTRITTES					GESTEIN UNTERHALB D. AUSTRITTES										
830405		540.00	SCHUTTQUELLE		WETTERSTEINKALK					HOLOZAN										
LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	A R T	Q (l/s)	LEITFÄHIGK. 20° C μS/cm		TEMP °C	pH-WERT		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		Na + (mg/l)	K+ (mg/l)	Mg+2 (mg/l)	Ca+2 (mg/l)	Cl - (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> -2 (mg/l)	18-O d‰	2-H d‰	3-H T.U.
				GLD	LAB		GLD	LAB	GLD	LAB										
0	830405	1	60.00	245.	239.	6.1	****	7.98	****	164.7	.78	.50	9.60	45.40	1.00	1.30	6.20	*****	*****	*****
0	830502	1	60.00	252.	220.	7.2	7.76	8.30	170.8	189.2	.70	.10	8.00	46.00	1.00	1.50	6.70	*****	*****	*****
0	830531	1	*****	269.	260.	7.3	8.03	8.00	177.0	195.3	.60	.10	9.70	51.00	1.00	.80	7.50	*****	*****	*****
0	830629	1	100.00	235.	234.	7.5	8.07	8.20	158.6	158.6	.40	.10	2.90	45.00	1.00	1.00	5.00	*****	*****	*****
0	830801	1	50.00	275.	260.	7.8	8.02	8.20	183.1	177.0	4.20	.10	2.40	48.10	1.00	1.10	8.00	*****	*****	*****
0	830831	1	30.00	272.	250.	8.0	8.04	8.00	183.1	183.1	.50	.20	3.00	46.00	1.00	1.00	1.00	*****	*****	*****
0	830930	1	40.00	267.	260.	8.2	7.62	7.90	183.1	170.8	.60	.20	2.90	43.00	1.00	1.30	15.00	*****	*****	*****
0	831106	1	40.00	268.	250.	8.1	8.00	7.90	183.1	170.8	.50	.20	3.20	48.00	1.00	1.30	14.00	*****	*****	*****
0	831201	1	*****	230.	250.	7.6	7.90	8.30	152.5	152.5	.40	.10	1.90	37.70	1.00	1.70	11.00	*****	*****	*****

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAMEN: ZWIESELGRABEN-QUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 1

LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	Na+	K+	Mg+2	Ca+2	KATIONEN SUMME	HCO3-	Cl-	NO3-	SO4-2	ANIONEN- SUMME	GESAMT- MINERAL.	Ca+2	SO4-2	Ca+Mg
		mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	Mg+2	Cl-	HCO3
0 810822		.039	.013	.716	1.896	2.664	2.700	.056	.150	.179	3.085	5.749	2.6494	3.1741	.9674
0 820421		.030	.006	1.481	1.647	3.164	3.100	.085	.135	.187	3.507	6.672	1.1121	2.2144	1.0089
0 820602		.028	.008	1.234	2.146	3.414	3.000	.028	.111	.208	3.348	6.763	1.7389	7.3804	1.1266
0 820712		.061	.008	.987	2.146	3.201	2.900	.028	.137	.187	3.253	6.454	2.1736	6.6423	1.0803
0 820801		.026	.004	1.152	1.846	3.030	2.600	.113	.177	.229	3.119	6.150	1.6031	2.0298	1.1531
0 820901		.024	.005	1.234	1.796	3.059	2.500	.056	.148	.229	2.934	5.993	1.4558	4.0599	1.2121
0 820930		.022	.018	.905	1.796	2.741	2.200	.085	.194	.271	2.749	5.490	1.9852	3.1985	1.2279
0 821101		.022	.018	1.069	1.597	2.706	2.000	.028	.150	.271	2.449	5.155	1.4931	9.5945	1.3331
0 821202		.028	.005	1.481	1.597	3.111	2.600	.056	.144	.229	3.029	6.140	1.0784	4.0599	1.1837
830221 830104		.031	.009	.823	2.151	2.995	2.600	.016	.151	.158	2.924	5.919	2.5907	10.1883	1.1361
830383 830201		.027	.007	.848	1.943	2.825	2.700	.017	.103	.133	2.953	5.778	2.2904	7.8753	1.0336
0 830302		.029	*****	.844	2.151	3.044	*****	*****	.029	.029	.058	3.102	2.4899	*****	*****
0 830404		.034	.003	.946	2.116	3.099	2.600	.028	.034	.112	2.775	5.873	2.2365	3.9855	1.1776
0 830503		.030	.005	.814	2.696	2.946	2.800	.028	.039	.087	2.954	5.900	2.5734	3.0996	1.0394
0 830531		.030	.005	.584	2.046	2.666	2.800	.028	.015	.087	2.930	5.596	3.5029	3.0996	.9393
0 830629		.026	.005	.294	2.046	2.373	2.200	.028	.031	.121	2.380	4.753	6.9084	4.2808	1.0646
0 830802		.030	.005	.337	2.041	2.414	2.500	.028	.027	.052	2.608	5.021	6.0511	1.8451	.9513
0 830901		.026	.003	.197	1.996	2.222	2.600	.028	.027	.044	2.699	4.921	10.1100	1.5498	.8436
0 831002		.030	.005	.296	1.946	2.278	2.500	.028	.031	.146	2.795	4.982	6.5714	5.1663	.8969
0 831106		.030	.005	.181	1.896	2.113	2.400	.028	.034	.164	2.627	4.739	10.4775	5.8306	.8655
0 831203		.035	.008	.197	1.921	2.161	2.500	.028	.034	.169	2.731	4.892	9.7308	5.9780	.8474

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE - Teil III  
 PROJEKTNUMMER: H 02 311

MESSOBJEKT-NAMEN: AURACH-URSPRUNG  
 KURZBEZEICHNUNG: H 4

LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	Na+ mval/l	K+ mval/l	Mg+2 mval/l	Ca+2 mval/l	KATIONEN SUMME mval/l	HCO3- mval/l	Cl- mval/l	NO3- mval/l	SO4-2 mval/l	ANIONEN- SUMME mval/l	GESAMT- MINERAL. mval/l	Ca+2 Mg+2	SO4-2 Cl-	Ca+Mg HCO3
0 810822		.022	.013	.477	1.896	2.408	2.429	.014	.152	.150	2.745	5.152	3.9742	10.6312	.9771
0 820420		.011	.005	.773	1.796	2.586	2.498	.028	.127	.312	2.943	5.552	2.3231	11.0705	1.0287
0 820601		.009	.005	.543	1.747	2.303	2.278	.028	.069	.125	2.520	4.623	3.2168	4.4282	1.0050
0 820712		.017	.010	.683	1.846	2.557	2.229	.028	.108	.125	2.490	5.047	2.7041	4.4282	1.1311
0 820801		.009	.005	.609	1.747	2.369	2.081	.028	.118	.187	2.414	4.783	2.8690	6.6423	1.1316
0 820831		.009	.005	.707	1.896	2.617	2.262	.028	.105	.167	2.613	5.231	2.6803	6.6423	1.1511
0 820930		.013	.018	.592	1.946	2.569	2.147	.028	.210	.208	2.593	5.162	3.2657	7.3804	1.1823
0 821031		.013	.018	.765	1.447	2.243	1.786	.028	.161	.167	2.142	4.385	1.6915	5.9043	1.2386
0 821202		.011	.004	.757	1.846	2.618	2.262	.056	.144	.208	2.670	5.288	2.4395	3.6908	1.1598
830323 830104		.011	.007	.561	1.971	2.550	2.221	.017	.069	.099	2.407	4.956	3.5123	5.8694	1.1394
830384 830201		.010	.005	.551	1.695	2.261	2.060	.018	.079	.129	2.286	4.548	3.0755	7.0420	1.0904
0 830382		.010	.004	.525	1.761	2.600	*****	*****	.024	.029	.055	2.655	3.1867	*****	*****
0 830404		.014	.003	.526	1.981	2.524	2.329	.028	.027	.037	2.422	4.946	3.7627	1.3226	1.0767
0 830503		.013	.005	.469	1.821	2.306	2.329	.028	.037	.044	2.440	4.746	3.8847	1.6235	.9835
0 830531		.009	.003	.362	1.996	2.369	2.360	.028	.002	.062	2.452	4.821	5.5144	2.2141	.9911
0 830629		.009	.003	.238	1.896	2.146	2.065	.028	.024	.032	2.151	4.297	7.9482	1.1808	1.0830
0 830802		.013	.005	.304	1.861	2.184	2.065	.028	.023	.046	2.162	4.348	6.1150	1.6235	1.0482
0 830901		.009	.003	.213	1.846	2.121	2.098	.028	.024	.029	2.179	4.300	7.0138	1.0333	1.0681
0 831001		.009	.003	.197	1.647	1.855	2.032	.028	.027	.044	2.132	3.987	8.3407	1.5498	.9076
0 831104		.009	.003	.181	1.796	1.909	2.180	.028	.032	.023	2.263	4.252	9.9260	.8112	.9072
0 831203		.009	.013	.197	1.642	1.861	2.282	.028	.031	.067	2.387	4.348	8.3158	2.3616	.8139
0 840103		.009	.003	.239	1.796	2.046	2.245	.028	.032	.062	2.368	4.414	7.5299	2.3142	.9047

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSEOBJEKT-NAMEN: HIRSCHBRUNN  
 KURZBEZEICHNUNG: H 7

LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	Na+ mval/l	K+ mval/l	Mg+2 mval/l	Ca+2 mval/l	KATIONEN SUMME mval/l	HCO3- mval/l	Cl- mval/l	NO3- mval/l	SO4-2 mval/l	ANIONEN- SUMME mval/l	GESAMT- MINERAL. mval/l	Ca+2 Mg+2	SO4-2 Cl-	Ca+Mg HCO3
0	810822	.022	.013	.559	1.896	2.490	2.200	.014	.079	.150	2.443	4.933	3.3898	10.6312	1.1162
0	820420	.009	.005	.450	1.747	2.410	2.300	.028	.087	.146	2.541	4.971	2.6874	5.1665	1.0419
0	820602	.009	.005	.485	1.547	2.046	2.000	.028	.058	.125	2.211	4.257	3.1871	4.4282	1.0161
0	820713	.015	.008	.642	1.794	2.461	2.200	.028	.074	.146	2.448	4.909	2.7996	5.1663	1.1082
0	820801	.009	.005	.905	1.747	2.665	2.400	.056	.076	.187	2.720	5.385	1.9301	3.3218	1.1048
0	820831	.009	.005	.543	1.597	2.154	1.900	.028	.113	.146	2.187	4.340	2.9410	5.1663	1.1262
0	820930	.013	.018	.691	1.597	2.319	1.900	.028	.142	.208	2.278	4.597	2.3108	7.3804	1.2041
0	821101	.012	.018	.551	1.697	2.279	1.800	.028	.123	.187	2.138	4.417	3.0782	6.6423	1.2488
0	821201	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
830225	830103	.014	.006	.387	2.008	2.415	2.100	.014	.115	.081	2.310	4.725	5.1947	5.7738	1.1405
830385	830201	.009	.006	.343	1.613	1.970	1.700	.013	.021	.119	1.853	3.823	4.7014	9.1494	1.1505
0	830301	.011	.005	.395	1.941	2.352	*****	*****	.021	.029	.050	2.402	4.9158	*****	*****
0	830405	.017	.007	.633	1.986	2.644	2.300	.028	.016	.029	2.375	5.019	3.1354	1.0333	1.1389
0	830503	.013	.003	.296	1.786	2.098	2.200	.028	.023	.021	2.272	4.370	6.0322	.7380	.9464
0	830531	.013	.003	.461	1.747	2.223	2.200	.028	.002	.052	2.282	4.505	3.7912	1.8451	1.0023
0	830629	.009	.003	.197	1.747	1.955	1.900	.028	.016	.021	1.968	3.926	8.8442	.7380	1.0231
0	830801	.017	.005	.263	2.041	2.327	2.200	.028	.016	.060	2.305	4.631	7.7531	2.1404	1.0473
0	830831	.013	.003	.247	1.946	2.209	2.200	.028	.016	.058	2.303	4.511	7.8857	2.0666	.9968
0	831001	.013	.003	.156	1.697	1.869	2.000	.028	.019	.012	2.060	3.929	10.8548	.4428	.9265
0	831106	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
0	831203	.013	.003	.156	1.622	1.794	2.000	.028	.023	.054	2.105	3.899	10.3759	1.9188	.8890
0	840103	.009	.003	.239	1.597	1.847	2.000	.028	.021	.033	2.082	3.929	6.6923	1.1808	.9177

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 93 319

MESSOBJEKT-NAMEN: KALTENBACHQUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 9

LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	Na+	K+	Mg+2	Ca+2	KATIONEN SUMME	HCO3--	Cl--	NO3--	SO4-2	ANIONEN- SUMME	GESAMT- MINERAL.	Ca+2	SO4-2	Ca+Mg
		mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	Mg+2	Cl--	NO3
0 810822		.030	.013	.987	1.796	2.827	2.400	.014	.168	.154	2.736	5.563	1.8198	10.9270	1.1598
0 820420		.017	.006	.814	1.896	2.734	2.600	.028	.113	.271	3.012	5.746	2.3283	9.5945	1.0425
0 820602		.020	.005	1.069	1.747	2.841	2.300	.028	.052	.125	2.505	5.345	1.6331	4.4282	1.2243
0 820713		.017	.005	.683	1.796	2.502	2.300	.028	.031	.187	2.596	5.098	2.6310	6.6423	1.0777
0 820801		.015	.004	.642	1.647	2.307	2.000	.085	.098	.167	2.350	4.657	2.5663	1.9683	1.1442
0 820831		.018	.005	.716	1.747	2.483	2.200	.056	.100	.167	2.523	5.005	2.4403	2.9527	1.1192
0 820930		.013	.018	.765	1.697	2.493	2.000	.056	.194	.229	2.479	4.972	2.2176	4.0599	1.2308
0 821101		.013	.018	.716	1.697	2.244	1.800	.056	.076	.187	2.120	4.363	2.0917	3.3218	1.2293
0 821201		.017	.005	.905	1.647	2.574	2.200	.056	.094	.187	2.537	5.111	1.8198	3.3218	1.1598
830224 830104		.018	.008	.461	1.936	2.423	2.100	.018	.139	.100	2.357	4.780	4.2028	5.4746	1.1413
830386 830201		.022	.007	.601	1.940	2.569	2.200	.012	.040	.119	2.371	4.940	3.2307	10.2656	1.1548
0 830301		.020	.006	.617	1.941	2.603	*****	*****	.021	.029	.050	2.653	3.1785	*****	*****
0 830405		.064	.018	.601	2.086	2.768	2.500	.028	.019	.033	2.581	5.349	3.4733	1.1808	1.0745
0 830503		.022	.005	.452	2.031	2.510	2.500	.028	.027	.046	2.601	5.112	4.4688	1.6235	.9934
0 830531		.022	.005	.518	1.896	2.441	2.500	.028	.002	.052	2.582	5.023	3.6588	1.8451	.9658
0 830629		.017	.005	.156	2.046	2.225	2.300	.028	.018	.046	2.392	4.616	13.0896	1.6235	.9575
0 830801		.017	.005	.263	1.796	2.082	2.200	.028	.018	.052	2.298	4.380	6.8242	1.8451	.9362
0 830831		.017	.003	.197	1.896	2.114	2.300	.028	.018	.058	2.404	4.518	9.6045	2.0636	.9103
0 831001		.022	.005	.140	1.796	1.963	2.300	.028	.021	.102	2.451	4.414	12.8453	3.6164	.8419
0 831106		.017	.005	.156	1.796	1.975	2.800	.028	.024	.085	2.938	4.913	11.4933	3.0259	.8974
0 831203		.017	.005	.140	1.742	1.904	2.300	.028	.023	.083	2.434	4.338	12.4528	2.9521	.8180
0 840103		.022	.005	.239	1.896	2.162	2.442	.028	.024	.058	2.553	4.714	7.9482	2.0666	.8743

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE -- TEIL IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAMEN: MIESENACHQUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 14

LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	Na+	K+	Mg+2	Ca+2	KATIONEN SUMME	HCO3-	Cl-	NO3-	SO4-2	ANIONEN- SUMME	GESAMT- MINERAL.	Ca+2 Mg+2	SO4-2 Cl-	Ca+Mg HCO3
		mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l			
0	810820	1.793	.033	.716	2.096	4.628	2.200	1.862	.089	.829	4.979	9.607	2.9203	.4451	1.2780
0	810821	1.392	.026	.716	2.044	4.179	2.100	1.410	.048	.650	4.228	8.407	2.8584	.4606	1.3151
0	810822	.226	.013	.477	1.597	2.313	1.900	.237	.085	.210	2.433	4.744	3.3467	.8875	1.0915
0	820421	1.000	.020	.823	1.846	3.690	2.200	1.410	.100	.687	4.397	8.087	2.2444	.4872	1.2132
0	820601	.034	.003	.206	1.250	1.492	1.300	.024	.025	.042	1.391	2.884	6.0780	1.7164	1.1197
820000	820601	.030	.005	.633	1.048	1.717	1.700	.028	.016	.083	1.828	3.645	1.6543	2.9521	.9890
0	820713	.818	.020	.518	1.796	3.153	1.800	1.072	.032	.521	3.425	6.577	3.4462	.4854	1.2859
0	820801	.109	.004	.321	1.647	2.080	1.800	.141	.060	.208	2.209	4.289	5.1327	1.4763	1.0931
0	820901	1.087	.020	.691	1.846	3.645	1.800	1.410	.108	.687	4.005	7.651	2.6719	.4872	1.4096
0	820930	1.694	.038	.987	2.295	5.017	1.800	2.764	.102	1.208	5.873	10.891	2.3252	.4369	1.8237
0	821101	1.653	.036	.987	2.146	4.822	1.700	2.680	.132	1.270	5.782	10.603	2.1736	.4740	1.8429
0	821201	2.175	.036	1.069	2.345	5.625	2.000	2.849	.074	1.249	6.172	11.798	2.1930	.4388	1.7074
830227	830103	2.384	.008	.679	2.620	5.691	2.000	2.568	.097	1.174	5.839	11.530	3.8554	.4573	1.6496
830387	830202	.489	.006	.417	1.720	2.632	1.700	.556	.037	.304	2.597	5.228	4.1241	.5470	1.2571
0	830302	1.701	*****	.650	2.260	4.611	*****	1.523	.016	.312	1.852	6.463	3.4783	.2050	*****
0	830404	1.157	.003	.502	1.876	3.538	*****	1.959	.016	.500	1.475	5.012	3.7390	.5210	*****
0	830504	.757	.003	.132	1.722	2.613	1.800	.649	.016	.250	2.715	5.327	13.0798	.3851	1.0295
0	830601	.809	.003	.263	1.747	2.821	1.800	.790	.002	.312	2.904	5.725	6.6347	.3954	1.1165
0	830630	.587	.003	.197	1.846	2.634	1.800	.592	.010	.291	2.693	5.327	9.3517	.4921	1.1354
0	830801	3.001	.036	.239	2.300	5.576	1.900	2.287	.010	1.041	5.207	10.783	9.6425	.4613	1.3362
0	830831	3.088	.003	.222	2.445	5.758	2.000	2.849	.011	.708	5.568	11.326	11.0086	.2485	1.3336
0	831002	2.871	.003	.197	2.196	5.266	1.900	2.369	.015	.958	5.242	10.508	11.1210	.4042	1.2595
0	831106	3.349	.003	.222	2.395	5.969	2.100	2.708	.015	1.312	6.134	12.103	10.7839	.4844	1.2443
0	831201	.709	.003	.140	1.821	2.673	1.900	.874	.021	.521	3.316	5.989	13.0237	.5953	1.0322

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAMEN: SCHUSTERBACHQUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 15

LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	Na+ mval/l	K+ mval/l	Mg+2 mval/l	Ca+2 mval/l	KATIONEN SUMME mval/l	HCO3- mval/l	Cl- mval/l	NO3- mval/l	SO4-2 mval/l	ANIONEN- SUMME mval/l	GESAMT- MINERAL. mval/l	Ca+2 Mg+2	SO4-2 Cl-	Ca+Mg HCO3
0 810820		1.740	.033	.823	2.046	4.642	2.100	1.833	.056	.854	4.843	9.485	2.4870	.4656	1.3660
0 810822		.217	.013	.403	1.597	2.230	1.900	.217	.153	.225	2.495	4.725	3.9614	1.0353	1.0526
0 820421		1.305	.020	1.069	1.747	4.141	2.200	1.439	.095	.687	4.421	8.562	1.6331	.4776	1.2800
0 820601		.035	.005	.263	1.447	1.750	1.600	.028	.016	.083	1.728	3.478	5.4973	2.9521	1.0490
0 820713		.809	.019	.477	1.796	3.102	1.800	1.100	.034	.521	3.454	6.556	3.7650	.4732	1.2631
0 820801		.104	.005	.239	1.796	2.144	1.800	.141	.085	.167	2.193	4.338	7.5299	1.1810	1.1305
0 820901		1.241	.020	.905	1.994	4.183	1.800	1.495	.104	.708	4.109	8.292	2.2058	.4735	1.6116
0 820930		1.653	.036	.699	2.445	4.833	1.800	2.736	.071	1.187	5.794	10.627	3.4968	.4337	1.7469
0 821101		1.653	.036	.905	2.096	4.689	1.600	2.708	.081	1.187	5.575	10.265	2.3161	.4383	1.8754
0 821201		2.218	.036	1.234	1.896	5.384	1.900	2.849	.068	1.249	6.066	11.450	1.5367	.4385	1.6475
830228	830103	2.398	.007	.679	2.660	5.746	2.000	2.600	.098	1.156	5.854	11.599	3.9149	.4445	1.6698
830388	830202	.506	.006	.419	1.735	2.666	1.600	.550	.040	.321	2.511	5.177	4.1437	.5829	1.3461
0 830302		1.823	*****	.642	2.255	4.720	*****	1.636	.016	.425	2.077	6.797	3.5151	.2596	*****
0 830404		1.209	.003	.584	2.111	3.907	2.100	.028	.016	.500	2.644	6.551	3.6139	17.7129	1.2823
0 830504		.748	.003	.033	1.794	2.580	1.800	.649	.016	.271	2.736	5.316	54.5855	.4172	1.0163
0 830601		.739	.003	.403	1.647	2.792	1.800	.790	.002	.271	2.862	5.654	4.0852	.3427	1.1388
0 830630		.618	.003	.197	1.846	2.664	1.800	.621	.010	.291	2.722	5.386	9.3517	.4697	1.1354
0 830801		3.132	.066	.239	2.420	5.857	1.900	2.285	.010	1.103	5.298	11.158	10.1444	.4830	1.3993
0 830831		*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
0 831002		2.740	.003	.239	2.196	5.177	1.900	2.369	.015	.874	5.158	10.335	9.2032	.5691	1.2811
0 831104		*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
0 831201		.731	.003	.156	2.201	3.090	1.800	.931	.021	.562	3.314	6.404	14.0793	.6039	1.3094

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAMEN: HOLLBACHQUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 29

LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	Na+ mval/l	K+ mval/l	Mg+2 mval/l	Ca+2 mval/l	KATIONEN SUMME mval/l	HCO3- mval/l	Cl- mval/l	NO3- mval/l	SO4-2 mval/l	ANIONEN- SUMME mval/l	GESAMT- MINERAL. mval/l	Ca+2 ----- Mg+2	SO4-2 ----- Cl-	Ca+Mg ----- HCO3
0	810822	.017	.003	.403	1.447	1.875	1.800	.014	.065	.129	2.008	3.883	3.5900	9.1544	1.0279
0	820420	.004	.003	.428	1.647	2.081	2.100	.028	.108	.291	2.528	4.609	3.8495	10.3325	.9879
820001	820602	.005	.002	.197	1.260	1.464	1.300	.003	.031	.021	1.355	2.818	6.3819	7.3830	1.1211
0	820602	.004	.005	.239	1.297	1.545	1.600	.028	.016	.042	1.707	3.252	5.4383	2.2141	.9600
0	820712	.015	.004	.280	1.497	1.796	1.700	.028	.035	.083	1.847	3.643	5.3522	2.9521	1.0451
0	820801	.004	.003	.280	1.397	1.684	1.500	.028	.094	.167	1.788	3.472	4.9954	5.9043	1.1179
0	820901	.009	.003	.518	1.447	1.977	1.800	.056	.095	.146	2.097	4.074	2.7922	2.5836	1.0919
0	820930	.013	.018	.485	1.547	2.063	1.700	.028	.129	.208	2.065	4.129	3.1871	7.3804	1.1955
0	821101	.013	.018	.304	1.697	2.032	1.700	.028	.085	.229	2.043	4.075	5.5740	8.1184	1.1771
0	821201	.004	.003	.642	1.497	2.146	1.800	.056	.085	.146	2.068	4.233	2.3330	2.5836	1.1882
830223	830102	.007	.001	.389	1.707	2.104	1.800	.012	.070	.068	1.950	4.054	4.3659	5.5028	1.1643
830389	830201	.009	.002	.341	1.559	1.911	1.700	.016	.048	.075	1.839	3.750	4.5787	4.8324	1.1174
0	830302	.011	.002	.428	1.632	2.073	*****	*****	.019	.044	.063	2.136	3.8145	*****	*****
0	830405	.192	.003	.444	1.682	2.320	1.900	.028	.018	.021	1.767	4.287	3.7855	.7380	1.1189
0	830504	.009	.003	.666	1.487	1.534	1.700	.028	.018	.200	1.946	3.510	22.5958	7.0851	.9184
0	830601	.009	.003	.461	1.347	1.819	1.700	.028	.003	.021	1.752	3.572	2.9246	.7380	1.0435
0	830630	.004	.003	.239	1.547	1.792	1.700	.028	.010	.021	1.759	3.551	6.4841	.7380	1.0503
0	830802	.009	.003	.239	1.562	1.812	1.700	.028	.013	.052	1.793	3.605	8.5468	1.8451	1.0591
0	830901	.004	.003	.362	1.597	1.966	1.900	.028	.013	.071	2.012	3.978	4.4116	2.5094	1.0309
0	831001	.009	.003	.197	1.497	1.706	1.700	.028	.018	.021	1.767	3.472	7.5825	.7380	.9967
0	831105	.009	.003	.222	1.597	1.830	1.800	.028	.018	.037	1.883	3.714	7.1893	1.3286	1.0165
0	831202	.009	.003	.123	1.542	1.677	1.800	.028	.024	.054	1.907	3.583	12.4953	1.9188	.9252

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAMEN: GIMBACHQUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 65

LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	Na+ mval/l	K+ mval/l	Mg+2 mval/l	Ca+2 mval/l	KATIONEN SUMME mval/l	HCO3- mval/l	Cl- mval/l	NO3- mval/l	SO4-2 mval/l	ANIONEN- SUMME mval/l	GESAMT- MINERAL. mval/l	Ca+2 Mg+2	SO4-2 Cl-	Ca+Mg HCO3
0	810822	.013	.008	.477	1.447	1.945	1.900	.014	.077	.160	2.152	4.097	3.0329	11.3695	1.0128
0	820420	.007	.003	.436	1.597	2.042	2.000	.028	.111	.125	2.264	4.306	3.6624	4.4232	1.0164
0	820602	.004	.005	.271	1.297	1.578	1.600	.028	.014	.083	1.728	3.306	4.7792	2.9521	.9805
0	820712	.015	.004	.518	1.447	1.984	1.700	.028	.050	.083	1.861	3.946	2.7922	2.9521	1.1561
0	820801	.007	.003	.337	1.447	1.793	1.600	.028	.098	.167	1.893	3.687	4.2905	5.9043	1.1152
0	820901	.004	.003	.346	1.547	1.899	1.800	.028	.097	*****	1.925	3.824	4.4772		1.0512
0	820930	.013	.018	.280	1.647	1.957	1.700	.028	.084	.208	2.020	3.976	5.8874	7.3804	1.1332
0	821101	.020	.018	.452	1.547	2.037	1.700	.028	.110	.187	2.025	4.062	3.4190	6.6423	1.1761
0	821201	.007	.004	.664	1.547	2.224	1.800	.085	.224	.167	2.277	4.501	2.3215	1.9683	1.2296
830229	830103	.007	.001	.355	1.660	2.024	1.700	.011	.102	.437	2.250	4.274	4.6714	39.7472	1.1854
830390	830201	.009	.003	.322	1.525	1.859	1.600	.017	.027	.085	1.730	3.589	4.7290	4.8905	1.1546
0	830302	.009	.002	.387	1.632	2.029	*****	*****	.019	.044	.063	2.092	4.2203	*****	*****
0	830405	.016	.003	.502	1.607	2.127	1.800	.028	.019	.025	1.873	4.000	3.2020	.8855	1.1714
0	830504	.009	.003	.140	1.407	1.558	1.700	.034	.018	.012	1.764	3.322	10.0621	.3690	.9100
0	830601	.009	.003	.617	1.397	2.025	1.700	.028	.005	.021	1.754	3.779	2.2646	.7380	1.1848
0	830630	.004	.003	.222	1.447	1.674	1.700	.028	.011	.033	1.773	3.449	6.5153	1.1508	.9219
0	830802	.026	.003	.263	1.502	1.794	1.700	.028	.013	.104	1.845	3.639	5.7058	3.6902	1.0384
0	830901	.004	.003	.362	1.547	1.916	1.800	.028	.015	.044	1.884	3.802	4.2737	1.8498	1.0605
0	831001	.009	.003	.148	1.397	1.557	1.600	.028	.018	.023	1.669	3.225	9.4355	.8118	.9658
0	831105	.009	.003	.181	1.447	1.639	1.800	.028	.018	.037	1.883	3.523	7.9960	1.3286	.9045
0	831202	.004	.003	.156	1.422	1.585	1.700	.028	.023	.052	1.803	3.388	9.0989	1.8451	.9285

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAMEN: SCHWARZENBACHQUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 73

LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	Na+ mval/l	K+ mval/l	Mg+2 mval/l	Ca+2 mval/l	KATIONEN SUMME mval/l	HCO3-- mval/l	Cl- mval/l	NO3- mval/l	SO4-2 mval/l	ANIONEN- SUMME mval/l	GESAMT- MINERAL, mval/l	Ca+2 Mg+2	SO4-2 Cl-	Ca+Mg HCO3
0 810822		.104	.013	1.152	1.747	3.015	2.500	.127	.079	.450	3.156	6.171	1.5165	3.5430	1.1593
0 820420		.070	.005	.707	1.896	2.678	2.400	.085	.127	.458	3.070	5.748	2.6803	5.4129	1.0849
0 820602		.017	.005	.461	1.647	2.130	1.900	.028	.042	.146	2.116	4.246	3.5745	5.1663	1.1092
0 820712		.074	.008	.757	1.946	2.785	2.200	.085	.066	.416	2.767	5.552	2.5714	4.9208	1.2286
0 820801		.020	.003	.337	1.697	2.056	1.800	.028	.071	.229	2.128	4.184	5.0303	8.1184	1.1299
0 820901		.157	.009	1.152	1.996	3.313	2.400	.226	.118	.645	3.389	6.702	1.7331	2.8603	1.3115
0 820930		.130	.013	.905	2.096	3.149	2.100	.226	.090	.541	2.957	6.106	2.3161	2.3989	1.4289
0 821101		.104	.019	1.152	1.946	3.220	2.200	.113	.135	.541	2.990	6.210	1.6899	4.7977	1.4081
0 821201		.130	.008	1.152	2.146	3.436	2.500	.226	.092	.562	3.380	6.815	1.8631	2.4912	1.3190
830224	830103	.206	.007	.856	2.372	3.441	2.400	.156	.120	.659	3.336	6.777	2.7728	4.2197	1.3449
830391	830202	.060	.005	.474	1.877	2.416	1.900	.059	.076	.271	2.305	4.722	3.9618	4.5913	1.2374
0 830302		.478	.013	.987	2.705	4.183	*****	.395	.018	.937	1.350	5.533	2.7397	2.3726	*****
0 830405		.177	.007	.773	2.445	3.402	2.300	.141	.019	.921	2.981	6.383	3.1620	3.6907	1.3993
0 830504		.074	.003	.206	1.866	2.148	1.900	.028	.021	.208	2.157	4.306	9.0745	7.3804	1.0905
0 830601		.122	.003	.601	2.096	2.821	2.200	.085	.008	.458	2.751	5.571	3.4899	5.4129	1.2256
0 830630		.078	.003	.197	1.946	2.224	2.400	.073	.013	.229	2.715	4.940	9.8572	3.1227	.8931
0 830802		.309	.005	.263	2.420	2.997	2.300	.226	.013	.791	3.330	6.327	9.1937	3.5061	1.1667
0 830901		.117	.003	.321	1.946	2.387	2.200	.085	.016	.129	2.430	4.817	6.0659	1.5254	1.0304
0 831002		.500	.008	.296	2.196	3.000	2.200	.367	.019	.937	3.523	6.523	7.4138	2.5551	1.1326
0 831105		.144	.003	.181	2.196	2.523	2.200	.113	.021	.729	3.063	5.565	12.1318	6.4584	1.0803
0 831201		.313	.010	.156	2.580	3.040	2.600	.338	.019	.958	3.916	6.955	16.3780	2.8295	1.0447

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÖLLENGEBIRGE  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAMEN: NIKOLAUSRU., WEIßENBACH  
 KURZBEZEICHNUNG: H 79

LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	Na+ mval/l	K+ mval/l	Mg+2 mval/l	Ca+2 mval/l	KATIONEN SUMME mval/l	HC03- mval/l	Cl- mval/l	NO3- mval/l	SO4-2 mval/l	ANIONEN- SUMME mval/l	GESAMT- MINERAL. mval/l	Ca+2 Mg+2	SO4-2 Cl-	Ca+Mg HC03
0	820420	.015	.003	.494	2.044	2.557	2.300	.028	.100	.271	2.699	5.254	4.1450	9.5945	1.1041
0	820602	.011	.005	.749	1.896	2.661	2.300	.028	.069	.229	2.627	5.287	2.5330	8.1184	1.1499
0	820712	.015	.004	.559	2.044	2.624	2.200	.028	.102	.312	2.642	5.266	3.6574	11.0705	1.1842
0	820801	.011	.004	.592	1.944	2.553	2.000	.028	.140	.291	2.460	5.013	3.2857	10.3325	1.2492
0	820901	.013	.003	.543	1.994	2.555	2.000	.028	.144	.271	2.442	4.997	3.6763	9.5945	1.2695
0	820930	.013	.018	.510	1.844	2.387	1.800	.056	.155	.291	2.303	4.490	3.6199	5.1672	1.3091
0	821101	.013	.018	.477	1.844	2.354	1.900	.028	.161	.312	2.402	4.756	3.8696	11.0705	1.2229
0	821201	.011	.003	.485	1.944	2.445	2.100	.056	.177	.291	2.625	5.070	4.0096	5.1672	1.1570
830230	830103	.013	.001	.337	1.945	2.294	1.800	.019	.139	.170	2.128	4.424	5.7456	8.8796	1.2477
830392	830201	.013	.003	.359	1.960	2.325	1.800	.020	.060	.212	2.092	4.427	5.4524	10.4559	1.2687
0	830301	.015	.003	.344	2.031	2.394	*****	*****	.034	.071	.105	2.499	5.8781	*****	*****
0	830404	.030	.003	.420	2.124	2.578	2.100	.028	.027	.137	2.293	4.871	5.0667	4.8710	1.2120
0	830502	.017	.003	.222	2.101	2.343	2.200	.028	.029	.146	2.403	4.746	9.4584	5.1663	1.0559
0	830601	.013	.003	.441	2.246	2.722	2.300	.028	.014	.162	2.507	5.229	4.8743	5.7548	1.1744
0	830630	.013	.003	.222	2.096	2.334	2.100	.028	.026	.146	2.300	4.633	9.4359	5.1663	1.1038
0	830802	.017	.003	.222	2.001	2.243	2.100	.028	.023	.164	2.315	4.558	9.0090	5.8304	1.0584
0	830901	.013	.003	.247	2.094	2.358	2.100	.028	.021	.021	2.170	4.528	8.4923	.7380	1.1153
0	831002	.013	.003	.222	1.996	2.234	2.100	.028	.026	.271	2.425	4.658	8.9844	9.5945	1.0562
0	831105	.013	.003	.197	1.996	2.209	2.000	.028	.027	.229	2.285	4.494	10.1100	8.1184	1.0947
0	831201	.013	.079	.156	1.801	2.050	2.000	.113	.037	.271	2.421	4.471	11.5253	2.3988	.9790

PROJEKTBEZEICHNUNG: HÜLLENBERG - Teil IV  
 PROJEKTNUMMER: H 83 319

MESSOBJEKT-NAMEN: LANGBATHQUELLE  
 KURZBEZEICHNUNG: H 81

LABOR- NUMMER	ENT- NAHME- DATUM	Na+ mval/l	K+ mval/l	Mg+2 mval/l	Ca+2 mval/l	KATIONEN SUMME mval/l	HCO3-- mval/l	Cl- mval/l	NO3-- mval/l	SO4--2 mval/l	ANIONEN- SUMME mval/l	GESAMT- MINERAL. mval/l	Ca+2 Mg+2	SO4--2 Cl-	Ca+Mg HCO3
0	830405	.034	.013	.790	2.265	3.102	2.700	.028	.021	.129	2.878	5.980	2.8687	4.5757	1.1316
0	830502	.030	.003	.658	2.295	2.987	3.100	.028	.024	.139	3.292	6.278	3.4879	4.9447	.9537
0	830531	.026	.003	.798	2.545	3.372	3.200	.028	.013	.156	3.397	6.769	3.1893	5.5353	1.0446
0	830629	.017	.003	.239	2.246	2.504	2.600	.029	.016	.104	2.749	5.252	9.4124	3.6902	.9554
0	830801	.183	.003	.197	2.400	2.783	2.900	.028	.018	.167	3.113	5.895	12.1572	5.9043	.8987
0	830831	.022	.005	.247	2.295	2.569	3.000	.028	.016	.021	3.065	5.634	9.3011	.7380	.8474
0	830930	.026	.005	.239	2.146	2.415	2.800	.028	.021	.312	3.161	5.577	8.9940	11.0705	.8515
0	831106	.022	.005	.243	2.395	2.685	2.800	.028	.021	.291	3.141	5.824	9.0990	10.3325	.9494
0	831201	.017	.003	.156	1.881	2.057	2.500	.028	.027	.229	2.785	4.842	12.0361	8.1184	.8150