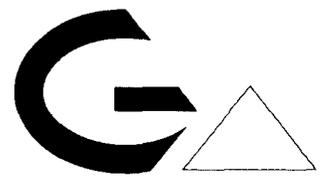


BAND 17



ISSN 0253 - 097X

ISBN 3-912-300312-91-5

Eberhard CLAR, Walter GAMERITH, Josef GRUBER  
Gerald HÜBL, Walter KOLLMANN, Dieter RANK

**INTERDISZIPLINÄRE  
GEOWISSENSCHAFTLICHE UNTERSUCHUNGEN  
DES THERMALWASSERVORKOMMENS  
VON BAD KLEINKIRCHHEIM  
(KÄRNTEN, ÖSTERREICH)**

91 Abbildungen, 4 Tabellen und 6 Bohrprofile (Anhang)

---

**ARCHIV FÜR LAGERSTÄTTENFORSCHUNG  
DER GEOLOGISCHEN BUNDESANSTALT**

---

WIEN 1995

Vormals Archiv für Lagerstättenforschung in den Ostalpen, begründet von O. M. Friedrich  
Eigentümer, Herausgeber und Verleger: Geologische Bundesanstalt, 1030 Wien Rasumofskygasse 23



Bad Kleinkirchheim um das Jahr 1935

Alle Rechte für In- und Ausland vorbehalten.

Medieninhaber, Herausgeber und Verleger: Geologische Bundesanstalt, A-1031 Wien, Rasumofskygasse 23.

Für die Redaktion verantwortlich: Dr. Walter Kollmann, Dr. Albert Daurer.

Layout: Dr. Albert Daurer.

Verlagsort: Wien.

Herstellungsort: Horn, N.Ö.

Ziel des „Archivs für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt“ ist die Verbreitung wissenschaftlicher Ergebnisse.

Satz: Geologische Bundesanstalt, nach Konvertierung der auf Datenträger gelieferten Texte.

Druck: Ferdinand Berger & Söhne Ges. m. b. H., 3580 Horn

„ ... *Water is essential for life. It is the first commodity. It plays a determining role in all global processes. Too little or too much water is a threat to health and wealth. It is and will be a source of conflicts. We have to care about it – for us and for the generations to come. But we have to know more about it. ... Nothing less but the future of human environment depends upon it ...* “

aus UNESCO:  
International Hydrological Program



Die beiden Projektleiter – Univ.-Prof. DDr. E. CLAR und Dr. W. KOLLMANN – bei der Festlegung des Methodeneinsatzes auf der Bunnachhöhe am 5. 8. 1987.

## Anschriften der Autoren

Univ.-Prof. DDr. Eberhard CLAR  
Haus Kärnten Nr. 82/11, A-9546 Bad Kleinkirchheim

Dr. Walter GAMERITH  
Katzianergasse 9, A-8010 Graz

Dr. Josef GRUBER  
Kärntner Institut für Seenforschung, Flatschacherstraße 70, A-9020 Klagenfurt

Mag. Gerald HÜBL  
Geologische Bundesanstalt, Seidlgasse 28/4, A-1030 Wien

Dr. Walter KOLLMANN  
Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien

Dr. Dieter RANK  
Bundesforschungs- und Prüfzentrum Arsenal, Geotechnisches Institut, Faradaygasse 3, A-1031 Wien



## Inhalt

Zusammenfassung .....	7
Abstract .....	7
1. Aufgabenstellung (E. CLAR & W. KOLLMANN) .....	8
2. Geologische Grundlagen (E. CLAR) .....	8
2.1. Allgemeines .....	8
2.2. Tektonik .....	13
2.3. Strukturgeologie .....	14
2.4. Geologische Probleme .....	15
2.5. Neue Ergebnisse .....	15
2.6. Tiefenforschung .....	16
2.7. Quartärgeologie .....	16
3. Zur Vorgeschichte der neueren Erschließung (E. CLAR) .....	17
3.1. Ausgangslage .....	17
3.2. Nutzungen, Messungen, Rechtsstreit .....	19
3.3. Wasseraustritte unterhalb der Katharinenkirche .....	22
3.4. Frühe Schutzmaßnahmen .....	24
3.5. Erschließungsbohrungen im Raum der Kirchenquellen .....	25
3.5.1. Ende Rechtsstreit, Erkundungsbohrungen .....	25
3.5.2. Gewinnungsbrunnen, erste Ergebnisse .....	25
3.6. Voruntersuchungen 1969 bis 1973 .....	27
3.6.1. Methoden .....	27
3.6.2. Versuchsbrunnen 1/72 .....	30
3.6.3. Versuchsbrunnen 2/72 .....	31
3.6.4. Leistung der Versuchsbrunnen .....	31
3.7. Tiefbrunnen 1974 .....	33
3.7.1. Voraussetzungen .....	33
3.7.2. Tiefbrunnen 1/74 „Kahler-Therme“ – Bau, Geologie .....	33
3.7.3. Wasserführung .....	35
3.7.4. Tiefbrunnen 2/74 „Clar-Therme“ – Bau, Geologie .....	37
3.7.5. Betriebsergebnisse beider Tiefbrunnen .....	38
3.8. Ergänzungsversuch durch Tiefbrunnen 1984 .....	40
3.8.1. Begründung .....	40
3.8.2. Realisierung .....	41
3.8.3. Tiefbrunnen 1/84 .....	42
3.8.4. Pumpversuch 1/84 .....	44
3.8.5. Tiefbrunnen 2/84 und verbleibende Probleme .....	44
4. Zusammenfassende Übersicht von bisherigen Daten und Erfahrungen (E. CLAR) .....	47
4.1. Zum geologischen Raumbild .....	47
4.2. Verkarstung, Druckausgleich, Stauspiegel .....	48
4.3. Temperaturverteilung, zeitliche Entwicklung, Kaltwasser-Zudrang .....	48
5. Isotopenhydrologische Reihenuntersuchungen 1987–88 (D. RANK) .....	50
5.1. Aufgabenstellung .....	50
5.2. Probenahme und Meßergebnisse .....	50
5.3. Einige vorläufige Schlußfolgerungen .....	52
5.4. Vorschlag für das Untersuchungsprogramm .....	53
6. Hydrochemische Reihenuntersuchungen 1987–88 (J. GRUBER) .....	53
6.1. Methodik .....	53
7. Hydrochemie und Geothermometrie (W. KOLLMANN & S. SHADLAU) .....	54
7.1. Planung .....	54
7.2. Beprobung .....	54
7.3. Argumentation .....	54
7.4. Analytik .....	54
7.5. Interpretation .....	54
7.5.1. Physikalisch-chemische Parameter .....	54
7.5.2. Kationen .....	68
7.5.3. Anionen .....	68
7.5.4. Berechnung der Mischungsanteile von Thermal- und Kaltwasserkomponenten .....	68
7.6. Geothermometrie .....	70

8. Hydrometrische Simultanmessungen (W. KOLLMANN)	71
8.1. Fragestellung	71
8.2. Oswaldbach	73
8.3. Bach von der Totelitzen	81
8.4. Tiefenbach bzw. Kleinkirchheimer Bach	82
8.5. Leobenbach	84
8.6. Hofalmbach	85
8.7. Roßbach bzw. Langalmatal	87
9. Hydrogeologische Kartierung der Quellen und Schwinden im Einzugsgebiet der Thermalwässer von Bad Kleinkirchheim (W. GAMERITH)	87
9.1. Anlaß und Auftrag	87
9.2. Aufnahmegebiete	88
9.3. Aufgenommene Punkte und gemessene Austritte	88
9.4. Zusammenfassung der Ergebnisse	93
10. Empfehlungen für zukünftige Maßnahmen (E. CLAR, G. HÜBL, W. KOLLMANN)	94
10.1. Mengen-Angebot und Messungskontrollen	95
10.2. Der Temperatur-Verlauf, westliche Begrenzung	95
10.3. Die Entwicklung gegen Osten	99
10.4. Sogenanntes „Sekundär“-Thermalwasser	100
10.5. Erkundung der Taltiefe und Südflanke	100
10.6. Schutz- und Schongebiet	100
10.7. Energie-Verwertung	100
Literatur	101
Anhang	104
Bohrung 1/72	104
Bohrung 2/72	107
Bohrung 1/74	111
Bohrung 2/74	113
Bohrung 1/84	115
Bohrung 2/84	116

# Interdisziplinäre geowissenschaftliche Untersuchungen zur Beurteilung von Einzugsgebiet, Herkunft, Verweilzeit und Vorräten von Thermalwasservorkommen am Beispiel Bad Kleinkirchheim (Kärnten, Österreich)

EBERHARD CLAR, WALTER GAMERITH, JOSEF GRUBER, GERALD HÜBL,  
WALTER KOLLMANN & DIETER RANK

91 Abbildungen, 4 Tabellen und 6 Bohrprofile

## Zusammenfassung

Die geowissenschaftliche Datenerfassung zur Erstellung eines Thermalwassermodells am Beispiel Bad Kleinkirchheim basiert auf der guten geologischen Kenntnis des relativ einfachen 3-Schichtaufbaues („Sandwich“ aus alkristallinem Grundgebirge, Wettersteindolomit des Stangalm-Mesozoikums, Quarzphyllit der Gurktaler Decke), der seit 1956 ziemlich regelmäßigen Thermalwasserkontrollmessungen, intensiver Aufschlußtätigkeit und zahlreicher Analysen an Kalt- und Warmwässern. Eine derart umfassende Ausgangssituation im alpinen Bereich liegt in Österreich derzeit nur für diesen geologisch modellartigen Bereich vor.

Die grundsätzlich bei Thermalwasservorkommen anzustrebende Forschungs- und Erkundungsstrategie ließ durch Kombination interdisziplinärer Methoden (Hydrogeologische Kartierung, Hydrometrische Simultanmessungen, Hydrochemie, Isotopenhydrologie, Geothermometrie, Gangliniendigitalisierung und statistische Auswertung) weitere Aussagen über Einzugsgebiet, Herkunft, Entstehungstiefe, Speicherung, Untergrundpassage, Verweilzeit, Mischung, Austrittsursache, Erschließungs- und Nutzungsmöglichkeit, Trend und Prognose zu.

Dabei wurden als Neuergebnisse insbesondere die Bedeutung der Bruchtektonik (Aigener Bruch) herausgehoben und durch Geothermometerberechnungen dessen Tiefgang bis in 1400 m sowie die aus der Geometrie der Mylonitzone errechenbare Mindestkluftporosität von  $n_f = 5\%$  kalkuliert. Diese erscheint geologisch durchaus plausibel, korrespondiert aber nur dann mit der Radiocarbon-Datierung (16700 Jahre) für die aus diesem Lineament aszendierende Hochtemperaturkomponente, wenn zusätzlich Speicherkapazität im Dolomit bis weit unter die hangende Gurktaler Decke vorausgesetzt wird.

In Folge einer Zumischung von Kaltwasser, welches via Niederschlags- und Bachwasserversickerungen, durch hydrometrische Simultanmessungen bewiesen und örtlich eingegrenzt, vor allem auf den Schwemmkegelüberfließungsstrecken erfolgt, resultiert eine sukzessive Abkühlung der gepumpten Mischwässer. Deren Anteile (Kaltwasser- und Hochtemperaturkomponente) wurden für alle Bohrungen nach der chemischen Mischungsregel unter Anwendung spezifischer thermodynamischer Löslichkeit einzelner Spurenelemente (F, Mo, Ba) und der Tritiumgehalte bestimmt.

Es hat sich dabei gezeigt, daß die Kaltwasseranteile an den Betriebsbrunnen bis zum Zeitpunkt der Drosselung (Herbst 1990) etwa 25 bis 37 % der Gesamtförderung ausmachen. Daß diese Abkühlung eine Funktion der starken Entnahme (23 l/s) seit 1976 ist, zeigte sich daran, daß die Drosselung bereits Erfolg erzielte.

Die für das Jahr 2000 durch statistische Trendberechnung prognostizierte Thermaltemperatur des Brunnens 2/74 lag vor der Drosselung bei 25,9°C und verbesserte sich, zwar nur geringfügig um 0,3°C, auf immerhin 26,2°C. Jedenfalls hält der stetige Abkühlungseffekt noch an, sodaß weitere betriebliche Schritte (Fortsetzung der Drosselung, Reinjektion, eventuell Suche besserer Brunnenstandorte) unumgänglich erscheinen.

Als zukünftige Maßnahmen werden die Beibehaltung oder Verstärkung der Drosselung zumindest für einen befristeten Probetrieb zur optimalen Nutzung der Hochtemperaturkomponente empfohlen. Zu deren Schutz, einerseits qualitativ vor Immissionen, andererseits quantitativ wegen technischer möglicher Übernutzungsgefahr (Druckspiegelabsenkung, Gesteinsabkühlung) ist die Verordnung eines Schutz- und Schongebietes unter besonderer Berücksichtigung des Aigener Bruches und eventueller zukünftiger Neuaufschließungen zu erlassen.

## Geoscientific Research of the Thermal Water Occurrences of Bad Kleinkirchheim (Carinthia, Austria): Origin, Residence Time and Resources

### Abstract

Hydrogeologic surveys, carried out in the Bad Kleinkirchheim area of Carinthia (Austria), were used to investigate the cause of the cooling of thermal waters confined to a tectonic fault by mixing processes.

Previous understanding concerning the geological build-up of the three-layer („sandwich“) configuration was enhanced through the recognition of the relationship of fracture tectonics to ascending thermal waters. The addition and quantitative proportion of percolating cold waters was determined, through simultaneous hydrometric measurements and by the application of isotopic and the chemical miscibility law, as ranging between 23 and 79 percent.

These locally and time dependent data were processed by a statistical Black-Box-Model. The extent of the already evidently positive effect, achieved by subsequent throttling, was projected to the year 2000; however, further cooling is prognosticated.

# 1. Aufgabenstellung

(E. CLAR & W. KOLLMANN)

Das Risiko von Thermalwasseraufschließungen kann durch die Kenntnis der Geologie wesentlich minimiert werden. Langjährige intensive geologische Betreuung mit umfangreichen interdisziplinären Begleituntersuchungen erfolgten bisher am für Österreich einmaligen Thermalwassersystem in Bad Kleinkirchheim (F. KAHLER, 1947, 1976, 1978; J. NEUDECKER, 1972; E. CLAR, 1973 lfd).

Nach U. HERZOG (1984) und W. KOLLMANN (1993) kann dabei von einem Modellfall der Geologie gesprochen werden: Der tiefreichende tektonische Aigener Bruch (P. FAUPL, 1969 und 1972) durchschlägt ein „Gesteins-Sandwich“. Dieser geologische „Hamburger“ oder „Cheeseburger“ – wie man will – besteht aus einem Boden aus dichtem Altkristallin (Paragneis-Serie) und weist als Leckerbissen (= Käse) dazwischen gut wasserführenden Dolomitkarst als Reservoir, welches das Thermalwasser speichert, auf. Sein Deckel besteht wiederum aus wasserundurchlässigen Grungesteinen und ebensolchen eiszeitlichen Moränen, die für den artesischen Überdruck sorgen. Zur Erforschung dieses natürlichen Kochtopfes, und damit dieser auch weiterhin so wunderbar funktioniert und nicht selbst durch zu viel Frischwasser weiter abgekühlt wird, wurde auf Anregung von Herrn em. Univ. Prof. DDr. E. CLAR im Jahr 1987 von der Geologischen Bundesanstalt im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung, des Landes Kärnten und der Kurgemeinde Bad Kleinkirchheim unter dem Management des Geocenter Rohstoffforschung Kärnten dieses Auftragsforschungsprojekt begonnen.

Bad Kleinkirchheim hat insbesondere seit dem Zweiten Weltkrieg eine beispielhafte Entwicklung von einem stillen, etwas entlegenen Bergdorf zu einem Zentrum des sommerlichen und winterlichen Fremdenverkehrs genommen.

Einige wenige Zahlen können Tempo und Ausmaß dieses Wachstums verdeutlichen:

Das „Österreichische Bäderbuch“ vom Jahre 1928 berichtet: „Saison 15. Mai bis 30. September; Frequenz ungefähr 500 Kurgäste jährlich“. Dazu kamen außerhalb des Kurbetriebes auch regelmäßig schon vertraute, die ländli-

che Ruhe suchende „Sommerfrischler“. 1956, als die Erschließung durch Lifte anlief, registrierte man 34.000 Nächtigungen; 1966 waren es bei 1080 Betten schon über 200.000, und für 1985 meldete die Gäste-Information schon rund 6.000 Betten, mit denen die Zahl der jährlichen Nächtigungen schon 900.000 überschritten hatte.

Naturgemäß war diese eindrucksvolle Entwicklung neben der Gunst der Landschaft und dem vielseitigen Unternehmungsgeist der Bewohner und Betriebe auch unterstützt von dem natürlichen Schatz der Thermalquellen, die laut Bäderbuch schon seit Jahrhunderten in Ansehen stehen. Die angedeutete sprunghafte Entwicklung des Ortes hat eine moderne Erschließung ebenso gefordert wie ermöglicht. Über diese und ihre geologischen Grundlagen, die im ostalpinen Gebirgssystem modellartige Lagerungsverhältnisse besitzen, soll im folgenden erstmalig ausführlich berichtet werden.

Die Thermalquellen von Bad Kleinkirchheim bieten durch einen geologisch modellhaften Umstand besonderen Anreiz und Aussicht für eine exaktere Aufklärung ihres Entstehungsweges: Bei der für Thermalquellen schon ungewöhnlichen Höhenlage von über 1.000 m ü.A. im Mittelgebirge zeigt das weitere geologische Umfeld recht klar, daß sie nicht wie viele Thermen aus weitgehend unbekanntem großen Erdtiefen aufsteigen, die ihnen seltene Inhaltsstoffe mitgegeben haben, sondern sie sind das Produkt eines in großen Zügen geologisch überblickbaren Kreislaufes von Niederschlagswasser, das auf dem Weg durch abschätzbare und beschreibbare Erdtiefen erwärmt und verändert wird.

Das Forschungsprojekt zielt daher insbesondere auch auf eine hydrogeologische Erfassung dieses weiträumigen Kreislaufes in chemisch- und isotopenanalytischer Kontrolle bis zum Austritt des Thermalwassers. In Hinblick auf die praktische Nutzung verspricht diese Forschung einen exakteren Einblick in die Möglichkeiten der vollständigen Erschließung und der Grenzen der Belastbarkeit des Thermalwasserezustromes und seines Energieinhaltes, als Richtlinie der Bewirtschaftung dieses Naturschatzes.

## 2. Geologische Grundlagen

(E. CLAR)

### 2.1. Allgemeines

Die folgende Skizze der geologischen Grundlagen des Thermalwasservorkommens von Bad Kleinkirchheim ist keine abschließend zusammenfassende Darstellung. Neben der Berücksichtigung der älteren und neueren wissenschaftlichen Bearbeitungen (Abb. 1) im einschlägigen Bereich beruht sie auf zahlreichen, auch ausgreifenden geologischen Begehungen seit dem Beginn der neueren Erschließungsarbeiten 1966 als deren Grundlage. Doch waren diese nicht mit einer flächenhaften Detailkartierung verbunden und mußten auch ohne eine begleitende petrographische Detailarbeit ausgeführt werden.

Die offizielle Geologische Karte 1 : 50.000 der Geologischen Bundesanstalt Blatt 183 Radenthein mit der notwendigen Ergänzung Blatt 184 Ebene Reichenau ist in der Feldaufnahme im wesentlichen abgeschlossen, liegt aber noch nicht vor; sie wird eine verbesserte und ausgreifendere Darstellung der geologischen Bedingungen bringen.

Bis dahin soll die Geologische Kartenskizze Abb. 2 mit den Übersicht-Schnitten der Abb. 3 als ein Ersatz dienen. Durch Entgegenkommen von Kollegen PISTOTNIK konnten darin manche Ergebnisse seiner Aufnahmen weiter nördlich übernommen werden.

Die entscheidende Bedingung für das Auftreten der Thermalquellen von Bad Kleinkirchheim ist geologisch gesehen ein großtektonischer Grundzug im Bau der östlichen Zentralalpen: Die als „Ostalpin“ zusammengefaßten mächtigen und ausgedehnten Grundgebirgs- und Sediment-Gebirgsmassen, die das an der Katschberglinie gegen Osten untertauchende tektonischen Fenster des „Penninikums“ der Hohen Tauern überschieben, sind ihrerseits bei diesen Überschiebungsvorgängen schon in frühen Phasen weiträumig geteilt worden, indem ein Großteil der auflagernden Sedimentstapel von dem unterlagernden und mechanisch anders reagierenden kristallinen

# ÜBERSICHTSKARTE DER TEKTONISCHEN BAUEINHEITEN AM NORD-UND WESTRAND DER GURKTALER DECKE (ÖSTERREICH) (Mit einem Profil)

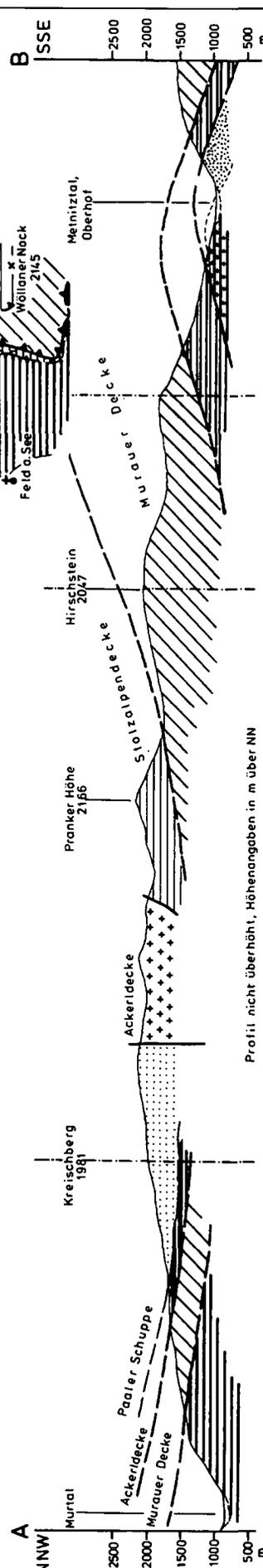
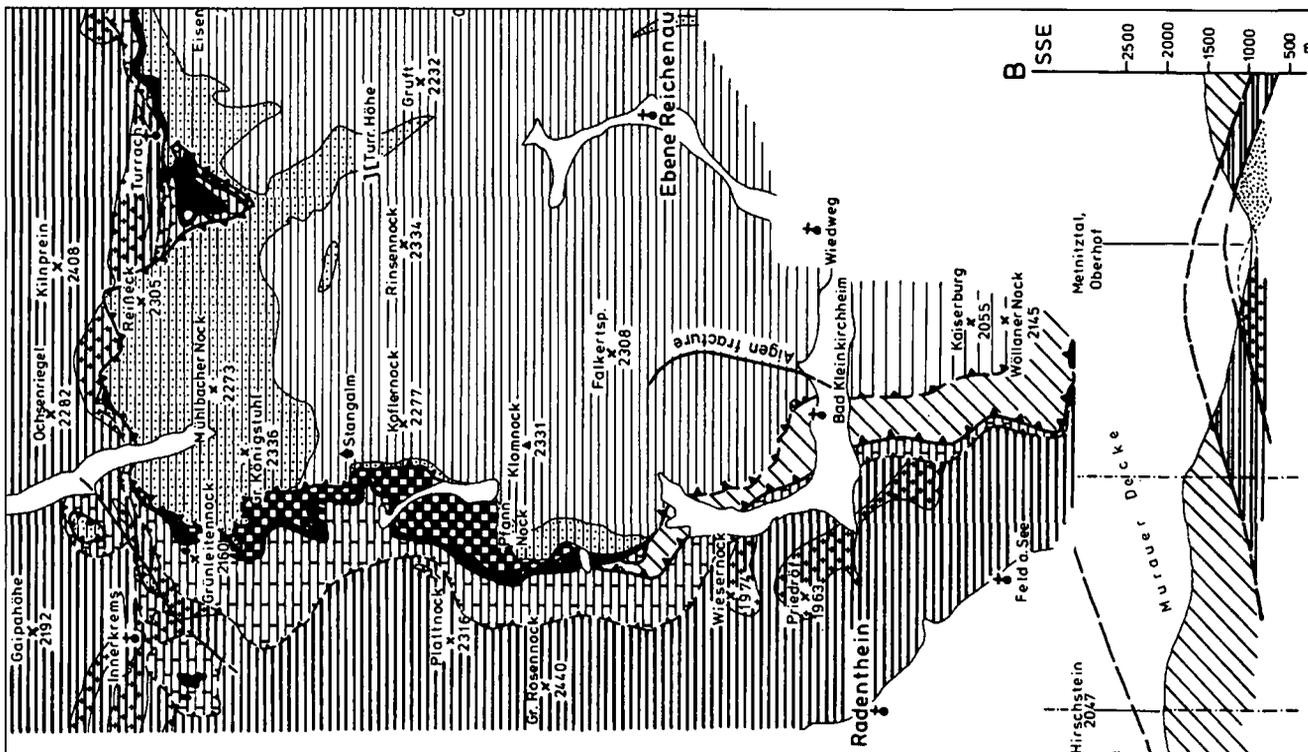
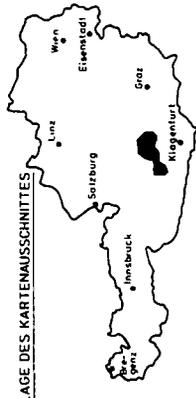
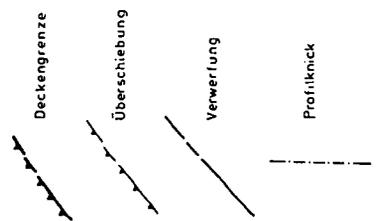
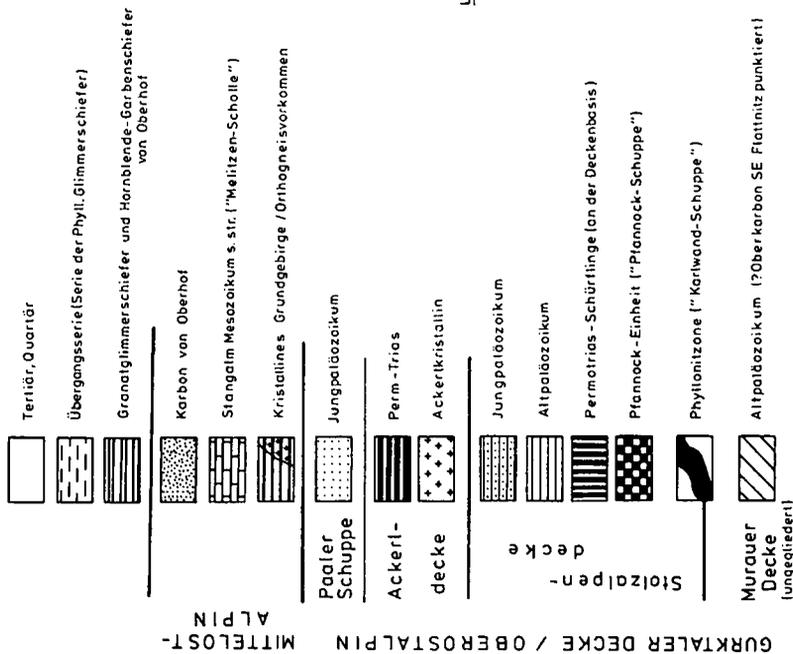


Abb. 1. Geologisch-tektonische Übersicht des Einzugsgebietes der Thermen- und Kaltwässer im Raum Bad Kleinkirchheim, nach P. FAUPL (1972) und W. VON GOSEN et al. (1985).



Abb. 2.  
Vereinfachte geologische Karte des näheren Einzugsgebietes der Thermen- und Kaltwässer im Raum Bad Kleinkirchheim.  
Nach E. CLAR (1981).

Grundgebirge abgeschert und weiter transportiert worden ist. So stehen sozusagen in verschiedenen Stockwerken im Deckenbau des „Ostalpin“ einerseits mächtige Kristallinkörper mit nur bescheidenen Resten einer reduzierten ehemaligen Sedimentauflagerung höheren Schubkörpern gegenüber, die aus mächtigen Sedimentfolgen fast ohne zugehöriges Grundgebirge bestehen. Oft wie in unserem Falle (Gurktaler Phyllite, Grauwackenzone u. a.) besteht die ältere Unterlage unter mächtigen jüngeren Sedimenten nur aus vorwiegenden Phylliten und Schiefen, die offenbar eine Abscherung vom eigentlichen unterlagernden Kristallin leicht ermöglicht haben.

In einem großzügigen Gliederungsversuch des ostalpinen Gebirgsbaues hat A. TOLLMANN seinerzeit vorgeschlagen, die tektonischen Einheiten der mächtigen Grundgebirgskörper als „Mittelostalpin“ zusammenzufassen, die höheren Einheiten werden damit in etwas veränderter Begriffsfassung „Oberostalpin“.

Dieser nomenklatorische Vorschlag ist in der Literatur zum Gebirgsbau der Ostalpen seither – zunächst zum Mißvergnügen des Verfassers dieser Zeilen – weitgehend übernommen worden. In unserem Raume ist in diesem Sinne die gewaltige Überschiebungsmasse des vormesozoischen Grundgebirges zweigeteilt in das tiefere „Altkristallin“ – mit zugehöriger Sedimentauflage als „Mittelostalpin“ bezeichnet – und die höheren, als „Oberostalpin“ zusammengefaßten Überschiebungskörper. Ihr räumlich bedeutendster Anteil ist der ausgedehnte Bereich der Gurktaler Phyllite paläozoischen Alters, die im Westen und Norden eindeutig auf jüngere, mesozoische Bauglieder überschoben worden sind, also hier mit vollem Recht als „Gurktaler Decke“ zusammengefaßt werden können. Diese Stellung als ortsfremde Überschiebungsdecke ist aber nur für diese Randbereiche im Westen und Norden beobachtbar; im riesigen weiteren Bereich der Gurktaler Phyllite und ihrer Äquivalente im Osten und Südosten fehlt auch den in der Literatur beschriebenen und so bezeichneten „Fenstern“ (Oberhof, Wiemitz, Friesacher Halbfenster) das entscheidende Merkmal tektonischer Deckenüberschiebung, nämlich die durch Verschiebungstransport zustandegekommene Auflagerung auf entweder stratigraphisch jüngere oder in der metamorphen Tiefengliederung einmal höher angeordnet gewesene Bauglieder. Nachweisbar sind immer wieder nur als Beleg einer Abscherung des weichen Phyllitgebirges vom steiferen hochkristallinen Untergrund extrem durchbewegte Verschiebungszonen.

Die entscheidende geologische Bedingung für die Entstehung der Thermalquellen von Bad Kleinkirchheim ist nun die Tatsache, daß diese große tektonische Fuge zwischen dem „mittelostalpinen“ kristallinen Grundgebirge westlich und unten und dem darauf aufgeschobenen Komplex der „Gurktaler Decke“ besetzt ist durch die Einschaltung eines Gesteinszuges von mesozoischen Ge-



steinen kalkalpinen Charakters: Das „Stangalm-Mesozoikum“ i. w. S. Dieser im Formcharakter von gerundeten Grundgebirgsbergen der „Nocke“ fremde Gesteinszug ist ein auffälliges Bauelement schon nördlich von Kleinkirchheim und erstreckt sich um 25 km in Nord-Süd bei einer Breite bis um 3 km weiter nördlich.

Das Grundprinzip der Entstehung des Thermalwassers ist recht einfach: Die mächtigen Karbonatgesteine der Trias sind wie in den Kalkalpen – obwohl es sich hier überwiegend um Dolomit handelt – tiefgreifend verkarstet und lassen die auf den Gebirgshöhen fallenden Niederschläge tief ins Gebirgsinnere versinken. Entsprechend dem Abtauchen der Dolomitplatten (siehe Schnitte Abb. 3) werden diese gegen Osten in die Tiefe unter die zunehmend mächtiger werdende Überdeckung durch die Gurktaler Phyllite geleitet, wo das Wasser bei zureichend langem Aufenthalt (Verweildauer) entsprechend der zunehmenden Erdwärme (geothermische Tiefenstufe) aufgeheizt wird. Für das Erreichen der Kleinkirchheimer Temperaturen um 30°C ist schätzungsweise schon eine Phyllit-Überdeckung von weniger als 2000 m ausreichend (Näheres dazu im Kap. 7.6. Geothermometrie).

Die gerade quer zum Streichen des Karbonatgesteinszuges eingeschnittene Talung von Kleinkirchheim ist überraschenderweise trotz Höhenlage um 1000 m der tiefste Gelände-Einschnitt im ganzen Zuge, so daß das erwärmte Wasser – gefördert durch die stauende Verschmälerung des Zuges gegen Süden und durch Störungsfugen – die-

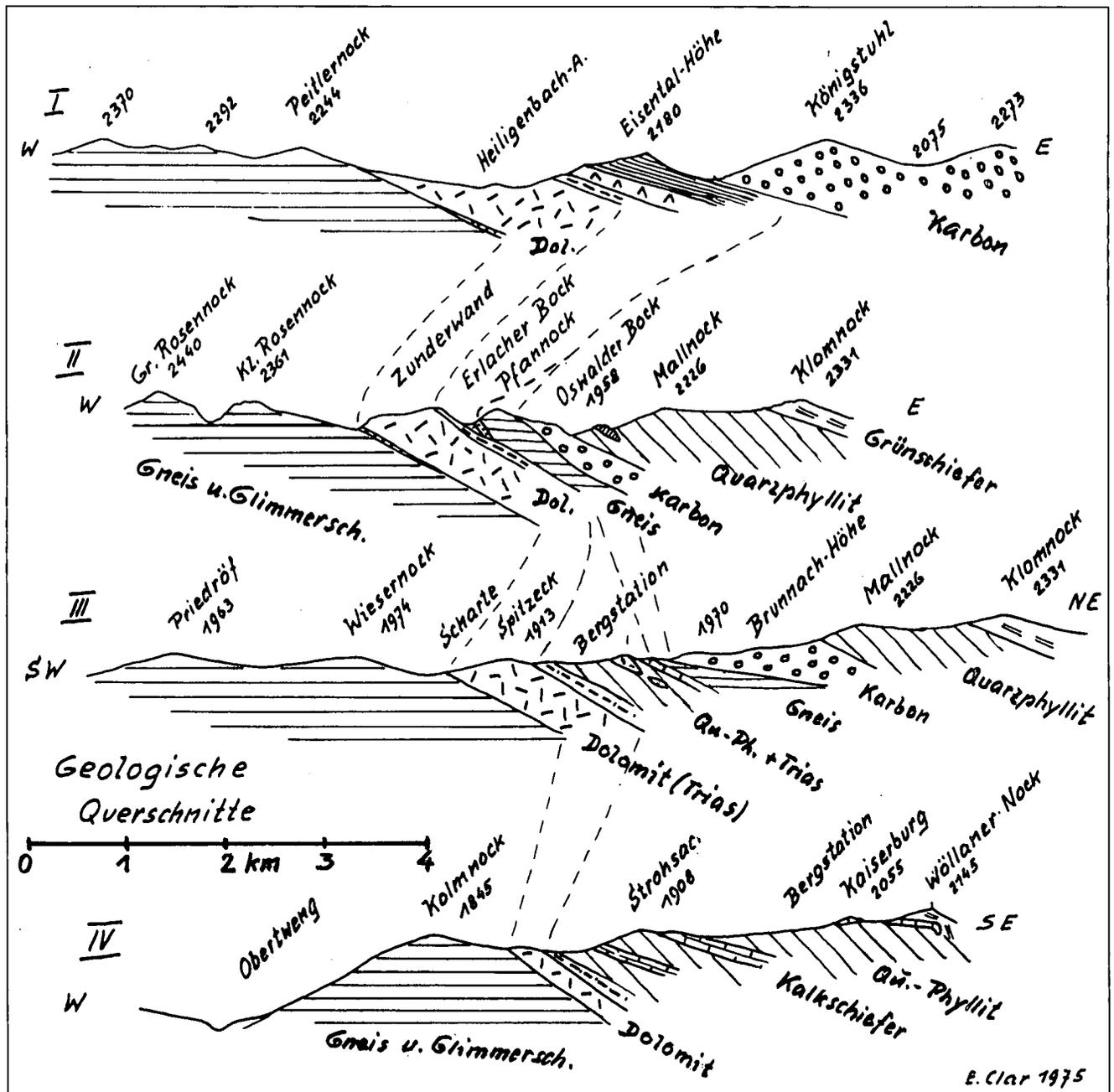


Abb. 3. Geologische Übersichtsprofilsschnitte im Einfallen des geologischen Sandwichmodells nach E. CLAR (1975 und 1981). Die Profilagen sind aus der Abb. 2 ersichtlich.

sem Einschnitt zuströmen muß. Wichtige Einzelheiten der Austrittsart werden weiter unten dargestellt.

Natürlich sind die geologischen Bedingungen im einzelnen durch den Überschiebungsbau mit Schichtwiederholungen usw. wesentlich komplizierter als dieses vereinfachte Schema nur prinzipiell richtig beschreibt. Wesentliche Grundzüge sind im folgenden mit Hinweisen auf wichtige Literatur beschrieben. Nach der Auffindung und Beschreibung der Obertrias-Fossilien von der Eisentälhöhe (K. HOLDHAUS, 1921/22) gab die erste eingehende Darstellung der Gesamtheit dieser jüngeren Einschaltungen im Grundgebirge nach langen Studien H. STOWASSER (1947, 1956). Heute ist als Zusammenfassung vor allem auf die konzentrierte tektonische Übersicht (Jb. GBA, 1985) durch W. v. GOSEN, K.H. HAIGES, F. NEUBAUER, J. PISTOTNIK und F. THIEDIG Bezug zu nehmen. Wichtige Kartierungen und Detailstudien sind (hier nur mit Erscheinungsjahr

ohne Titel) vor allem anzuführen im Raum Kleinkirchheim selbst von P. FAUPL mit unpublizierter Karte 1969 und 1972 und die strukturelle Detailanalyse von R. BELOCKY (Diss. Univ. Wien, 1987); im Kristallin von Radenthein-Priedröf nach den weiträumigen Begehungen von R. SCHWINNER (1927) vor allem die neueren geochronologischen Feststellungen von C.J. HAWKESWORTH (1976) und R. SCHIMANA (1986).

In der Fortsetzung des Mesozoikums gegen Norden ist zuerst zu verweisen auf die tektonische Gliederung und die faziellen Zuordnungsgedanken von A. TOLLMANN (bes. 1975 und 1977), die Detailaufnahme von K. LIEGLER (Diss. Univ. Wien, 1971) und seine Schichtaufnahme der Folge des Oberkarbons der Brunnachhöhe (1970): deren Flora findet ebenso wie das Oberkarbon der nördlichen Gurktaler Alpen (Stangnockformation) eine Dokumentation im Gemeinschaftswerk „Pflanzenfossilien aus Kärnten“ von

A. FRITZ, M. BOERSMA und K. KRÄINER (1990). Für den weiteren Nordabschnitt glaube ich nur auf die langjährige Arbeit von J. PISTOTNIK seit seinen Dissertationsaufnahmen (1975) verweisen zu sollen.

## 2.2. Tektonik

Der auch für die Geologie der Thermalquellen wohl wichtigste tektonische Grundzug im inneren Bau des „Stangalm-Mesozoikums“ als trennende Einschaltung im älteren Gebirge ist, daß es selbst wieder in zwei Stockwerke geteilt ist, die sich im Aufbau und tektonischer Geschichte unterscheiden. Einige Namen aus der Literatur sind unvermeidbar: das tiefere Stockwerk, das unmittelbar dem von Westen unertauchenden Grundgebirge (hier Priedröf – Wiesernock – Rosennock) aufruht, bezeichnen v. GOSEN et al. als „Stangalm-Mesozoikum s.str.“ (vorher bei A. TOLLMANN „Melitzenscholle“). Alles höher liegende gilt als Teilelemente des großen Komplexes „Gurktaler Decke“. Da ist zunächst ein bedeutender Bewegungshorizont vorwiegend aus Gesteinen von Phyllitcharakter, der die beiden Stockwerke aus karbonatischer Trias fast in der ganzen Streichlänge über 20 km von Innerkrems bis in die Gegend von Kleinkirchheim trennt. Schon A. THURNER (1927) hat darin vor der Entdeckung der Trias-Fossilien eine Zone extrem verschleiften und „umgefalteter“ „Phyllonite“ (B. SANDER) gesehen; nachdem STOWASSER in ihnen vor allem Schiefer des Karn als stratigraphische Verbindung zwischen den Schichten des tieferen und des höheren Stockwerkes vermutet hatte, ist heute der Charakter und die Bezeichnung als „Phyllonitzone“ allgemein angenommen (nach A. TOLLMANN „Karlwandschuppe“).

Sie ist die große Bewegungszone an der Basis des Komplexes der Gurktaler Decken und umfaßt sicher paläo-

zoische Phyllite und Grüngesteine, vermutlich ebenfalls paläozoische, in Fetzen wohl auch mesozoische Karbonatgesteine und Reste von Tonschiefern der karnischen Stufe aus dem unterlagernden Stangalm-Mesozoikum s.str., dessen Schichtfolge an den Tonschiefern der tieferen Obertrias durch Abscherung endet. Auf die weiträumige Parallelisierung der Phyllonitzone im tektonischen Aufbau kommen wir nach kurzer Kennzeichnung des sie unterlagernden „Mittelostalpin“ wieder zurück.

Diese von den meisten Autoren heute als „Mittelostalpin“ in der tektonischen Rangordnung zusammengefaßte Unterlagerung der großen Bewegungszone besteht also aus dem „Stangalm-Mesozoikum s.str.“ und dem mächtigen Grundgebirgs-Kristallin, dem es als zugehörige Sedimentbedeckung aufliegt. In unserem Thermalquellenregime ist dieses, beherrschend in Amphibolitfazies ausgeprägte Kristallin im wesentlichen nur die wenig durchlässige, das Wasser in der durchlässigeren Sedimentüberlagerung stauende Unterlage. Es handelt sich in großer Masse um relativ dünnstiefrige Biotit-Paragneise mit hier im Südosten sehr spärlichen Amphibolitändern, praktisch ohne Marmoreinlagerungen, in den die aus den hochliegenden Altflächen noch etwas herausgehobenen Gipfel von Priedröf und Wiesernock ihr Herausragen der Einlagerung von schönen hellstreifigen, granitischen Gneisen („Priedröfgneis“ bei R. SCHWINNER) verdanken.

Die dem Grundgebirge auflagernde Trias, bzw. Permtrias des tieferen Karbonatgestein-Stockwerkes (Stangalm-Mesozoikum s.str.), dürfte zwar wohl vielfach an der Auflagerung auf das Grundgebirge bewegt und gestört sein, zeigt aber doch mehrfach Verbände, die ein transgressives Übergreifen dieser Sedimentation annehmen lassen; so an der Nockalmstraße in Heiligenbach (PISTOTNIK, 1976), am Ochsenstand und beim Törl an der west-

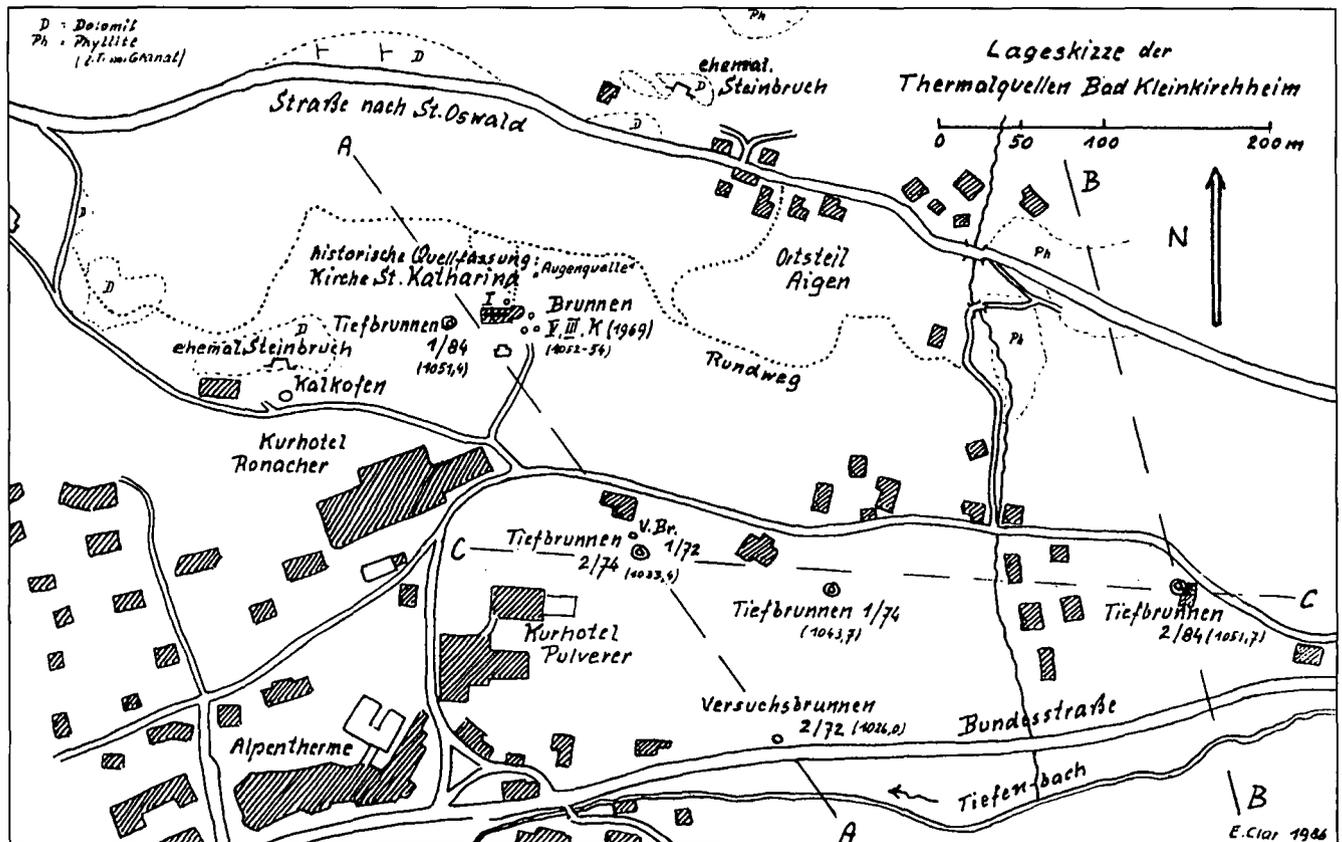


Abb. 4. Lageskizze der Thermalquellen Bad Kleinkirchheim.

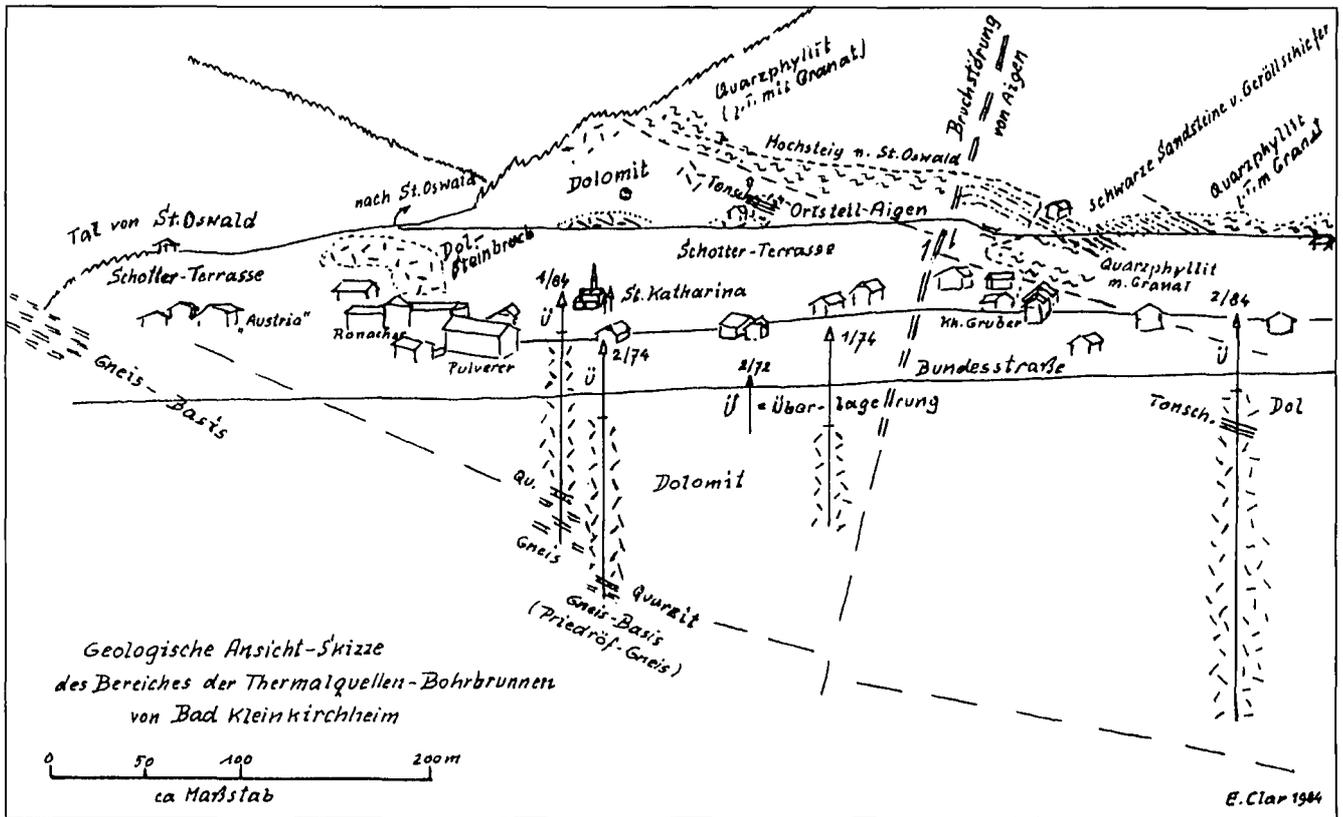


Abb. 5.  
Geologische Ansichtsskizze (3-D-Schnitt) des Bereiches der Thermalquellen-Bohrbrunnen von Bad Kleinkirchheim.

lichen Basis von Karlwand und Zunderwand oder in den Thermalwasser-Bohrungen 2/74 und 1/84 in Bad Kleinkirchheim (Abb. 4 und 5). Die Sedimentfolge wird von weißen bis grünlichweißen, z. T. konglomeratischen Quarziten bis Quarzitschiefern eingeleitet, über denen Lagen von Rauhwacken, karbonatischen Schiefen und sandigen Kalkschiefern in die mächtigen Dolomite überleiten.

Diese beginnen wenigstens teilweise mit dunkleren Färbungen (Anis ?) und werden dann hellgrau und im Habitus dem „Wettersteindolomit“ kalkalpiner Entwicklung vergleichbar. Zugleich als eine Stütze angenommener Vertretungen der ladinischen Stufe hat LIEGLER (1973) eine vermutlich tuffitische, den Vulkanitlagen des Ladin in den Nord- und Südalpen vergleichbare grünliche Einlagerung beschrieben.

Außerdem gibt es in den höheren Teilen der Dolomitmasse in der Zunderwand ein als Rasenstufe wirkendes Band dunklerer Tonschiefer, die vermutlich dem Tonschieferband gleichzustellen sind, das ober Kleinkirchheim bei den letzten Häusern der Ortschaft Aigen und in der Bohrung 2/84 nahe der Hangendgrenze der Dolomite aufgeschlossen wurde.

Ihre stratigraphische Stellung ist unbekannt, da auch diesen Tonschiefern, wie der ganzen Triasfolge des tieferen Stockwerkes, Fossilreste fehlen.

Soweit heute überblickbar, ist diese dem Grundgebirge zugehörige Sedimentdecke zugleich mit jenem einer „altalpidischen“ d.h. noch jungmesozoischen metamorphen Überprägung unterworfen worden (HAWKESWORTH, 1976; Arbeitsgruppe W. FRANK, R. SCHIMANA, 1986), der sie in den Karbonatgesteinen eine gegenüber dem höheren Stockwerk deutlich stärkere Kristallinität mit Zerstörung der organischen Strukturen und in geeigneten Gesteinen das Aufsprossen von Biotit und Granat verdankt.

### 2.3. Strukturgeologie

Die Phyllonitzone trennt also auch als bedeutender Bewegungshorizont Gebirgsanteile verschiedener Metamorphosegeschichte.

Unter diesem Gesichtspunkt gewinnen die eingehenden sedimentgeologischen Untersuchungen der permotriadischen Basis-Schichten beider Mesozoikums-Stockwerke, die in jüngerer Zeit K. KRÄINER (1984 und 1987), H. SYLVESTER (1987) und ferner die „Kärntner Permsgespräche 1987“ bekannt gemacht haben, auch weiträumigeres Interesse in der wissenschaftlich diskutierten Frage nach der Heimat dieser Schubkörper im ursprünglichen Absatzraum des ostalpinen Mesozoikums. Mit der Gegenüberstellung beider Schichtprofile und einer Skizze der tektonischen Entwicklung hat W. FRANK (Fig. 4 u. 5 in FLÜGEL u. FAUPL, Geodynamics of the Eastern Alps, 1987) eine Lösung vorgeschlagen. Doch ist das Problem der Thermalquellen mit dieser wissenschaftlichen Streitfrage nicht belastet.

Das höhere Mesozoikum-Stockwerk, die „Pfannock-Einheit“ über der für die nördlichen Anteile schon gekennzeichneten Phyllonitzone, ist nicht die stratigraphische Fortsetzung der tieferen Trias-Dolomite, sondern als Fremdkörper auf der Phyllonitzone herangeschoben. Ihre Schichtfolge beginnt mit dem meist im Korngefüge durch Zerbrechung gelockerten „Pfannock-Gneis“; die ihm aufsedimentierte Sediment-Folge ist vom tieferen Stockwerk durch geringere Metamorphose unterschieden, was sich an der Basis durch Erhaltung der rotviolettigen Färbung der Permoskyth-Schichten (Bockbreccie, hier am Erlacher Bock auch bergbaulich erschlossene Roteisenstein-Lager!), im Anis und besonders in den berühmten Kalken der Rhät-Stufe an der Eisentalhöhe in bestimmbarer Fossilführung auswirkt.

Die Aufschlüsse im Osthang und am Südkamm des Pfannock wie auf der Brunnachhöhe lassen sich feldgeologisch so verstehen, daß hier das pflanzenführende Karbon unter Vermittlung geröllführender Arkosen dem Gneis aufliegt. Die jüngere Sedimentserie setzt jedoch nicht über diesem Karbon ein, sondern liegt am Erlacher Bock-sattel und nördlich des Pfannock in verkehrter Lagerung direkt am Gneis. Es folgen nach einer Folge sandig-karbonatischer Schiefer mächtige Dolomite und nach einem allmählichen Aufdrehen zu aufrechter Lagerung weiter nördlich nach Schiefen des Karn Hauptdolomit, Plattenkalk und unter der wohl abscherenden Überschiebung des Karbon die Kössener Schichten der Eisentalhöhe.

Die Phyllonitzone bildet hier im Norden eine relativ sehr schmale, von wild verquetschten Schiefen verschiedener Art besetzte Trennfuge zwischen den beiden Stockwerken des Mesozoikums. Das ändert sich aber gegen Süden im Langalmtal und gegen Kleinkirchheim.

Schon in dem dunklen Schieferband, das die beiden Dolomitstockwerke in den Wandstufen am Erlacher Bock teilt, liegen neben den Phylloniten auch Bänder von grauen, z.T. gebänderten Kalken und Kalkschiefern, die jedoch keinen überzeugenden Verband mit der Trias haben. In dem kleinen Almkar Richtung Erlacher Hütte sind diese Kalkschiefer offenbar mächtiger und sind hier auch verbunden mit dem auffälligen Kalkkopf nächst dem „Arkerschädl“, der durch rotbunte Färbung auffällt und für den seinerzeit STOWASSER Jura-Alter vermutet hatte. Nach Querung des Tales der Erlacherhütte und Erreichen der Brunnachhöhe schwillt die Schiefer-Einschaltung zwischen den beiden Stockwerken des Mesozoikums rasch an und führt wieder Kalkschiefer. Gleichzeitig endet hier recht plötzlich nach dem Gneis der Pfannock-Einheit auch deren heller Domomit, der nur mehr eine Reihe großer ver-rutschter Riesenblöcke in den Hang gegen St. Oswald streut. Aus der schmalen Schiefer-Einschaltung zwischen den beiden Dolomitzügen ist ein geschlossener breiter Zug von grauen Quarzphylliten geworden, der sich in den Hängen von St. Oswald rasch weiter verbreitert und sich kaum abtrennbar mit der großen hangenden Masse der Gurktaler Quarzphyllite zu vereinen scheint.

K. LIEGLER konnte hier jedoch eine schwer verifizierbare Grenze im Quarzphyllit eintragen, die von den auskeilenden Enden der Pfannock-Einheit und der Kalkschiefer zum Einsetzen der wohl zweifelsfrei altpaläozoischen Kalkschiefer und Kalk-Phyllite am Aigner-Berg führt. Von hier entwickeln sie sich beherrschend in den Hängen des Strohsacks bis unter die Kaiserburg. In der weiträumigen tektonischen Parallelisierung durch v. GOSEN et al. mit dem Nordrand der Gurktaler Masse gewinnt diese Abtrennung der liegenden, Kalkschiefer-beherrschten Anteile Bedeutung, denn sie werden wohl mit vollem Recht dadurch der Murauer Decke des Nordens gleichgesetzt, die demgemäß hier in die Phyllitzone nach Norden weiterstreicht.

Alles was dann höher liegt, ist in der Parallelisierung mit dem Norden Anteil des Systems der Stolzalmdecke, der demgemäß hier die gesamten Quarzphyllit-Anteile im Hangenden mit den basischen und sauren Vulkaniten, sowie den Eisendolomiten usw. zugehören müssen. Ob es sich dabei auch im weiteren Raum tatsächlich um kartierungsmäßig trennbare, tektonische Decken handelt, ist wohl noch nicht geklärt. Die stratigraphische Stellung der prächtigen Kaiserburg-Marmore mit ihren wilden Faltenbildern aus Kalk- und Dolomit-Marmor sowie Quarzadern und sandigen Lagen, bleibt weiterhin offen und ohne einordnende Vergleichsvorkommen.

Die Tatsache, daß die Pfannock-Einheit mit ihren mächtigeren Karbonatgesteinen gegen Süden schon an der Brunnach auskeilt und endet, verlangt auch Rückschlüsse auf die Thermalwasserführung. Die Phyllonitzone ist kartierungsmäßig ein durchlaufendes Schieferband zwischen den beiden „Stockwerken“ des Stangalm-Mesozoikums, ist daher wahrscheinlich auch eine Scheide in der Wasserführung. So ist es wahrscheinlich, wenn auch nicht zwingend, daß die Pfannock-Einheit gar nicht beteiligt ist an dem Thermalwasser-Kreislauf, der bei Kleinkirchheim nur aus der tieferen Trias-Einheit austritt.

## 2.4. Geologische Probleme

Bemerkenswert sind schließlich im engeren Bereich von Kleinkirchheim die Verhältnisse an der Hangendgrenze der Trias beim Ortsteil Aigen unmittelbar oberhalb der ersten Thermalquellen-Austritte. In dem langen Felsabschnitt der Oswalder Straße östlich der Siedlung folgt über dem Dolomit nach einer Aufschlußlücke eine Folge von schwarzen Tonschiefern bis Phylliten mit Übergang in dunkle quarzitisches Sandsteine, in denen Lagen und Linsen sicherer Konglomerate eingelagert sind. Dieser schwarze Komplex liegt nicht direkt auf dem Triasdolomit, sondern ist von ihm in Aufschlüssen am Fußweg hinab zu Gehöft Gruber noch durch granatführende Phyllite bis Glimmerschiefer getrennt. Diese „schwarze Serie“ verliert sich zunächst im Wald oberhalb Aigen, begleitet aber dann nach Norden die Hangendgrenze der Triasdolomite mit schöner Granatführung am Spitzack und wird auch nach Süden in gleicher Stellung bis über den Kamm von Kolmnock und Tobitscher gefunden.

Der vorgeschlagenen Deutung dieser schwarzen Schiefer als eine transgressive klastische Basisbildung des Gurktaler Quarzphyllites (F. NEUBAUER & J. PISTOTNIK, 1985) kann ich nicht folgen. Meinem Geländeeindruck nach ist der Quarzphyllit bis Granatglimmerschiefer über der schwarzen Serie, von ihr durch eine starke Quarzgang-besetzte Störung getrennt, nach Muskowitsprossung und Quarzmobilisation deutlich eine Verformungsphase reicher als die schwarze Serie. Sie scheint mir am besten vergleichbar dem vermutlichen Karbon, das H. HAIGES (1982) in vergleichbarer Stellung vom Rande des „Fenster von Oberhof“ beschrieben hat.

## 2.5. Neue Ergebnisse

Wenn auch ohne Zusammenhang mit der Thermalwasserführung verlangt hier noch das Vorkommen des pflanzenführenden Oberkarbon an der Brunnachhöhe ergänzende Anmerkungen. Sedimentologische Einzelheiten der Schichtfolge hat K. LIEGLER (1971) gegeben, die Flora ist schnell im neuen Sammelwerk über die steinkohlenzeitlichen Pflanzenfossilien Kärntens (FRITZ, BOERSMA & KRAINER, 1990) nachzusehen. Zusätzliche Aufklärung verlangt aber noch der Verband des Vorkommens mit seiner Umgebung:

H. STOWASSER (1956, 189) beschrieb seinerzeit eine transgressive Auflagerung des Oberkarbons auf dem kataklastischen Pfannock-Gneis, K. LIEGLER und nach ihm A. TOLLMANN legen jedoch hier die Haupt-Überschiebungsfäche der Gurktaler Phyllite mit eingewickelter Oberkarbon durch, so wie es auch im Norden an der Eisentalhöhe sein muß. Denn K. LIEGLER und der Verfasser fanden im SW-Hang des Mallnock einen Bereich, wo in inver-

ser Lagerung unter Quarzphyllit mit einer Eisendolomitbank Stücke von diesem in sandigen Karbonschiefer eingesedimentiert sind. Ebenso findet man hier und in gleicher Position gegen den Erlacher Bocksattel zu eine eigentümliche, von Lagen im Karbon unterscheidbare kleinstückige Breccie, die ebenfalls ein Produkt der Karbonattransgression sein müßte. Mit K. LIEGLER und A. TOLLMANN sind diese Beobachtungen als eine sedimentäre Verbindung des Karbons mit dem Quarzphyllit, nun allerdings in völlig umgestürzter Lagerung, zu verstehen.

In Carinthia II/2, 180, 1990, S. 643–650 haben H. SCHLÖSER, J. KULLMANN u. J. LÖSCHKE (Tübingen) aus dem SW-Hang des Mallnock von der invers liegenden Grenze des Brunnach-Karbons gegen die überlagernden Gurktaler Quarzphyllite Kalkblöcke beschrieben, die gemäß Fossilführung als Unterkarbon angesprochen werden und dem Unterkarbon von Nötsch oder Veitsch, nicht aber der Karnia faziell angeschlossen werden können. Sie liegen zweifelsfrei sedimentär eingelagert in den hier die invers liegende Transgression des Karbons über den quarzphyllitanzeigenden kleinstückigen Breccien, Sandsteinen und siltigen Tonschiefern. Gemäß einer der zitierten Arbeit beigegebenen „Detailkarte“, die leider die laut Beschreibung sehr wohl erkannte flächenhafte Überdeckung des spärlichen Anstehenden durch Kriech- und Hangschutt ignoriert, handelt es sich zweifelsfrei um dieselben Aufschlüsse, die seinerzeit K. LIEGLER und der Verfasser als Beleg für eine transgressive Verbindung der Karbonatbasis mit Eisendolomit-Bänken aus dem Quarzphyllit angesprochen haben. Die Einsicht, daß das Brunnach-Karbon sowohl mit seinem Liegend (Pfannock-Gneis) als auch mit seinem Hangenden (Gurktaler Quarzphyllit) sedimentär-transgressiv verbunden ist und letztere daher hier (anders als weiter nördlich) keine sehr weiträumige Überschiebung, sondern eher eine Überfaltung einer flachgepreßten Isoklinalmulde sein können, bleibt aufrecht. Die Sedimentmulde des Brunnach-Karbons besetzt die Schwächezone zwischen dem schon kataklastischen Gneis-Kristallin und dem Gurktaler Phyllitgebirge.

Die wiederholte Begehung der Untergrenze des Brunnach-Karbons gegen den Pfannock-Gneis bestätigt aber andererseits auch den alten feldgeologischen Eindruck von H. STOWASSER: Am zackigen Südkamm des Pfannock setzt das Karbon mit einer aus dm-Bänken bestehenden Wechsellagerung von Sandstein über dem Gneis ein und am normalen Anstieg von Süd auf die Brunnachhöhe geht man ohne Aufschlüsse aus dem Gneis durch konglomeratische Arkosen in immer reiner werdende Quarz-Sandsteine und Schiefer des Karbons.

Nach diesen Feldbefunden ist das Karbon mit dem Liegend und dem Hangend durch sedimentäre Auflagerung verbunden und demgemäß eine isoklinal flachgelegte Überfaltungsmulde, deren ursprünglicher Ablagerungsraum die durch Kataklyse vorgegebene Furche zwischen Hochkristallin und dem später darüberbewegten Phyllit-Stockwerk war. Gegen die Verbindung mit dem Pfannockgneis spricht, daß das invers liegende Permoskyth ihm anscheinend ohne Karbon-Einschaltung aufliegt. Ohne Zweifel verlangt die Klarstellung der Sachlage noch eine eingehende sedimentologische Detailuntersuchung beider Grenzbereiche, die noch fehlt.

## 2.6. Tiefenfortsetzung

Im Schluß des geologischen Raumbildes sind kurz noch Gedanken zur Tiefenfortsetzung Richtung Osten unver-

meidbar. Unsere thermalwasserführende Dolomitplatte taucht im Bereich der Bohrung 84/2 (Abb. 4 und 5) noch in einer Saiger-Mächtigkeit der Größenordnung 200 m mit einer Neigung um rund 30° unter die überlagernde Phyllitmasse gegen Osten unter. Auf Grund der Aufschlüsse, bzw. mangels eines Wiedererscheinens dieser Trias irgendwo östlich unter der „Gurktaler Decke“ muß realistischen Vorstellungen folgend angenommen werden, daß die Trias nur eine randliche Einklemmung ist und „bald“ auskeilt, aber trotzdem noch technisch erreichbar bleibt. Damit bleibt die Frage nach einem Aufschlußversuch in größerer Tiefe weiter östlich eine Herausforderung für die Zukunft.

Die geringere Wassertemperatur (25°C) in 84/2 ist nach dem bisherigen Zeugnis der Isotopenstudien nicht das Ergebnis einer allgemeinen Abkühlung gegen Osten, sondern einer Kaltwasserbeimengung noch völlig ungeklärter Herkunft. Erst nach einer gewissen Aufklärung in dieser Hinsicht wird der Gedanke an die Ostfortsetzung konkreter zu behandeln sein.

Bei solchen Überlegungen verlangt die Funktion der Bruchstörung von Aigen besondere Bedachtnahme. Die neuere Entwicklung hat bestätigt, daß ihr Störungsband offenbar direktere Wege zu den wärmsten Bereichen unseres Tiefen-Reservoirs öffnet als die weniger gestörten Bereiche abseits von ihr. Kann es mit ausgedehnter Geothermie und Geophysik gelingen, weitere besondere Transportbahnen in der Tiefe unter der alle Strukturen verschleiern Phyllit-Überdeckung zu finden? Der naheliegende Versuch, mit den Mitteln der geologischen Begehung und Formanalyse mehr über das Fortstreichen nach Norden und eine regionale Rolle der Bruchstörung von Aigen zu erfahren, ist bisher gescheitert.

## 2.7. Quartärgeologie

Eine eingehendere Untersuchung der geologischen Zeugnisse der Eiszeitgeschichte des Kirchheimer Tales steht noch aus, doch bestimmt die junge Talfüllung die Bedingungen des ursprünglichen Austrittes der Thermalquellen und die ihrer weiteren Erschließung.

Die lichte Offenheit der Kirchheimer Talung, die die Höhenlage der Siedlung von über 1000 m vergessen läßt, geht darauf zurück, daß das auf der Sonn- und auf der Schattenseite mit recht steilen Flanken abtauchende Felsprofil breit und offenbar tief verschüttet ist. Wie tief die Felssohle in Talmitte liegen kann, ist unbekannt, da die ausgeführten Bohrungen ganz in dem nördlichen Talhang stehen und die seinerzeit ausgeführte Refraktions-Seismik nicht zureichend sichere Ergebnisse geliefert hat. Aus dieser und der Höhenlage der Felsengen der Abflüsse gegen West und Ost, wie auch der tiefen Verkarstung in den erbohrten Dolomiten ist wohl zu erwarten, daß der Felsuntergrund in Talmitte eher mehr als 50, vielleicht bis 100 m durch eine jüngere Talfüllung verschüttet ist.

Diese Talfüllung besteht nur zuoberst aus einigen großen Schwemmkegeln von Seitenbächen und verschwemmtem Hangschutt; das Tiefste am Fels ist nach der Auskunft der Bohraufschlüsse meist eine Auskleidung mit Grundmoräne oder in ihr verarbeitetem, dadurch tonreichem Hangschutt, die beide bereits eine Art Dichtungsschicht zwischen Felsuntergrund und Talverschüttung darstellen. Die Füllung der eigentlichen Tiefe des Taltröges ist mangels Bohrungen nicht bekannt, ob Feinsedimente oder durchlässigere Schotter. Darüber beginnt mit einer mehrfach angetroffenen Untergrenze um etwa 990 m See-

höhe die Ablagerung eines jedenfalls vom Millstätter Gletscher rückgestauten Randsees, dunkle Schlufftone und Feinsande, die im westlichen Talabschnitt des Kirchheim-Baches verbreitet durch moorige feuchte Flachhänge merkbar werden. Über diesen Feinsedimenten setzte dann besonders an der Nordseite des Tales eine Verschüttung mit überwiegend lokalen, schwach gerundeten Schottern und Kiesen ein, denen aber auch aus der Ferne kommende Kristallingerölle beigemischt sind. Diese Schotter bauen die wohlentwickelten Terrassenflächen westlich der Ortschaft Aigen mit Obertschern und weitere Flächenansätze gleicher Höhenlage auf; die gerundete Hangmulde vom „Golfhotel“ bis zum Haus „Tusculum“ war bis zur behördlichen Einstellung zwecks Schutz der Thermalquellen eine Gewinnungsstelle dieser Lokalschotter.

Die geologische Kartenaufnahme von P. FAUPL (1969 und 1972) differenziert besonders in der Nordflanke diese jüngeren Talfüllungen.

Auch auf der Südseite des Tales trägt ein deutlicher Terrassenrest das Hotel Kirchheimerhof; künstliche Aufschlüsse zeigten einen recht raschen, sandreichen Kies vor allem aus gut gerundeten Phylliten. Auf dieser Talseite sind jedoch mehrfach Grobblöcke bis einzelne Kubikmeter freigelegt worden, die zum Teil wenigstens aus dem höher metamorphen Kristallin stammen und daher als Moränengestehende von Westen hereingebracht wurden. Besonders die Waldhänge des Stücklergrabens und die Hänge der Skiabfahrt neben dem Ottingergraben zeigen bis hinauf in etwa 1500 m solche erratische Blöcke wechselnder Größe, bis etwas über die Mittelstation des Kaiserburgliftes, so daß hier eine breit ausgedehnte Verschmierung der Geländemulde durch Grundmoräne des Draugletschers anzunehmen ist. Obwohl gelegentlich kleine Wallformen in den Hängen als Moränenwälle deutbar wären, fand sich keine klare Abgrenzung dieser glazialen Überdeckungen. Die Großblöcke in den Terrassenschottern sind offenbar durch Hangkriechen aus dieser Moränendecke eingewandert.

Die Bedeutung der glazialen Talfüllung für den Mechanismus der Thermalquellen ist in erster Linie die, daß insbesondere die basalen Moränenschleier und die feinkörnigen See-Sedimente das im verkarsteten Dolomit heranströmende Thermalwasser gegen die übrige Talfüllung zur Hauptsache abdichten und rückstauen. Das Spiegelniveau dieses Rückstaus ist das der alten natürlichen

Thermalquelle, über die die Kathrein-Kirche erbaut ist, nach neuer Vermessung etwa 1050 m absolut im Nordhang, rund etwa 30 m über der Talsohle. Die ursprüngliche Quelle ist also ein einfacher Überlauf über die angelagerten Stauschichten, dort wo diese in der sehr ausgeprägten Geländemulde der Kathreinkirche am tiefsten bis fast aufs Grundgebirge abgetragen sind. Nach dieser Erkenntnis war es ein einfacher geologischer Schluß, die weitere Erschließung tiefer, im Bereich der rückgestauten Thermalwasserführung des verdeckten Grundgebirges zu versuchen.

Demgegenüber weisen die in gelegentlichen Aufschlüssen entblößten Eiszeit-Zeugnisse im Seitental von St. Oswald auf ein höher gelegenes, wohl zeitlich verschiedenes Geschehen. Fette, kaum von einem kleinen Lokalgletscher erzeugte Grundmoräne fand sich zunächst dem Sessellift-Parkplatz unter dem Gehöft Hofer als Basis des langen Drumlin-Hügels der Lokalschotter-Gewinnung, der erste Anstieg der Straße im Graben gegen das Falkerthaus erschloß 1981 schöne Bändertone. Ein weiteres, kleines, aber überschaubares Bänderton-Vorkommen war vorübergehend bei Aushubarbeiten im Bereich der Mittelstation der Sonnwies-Sesselbahn am SE-Fuß des Priedröf erschlossen. Der Moorboden der einst prächtigen Orchideenwiesen der Siedlung Unterkirchleiten zeigte sich gestaut auf weichen, dunklen, wohl See-Schlamm, während die vermoorten Wiesen in den weiten flacheren Hängen unter dem Priedröf-Wiesernock-Kamm auf blockreichem Hangschutt und großteils etwas verschwemmten dichten Grundmoränen aufzuruhen scheinen. Im engen Graben unterhalb Schneeweiß bestand eine Sandgrube in schräggeschichteten Feinkiesen. Bemerkenswert ist auch noch, daß der jenseits der Brunnachhöhe vom Rosenock und Pfannock kommende Langalmtal-Gletscher schöne Randmoränenwälle bei den Hütten der Scharentalm hinterlassen hat; über ihnen aber bezeugt eine ganz grobe, das Anstehende verdeckende Streuung von Karbonkonglomeraten, daß er vorher hier in einer Seitenzunge auch den Kamm überschritten und auch noch Blöcke gegen St. Oswald hinabgeworfen hat.

Diese gelegentlichen Einzelbeobachtungen haben für mich zu keinem einigermaßen geschlossenen Verständnis des eiszeitlichen Zustandes und Geschehens im Seitental von St. Oswald geführt, doch berührt das nicht die Probleme der Thermalquellen.

### 3. Zur Vorgeschichte der neueren Erschließung

(E. CLAR)

#### 3.1. Ausgangslage

Eine Darstellung der neueren Erschließung erfordert auch wenigstens einige gekürzte Hinweise auf die ältere Entwicklung und die dadurch entstandene Ausgangslage. Deshalb erscheint eine ausführlichere Zusammenfassung der Arbeiten seit 1966 bis 1987 als Ausgangslage für das darauf aufbauende Forschungsprojekt mit dem Arbeitstitel „Thermalwassermodell Bad Kleinkirchheim“ angebracht (E. CLAR et al., 1988, 1991).

Die Entwicklung des Ortes einschließlich der Fülle von Sagen und Legenden ist ausführlich in den beiden Heimatbüchern von MATHIAS MAIERBRUGGER (1967, 1979), sowie in einer ganzen Reihe von Einzelaufsätzen über die zahlreichen Gastbetriebe und anderen Besonderheiten der

Siedlung in den Nachrichten der Kurgemeinde Bad Kleinkirchheim 1979 bis 1985 vom gleichen Verfasser nachzulesen.

Darin sind auch die Nachrichten über einen bereits mittelalterlichen Gebrauch des Heilwassers, besonders als „Augenquelle“ wiedergegeben. Die bauliche Gestaltung im gotischen Kirchlein St. Katharina (urkundlich belegt 1493) macht auch dem heutigen Besucher unmittelbar einsichtig, daß die Kirche über der schon gefaßten und als göttliche Gabe verehrten und benützten warmen Quelle errichtet worden ist:

In der Unterkirche, wohl identisch mit dem, was die alten Nachrichten als die „Gruff“ bezeichnen, ist eine rechteckige Nische gegen die Bergseite vorgebaut, in deren Ecke in Hüfthöhe eine natürliche Steinrinne eingebaut ist,

aus der noch in den 60er Jahren das nur mehr bescheidene Wässerchen der „Original-Augenquelle“ auf den Kirchenboden plätscherte.

Gelegentlich der begonnenen Neuerschließung sind hinter der Kirche Bohrungen und kleinere Grabungen ausgeführt worden, sind aber nur auf Spuren eines gemauerten Kanals als einer älteren, in den Hang nach Norden vorgebauten Fassung oder Zuleitung der Quelle zum Austritt in der Kirche gestoßen. Es handelt sich also wohl nur um eine ganz primitive und seichte, daher vermutlich sehr alttümliche und bei der Gründung der Kirche nur überbaute einfache Ausleitung der ursprünglichen, im Hang austretenden Quelle. Die finstere alte Quellnische in der Unterkirche ist dem heutigen Fremdenverkehr durch eine Minutenlicht-Beleuchtung erschlossen. Die Rinne liegt jedoch im Gefolge der gelungenen neueren Erschließung trocken. Die heutige „Augenquelle“ mit dem Brunnentrog etwas unterhalb der Kirche ist ein aus den neueren Fassungen abgezweigter und zugeleiteter Ersatz, aber echtes Thermalwasser.

Diese primitive, mittelalterliche Fassung der Quelle war offenbar schon zu Beginn unseres Jahrhunderts weitgehend verwildert. 1966, als der Verfasser geologische Beobachtungen begann, flossen in breiter Front Wasserfäden unter der Kirche und durch sie in den Fang, wo sie sich – soweit nicht gefaßt und abgeleitet – in dem natürlichen Gerinne des „Kathrein-Bachl“ sammelten, in dessen westlichen Hang auch eine kleine Kaltwasserquelle einfach gefaßt war.

Soweit noch rekonstruierbar, war es wohl vermutlich die kräftigste dieser aus der ursprünglichen mittelalterlichen Quellfassung ausgebrochenen Wasseradern, die nach vorliegenden Nachrichten 1903 schräg unter der Apsis der Kirche zuerst in einer hölzernen Fassung gesammelt und dann schließlich 1911 in einem gemauerten Brunnen-schacht unter der Bezeichnung „Katharinenquelle“ gefaßt worden ist. Über dem Quellschacht wurde ein Bildstock errichtet, von dem noch ein Plan vorliegt und der dann bei einer Neuformung des Kirchenvorplatzes entfernt werden mußte, als die Wasseraustritte 1968 in Bohrbrunnen gefaßt und oberflächlich trocken gelegt wurden (siehe später). Der Bildstock stand nicht unter Denkmalschutz.

Die hydrogeologisch unhaltbare Vorstellung, daß die nun getrennt bezeichneten Teilfassungen der alten, den Kirchenbau im Mittelalter begründenden Thermalquelle, nämlich „Augenquelle“ und „Katharinenquelle“, hydraulisch selbständige, unabhängige Quellindividuen seien, war nun in weiterer Folge die Basis jahrzehntelanger rechtlicher Auseinandersetzung.

Auf ihre Entwicklung muß – soweit sie von der Situation an der Quelle ausgeht – nur mit Hilfe einiger gedrängter Daten eingegangen werden, da sie in zweifacher Hinsicht beispielhaft ist: Zunächst, wie die sachlich unzutreffende, aber begrifflich und rechtlich fixierbare Deutung des obigen Sachverhaltes imstande ist, einen beidseitigen nützlichen, gemeinsamen Weiterweg scheinbar aussichtslos zu blockieren; dann aber, wie die in dem rasanten Aufstieg der Gemeinde immer wieder wirksam gewordene Einsicht in den Vorrang gemeinsamer Interessen diese Blockierung überwinden und eine koordinierte, wirklich erfolgreiche Neuerschließung des Thermalwassers als eine der Grundlagen der wirtschaftlichen Entwicklung einleiten ließ.

Zuerst die Anfänge: Nachrichten über einen Badebetrieb in Kleinkirchheim gibt es seit dem 15. Jahrhundert (MAIERBRUGGER s. oben), wobei als Ort zunächst die „Gruff“, also wohl die Unterkirche oder ihr Vorläufer mit der gefaßten ursprünglichen „Augenquelle“ genannt wird.

Wenigstens seit dem 16. Jahrhundert, wahrscheinlich aber schon früher, bestand das Badhaus, dem Orte nach die Keimzelle des heutigen Kurhotels Ronacher. 1670 wird bescheinigt, daß der Besitzer des Badhauses das Recht hat, Brunnenrohre von der Thermalquelle dorthin zu legen, was jedenfalls auf einen dortigen Kurbetrieb schließen läßt. Unter dem Namen „Badwirth“ war das Haus dann auch mit einem Gast- und Beherbergungsbetrieb verbunden. Nach der Erwerbung des alten und noch schadhafte Badhauses (1980) errichtete Hans Ronacher das 1911 eröffnete, als Stammhaus den heutigen Hotelkomplex einleitende Kurhaus, dessen Renaissancetor die Jahreszahl 1470 trägt. Die erste Badeordnung wird von 1762 berichtet.

Am Austrittsort der Quellen, an der Kirche selbst, hat sich der Besuch der Heilquellen nach Aufhören des Badebetriebes in der „Gruff“ offenbar auf die Nutzung als Augen-Heilwasser und zur Mitnahme in Kleingefäßen für häusliche Heilverwendung beschränkt. Ein Kur- und Badebetrieb blieb dem „Badhaus“ und seinen Nachfolgern vorbehalten; das „Österreichische Bäderbuch“ aus dem Jahre 1928 stellte fest, daß diese Thermalquellen schon „seit Jahrhunderten in Ansehen stehen“, ergänzt aber durch die im Vergleich zu heute wahrhaft bescheidene Quantifizierung dieses Ansehens: „Saison 15. Mai bis 30. September; Frequenz: Ungefähr 500 Kurgäste jährlich“. Entsprechend dieser erwiesenen Bestandsdauer der Dienbarkeit wurde die Thermalwasserversorgung des Hauses Ronacher aus einer Quelle der Katharinenkirche auch gerichtlich als Servitut bestätigt (u.a. 1950). Auch das Österreichische Heilbäder- und Kurortebuch von 1975, S. 42, nennt noch von Kleinkirchheim nur diese einzige Kureinrichtung, die heute bestehende Vermehrung wurde erst durch den Erfolg der Neuerschließung der Thermalquellen ab 1974 ermöglicht.

Um die Grundlagen der vor dieser Neuerschließung bestehenden, besonders rechtlichen Schwierigkeiten zu verstehen, nochmals eine kurze Kennzeichnung des Ausgangszustandes an den Quellen, wie sie noch 1966 bestanden: Da war zunächst die ursprüngliche, nun sehr schwache „Augenquelle“ in der Unterkirche (Gruff), in und vor der Kirche begleitet von Austritten ungefaßten „Wildwassers“; die einzige noch technisch ordentliche Fassung war der kleine Brunnen-schacht der „Katharinenquelle“ unter dem erwähnten Bildstock unterhalb der Apsis, aber auch er war umgeben von nicht geringen, unregelmäßigen Austritten von „Wildwasser“.

Wie im folgenden noch durch Ergebnisse von Reihemessungen belegt, lag die Gesamtsumme der Thermalaustritte bei der Katharinenkirche rund um die Größenordnung von 4 l/sec. Von diesen Gesamtmengen war bis 1932 außer den Kleinentnahmen am Austritt der Augenquelle in der Unterkirche nur der durch Rohrleitung dem ehemaligen Badhaus, dem Kurhotel Ronacher, zufließende Anteil der Katharinenquelle für den Kurbetrieb genützt. Es blieb im allgemeinen auch bei der Katharinenquelle noch ein Überwasser, das mit den anderen Warmwässern im „Kathreinbachl“ oder „Warmbachl“ abfloß und im dortigen Trog mit bis 6 l/sec gemessen wurde.

Mit dem Aufkommen eines Fremdenverkehrs lockte dieser Warmwasser-Überschuß zu einer Verwendung. So gab noch 1932 Frau El. Ronacher in einer Vereinbarung mit Herrn Gruber die Zustimmung, das Überwasser aus der Katharinenquelle über ihren Grund in ein zu errichtendes öffentliches Freibad zu leiten, sofern davon nichts an Dritte abgegeben wird. Dieses erste Thermal-Freischwimmbad mit 1200 m<sup>2</sup> aus Holz wurde 1933/34 im „Pulverer-

Feld“ vorwiegend mit Eigenleistungen einer Baugenossenschaft gebaut und gemäß Nachrichten auch aus dem Kathreinbachl direkt mit Wasser versorgt. Nach einem Verfall im zweiten Weltkrieg wurde das Freibad von Maria und Reinhard Pulverer erworben und erneuert, schließlich 1959 von der Gemeinde gekauft, die nach Betriebsbeginn Juli 1960 einen Neubau des Thermalschwimmbades 1961 festlich eröffnen konnte. Erweitert durch die Hallenbäder ist es die heutige Alpentherme und ab 1992 St. Kathrein-Therme.

Der mit dem wachsenden Fremdenverkehr rasch wachsende Bedarf aller Beteiligten führte zunächst in den schon erwähnten Rechtsstreit über die Nutzungsrechte an den Quellen und aus ihm zu der im Gesamtinteresse überlegenen Lösung der gemeinsamen – auch erfolgreich gelungenen – Neuerschließung der Therme.

Der Begriff „Wildwasser“ für die verlorenen Austritte neben den gefaßten und genutzten Quellen geht hier auf Hofrat Dr. Franz Kahler zurück, der seinerzeit als Landesgeologe schon viele Jahre für eine Sanierung der Fassungen oder Neuerschließung eingetreten war, sich aber dann im Rechtsstreit zur Wahrung seiner Neutralität aus der Beratung zurückgezogen hatte. Erst die Beendigung der Streitlage gewann seine ständige Beratung und Mitarbeit bei der gesamten, hier zu schildernden Neuerschließung wieder. Er war von beiden Seiten auch als Schiedsrichter bestimmt, ohne in dieser Funktion tätig werden zu müssen.

Zur Charakterisierung der Bad Kleinkirchheimer Heilquelle sei hier nur vorweg erwähnt, daß es sich bei den alten Kirchenquellen, wie auch bei dem Wasser der späteren Tiefenerschließung um eine „Akratotherme“ handelt, also um ein natürliches Warmwasser, das am Austritt ganzjährig eine Mindesttemperatur von 20°C aufweist und weniger als 1 g gelöster fester Stoffe pro kg Wasser enthält. Die balneologische Wertung und Wirkung ist in diesem Zusammenhang nicht zu behandeln.

### 3.2. Nutzungen, Messungen, Rechtsstreit

Die bisher erhobenen Daten der chemischen Zusammensetzung und damit verbundenen weiteren Werte werden hier erst in einer Übersicht im abschließenden Abschnitt zugleich mit einer Gegenüberstellung des tiefen Bohrbrunnenaufschlusses zu den Überlaufquellen bei der Kirche wiedergegeben. Eine Auswertung dieses ganzen Datenkomplexes bleibt jedoch den Ergebnissen des jetzt laufenden Forschungsprojektes „Thermalwassermodell Bad Kleinkirchkeim“ vorbehalten, in dem das hydrogeologische Gesamtsystem den Beziehungen des Thermalwassers zu Niederschlägen und Kaltwasserabflüssen studiert wird.

Einzugehen ist hier aber auf die Entwicklung in der Mengenergiebigkeit der Quellen und deren Messungen, sowie der Quellwärme. Erst seit den ersten Erfolgen der Neuerschließung im Jahre 1969 gibt es einigermaßen geschlossene Messungsreihen, die in den beiliegenden Diagrammstreifen 1969–75 und 1976–1987 dokumentiert sind (Abb. 6 und 7).

Aus der Zeit vorher gibt es nur wenige, aus verschiedenen Anlässen durchgeführte und wieder abgebrochene kürzere Meßreihen. Die folgenden Angaben daraus beruhen neben Akteneinsicht und Auszügen auf Hinweisen von Hofrat Dipl. Ing. O. JILG, Hofrat Dipl.-Ing. J. NEUDECKER und Hofrat Prof. Dr. F. KAHLER, die alle auch eigene Messungen ergänzten und mitgeteilt haben. Vor einer Erläuterung der

Daten selbst aber einige Bemerkungen über die Gründe des Fehlens einer zeitlich geschlossenen Messungskontrolle der Quellen.

Es war, wie schon ausgeführt, fast unvermeidbar, daß bei dem oben geschilderten, wirklich desolaten Fassungszustand der Thermalquelle als geologische Gesamterscheinung – mit Ausnahme des entsprungenen und sekundär wieder eingefangenen Teilaustrittes der „Katharinenquelle“ – mit dem nun rasch wachsenden Fremdenverkehr, Kurgebrauch und öffentlichen Badebetrieb Probleme in der Abgrenzung des Nutzungsrechtes entstanden sind und gelöst werden mußten. Auf der einen Seite stand das alte und nicht zahlenmäßig begrenzte Nutzungsrecht des Kurbetriebes, auf der anderen Seite später das Schwimmbad der Gemeinde und das Interesse der Kirche, durch entgeltliche Abgabe von Thermalwasser die notwendigen Mittel für die dringenden Sanierungsarbeiten an dem – auch durch die unregelmäßigen Thermalwasseraufsuchungen – schwer geschädigten und bedrohten, wertvollen Bau der alten Kirche zu gewinnen.

Jede haltbare Regelung mußte exaktere und längere Messungen der Teilquellen und ihrer Summe als Grundlage voraussetzen; sie sind in älteren Gutachten wiederholt gefordert, aber nie folgerichtig durchgezogen worden. Während ein Gutachten KNETT-KENNET aus dem Jahre 1933 sich noch mit der Angabe einer Menge von 4 l/sec bei 23°C begnügt, da die gegenwärtige Menge

„... noch lange nicht voll ausgenützt werden kann ...“;

schreibt das an die Kärntner Landeshauptmannschaft zur Abgrenzung eines Schutzgebietes erstattete Gutachten KALLAB-BLUM vom Jahre 1937:

„... Die Quellinhabung besitzt außer den dürftigen, zeitlich weit auseinanderliegenden Angaben einiger Gutachten keinerlei Beobachtungsreihen über die bisherigen Verhältnisse ihrer Heilquellen, insbesondere was Menge und Temperatur des Wassers betrifft; ... Solche regelmäßige Messungen sollten vorliegen, wenn für die Quelle der Rang und Schutz einer Heilquelle beansprucht wird ...“

Auch die Messung

„... aller anderen Warmwasseraustritte im Bereiche des Schutzraumes ...“

wird verlangt; was belegt, daß das Vorkommen weiterer Warmwasseraustritte in der Umgebung schon damals bekannt war (siehe unten!).

Zehn Jahre später, 1947, berichtet der damalige Kärntner Landesgeologe Hofrat Prof. Dr. F. KAHLER, der wieder zwanzig Jahre später auch die moderne Neuerschließung maßgeblich beraten hat, in einem der möglichen Bedrohung durch den nahen Steinbruch geltenden Gutachten:

„... Der von KALLAB und BLUM kritisierte Mangel an Messungen führte zu einer Beobachtungsreihe, die im November 1939 – wir wollen den Krieg als Ursache annehmen – wieder abgebrochen wurde ...“

Der folgenden scharfen Kritik an diesem Mangel entsprechend fußt dann neben eigenen Meßergebnissen von KAHLER das im Auftrag von Frau Ronacher erstattete Gutachten des Geologen Dr. ANDERLE zum gleichen Anlaß 1948 auf einer geschlossenen Meßreihe 1974/48; doch klafft dann wieder eine Lücke bis zur Meßreihe 1956/57, die wohl auch die Verwirrung durch die unregelmäßigen „Wildwasser“-Austritte genügend charakterisiert.

Der entsprechende Grund für die Unterlassung von Messungen und das Scheitern begonnener Versuche dazu war nach dem Einblick des Verfassers der, daß jede ordentliche Messung voraussetzt, mit notwendigen Grabungen gesammelt und wenigstens provisorisch gefaßt zu werden. Das, wie auch die notwendige Unterbrechung

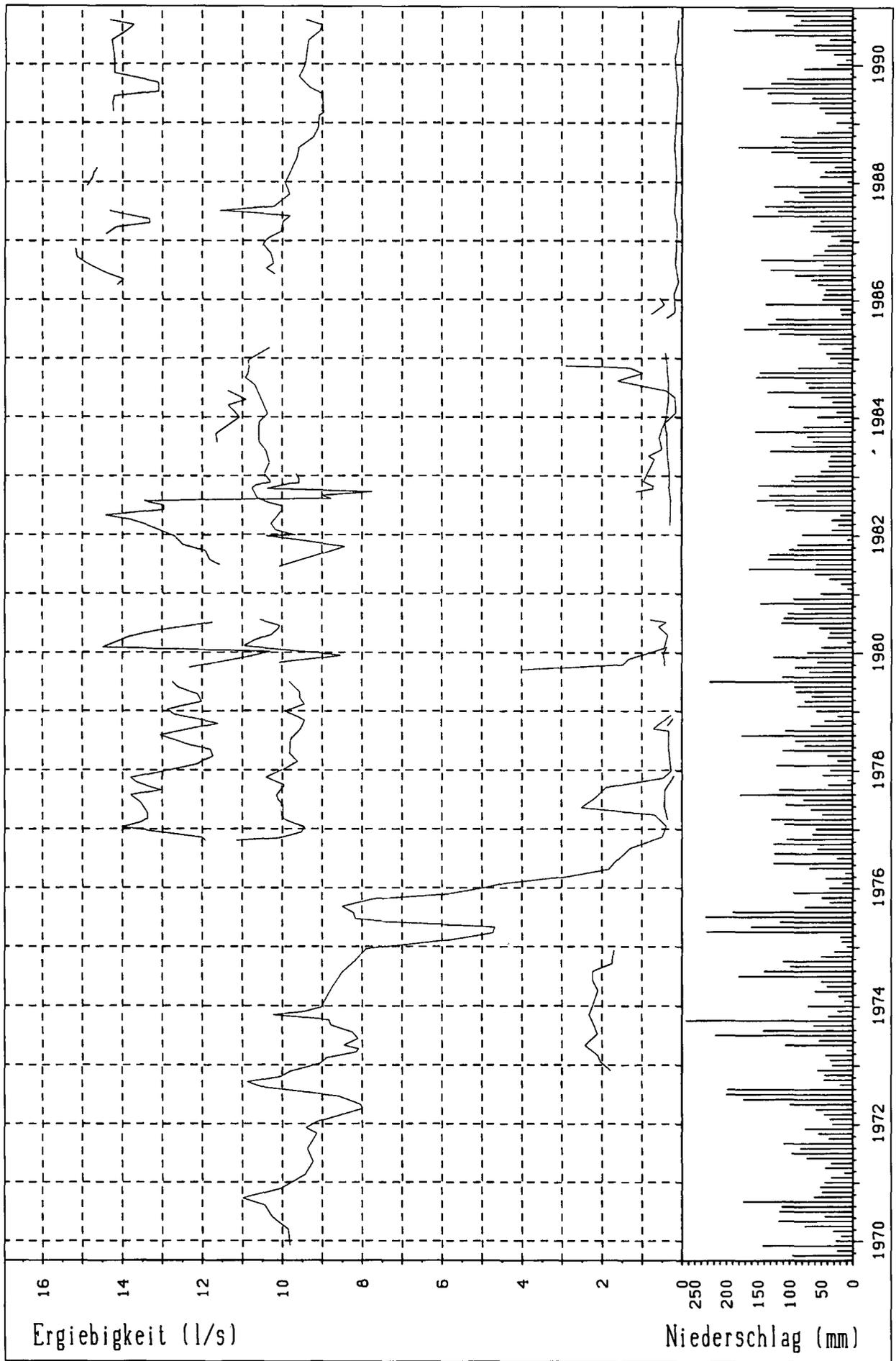


Abb. 6.  
 Ganglinien der Ergiebigkeiten bzw. Schüttungen der Thermalquellen – Bohrbrunnen.  
 Da im Original farbig geplotet wurde, werden die Linien von oben nach unten angegeben: Brunnen 2/74, Brunnen 1/74, Brunnen K, Brunnen 2/72.

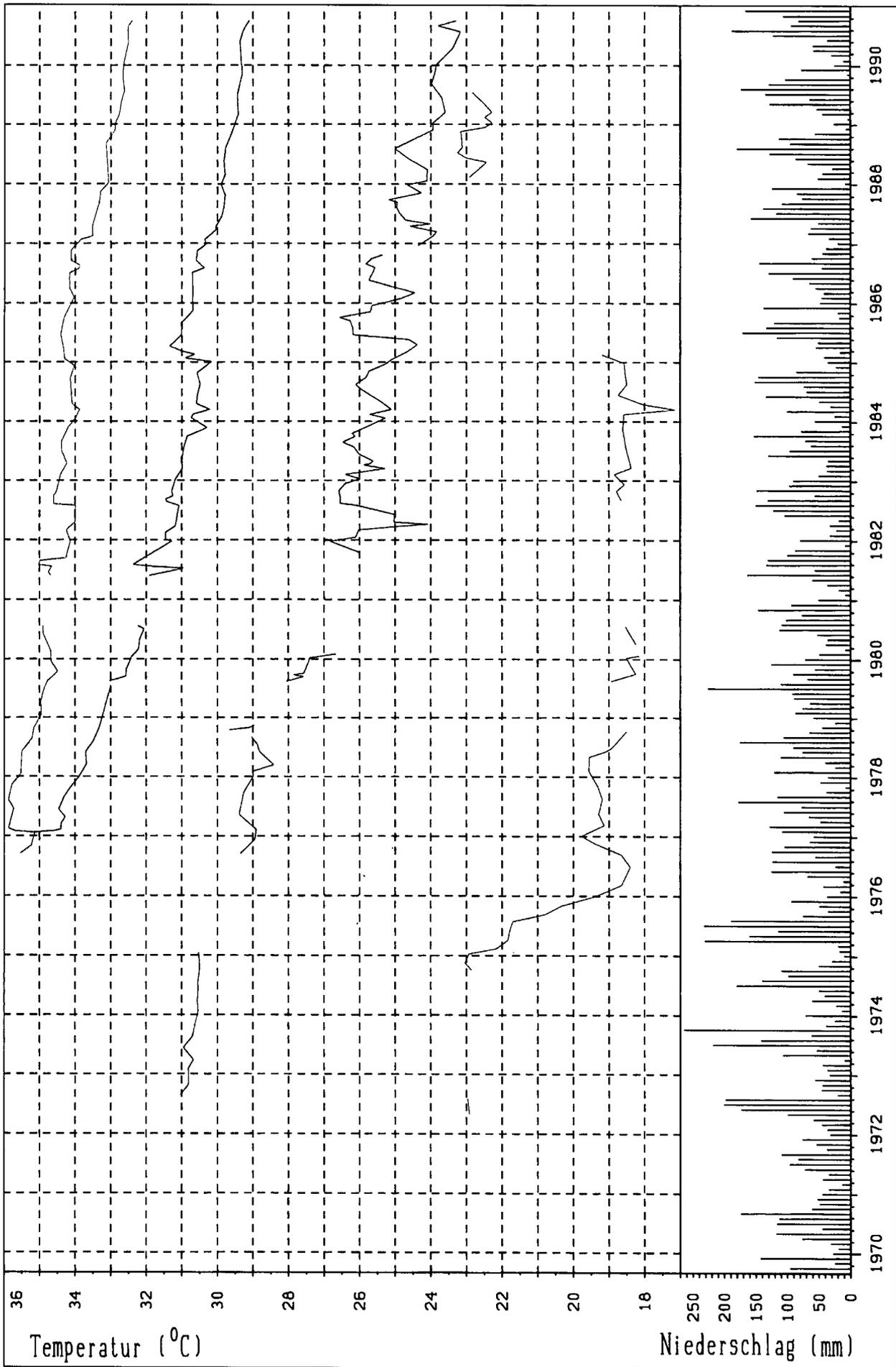


Abb. 7.  
 Ganglinien der Wassertemperaturen der Thermalquellen – Bohrbrunnen.  
 Da im Original farblich geplotet wurde, werden die Linien von oben nach unten angegeben: Brunnen 1/74, Brunnen 2/74, Brunnen 2/72, Brunnen K.

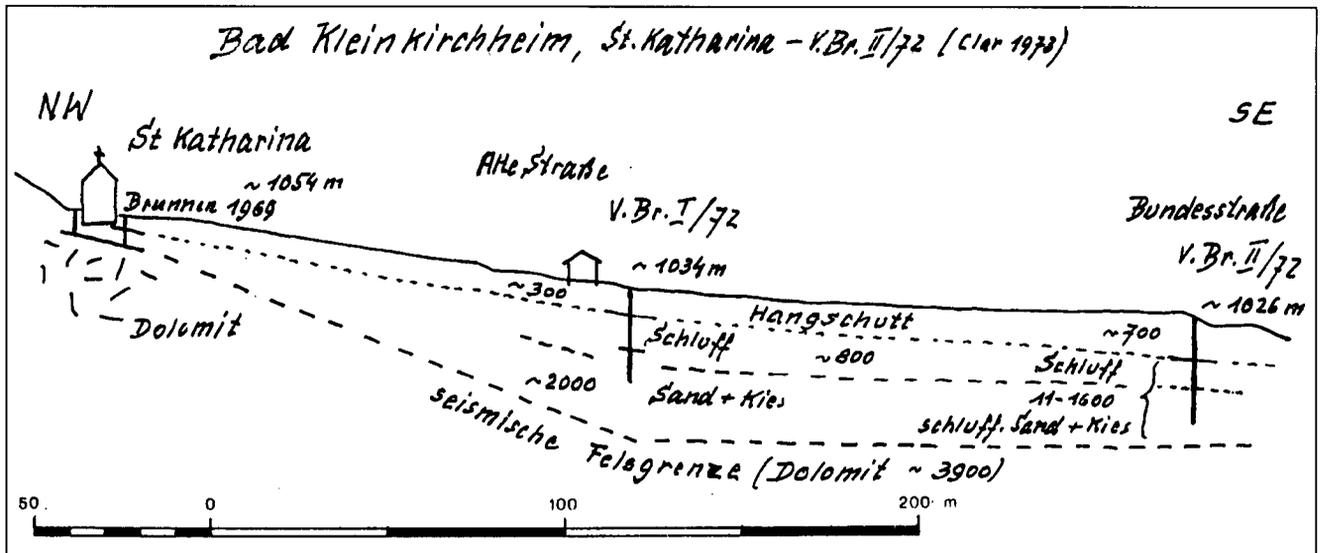


Abb. 8. Geologisch-geophysikalischer Profilschnitt St. Katharina Kirche – Versuchsbrunnen II/72.

vorhandener Leitungen konnte jedoch in der angespannten wasserrechtlichen Streitsituation nicht vereinbart und angeordnet werden.

So lag schon 1965 ein detaillierter Plan der Firma Isola & Lerchbaumer zum Bau eines Meß-Schachtes vor; es wurde darüber verhandelt, aber nicht gebaut.

Im Mai 1967 führte Prof. Dr. F. HÖLZL (Graz) neben Erläuterungen zur Chemie des Wassers einen Pumpversuch an der Katharinenquelle durch, der aber letztlich wieder zu dem Schluß führte, daß eine Bestimmung der Ergiebigkeit der Thermalwasseraustritte bei der Kirche und damit eine haltbare Grundlage für einen Verteilungsschlüssel nur nach Einrichtung laufender Messungen und Bau eines Meß-Schachtes geschaffen werden könnte.

Der Pumpversuch ergab bei einer 1-stündigen und 12-stündigen Durchführung (länger war betrieblich nicht möglich) praktisch gleiche Ergebnisse, nämlich eine Spende von 2,89 bis 2,72 l/sec bei einer Temperatur von 22,5°C. Damit war damals schon ersichtlich, daß eine gute hydraulische Wegigkeit im Thermalwasserkörper vorliegen muß, weil bereits nach kurzer Zeit konstante Zuflußmengen gepumpt wurden.

An Stelle des neuen Meßschachtes wurde dann im Zuge der Untersuchungsbohrungen bei der Kirche und der Fassung durch die Bohrbrunnen 1968/69 unter der technischen Beratung durch Hofrat Dipl.Ing. Josef NEUDECKER (nach dem Tode von Hofrat JILG) die unter der Kirche sichtbare Quellstube errichtet, die es ermöglicht hat, daß seither die Schüttung der Thermalquellen laufend überwacht wird (Abb. 8).

Bei einer Auftragung der Quellmessungen 1947/48 gegen die Monatssummen der Niederschläge analog unseren späteren Diagrammstreifen zeigt sich schon hier eine Beeinflussung, die auf eine Beteiligung von älterem Niederschlagswasser an der Quellspende schließen läßt. Wir hatten 1947 hohe Juni-Juli-Regensummen, die sich in höheren Spätsommer- und Herbstspenden gegenüber schwächeren Hochwintern äußern; gleichzeitig erzeugt dieser Monatsniederschlag (bis über 160 mm) in der Spende von Katharinen- und Augenquelle einen kurzfristigen Rückgang der Temperatur um mehr als einen Grad, wohl hier durch Beimischung auf kurzem Wege.

Dann liegt wieder eine einjährige Meßreihe mit halbmonatlicher Beobachtung durch das Wasserbauamt Spittal/

Drau vom 1. 3. 1956 bis 1. 3. 1957 vor. Unser erster Diagrammstreifen beginnt damit nach von HR NEUDECKER und HR JILG übermittelten Ziffern. Nach der von HR JILG hinterlassenen Tabelle lag die Spende der Augenquelle zwischen 0,33 und 0,44 l/sec bei Temperaturen zwischen 19,2 und 20,5°C, die zugehörigen, kräftigeren Wildwasser bei 0,88 bis 1,15 l/sec und 18,5 bis 21°C; die Spende der Katharinenquelle läge danach bei 1,15 bis 1,57 l/sec (andere Angaben 0,71 bis 2,5), die Temperatur zwischen 21,0 und 22,6°C (23°C), das Wildwasser bei 1,88 und 2,34 l/sec mit 21 bis 22,1°C. Die Tabelle gibt Summen der beiden gefaßten und daher verwertbaren Quellanteile von 1,43 bis 1,87 l/sec an, Nachrechnung bis 2,10, immer noch weniger als die Summe der verlorenen Wildwasser! Der Gesamtabfluß tiefer unten im Kathreinbachl, gemessen mit Ponceletwehr, lag zwischen 5,0 und 6,29 l/sec bei Temperaturen zwischen 13°C (Dezember) und 21,5°C (Juni).

Die Auftragung zeigt einen immerhin deutlichen Einfluß des Jahresganges der Außentemperatur und der Niederschläge, wobei besonders das Wildwasser der Augenquelle durch scharfen Temperaturanstieg im warmen, regenarmen September 1956 auf Beimischung oberflächennaher Zuflüsse hinweist.

### 3.3. Wasseraustritte unterhalb der Katharinenkirche

Als Abschluß der Erläuterungen der „Vorgeschichte“ der Neuerschließung muß noch kurz angeführt werden, was schon vor dieser über Austritte von Thermalwasser im Gehänge unterhalb der von altersher genutzten Quellen der Katharinenkirche bekannt war. Denn vor einer Aufklärung der geologischen Position der Kirchenquellen als artesisch gespannte Überlaufquellen (Wallerquellen) des großen Dolomitzkörpers im Untergrunde war die Befürchtung berechtigt, daß der künstliche Aufschluß dieser Begleitvorkommen eine Gefahr der Beeinträchtigung für die bestehenden Quellen bedeuten würde. Ihre zusätzliche Erschließung wurde daher auch mit Rücksicht auf die rechtliche Bindung der Thermalwassernutzung an die kleinen Kirchenparzellen Nr. 74 und 439 nach Einholung von Gutachten (KALLAB-BLUM, 1937) im Rahmen von Schutzmaß-

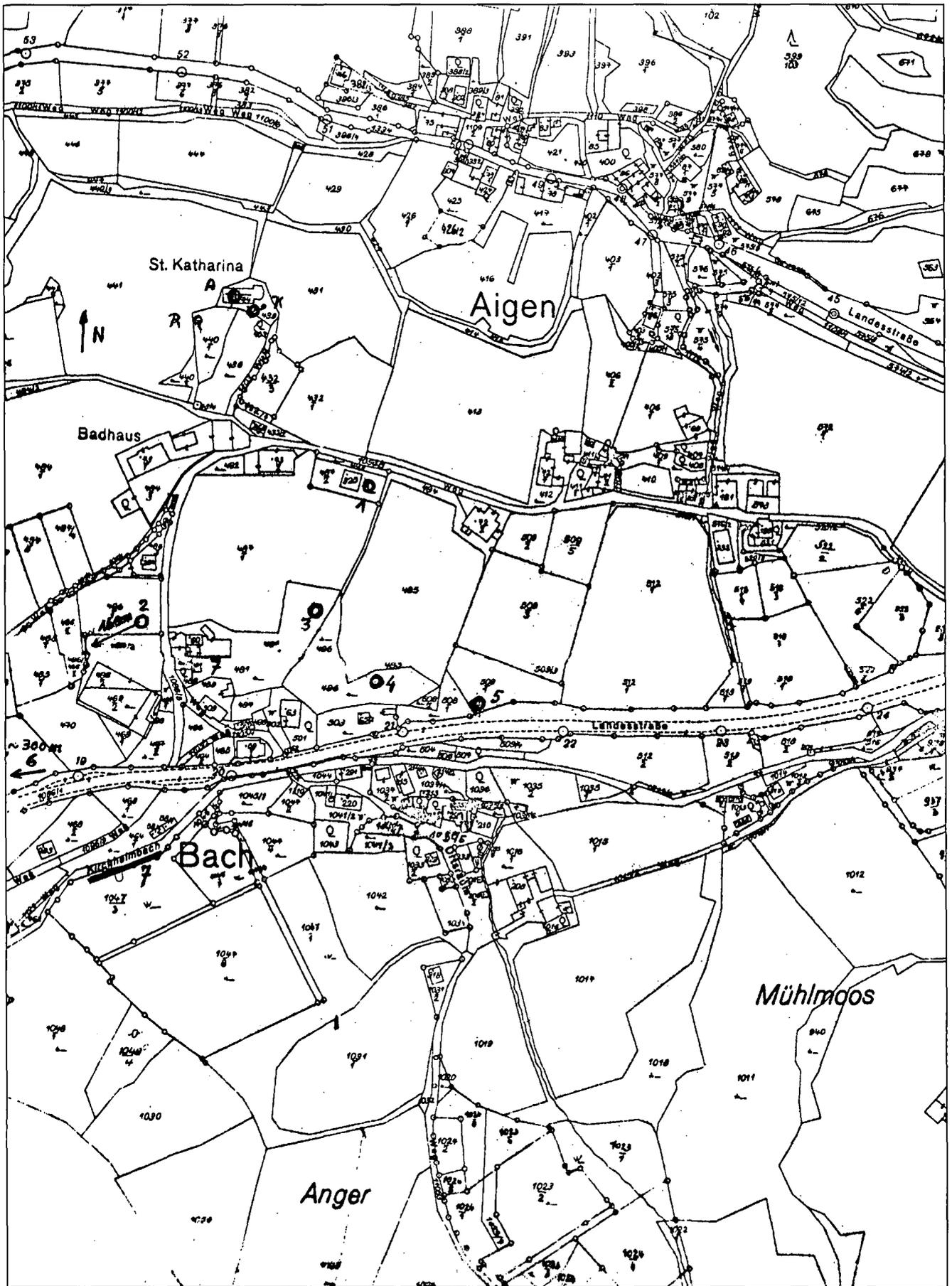


Abb. 9.  
Beobachtete Stellen mit natürlichen Ausstritten von aszendierenden Warmwässern.

nahmen behördlich unterbunden. Nach Einsicht in die geologische Position wurden diese Austritte dann zu einer Art zwingender Herausforderung, die gründliche und tiefgreifende Aufschließung des Gesamtvorkommens als aussichtsreich in Angriff zu nehmen, wenn es gelingt, vorher die Rechte der Kirche in anderer Weise abzusichern oder zu entgelten. Erwartungsgemäß ist ja dann als Preis des Erschließungserfolges der praktische Ausfall der Kirchenquellen auch eingetreten.

In der Abb. 9 sind auf einem alten, in den Hausobjekten nicht evident gehaltenen Katasterplan 1:2880 mit Kreisringen in angenäherter Lage die Orte angezeichnet, an denen in Gehängelagen unterhalb der Kirche das Zusickern oder Austreten von Warmwasser beobachtet oder überliefert worden ist. Einzelne davon sind schon im Gutachten KALLAB-BLUM aus 1937 mit Temperatur-Angaben belegt.

A und K in den kleinen Parzellen 74 und 439 der Katharinen-Kirche bedeuten die „Augenquelle“ und die „Katharinenquelle“ einschließlich der neben ihnen ausgetretenen „Wildwässer“. Der Kreis R auf Parz. 440/1 südwestlich davon markiert eine seinerzeit vor der Ortswasserleitung zur Versorgung des Objektes „Badhaus“ (Hotel Ronacher) gefaßte, dann dem Kathreinbachl zufließende Quelle aus der westlich anschließenden, sich in die kiesigen Terrassen fortsetzenden Überlagerung des Hanges. Hofrat NEUDECKER hat an ihr 1968 vor den ersten Sondierbohrungen bei der Kirche in einer Schüttung von 1/4 bis 1/3 l/sec etwas über 9 bis 12°C gemessen. Es handelte sich danach wohl um eine Mischquelle von Hang- und Thermalwasser, dessen Erfassung bei der Kirche durch die Bohrungen rasch zum praktischen Versiegen des Austrittes führte.

Der Kreis 1 auf Parzelle 487 südöstlich der Kirche ist ein für das Verständnis der weiteren Entwicklung bemerkenswerter Punkt: Hier etwa, nahe dem späteren „Kärntnerhaus“ unternahm Josef Pulverer auf eigenem Grund Aufschließungsversuche auf Thermalwasser; nach KALLAB-BLUM (1937) ergab ein 9 m tiefer Schacht Thermalwasser von 20,5°C. Der Ort liegt nahe den späteren erfolgreichen Bohrungen 1/72 und 2/74, über die weiter unten ausführlich berichtet wird. Ein zweiter, wieder verschütteter Schacht ca. 40 m weiter westlich soll gleichfalls Warmwasser erschlossen haben. Die Behörde sah sich jedoch zum Schutze der bestehenden Thermalquellen zum Eingreifen gezwungen, verwies Pulverer zunächst in eine Entfernung von wenigstens 300 m von der Kirche und erließ 1939 den Zuschüttungsauftrag, der befolgt wurde. Im heutigen Rückblick ist der Schacht von J. Pulverer der erste, wenn auch vergeblich gebliebene Versuch, der im Hang unterhalb der Kirche den mehr als 30 Jahre später erschlossenen, wärmeren Bereich des Thermalkarstwasserzustromes hätte erreichen können.

Punkt 2 (Parz. 472/1) verweist auf einen Warmwasserzuström von ca. 19°C beim Aushub einer Klärgrube des Hauses Gatterer. Kreis 3 in Parz. 491 war nach KALLAB-BLUM ein Austritt von 18°C aus einem Rohr, Kreis 4 in Parz. 496 war ein Austritt von 16,5°C. Grundsätzlich wichtig ist dann Punkt 5, ursprünglich im Grenzbereich der Parz. 508/1 und 509/1; hier wurde in einem Daueraustritt aus der Wiese seinerzeit 20,5°C, nach dem Bau der Landes-, bzw. später Bundesstraße aber über 23°C, ja sogar 24°C gemessen, der in den Straßengraben abfloß. Der Ort ist identisch mit dem Wasseraustritt 10 des folgenden Planes und der Tabelle NEUDECKER. Es ist das der erste Punkt, an dem eine höhere Temperatur als an den Kirchenquellen gemessen worden ist und der deren Erschließung in sichere Aussicht gestellt hat. In der Nähe dieses natürlichen Austrittes wurde später der Versuchsbrunnen 2/72 abgeteufelt, der als

Kontrollbrunnen an der Bundesstraße auch jetzt noch ungenutzt in freiem Überlauf eine kleine Thermalwassermenge von anfangs um 29°C, dann nach Änderung des Auslaufes um 25°C fördert.

Pfeil 6: Bei den Grabungen für die Kanalisierung entdeckte Herr Forstnig 1973 etwa 300 m weiter westlich in Parz. 338/9 an der Bundesstraße nächst der Brücke über den Oswaldbach, daß das zusickernde Hangwasser 14°C hatte; es mischt sich also Thermalwasser bis hierher dem Hangschuttwasser bei. Punkt 7 verweist auf die Feststellung des Zudringens von Warmwasser von 17°C und über 20°C (ohne Verwertung) in den Fundamentaushub des Erweiterungsbaues Hotel Pulverer 1974. Schließlich Punkt 8 zeigt an, daß HR NEUDECKER (1972) seinerzeit aus Temperaturmessungen im Kirchheimer Bach (Tiefenbach) im Ortsteil „Bach“ gleichfalls auf Beimischung von Thermalwasser aus dem Hangschutt schließen konnte.

Eine systematische Beobachtung und Messung von 1. 3. 1968 bis 25. 1. 1969 aller ihm damals bekannten und meßbaren Warmwasser-Austritte im Gehänge unterhalb der Kirche hat HR NEUDECKER durchgeführt und 1969 als Beilagen in seinem Technischen Bericht für die Neufassungen (siehe Kap. 3.5.) abgelichtet. Meßpunkt 1 ist hier identisch mit unserer Quelle. R3 bis 7 sind schwache Austritte in dem durch die Wildwässer stark durchfeuchteten Wiesengelände unterhalb der Kirche und eher dem „Wildwasser“ zuzuzählen, der Kreis 1 unserer vorigen Beilage war kein natürlicher Austritt, Meßstelle 8 ist unser Kreis 3, 9 entspricht unserem Kreis 4 und 10 unserem Austritt 5.

Die Kreise I, III, V und K bezeichnen in gut erkennbarer Lage zur Kirche die im nächsten Kapitel behandelten, dann von 1969 bis 1976 produzierten Überlauf-, bzw. Heber-Bohrbrunnen bei der Kirche, weiterhin auch als „Kirchenquellen“ zusammengefaßt.

### 3.4. Frühe Schutzmaßnahmen

Eine zweite, seinerzeit vor den Erkenntnissen der Neuererschließung verfügte Gruppe von Einschränkungen zum Schutz der Thermalquellen wird aber durch die heutige Einsicht voll gerechtfertigt. Der Steinbruch in dem oben von einer Schotterterrasse bedeckten steilen Dolomit-Sporn westlich der Katharinenkirche war 1937, aber ohne Einschaltung der Wasserrechtsbehörde, genehmigt worden. Dieser Dolomitmkörper liegt auch nach heutiger Kenntnis direkt über dem randlichen Zuströmungsbereich der Thermalquellen und ist gemäß den Bohrergebnissen in deren Bereich extrem verkarstet, sodaß ihm keinerlei verlässliche Filterwirkung gegenüber mit dem Betrieb zusammenhängenden Verunreinigungen zugeschrieben werden kann. Außerdem könnten Sprengerschütterungen die Quellwege verändern. Gutachterliche Beurteilung (F. KAHLER) führte daher 1947 zu harten, wenn auch später entschädigten Einschränkungen und schließlich zur Verlagerung des Abbaubetriebes – wenn auch im gleichen Dolomitzug – gut eineinhalb Kilometer weiter aufwärts in den Oswaldgraben. Dem ehemaligen Betrieb verdankt Kleinkirchheim das Industriedenkmal des wiederhergestellten „Kalkofens“ (es wurde der Dolomitstein zu einem mager wirkenden „Kalk“ gebrannt) und einen vielleicht nicht unproblematischen, erweiterten Autoabstellplatz.

Auch die schräg unterhalb in den tieferen Randbereichen der Terrassenschotter betriebene Kiesgewinnung endete mit der Herstellung des künstlichen, gleichmäßig abgeboßten Halbrundes, in dem das „Golfhotel“ und

kleinere Objekte stehen. Denn auch den Terrassensedimenten über dem unterirdischen Thermalwasserzuström ist keine so verlässliche Filtereigenschaft zuzuschreiben, daß nicht Schutzmaßnahmen erforderlich wären. Aus diesem Grunde ist der Ortsteil Aigen schon in die frühesten Vorschläge zur Festlegung eines Schutzgebietes einbezogen worden, und erst die moderne Kanalisation dieser Bereiche hat eine der Grundlagen für die Kurort-Anerkennung gegeben.

### **3.5. Erschließungsbohrungen im Raum der Kirchenquellen**

#### **3.5.1. Ende des Rechtsstreites, Erkundungsbohrungen**

In einem Bericht zur Wasserrechtsverhandlung vom 10. 4. 1967 konnte der Verfasser – vom Bischöflichen Ordinariat Gurk als geologischer Berater herangezogen – wieder darauf hinweisen, daß zu einer fundierten Lösung eindeutige Meßergebnisse erforderlich sind, die gewisse, nur nach Vereinbarung mögliche Eingriffe an den Austrittspunkten voraussetzen. Wichtiger aber war, daß schon auf Grund des damaligen Einblickes in die geologischen Voraussetzungen des Kleinkirchheimer Thermalwassersystems gleichzeitig mit Bestimmtheit vorausgesagt werden konnte, daß eine gemeinsame Neufassung durch alle Nutzungsberechtigten jedem einzelnen voraussichtlich viel mehr bringen müßte, als ohne Neufassung nur durch rechtliche Regelungen auf ihn entfallen könnte.

Auf dieser Basis erreichte über Beratungen im Winter 1967/68 ein Vergleichsvorschlag des Anwaltes der OHG Ronacher, RA Dr. Richard KAAH sen. – einem der erfahrensten Wasserrechtsexperten Österreichs – die Zustimmung der Beteiligten und führte sozusagen zum Durchbruch aus tatsächlich jahrelanger Blockierung: in der Verhandlung vom 2. 5. 1968 wurde beschlossen, daß der laufende Rechtsstreit vorläufig ruht und „ewiges Ruhen“ dann eintritt, wenn es zur vorgesehenen Neufassung der Quellen und Wirksamwerden der vorgesehenen Wasseraufteilung kommt. Man beschloß ferner, ohne den Umweg über die Einrichtung längerer Meßreihen die Aufschlußbohrungen zu beginnen, die von beidseitigen Fachberatern über gemeinsamen Auftrag vorgeschlagen worden waren. Der frühere Landesgeologe Hofrat Prof. Dr. Franz KÄHLER, der sich wie schon erwähnt, schon seit langem (ca. 1930) mit Problemen dieser Quellen befaßt hatte, aber sich zurückgezogen hatte, um nicht im Rechtsstreit Partei zu werden, wurde gebeten, wieder als Sachverständiger und auch Schiedsmann mitzuarbeiten.

In unserer Darstellung hier wird als „Voruntersuchungen“ ohne strenge Bindung an die Zeitfolge kurz angeführt, was zur weiteren Abklärung der Sachlage vor der eigentlichen Neuerschließung durch die Tiefbrunnen 1/74 und 2/74, also bis 1974 untersucht worden ist; manche Einzelheiten daraus werden erst zusammenfassend in den abschließenden Überblick der Erfahrungen behandelt werden.

Als erstes konnten im Herbst 1968 acht Erkundungsbohrungen kleinen Durchmessers auf der engen Parzelle der Katharinenkirche und in deren nächster Umgebung durch die Firma Etschel & Meyer niedergebracht werden. Sie hatten das Ziel, in erster Linie die Tiefenlage des das Thermalwasser heranzuführenden Dolomit-Felskörpers und die Art seiner Überdeckung im Bereich der vorhandenen Quellen aufzuklären.

Eingehendere Berichte über diese ersten Erkundungsbohrungen und Gedanken über Schlüsse aus ihnen liegen von NEUDECKER und KÄHLER vor. Unter der Humusdecke traf man recht gleichmäßig eine Schicht von sandigem Hangschutt mit hohem Phyllitanteil und als wesentliches Element über dem Dolomittfels etwa 2 bis 4 m einer sehr dichten, feinkörnig-bindigen Masse mit Gesteinsbrocken, die als Moräne oder verschwemmter Moränenschutt zu deuten ist. Der Fels wurde in etwa 8 bis 10 m Tiefe erreicht und gemäß der vorgegebenen rechtlichen Begrenzung jeweils 2 m angebohrt.

Warmwasser sickerte mit verschiedener Temperatur bereits in der Sandschichte“, also mit kaltem Hangwasser vermengt, zu. Der Dolomittfels aber entließ Thermalwasser in einigen Bohrungen – offenbar je nach dem freigelegten Kluftsystem – mit artesischem Überdruck. Dieser erreichte mehrere Meter, als Maximum in Bohrloch III, 4,5 m über Gelände. Die Temperaturen waren trotz Nachweis einer begrenzten gegenseitigen Beeinflussung auch aus dem Dolomit etwas unterschiedlich zwischen 21,5 und 22,3°C.

Als praktischer Schluß für die Weiterarbeit ergab sich, daß die neue Fassung der Thermalquellen tiefer gelegt und am oder im Dolomittfels-Untergrund angeordnet werden muß und daß dabei voraussichtlich bei gegenseitiger Abhängigkeit der verschiedenen Kluftaustritte die bisherige Unterscheidbarkeit der beiden Quellen verlorengehen wird. Entnahmeversuche und Aufspiegelungen bestätigten den artesischen Überdruck am Fels und ergaben weiterhin an der Katharinenquelle um 2,2 l/sec, an der Augenquelle um 0,8 l/sec bei Temperaturen von 23 und etwas über 20°C, wenn der kältere Zustrom im Bohrloch 1b hinter der Kirche durch Abheberung gemindert wurde.

#### **3.5.2. Gewinnungsbrunnen, erste Ergebnisse**

Im November und Dezember 1968 konnten dann durch dieselbe Firma nach Ortswahl und unter geologischer Überwachung durch HR KÄHLER bereits Gewinnungsbrunnen hergestellt werden, die nach einem Projekt von HR NEUDECKER als technischer Berater von Gemeinde und Kirche (formuliert unter Datum 5. 2. 1969) als Bohrfilterbrunnen mit einem Ausgangsdurchmesser von 600 mm gebaut wurden. Sie reichten bei einer Tiefe von 10 bis 12 m in den Fels, in dem teilweise anscheinend mit Craelius 142 mm fortgesetzt wurde. „G I“ hinter der Kirche etwa im Zutrittsbereich der Augenquelle wurde später mit einem Schachtbecken erweitert. Die Augenquelle selbst war von ihrer Austrittsrinne in der Krypta etwa 3 m zurück in einem Kanal schräg nach außen in der Mauer verfolgbar, hinter der Kirche fanden sich bei den Grabungen, außer einem trockenen Kanalrest, keine sicheren Teile einer mittelalterlichen Fassung. G III und G V (später nur mehr kurz I,III,V genannt) wurden südöstlich der Apsis angeordnet; G II und G IV fielen dann wegen geringer Ergiebigkeit aus, die Katharinenquelle blieb vorläufig zur Versorgung der Bäder möglichst ungestört. Sie wurde später als „K“-Brunnen ebenso gefaßt und mit den anderen der inzwischen errichteten Quellstube als Sammel- und Verteilungs-Anlage unterhalb der Kirche zugeleitet. In der Ausführung wurde angestrebt, den Zudrang aus dem „oberen Horizont“, d.h. das oberflächennahe Wasser im Hangschutt, auszuschließen. Nach Abpumpversuchen wurde auf eine Gewinnung durch Abpumpen verzichtet und bei allen Brunnen angesichts des vorhandenen artesischen Überdruckes ein Überlauf mit Heberwirkung eingerichtet, der so gewählt wurde, daß bei kommunizierender Absenkung der

Baumester  
 Ing. Franz Isola &  
 Dipl. Ing. A. Lerchbauer  
 Kommanditgesellschaft  
 Spittal u. d. R.

T. 5190 10.11.65  
 NACHTRAG AM 7.3.1967 Reiter

- 1, WASSERMESSNACHT
- 2, AUGENQUELLE
- 3, KATHARINENQUELLE
- 4, WILDWASSER KATHARINEN
- 5, WILDWASSER AUGENQUELLE

- Ⓐ ÜBERWASSER AUGENQU.
- Ⓑ WILDWASSER - I -
- Ⓒ ÜBERWASSER KATHARINEN
- Ⓓ WILDWASSER - I -
- Ⓔ ABLAUF ZUM BAD

## LAGEPLAN Bad Kleinkirchheim

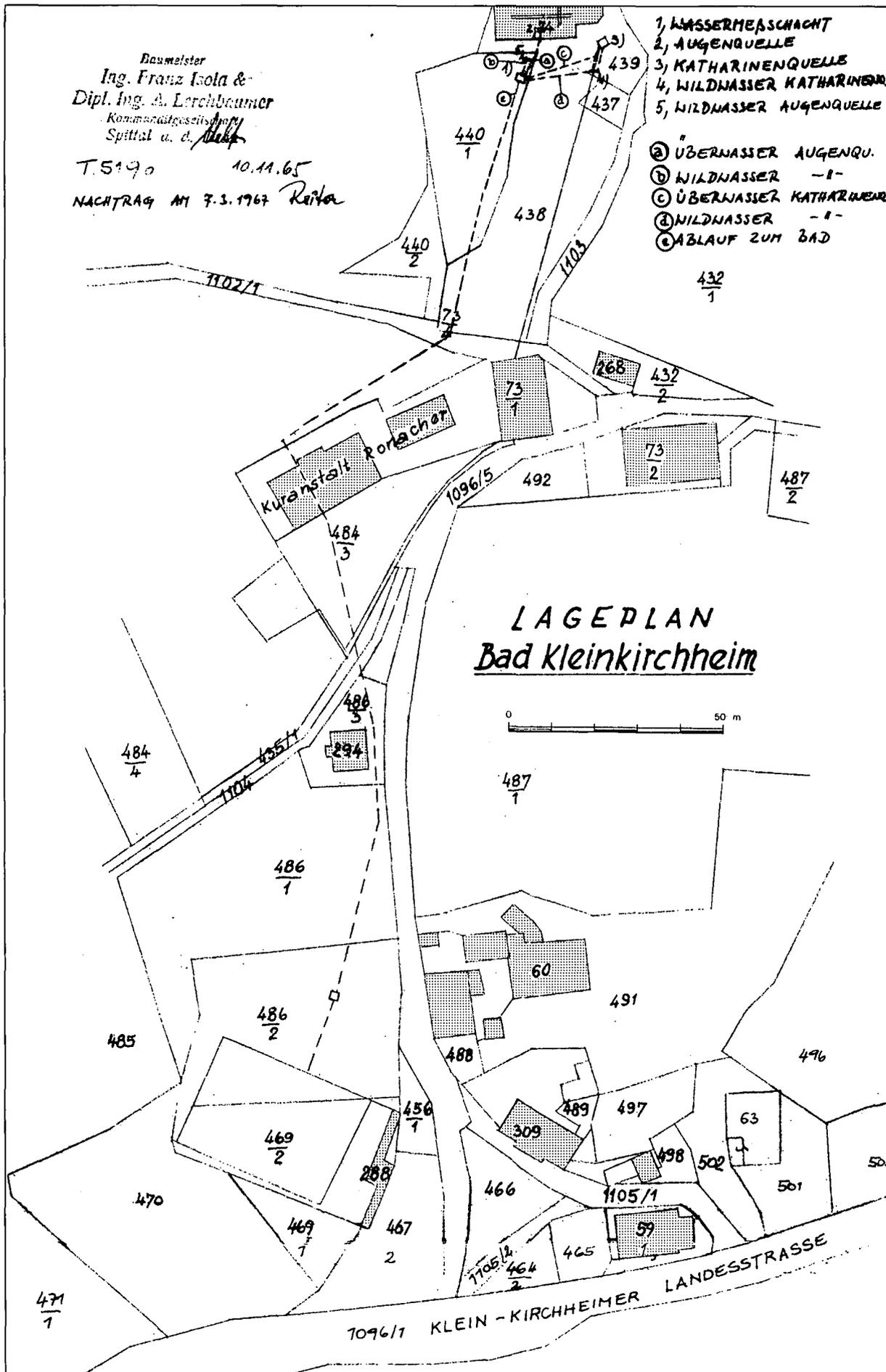


Abb. 10.  
 Lageplan  
 der Thermal-  
 wasseraus-  
 tritte im Be-  
 reich der Ka-  
 tharinen-  
 kirche.

früheren Austritte von „Wildwasser“ der überschwemmte Boden der Unterkirche allmählich trocken fiel. Dadurch wurde auch die vermutete Unterspülung und andgedeutete Setzung der Apsis für die Zukunft verhindert und eine Grundlage haltbarer Restaurierung der Kirche geschaffen.

Während die Brunnen I, III und V bereits zur Jahreswende angeschlossen waren, wurde die Katharinenquelle („K“) in neuer Erfassung im Juni 1969 zugeleitet, und seitdem laufen die Messungen der unveränderten Gesamtanlage bei der Kirche im Sammel- und Verteilbehälter der gemauerten Quellstube bis zum Beginn der Bohrungen an den Tiefbrunnen im Jahre 1974. Die erste geschlossene Meßreihe der fertigen Anlage gibt ein Bericht (NEUDECKER, 1969) vom 23. 8. 1969 für 27. 6. bis 22. 8., wobei gemäß dem Pumpversuchsdiagramm der Beginn kurzfristig eine Mehrspende durch Absenkung des Druckspiegels 27. 6. bis 22. 8. gab.

Brunnen I 2,14 bis 2,46 l/sec mit 17,5 bis 18,2°C  
Brunnen K 2,07 bis 2,86 l/sec mit 22,4 bis 22,7°C  
Brunnen III 5,40 bis 6,60 l/sec mit 23,1°C  
Brunnen V 0,42 bis 0,43 l/sec mit 23,7 bis 23,8°C

Die freudigste Überraschung war die anhaltende gute Spende des Brunnens III, der wohl im Laufe der folgenden zwei Jahre etwas zurückging, aber auch in der Wassertemperatur unter den „Kirchenbrunnen“ blieb. Vor der Neufassung (siehe Diagramm der Jahre 1956/57) lag die Gesamtspende – ohne die zum Großteil nicht erfaßten „Wildwasser“ – bei nur etwa 2 l/sec, nach der Neufassung lag sie bei 8 bis über 10 l/sec, stieg also mengenmäßig etwa auf das Vierfache des geregelt verwertbaren Anteiles oder fast das Doppelte der nicht genau meßbaren Gesamtspende. Die mittlere Temperatur blieb etwa gleich, da die Erhöhung auf etwa 23°C in III und V durch den vermutlich verstärkten Zutritt von kälterem Hangwasser in I ausgeglichen wurde. Durch getrennte Ableitung und Preisgabe dieses kälteren Anteiles wurde wenigstens anfangs gemäß einem zusammenfassenden Bericht (NEUDECKER, 1969) die Temperatur der gesammelten Quellspende höher gehalten; der gewonnene Anteil aus dem Brunnen I lag dann 1972 bis 1974 gleichmäßig bei und etwas über 19°C.

Es ist abschließend zu dieser Erschließungsphase noch zu betonen, daß die gesamte Gewinnung insbesondere aus Gründen der rechtlichen und vertraglichen Voraussetzungen auf den kleinen Bereich der Parzellen der Katharinenkirche (74,439) beschränkt blieb (Abb. 10).

Kurz zu ergänzen ist auch noch, daß 1968 alternativ zu der ausgeführten Fassung der Kirchenquelle durch Brunnen mit Überlauf des artesischen Zudranges auch der Gedanke einer Erschließung durch einen Gewinnungsstollen kürzere Zeit überlegt worden ist. Dieser Gedanke wurde dann nicht weiter verfolgt, weil die Grundlagen noch nicht zureichend befunden wurden; auch hätte sich dabei die damals zur Weiterarbeit noch notwendige Beschränkung der Anlagen auf den kleinen Parzellenbesitz der Kirche als rechtliche Voraussetzung nicht einhalten lassen.

### 3.6. Voruntersuchungen 1969 bis 1973

#### 3.6.1. Methoden

Trotz dieses Erfolges, der ohne Änderung der Rechtslage gelungenen Neufassung der Thermalquellen ausschließlich auf Kirchgrund, war aus geologischer Hinsicht schon jetzt so gut wie sicher vorauszusehen, daß eine Nutzung des Thermalwasserzustromes in seinem

geologischen, nicht besitzmäßig bestimmten Gesamtumfang nur möglich sein wird, wenn die Erschließung auf weitere Bereiche und Grundstücke im Gehänge unterhalb der Kirche ausgedehnt werden kann und wird.

Anschaulicher Beleg dafür war unter anderem, daß zugleich mit der oben angeführten Meßreihe NEUDECKER an den Kirchenquellen im Sommer 1969 der schwache ungefaßte Austritt in der Wiese unten an der Landesstraße (Parz. 509/1) bei 0,37 bis 0,16 l/sec mit 23°C bis 24,1°C, also der höchsten, bisher in Kleinkirchheim erreichten Wasserwärme gemessen wurde.

Als Vorbereitung zu dieser sozusagen zwangsläufig anzustrebenden Ausweitung der Erschließungsmaßnahmen wurden zunächst eine Reihe von Voruntersuchungen von Hofrat KAHLER und dem Verfasser vorgeschlagen und eingeleitet:

- a) Erste Grundlage mußte die laufende Beobachtung der nun gefaßten und genutzten Quellen in Bezug auf den Verlauf der Spenden und der Temperatur in Zusammenhang mit den Niederschlägen über mehrere Jahresperioden sein. Aussagen dieser Diagramme werden im Anschluß an die möglichen Auswirkungen der Versuchsbrunnen 1/72 und 2/72 in der Beobachtungszeit 1969 bis 1974 weiter unten zu erläutern sein.
- b) Notwendig war dann eine genauere und vollständigere geologische Kartierung des weiteren Bereiches Kleinkirchheim, die im Zusammenhang mit der weiter im Norden entlang der Fortsetzung der „Stangalmtrias“ ausgeführten Dissertationskartierung des Geologischen Institutes der Universität Wien von Dr. FAUPL im Kartenmaßstabe 1 : 10.000 1969 begonnen und 1972 erweitert worden ist. Darüber liegt auch eine Publikation im Druck vor. Neben der verbesserten Möglichkeit einer Abgrenzung der thermalwasserführenden Dolomitplatte auch in dem durch jüngere Ablagerungen verdeckten Talbereich ergab sich die Festlegung einer das Tal mit nord-südlichem Streichen verquerenden Bruchstörung („Aigner Bruch“), dessen Bereich sich dann sozusagen als Leitstruktur für den zentralen Teil des von Norden heranströmenden Thermalwasserzustromes erwiesen hat. Eine kleinere, etwa parallele Zerreibungszone ist später westlich Aigen in der Böschung der Straße erschlossen worden und lenkt möglicherweise einen stärkeren Zustrom zur darunterliegenden Katharinenkirche mit ihren natürlichen Quellaustritten. Auf der südlichen Talflanke liegt der „Talkenbrunn“, eine früh gefaßte Kaltquelle der Ortswasserleitung, etwa an der Fortsetzung des Aigner Bruches, der anscheinend auch hier eine hydrogeologisch leitende Struktur darstellt. Die Quelle spült weißlichen, offenbar aus einer Zerreibungszone stammenden Dolomit-Sand – neuerdings mineralogisch überprüft und bestätigt von Prof. G. RIEDMÜLLER, TU Graz – in das Quellbecken. Der Geologe kann mit einem gewissen Schmunzeln bemerken, daß die erwähnten nordsüdlich den Dolomitkörper zerlegenden Bruchstörungen sich auch in der Ortslage teilweise fast decken mit Linien, die 1938 ein Wünschelrutengänger im Auftrag PULVERER auf einem Geländeplan als Zubringer von Thermalquellen eingetragen hat. Mit der geologischen Kartierung war auch die Frage zu überprüfen, ob der so auffallend quer zu den großen Strukturen verlaufende tiefe Einschnitt des Tales von Kleinkirchheim nicht durch eine bedeutende E-W-Störung vorgezeichnet sei; die Kartierung hat keine Belege

für diese Vermutung erbracht, so daß angenommen werden darf, der thermalwasserbringende Dolomitzug quere das Tal unter den jüngeren Verschüttungen ohne eine größer Verstellung. Das bedeutet auch die Möglichkeit einer hydrogeologischen Verbindung der beiden Talseiten im tieferen Untergrund.

Wie aus dem Briefwechsel und Berichten schon 1971 hervorgeht, war zu befürchten, daß die Thermalwasserspende aus der erfolgreichen Erschließung der Kirchenquellen den Ansprüchen des rasch wachsenden Fremdenverkehrs nicht mehr genügen wird. Das trieb die Voruntersuchungen an, zumal schon erkennbar war, daß aus einer Ausweitung der Erschließung nicht nur eine Erhöhung der Quellspende, sondern auch der Quellwärme zu erhoffen war und dadurch die materielle Belastung durch das noch notwendige Aufheizen des Wassers verhindert oder – nur für Optimisten damals glaubhaft – sogar vermieden werden könnte.

- c) Unter den angewandten geophysikalischen Untersuchungen brachte die von KAHLER vorgeschlagene und durch Dr. mont. H. JANSCHKEK, damals von der Montanuniversität Leoben, ausgeführte Mikrowärmemessung der Bodentemperaturen die konkretesten Hinweise für die Weiterarbeit. In mehreren Etappen wurden 1971 und 1972 in seichten Bohrlöchern von 3 und 5 Metern Tiefe die genauen Bodentemperaturen und der Gradient ihrer Zunahme nach unten gemessen und so der breite Hang unter der Katharinenkirche bis zur neuen Landes- bzw. dann Bundesstraße mit dem schon bekannten Austrittsort der Warmquelle mit einem dichten Punktnetz überzogen. Die Messungen haben zwei Teilbereiche erhöhter Bodenwärme herausgearbeitet, die mit großer Sicherheit eine Aufwärmung durch aufdringendes Thermalwasser erschließen ließen. Das war die Umgebung der dann 1972 gebauten Sondierbohrungen und Versuchsbrunnen 1/72 und 2/72 (Abb. 4, 11 und 12), wobei sich von letzterem, in der Straßenböschung stehend, eine Art Wärmedom hangaufwärts etwa parallel der geologisch georteten Störung des „Aigner Bruches“ verfolgen ließ. Von hier nach Osten zeigte sich ein allmähliches Ausklingen der Erwärmung.

Zur Deutung der Warmzonen war von vornherein zu bedenken, daß damit noch nicht direkt die Verteilung von Thermalwasser im Dolomitfels wiedergegeben sein kann, sondern nur die Durchwärmung in der ihn überdeckenden und in der Mächtigkeit damals noch unbekanntem Überlagerung des Felsuntergrundes; in der obersten Hangschuttdecke war außerdem in Mulden mit der abkühlenden Überlagerung von oben kommender Hangwässer zu rechnen. In den Bohrungen und Brunnen haben sich dann aber die Indikationen bestens bestätigt.

Wie gleich vorweggenommen werden soll, hat es sich gezeigt, daß die Überlagerung des Felsuntergrundes, die das Thermalwasser im Dolomit bis zur Höhe der Kirchenquellen vor allem durch die zu unterst liegende, dichte Grundmoräne mit artesischem Überdruck rückstaut (siehe Sondierbohrungen Kirche), doch nicht vollkommen dicht ist, sondern insbesondere in Feinsand- bis Kieslagen in den eiszeitlichen Sedimenten Thermalwasser in bescheidenen Mengen nach außen durchläßt. In der Praxis der Erschließung war es daher zweckmäßig und wurde beibehalten, scharf zu unterscheiden zwischen dem im tiefen Dolomit-Felskörper heranströmenden Thermalwasser, das nach dem Vorbild KAHLER weiter als „primäres“ Thermalwasser bezeichnet wird, und den durch Undichtigkeiten der

Stauschichten in die Überlagerung übergetretenen Anteilen, die als „sekundäre“ Thermalwasser benannt werden. Alle natürlichen oder in seichten Grabungen bekannt gewordenen Thermalwasseraustritte im Gehänge unterhalb der Kirchenquellen, sowie diese selbst in ihren ursprünglichen, natürlichen alten Austritten, sind solche „sekundäre“ Thermalwasser. Denn die Mächtigkeit der Überlagerung über dem Dolomit hat sich in diesem Gehänge immer wieder als sehr bedeutend herausgestellt.

- d) Die Messung der magnetischen Abweichungen ging davon aus, daß die Dolomite, aus denen das Thermalwasser empordringt, weniger magnetisch sind als die Schiefer oberhalb und unterhalb. Es hat sich gezeigt, daß durch die mächtige Überlagerung mit Kiesen und Feinkornablagerungen die Resultate stark verschleiert werden, daß aber das Ergebnis im Zusammenhang mit anderen Verfahren sinnvoll deutbar, wenn auch nicht für die praktische Weiterarbeit irgendwie entscheidend wurde.
- e) Die Methode der Messung der elektrischen Leitfähigkeit, die sich anderswo als sehr wertvoll erwiesen hatte, hat sich hier im damaligen Stande nicht bewährt, vermutlich deshalb, weil es in der Überlagerung zuviele und wenig differenzierte unergiebig Wasserhorizonte gibt; sie brachte uns damals keine zusätzlichen Erkenntnisse.

- f) Seismik: Die Untergrund-Erkundung durch künstliche Erdbebenwellen, erzeugt durch Sprengungen, wurde wieder vom Geophysikalischen Institut der Montanuniversität Leoben 1972 durch Dr. mont. H. MAURITSCH im Verfahren der „Refraktionsseismik“ angewandt. Die Durchführung war durch die im erforderlichen Untersuchungsbereich doch schon recht dichte Verbauung von Bad Kleinkirchheim wesentlich behindert, hat aber wenigstens teilweise sehr hilfreiche und später bestätigte Auskünfte gebracht. Es wurden drei Profile quer zum Tal und eines längs in dem für die kommende Erschließung voraussichtlichen Bereich untersucht. Es ergibt sich eine wohl befriedigende und in diesem Zeitpunkt zur Orientierung wichtige Auskunft über die große Mächtigkeit der Überlagerung des thermalwasserführenden Dolomituntergrundes und dessen sehr steiles Abtauchen in Richtung zur Talmitte. Die für den Fels ermittelten, relativ niedrigen Wellengeschwindigkeiten sind vielleicht eine Auswirkung der bei den späteren tiefen Bohrungen festgestellten, außergewöhnlich intensiven Verkarstung und darauf folgenden Lokierung.

Wohl auch als eine Folge der notwendigen Beschränkung in der Stärke der Sprengsätze gaben die Ergebnisse keine überzeugende Klarheit über die – allerdings zunächst für die praktische Weiterarbeit nicht entscheidend wichtige – Tiefenlage des Felsprofils in Talmitte und in dem von steifen Grundmoränen verschleierten, südlichen Talhang. Anscheinend muß mit Verschüttungstiefen in der Talmitte von 50 bis 100 m gerechnet werden.

Die Ergebnisse all dieser Untersuchungen haben die Überzeugung der bearbeitenden Geologen gefestigt, daß mit der gelungenen Neufassung der Kirchenquellen die Kapazität des Thermalwasserzustromes noch keineswegs voll genutzt wird, sondern daß eine Erschließung in tieferen Horizonten des Dolomit-Untergrundes nicht nur zusätzliche Mengen, sondern auch voraussichtlich höhere, nicht mehr so knapp an der gesetzlichen Thermalquellen-



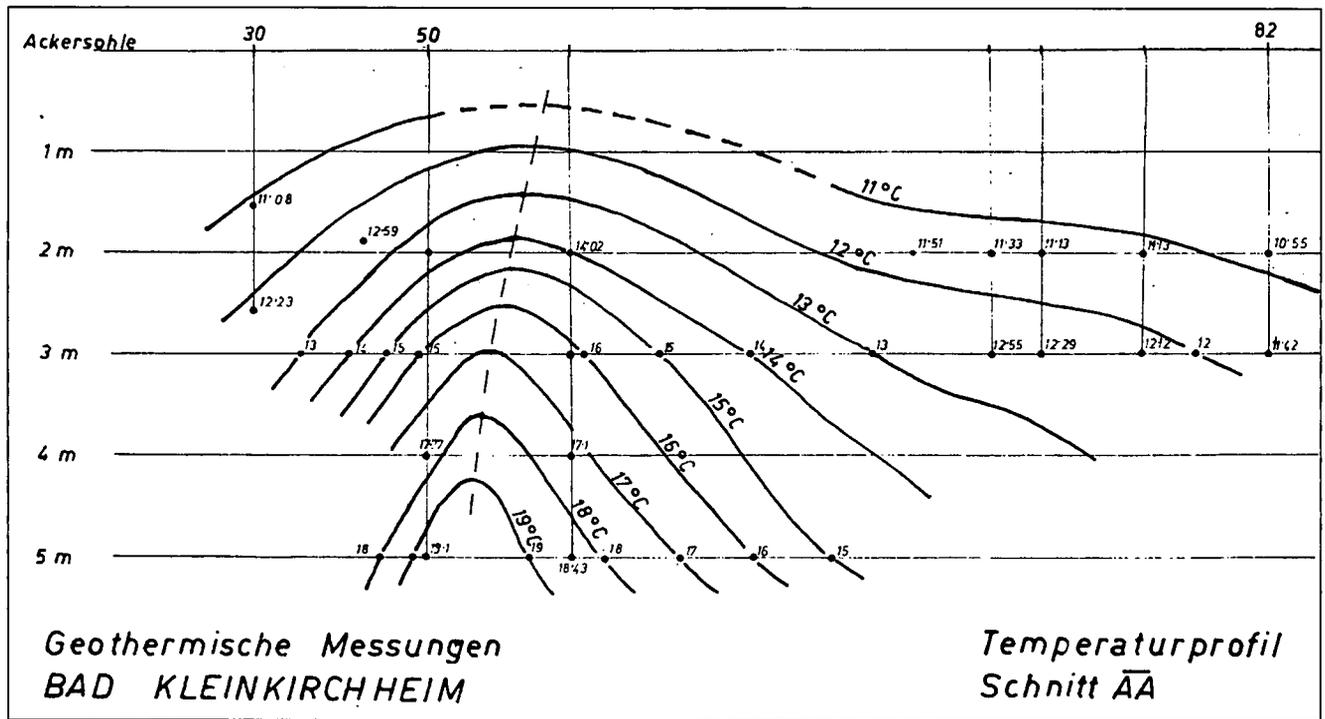


Abb. 12.  
Geothermische Messungen: Temperaturprofil West-Ost nach H. JANSCHKE (1972).

Grenze von 20°C liegende Temperaturen in Aussicht stellt. Die Einsicht aber, daß diese zusätzliche Erschließung in einem Bereich artesischen Überdruckes mit einem Ruhspegel über Kirchengöhe stattzufinden hat, ohne die laufende, im ganzjährigen Kur- und Badebetrieb genutzte Spende der dortigen neuen Fassungen zu schädigen, zwang zu einem behutsamen, schrittweisen Vorgehen. Dabei war schon in diesem Zeitpunkt der Untersuchungen die Überzeugung gefestigt und wurde in den einschlägigen Berichten und Vorschlägen wiederholt betont, daß der Thermalwasserzustrom hydrogeologisch eine Einheit darstellt und daher von vornherein durch rechtliche und vertragliche Vereinbarungen auch bei noch hinzukommenden Neuaufschlüssen eine einheitliche Bewirtschaftung zeitgerecht sichergestellt werden muß.

### 3.6.2. Versuchsbrunnen 1/72

In diesem Sinne erhielt auf Antrag die Gemeinde mit Bescheid des Amtes der Kärntner Landesregierung von 3. 1. 1972 die Bewilligung, die vorgeschlagenen zwei Bohrungen auf Thermalwässer an den in unserer Übersicht mit 1/72 und 2/72 bezeichneten Orten, in der Parzelle 487/1 unterhalb des sogenannten Kärntnerhauses von Pulverer und auf Parzelle 1096/1 in der Böschung der damaligen Landesstraße durchzuführen. Die letztere Bohrung galt gleichzeitig der Erkundung des nahe benachbarten, bekannten und auf unserer Skizze mit Ziffer 5 bezeichneten Thermalwasseraustrittes (Parz. 509/1).

Die beiden Bohrungen, ausgeführt von der Fa. Insond (April und Mai 1972) waren von vornherein als Sondierungsbohrungen geplant; die dann jeweils neben ihnen zu gleicher Tiefe abgesenkten Filterbrunnen sind bezeichnet als die „Versuchsbrunnen“ 1/72 und 2/72. Die Arbeiten standen unter der geologischen Aufsicht von Hofrat KÄHLER. Die beiden Brunnen erschlossen beide bis zu einer Grundtiefe von 24,4 bzw. 29,0 m unter verschwemmtem Hangschutt in einer schluffreichen Folge von Seesedi-

menten mit Einschaltung von Feinsanden und Kiesen je zwei Niveaus mit Thermalwasserzutritt unter artesischem Druck und mit Temperaturen zwischen 29 und 31°C.

Im Anhang (Profil der Bohrung 1/72) sind die auf Grund der erbohrten Proben gezeichneten geologischen Profile in etwas vereinfachter Form in richtiger gegenseitiger Höhenlage wiedergegeben. Der erste Wasserzudrang erfolgte schon aus dem Hangschutt, die tieferen kommen ohne scharfe Trennung aus sand-, bzw. kiesführenden Lagen innerhalb der bindigen dunklen Schluffabsätze. Beide Bohrungen, bzw. dann Brunnen, werden bei stärkerem Wasserzudrang und teilweisem Sandauftrieb, sowie einem zum Überfließen führenden artesischen Überdruck nach Erreichen einer Gerölle führenden Lage eingestellt. Vermutlich handelt es sich in beiden Fällen bereits um größeren Hangschutt oder verschwemmtes Material aus der basalen Grundmoräne wenig über dem Dolomit-Fels. Die ursprüngliche Absicht, diesen thermalwasserführenden Dolomit noch anzubohren, wurde aufgegeben, da dies den Thermalwasserkörper in rund 40 und 50 m unter dem Stau-Wasserspiegel in den Fassungen bei der Kirche angeschnitten und dadurch deren Ergiebigkeit mindestens schwer geschädigt hätte; sie waren ja noch die alleinige Basis für die Versorgung der Thermalbäder. Auch wurden technisch nicht genügend rasch beherrschbare Sand- und Wassereinbrüche befürchtet.

KÄHLER konnte den Wasserzudrang beim Abteufen der Bohrung 1/72 und die Steighöhen des in den jeweiligen Tiefen freiwerdenden Thermalwassers sowie den Anstieg der mit der Tiefe zunehmenden Temperatur feststellen. Diese wurde an der Bohrlochsohle am 24. 4. 1972 von Dr. JANSCHKE mit Feinthermometer auf 33,73°C bestimmt. Der auffallende Knick in der Kurve entspricht ungefähr der Grenze zwischen dem durch kälteres Niederschlagswasser abgekühlten Hangschutt-Bereich und dem in mehr oder weniger abgedichteten Sandlagen in den Seeschluffen horizontal aus dem Dolomittfels-Untergrund aussickernden „Sekundär-Thermalwasser“.

### 3.6.3. Versuchsbrunnen 2/72

In 2/72 war – wie auch die späteren Entnahme-Diagramme bestätigen – der oberflächennahe Zudrang von kälterem Hangwasser und damit auch der Einfluß von Niederschlägen geringer, weil diese auf einem Geländerrücken, 1/72 aber in einer Gelände-Muldenform gelegen ist. Dem geologischen Profil gemäß erschloß auch Bohrung und Brunnen 2/72 nur sogenanntes „Sekundär-Thermalwasser“.

Die „Versuchsbrunnen“ 1/72 und 2/72 lieferten dann von Mitte 1972 bis zur Gewinnung aus den „Tiefbrunnen“ Ende 1974 eine praktisch sehr beachtliche Ergänzung zur Thermalwasserversorgung aus den „Kirchenbrunnen“. Vor Erläuterung der Sammeldiagramme der Messungen vor Ende 1974 (Abb. 6 und 7) eine kurze Bemerkung über die weitere Rolle dieser Versuchsbrunnen: 1/72 wurde durch den nur ca. 8 m entfernten Tiefbrunnen 2/74 für die Gewinnung uninteressant, verlor durch ihn seinen Überlauf und dient heute nur zu Messungen der Spiegelhöhe des „Sekundärwassers“ in der Überlagerung nahe dem Gewinnungsbrunnen; 2/72 wurde zu einem recht wichtigen Kontrollbrunnen, dessen Überlauf an der Bundesstraße allen Spaziergängern bekannt ist. Dieser kleine „lebende“ Überlaufbrunnen mit Thermalwasser bestätigt uns, daß die um 20 m tiefer reichende Absenkung des Thermalwasserspiegels im Dolomittfels durch den Tiefbrunnen 1/74 im Gehänge oberhalb lokal bleibt und nicht der Thermalwasserspiegel allgemein unter dieses Niveau absinkt. Auf eine sonstige Nutzung wurde aus rechtlichen Gründen verzichtet; die am Brunnenrohr gemessenen Temperaturen um nur 25 bis 28°C sind infolge der Art der Fassung von der Außentemperatur jahreszeitlich beeinflusst.

### 3.6.4. Leistung der Versuchsbrunnen

Der einleitende scharfe Rückgang ist als Reaktion auf das Anlaufen der Abhebung nach vorherigem freiem Überlauf mit Einstellung einer neuen Gleichgewichtslage des Spiegels am Austritt zu verstehen. In den weiteren Jahren bis zum Anlaufen der Entnahme von „primärem“ Thermalwasser aus dem Felsuntergrund Ende 1974 ist vor allem auf einen deutlichen Jahresgang der Schüttungen an den Kirchenquellen I, III und auch K hinzuweisen, der in etwa dem Verlauf der Monatsniederschläge korrelierbar ist, ohne daß deren Verteilung im einzelnen und Abflußwerte untersucht wurden. Besonders markant wird diese Erhöhung der Quellspende in der Summe der drei Fassungen nach dem extrem feuchten Frühsommer 1972 und den Extremniederschlägen des Juni und besonders September 1973. Man beachte einerseits die für tiefliegende Wasserwege, die die Geothermik verlangt, recht bedeutende Schwankungsbreite zwischen etwa 8 und 11 l/sec der Gesamtspende, die sehr verwaschene Wiedergabe der Niederschlagspitzen und eine besonders 1972 und 1973 deutliche zeitliche Verschiebung der Mengenspitze gegenüber den Niederschlägen in der Größenordnung bis zu einem Monat. Das spricht zwar für bedeutende Länge der Wasserwege, ist aber keineswegs die Verweilzeit: das zeigt schön der gleichzeitige Temperaturgang wieder am besten 1973, wo sich die Spitze der Spende mit einer gewissen Erhöhung der Quellwärme deckt. Die Erhöhung der Quellspende ist danach sicher nicht die Beimengung vermehrter, normalkalter Niederschlagsversickerungen, sondern jedenfalls vermehrtes Ausströmen aus dem tieferliegenden Thermalwasserkörper infolge des höheren Druckes, den eine Aufspiegelung des kalten Bergwasser-

körpers über ihm im verkarsteten Dolomit auf ihn ausübt. Das Schema eines Piston-flow-Modells kann hier angenommen werden.

Um gleich das krasse Gegenbeispiel dazu anzuführen: Die Niederschlagspitzen Juni und September 1973, die in den Thermalwasserbrunnen I und III der Kirchenfassungen von 1969 Erhöhungen der Quelltemperatur auslösen, drücken im jüngeren Versuchsbrunnen 1/72 die Quellwärme des „Sekundär“-Thermalwassers zum gleichen Zeitpunkt um etwa 2 Grade, während zugleich die Spende ein Maximum erreicht. Mit diesem Brunnen wurde ein Wasserzudrang noch in oder nahe der Hangschutt-Decke erfaßt, der in dieser geologischen Seichtlage und dazu in einer Geländemulde trotz im Mittel viel höherer Temperatur eine Beimengung von kaltem Hangschuttwasser erhält. Dementsprechend brachte dieser Brunnen seine höchsten Temperaturen um 30°C in den Wintern 1972/73 und 1974/75 mit einer recht gleichmäßigen, relativ niedrigen Schüttung von relativ unvermischem „Sekundär“-Thermalwasser, das aus dem Dolomittfels-„Primär“-Bereich durch Sandschichten der nicht ganz abdichtenden Überlagerung aussickert.

In den Diagrammen 1972 bis 1974 zeigt also der Versuchsbrunnen 1/72 einen Mengen- und Temperaturgang, der charakteristisch sein muß für einen relativ seichten Durchtritt von „Sekundär“-Thermalwasser durch die nicht voll abdichtende Überlagerung und außerdem die Beimengung von kälterem Hangwasser nach Starkniederschlägen. Der Brunnen war auch technisch auf die Erfassung eines ersten höheren Wasserhorizontes eingerichtet.

Anders der Brunnen 2/72: er wurde auf die Erfassung eines Wasserzudranges etwa in der Tiefe unter 20 m ausgestattet, ist daher praktisch frei von einem Zutritt von Hangwasser und empfängt sein Wasser aus durchlässigen Schichten der Überlagerungsfolge, die auch etwa 20 m unter der Entnahme von 1/72 liegen (siehe Bohrprofil im Anhang). Der Bereich der Aussickerung des Thermalwassers aus dem Dolomittfels-„Primär“-Bereich in diese Überlagerungsschichten muß einige Zehnermeter unter dem durch die Überlaufquellen bei der Kirche markierten Rückstauspiegel des Thermalwassers im Dolomit liegen (etwa 1000 bis 1010 m ü.A. gegenüber 1050 m bei den Kirchenquellen). Daher ist es verständlich, daß dieser Versuchsbrunnen 2/72 bis 1974 einen praktisch schwankungsfreien Mengen- und Temperaturverlauf belegt, in dem die relativ geringe Durchlässigkeit der schmalen Sand- und Kies-Schichten der Überlagerung auch die in den Überlaufquellen-Kurven sichtbar werdenden Spiegel- und Druckschwankungen abbremst.

Eine entscheidende Rolle in den Diskussionen und Verhandlungen über die mögliche weitere Erschließung der Thermalquellen spielte natürlich aus rechtlichen und finanziellen Gründen die Interpretation des Versuchsbrunnen-Betriebes in Bezug auf eine Beeinflussung oder Beeinträchtigung der Fassungen auf der Parzelle der Katharinenkirche, die ja bisher bewußt ausschließlich als der Herkunftsort des Thermalwassers zu behandeln und zu schützen war. Diese Interpretationen sind bisher noch nicht durch eine exaktere statistische Korrelation überprüft worden.

Die Aktualität der Frage, ob die Versuchsbrunnen bei Dauerentnahme eine Beeinträchtigung der Kirchenquellen in Spende oder Temperatur darstellen können, ist aber im Laufe der Beobachtungszeit 1972 bis Ende 1974 dadurch in den Hintergrund getreten, daß durch die Ergebnisse allen Beteiligten klar geworden war, daß eine befrie-

digende Vollerschließung der Thermalquellen von Bad Kleinkirchheim nur durch eine tiefgreifende Entnahme direkt aus dem thermalwasserführenden Dolomittfelskörper gelingen kann. Eine solche Entnahme aber mit der zugehörigen Absenkung des Thermalwasserspiegels im Fels mußte für alle Fälle eine Schädigung der Überlaufquellen bei der Kirche bis zu deren völliger Trockenlegung erwarten lassen.

Die fachlichen, technischen und rechtlichen Überlegungen aller Beteiligten hatten sich vom Zeitpunkt dieser Einsicht an nicht mehr darauf zu konzentrieren, wie die bestehenden Herkunfts- und Bezugsrechte bewahrt und geschützt werden können, sondern vorauseilend Vereinbarungen zu treffen, die den Tiefenaufschluß auf neuen Grundstücken außerhalb der Kirchenparzelle rechtlich ermöglichen und schon vor Kenntnis des Erschließungserfolges durch Festlegung von Verteilungsschlüssel oder Entschädigungen spätere Streitfälle ausschließen. Daß dies in verhältnismäßig kurzer Zeit gelang, ist in der Sicht des Verfassers ein weiterer Beleg des konstruktiven Gemeinsinns der maßgebenden Kleinkirchheimer, der sich in vielen Phasen des sprunghaften Aufstieges der Gemeinde vielfach zu bewähren hatte und von der Behörde und ihren Sachverständigen verständnisvoll unterstützt worden ist.

Etwa in der zeitlichen Mitte des Versuchsbrunnenbetriebes, im Juni 1973, haben KAHLER und CLAR in einem zusammenfassenden ausführlichen Bericht (19 S. plus Beilagen) die bisherigen geologischen Grundlagen und Ergebnisse anderer begleitender Untersuchungen dargestellt, die Notwendigkeit des Tiefenaufschlusses begründet und bereits die örtliche, optimale Lage der zwei zunächst vorgeschlagenen Tiefbrunnen festgelegt.

In diesem Bericht wird die oben noch nicht beantwortete Frage nach einer Beeinflussung der Kirchenquellen durch den Versuchsbrunnenbetrieb ebenfalls ausführlich behandelt, soweit die Messungen damals reichten, und in einem Nachtrag April 1974 (von CLAR) nochmals diskutiert. Wie die Diagramme der Beilage zeigen, hatte der Versuchsbrunnenbetrieb von Herbst 1972 bis Herbst 1974 immerhin recht gleichmäßig eine zusätzliche Thermalwasserspende von nahe an 4 l/sec mit wesentlich höherer Temperatur zwischen 28 und über 30°C erbracht.

Das war also durch den Versuchsbrunnenbetrieb eine Vermehrung der nutzbaren Thermalwasser-Gesamtspende um rund die Hälfte auf über 10 l/sec zugleich mit deutlicher Erhöhung der Wärme des Mischwassers.

In der Frage der Beeinflussung der Kirchenquellen durch die Versuchsbrunnen mit ihrer Steigerung der Gesamtentnahme von Thermalwasser scheint zunächst ein allmählich geringer Rückgang in der Summe der Kirchenquellen ab 1972 erkennbar. Doch geht die Kurve von einem sicher außergewöhnlichen Hochstand im Spätsommer 1972 aus, der wie die folgenden Tiefstände der Winter 1972/73 und 1973/74 wohl durch die bedeutenden Differenzen in der Niederschlagsverteilung bedingt ist: die vier Monate April bis Juli 1972 brachten mit einer Niederschlagssumme von 672 mm angenähert gleich viel wie das ganze vorhergehende Jahr 1971, während dann die Jahreswenden 1972/73 und 1973/74 durch je acht aufeinanderfolgende sehr niedrige Monatssummen wohl auch die ganze Kurve gedrückt haben dürften. Die Mengenschwankungen der Periode 1971/72 bis 1973/74 blieben relativ und absolut recht gut im Rahmen der Vorjahre.

Ein späterer Bericht vom April 1974, vor Erlaß des Bescheides der Bewilligung der Tiefbrunnen-Bohrungen, also der Quellenerschließungen im Felsuntergrund, faßt die

Erfahrungen des Versuchsbrunnenbetriebes bis zu diesem Zeitpunkt wie folgt zusammen:

*„ ... Eine Schädigung der Brunnen bei der Katharinenkirche durch die fortlaufende Entnahme aus den Versuchsbrunnen 1/72 und 2/72 ist auch aus der Fortführung der Beobachtungsreihe nicht abzuleiten, eine geringfügige Beeinflussung aber nicht zwingend auszuschließen. Falls eine solche stattfindet, bleibt sie innerhalb der Größe der natürlichen Jahresschwankungen und beeinträchtigt nicht die Temperatur des Thermalwassers, die sich im Gegenteil in der Beobachtungszeit – vielleicht in Auswirkung eines durch stärkere Entnahme eingeleiteten direkteren Zutrommes aus der Tiefe – im Brunnen I merkbar verbessert hat. Das in den Versuchsbrunnen 1972 erschlossene und seither ständig entnommene Thermalwasser ist nicht nur wärmer, sondern es ist mindestens 80 bis 90 % neu und zusätzlich und muß für eine definitive Verwertung neu und zweckmäßiger, nämlich in der Felsunterlage, gefaßt werden. Wenn diese gründlichere Fassung durch Tiefbrunnen gelingt, ist dann eine gegenseitige Beeinflussung und Abhängigkeit aller, der zusammengehörigen Thermalwasserstrom nutzenden Fassungen zu erwarten!“*

Geologisch ist die geringe oder fehlende Rückwirkung der relativ so ausgiebigen Entnahme von wärmerem Thermalwasser aus den Versuchsbrunnen auf die weiterlaufende Spende der Kirchenbrunnen dadurch zu verstehen, daß es sich bei dieser zusätzlichen Entnahme eben um sogenanntes „sekundäres“ Thermalwasser handelt; also um einen relativ unbedeutenden Anteil des Thermalwasserstromes, der aus seinen tieferen, im Dolomituntergrund rückgestauten Bereichen in schmale Sand- und Kieslagen der sonst abdichtenden Überlagerung eingesickert und dann in den Hängen unter der Kirche die breite Ausstrahlung übernormaler Temperaturen des Hangschuttwassers verursacht. Es ist verständlich, daß eine Ableitung der Wasserfüllung dieser Sand-Kies-Schichten nicht imstande ist, den Stauspiegel des Thermalwassers im Dolomittfels-Untergrund wesentlich zu senken und die Überlaufquellen zu schwächen. Diese Schwächung bis Trockenlegung der Überlaufquellen bei der Katharinenkirche wird erst eine Folge der Entnahme aus dem „primären“ Thermalwasserbereich im Dolomittfels sein und ist dann voraussagegemäß (siehe unten) eingetreten.

Abschließend zur Besprechung der beiden Versuchsbrunnen ist noch anzuführen, daß sie auch ein wichtiges Element für die Voraussage des Ergebnisses der Erschließung im Felsuntergrund beigetragen haben. Über Anregung KAHLERS wurden vom Isotopenlabor der BVFA Arsenal in Wien (Leiter Dr. RANK) an einigen uns nach der geologischen Stellung charakteristisch erscheinenden Wasserproben die Anteile an radioaktivem Wasserstoff (Tritium <sup>3</sup>H) bestimmt und von KAHLER überschlägig ausgewertet; obwohl es sich erst um Einzelwerte, nicht um Reihenuntersuchungen handelt, ergaben sich wichtige Hinweise mit folgenden TU-Werten (internationale Tritium-Einheiten; Probenahmedatum: 3. 7. 1972):

Trinkwasser Oswaldquelle	246±13 TU
Augenquelle (I bei Kirche)	115± 6 TU
Fassung III (bei Kirche)	64± 4 TU
Versuchsbrunnen 1/72	29± 2 TU
Versuchsbrunnen 2/72	1± 2 TU

Durch die oberirdischen Kernwaffenversuche erreichte Tritium in der Atmosphäre hohe Werte, die seither (1961/62) durch den Zerfall sinken und sich den jeweiligen Niederschlägen mitteilen. Danach enthält schon der Einzeltest einen rohen Hinweis auf Alter und unterirdische Verweilzeit des Wassers. Mit der Rechnungsannahme 250 TU für relativ junges, oberflächennahes Kaltwasser

und 1 TU für ein mindestens 40 Jahre altes unvermengtes Thermalwasser der Tiefe ergab sich die Vorstellung folgender angenäherter Mischungsverhältnisse:

Augenquelle: 55 % Thermalwasser + 45 % Kaltwasser  
= 113 TU

Fassung III: 75 % Thermalwasser + 25 % Kaltwasser  
= 64 TU

Brunnen 1/72: 88 % Thermalwasser + 12 % Kaltwasser  
= 31 TU

Brunnen 2/72: Aussickerung von ungemischtem Tiefenwasser

Diese Überlegungen zusammen mit der Übersicht der bisher gemessenen Bohrloch-Temperaturen führten ferner KAHLER zu der Vermutung, daß das Thermalwasser im Felsuntergrund eine Wärme von 35°C haben dürfte, was dann durch die damals erst geplante Bohrung 1/74 fast exakt bestätigt wurde. Bei deren Erschließung wurden knapp über 36°C erreicht.

In der praktischen Nutzung der Kirchheimer Thermalquellen hat das mit dem möglichen Verzicht auf jedwede künstliche Aufheizung für Badezwecke einen entscheidenden wirtschaftlichen Durchbruch bedeutet.

### **3.7. Tiefbrunnen 1974**

#### **3.7.1. Voraussetzungen**

Die bisherige geologische Einsicht in das Wesen des Thermalwasservorkommens, die Erfahrungen mit der Fassung der Überlaufquellen an der Katharinenkirche und mit dem Bau und Betrieb der Versuchsbrunnen 1/72 und 2/72 ab Mitte 1972 hatten eindeutig gezeigt, daß eine vollständige Fassung und Nutzung des Thermalwasserstromes im Bereich seiner relativ höchsten Temperaturen nur durch eine technische Öffnung des Dolomittfels-Untergrundes möglich ist. Dafür war nicht wie bei den „Versuchsbrunnen“ nur eine provisorische und befristete, der Gewinnung von Erfahrung untergeordnete Nutzung im Badebetrieb anzustreben, sondern eine von vornherein rechtlich geordnete Dauer-Gewinnung und Verwertung. Dabei waren insbesondere folgende Bedingungen zu koordinieren:

- a) Die Erschließung des Dolomittfels-Untergrundes kann sich nicht mehr auf den Bereich der kleinen Kirchenparzelle mit den bisher zu schützenden Original-Austrittspunkten beschränken, sondern muß auch nahegelegenen Grundbesitz mit Berücksichtigung der darauf liegenden Rechte in Anspruch nehmen. Es ist dabei gleichgültig, ob diese Tiefenerschließung – wie zuerst auch überlegt, aber schon aus topographischen Gründen verworfen – durch Stollen oder durch Bohrbrunnen erfolgen soll.
- b) Diese Ausdehnung des Erfassungsbereiches wird auch dadurch notwendig, daß das Indiz der Bodenwärmemessung in Übereinstimmung mit einem Ergebnis der geologischen Kartierung den höchstemperierten Zustrom erst rund 200 m östlich der Kirche vermuten ließ, was sich dann bestätigt hat.
- c) Trotz dieser unvermeidlichen Inanspruchnahme bisher nicht berechtigten Grundbesitzes für die Thermalwasser-Erschließung muß kompromißlos daran festgehalten werden, daß das ganze Thermalwasservorkommen eine hydrogeologische Einheit ist, daher durch einen einzigen Rechtsträger erschlossen und bewirtschaftet werden muß, um unausweichlichen späteren Komplikationen vorzubeugen.

#### **3.7.2. Tiefbrunnen 1/74 „KAHLER-Therme“ – Bau, Geologie**

Als Voraussetzung für die notwendige Tiefenerschließung und ihre wasserrechtliche Bewilligung war also – wie schon im Vorkapitel erwähnt – ein Übereinkommen über die zukünftige Erschließung und Nutzung zwischen den bisher Beteiligten und allenfalls noch hinzukommenden Grundeigentümern in Anspruch zu nehmender Parzellen festzulegen. Von den Geologen war wieder als Grundlage dafür die Ausführung von insgesamt vier Bohrungen vorgeschlagen worden, wobei in dem maßgebenden, schon erwähnten Sammelbericht vom Juni 1973 nur die beiden ersten (später 1/74 und 2/74 genannt) ausgeführt wurden, die anderen als vermutlich zweckmäßige oder notwendige Ergänzung je nach dem Ergebnis der beiden ersten in Aussicht zu nehmen waren. Für diese ersten Bohrungen, bzw. voraussichtlichen Tiefbrunnen wurden kleinere Teilbereiche abgegrenzt, die unter Berücksichtigung der Bodenwärmemessungen, der Erfahrungen mit den beiden Versuchsbrunnen und in Bezug auf die Höhenlage im Gehänge unter der Kirche, sowie natürlich auf ein Antreffen der überschütteten Fortsetzung des Dolomitzuges im Untergrund optimale Ergebnisse erhoffen ließen. Die Wahl der Höhenlage war insofern wesentlich, als auch im Gehänge unter der Kirche mit einem artesischen Ruhespiegel etwa in Höhe der Kirchenquellen gerechnet werden mußte, also technisch ein Auftrieb zu beherrschen war, andererseits daß die nach Entnahme-Absenkung notwendigen Pumphöhen auch zu den Verbraucherorten hin mäßig bleiben sollten.

Der geologisch schwierigste Teil der Vorarbeiten für das vor Beginn der Arbeiten notwendige rechtliche Übereinkommen war wohl die erforderliche Abschätzung, in welchem quantitativen Rahmen der Erfolg des Erschließungsvorhabens liegen könnte, denn über die Verteilung des Nutzens und der Lasten dieses Erfolges mußte ja das Übereinkommen vorweg einen Schlüssel finden.

Nachdem das erwähnte Übereinkommen schließlich nach Vorverhandlungen in der Wasserrechtsverhandlung vom 10. 5. 1974 formuliert worden war, wurde es als dessen erforderliche Grundlage in dem die Bohrungen bewilligenden Bescheid vom 31. 5. 1974 amtlich beurkundet.

Die für die weitere Thermalquellen-Nutzung am wichtigsten erscheinenden Inhalte des Übereinkommens und Bescheides sind in vereinfachter Formulierung folgende: Die Kirche als ursprünglicher Inhaber des Wasserrechtes an den Thermalquellen erhält auch im Falle einer Schwächung oder eines Ausfalles der Kirchenquellen die in Verträgen bis 2022 vereinbarten Bezugsentgelte unter Berücksichtigung von Menge und Temperatur (Energieangebot). Das Wasserrecht des erschoteten Thermalwassers mit den Dienstbarkeiten und Rechten der Erschließung und Nutzung fällt an die Gemeinde: sie verpflichtet sich, die Erschließung fortzuführen, bis die wirtschaftlich vertretbare größte, auf den im Bescheid genannten Grundstücken erschotbare Menge erschlossen ist und erhält dafür eine Frist von 10 Jahren. Die Besitzer der genannten, für die Erschließung beanspruchten Grundstücke und Inhaber älterer Nutzungsrechte werden durch Abgabe von Thermalwasser für Kur- und Badezwecke nach dem vereinbarten Schlüssel entschädigt.

Daß von den beiden zur Tiefenerschließung genehmigten Bohrungen zuerst 1/74 als die von den Kirchenquellen entferntere gebohrt werden sollte, entspringt geologischen Überlegungen; hier versprach vor allem das Zusammenfallen der besten Bodenwärme-Daten mit der

geologisch kartierten Bruchstörung von Aigen relativ beste Ergebnisse in Bezug auf die Wärme (was dann zutrifft) und auch auf den Mengenzudrang entlang den Störungsklüften; vor allem aber durfte man sich von hier aus eine geringere Beeinflussung der Kirchenquellen erwarten als von dem zweiten, dann als 2/74 bezeichneten Bohrplatz nächst dem Versuchsbrunnen 1/72 und nahe der vermutbaren Abströmungsrichtung unter den Kirchenquellen. Die Versorgung des laufenden Badebetriebs durch diese und die Versuchsbohrungen durfte ja möglichst keine Unterbrechung oder Störung erfahren.

Der Geologenbericht über 1/74 fordert unter der Voraussetzung, daß diese Bohrung, bzw. dieser Brunnen beim Entnahmerversuch eine Ersatzversorgung für einen möglichen und nun auch erwarteten Minderertrag der Kirchenquellen sicherstellt, eine rasche anschließende Genehmigung der zweiten Tiefbohrung, was auch erfolgte.

Das aus den Proben aufgenommene geologische Profil geben die Bohrprofile im Anhang, wobei es sich um die Kernaufnahme der Vorbohrung kleineren Durchmessers handelt, wieder.

Die Überlagerung über dem Dolomit hat mit rund 42 m die aus der seismischen Voruntersuchung erwartete Größenordnung. Nach 4 m Hangschutt durchhörte sie entsprechend ihrer Höhenlage noch den tieferen Abschnitt der Schotter und Sande, die die Terrassen von Aigen und des Einganges in das Tal von St. Oswald wie auch der gegenüberliegenden Talseite bilden. Sie bestehen vorwiegend aus wenig aufbereitetem, aber gerundetem Schutt der umliegenden Phyllitberge mit selteneren Komponenten von Kristallin westlicher Herkunft und von Triasdolomit. In rund 17 m (entsprechend etwa 1026 m, wie auch in anderen Aufschlüssen dieses Talbereiches) folgt mit raschem Übergang die aus den Versuchsbohrungen schon bekannte „Schluffgruppe“, dunkle Seeschlamm-Sedimente mit einigen Feinsandlagen. Doch entsprechend einer randlicheren Lage führen diese Sandlagen weniger „Sekundär“-Thermalwasser als die analogen Horizonte in den Versuchsbohrungen, sodaß hier eine Gewinnung nicht geplant wurde.

Die Schluffgruppe als Unterlage trägt einen in 15 m Tiefe angetroffenen ungespannten Grundwasserspiegel in den Terrassenkiesen, in dem bereits eine Temperatur von 22°C gemessen wurde. Der unter schwachem Überdruck stehende Wasserzudrang beim Durchteufen der Schluffgruppe ließ dann den Spiegel im Bohrloch etwa 6 m über den freien Hangwasserspiegel ansteigen. In unserem Bohrprofil im Anhang sind links die wachsenden Steighöhen mit der zugehörigen jeweils erreichten Bohrlochtiefe eingetragen, wie auch in der entsprechenden Bohrlochtiefe die jeweils gemessenen Wassertemperaturen. An der Sohle der Schluffgruppe wurde nach nächtlichem Stillstand die höchste Temperatur mit 37,1°C gemessen.

An der Basis der Überlagerung erscheint dann, noch mit Sand-Zwischenlagen, in insgesamt fast 6 m Stärke ein meist feinkörniger Dolomit-Hangschutt, der durch eine steifplastische, graugrüne Tonmasse – wohl verschwemmte Grundmoräne – gebunden ist. Der tongebundene Dolomit-Hangschutt ist hier zweifellos die wasserdichte Abdeckung des Dolomitfels-Untergrundes, unter der sich höherer artesischer Druck – eben mit einer Steighöhe bis zu den Überlaufquellen bei der Kirche, d.i. bis zu ca. 1056 m ü.A. – aufbauen kann. Auch die Kluffugen des Dolomits sind noch bis einzelne Meter Tiefe von toniger Masse verschlossen.

Unter Verzicht auf eine Mitgewinnung der geringen Mengen von „Sekundär-Thermalwasser“ aus der Überlage-

rung wurde das Bohrloch, wie erwähnt, in der ganzen Strecke bis zum Dolomitfels verrohrt und durch einen Betonpfropfen dicht an diesen angeschlossen, so daß im Tiefbrunnen nur „primäres“ Thermalwasser aus dem unterlagernden Dolomitfels gewonnen werden kann.

Wenige Meter nach dem Eindringen der Bohrung in den Dolomit stieg der Thermalwasserspiegel bis auf Bohrlochoberkante an und förderte einen natürlichen Überlauf, der schließlich bei der Endtiefe von 94 m den Wert von 2,38 l/sec erreicht hat.

Das Profil im Anhang, entnommen aus dem Geologenbericht über diese Bohrung vom Dezember 1974, gibt die Zunahme dieses Überlaufes mit der zeitlich wachsenden Bohrlochtiefe wieder. Ferner rechts auch einen Aufspiegelungsversuch, bei dem in wenigen Stunden eine Höhe von etwa 7 m über Rohr-O.K. erreicht wurde. Mit der Absoluthöhe von fast 1051 m ü.A. lag der Druckspiegel praktisch genau in der durch die Heber-Entnahme etwas abgesenkten Überlaufhöhe der Kirchenquellen! Also weitgehende Konstanz des Thermalwasser-Spiegels im Dolomitfels auf fast 300 m Entfernung.

Der Dolomit-Fels der Bohrung entspricht gesteinskundlich gut der obertag in der Nachbarschaft im Steinbruch westlich des Kurhotels Ronacher oder an der Straße westlich Aigen erschlossenen Ausbildung. Die Schichtung bzw. Bankung ist in den Kernen oft nur schwer erkennbar und fällt etwa 30–40 Grad, am Ende der Bohrung nur etwa 15 Grad ein. Für diesen tiefen Teil der Bohrung besteht der nicht überprüfte Verdacht einer Abweichung gegen das Schichtfallen, der dadurch bestärkt wird, daß die nachfolgende Erweiterungsbohrung bei –64 m einen vollen Kern gebracht hat. Unter Annahme eines gleichen Schichteinfallens wie in den Tagaufschlüssen ergeben die erhaltenen Felskerne auch ähnliche beherrschende Kluftrichtungen mit steilem West- und SSW-Fallen wie in den Tagaufschlüssen der geologischen Kartierung (P. FAUPL, 1971).

Die Bohrung durchörtert vermutlich schleifend den durch steilstehende Zerrüttungsstreifen zerlegten Nahbereich der schon erwähnten Bruchstörung von Aigen, der in den Bohrproben belegte Lockerungszustand des Gebirges geht aber weit über das hinaus, was aus diesem Zustand zu erwarten war. Unter Vorwegnahme der Ergebnisse späterer Bohrungen sei schon jetzt hervorgehoben, daß der Dolomit allgemein im Bereich der Thermalwasserführung in einem extrem hohen Maße und weit über das in Tagaufschlüssen sichtbare Ausmaß hinaus Verkarstungen zeigt. Besonders in Tiefen von über 60 m war (siehe geologische Probenaufnahme im Profil – Anhang) ein Großteil der in den Kernrohren geförderten Proben Dolomitsand weißgelber Färbung; zu einem Teil natürlich kleinklüftig bis sandig zerhackter Dolomit, wie aus Störungszonen zu erwarten, zum größeren Teil aber schon nach dem Befund mit freiem Auge ausgewaschen und umgelagert. Nur um 67 m fiel der Bohrer durch einen leeren Hohlraum, sonst brachte das Kernrohr immer wieder Sandkerne, regelmäßig als Versandung im Bohrloch nach Ruhepausen, aber öfters sicher auch neu erbohrte natürliche Sandsedimente in Karstspalten und Taschen.

Bemerkenswert ist wohl noch, daß im Dolomit bis etwa 73 m helle, weißlichgelbe Färbungen des Dolomits, offenbar als Oxidationsfärbung, vorherrschten, während tiefer sich überwiegend weißlich-rosa oder auch rein graue Färbungen einstellten. Diese Grenze der allgemeinen Oxidation entspricht in der Höhenlage von rund 970 m ü.A. etwa der vermutbaren größten Tiefe des glazial verschütteten Felsprofils.

### 3.7.3. Wasserführung

Das recht gleichmäßige Anwachsen der Menge des Thermalwasser-Überlaufes geht annähernd linear mit der durch die Bohrung geöffneten Dolomit-Mächtigkeit. Wenn auch wohl einzelne Teillängen durch einen vermehrten Zustrom ausgezeichnet sein mögen, handelt es sich doch nicht um eine Summierung aus konkreten Wasserhorizonten, sondern es besteht anscheinend volle Kommunikation auch in vertikaler Richtung. Von einem Pumpversuch auch zwecks Freispülung und Entsandung wurde zunächst wegen der Verbruchsgefahr abgesehen, da ja der Wasserzudrang nicht durch künstliche Festigung der Bohrlochwand behindert werden durfte; wie das Diagramm zeigt, versandete das Bohrloch in etwa zwei Tagen bis herauf auf 72 m, der Wasserzudrang und Überlauf wurde dadurch aber nicht geringer, sondern erhöhte sich wohl durch Freispülung von Zufuhrspalten sogar etwas.

Pumpversuche und eine systematische Entsandung wurden dann erst später nach Aufweitung des Bohrloches und Einbau der Filterrohre (150 mm bis 79 m Tiefe) durchgeführt (DN 150). Zunächst ermöglichte der oben erwähnte Aufspiegelungsversuch und die Beobachtung der Wiederabsenkung bei abnehmenden Spiegelhöhen und zugehörigem Anstieg, die Spende linear – und sicher nicht beliebig gültig – fürs Erste zu extrapolieren, sodaß einer Absenkung durch Pumpen auf etwa minus 20 m eine Spende der Größenordnung von etwa 10 l/sec entsprechen dürfte. Das hat die später erzielte Größenordnung gut getroffen und die Möglichkeit einer Ersatzleistung aus dieser Bohrung für dadurch ausgelöste Verluste an den bisherigen Gewinnungsstellen bei gleichzeitiger Steigerung der Quellwärme versprochen.

Als Gegenprobe zu diesem Versuch an 1/74 konnte unter Ausnützung einer Betriebspause der Thermalbäder am 25.11. ein Aufspiegelungsversuch an den Kirchenquellen mit der Frage unternommen werden, ob dort die ursprüngliche artesische Druckhöhe erhalten blieb oder durch den höhenmäßig niedriger gelegenen Überlauf von 1/74 gemindert worden ist. Die Einzelableitungen sind hier nicht absperrbar eingerichtet, und die Brunnen arbeiten mit Heberwirkung im Überlauf. So konnten nur die Brunnen III und K, nicht aber auch Brunnen I aufgespiegelt werden. Während die Aufspiegelung des Brunnens 1/74 nicht ganz die Kote 1050 m erreicht hatte, wurden hier noch fast 1051 m erreicht, aber nicht mehr die ursprünglich bei der Neuerschließung erreichte Druckhöhe von über 1054 m. Da der Versuch nur etwa 30 Minuten durchgeführt werden konnte, bleibt offen, ob die geringere Steighöhe nur durch die örtliche Absenkung durch die Entnahme bei den Kirchenquellen, den jahreszeitlichen Tiefstand oder schon durch eine viel breitere Absenkung der Rückstauhöhe durch Zusammenwirken mit dem Überlauf am Bohrbrunnen 1/74 zustandekam. Nach späteren Erfahrungen ist eine so breite Auswirkung über die Konfiguration von Absenkungstrichtern hinaus angesichts der weitgehenden Kommunikation im stark verkarsteten „durchfließenden“ Dolomit nicht auszuschließen.

Für die spätere Pumpentnahme und starke Absenkung mußte danach aber schon jedenfalls mit einer Beeinträchtigung der Kirchenquellen gerechnet werden. Die Versuchsbrunnen mit ihrer Entnahme von „Sekundärwasser“ aus der Überlagerung blieben in dieser Zeit in Betrieb und zeigten bis zu ihrer Einstellung Anfang 1975 keine sicher belegbaren Beeinflussungen; offenbar weil ja das Niveau ihres Durchsickerns aus dem Dolomit in die wasserdurchlässigen Sandschichten der Überlagerung tiefer liegt als

das in den Aufspiegelungsversuchen gemessene Stau-niveau.

Noch vor dem geplanten Pumpversuch nahm Dr. JANSCHKE am 21. 10. 1974 eine Feintemperaturmessung vor, die nach nächtlicher Ruhepause einen schwachen, mit zunehmender Teufe vor sich gehenden Temperaturanstieg von 36,3°C erbrachte. Die an der Basis der Überlagerung gemessene höchste Temperatur von 37,1°C wurde – wohl wegen der Durchmischung beim Bohren und beim Abströmen des Überlaufes – nicht erreicht. Der Gradient dieses Temperaturanstieges ist im allgemeinen sehr klein, wächst etwas zwischen 40 und 48 m und zeigt von 48 auf 52 m einen steileren Anstieg (36,6 auf 36,7°C), was jedenfalls auf einen dort konzentrierten Warmwasserzutritt aus Karstschloten zurückgeht.

Zugleich mit der Temperatur-Feinmessung wurde auch eine erste Analysenprobe des Wassers entnommen. Da es sich um die erste Probe handelt, die als „primäres“ Thermalwasser direkt aus dem Dolomittfels-Untergrund entnommen wurde, sei der späteren zusammenfassenden Übersicht vorgreifend ein kurzer Hinweis gegeben. Wie die bisher genutzten Kirchenquellen ist auch dieses – auf Grund sehr niedriger Tritiumwerte nur ganz unbedeutend mit jüngerem, kaltem Oberflächenwasser vermischte – „Primärwasser“ eine Akrotherme (mit unter 1 g/kg gelösten festen Stoffen). Die Gesamthärte liegt noch knapp unter 10 Graden Deutscher Härte, die Summe der gelösten Stoffe ist etwas höher als bisher; auffällig war nur ein relativ hoher Gehalt an Sulfat (59 mg/kg gegen vorher 29,7), der darauf schließen läßt, daß in der Basis der Triaseinheit, die vom Thermalwasser durchflossen wird, irgendwo schwach gipsführende Schichten vorhanden sind. In unseren späteren Bohrungen oder im Kirchheimer Bereich überhaupt wurden solche jedoch nicht gefunden.

Der Ausbau des Bohrloches zum Förderbrunnen hat durch technische Schwierigkeiten beim Nachbohren auf 216 mm Lichtweite infolge der krackigen Lösungsspalten im Dolomit starke Verzögerungen erlitten, so daß erst gegen Jahresende die Entsandung und ein leider oft gestörter Pumpbetrieb einsetzen konnte, nachdem die Filterrohre (DN 150) bis 79 m reichend, eingebaut waren. Nach Versuchen mit einer noch unzureichenden Ausstattung ermöglichte erst ab 20. 12. 1974 eine geeignete Pumpe einen gleichzeitig wirksamer Entsandung dienenden Dauer-Entnahmeversuch, bei dem nun ohne längere Unterbrechungen über das Jahr 1975 hinaus recht gleichmäßig etwa 12 bis 12,5 l/sec mit einer nicht nachlassenden Temperatur von über 36°C gefördert wurden. Die Einrichtung genügte damals noch nicht zu einer genaueren laufenden Messung der Mengen, Temperaturen und der Spiegelstände im Brunnen.

Nähere Auskunft darüber ergaben die von JANSCHKE am 24. 1. und 28. 4. 1975 ausgeführten Pumpversuche in Zusammenarbeit mit den Herren KAHLER und LERCHER. Die Absenkungs- und Aufspiegelungskurven geben die wesentlichsten Ergebnisse; es wurden Fördermengen von 4,6 bis 12,6 l/sec eingestellt, die jeweils nach etwa 10 bis 40 Minuten einen stabilen Zustand erreicht haben, ausgehend von einem freien Überlauf am Flansch (ca. 1041,8 m ü.A.) von 2,4 l/sec. Einer Entnahme von 12,6 l/sec entsprach am 24. 1. ein stationärer Wasserspiegel von -31,4 m, offenbar durch stärkeren Wasserzudrang infolge reichlicherer Niederschläge und Schneeschmelze. Am 24. 4. senkte die Entnahme von 13 l/sec den Spiegel nur auf -26,3 m. Beide Versuche ergaben klar, daß mit einer Spiegelsenkung unter etwa 30 m keine wesentliche Steigerung der Entnahmemenge mehr zu erwarten ist.

Die Entwicklung in den 80er-Jahren vorwegnehmend ist zu ergänzen, daß die regelmäßige Gewinnung aus dem Brunnen 1/74 nach der dauernden Inbetriebnahme des Tiefbrunnens 2/74 ab Herbst 1976 auf etwa 10 l/sec zurückgenommen wurde und daß sich trotzdem im gleichzeitigen Betrieb beider Tiefbrunnen nun in 1/74 wiederholt auch eine Absenkung bis zum Saugkorb der Pumpe in -38 m eingestellt hat. Das wird aus der Mitförderung von Luft geschlossen, da in diesem Brunnen aus Gründen der Rohrdimensionen eine regelmäßige Spiegelmessung nicht eingerichtet werden konnte.

Bei Erwähnung dieser Werte der Spiegelabsenkung ist ferner anzumerken, daß der schwache freie Überlauf an der Versuchsbohrung 2/72 an der Bundesstraße, die als Kontrollbrunnen in Betrieb gehalten und beobachtet wird, auch durch diese starke Spiegelsenkung von 1/74 nicht beeinträchtigt worden ist: die tiefste Absenkung in 1/74 liegt in etwa 1005 m ü.A., der wasserführende Kies-Sand-Horizont, aus dem 2/72 fördert (ca. 29 m Tiefe), noch unter 1000 m also im ungestörten Rückstaubereich des Thermalwassers, aus dem das Durchsickern in die Undichtheiten der Überlagerung des Felsuntergrundes geschieht.

Das wesentlichste Ergebnis der Aufzeichnungen in der Zeit von 1974 bis 1976 ist, daß der Tiefbrunnen 1/74 seit dem regulären Pumpbetrieb nun zunächst durch mehr als 1 1/2 Jahre eine angenäherte, leider nicht exakt meßbar gewesene konstante Spende von etwa 12 l/sec mit einer Temperatur von etwa 36°C geliefert hat; ferner, daß die Beeinflussung der Kirchenquellen durch die Entnahme aus 1/74 zu erkennen, oder besser gesagt, der strenge hydraulische Zusammenhang des Thermalwasser-Zustromes und die „primären“ Austrittspunkte belegt ist. Dazu einige spezielle Hinweise: Die relativ niedrige Gesamtspende der Kirchenbrunnen von weniger als 8,5 l/s zur Zeit des Abteufens der Bohrung 1/74 liegt noch im Rahmen der Schwankungen des Jahrganges, die seit der Fassung dieser Brunnen ab Juli 1969 in geschlossener Meßreihe belegt sind. Wir hatten Werte an 8 l/sec schon 1972 bis etwa Anfang Mai als Folge des trockenen Jahres 1971 (Jahresniederschlag Radenthein 692,8 mm gegen 1.004,2 mm in 1972); die starken Niederschläge des Frühsommers 1972 bildeten sich mit der deutlichen Verzögerung in der 11 l/sec-Spitze des August 1972 ab, nach der das wieder trockene Winterhalbjahr 1972/73 die Spende der Kirchenquellen im Sommer 1973 allmählich wieder auf 8 l/sec sinken läßt. Dann folgt als Wirkung von über 200 mm Monatsniederschlag im Juni ab Juli ein leichter Anstieg, und unser langzeitiges Monatsmaximum von 262 mm im September 1973 ist in einer scharfen, kurzen Spitze des Oktobers abgebildet. Die gleichzeitige, singuläre Spitze des Versuchsbrunnens 1/72 ist – wie man auch an der gleichzeitigen Temperaturkurve unten sieht – eine Folge erhöhter Beimengung von Oberflächen-Hangwasser, während die Temperatur des Kirchenquellen-Überlaufes dadurch nicht gestört wird.

Nach wieder recht trockenem Winter 1973/74 bringen die reichlicheren Niederschläge des Juni und Juli vermutlich nur deshalb in unseren Kurven keinen „Buckel“ in der Spende der Kirchenquellen, weil damals von Mai bis September die regelmäßigen Messungen nicht durchgeführt worden sind. Die Gewinnung aus den „Versuchsbrunnen“ 1/72 und 2/72 wurde noch bis zur Einstellung etwa mit Jahresende 1974 weitergeführt, eine Beeinflussung der Kirchenquellen durch sie bleibt dabei nicht belegbar. Wohl aber zeigen sie selbst von dem Zeitpunkt (10.9.) des Beginnes der Bohrarbeiten in der Überlagerung von 1/74

(mit gleichfalls „Sekundär“-Wasserzutritten) eine deutliche Schwächung.

Unverkennbar aber sofort mit der Öffnung des gespannten Thermalwassers im Dolomifels-Untergrund und seiner Entspannung durch artesischen Überlauf setzt der erwartete Untergang der Kirchenquellen ein: Ihre Spende sinkt sofort unter die bisher gehaltene 8 l/sec-Grenze, wenn auch nicht um den ganzen Betrag des neuen Überlaufes von etwa 2,5 l/sec.

Die Kurve „Summe Kirchenbrunnen“ zeigt an der Wende Nov./Dez. zunächst eine Zacke nach unten, die aber nur auf eine technische Störung im Brunnen III zurückgeht während I und K den Ausfall durch etwas vermehrte Schüttung mildern. In die Zeit des flachen Abfalles nach dieser Zacke fallen einzelne kurze, unergiebigere Versuche einer Pump-Entnahme aus 1/74: der erste längere Pumpversuch vom 9. bis 16.12. mit einer – wie sich zeigte – für die Ergiebigkeitsprüfung unzureichenden Pumpausstattung und bei einer Förderung bis über 4 l/sec wurde von den Kirchenquellen rasch (250 m Luftlinie !) mit einem Abfall der Schüttung um 1/2 l/sec beantwortet, die folgende Pause mit einer Erholung.

Erst am 20. 12. 1974 ermöglichte eine geeignete Pumpe einen Dauer-Entnahmeversuch in der Größenordnung der voraussichtlichen Brunnenleistung und aus einer Tiefe von 40 m (unter Gelände), bzw. 38 m (unter Rohr-Flansch) bei einer Förderung von anfangs 11,8, später konstant ca. 12,5 l/sec. In diese Dauer-Entnahme eingeschaltet wurden dann auch die exakt überwachten Pumpversuche von Dr. JANSCHKE am 24. 1. und 28. 4. 1975, über die schon oben berichtet wurde, und ein Aufspiegelungsversuch vom 31. 1.

Der lange Entnahmeversuch war gleichzeitig zur Entsandung des Brunnens vor der endgültigen technischen Inbetriebnahme bestimmt. In den ersten Stunden wurde eine dicke Schmand-Brühe gefördert und noch wochenlang war im Freibecken des Thermalbades, wohin das Wasser später geleitet wurde, eine Trübung durch Schwebestoffe deutlich, bzw. es verlangte der Bodensatz von gelbweißem Dolomitschlamm eine häufige Absaugung bis Reinigung.

Der Bodensatz dieses Entsandungspumpens wurde durch Prof. H. MEIXNER mineralogisch untersucht; das Karbonat ist stets Dolomit ohne Spuren einer Kalkspatverkitung in den Mylonitstreifen, die danach offenbar auch innerhalb des Felskörpers bereits eine lose, sandig-schlammige Füllung der Karst-„Kracken“ gebildet haben. Mit mengenmäßig sehr geringem Anteil fand sich nach Lösung ein karbonatfreier Rückstand, in fallender Häufigkeit darin Quarz, Muskowit und Serizit-Aggregate, Granat (Almandin), Biotit, Chlorit, Spuren von grüner Hornblende, wahrscheinlich Turmalin, Flecken von Limonit. Soweit dieser karbonatfreie Mineralanteil nicht aus silikatischer Verunreinigung des ja leicht metamorphen Triasdolomites stammt, ist er wohl aus Einschwemmungen aus der lockeren Überlagerung in den Dolomitkarst oder aus Nachfall im Bohrloch zu verstehen.

Das Anhalten der Trübung wurde allerdings wesentlich gefördert durch wiederholte ungeplante Unterbrechungen des Pumpbetriebes und den Schockeffekt des Wiederanlaufens, auch verursacht durch Manipulationen Unbefugter am noch ungenügend geschützten Brunnenkopf. Der zackige Verlauf im Mengen- und Temperaturdiagramm der Kirchenquellen ist eine Auswirkung dieser Unstetigkeit des ersten Pumpbetriebes, während dieser selbst damals mangels geeigneter Einrichtungen noch nicht lau-

fend gemessen, sondern in seinem Ertrag nur annähernd geschätzt werden konnte.

Im weiteren Verlauf der Kurven im Jahre 1975 ist nun auch die Art der Beeinflussung der Überlaufquellen bei der Kirche durch die tieferegreifende Pumpentnahme aus dem Felsuntergrund für die Abschätzung des Strömungsverlaufes und die Entwicklung der späteren Jahre beachtenswert. Die starken Niederschläge des März (Muren durch Starkregen mit Schneeschmelze in Radenthein) und des Frühsommers 1975 führen – wieder mit einer mehr als einmonatigen Verzögerung – zu einer etwa halbjährigen Erholung der Kirchenquellen in Bezug auf die Summe der Schüttungen. Diese Erholung betrifft aber nur in einem bescheideneren Maße die guten und wärmeren Teilquellen III und K und gehen vor allem zurück auf ein Anschwellen der Quelle I (hinter der Kirche), von der schon im Herbst 1973 eine stärkere Niederschlags-Abhängigkeit erkennbar war.

Sehr bemerkenswert ist aber noch mehr der zugehörige Verlauf der Temperaturen. Generell gesehen führt die Dauerentnahme und Senkung des Thermalwasser-Stauspiegels im Felsuntergrund um 1/74 zum Absinken der Kirchenquellen nicht nur in der Spende, sondern auch besonders in der Temperatur zu einer „Subtherme“ unter die gesetzliche Thermalwassergrenze von 20°C im Laufe des Jahres 1975. Dieses Absinken der Temperatur kann nicht nur eine Schwächung sein, sondern muß – wenn auch in dieser Zeit der direkte Beweis durch Isotopen nicht gemacht wurde – dadurch zustandekommen, daß mit der Schwächung des Thermalwasserzustromes in zunehmendem Maße kälteres Berggrundwasser im Dolomituntergrund aus dem Einflußbereich des Oswaldbaches von Westen her in den bisherigen Herrschaftsbereich des Thermalwassers hereingezogen wird.

Aufschlußbereich sind aber auch manche Einzelheiten des Kurvenverlaufes; alle Temperaturkurven zeigen zunächst kurzzeitige Schwankungen, noch nicht bedingt durch den ruhigen Überlauf von 1/74, sondern erst durch die großen Unregelmäßigkeiten und Unterbrechungen in den Anfängen des dortigen Pumpbetriebes. Dann folgt im März 1975 eine erste starke Temperaturdepression von etwa 2°C bei den „guten“ Quellfassungen III, K und V, radikal auf unter 16°C in der Brunnenfassung I: Das ist jedenfalls die schon erwähnte, nahe Kaltwasserbeimengung infolge der hohen März-Niederschläge im Nahbereich. Diese gleichen hohen März-Niederschläge im weiteren Einzugsbereich bringen aber mit der schon bekannten Verzögerung von ein bis zwei Monaten nicht nur die oben erwähnte Erholung der Mengen, sondern zugleich mit nur etwa der halben Dauer eine gewisse Erholung der Temperaturen in allen Fassungen, am stärksten wieder in I.

Der wahrscheinliche Mechanismus für diesen Vorgang ist weiter oben schon einmal erwähnt worden. Zunächst drückt der ja schon immer vorhandene, aus den näher liegenden Hangschuttbereichen stammende Kaltwasseranteil durch die hohen Niederschläge verstärkt auf die Temperatur, insbesondere der stets stärker vermischten Quelle I, weniger und kaum über den Gradienten der durch 1/74 eingeleiteten, allgemein wachsenden Beimengung hinaus bei den anderen Kirchenquellen. Dann aber, ungefähr ein Monat nach der Niederschlagspitze und bei anhaltend stärkeren Niederschlägen des Frühjahres 1975 steigt mit einer Vermehrung der Schüttungen auch die Temperatur über zwei bis drei Monate deutlich an und setzt dann ihr Absinken verstärkt fort. Man darf annehmen, daß im entfernten Einzugsgebiet der durch die Niederschläge angehobene Karst-Bergwasser-Spiegel einen verstärkten Belastungsdruck auf das aufgeheizte Thermalwasser un-

ter ihm ausübt und dieses zu einem verstärkten Abströmen zu den Quellaustritten zwingt, bis auch von dort her eine verstärkte Beimischung die Temperatur wieder absenkt.

Der weitere Abstieg der Kirchenquellen in Menge und Temperatur im zweiten Halbjahr 1975 bis zu ihrer praktischen Bedeutungslosigkeit ab 1976 ist dann nicht mehr nur durch den entfernteren Brunnen 1/74 geprägt, sondern durch die anlaufenden Arbeiten an der Bohrung und dem Tiefbrunnen 2/74, der infolge seiner Lage nur rund 150 m in der ungefähren Abströmungsrichtung des Thermalwasserstromes unterhalb der Kirchenquellen diese in den Bereich seiner Stauspiegelsenkung, bzw. seines Absenkungs- und Entnahme-„Trichters“ einbeziehen muß.

### **3.7.4. Tiefbrunnen 2/74 „CLAR-Therme“ – Bau, Geologie**

Die auf Parzelle 487/1 gemäß dem ursprünglichen Plan auf Grund der Bodentemperaturmessungen situierte Bohrung 2/74 war zugleich mit 1/74 mit Bescheid vom 31. 5. 1974 – wengleich mit dem Vorbehalt einer Berichterstattung über den Erfolg der letzteren – bewilligt worden. Die Freigabe der Nutzung beider Brunnen durch die Gemeinde enthält der Bescheid vom 15. 5. 1975.

Die Bohrung 2/74 wurde programmgemäß am 7. 12. 1974 begonnen und in raschem Fortschritt mit vollem Durchmesser (267 mm) bis 16. 12. durch die Überlagerung bis in den Dolomittfels geführt und dort in 36,4 m Tiefe durch einen Betonpfropf verschlossen, um die weiteren Ergebnisse an 1/74 abzuwarten und zu verwerten. Die Bohrung erschloß (siehe geol. Profil im Anhang) an der Basis der Terrassenkiese in ca 10 m Tiefe einen ersten, in etwa 7,5 m einspiegelnden Wasserhorizont auf den dunklen Seesedimenten („Schluffgruppe“) und unter diesen in etwa 28 m Tiefe in vorwiegend dolomitischem Hangschutt und Sanden und über der Moränenbasis (Feinmaterial in den Proben ausgespült) einen zweiten artesischen Horizont, der zu einem bescheidenen Überlauf über Tage führte. Da aber das Ziel des Aufschlusses ausschließlich das ja reichlich in Aussicht stehende „Primär“-Thermalwasser im Felsuntergrund war, wurde auf diese bisher in dem nur wenige Meter darüber liegenden Brunnen 1/74 genutzten „Sekundär“-Wasser aus der Überlagerung verzichtet und die Bohrung bis auf den Fels dicht verrohrt. Der Ausbau erfolgte wie schon bei 1/74 (geolog. Profil siehe Anhang).

Die zuerst für Anfang 1975 geplante Fortführung der Bohrung wurde dann zunächst aus finanziellen Gründen verschoben und Anfang Juni (17. 6. 1975) wieder aufgenommen. Da wir hier, entfernt von der Aigner Bruchstörung, weniger mylonitische Zerreibungszonen und Karstschlote als in der Bohrung 1/74 erwarteten und die Möglichkeit der Thermalwassergewinnung in einem Tiefbrunnen so gut wie sicher in Aussicht stand, wurde nun die Bohrung von vornherein als Kernbohrung mit dem vollen Durchmesser von 216 mm fortgeführt. Dieser Durchmesser konnte bis zur Endteufe von 126 m durchgehalten werden, was die Anströmungsbedingungen in den tieferen Anteilen des im Vergleich zu 1/74 jedenfalls etwas weniger durchlässigen Gebirgskörpers sicher günstig beeinflusst.

Trotz dieses letztlich sehr befriedigenden Ergebnisses hatte die technische Durchführung der Bohrung mit wiederholten und erheblichen Schwierigkeiten, Verklemmungen im kleinbrüchigen Dolomit usw. zu kämpfen, die auch den Wechsel auf ein schwereres Gerät (ab 105 m, 23. 2. 1976) erforderlich gemacht haben. Dabei konnte

der aus der geologischen Kartierung begründete Wunsch, hier die Basis des Dolomitzuges zu erreichen und so seine volle Mächtigkeit zu erschließen, erfüllt werden.

Obwohl der Dolomit hier erwartungsgemäß weniger tektonisch gestört und „krackig“ war als in 1/74, blieb doch auch hier der Kerngewinn durch verbreiteten kleinstückigen Zerfall weit unter 50 %, und es mußte auf einen Ausweis des Kerngewinn-Anteiles und eine Auswertung bezüglich Klüftung und Zerklüftungsgrad verzichtet werden.

Der Dolomit ist in den Kernen überwiegend ungeschichtet; in ungefähr gleicher Höhenlage wie in 1/74 (um 970 m ü.A.) verschwindet die durch schwach ockerig-weiße Färbung und bräunliche Risse markierte Oxidation und es stellen sich zarte rötliche und graue Farbtönungen, oft fleckig angeordnet, ein. Primäre Sedimentstrukturen sind infolge der im tieferen Stockwerk des Gurktaler Mesozoikums allgemein erkennbaren Metamorphose und Kristallinität des Dolomits (im Gegensatz zum höheren Stockwerk) hier nicht erhalten bzw. erkennbar. Der Wechsel mit graubänderigen bis grauen, unscharf abgegrenzten Lagen, sowie einzelne Schichtfugen mit linsigen Flecken von hellen bis grünlichen Glimmern sind unterhalb 100 m Tiefe die Merkmale einer die Basis des Dolomitzuges kennzeichnenden Schichtentwicklung, die vermutlich etwa der „anisichen“ Stufe der Trias zugewiesen werden könnte.

Diese Entwicklung endet in 121,5 m Tiefe mit einer noch dolomitischen grünglimmerigen Lage mit Quarzgeröllchen, auf die eine nicht kernende Weichzone (Mylonit ?, Rauhwacke ?) folgt und ab 123,1 m biotitreicher Schiefer, eine quarzitischer Lage mit Quarzgeröllchen und dann schließlich typischer Granitgneis des unterlagernden Kristallins der Priedröfmasse.

Die Schichtneigung lag – soweit erkennbar – in den höheren Teilen meist bei etwa 30 Grad, in den tieferen Abschnitten mehrfach flacher mit einem Wechsel zwischen 10 und 30 Grad. So wurde mit dieser Bohrung erstmals die gesamte thermalwasserhöfliche Schichtmächtigkeit durchstoßen und auch den tiefsten Horizonten des Thermalwasserstromes ein Zutritt zu einer Gewinnungsstelle eröffnet. Es ist bemerkenswert, daß in den tiefsten Dolomitzugkernen plötzlich wieder stellenweise eine ockerige Oxidationsfärbung und sogar eine deutliche Anlösung an einer solchen Kluft zu beobachten war. Das ist vermutlich nur zu verstehen im Zusammenhang mit dem überraschenden plötzlichen Temperaturabfall und der vermutbaren Beimischung von jüngerem und kälterem, noch sauerstoffführendem Wasser anderer Herkunft.

### 3.7.5. Betriebsergebnisse beider Tiefbrunnen

Beim Abteufen der Bohrung setzt sofort mit der Öffnung des Dolomitzugs-Untergrundes als Thermalwasser-Primärträger entsprechend dem artesischen Überdruck, der in ihm unter der mehr oder minder abdichtenden Überlagerung herrscht, ein Überlauf an der Rohroberkante ein: er stieg mit der jeweils erreichten Tiefe des Bohrloches weiter an. Die Knicke der Wiederanstiegskurve müssen nicht nur auf verschiedene Stärke des Zutrittes in den verschiedenen Tiefen zurückgehen, sondern dürften auch von zeitlichen Schwankungen des Druckspiegels in Abhängigkeit vom Bohrbetrieb, den Niederschlägen und der Entnahme an anderen Gewinnungsstellen abhängen. Dieser Überlauf aus dem Bohrloch begann mit einer Temperatur von 32,7°C und stieg bald auf Werte zwischen 34 und 35°C, die dann im Anstieg der Schüttung bis 6,6 l/sec beibehalten wurden.

Auf Basis späterer Beobachtungen ist zu vermuten, daß diese Überlaufspende später durch Freispülung von Zutrittswegen noch gewachsen ist (bis über 8 l/sec), doch liegen keine sicheren Messungen vor. Auch die mit Manometer gemessene Höhe des hier wirksam gewesenen artesischen Druckspiegels von ca +14 m über ROK (entsprechend rund 1046 m) ist nicht der ursprüngliche Stau Spiegel vor der Erschließung, sondern bereits durch die Absenkungen an den Kirchenquellen und den Pumpbetrieb von 1/74 gemindert.

Von Herrn Dipl.Ing. Dr. J. JANSCHKE wurden auch hier Feinmessungen der Temperatur des Thermalwassers im Bohrloch nach Erreichen der Teufen von 90 m (27. 10. 1975) und 121 m (28. 3. 1976), sowie eine Messung des Eigenpotentials und elektrischen Widerstands im Bohrloch (SP- und R-Log) durchgeführt. Gemäß der Auswertung in den einschlägigen Berichten sind darin Bereiche stärkeren Thermalwasser-Zudranges am Zusammenfallen hoher Eigenpotential-Ausschläge der Kurven mit relativ niedrigen Widerstandswerten erkennbar. Im geologischen Profil sind diese Bereiche durch die dicken Striche links der Tiefenzahlen vereinfacht angezeigt; es scheint danach, daß sich besonders die Zutrittsbereiche um 100 m und von 105 bis 120 m Tiefe auch in einer steileren Zunahme der Überlaufmengen bemerkbar gemacht haben.

Die Feinmessungen der Temperatur ergaben – ohne Eingehen auf feinere Schwankungen und ihre Deutung – bis 90 m Tiefe fast gleichmäßig Werte von 34,9 bis 35,0°C, während unterhalb von 90 m ein plötzlicher Abfall auf 33,6 bis 33,8°C gemessen werden konnte. Wie kurz vorher schon vermerkt, läßt in dieser Tiefe das Zusammenfallen des Temperaturabfalles mit dem Wiedererscheinen von Oxidationsverfärbungen an den Dolomitzugkernen vermuten, daß hier der Thermalwasserstrom an seiner Basis von etwas kälterem und sauerstoffreicherem Wasser oberflächlicher Herkunft begleitet wird. Leider war es nicht möglich, dieser Frage durch Isotopen-Untersuchungen getrennter Proben nachzugehen, doch müssen wir später bei der Besprechung der Problematik der Bohrung 2/84 noch einmal auf diesen Gedanken zurückkommen.

Am 4. und 5. Juni 1976 erfolgte eine offizielle Probenahme des Thermalwassers aus beiden Tiefbrunnen 1/74 und 2/74 durch die Bundesstaatliche Anstalt für experimentell-pharmakologische und balneologische Untersuchungen in Wien und das Radiuminstitut der Österr. Akademie der Wissenschaften; die Untersuchungsergebnisse sind in einem umfangreichen Bericht (April 1977) über „Große Heilwasseranalysen und balneologische Beurteilung der neu erbohrten Thermalquellen 1/74 und 2/74 in Bad Kleinkirchheim“ (27 Seiten) niedergelegt. Von der Österreichischen Studiengesellschaft für Atomenergie GmbH., liegen Gutachten vom 6. 4. 1976 über Radioaktivitätsuntersuchungen in der Umgebung der Thermalquellen und vom 5. 5. 1977 über den Radioaktivitätsgehalt des Wassers der beiden Tiefbrunnen vor, welcher im allgemeinen als gering aktiv anzusprechen ist.

Wie weiter oben schon kurz ausgeführt, hatten die Arbeiten am Tiefbrunnen „2/74“ unter großen Verzögerungen zu leiden; einer ersten Bohrphase Ende 1974 folgte eine Wiederaufnahme im Juni 1975 und mit weiteren Unterbrechungen die Aufnahme des Pump-Gewinnungsbetriebes nach Erreichen der Endteufe von 126,6 m Anfang April 1976 und Einbau der Filterrohre von 150 mm Lichtweite ohne Kieshinterfüllung erst im Juni 1976. Nach Versuchseinstellung galt der 12. 8. 1976 als Beginn eines regulären Pumpbetriebes aus beiden Tiefbrunnen 1/74 und 2/74,

wobei lange Zeit Spenden von zusammen über 23 l/sec entnommen worden sind.

Die Auswirkungen dieser langen Anlaufzeit der Gewinnung aus den Tiefbrunnen auf die Kirchenquellen sind aus den Diagrammen der Messungen Mitte 1975 bis Mitte 1976 abzulesen (Abb. 6 und 7).

Es ist leicht zu erkennen, daß die mit der Pumpentnahme aus 1/74 eingeleitete und durch die extremen Niederschläge des ersten Halbjahres 1975 nur aufgehaltene und verschleierte starke Schwächung der Kirchenquellen nun schon allein durch den freien Überlauf der Bohrung 2/74 von über 6 l/sec zunehmend fortgesetzt und verstärkt wird. Schon vor Beginn des Pumpbetriebes von 2/74 sinken die Kirchenquellen in ihrer Summe unter die vor den ersten Versuchen der Neuerschließung nutzbar verwendeten 2 l/sec; noch mehr aber sinken auch die Temperaturen sogar der besseren Austritte unter die Thermengrenze von 20°C. Besonders ist dies der Fall beim Brunnenzutritt der Quelle I, die vor ihrem Ende offenbar durch Hereinziehen seichtfließenden oder randlichen Kaltwassers sogar auf unter 15°C fällt. Der seinerzeit von KÄHLER an den erstgefaßten Austritten aus der Tritiumbestimmung errechnete Anteil von 55 % reine Therme und 45 % Kaltwasserbeimengung ist jedenfalls stark zugunsten letzterer verschoben. Da aber die das Ende der Überlaufquellen an der Kirche erzeugende Spiegelsenkung den beiden Tiefbrunnen und dabei insbesondere dem Entnahme-Trichter des nahen Brunnens 2/74 zugeschrieben werden muß, ist auch ein Hereinziehen dieses Kaltwassers in die Entnahme aus 2/74 wohl unausbleiblich (siehe spätere Ausführungen).

Mit ihrem Niedergang und nur zeitweisem Wiederscheinen im Gefolge stärkerer Niederschläge oder Störungen im Betrieb der Tiefbrunnen sind die Kirchenquellen ab 1976 praktisch für die Thermalwasserversorgung ausgefallen. Der mit der Bezeichnung „Augenquelle“ unter der Kirche erhaltene lebende Brunnen wird daher nicht mehr aus dem Zufluß der ehemaligen Augenquelle, sondern künstlich aus einer Zuleitung aus dem Versorgungssystem des ja an sich hochwertigeren, tiefer erschlossenen Thermalwassers gespeist.

Die Versorgung aus der Spende der beiden Tiefbrunnen als einzige oder Hauptlieferanten ist angesichts des zu erwartenden Ausfalles der Kirchenquellen schon vorher durch Vereinbarungen konfliktfrei geregelt worden:

- a) durch die infolge des evidenten engen hydraulischen Zusammenhanges aller Gewinnungsstätten unabdingbare einheitliche Bewirtschaftung des Gesamtvorkommens durch die Gemeinde als Konzessionsinhaber,
- b) durch die Festlegung, daß in Kirchheim nur eine einzige, durch Mischung aus den verschiedenen Gewinnungsstellen zustandegekommene Qualität von Thermalwasser verteilt wird, und
- c) daß der Verteilungsschlüssel für verschiedene, in Betracht kommende Gewinnungsmengen schon vor deren Erreichen, zuletzt im Frühjahr 1975 vereinbart worden ist.

Die Ergebnisse der Kontrollmessungen von gewonnenen Mengen und Temperaturen der Thermalquellen ab dem Jahre 1976 mit der gleichzeitigen Inbetriebnahme der beiden Tiefbrunnen 1/74 und 2/74 sind in den Diagrammstreifen (Abb. 6 und 7) wiedergegeben.

Alle Niederschlagsdaten folgen den Angaben des hydrographischen Dienstes für die Station Radenthein.

Nochmals hingewiesen muß darauf werden, daß in dieser Zeit die in gleichmäßigem Betrieb erhaltene Spende aus dem Brunnen 1/74 weder in Menge noch in Temperatur

gemessen werden konnte und nur auf Grund der Anfangswerte geschätzt ist.

Daher ist der mit dem Einsetzen der Pumpentnahme aus 2/74 bei 1/74 eingetretene Rückgang (ohne dortige Änderung der technischen Entnahme-Bedingungen) erst ab August 1976 in Messungen gesichert und wird mit der Steigerung der Pumpentnahme aus 2/74 auf ein Maximum von 14 l/sec zu Ende des Jahres ein wohl eindeutiger Effekt gegenseitiger Beeinflussung der beiden Brunnen. Von da an bleibt 1/74 für alle weiteren Jahre bei Betrieb beider Brunnen nahe um eine Förderung von 10 l/sec, also etwa 2 l/sec unter der Anfangsförderung bei Einsetzen regelmäßigen Pumpbetriebes (die abgesenkten Spiegelhöhen waren nicht laufend meßbar).

Die beiden Brunnen haben eine Entfernung von rund 120 m Luftlinie (Abb. 4), was quer zur vermutlichen Anströmungsrichtung des Thermalwassers im Untergrund etwa 80 bis 90 m entspricht; über diese Entfernung vereinigen sich die Absenkungsfiguren der beiden Brunnen im verkarsteten Dolomittfels-Untergrund, ohne daß wir leider über Beobachtungen verfügen, wie rasch sich diese gegenseitige Beeinflussung auswirkt.

Zu den Kurven der Entnahmemengen in der ganzen Reihe der folgenden Jahre ist zunächst allgemein vorauszuschieken, daß sie – im Gegensatz zu den Spenden der Kirchenquellen in den Jahren vorher – in ihren Schwankungen stark durch die Tendenz einer Anpassung des Gewinnungsbetriebes an den Bedarf, zum Teil auch durch technische Störungen usw. bedingt sind. Weniger wirken sich die natürlich auch noch vorhandenen Schwankungen des natürlichen Angebotes und Zustromes aus. Bei der Spende der Kirchenquellen – um zu wiederholen – handelte es sich um einen durch Heberwirkung gesteigerten und die Höhe des natürlichen Zulaufspiegels abbildenden Überlauf, nun um eine bedeutende, durch technisch veränderliche Pumpenleistung bewirkte Spiegelabsenkung, zugleich mit einer Ansaugung auch aus tiefen Anteilen des Zustromes.

So ist nun eine Auswirkung stärkerer Niederschlagsperioden auf die Schüttung in erster Übersicht nicht mehr, vielleicht bei feinerer Analyse der Daten noch erkennbar. Die Andeutung eines davon unabhängigen jahreszeitlichen Rhythmus in den ersten beiden Jahren wiederholt sich dann nicht mehr, hat daher wohl auch betrieblichen Hintergrund.

Rein betrieblich bedingt ist die auffällige Steigerung beider Entnahmemengen an der Wende 1979/80, die als ein Versuch zu maximaler Gewinnung aus Anlaß des Anschlusses des Römerbades bei dessen Eröffnung gedacht war und in möglichster Wegnahme des Leitungsgegendruckes bestand. Nach dem folgenden Rückgang durch etwa drei Monate fehlen leider die Messungen, um das als Wiederherstellung des vorherigen quasistabilen Anströmzustandes zu belegen. Die vorherigen Zacken des Herbstes 1979 sind bereits Experimente mit dem Leitungsdruck gewesen, der im Diagramm hier allerdings nicht getrennt sichtbar gemacht ist (Abb. 6).

Der Diagrammstreifen ab Inbetriebnahme der beiden Tiefbrunnen enthält eine Reihe von wichtigen Beobachtungen zum Zusammenhang der einzelnen Entnahmestellen untereinander, die immer wieder die Notwendigkeit einheitlicher Bewirtschaftung des Gesamtvorkommens belegen.

Neben dieser früh erkannten Notwendigkeit einheitlicher Bewirtschaftung des Thermalwasserangebotes haben spätere Jahre deutlich werden lassen, daß es auch richtig war, die Zahl der Abnahmeberechtigten und Nutzer

von vornherein auf die öffentlichen Einrichtungen der „Alpentherme“ (Kurgemeinde) und des bald hinzugekommenen „Römerbades“ (Bergbahnen), sowie die primär wasserberechtigten Inhaber der Tiefbrunnen-Parzellen (die Hotels Ronacher und Pulverer) nach finanzieller Abgeltung der Ansprüche der Kirchenparzelle als ursprünglicher Austrittspunkt zu beschränken. Denn die durch die Überlaufquellen der Kirchenparzelle markierte Rückstauhöhe des Thermalwasterzustromes im Nordhang des Tales auf rund 40 m über dem Niveau des Baches in der Talsohle und der dieser Höhe zugeordnete artesischen Auftrieb an den Erschließungsorten konnten den Eindruck erwecken, daß sozusagen beliebige Spiegelabsenkungen und entsprechende Entnahmemengen schadlos erlaubt seien. Daß dies und der selbstverständlich aufgekommene Traum einer breiten gestreuten Nutzung durch weitere Betriebe im Gemeindebereich das natürliche Thermalwasserangebot überfordern und schädigen würde, zeigt vor allem die erst später zu besprechende Temperaturentwicklung im Laufe der Jahre. Schon sehr früh daraus abgeleitete Überlegungen führten schließlich zu dem ergänzenden Erschließungsversuch der Bohrungen 1984 (siehe nächstes Hauptkapitel).

Zur Erläuterung des Diagrammstreifens der Kontrollmessungen nach 1980 können wir uns auf relativ wenige Hinweise beschränken.

Die Temperatur-Messungen zeigen die Fortsetzung des an sich erwarteten meßbaren Rückganges in den Gewinnungsbrunnen, aber mit einem signifikanten Unterschied zwischen dem wenig veränderten 1/74, sozusagen im Zentrum des Thermalzustromes gelegenen, und 2/74, wo der stärkere Abfall durch das Hereinziehen von jüngerem und kälterem Bergwasser von Westen her bedingt ist. Leider ist der eingetragene Verlauf in den Zehntelgraden nicht ganz verläßlich, da längere Abschnitte nicht mit geeichten Quecksilberthermometern sondern nur mit elektronischen Handgeräten gemessen werden konnten. Tendenz und Gesamtausmaß sind aber dadurch nicht verschleiert.

In den Temperaturmessungen des Überlaufes am seinerzeitigen Versuchs- und nun Kontrollbrunnen 2/72 an der Bundesstraße stellt sich nun eine jahreszeitliche Schwankung um ein Mittel um 26°C ein, doch ist dies jedenfalls kein Schwanken der ursprünglichen Quellwärme, sondern nur durch die langsame Ausleitung in einem geringkalibrigen Steigrohr (Angleichen an Lufttemperatur) als lebender Brunnen über Terrain bedingt.

Die Temperatur der Kirchenquellen war, wie geschildert, schon durch den entfernten Tiefbrunnen 1/74 zurückgegangen und dann mit der Inbetriebnahme von 2/74 endgültig durch Beimischung kälteren Randwassers in den subthermischen Bereich (unter 20°C) gedrückt worden. Sofern nun nach 1980 ihre Schüttung kurzfristig infolge hoher Niederschläge oder infolge Aussetzens des Pumpbetriebes in 2/74 wieder einsetzt, bleibt die Temperatur wenigstens der relativ wärmeren Austritte („K“) etwa zwischen 18 und 19°C, die stärkste Restquelle sinkt etwas weiter („III“), aber anscheinend weniger als der Tiefbrunnen selbst. Mit der Besprechung der Bohrung 1/84 wird nochmals darauf eingegangen.

Die Darstellung der Entnahmemengen aus den beiden Tiefbrunnen ab 1980 zeigt einen so unruhigen durch Bedarf und Betriebsumstände bedingten Verlauf, daß keine Rückschlüsse auf Schwankungen des Zustromes oder Einfluß von Niederschlagsperioden erkennbar sind. Die Schwankungen in der Pump-Entnahme bleiben offenbar ohne jede Auswirkung auf die Überlauf-Schüttung des Kontrollbrunnens 2/72 an der Bundesstraße, die ohne

kurzfristige Änderungen bei einzelnen Zehnteln l/sec bleibt. Dagegen zeigt sich bei vorübergehendem Ausfall einer Tiefbrunnen-Pumpe oder Drosselung der Entnahme (mit entsprechender Spiegelhebung) jeweils eine meßbare Erhöhung beim anderen Tiefbrunnen, insbesondere wird der hydraulische Zusammenhang zwischen 2/74 und den Kirchenquellen wiederholt bestätigt. Leider konnte die Geschwindigkeit solcher Reaktionen nicht durch genügend dichte Messungen belegt werden, nur in einem Fall, November 1984, war ein beginnender Rückstau durch Sperrung und artesischen Aufspiegelung von 2/74 an den Kirchenquellen schon nach einer Stunde nachweisbar (Entfernung etwa 150 m spitzwinklig zur vermuteten Fließrichtung im Dolomit) und hat sich erst nach mehreren Tagen stabilisiert.

### **3.8. Ergänzungsversuch durch Tiefbrunnen 1984**

#### **3.8.1. Begründung**

Schon nach dem ausgezeichneten Erschließungserfolg des ersten Tiefbrunnens und während der Fertigstellung von 2/74 im Jahre 1976 wurde in geologischen Berichten ausgesprochen, daß mit der Nutzung dieser beiden Brunnen und nach erwartetem Ausfall der Kirchenquellen die bestmögliche Erschließung des Thermalwasserangebotes noch nicht abgeschlossen sein kann. Die einschlägigen Gedanken wurden dann im September 1976 in einem Bericht „Zur Planung der weiteren Thermalwasser-Erschließung in Bad Kleinkirchheim“ zusammenfassend formuliert. Neben der Betonung der Notwendigkeit möglichst vollständiger Kontrollmessungen wird ausgegangen von den Sachverhalten, in denen die bisherige Erschließung noch nicht ganz befriedigt. Das sind:

- a) Die Situation der Kirchenquellen, auch nach ihrem Ausfall, mit der Möglichkeit, daß sich die sonst wirksame Beimischung von Kaltwasser mit der dauernden Senkung des Druckspiegels im Dolomit allmählich weiter ausbreitet und auch die neuen Entnahmestellen beeinflusst.
- b) Die mangelnde Erfassung der offenbar (Kontrollbrunnen 2/72) in der Überlagerung des Felsuntergrundes noch weiterhin durchsickernden „Sekundär“-Thermalwässer.
- c) Die noch offene Frage, ob sich im Untergrund östlich des Bohrbrunnens 1/74 oder allenfalls auch südlich des Baches noch zusätzlich erschließbares Thermalwasser befinden könnte.

Zu einem ergänzenden Erschließungsversuch aber kam es in dieser Phase noch nicht, die Frage blieb jedoch weiter in Diskussion. Dabei trat als weiterer Gesichtspunkt in den Vordergrund, daß bei einer im allgemeinen vollen Auslastung der beiden Tiefbrunnen jede technische Störung der Pumpentnahmen den Kur- und Badebetrieb empfindlich einschränken muß und eine technische Wartung der Gewinnungsanlagen nur zeitlich äußerst beschränkt vertretbar ist.

Neben den ja mehrfach eingetretenen Pumpausfällen war dabei vor allem an eine zunehmende Versandung der Bohrbrunnen gedacht, die nach den Schwierigkeiten beim Abteufen der Bohrungen als Beeinträchtigung erwartet werden konnte.

Zu den obigen Begründungen einer Ergänzung kam also noch die Forderung, die Gewinnung des Thermalwassers nicht nur auf zwei, sondern auch auf ein alternativ bei Bedarf einsetzbares drittes Bein zu stellen.

Die an sich befriedigende Versorgung des Badebetriebes durch die beiden Tiefbrunnen und der materielle Aufwand jeder weiteren Erschließung haben es mit sich gebracht, daß den eben skizzierten Ausbaugedanken von 1976 noch einige Jahre keine Ausführung folgte.

Der Bau des Römerbades der „Bergbahnen, Sport- und Kuranlagen GmbH.“ als zusätzliche Versorgungsaufgabe gab Ende 1978 Anlaß zu einer neuen, kürzeren Zusammenfassung dieser Vorstellungen (KAHLER & CLAR: Stand und Abschluß der Thermalquellen-Erschließung) und schließlich drängten die behördlich vorangetriebenen Überlegungen und Vorschläge für das bisher nur provisorisch und mit einzelnen Abänderungen festgelegte Schutzgebiet dazu, durch die angeregten Neuaufschlüsse die noch notwendigen Grundlagen für eine wirklich definitive Abgrenzung und die Staffelung der erforderlichen Einschränkungen zu schaffen.

Eine die neue Schutzgebiets-Festlegung einleitende Behördenbesprechung vom 6. 7. 1982 leitete zu einer neuen Erschließungs-Initiative der Gemeinde, deren geologischer Begründung ein weiterer Bericht vom Herbst 1982 diente („Zur restlichen Erschließung der Thermalquellen Bad Kleinkirchheim“).

Nach nunmehr rund sechsjährigem ununterbrochenem und gleichzeitigem Betrieb beider Tiefbrunnen werden im wesentlichen die Gedanken von 1976 mit Anpassung an die seitherigen Erfahrungen wiederaufgenommen:

a) Die als Überlauf gefaßten Kirchenquellen lieferten nur nach Zeiten höherer Niederschläge oder bei Ausfall eines Tiefbrunnens geringfügige Mengen Thermal-, oder besser nun Subthermalwasser, mit einer unter 20°C liegenden Temperatur. Hier hat also infolge der Absenkung des Thermalwasser-Druckspiegels in den östlich davon liegenden Brunnen der – zunächst vermutlich vor allem oberflächennahe – Zustrom von Kaltwasser aus den Berghängen zugenommen. Die Tiefbrunnen fördern 21 bis 23, vorübergehend bis 25 l/sec, ein Ausfall von 2/74 führt sehr rasch zu einer Aufspiegelung bis zum Überlaufen und einem Wiederscheitern der Kirchenquellen, so daß keine Einbuße in der Stärke des Zustromes abzulesen ist. Nicht unerwartet begann die Temperatur der Tiefbrunnen seit 1978 merkbar abzusinken, im wärmeren und nach Tritiumwerten ungemischten Thermalwasser von 1/74 von 35 bis 36°C auf 34 bis 35°C, in 2/74 bei geringerer Relativ-Absenkung und offenbar stärkerem Zustrom von ursprünglich über 34°C auf neuerdings sogar zwischen 31 und 32°C.

Wenige nach dem Bericht 1983 ausgeführte Tritium-Bestimmungen der Forschungsanstalt Arsenal haben dann die Beimengung von jüngerem Kaltwasser als Ursache des Temperatur-Rückganges in 2/74 in einer Größenordnung von etwa 10 % bestätigt.

Bei dieser Sachlage wird die Errichtung eines „Kaltwasser-Abwehrbrunnens“ – wie schon vor Jahren angeregt – in Betracht gezogen. Er sollte im Bereich der Katharinenkirche den hier festgestellten Kaltwasserzustrom gegen den Bereich der Tiefbrunnen vorweg entnehmen oder mindern. Zu seiner Planung ist eine Erkundungsbohrung tief in oder durch den thermalwasserbringenden Dolomit-Untergrund bis in dessen Basis nötig, um eine allfällige Temperaturschichtung im zuströmenden Bergwasser zu erkennen und zu nutzen. Falls – wie als Möglichkeit gedacht – der Zustrom von Niederschlags-Kaltwasser sich entsprechend der Position der ursprünglichen Kirchenquellen auf die höhe-

ren Anteile der Dolomitplatte beschränkt, wäre vielleicht aus tieferen Anteilen auch hier die Gewinnung von vollwertigem Thermalwasser möglich; so wäre hier der angestrebte dritte Gewinnungsbrunnen auszubauen und der Kirchenparzelle die durch die bisherige Tiefenerschließung verlorengegangene Produktivität wiederzugeben. Der spätere Aufschluß hat diese Idee nicht bestätigt.

b) Als zweites wurde wieder darauf hingewiesen, daß im bisherigen Ausbau durch Undichtheiten der Deckschichten das sogenannte „Sekundär“-Thermalwasser verloren gehen wird. Eine schon einmal vorgeschlagene Reihe von seichten Brunnen bis etwa 30 m Tiefe und Pumpenhebung könnten die gewinnbare Spende wesentlich erhöhen und in Summe einen voraussichtlich immerhin beachtlichen, bisher ungenutzten Wärmehalt verwertbar machen. Im Rahmen dieser Überlegungen wurde jedoch von Behördenseite einvernehmlich mit der Gemeinde entschieden, daß dieses „Sekundärwasser“ nicht gemeinsam mit dem aus dem abgedichteten Felsuntergrund für Kurzwecke einsetzbar ist und nur in getrenntem System verwertbar wäre. Unter diesem Gesichtspunkt wurde ein weiterer Erschließungsversuch dieses Thermalwasseranteiles noch zurückgestellt; der Brunnen 2/72 bleibt weiter auf seine Kontrollfunktion beschränkt.

c) Im Rahmen einer restlichen Erschließung mußte ferner als wesentlicher Punkt die Frage einer Erstreckung der Thermalwasserführung nach Osten über den Bereich des Tiefbrunnens 1/74 und die Aigener Bruchstörung hinaus geklärt werden. Hier taucht ja die Dolomitplatte – soweit aus den Aufschlüssen feststellbar – rund um etwa 30 Grad Neigung unter die mächtige undurchlässige Überdeckung durch die Gurktaler Quarzphyllite, und die festgestellte allmähliche Abnahme der gemessenen Bodentemperaturen ist als Folge wachsender Überdeckung des Thermalbereiches zureichend erklärbar. Die Aufklärung dieses Punktes verlangt eine Bohrung in der Größenordnung von 200 m Tiefe und es wurde als Standort dafür schon bei früheren Besprechungen die im Gemeindebesitz befindliche Parzelle 522 an der ehemaligen Bundesstraße gut 200 m östlich des Tiefbrunnens 1/74 in Aussicht genommen. Die Möglichkeit der Ausführung dieser Bohrung sicherte ein Servitut auch nach dem Verkauf an einen privaten Eigentümer der Parzelle.

Der Geologenbericht betont, daß es sich dabei um eine verlorene Investition handeln kann, deren Erfolg nicht gewährleistet ist, aber einen für eine abschließende Kenntnis des Thermalwasservorkommens notwendigen Aufwand.

Über allfällige Untersuchungen auf der Südseite des Baches sollte erst nach dieser Klarstellung der Ausdehnung nach dem Osten diskutiert werden, weil auch hier erhebliche Bohrtiefen erforderlich werden und bei einer Öffnung des Dolomitkörpers in dieser Tiefe unter dem Tal eine unbeherrschbare Beeinflussung des hohen, im Nordhang vorhandenen Thermalwasser-Rückstauspiegels mit den beiden Gewinnungsbrunnen nicht auszuschließen und zu erwarten ist. Es wird jetzt nur die Einbeziehung dieses Raumes in die Schutzbestimmungen mit Verbot tiefer Bohrungen vorgeschlagen.

### 3.8.2. Realisierung

Im Sinne obiger Vorschläge haben die Kurgemeinde und die röm.-kath. Kirche St. Ulrich im April 1983 gemeinsam

um die wasserrechtliche Bewilligung einer Erkundungs- und Thermalwasserbohrung auf Kirchgrund, Parzelle 439 angesucht, die 120 bis 150 m Tiefe erreichen sollte. In der einschlägigen Verhandlung am 23. 6. 1983 kam jedoch keine Einigung über die Bedingungen einer allfälligen Nutzung zustande, so daß der Antrag zunächst zurückgezogen wurde. Bei Überprüfung der geologischen Bedingungen der geplanten Bohrung mußte in einem weiteren kurzen Bericht vom September 1983 festgestellt werden, daß die vorgesehene Lokalisierung auf der kleinen Kirchenparzelle – traditionell durch die Kirchenquellen als natürliche Erstaustritte motiviert – keine geologische Notwendigkeit darstellt, sondern der Bereich der engeren Umgebung gleiche Erfolgs- oder Mißerfolgs-Aussichten bietet. Über neuen Antrag der Kurgemeinde wurde dann am 31. 1. 1984 über die Bewilligung einer Bohrung (1/84 genannt) auf der Parzelle 441, wenig westlich der Kirchenparzelle und einer zweiten Bohrung „2/84“ im Osten auf der Parzelle 522/6 verhandelt und diese Bohrungen mit Bescheid vom 6. 4. 1984 bewilligt. Für die technische Planung und Überwachung der Bohrungen wurde Herr Ing. R. Grollitsch gebeten. Die Ausführung wurde der Firma Ing. A. Plankel in Villach übertragen, die Bohrarbeit in den Monaten Oktober bis Dezember abgeschlossen, obwohl auch hier technische Schwierigkeiten nicht ganz ausblieben.

Die geologische Position der beiden Bohrungen ist außer auf der schon öfter genannten Lageplan-Skizze der Abb. 4 noch besser auf dem von der Katharinenkirche bis zu 2/84 reichenden geknickten Profilschnitt Abb. 5 (vereinfachte Ansichts-Profil-Skizze) zu erkennen. Letztere gibt auch einen vielleicht besser verständlichen Gelände-Bezug. Nach Abschluß der beiden Bohrungen wurde Jänner 1985 vom Verfasser ein „Geologischer Zwischenbericht“ erstattet, der mit den eben angeführten Beilagen und den geologischen Profilen ausgestattet wurde, aber eben Zwischenbericht bleibt, weil die seitherigen ergänzenden Versuche oder Beobachtungen noch zu keinen endgültigen Entschlüssen über die Auswertung und Nutzung der Ergebnisse und neuen Aufschließungen geführt haben.

Von beiden, dann zu Filterrohrbrunnen ausgebauten Bohrungen (siehe unten) sind im Anhang die aus den Kern-Probenaufnahmen gezeichneten geologischen Profile (ohne technische Bohrdaten) wiedergegeben. Angefügt ist noch eine profilmäßige Beschreibung des Kerngewinnes aus der hier erstmalig in einer ansehnlichen Mächtigkeit durchörterten Auflagerungszone der Triasdolomite auf dem Kristallin. Wie in allen hier wiedergegebenen geologischen Profilen handelt es sich um rein makroskopische Gesteinscharakterisierungen, doch ist zu hoffen, daß Ergebnisse einer petrographischen Untersuchung der für wissenschaftliche Fragestellung weitergegebenen Proben noch an anderer Stelle mitgeteilt werden. Eine Auswahl von Proben ging an das Kärntner Landesmuseum, die Geologische Bundesanstalt und an das Geologische Institut der Universität Wien.

### 3.8.3. Tiefbrunnen 1/84

Bohrung 1/84 westlich der Katharinenkirche erreichte entsprechend der Lage näher zur Mitte der hier vorhandenen Geländemulde den „gewachsenen“ Dolomittfels-Untergrund erst nach einer Überlagerung von rund 13 m, also etwas tiefer als die seinerzeitigen ersten Brunnenbohrungen nächst der Apsis der Kirche im Osten: unter Hangschutt folgen etwa 5 m Lagen von Sand, Lehm und Kies

mit Geröllchen von Phyllit und etwas Dolomit und dann etwa 4 m eines zunächst steifplastischen und dann weicheren Ton- bis Schluffbodens, grau bis braun, auch wieder mit Dolomit-Steinchen, der hier als anstehende oder mit Hangschutt verschwemmte Grundmoräne anzusprechen ist. Diese Schicht bildet den dichtenden Abschluß des thermalwasserführenden Dolomitkörpers und bedingt den Rückstau des Thermalwassers in ihm bis zur Höhe der einstigen Kirchenquellen und den artesischen Überdruck aller tieferen Austritte.

Der Dolomittfels beginnt unter etwas Schutt mit einer Verwitterungsschwarte mit ockerigen Klüften bei 12,90 m und wurde bis zu seiner Basis in 94 m Tiefe durchörtert. Erstmals wurde hier auch die Unterlage, der Gneis des Priedröf-Kristallins und der nichtkarbonatischen Basiszone der Trias bis zur Endtiefe der Bohrung von 120,40 m gekernt.

Petrographisch zeigt der Dolomit keine Besonderheiten gegenüber seiner Ausbildung im nahen Steinbruch oder an der Straße nach St. Oswald oberhalb der Kirche: Feinkristallin, weiß bis gelblich und nur wenig oberhalb der Basis auch grau, mit selten gut sichtbarer Schichtbänderung. Seine Besonderheit ist das Ausmaß der Verkarstung, das entgegen der Erwartung nicht zurückbleibt gegenüber dem in den Tiefbrunnen von 1974 angetroffenen Ausmaß. Nach einer Anfangsstrecke in meist gewohnter Weise kleinbrüchigem, festem Dolomit begannen nach 45 m mit einem Verlust der Spülung auch Kernverluste und sogar Hohlräume zwischen teilweise gut kernendem Dolomit. Wie in den früheren Bohrungen waren die Karstspalten meist gefüllt mit einem weißgelblichen, eingeschwemmten Dolomitsand bis -schlamm, ununterscheidbar vom Bohrschmand des Dolomits.

Technisch nachteilig erwies sich insbesondere die höchste, noch nicht ganz sandgefüllte Karstspalte von 45 m; da zwecks Bewahrung der Wasserwegigkeit keine künstliche Stützung der Bohrlochwand zulässig war, wurde eine provisorische Verrohrung gesetzt, die sich aber dann verklemmte und abriß, sodaß es notwendig war, diesen Bereich bis 51 m durch ein zweites Bohrloch 1 m daneben zu öffnen („1/84 b“).

Der Anteil der meist sanderfüllten Karstspalten im durchbohrten Dolomit ist entgegen der üblichen Säule des geschätzten prozentuellen Kerngewinnes in unserem geologischen Profil wieder links der petrographischen Säule durch schwarze Abschnitte markiert, noch kernende, extrem kleinbrüchig-mylonitische Strecken sind dabei schraffiert. Es ergibt sich in unserem Bohrloch zwischen dem ersten Kernverlust und der Basis ein Anteil solcher Karstspalten von rund 50 % (!), was nur dadurch verständlich wird, daß es sich vermutlich vorwiegend um annähernd senkrecht stehende, erweiterte Kluftspalten handeln dürfte, die schleifend oder längs getroffen worden sind. Bemerkenswert ist ferner, daß diese extrem starke Spalten-Verkarstung in diesem Bohrloch erst unterhalb von rund 1010 m Seehöhe entwickelt ist, in den beiden Gewinnungsbohrungen östlich davon ab rund 1000 m und in der anschließend zu besprechenden Bohrung 2/84 weiter östlich erst ab rund 960 m Seehöhe. Die extreme Spaltenverkarstung erfaßt also einen Bereich, der mit dem Einfallen der ganzen Dolomitplatte gegen Osten absinkt. Der Verdacht, daß die Ursache dafür eine stratigraphisch bestimmte stärkere Verkarstungsneigung eines tieferen Abschnittes der Dolomitplatte sein könnte, ist aber nicht zu bestätigen; denn in unserer Bohrung handelt es sich (siehe Profil im Anhang) in der recht gleichmäßig mächtigen Dolomitplatte um die tiefsten rund 50 m über der gesi-

cherten stratigraphischen Basis des skythischen Quarzites. Man kommt vielmehr zum Verdacht, daß die Obergrenze dieser Stark-Verkarstung einen älteren Stand in der eiszeit-geologischen Entwicklung des Tales markiert, als das Thermalwasser noch nicht durch die Moränendecke und die Talsedimente zur heutigen Höhe von etwa 1050 m zurückgestaut wurde, sondern tiefere Austritte hatte. Leider haben wir noch keine Kenntnis, wie tief und wie alt das Felsprofil des Kleinkirchheimer Hochtales verschüttet ist.

Diese Überlegungen verlangen noch einen weiteren Hinweis. Soweit an Dolomitkernen Kluft-Verwitterungsbelege zu beobachten waren, zeigten sie ockerige oder gelegentlich dunkle (Mn?) Farbe. Nur in den beiden Bohrungen, die die Triasbasis erreicht haben (2/74 und 1/84) zeigten einzelne Dolomitkerne an Klüften eindeutige Spuren eines ehemaligen Roterdebelages, die leider damals keine Beprobung zuließen. Diese Reste sind wohl durch eine frühe Zuschwemmung der Spalten mit Dolomitsand konserviert worden. Meinem Einblick nach sind diese Roterdereste nur als Beleg dafür zu verstehen, daß diese Karstspalten schon mindestens vor der letzten Großvergletscherung bestanden haben.

Die Entwicklung der Triasbasis gegen das Kristallin ist etwas vollständiger erhalten als in der relativ benachbarten seinerzeitigen Bohrung 2/74, aber doch jedenfalls tektonisch – vermutlich vormetamorph – reduziert im Vergleich zu der besseren Erhaltung weiter im Norden, wie Ochsenstand, oder der Bewahrung einer Diskordanz des Quarzites bei der Postmeisteralm Süd Innerkrems (PISTOTNIK, 1976). Das Bohrprofil bringt unter nur bescheidener Grau-Färbung der Dolomite etwa 2 m Kernverlust mit einem schmalen Rauhwackenband, wenige Meter serizitische grünliche Schiefer mit wenigen Geröllen und dann hellen festen Quarzit mit Schieferlagen; es ist also die nach TOLLMANN (1975) charakteristische Abfolge: skythischer Quarzit, Anisbasisschiefer, Rauhwacken und dunklerer Anisdolomit im Wesen wiederzuerkennen.

Ergebnisse mikroskopischer Untersuchung der Folge und des anschließenden Kristallins liegen mir noch nicht vor: wichtig aber erschien mir schon in der makroskopischen Kernaufnahme die Beobachtung, daß schon über den hellen, festen Quarzitbänken bereits Lagen mit eindeutig postkinematisch gewachsenen Einsprenglingen von grünschwarzem Biotit oder Hornblende wie unter dem Basisquarzit auftreten; daß also hier kein Metamorphose-Sprung zwischen der Triasbasis und dem Kristallin erkennbar ist, vielmehr beide durch eine postkinematische, nachtriadische (vermutlich altpaläozoische) Metamorphose verschweißt erscheinen.

Das unterlagernde, nun ausgezeichnet kernende Kristallin, das hier zwecks Erkundung allfälliger Thermalwasserführung weitere rund 15 m bis zur Endtiefe von 120,40 m aufgeschlossen wurde, ist nach dem Mineralbestand als Paragneis oder Biotit-Schiefergneis anzusprechen. Auffallend und problematisch ist jedoch, daß in vielen der Kerne aus den obersten etwa 10 m Anzeichen zu erkennen waren, die als ehemalige Gerölle, bzw. im Bestand etwas abweichende Gesteinsbrocken, von Schieferung und Metamorphose überprägt, anzusprechen waren. In der Erläuterung des Detailprofils dieser Zone schrieb ich daher mit Fragezeichen „meta-vulkanoklastische Folge“ und „saure Lapilli-Tuffe“?, in der Vorstellung, daß es sich im Falle einer Verträglichkeit mit weiteren petrologischen Befunden um eine bereits nahe mesozonal metamorphe Vertretung klastischer saurer Vulkanite des höheren Perm handeln könnte.

Zu den weiter oben erwähnten geologisch bedingten Schwierigkeiten der technischen Durchführung und diese selbst einige ergänzende Bemerkungen. Während bei den ersten Tiefbrunnen 1/74 und 2/74 starke Verzögerungen eingetreten waren (bei 2/74 mit einer allerdings anders bedingten Pause Bauzeit rund ein Jahr), wurden die beiden Brunnen des Jahres 1984 in der vorgesehenen Bauzeit von Anfang Oktober bis 20. Dezember geteuft und eingerichtet.

In 1/84 meldete sich die erste, in unserem Profil beschriebene Karstspalte nach normal kernender Dolomitstrecke ab in 37,5 bis 39,3 m mit Kernverlust und 1,7 l/sec Spülungsverlust. Das Karstloch 45,0 bis 51,0 meldete sich beim Anfahren mit einem Totalverlust des Spülwassers von 8 l/sec und Kernverlust bis zu festem Gestein in 51 m. Nach Aufbohren Durchmesser 260 mm bis 24 m und Setzen eines verpreßten Sperrrohres Durchmesser 219 mm wurde mit Durchmesser 200 mm bis zum festen Gestein in 51 m aufgerollt und eine provisorische Verrohrung Durchmesser 178, an der Sohle in dichtem Schmand stehend, eingebracht. 2/74 war derweil gedrosselt, an der Kirchenquelle wurden wechselnd sehr verstärkte Austritte und zeitweise Trübung gemessen; bei Spüldruck 12 atü bis 5 l/sec. Die langen, im Profil verzeichneten weiteren Kernverluststrecken ließen aber die Füllung mit Dolomitsand zum Teil kernen oder ausspülen. Der Bohrbericht meldet an der Basis ab erst 103 m geschlossenen Kerngewinn, der dann im Gneis 100 %ige Stangen bis zu 80 cm Länge lieferte. Die Bohrung wurde planmäßig bei 120,40 m beendet.

Beim Versuch, die provisorische Verrohrung im Bereich der ersten Karstspalten zu ziehen, war sie im angespülten Schmand fest und riß bei etwa 23 m, sodaß bis 51 m das Loch dicht verrohrt blieb. Um diesen Bereich wieder zu öffnen, mußte in etwa 2 m Entfernung ein Ersatzloch 1/84b ohne Probenkontrolle mit Rollmeißel geteuft werden. Zum anschließenden Einsatz von Filterrohren wurde das Loch bis 120 m aufgerollt, verschmantete aber sofort bis -50 m, sodaß die Einführung des geplanten 2-Zoll-Filterrohres erst im hinuntergespülten Seilkernrohr gelang. In der kein Wasser bringenden Gneisbasis wurde von 100,25 bis zur Endtiefe von 120,40 ein Freiraum zur Schmand-Ab Lagerung belassen. Oben wurde mit DN 150 mm bis 24 m Vollrohr, im Dolomit Filter dieses Durchmessers bis zu einem Stahlkonus in etwa 50 m versetzt, der zum engen Filter, wie oben, überleitet.

Gegen Ende des Abteufens der Bohrung 1/84 wurden erste Temperaturmessungen noch von der Bohrfirma vorgenommen. Auch unter Berücksichtigung der starken, durch die Spülung im Bohrbetrieb erzwungenen und durch die angegebenen Ruhepausen nicht aufgehobenen Abkühlung ist recht sicher zu erkennen, daß die allenfalls in Betracht gezogene Temperatur-Schichtung mit nur seichtliegender Kaltwasserzufuhr nicht verwirklicht ist und offenbar keine Aussicht besteht, den Zustrom im Dolomit wieder in den Thermalbereich über 20°C zu verschieben. Die mögliche Funktion der Bohrung wird damit auf die Einrichtung als gedachter Kaltwasser-Abwehrbrunnen beschränkt, dessen Wirkung der folgende Pumpversuch zu prüfen hatte.

Auffällig ist in den Temperaturkurven, daß im Gneisuntergrund ein steiler Anstieg stattfindet. Der Gneis ist hier praktisch kluffrei, es wird kein echter Zustrom, sondern eine Erwärmung des im Bohrloch stehenden Wassers registriert. Die wahrscheinlich richtige Deutung ist die, daß hier das praktisch undurchlässige Gestein die Wärme auf Grund der Nähe zum Aigener Bruch an das durchströmen-

de Kaltwasser ableitet, während der durchlässige Dolomit bereits das kältere Wasser und seine Einwirkung registriert, die wir durch unsere Pumpentnahme in 2/74 und auch die Bohrspülung eingeleitet haben. Die tatsächlich hier bereits herrschenden Subthermal-Temperaturen des Bergwassers zeigte der folgende Pumpversuch, der die Temperatur der Wasserspende nur auf etwa 14,5°C erhöhen konnte.

### 3.8.4. Pumpversuch 1/84

Die Ergebnisse des Pumpversuches an 1/84, ausgeführt von Ende Jänner bis Anfang April 1985, zeigten einige Hinweise: Aus rein technischen Gründen wechselte die Pump-Entnahme in den ersten Wochen stark (mit zugehörigen Schwankungen des Absenkungsspiegels) und konnte erst im März konstant die angestrebten 12 und 10 l/sec halten. Die Temperatur dieser Pumpsonde stieg dabei zuerst recht rasch von 12,5 auf rund 14°C (wohl Entfernung der Kaltwasser-Beimengung des Bohrbetriebes), dann aber noch gut 1/2°C weiter auf 14,5°C; das ist das Ausgreifen der Entnahme auf den östlich anschließenden wärmeren Zustrom. Die Kirchenfassungen blieben naturgemäß dadurch trocken, aber auch sie schütteten nachher etwas wärmer.

Der Tiefbrunnen 2/74, dessen Reaktion ja die höchstliegende Frage war, blieb möglichst konstant in Betrieb, doch war die Meßuhr defekt und auch die Mengenmessung in 1/74 fiel bald aus. Eine deutliche Reaktion belegen aber die laufend gemessenen Stände des Absenkungsspiegels in 2/74, die überlagert über eine allmählich Senkung um rund 3 m die anfänglichen Schwankungen der Entnahme in 1/84 gut abbilden. Die angestrebte Temperatur-Erhholung im Gewinnungsbrunnen 2/74 fiel aber enttäuschend bescheiden aus und erreichte nur etwa 3/4°C während des Pumpversuches. Die langfristige Auftragung in der Abb. 7 weist allerdings gegenüber den außergewöhnlich niedrigen Werten vom vorhergehenden Dezember 1984 eine Erholung von gut 1°C aus; diese niedrigen Werte stehen aber im Verdacht, eine Auswirkung der Spülung beim Abteufen von 1/84 zu sein, das sich zeitlich damit deckt.

Bemerkenswert sind aber auch die Auswirkungen des Versuches an den weiter entfernten Brunnen, wieder ein Hinweis auf weiträumigen hydraulischen Zusammenhang des ganzen Thermalwasserzustromes; der gut 100 m quer zur vermutlichen Anströmungsrichtung östlichere Brunnen 1/74 weist auch einen Temperaturanstieg von nur einzelnen Zehntel Grad aus, während der Kontrollbrunnen 2/72 an der Bundesstraße und der Überlauf im entfernten neuen Brunnen 2/84 in der Temperatur unbeeinflusst bleiben. Der letztere vermindert aber seinen Überlauf von etwa 3,5 auf 2,3 l/sec, eine breit wirkende Minderung des artesischen Druckes durch die starke Entnahme. Zu erwähnen ist schließlich noch in der Erläuterung des Diagrammes, daß die heftigere, nach starken Schneefällen einsetzende Schneeschmelze der letzten April-Dekade doch auch im tiefen Dolomittfels-Thermalwasser gerade spürbar wird, indem beide Tiefbrunnen einzelne Zehntel Grad Wärme durch Zusickern von Kaltwasser verlieren und in 2/74 der Absenkungsspiegel sich etwas hebt.

Der vorläufige Schluß aus dem Ergebnis dieses Pumpversuches war, daß wenigstens vorläufig auf eine Einrichtung und Inbetriebnahme von 1/84 als „Kaltwasserabwehrbrunnen“ verzichtet wurde. Mit maßgebend für diesen Entschluß war auch eine Kalkulation, daß die während des Pumpversuches einschließlich der Gewinnungsbrun-

nen getätigte Gesamtentnahme von rund 34 l/sec aus dem ja recht schmalen Dolomitzug als einzig in Betracht kommendem Einzugsgebiet auf Dauer den Kreislauf in ihm in unzulässiger Weise beschleunigen und das Erreichen eines angenäherten Zustandes in der Tiefenaufwärmung des Thermalwassers nicht mehr zulassen könnte.

Eher ermutigend für die Einrichtung einer „Kaltwasserabwehr“ überhaupt ist hingegen die Langzeitaufzeichnung des Temperaturganges und die nachhaltige positive Wirkung des Pumpversuches. Hier zeigt 2/74 in den acht ersten Betriebsjahren einen recht gleichmäßigen Rückgang von etwa 1/2°C pro Jahr; der Pumpversuch unterbricht diesen Abstieg nicht nur kurzfristig, sondern setzt die Kurve um fast 1°C nach oben versetzt, aber in gleicher Tendenz fort, so daß der Ausgangswert erst nach fast zwei Jahren wieder erreicht wird und dann aber 1987/88 erstmalig die 30°C unterschritten werden (Abb. 7, digitalisierte Ganglinie). Dieser Anlaß wurde zu einer sehr ersten berichtmäßigen Aufforderung, die Entnahme aus 2/74 und dadurch das Hereinziehen von Westen her nach allen Möglichkeiten zu drosseln. Ein ausgiebiger Effekt wird allerdings erst nach dem Umbau der Alpentherme und nach Verzicht auf den winterlichen Betrieb des großen Schwimm-Freibeckens – als stärksten Thermalwasser-Verbraucher – einsetzen können.

Bemerkenswert ist, daß der Langzeit-Temperatur-Verlauf auch bei 1/74 für die dem Pumpversuch folgenden zwei Jahre einen im Grunde vergleichbaren, geringeren Effekt anzeigt.

Schließlich ist anzumerken, daß für eine technische Minderung des Kaltwasserzustromes von Westen her nicht nur das energieaufwendige Abpumpen in 1/84 zu überlegen ist, sondern auch die Möglichkeit in Betracht käme, eine Anzapfung unter dem heutigen Entnahmespiegel mit gravitativer, regulierbarer Ableitung einzurichten und den Wärmeinhalt dieses subthermalen „Kaltwassers“ andersweitig zu nutzen.

### 3.8.5. Tiefbrunnen 2/84 und verbleibende Probleme

Für die Bohrung 2/84, zunächst als Erkundungsbohrung für die Ausdehnung der Thermalwasserführung gegen Osten, war, wie erwähnt, schon seit langem die damals in Gemeindebesitz befindliche Parzelle 522 vorgesehen. Demgemäß wurde sie beim Verkauf in Privatbesitz mit dem Servitut des Rechtes zu dieser Bohrung belegt und diese Ende 1984 ausgeführt. Es war aber nicht zureichend beachtet worden, daß die Widmung Bauland weiter besteht und daß nun demgemäß nach der Bohrung neben ihr ein Wohnhaus errichtet wurde und nun der für jede allfällige Nutzung höchst hinderliche Zustand besteht, daß die Einfahrt in die Garage des Hauses unmittelbar über die derzeit verschlossene Bohrung führt.

Mit einer Geländehöhe von 1051,7 m ü.A. hat 2/84 nahezu exakt die gleiche Höhenlage wie 1/84 bei der Katharinenkirche, was für einen Vergleich der Rückstauhöhe des Thermalwassers von Interesse ist.

Die Bohrung (siehe Probenaufnahme im Anhang) durchörterte nach etwa 5 m Hanglehm bis 11,7 m noch einen Ausläufer der Terrasse von lokalem Kiessand und dann fast 20 m einer grauen, zu steifen Kernen gebundenen Grundmoräne, die neben Durchsetzung mit gerundeten Steinen von einzelnen bis 10 cm in der Mitte und an der Basis gröber blockige Lagen enthielt. Neben wenig Dolomit bestand der Großteil der Steine aus Biotit-führenden Glimmerschiefern und Gneisen neben wenigen Phyllit-

und Quarzit-Geschieben. Wie die zahlreichen erratischen Blöcke besonders im südlichen Gehänge des Kleinkirchheimer Tales ist diese Grundmoräne ein Beleg für das Heranreichen einer Draugletscherzunge aus dem nur westlich des Gurktaler Phyllitbereiches anstehenden Hochkristallin.

Bei 30,6 m wurde der Dolomitfels erreicht, der bei anscheinend fast horizontaler Lagerung erst einen grauebänderten Kern und dann zunächst ockerige bis gelblichweiße Anwitterung zeigte. Nach Erreichen einer Tiefe von 41 m wurde die Bohrung mit Rollmeißel auf 200 m geweitet und das Sperrrohr eingebaut und einzementiert. Dann aber mußte die Bohrung wegen unlösbarer Verklümmungen unter Verlust des Kernrohres und 3 m Rohr aufgegeben werden, und es wurde daneben 2 m verschoben (östlich) ein zweites Loch als „2/84 b“ zu gleicher Tiefe mit Rollmeißel ohne Kernung oder andere Probengewinnung geteuft und problemlos in gleicher Weise durch die Überlagerungsstrecke mit basal einzementiertem Sperrrohr DN 200 abgeschlossen. Geologisch besteht der Verdacht, daß der Unfall des ersten Bohrloches letztlich durch die teilweise schlammig aufgelöste Schicht grober Kristallinblöcke an der Basis der Grundmoräne verursacht worden ist.

Als wesentlich für alle Gedanken über spätere Nutzung ist jedenfalls festzuhalten, daß die rund 20 m starke Deckschicht von steif-bindiger Grundmoräne hier über dem thermalwasserführenden Dolomitfels eine für obertägige Verunreinigungen verlässlich undurchdringliche, geologische Trennschicht darstellt, so daß diese nur entlang dem Sperrrohr oder durch die nicht dicht verfüllte, aufgegebene erste Bohrung den Thermalwasserbereich erreichen könnten. Dieser Umstand könnte unter geeigneten Vorkehrungen eine spätere Nutzung auch unmittelbar neben dem bewohnten Haus des Parzellenbesitzers ermöglichen.

Die geologische Kernaufnahme der weiteren Bohrung im Dolomit ist in den Bohrprofilen (im Anhang) dargestellt. Es folgt zunächst gelblichgrauer und grauer, teilweise gebänderter Dolomit, meist splittig zerfallend. Nach einer schmalen Tonschieferlage wird der Dolomit sehr dunkel grau und geht in einen schwarzen, milden Tonschiefer mit schwacher Pyrit- und Limonitführung über. Der fast horizontal liegende Tonschiefer zerfällt in Scheiben von einzelnen cm, erreicht an 5 m Mächtigkeit und endet in den Kernen mit einer durch schwarzen Ton gebundenen Dolomitbreccie. Es bleibt offen, ob diese Breccienlage ein ursprüngliches stratigraphisches Element oder ein Produkt tektonischer Hangbewegungen am Tonschiefer, bzw. überhaupt des Bohrvorganges ist.

Wie die Ansichtsskizze der Abb. 5 und der Profilschnitt (Anhang) durch unsere Tiefbrunnen zeigen, ist diese Tonschieferlage die direkte Fortsetzung des Tonschieferbandes, das – schon lange bekannt – als Einlagerung in den hangendsten Lagen der Dolomitplatte in dem kleinen einstigen Steinbruch am Oberende der Ortschaft Aigen beim Anwesen Lercher erschlossen ist. Über seine stratigraphische Stellung – ob etwa schon karnischer Tonschiefer? – kann ich keine Aussage wagen, doch könnten dafür wohl sedimentologische Untersuchungen der geborgenen Proben oder der höheren Aufschlüsse bessere Anhaltspunkte liefern.

Die Einschaltung der Tonschieferlage lenkt auch die Wasserführung im Dolomit, siehe unten. Sie belegt, daß die Dolomitplatte tektonisch überlagernden Phyllite, bzw. Quarzphyllite, die wir aus geologischen Überlegungen an diesem Bohrort noch erwartet hatten, hier wegen

der großen Mächtigkeit der Überlagerung schon abgetragen worden sind. Es ergibt sich aus den Profilschnitten, daß die Bruchstörung von Aigen einen etwas geringeren Verstellungsbetrag als aus der Kartierung zunächst angenommen bewirkt und nur rund um 20 m ausmacht.

Unter dem Tonschieferband ab etwa 55 m bleibt die Bohrung bis zur erreichten Endtiefe von 207 m (844,7 m ü.A.) ganz im Dolomit. Wir haben versucht, über die ursprünglich geplante und für die allfällige Thermalwassergewinnung sicher ausreichende Tiefe von 200 m hinaus, auch hier die Basis der Dolomitplatte zu erreichen, doch scheiterte das schließlich an den technischen Schwierigkeiten, bzw. damit verbundenen Kosten-Risiken.

Bis 95 m Tiefe ist es ein sozusagen unauffälliger, weißgelb bis hellockrig, seltener hellgrau gefärbter Dolomit, in dem kleinsplittig zerbrochene mit festeren Kernen bis etwa 20 cm wechseln. Eine Schichtgliederung nach der Färbung bei immer feinkristallinem Kornaufbau scheint nicht möglich. Bei 95 m setzt plötzlich wieder extreme Verkarstung ein, so daß bis etwa 130 m über die Hälfte des Bohrfortschrittes nur Proben oder zerfallende Kerne aus weißgelbem bis ockerigem, sandigem Schmand von Dolomit erhalten wurden. Dann wird der Dolomit mit Unterbrechung durch kürzere Schmand-Zonen wieder fester, bleibt aber überwiegend kleinstückig zerbrochen. Mit der Tiefe nehmen hellrosa Färbungen und Fugen etwas zu. Nachdem schon bei etwa 180 m Tiefe vorübergehend die Spülung sich rötlichbraun verfärbt hatte, zeigten dann Kerne bei 190 und 195 m in Kluffugen Roterde und Roteisen-Flecken, was wohl wie in früheren Bohrungen als Nähe der Basis gesehen werden kann und auf vor-letztglaziale Gesehichte dieser Klufträume hinweist.

Die Basis des Triasdolomits sollte nach geologischer Konstruktion ab etwa 220 m Tiefe zu erwarten sein und wir hofften, sie noch zu erreichen. Doch als 207 m gebohrt waren, erfolgten laut Beobachtung des Bohrmeisters in der Kernverluststrecke von 198 bis 201 m große Spülwasserverluste, dann starker Auftrieb gegen den Spülendruck mit vermutetem Einbruch von kälterem Wasser zugleich mit weißgelbem Dolomitschmand mit braunen Schlieren. Rasch fest verbackend verschloß dieser tags darauf das Bohrloch bis herauf auf 198 m. Wegen des hohen Risikos eines Festwerdens und kostspieligen Abreißens von Bohrkronen und Gestänge wurde nun der Vortrieb bei 207 m aufgegeben und das Gestänge bei bis 195 m freiem Bohrloch gezogen. Der Kronendurchmesser betrug noch 124/146 mm. Der Ausbau zum Brunnen erfolgte bis 35 m mit Vollrohr Durchmesser 7", bis 55,0 m (Basis der Tonschieferlage) mit Vollrohr von 4" Durchmesser, von da bis 192 m mit PVC-Filter-Rohr 4" Durchmesser.

Bald nach dem Öffnen des Dolomit-Felskörpers hatte sich ein artesischer Überlauf eingestellt, der wegen Überlagerung mit der Bohrspülung nicht konstant war. Nach Ausbau des Gestänges stieg der Überlauf unter etwas wechselnder Stärke auf zunächst etwa 2,5 l/sec, wobei auch der mitgebrachte Schmand in der Menge und in der Färbung von weißgelb bis kaffeebraun und rötlich wechselte. Es gab also in der Tiefe, wohl besonders um 198 m Nachbrüche, und Verlegungen in den Zutrittsspalten. Gleiches zeigte ein kurzer Pumpversuch an einem der Folgetage, der bei einer Absenkung auf –4 m erst 7,5 l/sec förderte, aber dann bei eher stoßartiger, in der Farbe wechselnder Schmandförderung auf wenig über 2 l/sec zurückging.

Nach Verschuß der Bohrung stieg der Manometerdruck in Stunden bis +4,6 m über Gelände. Im ersten Vierteljahr 1985 war dann ein druckfreier Überlauf aus etw 1 m über

Gelände eingerichtet, der nun konstant zwischen 2 und 3 l/sec ergibt.

Der Überlauf aus der Bohung 2/84 überschreitet nie 25°C. Das war bzw. ist eine bittere, auch wirtschaftliche Enttäuschung, da geologische Überlegungen erwarten ließen, daß in der Dolomitplatte mit ihrem Abtauchen gegen Osten jede Möglichkeit einer Beimischung von kälterem Niederschlagswasser durch die überlagernde Decke der nicht durchlässigen Gurktaler Phyllite abgeschirmt wird. Wie es trotzdem geschieht, wird weiter unten überlegt, ist aber bislang nicht geklärt.

Wegen dieser Temperaturbeobachtung hat die Bohrfirma schon während des tieferen Vortriebes mit eigenem Lot jeweils nach nächtlicher Ruhepause Temperaturmessungen im Rohrgestänge vorgenommen, deren Ergebnisse zusammen mit den Daten der anderen Tiefbrunnen und den späteren Temperatur-Feinmessungen von Dr. JANSCHKE wiedergegeben wurden. Mit Ausnahme der letzten Feinmessungen stehen sie alle unter dem Einfluß einer entweder durch den Bohrbetrieb oder durch die Freigabe des Überlaufes herbeigeführten vertikalen Durchmischung im Bohrloch und geben nur unvollständige Andeutungen auf eine vertikale Schichtung in den Temperaturen des Zulaufes zum Bohrloch in den verschiedenen Tiefen. Die angeführte letzte Messung (Dr. JANSCHKE 16. 7. 1987) erfolgte nach über 2-jähriger Absperrung des Bohrloches ohne jegliche Entnahme oder sonstigen Eingriff.

In dieser Feinmessung kommt vor allem zunächst eines zum Ausdruck, was in den älteren Profilen nur angedeutet ist: Die eben aus tiefer liegendem Anteil kommende Thermalwasserführung im Dolomit ist nach oben begrenzt durch das abdichtende Tonschieferband um etwa 50 m Tiefe.

Im übrigen zeigt diese, nicht mehr vom Bohrbetrieb beeinflusste Temperaturmessung im tieferen Dolomit nicht die erwartete Temperaturschichtung, die aus dem gemeldeten Einbruch von kälterem Wasser und dem schwachen, in den älteren Kurven angedeuteten Rückgang unter etwa 150 m vermutet werden konnte. Dieser ist vielleicht nur ein Effekt der damals noch aktiven kälteren Spülung des Bohrbetriebes, anders als in den Bodenschichten von 2/74. Die Ausgeglichenheit der Kurve läßt ferner darauf schließen, daß in diesem stark verkarsteten Dolomit auch abseits des Bohrloches vertikale Ausgleichströmungen wirksam sind, die die Temperatur und jedenfalls auch die übrigen Eigenschaften des Wassers zu einem Mischwasser – wie es die Isotopenwerte, siehe später, nahelegen – vereinheitlichen. Ungeklärt bleiben für den Verfasser die doch teils um einzelne Grade höheren Wärmewerte eines Teiles der älteren Messungen aus der Zeit des Bohrbetriebes. Ein Versuch, eine Vertikalströmung im Bohrloch zu messen, gelang wegen des geringen Ausbaudurchmessers nicht.

Für die eben berichtete Temperaturmessung nach etwa 2-jähriger Absperrung und Ruhepause wurde dem Bohrloch ein Standrohr aufgesetzt, das kräftigere Austrittsströmung im Bohrloch verhinderte und die im Ruhezustand erreichte artesische Aufspiegelung des Thermalwassers messen ließ. Sie betrug zu diesem Zeitpunkt (zeitliche Schwankungen des Zustromes sind auch hier sicher vorzusetzen) 7,15 m über Terrain, entsprechend 1058,5 m ü.A. absolut; bei der Erschließung der Kirchenquellen wurde von dort als Maximum des artesischen Überdruckes am Brunnen III 4,5 m über Gelände berichtet, was etwa 1058 m ü.A. entspricht. Die abdichtende glaziale Moränen-Verkleisterung des Felsuntergrundes im Kleinkirch-

heimer Tal erzeugt also auf gut 400 m Breite auf etwa den Meter genau gleich hohe artesische Rückstau-Aufspiegelung des Thermalwassers im Dolomitfels (bei der Katharinenkirche mit einem vor Jahrhunderten seicht geöffneten Überlauf-Austritt, bei 2/84 unter 30 m dichter Moränenüberlagerung, ohne einen solchen). Dieser Thermalwasserbereich ist ein System kommunizierender Karstspalten mit ungehemmtem, raschem Druckausgleich.

Das geknickte Längsprofil (Abb. 5) durch die Reihe der Tiefbrunnen von West nach Ost über die erwähnte Entfernung von rund 400 m zeigt oberhalb ein Diagramm der bei der Erschließung gemessenen Temperaturen. Das beobachtete Maximum liegt in 1/74 mit einem wohl durch die oder entlang der Bruchstörung von Aigen und ihren begleitenden Zerrüttungen gelenkten Zustrom aus relativ großer Tiefe. Wir haben gezeigt, daß gegen Westen zu über 2/74 und 1/84 die Temperatur durch wachsende und im Laufe der Jahre durch unsere Entnahme gegen Osten weiter vordringende Beimischung von kälterem Bergwasser aus dem Einzugsbereich des Oswaldgrabens bis in subthermale Werte absinkt.

Der Temperaturabfall vom Optimum von 1/74 gegen Osten auf rund 25°C im Aufschluß von 2/84 geht nach den bisher vorliegenden je zwei Tritium-Bestimmungen von 1984/85 und 1987 bereits recht sicher gleichfalls auf eine Beimischung von kälterem und jüngerem Berg-Grundwasser im Dolomit zurück. Die Werte sind in einem der folgenden Kapitel übersichtlich zusammengestellt. Anders als westlich des Optimalbereiches bleibt aber die Herkunft dieser „Kaltwasser“-Beimischung ungeklärt. Denn hier im Osten ist die Dolomitplatte gegen das Eindringen von Niederschlags-Sickerwässern von oben her geologisch doppelt abgesichert durch das Tonschieferband in den Hangenteilen des Dolomitkörpers und darüber durch die das Ganze überdeckenden mächtigen Quarzphyllite. Schwache Durchsickerungen reichen für eine Deutung nicht aus, denn ein Überschlag führt je nach Temperatur- und andere Datenannahmen auf Größenordnungen von 1/4 bis 1/2 Beimengungen von „kaltem“ bis subthermaletem Grundwasser.

Auch eine Beimengung aus einem jedenfalls vorhandenen Grundwasser in der unbekannt tiefen eiszeitlichen bis jüngeren Talfüllung des Felsprofils ist geologisch so gut wie auszuschließen. Auch wenn der Aufbau und die Wasserführung dieser Talfüllung noch nicht durch Bohrungen erschlossen und bekannt ist, ist doch sicher, daß diese Talfüllung gegen die thermalwasserbringende Dolomitplatte des Felsuntergrundes durch Grundmoränen abgedichtet sein muß; sonst wäre es unmöglich, daß das Thermalwasser im Dolomit durch eben diese Moränen-Abdichtung so breit und gleichmäßig in ein artesisches Spiegelniveau hier etwa 20 m über die Höhe des Talbodens rückgestaut ist.

So bleibt als derzeit letzte geologisch verständliche Möglichkeit für die Herkunft des beigemischten „Kaltwassers“ die Fortsetzung der Dolomitplatte in den südlichen Talgehängen gegen den Kolmnock zu. Hier durchbrechen einige kleine Dolomitaufschlüsse die ausgedehnte, mehr blockreiche Moränendecke, in denen der „Talkenbrunn“ eine auffallende Wasserführung über dem Stauniveau des Thermalwassers auf der Talseite gegenüber belegt (Abb. 14). Konstruiert man mit wahrscheinlichen Annahmen über die Tiefe des Felsprofils im Tal die Ausstrich-Verbindung der Dolomitplatte beider Talseiten, so ergibt sich, daß im Querschnitt mit dem ungemischten Thermalbrunnen 1/74 und der Bruchstörung von Aigen noch keine Verbindung der Dolomitzüge beider Talseiten

bestehen dürfte, wohl aber weiter östlich im Sinne des Einfallens im Schnitt der neuen Bohrung 2/84 mit der gemischten, kühleren Wasserführung von nur 25°C.

Die als erste starke Quelle der Gemeinde-Wasserversorgung erschlossene und gefaßte, von unten durch die Moränendecke aufwallende Quelle „Talkenbrunn“ in etwa 1100 m in der Südflanke des Tales fördert laufend als Absatz im Fassungsbecken einen weißlichen Feinsand und Schlamm (daher der Name nach dem volkstümlichen Küchenpräparat). Herrn Prof. G. RIEDMÜLLER von der TU Graz verdanken wir eine moderne Röntgen-Diffraktometer- und Kornverteilungsanalyse dieses Absatzes, der eine Zusammensetzung aus 96 % Dolomit mit einem kleinen Rest von Hellglimmer, Quarz und Feldspat nachweist (Bericht 18. 12. 1985). Dieser helle Absatz ist demnach identisch mit dem spaltenfüllenden und von Thermalwasser ausgeschwemmten Dolomit-Schmand aus der Bohrung 1/74 (und den anderen Dolomit-Bohrungen), den Prof. MEIXNER mineralogisch untersucht hatte. Der Talkenbrunn liegt in der vermutlichen Fortsetzung der Bruchstörung von Aigen nach Süden und der sie begleitenden Zerreibungs-zonen.

Als vorläufiges Ergebnis des Ergänzungsversuches der Thermalquellen-Erschließung durch die beiden Tiefbrunnen 1984 ist nun abschließend festzuhalten, daß dieser Versuch bisher zu keiner Erweiterung der Nutzung des Vorkommens geführt hat. Wesentlich, wenn auch nicht ermu-

tigend, für die weitere Bewirtschaftung ist aber die Erkenntnis, daß der Bereich des optimalen Thermalwasserzudranges rund um den Brunnen 1/74 und die Bruchstörung von Aigen beidseitig von Zonen eingeengt wird, in denen die Temperatur des Wassers durch die Beimischung von „Kaltwasser“ seichter Herkunft unter 30°C abgekühlt wird.

Im Westen hat 1/84 gezeigt, daß hier durch diesen Brunnen eine „Kaltwasserabwehr“ grundsätzlich, aber nicht mit voll überzeugendem Erfolg möglich aber kaum wirtschaftlich vertretbar ist. Es wird zunächst versucht werden, nach Reduzierung der winterlichen Freischwimmbecken eine straffere Drosselung der Entnahme aus 2/74 durchzuführen und zu beobachten, wieweit dadurch der Temperaturgang stabilisiert werden kann. Es wird ferner geprüft, ob andere Entnahmetechniken einer Kaltwasserabwehr verfolgbar sind.

Im Ganzen bedeutet das Ergebnis des Versuches von 1984 eine sehr warnende Ernüchterung in den Zukunftserwartungen des Vorkommens, in dem das relativ hohe Austrittsniveau im Gehänge und der artesische Überdruck eine sozusagen beliebige Belastbarkeit durch die vorgenommenen Spiegelabsenkungen unserer Entnahmefunnen vorgetäuscht hatten. Wir haben zur Kenntnis zu nehmen, daß die Kaltwasser-Umrandung des Zudranges auch die Grenzen der Belastbarkeit markieren, die schon erreicht oder überschritten sein können.

## 4. Zusammenfassende Übersicht von bisherigen Daten und Erfahrungen

(C. CLAR)

### 4.1. Zum geologischen Raumbild

Das Thermalwasser ist gebunden an das untere Stockwerk der sogenannten „Stangalmtrias“, in ihr an die vor allem der Mitteltrias zugeordnete Dolomit-Platte. In ihrem Liegend belegt quarzitisches Permoskyth noch weithin eine tektonisch verformte, ehemals transgressive Verbindung zu den Gneisen des unterlagernden „Priedröf-Kristallin“, aus dem die „altalpidische“ Metamorphose noch in die Trias übergreift und deren tieferes Stockwerk stärker kristallin macht als das höhere. Im Hangenden, vermutlich etwa im Niveau der Karnischen Stufe, ist diese Trias abgeschert durch die darauf überschobene „Phyllonit-Zone“, die nördlich Kleinkirchheim rasch gegen Süden anschwillt, während das obere Stockwerk darüber auskeilt. Wegen des weithin geschlossenen Durchstreichens der Phyllonitzone kann dieses obere Stockwerk kaum mit zum Einzugsgebiet der Thermalquellen des unteren Dolomitstockwerkes beitragen.

Im Frühjahr 1985 haben wir im Rahmen eines Pumpversuches an 1/84 durch rund drei Monate an 34 l/sec aus der thermalwasserführenden Dolomitplatte gepumpt. Das erfordert gemäß einer mit rohen Annahmen durchgeführten primitiven Kalkulation auf der gegebenen Ausbißfläche der Dolomitplatte eine Erstreckung des Einzugsgebietes auf ungefähr 8 km gegen Norden, das heißt schräg das Tal der Erlacherhütte (Langalmtal nach Radenthein) verquerend bis in den Bereich der hohen Karstflächen der Zunderwand (um 2000 bis 2200 m). Das stimmt überein mit der noch vorläufigen Aussage der ersten Oxigen-18-Tests, daß unser wärmstes und vermutlich wenigst vermischtes Thermalwasser von Niederschlägen in den höchsten Anteilen unseres Gebietes genährt wird. Die laufenden Reihenuntersuchungen des Forschungsprojektes werden Sichereres aussagen. Die Niederschläge am weiteren Dolo-

mitzug von der Erlacherhütte gegen Süden über Spitzzeck – St. Oswald dürften demnach in geologischer Raumvorstellung nur das „Kaltwasser“ liefern, das den Oswaldgraben im Dolomittal begleitet, während die auf den Höhen noch weiter nördlich im Dolomit versinkenden Niederschläge dadurch in die Tiefe gezwungen und dort erwärmt werden. Aus dieser Aufheizungskammer vermittelt die Bruchstörung von Aigen und ihre begleitenden Zerrüttungstreifen den diskreten und daher wenigst vermischten Austrittsweg in den die geologischen Strukturen querenden, tiefsten Einschnitt des Kirchheimer Tales. Im ganzen, ca. 25 km langen N-S-Verlauf des Zuges der Stangalm-Trias ist dieses Kirchheimer Quertal mit einer Geländehöhe von etwa 1020 m ü.A. im Bereich der Quellen (und vielleicht nicht über 950 m ü.A. der verschütteten Felssohle) der eindeutig tiefste Einschnitt, so daß das Bergwasser im Dolomit im natürlichen Gefälle einem Austritt hier zustreben muß.

Der Austritt in das tiefste Felsprofil des Tales ist dem Thermalwasser aber durch dessen Ausfüllung mit eiszeitlichen Sedimenten verwehrt; vor allem eine sehr geschlossene Grundmoränendecke unter jüngeren Seetonen und Kiesterrassen dichtet den Dolomit gegen die Talweitung ab und staut das zudringende Thermalwasser bis auf die Höhe eines früheren natürlichen Überlaufes – das sind die ursprünglichen Quellen bei der Katharinen-Kirche – zurück. Dieser Rückstau bildet über die ganze Breite der Dolomitplatte einen Thermalwasserspiegel in der ursprünglichen Höhe von 1054–1058 m, also etwa 40 m über Talsohle, und erzeugt unter diesem Niveau überall im Nordhang artesischen Auftrieb. Dem im Felsuntergrund zuströmenden „Primär“-Thermalwasser werden bescheidene Durchsickerungen durch die stauende Überlagerung als „Sekundär“-Wasser begrifflich gegenübergestellt.

## 4.2. Verkarstung, Druckausgleich, Stauspiegel

Die Erschließung des Thermalwassers im Dolomittfels-Untergrund hat gezeigt, daß dieser in tieferen Anteilen ganz außergewöhnlich intensiv verkarstet ist. Die Verkarstung bewirkt raschen Druckausgleich und weitgehende Kommunikation zwischen Entnahmestellen mit großer Reichweite, was die Forderung nach einheitlicher Bewirtschaftung des Gesamtvorkommens rechtfertigt.

Erste sichtbare Wirkung dieser Kommunikation, bzw. des weitreichenden, raschen Druckausgleiches war der Abfall der Kirchenquellen um etwa 1/2 l/s ihrer Spende beim ersten, nur rund 4 l/sec fördernden Pumpversuch am neuen Tiefbrunnen 1/74 im Dezember 1974, dem dann ein viel stärkerer Niedergang bei der anlaufenden und andauernden Vollförderung an der Wende 1974/75 folgte (siehe Abb. 6)

Weitere Belege dieser gegenseitigen Beeinflussung enthalten die Messungen ab 1976 (Betrieb der Tiefbrunnen), jeweils im Wiedererscheinen der Kirchenquellen nicht nur durch starke Niederschlagsperioden (1977, 1978), sondern später allein bei Störung, bzw. Ausfall oder Drosselung von Tiefbrunnen (1979, 1981/82, 1984, 1985). Als November 1984 während eines Stillstandes der Bohrung 1/84 versuchsweise Brunnen 2/74 gesperrt wurde, war schon nach gut 2 Stunden eine deutliche Stärkung der Heberquelle III bei der Kirche zu messen, die sich noch drei Tage etwas verstärkte und dabei durch geringeren Kaltwasserzudrang auch etwa um 1°C erwärmte. Im November 1986 brachte ein Monat Stillstand von 2/74 nicht nur ein kurzes Erscheinen schwacher Kirchenquellen, sondern war auch an 1/74 in einer kleinen Vermehrung der Spende bei gleichen Betriebsbedingungen von 0,3 l/sec spürbar. Im Spätsommer 1987 ist ein stärkerer Effekt an 1/74 dem Zusammenwirken einer Drosselung von 2/74 mit einer starken Niederschlagsperiode vorher zuordenbar.

Dagegen gestatten die spärlichen Messungen an dem etwa 200 m östlich von 1/74 gelegenen Brunnen 2/84, der seither meist gesperrt war, keine Aussage darüber, ob die dortige, mit den Kirchenquellen angenähert einspiegelnde artesische Druckhöhe durch die Spiegelsenkungen der bisherigen Pumpentnahmen beeinflusst worden ist. Ein Hinweis ist jedoch, daß der damals freigegebene Überlauf am fertigen Brunnen 2/84 während des Pumpversuches am über 400 m weiter westlich gelegenen „Abwehrbrunnen“ 1/84 bei der Katharinenkirche im Februar und März 1985 von anfangs 3,5 auf wenig über 2 l/sec zurückgegangen ist.

Das spricht für eine ganz breite Senkung des Rückstauspiegels durch die damalige extreme Pumpentnahme von insgesamt 34 l/sec aus der Dolomitplatte im Thermalbereich.

Die Bohrungen haben gezeigt, daß die Durchsetzung des Dolomittkörpers mit Dolomitsand-erfüllten Lösungspalten, also seine, nun gleichsam wieder zusedimentierte Verkarstung, erst unter dem heutigen Stauspiegel des dafür jedenfalls verantwortlichen (Thermal-) Bergwassers und näher der undurchlässigen Basis der Dolomitplatte ein deutliches Maximum erreicht: Das Entwässerungsniveau im Dolomit ist früher – offenbar vor der stauenden Abdichtung des felsigen Taltroges durch die Grundmoränen und folgenden Glazialsedimente – wesentlich tiefer gelegen gewesen. Die in zwei Bohrungen nahe der Triasbasis gefundenen Spuren von Roterde-Füllung in Klüften weisen darauf hin, daß dies in einer wärmeren (Intergla-

zial-?) -Zeit, mindestens vor dem letzten Glazial der Fall gewesen sein muß. Ob das Gefälle gegen West oder (unter Annahme späterer tiefer Fels-Sackungen südlich Plaß) zur übertiefen Gurk nach Ost geführt haben kann, ist nicht geklärt.

## 4.3. Temperaturverteilung, zeitliche Entwicklung, Kaltwasser-Zudrang

Wie das Querprofil durch unsere Tiefbrunnen (Abb. 13) mit der darüber eingetragenen Linie der Erschließungstemperaturen zeigt, ist der optimale Zuströmbereich des Thermalwassers rund um die Bruchstörung von Aigen beidseitig von Bereichen eingefasst, in denen die Beimengung von descendentem „Kaltwasser“ geringerer Wärme eine niedrigere Mischtemperatur erzeugt. Im Westen haben wir durch unsere Pumpentnahme ein Vordringen dieser Kaltwasser-Beimengung herbeigeführt, im Osten ist die Abnahme nicht künstlich beeinflusst. Eine zeitweise erwartete stabile vertikale Temperaturschichtung ist nicht feststellbar gewesen, es scheint vielmehr in dem grob durchfließbaren Karst-Dolomit eine selbständige Vermischung durch Konvektions-Strömung stattzufinden. Nur in 2/74 war ein abgrenzbarer um 1 Grad kälterer Zustrom nahe der Triasbasis zu messen.

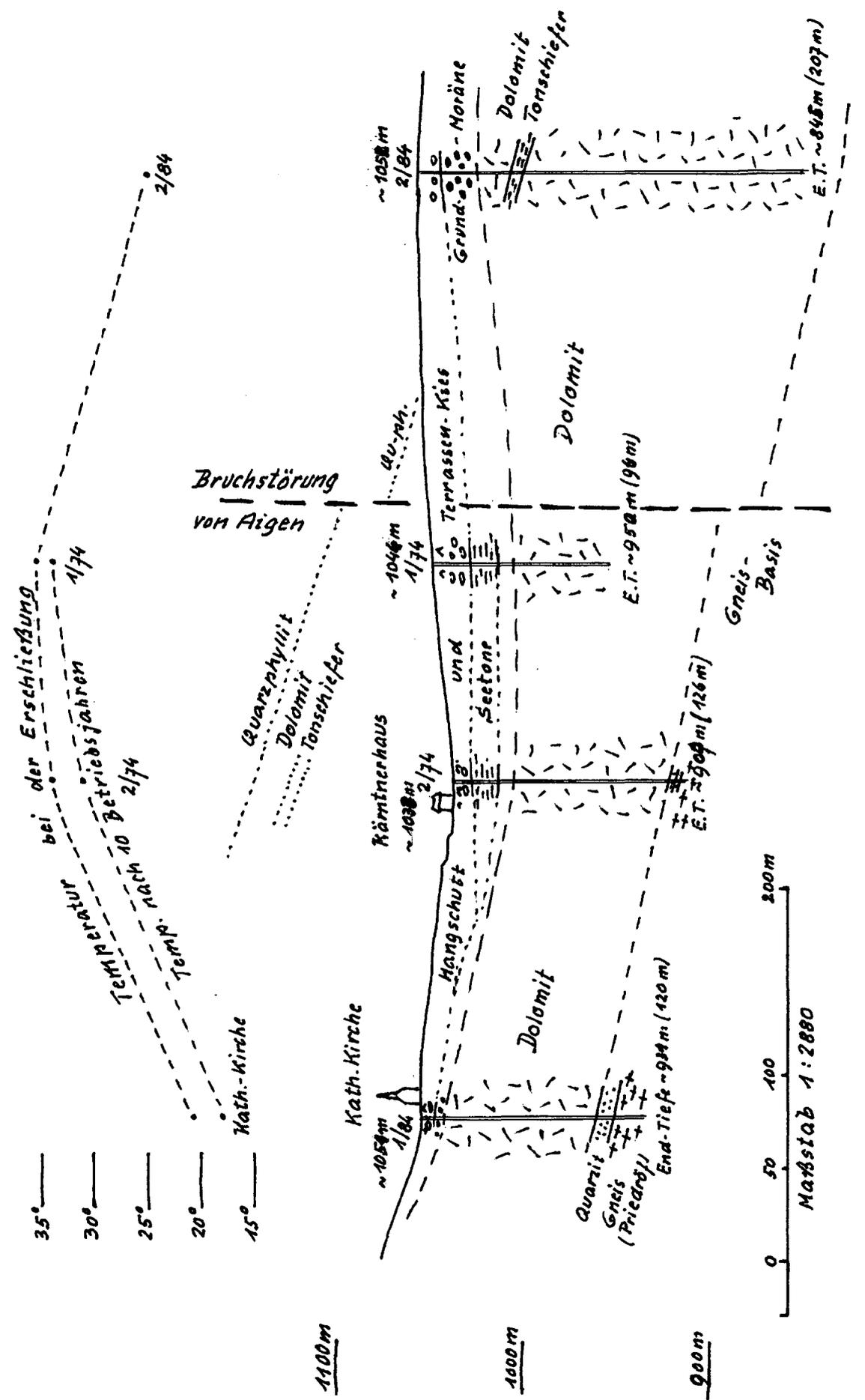
Die zeitliche Entwicklung der Temperaturen in unserem Gewinnungsbrunnen faßt die Beilage Abb. 7 zusammen. Wir mußten natürlich erwarten, daß das Inbewegungbringen eines Vielfachen des bisher abfließenden Anteiles der rückgestauten Karstwasserfüllung einen gewissen Rückgang der Temperaturen herbeiführen wird, der aber einem neuen Gleichgewicht zustreben mußte.

Unsere Aufzeichnung läßt aber diese erhoffte Tendenz nicht ablesen, wobei zunächst nur der Kurvenverlauf bis zum Pumpversuch in 1/84 zu Anfang 1985 zu betrachten ist. Hier scheint unser wärmster Zustrom, der Tiefbrunnen 1/74, mit einer anhaltenden Temperatur von 34°C oder darüber in den drei Jahren 1982 bis 1984 diese Erwartung zu erfüllen; Ende 1985, nach dem Pumpversuch und seiner möglichen Auswirkung, setzte aber der Abstieg sogar etwas steiler wieder ein, so daß sich im Schnitt insgesamt ein linearer Verlust von 0,24°C/Jahr ergibt (1977 bis 1984 ergab sich 0,26°C/Jahr).

Etwa doppelt so steil ist der Verlustgradient im westlichen Tiefbrunnen 2/74, der in den zehn Jahren 1977 bis 1987 eine Einbuße von 4,4°C, also 0,44°C/Jahr, unterbrochen durch die Erholung nach dem Pumpversuch, messen ließ (1977 bis 1984, vor dem Pumpversuch, waren es sogar 0,54°C/Jahr). In diesem Falle fühlen wir uns sicher in der Annahme, daß der Temperaturverlust auf die Beimischung von kälterem Bergwasser zurückgeht, das wir mit unserer (zu) starken Pumpentnahme im Dolomit von Westen, dem Infiltrationsbereich des Oswaldbaches und des Terrassengrundwassers in diesem Bereich, in unserem Absenkungstrichter hereinziehen. Einen Nachweis dafür erwarten wir von der Isotopenkontrolle im laufenden Forschungsprojekt, während die bisherigen vereinzelt Tritium-Bestimmungen das noch nicht überzeugend belegen.

Dieses Hereinziehen von Kaltwasser von Westen her in unseren Entnahme- und bisherigen Einströmbereich zu vermischtem weniger wärmerem Thermalwasser ist wohl sicher auch der Vorgang, der die Kirchenquellen in den subthermalen Temperaturbereich absteigen ließ. Bei Aussetzen der Entnahme aus 2/74 erscheinen sie in kurzer Zeit wieder, quantitativ ist also der Bergwasserzustrom im Do-

Geologischer Schnitt A-C / als Querschnitt durch den Thermalwasserstrom /



E. Clär 1984

Abb. 13. Geologischer Querschnitt über die tektonische Störung von Aigen mit der Temperaturentwicklung nach 10 Betriebsjahren (E. CLÄR, 1984).

lomitfels und dessen Spiegelhöhe wenig verändert, er ist aber (durch Beimischung) entscheidend abgekühlt. In

den Perioden ihres Überlaufens seit 1976 haben sie die Thermalgrenze von 20°C nicht mehr überschritten.

## 5. Isotopenhydrologische Reihenuntersuchungen 1987–88

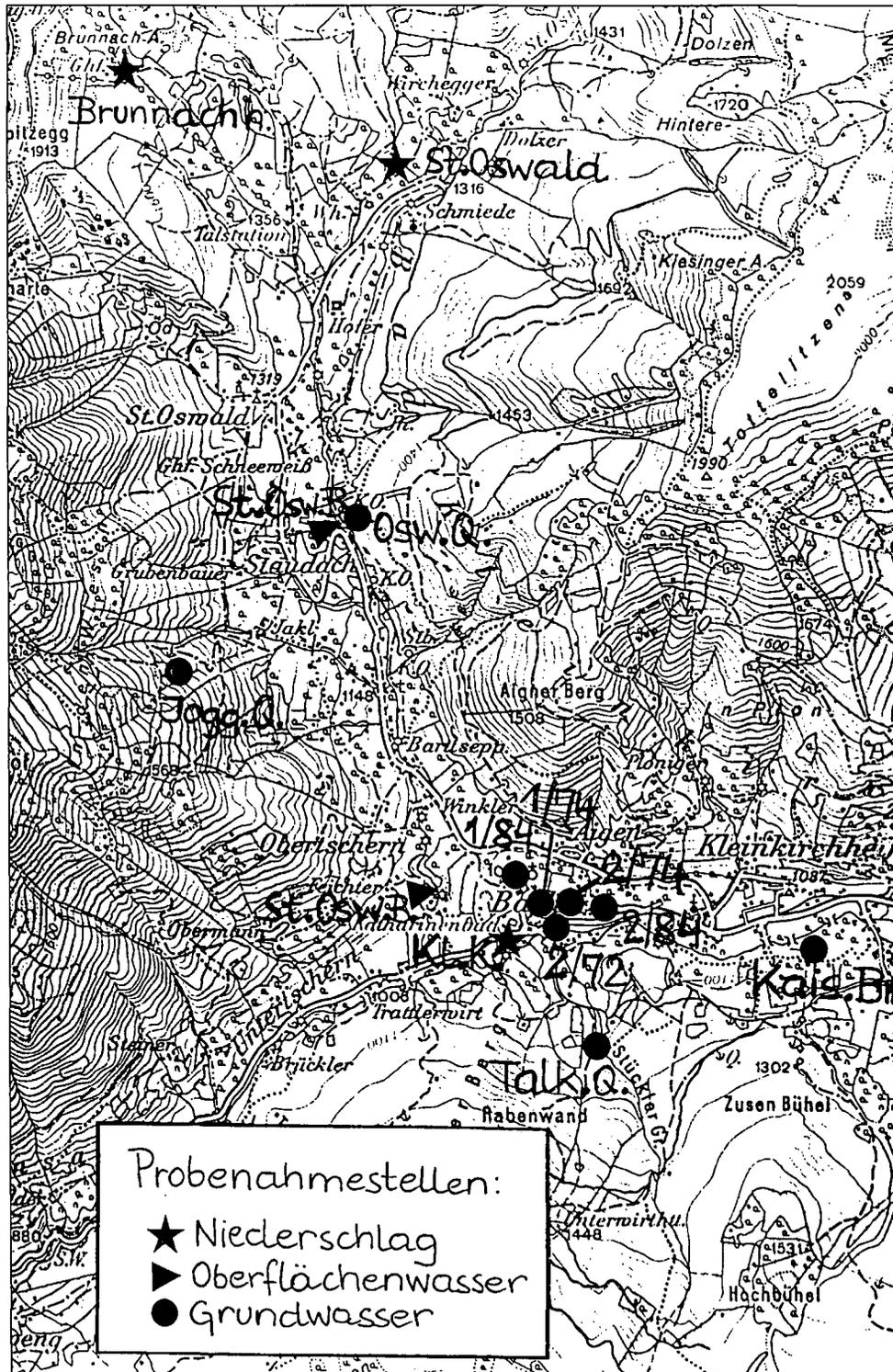
(D. RANK)

### 5.1. Aufgabenstellung

Mit Hilfe eines Isotopenmeßprogramms sollen die hydrologischen Zusammenhänge im Bereich der Kleinkirchheimer Thermalwässer untersucht werden. Das Hauptgewicht der Untersuchung liegt bei der Feststellung der Her-

kunft der Kalt- und Warmwasseranteile der Thermalwässer und der Klärung des Mechanismus für das Ansteigen des Kaltwasseranteiles.

### 5.2. Probenahme und Meßergebnisse



Als Probenahmestellen wurden 3 Niederschlags-sammelstellen, 4 Thermalwasserbohrungen, 3 Quellen (Kaltwässer) und der St. Oswald-Bach ausgewählt (Abb. 14). Zur besseren Erfassung der Kaltwasserkomponente wurde dieses Programm später durch die Bohrung 1/84 ergänzt, weiters wurde zur Ermittlung des  $^{18}\text{O}$ -Höheneffektes das Talgrundwasser (Brunnen Kaiserburgbahn) miteinbezogen. Zur Feststellung von eventuellen Isotopenverhältnisänderungen im Verlaufe des St. Oswald-Baches wurden zusätzlich bei der Trattmühle Proben entnommen.

Die Proben wurden durch die Gemeinde Bad Kleinkirchheim gesammelt und der BVFA-Arsenal überbracht. Für die Messung  $-^3\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$ , teilweise  $^2\text{H}$  wurde entsprechend einer Vereinbarung zwischen KOLLMANN und RANK eine vorläufige Auswahl getroffen. Die Ergebnisse der Messungen sind in den Abb. 15–22 zusammengefaßt, in Abb. 22 ( $^3\text{H}$ -Langzeitverlauf) sind außerdem frühere  $^3\text{H}$ -Meßwerte aus dem Untersuchungsgebiet und die  $^3\text{H}$ -Niederschlagsdaten von Wien miteinbezogen.

Abb. 14. Lageplan der Probenahmestellen für isotopenhydrologische und hydrochemische Reihenanalysen.

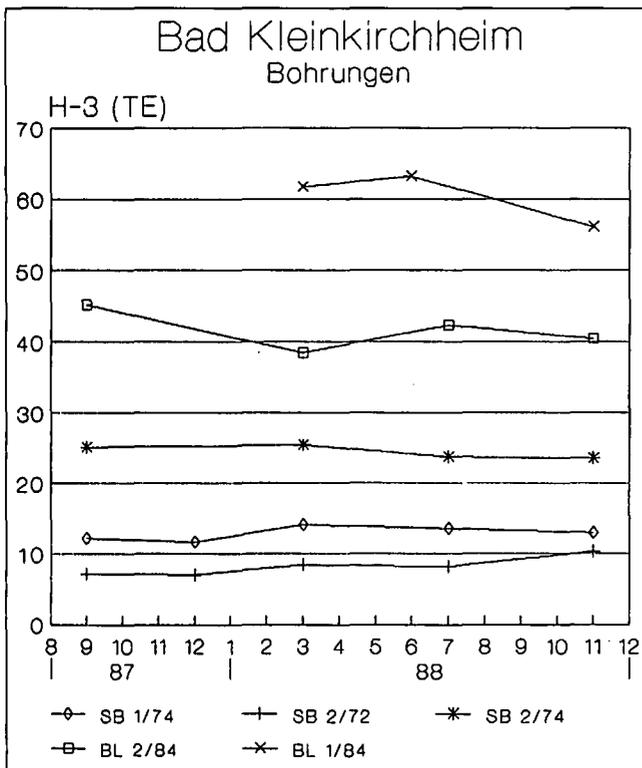


Abb. 15.  
Tritiumganglinien (Bohrungen).

Bei der Probenahme von Anfang Oktober 1987 sind offensichtlich Fehler passiert (Abb. 16), möglicherweise bei der Beschriftung der Probenflaschen durch den örtlichen Wasserwart. Die Meßwerte selbst wurden durch eine Wiederholungsmessung bestätigt.

Zur Klärung der Frage nach dem Wasseralter der Warmwasserkomponente wurde am 8.11.88 durch die BVFA-AR-

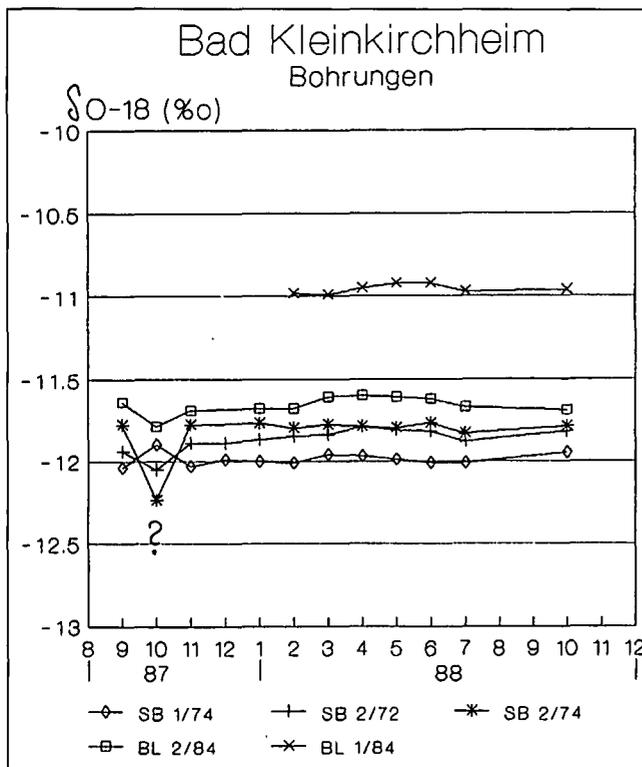


Abb. 16.  
Oxygen-18-Ganglinien (Bohrungen).

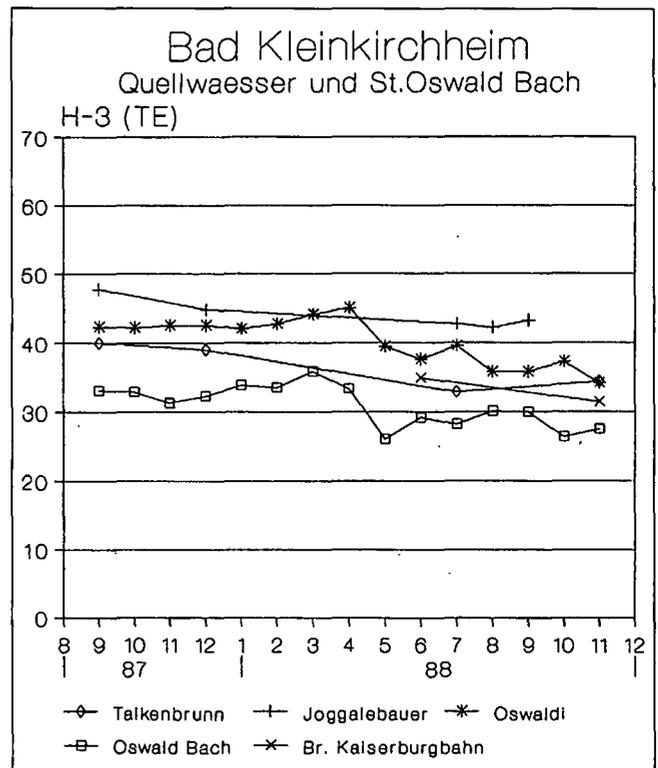


Abb. 17.  
Tritiumganglinien (Quell- und Oberflächenwasser).

senal eine Probe für eine  $^{14}C$ -Untersuchung bei 1/74 entnommen. Die Messung ergab 11,33 % modern (Definition siehe Beilage) bzw. 16660 + 480 Jahre bei einer angenommenen Anfangskonzentration von 85 % modern.

Die Aussagemöglichkeiten der Isotopenmethoden wurden beim „Workshop“ in Bad Kleinkirchheim – 30. 5. 88 bis 1. 6. 1988 – ausführlich behandelt.

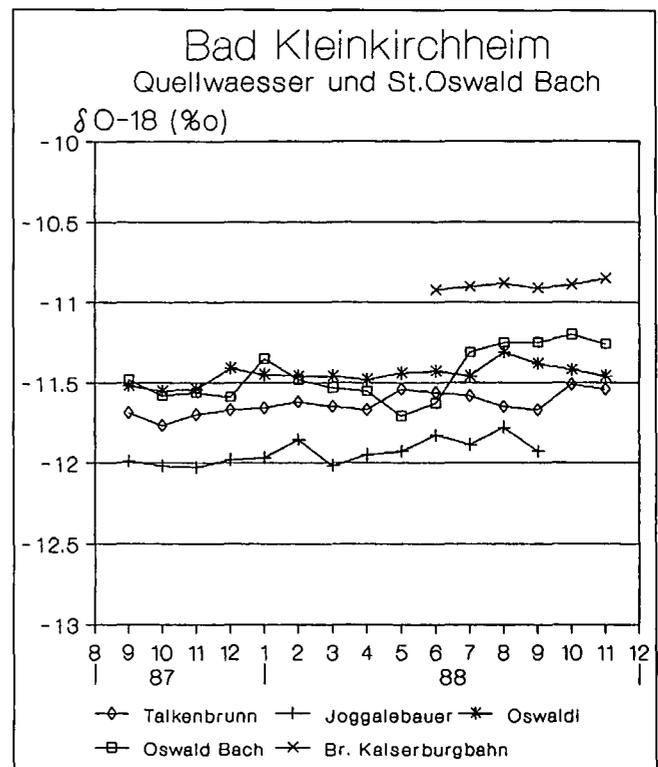


Abb. 18.  
Oxygen-18-Ganglinien (Quell- und Oberflächenwasser).

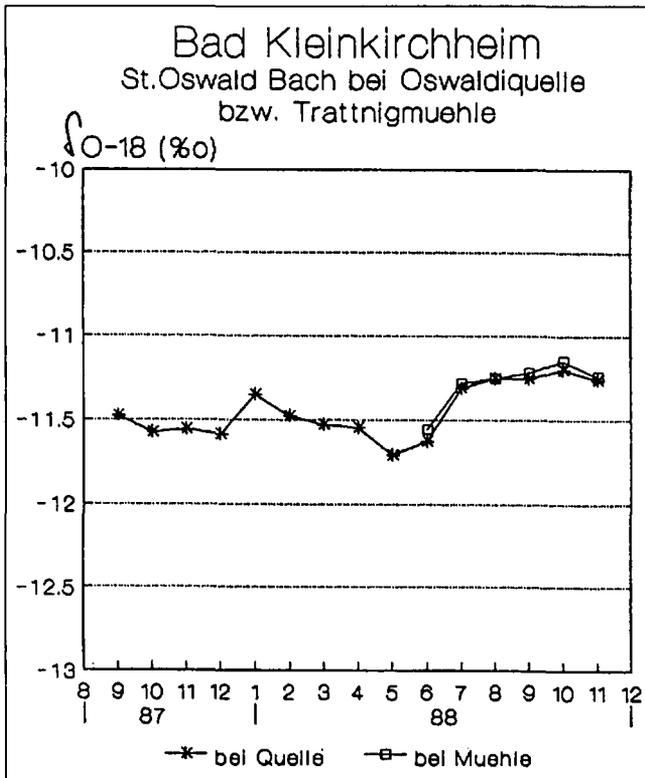


Abb. 19. Differenzen der Oxigen-18-Ganglinien am Mittel- und Unterlauf des St. Oswald-Baches.

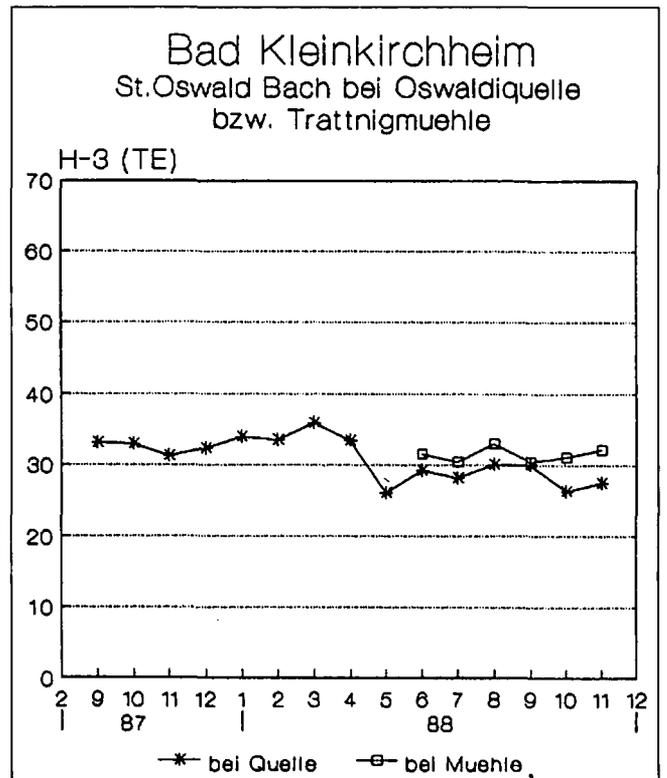


Abb. 20. Differenzen der Tritiumganglinien am Mittel- und Unterlauf des St. Oswald-Baches.

### 5.3. Einige vorläufige Schlußfolgerungen

- 1) Die Thermalwässer enthalten in der Reihenfolge 2/72, 1/74, 2/74, 2/84 zunehmend Anteile an jungem  $^3\text{H}$ -haltigem - Wasser. Der Anteil in 2/72 dürfte derzeit im Bereich von 10-20 % liegen.
- 2) 1/84 enthält Wasser, dessen Infiltrationsgebiet nur geringfügig höher liegt als das des Talgrundwassers (Brunnen Kaiserburgbahn). Aus dem St. Oswald-Bach versickerndes Wasser kann daher nicht wesentlich zum

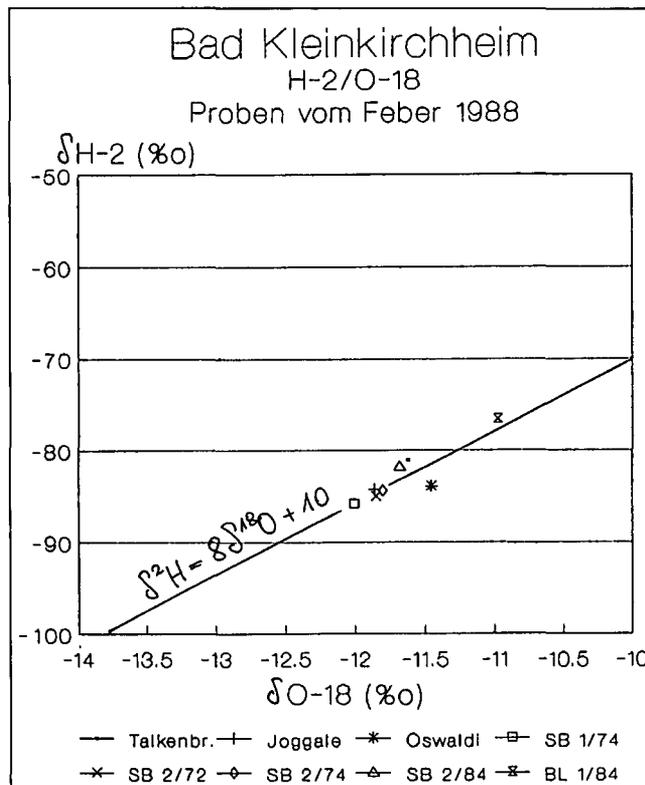


Abb. 21. Vergleich von Deuterium- und Oxigen-18-Analysen vom Feb. 1988.

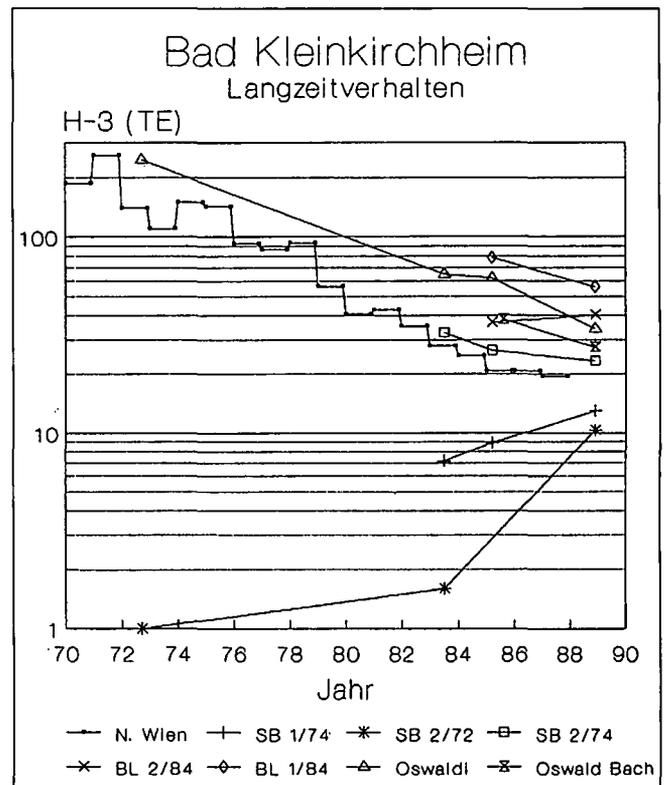


Abb. 22. Tritiumganglinien im Langzeitverhalten.

- Wasser der Bohrung 1/84 beitragen. Das Wasseralter in dieser Bohrung liegt in der Größenordnung 20–30 Jahre; eine kurzfristige Beeinflussung durch versickerndes Bach- oder Niederschlagswasser ist nicht anzunehmen.
- 3) Die  $^{14}\text{C}$ -Datierung des Wassers von 1/74 ergab ein Wasseralter von 16700 Jahren. Dies deutet auf eiszeitliche Herkunft des Thermalwassers hin, wobei es sich hier um ein Mischalter unter Einschluß der jungen Komponente handelt, das eigentliche Alter des Thermalwassers wäre noch größer.
  - 4) Die niedrigen  $^{18}\text{O}$ -Werte des Thermalwassers lassen demnach nicht notwendigerweise auf ein hochgelegenes Einzugsgebiet schließen, sie können ihre Ursache auch in anderen klimatischen Verhältnissen (kälteres Klima) zur Zeit der Einsickerung dieser Wässer in den Untergrund haben. Interessant dabei ist, daß der  $^{18}\text{O}$ -Wert von 2/72 höher liegt als jener von 1/74, obwohl der Anteil an jüngerem Wasser in 1/74 größer ist.
  - 5) Aus dem unterschiedlichen Langzeitverhalten des  $^3\text{H}$ -Gehaltes in den Thermalwässern und dem unter 4) erwähnten Nichtparallellgehen von  $^3\text{H}$  und  $^{18}\text{O}$  ist zu vermuten, daß die verschiedenen Wasseranteile (Kalt-, Warmwasser) in den Thermalwasserbohrungen nicht in allen Bohrungen einheitlicher Herkunft sind.
  - 6) Eine grobe Abschätzung des Höheneffektes aus den bisher vorliegenden Daten von Quell- und Grundwässern – die Niederschlagsdaten sind bis jetzt zu wenig repräsentativ – ergibt einen Wert um 0,2 ‰ pro 100 m für  $^{18}\text{O}$  (abgeschätzt aus den Werten des Talgrundwassers und der Joggalebauer-Quelle). Demnach liegt die mittlere Höhe des Einzugs- bzw. Infiltrationsgebietes der Oswaldquelle um etwa 300 m, der Talkenbrunnenquelle um 400 m, der Bohrung 1/84 um etwa 50 m und des St. Oswald Baches um etwa 300 m über der des Talgrundwassers (Brunnen Kaiserburgbahn).
  - 7) Eine Überprüfung der  $^2\text{H}$ - $^{18}\text{O}$ -Beziehung an der Probenreihe vom Februar 1988 ergab keine wesentliche Abweichung der Thermalwässer von der Niederschlagsgeraden, auf eine Bestimmung des Deuteriumgehaltes der Wässer kann daher verzichtet werden.
  - 8) Der Vergleich der Isotopengehalte des Wassers des St. Oswald Baches oberhalb der Oswaldquelle und bei der Trattmühle zeigt, daß die  $^{18}\text{O}$ -Gehalte im Rahmen der Meßgenauigkeit ident sind und die  $^3\text{H}$ -Gehalte im Unterlauf etwas höher liegen. Dies ist durch die höhere Verweilzeit des zufließenden Wassers der Oswaldquelle – gekennzeichnet durch einen höheren  $^3\text{H}$ -Gehalt – und eventuell anderer Quellen zu erklären. Für das Bachwasser im Bereich der vermuteten Versickerungsstellen kann daher der  $^{18}\text{O}$ -Wert des St. Oswald Baches oberhalb der Oswaldquelle als repräsentativ angesehen werden.

#### 5.4. Vorschlag für das Untersuchungsprogramm

- 1) Genauere Untersuchung der Altersstruktur der Thermalwässer durch weitere  $^{14}\text{C}$ -Untersuchungen (zumindest in 2/72 und 2/74). Es ist zu erwarten, daß sich daraus einerseits das Wasseralter der alten Komponente besser abschätzen läßt, andererseits die Mischungsanteile von altem und jungem Wasser bestimmen lassen. Bei Kenntnis dieser Anteile können durch Vergleich mit den Isotopendaten der Quellwässer und des Niederschlages Hinweise auf die Herkunft der Anteile erhalten werden.
- 2) Beobachtung des Einflusses der Schneeschmelze im Jahre 1989 auf das gesamte System aus isotopenhydrologischer Sicht. Da die Schneeschmelze im Jahre 1988 wenig markant gewesen ist, fehlen bis jetzt Erkenntnisse darüber, wie das hydrologische Gesamtsystem auf ein hydrologisches Einzelereignis reagiert, vor allem die Kaltwasserkomponente im Bereich der Thermalwässer. Gibt es einen unmittelbaren Einfluß?
- 3) Aufnahme der Vertikalfließgeschwindigkeitsverteilung – Zuflußverteilung – in den Bohrlöchern und Entnahme von Wasserproben aus verschiedenen Tiefen mit Abpackerung zur Lokalisierung alter und junger Zuflußkomponenten. Davon sind wesentliche Informationen über den Zuflußmechanismus und die Herkunft der Kalt- und Warmwasseranteile zu erwarten.

## 6. Hydrochemische Reihenuntersuchungen 1987–88

(J. GRUBER)

Parallel zum isotopenhydrologischen Meßprogramm wurden die Haupt- und Spureninhaltsstoffe an den ausgewählten Thermal-, Kalt- und Oberflächengewässern monatlich vom September 1987 bis November 1988 analysiert (Abb. 14 und 84).

Der nachstehende Kurzbericht 1988 enthält die Methodik sowie die Auffälligkeiten der einzelnen Proben hinsichtlich ihres Chemismus.

Gemeinsam ist allen untersuchten Wässern ihre niedrige Leitfähigkeit verbunden mit geringer Härte. Besonders auffällig ist dabei die Quelle Joggale-Bauer, die eine extrem niedrige Leitfähigkeit, verbunden mit einem schwach sauren pH-Wert, aufweist. Die Gewässer sind insgesamt als nährstoffarm (Stickstoff- und Phosphorverbindungen) zu beurteilen, ausgenommen Talkenbrunnen, in dem erhöhte Orthophosphatkonzentrationen bestimmt wurden.

Aus geochemischer Sicht wäre interessant, einen Jahresgang der Elemente Strontium, Fluorid sowie auch Mo-

lybdän durchzuführen, da von diesen Elementen einigermaßen signifikante Ergebnisse erzielt wurden.

Abschließend wird festgestellt, daß die Wässer weitgehendst frei von toxischen Schwermetallen sind und hinsichtlich des Chemismus den Wässern Trinkwasserqualität bescheinigt werden könnte.

### 6.1. Methodik

Die Parameter Leitfähigkeit, pH, Alkalinität (+m-Wert; Titration bis pH 4,3) wurden nach den üblichen Methoden der Wasserchemie bestimmt.

#### TOC (gesamtoorganischer Kohlenstoff)

Mikroprozessorgesteuerte chemische Oxidation mit UV-Licht und einem IR-Detektor TOC-TC-Analyser, Fa. Astro, Model 1850.

### **Nitrit**

Diazotierung in saurer Lösung mit Sulfanilamid und anschließender Kupplung (STRICKLAND & PARSONS, 1968).

### **Nitrat, Sulfat, Chlorid**

Diese wurden in einem Arbeitsgang hochdruckflüssigkeitschromatographisch bestimmt; HPLC der Firma PERKIN-ELMER; Serie 10, Leitfähigkeitsdetektor (LC-21).

### **Ammonium**

Kolorimetrisch als Indophenol (WAGNER, 1969).

### **Gesamtposphor**

Aufschluß mit Kaliumperoxodisulfat bei 1,1 bar und 120°C photometrisch (SCHMIDT & AMBÜHL, 1965).

### **Orthophosphat**

Molybdänblaureaktion nach SCHMIDT und AMBÜHL (1965).

### **Kalzium, Magnesium, Kalium, Natrium, Eisen, Zink**

Atomabsorptionsspektralphotometrisch; AAS 360 der Firma PERKIN-ELMER.

### **Alle übrigen Metalle**

Flammenlose AAS; Grafitrohrtechnik, Gerät ZEEMANN 3030 der Firma PERKIN-ELMER.

### **Fluorid**

Ionensensitive Elektrode, Modell Sa 720, Fa. ORION.

## **7. Hydrochemie und Geothermometrie**

(W. KOLLMANN & S. SHADLAU)

### **7.1. Planung**

In mehreren Planungsbesprechungen mit dem Projektleiter, den örtlichen Interessenten (Gemeinde, Thermenbetriebsleitung, Wasserversorgung) und Analytikern (Amt der Kärntner Landesregierung – Umweltschuttlabor und der BVFA Arsenal – Geotechnisches Institut) wurde folgendes Programm im Sinn einer ökonomisch-wissenschaftlichen Erkundungsstrategie ausgearbeitet und interdisziplinär interpretiert.

### **7.2. Beprobung**

Die Probennahmestellen (Abb. 14) wurden auf die Fragestellungen (Kaltwasserbeimischung zu Thermalwässern, Herkunft und Einzugsgebiet) bezogen und nach Abhaltung eines Workshops mit allen Beteiligten ausgewählt:

- 5 Thermalwässer (2/72, 1/74, 2/74, 1/84, 2/84)
- 3 Kaltwässer (Joggalebauernqu., Oswaldiqu., Talkenbrunn)
- 1 Talgrundwasser (Brunnen Kaiserburgbahn, insbes. für Isotope)
- 2 Oberflächenwässer (St. Oswaldbach oberhalb Oswaldiqu. und bei Trattnigmühle nur für Isotope)
- 3 Niederschlagswässer (Brunnachhof, St. Oswald, Bad Kleinkirchheim).

Die Probenahmen erfolgten durch Angestellte der Thermenbetriebsleitung, den Wasserwart und die örtlichen Niederschlagsbeobachter.

### **7.3. Argumentation**

Der Auswahl von Probenentnahmestellen und Untersuchungsparametern wurden folgende Überlegungen zugrunde gelegt:

- Berücksichtigung bisheriger Isotopenanalysen seit 1974
- Erfassung der chemisch-isotopenhydrologischen Charakteristik des ungemischten Thermalwassers
- Ermittlung des Mischungsanteils von Thermal- und Kaltwasserkomponenten, wo der Temperaturgang und bisherige Tritiumanalysen es vermuten lassen
- Bestimmung der Infiltrationshöhe und -fläche (stabile Isotope und hydrogeologische Kartierung)

- Untersuchung des Höheneffekts der isotopischen Zusammensetzung und quantitativen Zunahme der Niederschläge und Extrapolationsmöglichkeit
- Typisierung der Kaltwässer nach deren geologischem Einzugsgebiet
- Wirksamkeit lithologisch unterschiedlicher Untergrundpassagen auf die hydrochemische Zusammensetzung insbesondere der Thermalwässer
- Qualitative Erfassung und quantitative Messungen der Oberflächengewässer-Grundwasser Kommunikationen
- Entscheidungshilfe bei geplanten Fassungsarbeiten zur Erweiterung der WVA.

### **7.4. Analytik**

Die Rohdaten und methodischen Grundlagen zur hydrochemischen Analytik sind im ersten Jahresbericht (E. CLAR et al., 1988) von J. GRUBER (Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 15 U: Hofrat Prof. Dr. SAMPL) enthalten und beschrieben. Weitere Kontrollmessungen und die Analysen von Kaltwässern aus der hydrogeologischen Kartierung von W. GAMERITH erfolgten im Labor der Geologischen Bundesanstalt (FA Geochemie: ORat Dr. KLEIN).

### **7.5. Interpretation**

In den Gangliniendarstellungen (MS Chart-Grafik) lassen sich prinzipiell die Thermalwässer durch durchgezogene dicke Linien, die Kaltwässer durch gerasterte, weniger strichintensive (graue) Linien unterscheiden (Abb. 23–48).

#### **7.5.1. Physikalisch-chemische Parameter**

Die Temperaturreihenmessungen zeigen generell geringe jahreszeitliche Schwankungen, auch was die Kaltwässer betrifft. Der St. Oswaldbach prägt als Oberflächengewässer die Lufttemperaturschwankungen jahreszeitlich gedämpft ab, die aber von der daneben austretenden Oswaldiquelle nicht widerspiegelt werden. Dies kann als erster Hinweis gewertet werden, daß an der Quelle nicht unmittelbar Flußinfiltrate bzw. Uferfiltrate wieder austreten oder beigemischt sind.

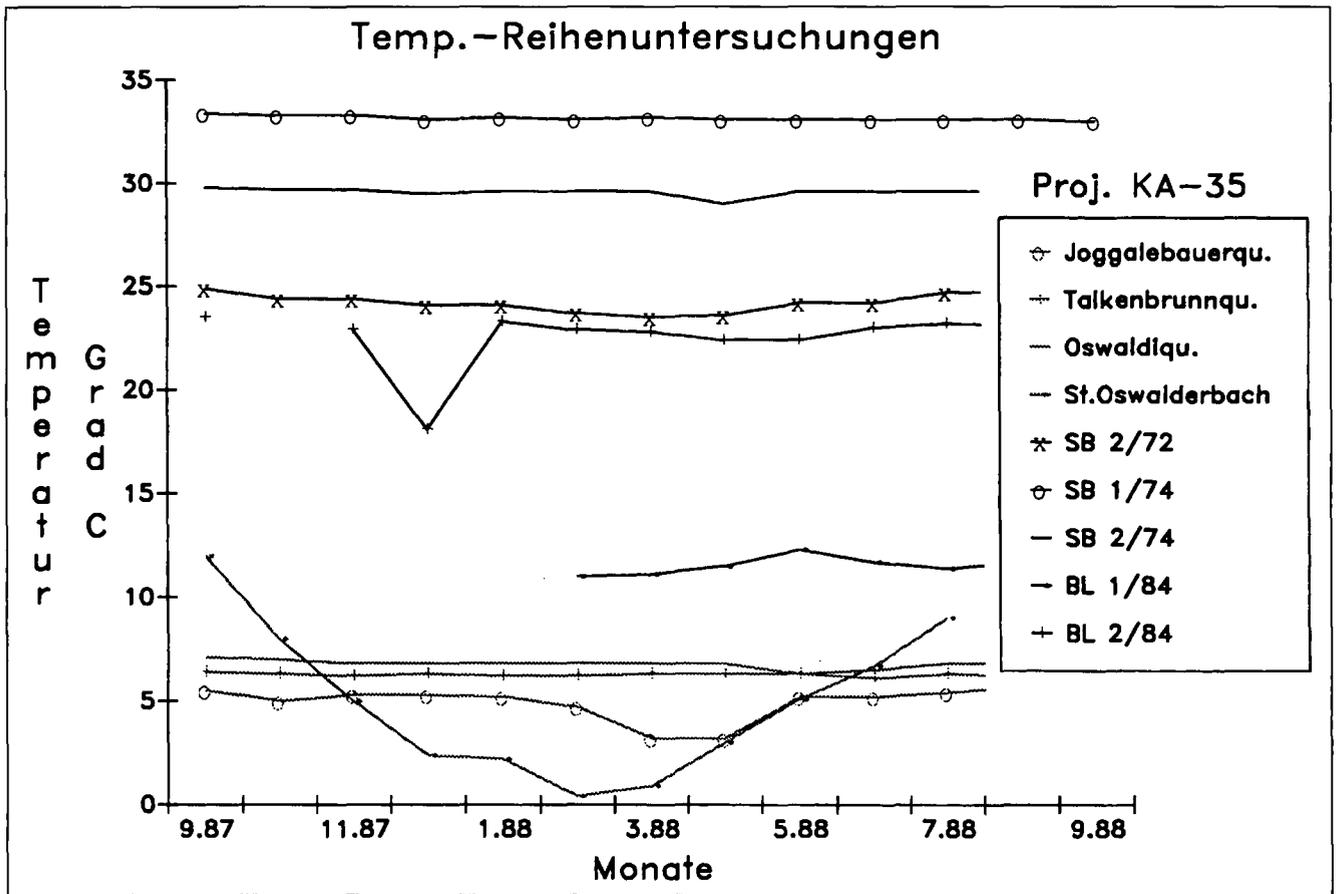


Abb. 23.  
Monitoring Temperaturen-Jahresganglinie.

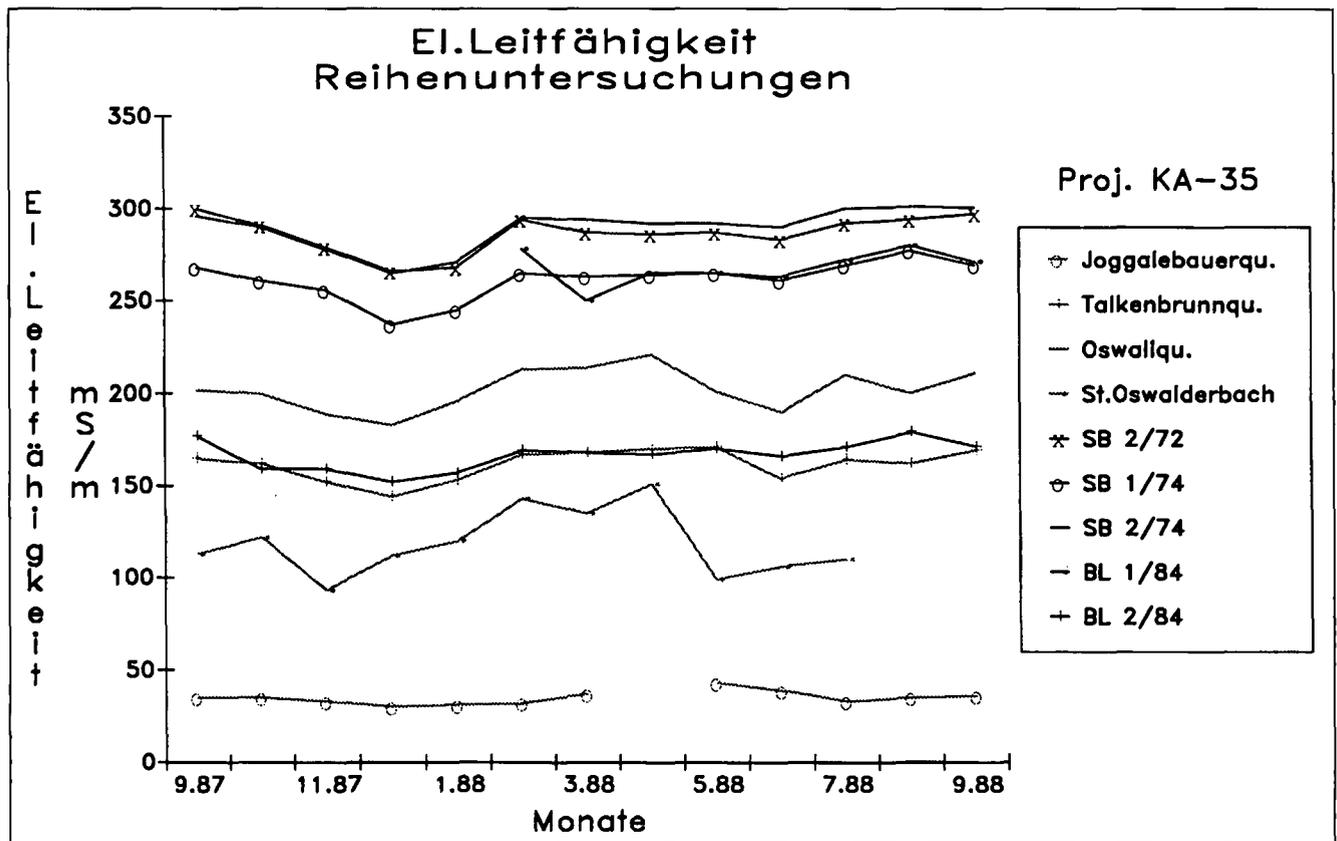


Abb. 24.  
Monitoring elektrische Leitfähigkeiten-Jahresganglinie.

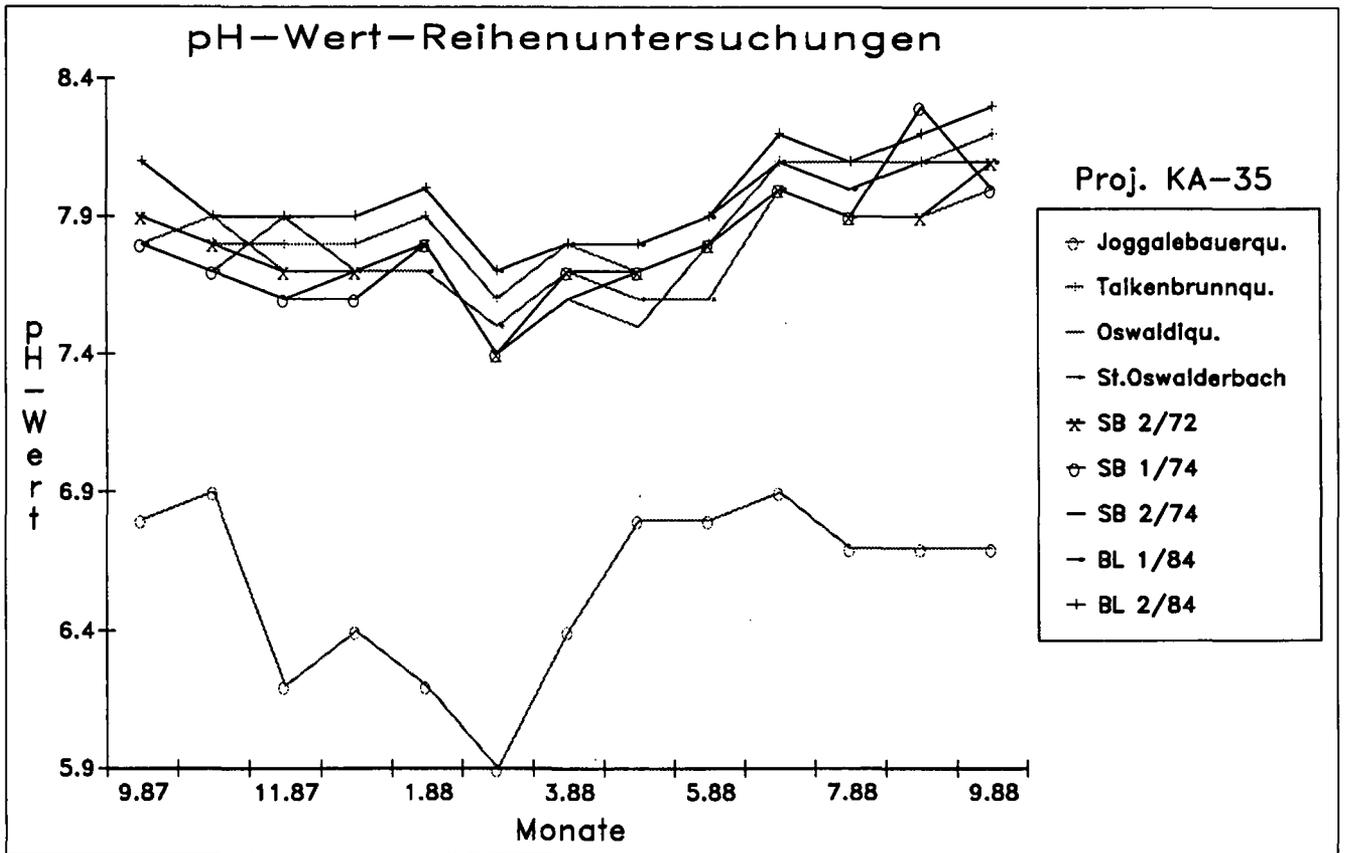


Abb. 25.  
Monitoring pH-Werte-Jahresganglinie.

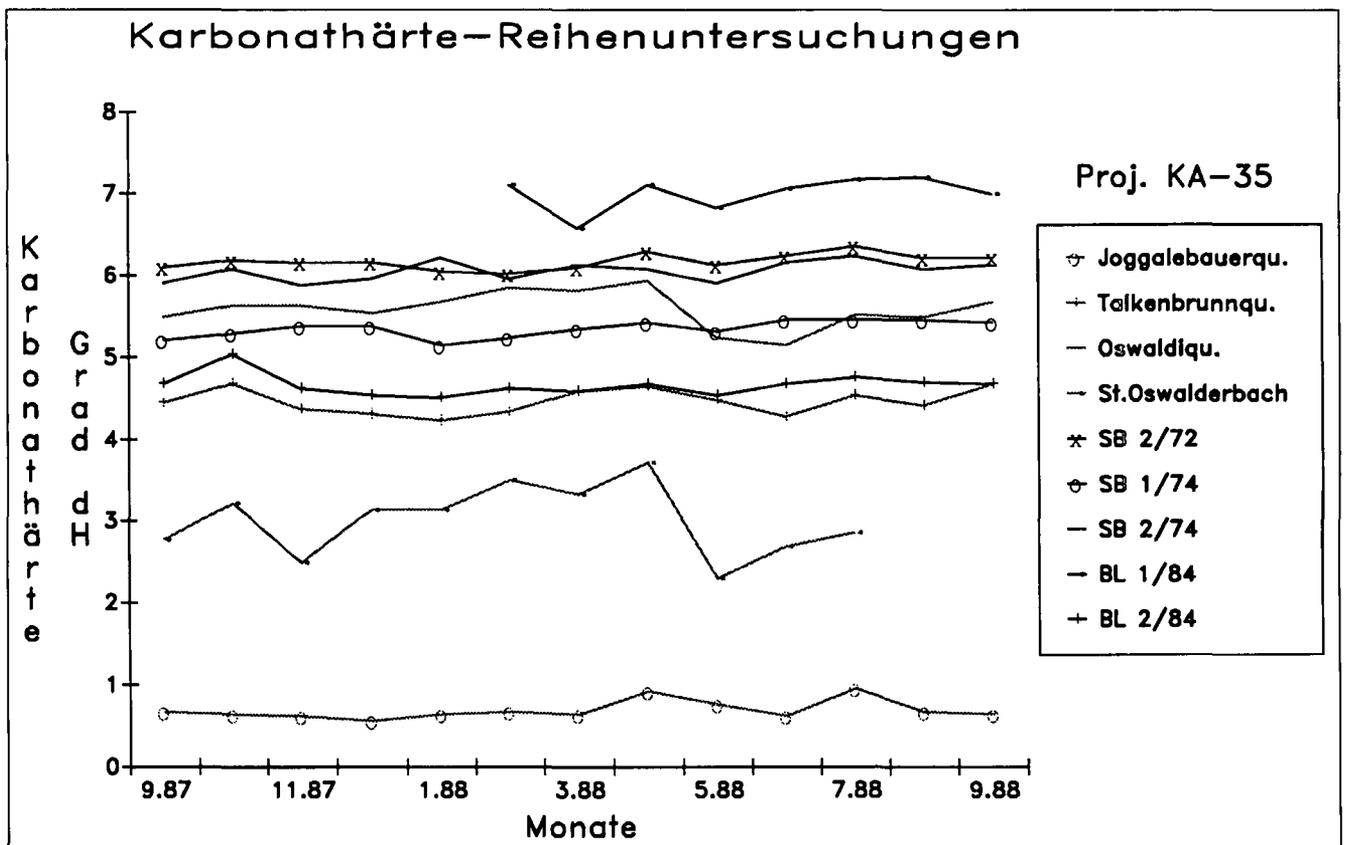


Abb. 26.  
Monitoring Karbonathärten-Jahresganglinie.

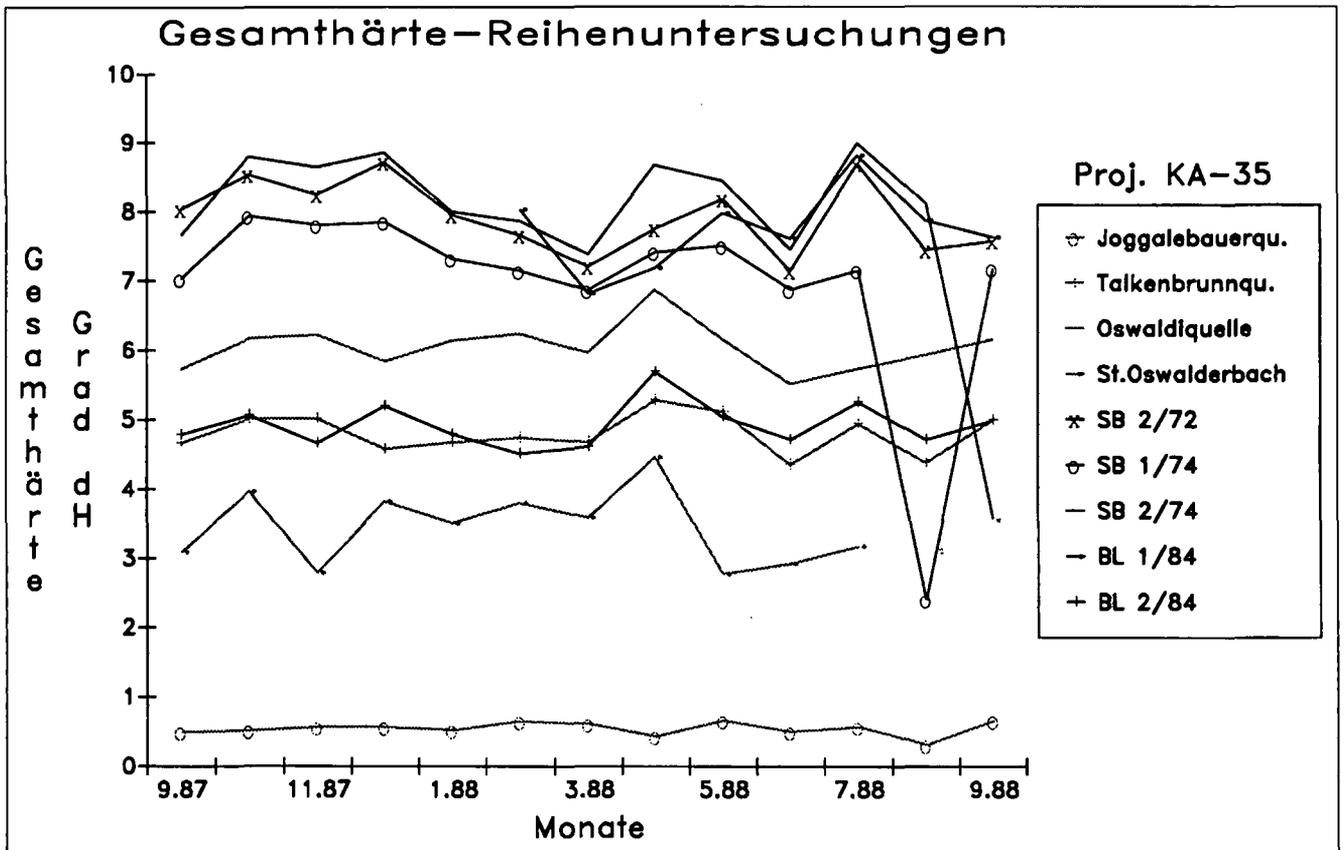


Abb. 27.  
Monitoring Gesamthärten-Jahresganglinie.

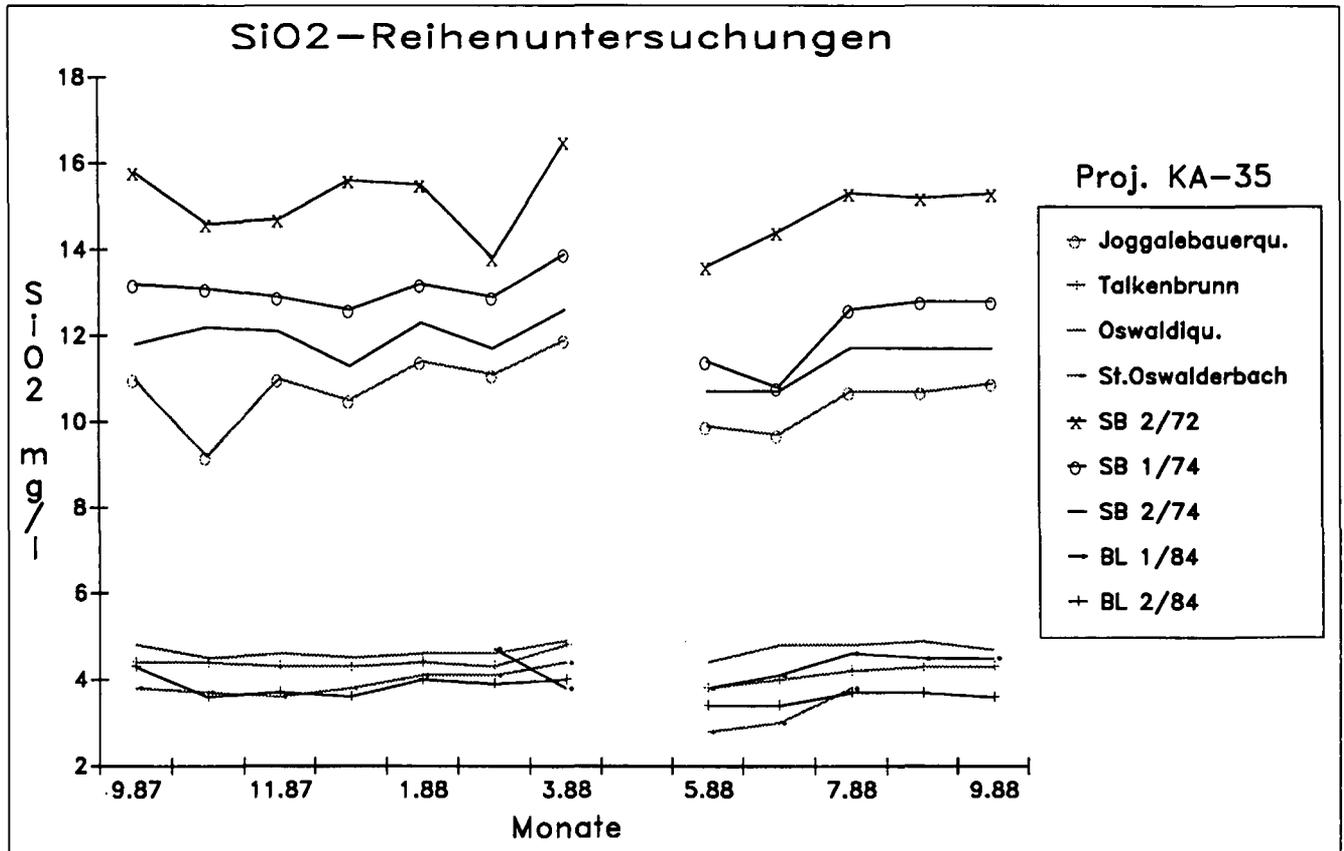


Abb. 28.  
Monitoring Kieselsäurekonzentrationen-Jahresganglinie.

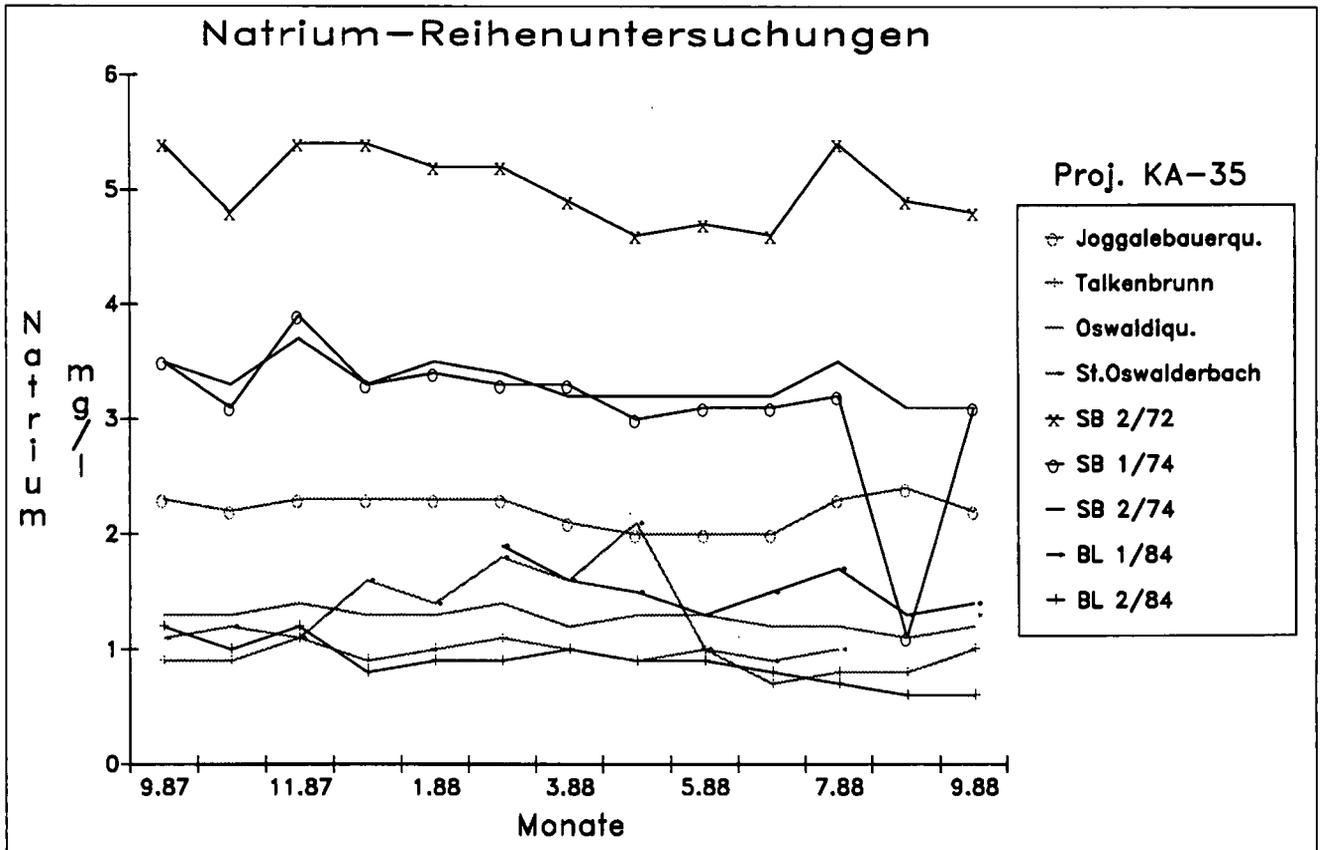


Abb. 29.  
Monitoring Natrium-Jahresganglinie.

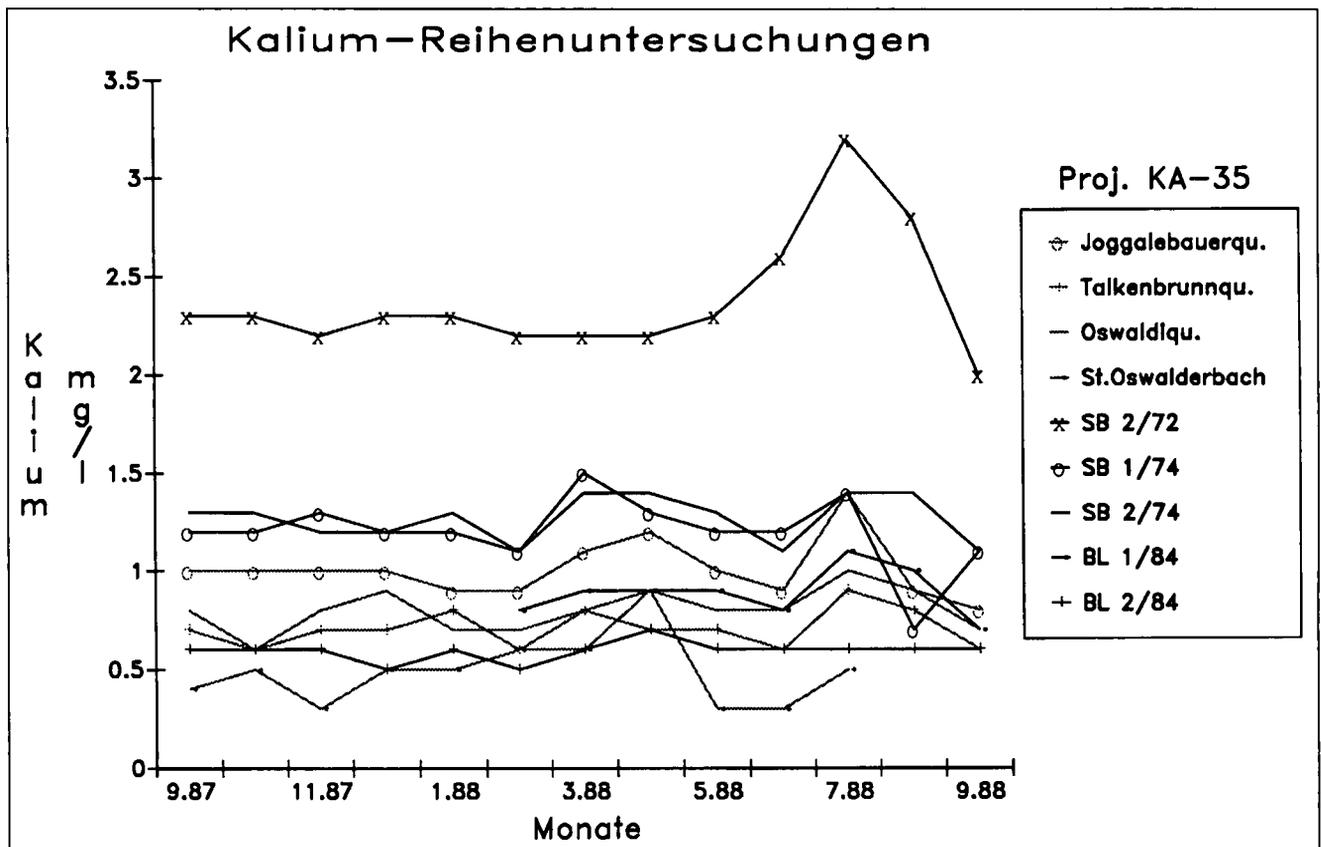


Abb. 30.  
Monitoring Kalium-Jahresganglinie.

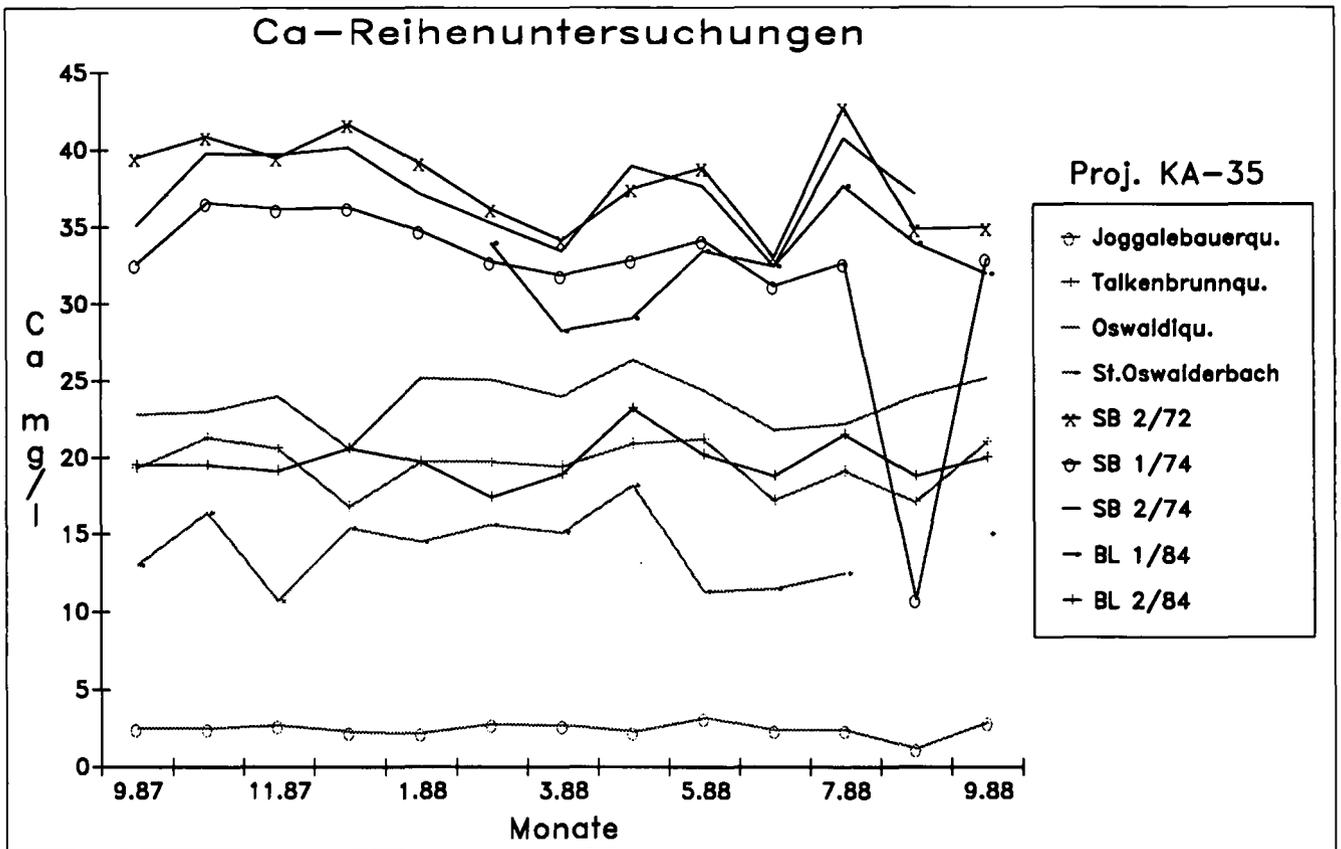


Abb. 31.  
Monitoring Kalzium-Jahresganglinie.

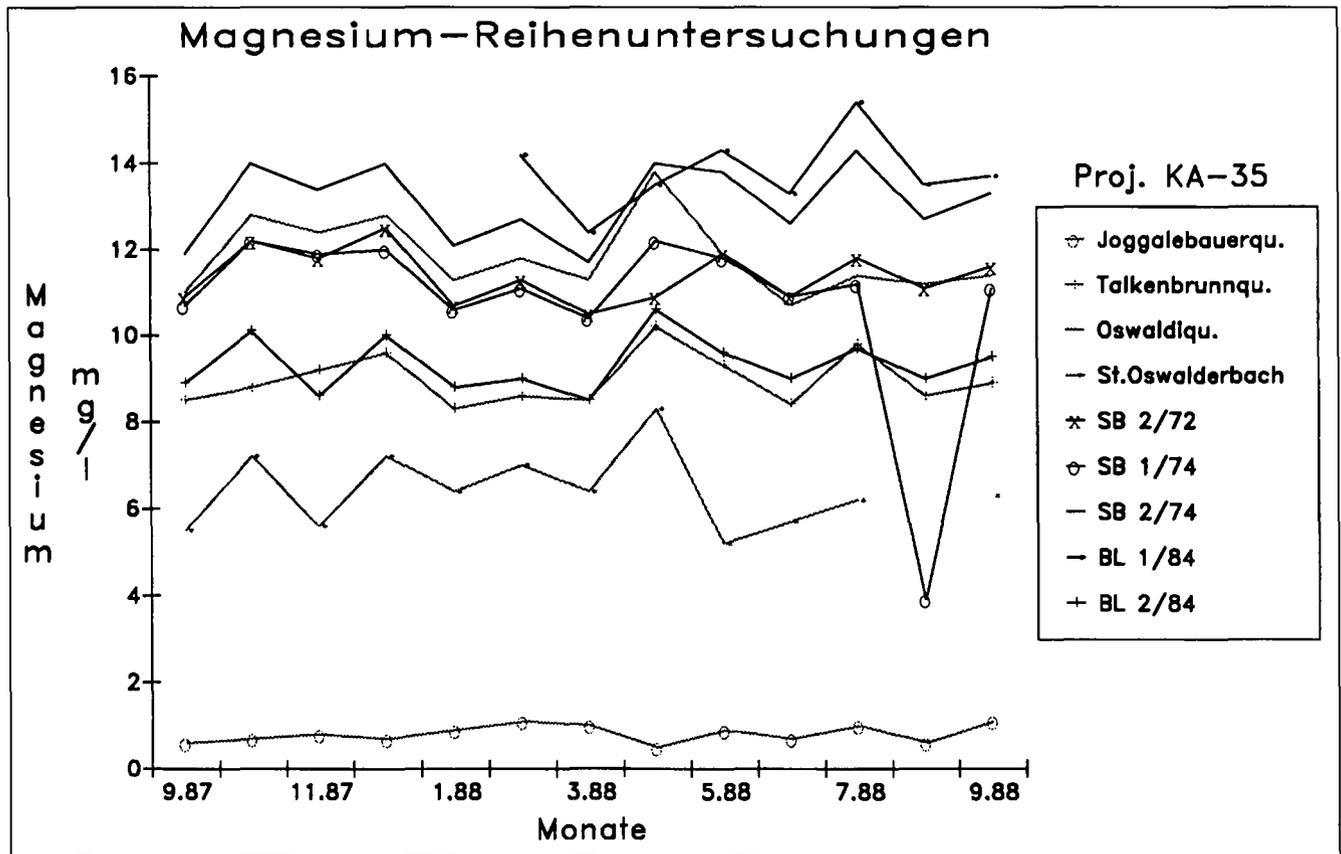


Abb. 32.  
Monitoring Magnesium-Jahresganglinie.

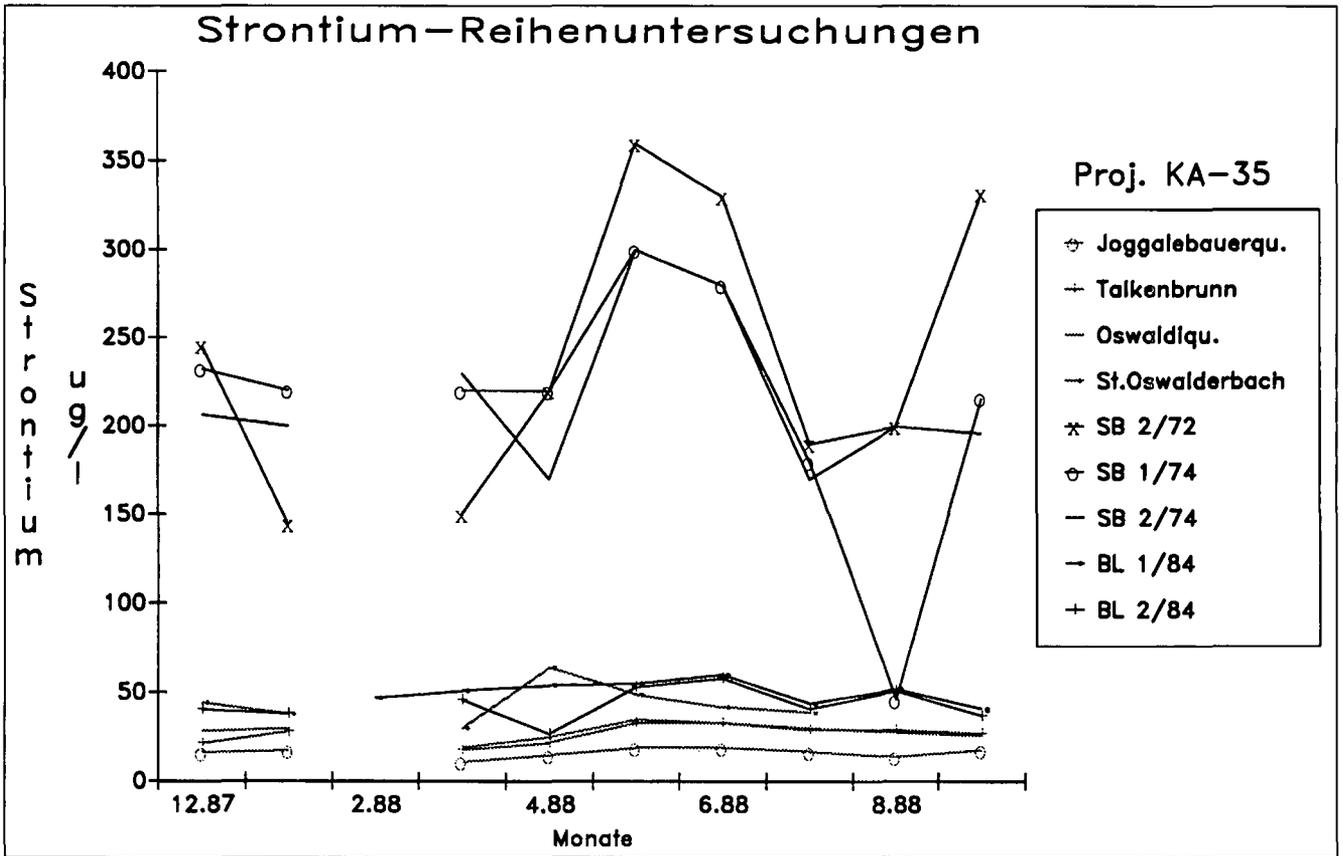


Abb. 33.  
Monitoring Strontium-Jahresganglinie.

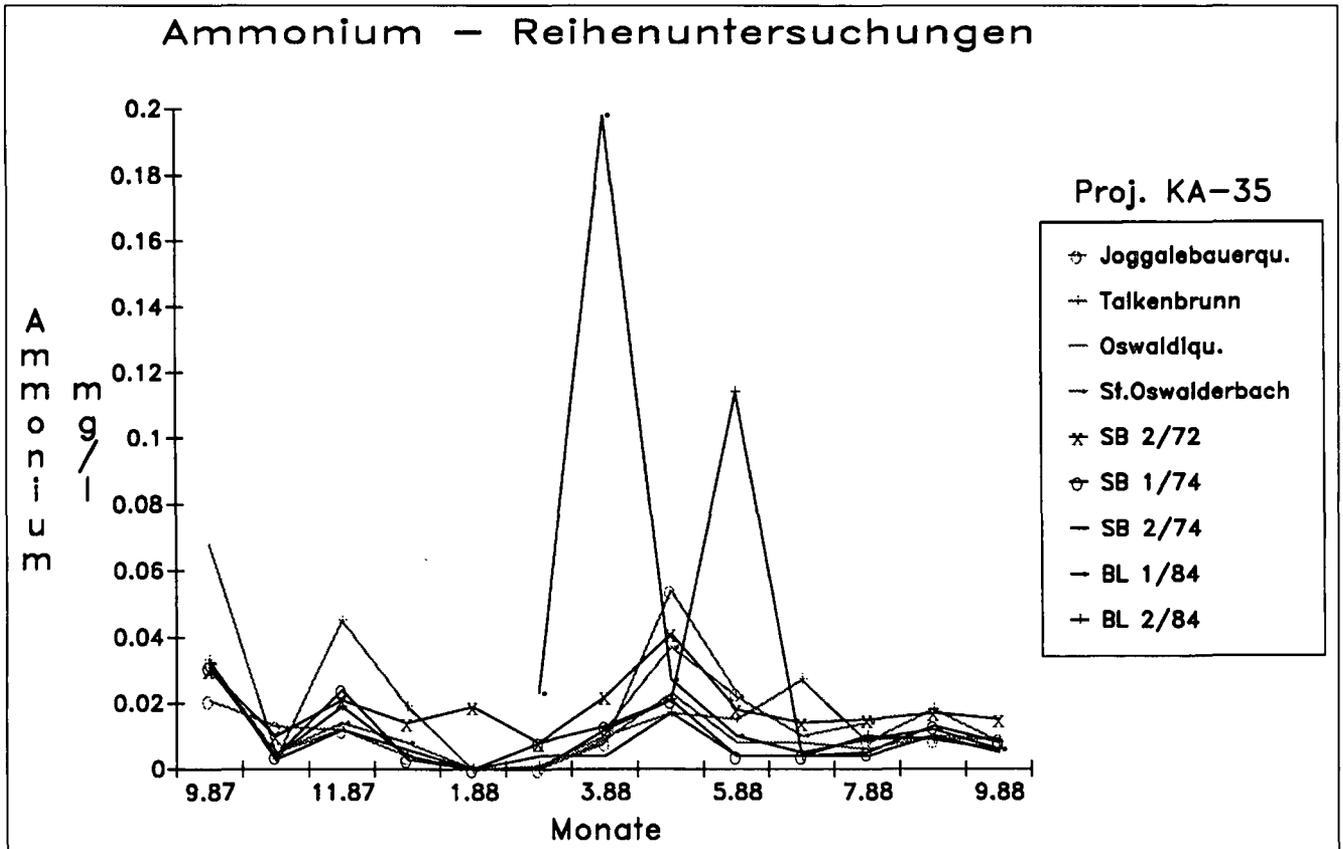


Abb. 34.  
Monitoring Ammonium-Jahresganglinie.

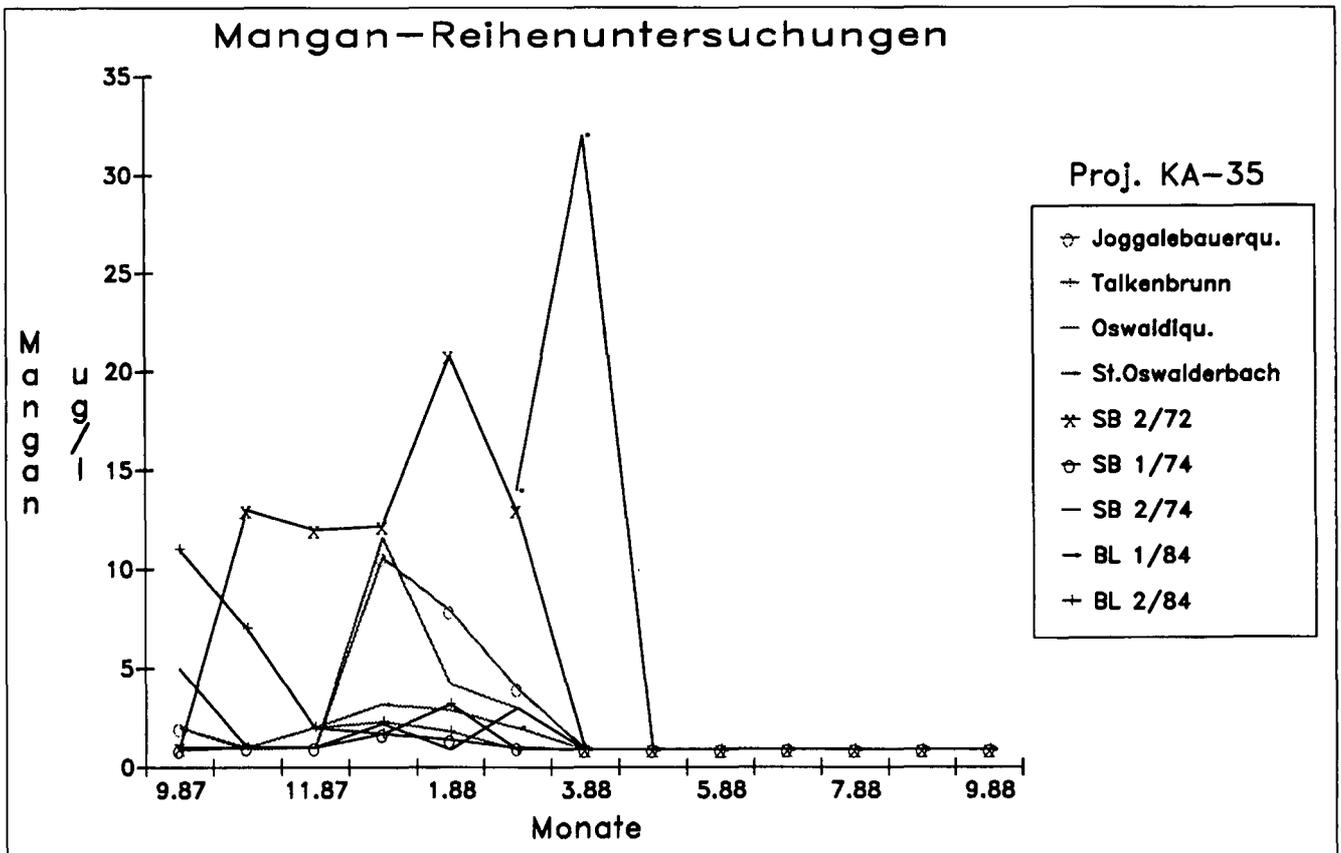


Abb. 35.  
Monitoring Mangan-Jahresganglinie.

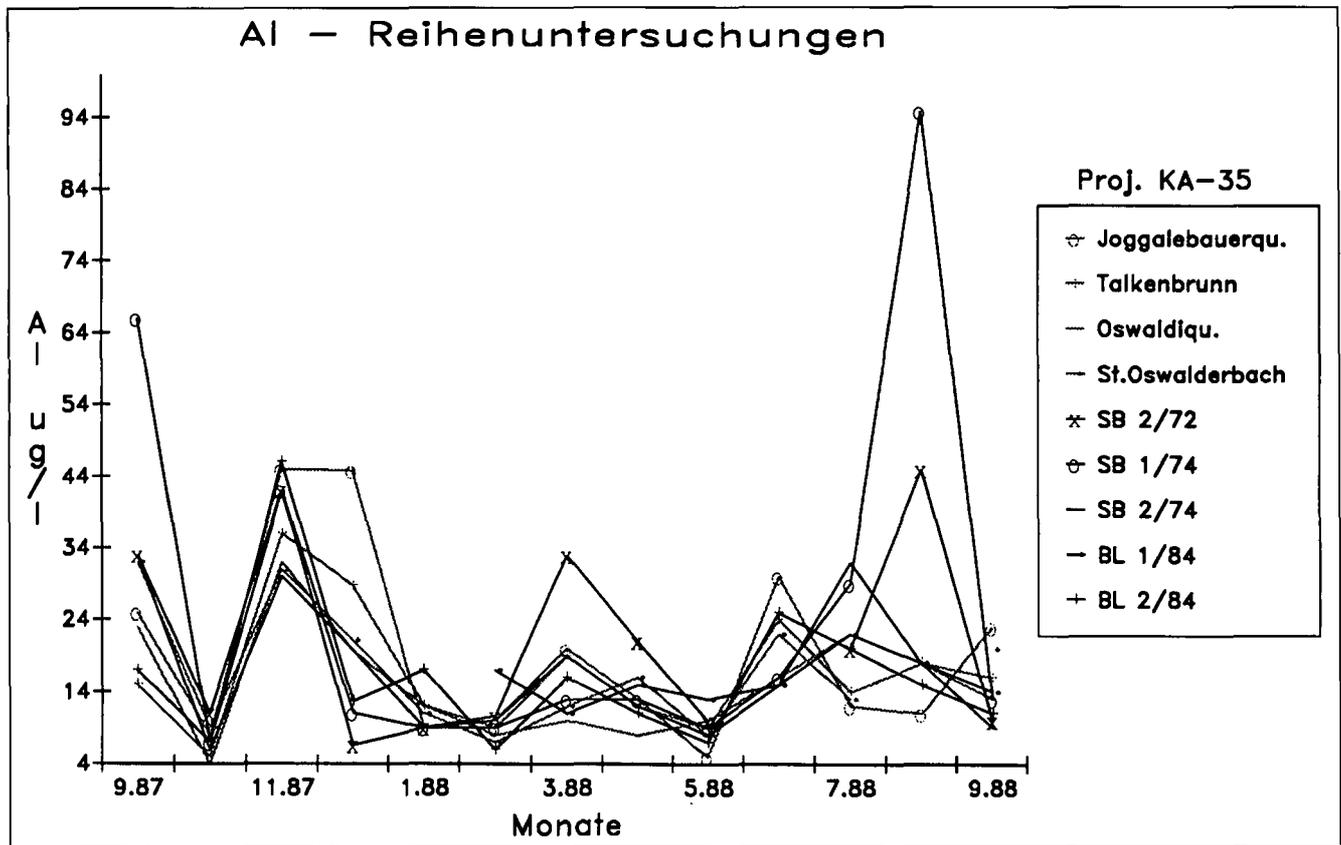


Abb. 36.  
Monitoring Aluminium-Jahresganglinie.

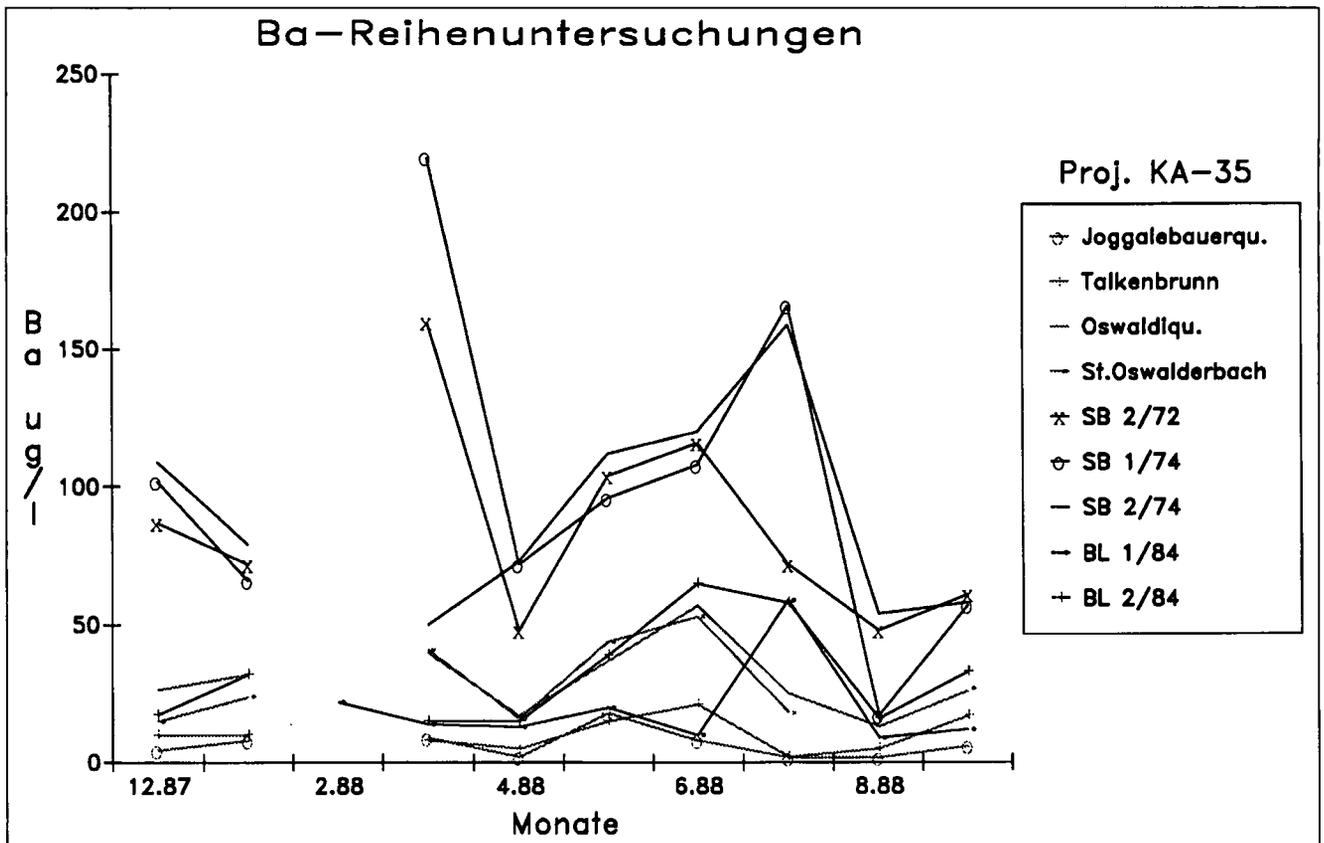


Abb. 37.  
Monitoring Barium-Jahresganglinie.

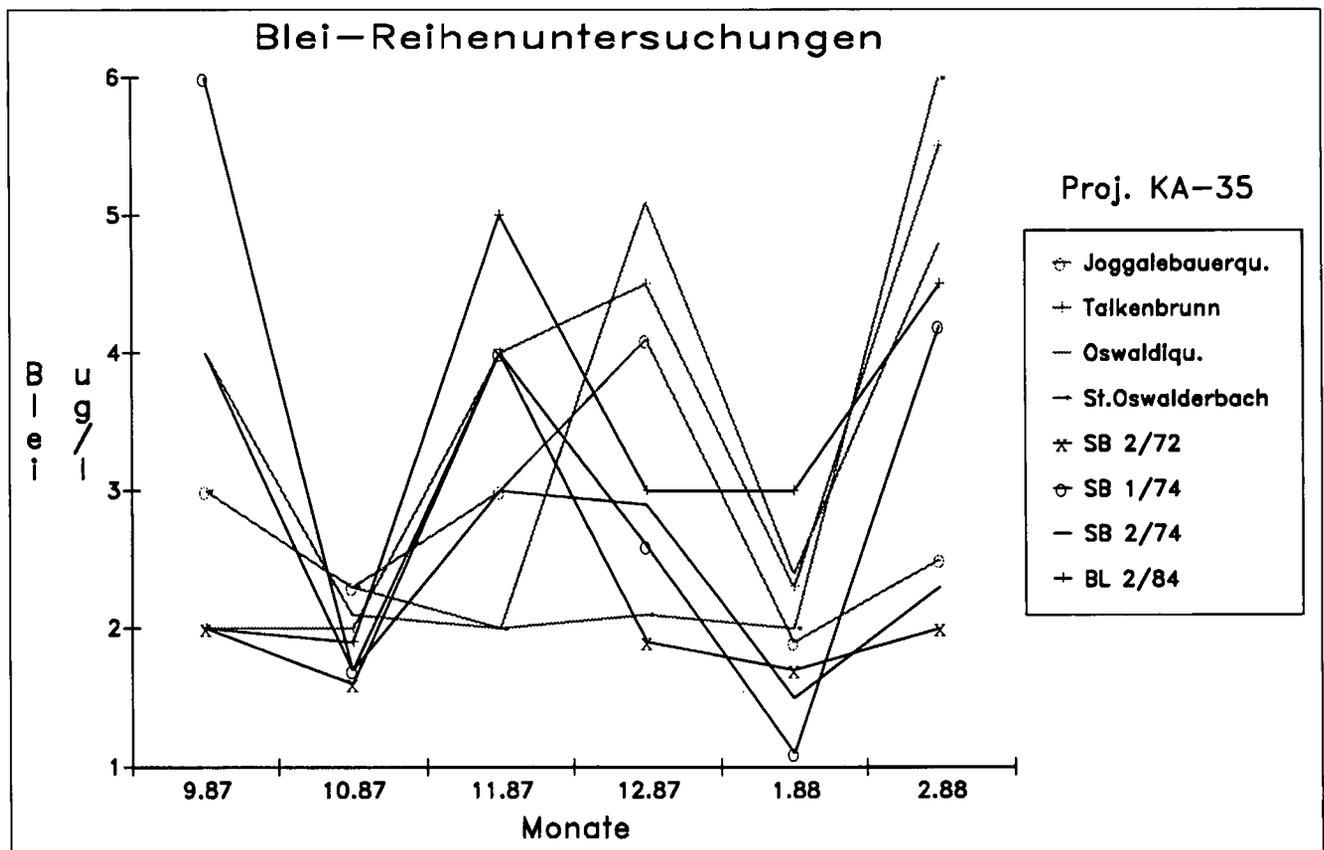


Abb. 38.  
Monitoring Blei-Jahresganglinie.

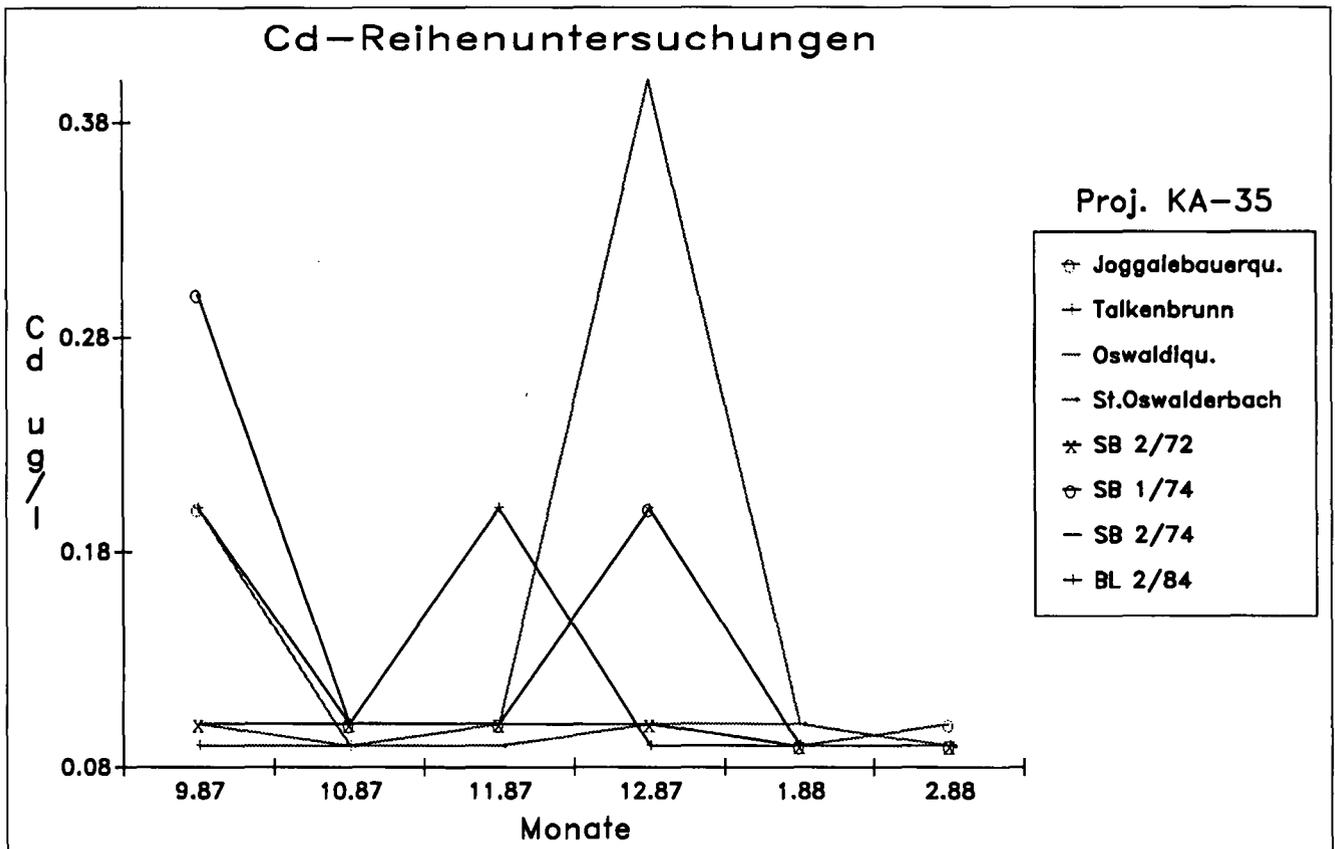


Abb. 39.  
Monitoring Cadmium-Jahresganglinie.

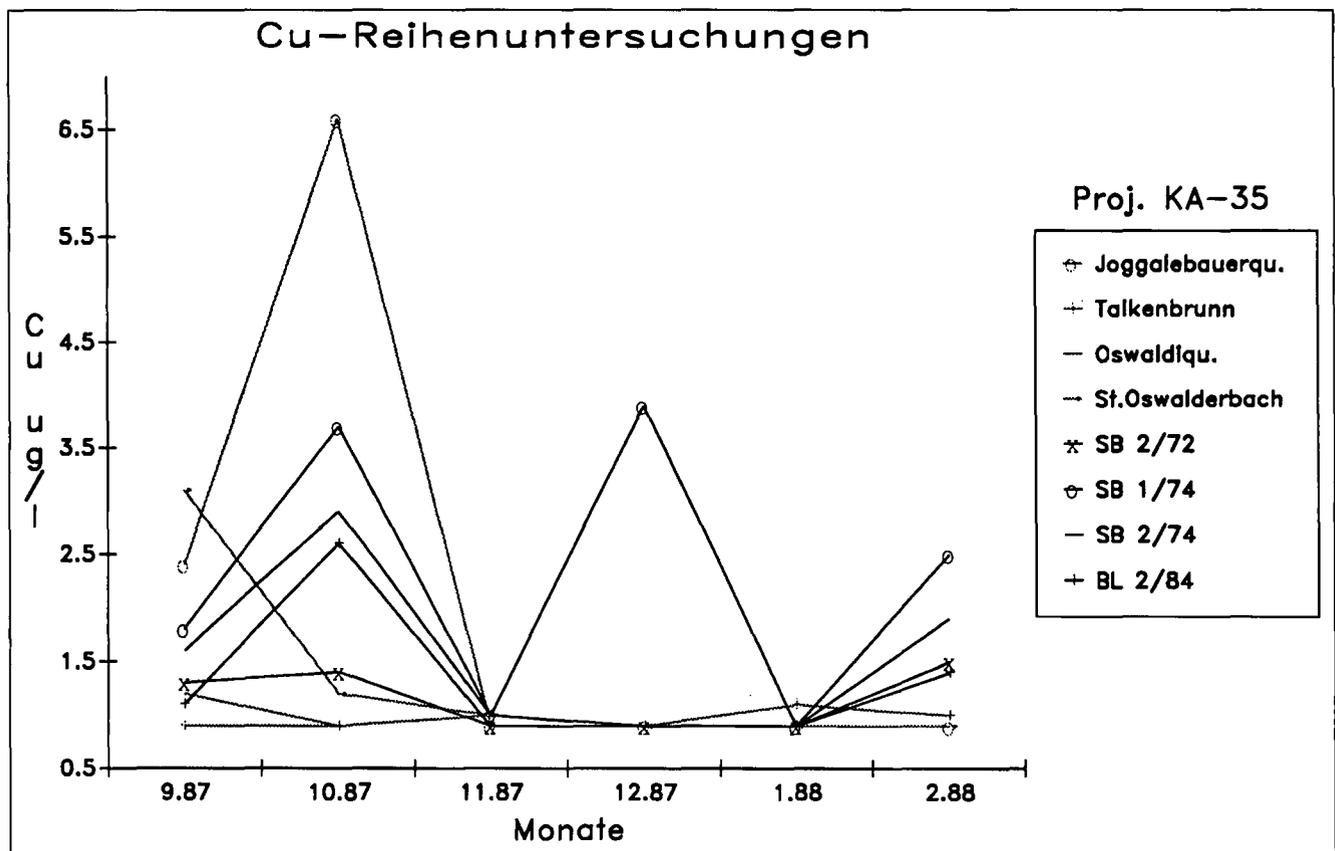


Abb. 40.  
Monitoring Kupfer-Jahresganglinie.

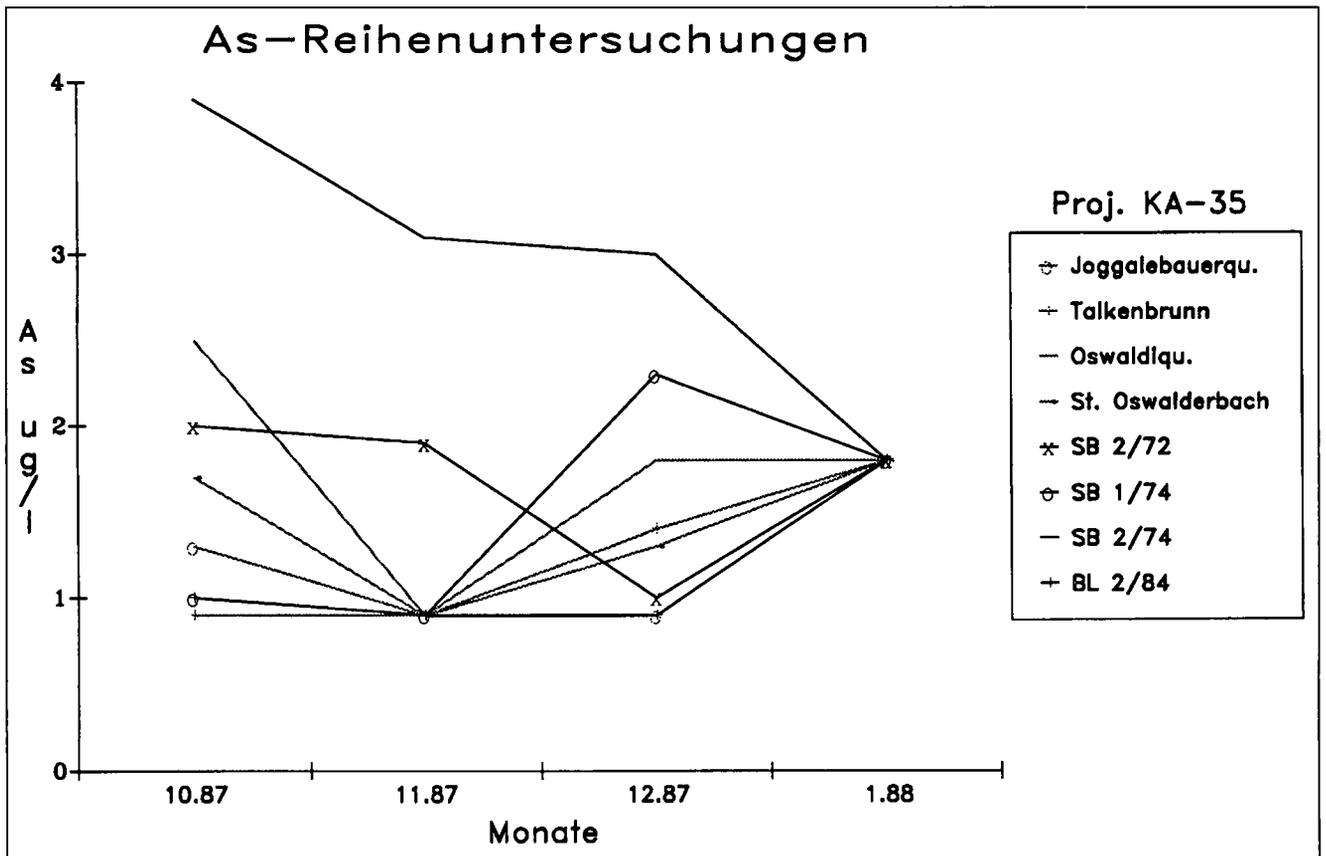


Abb. 41.  
Monitoring Arsen-Jahresganglinie.

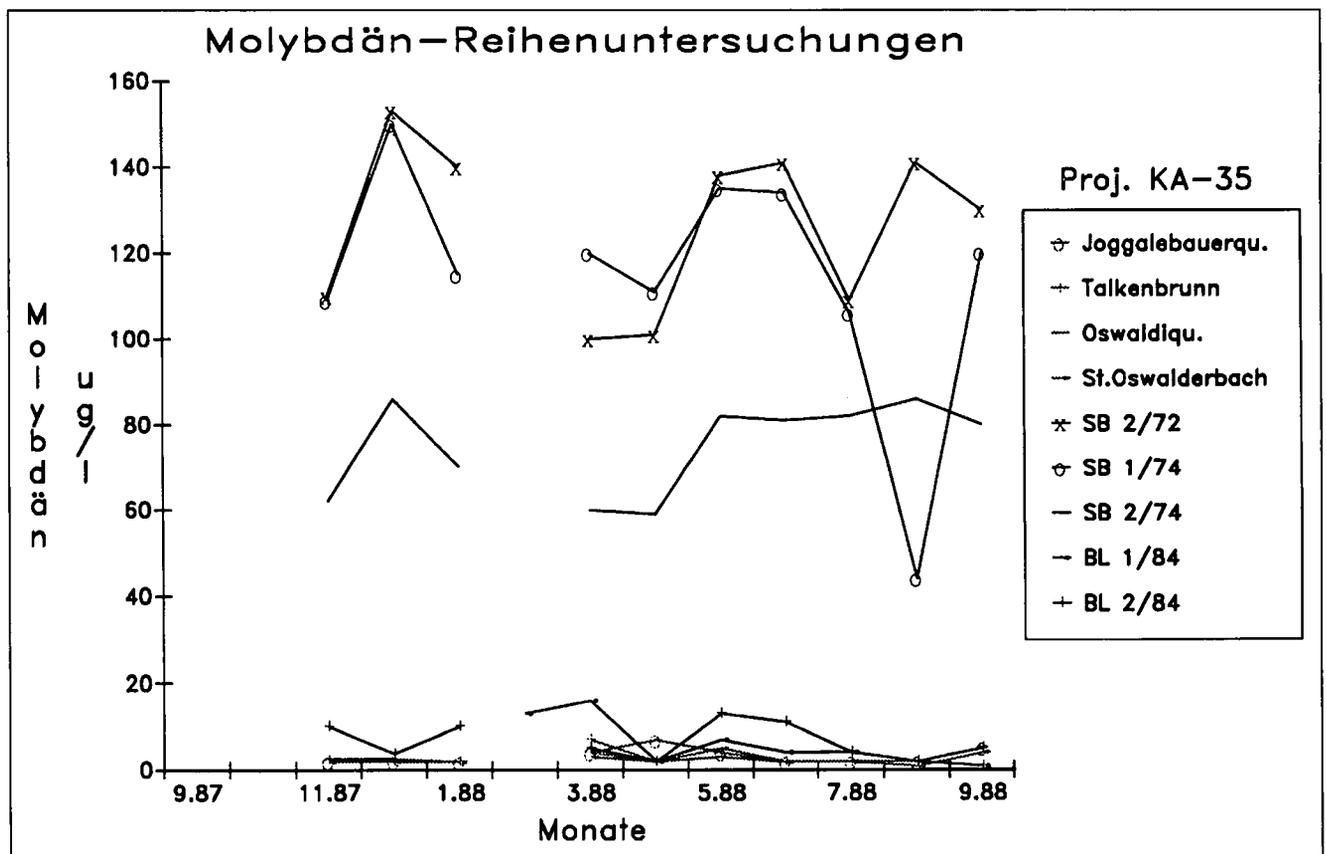


Abb. 42.  
Monitoring Molybdän-Jahresganglinie.

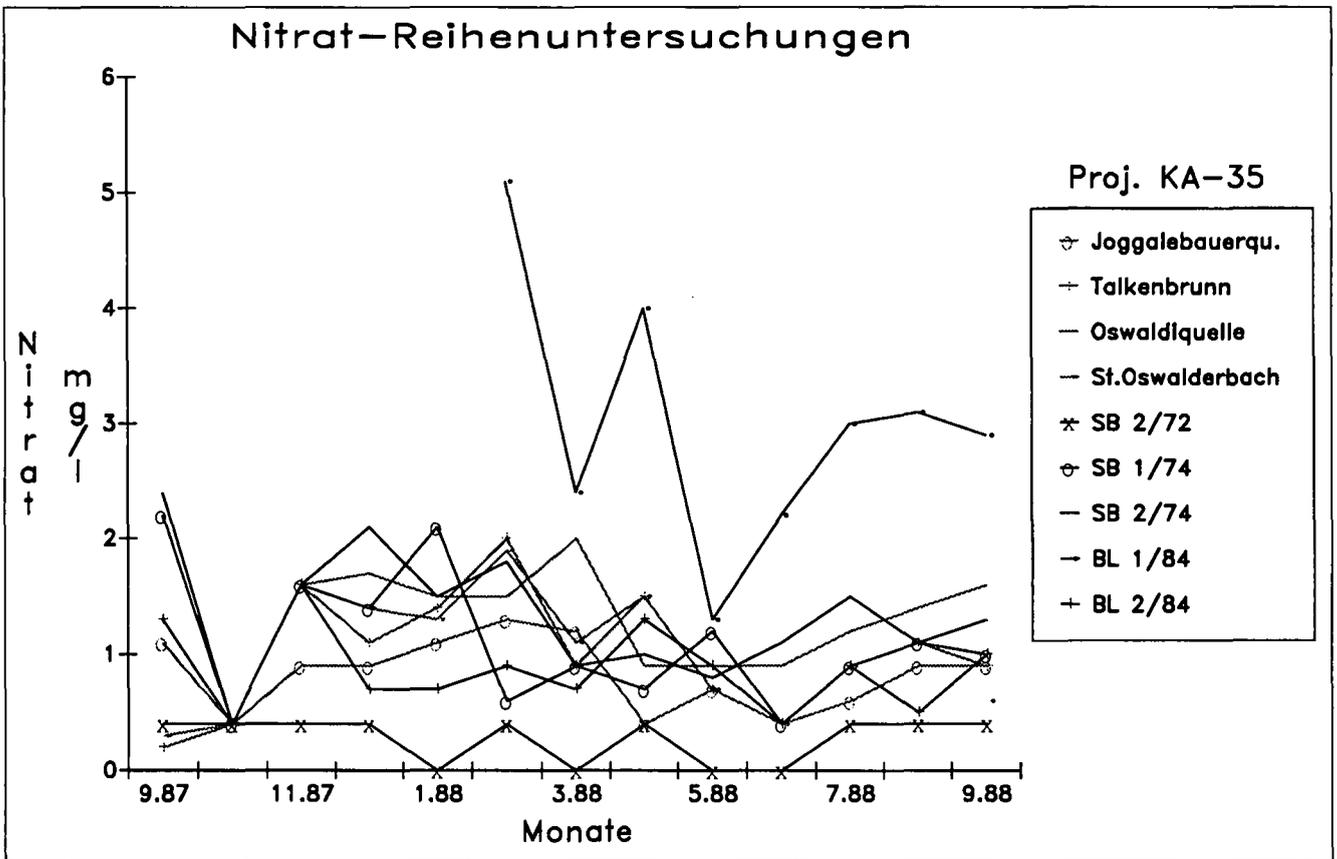


Abb. 43.  
Monitoring Nitrat-Jahresganglinie.

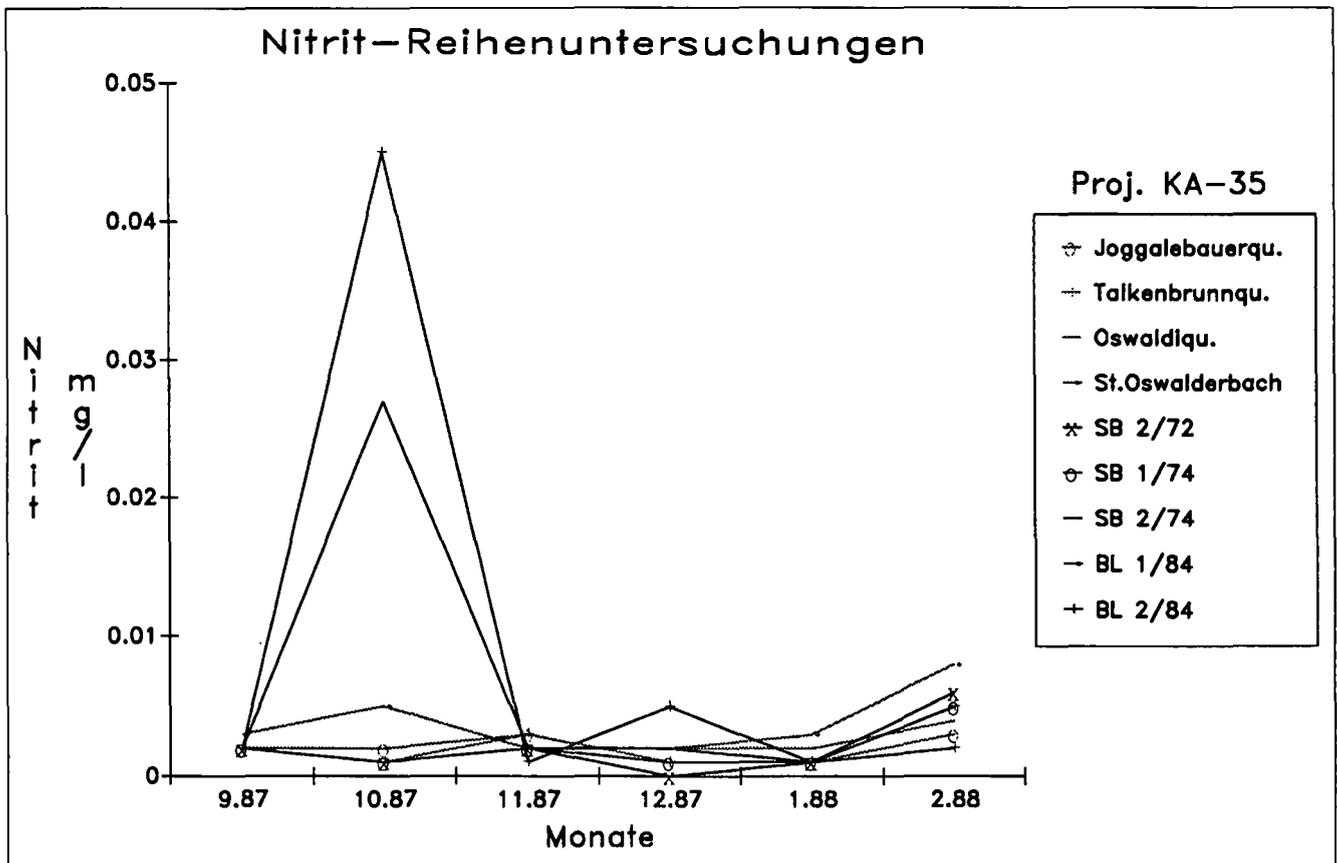


Abb. 44.  
Monitoring Nitrit-Jahresganglinie.

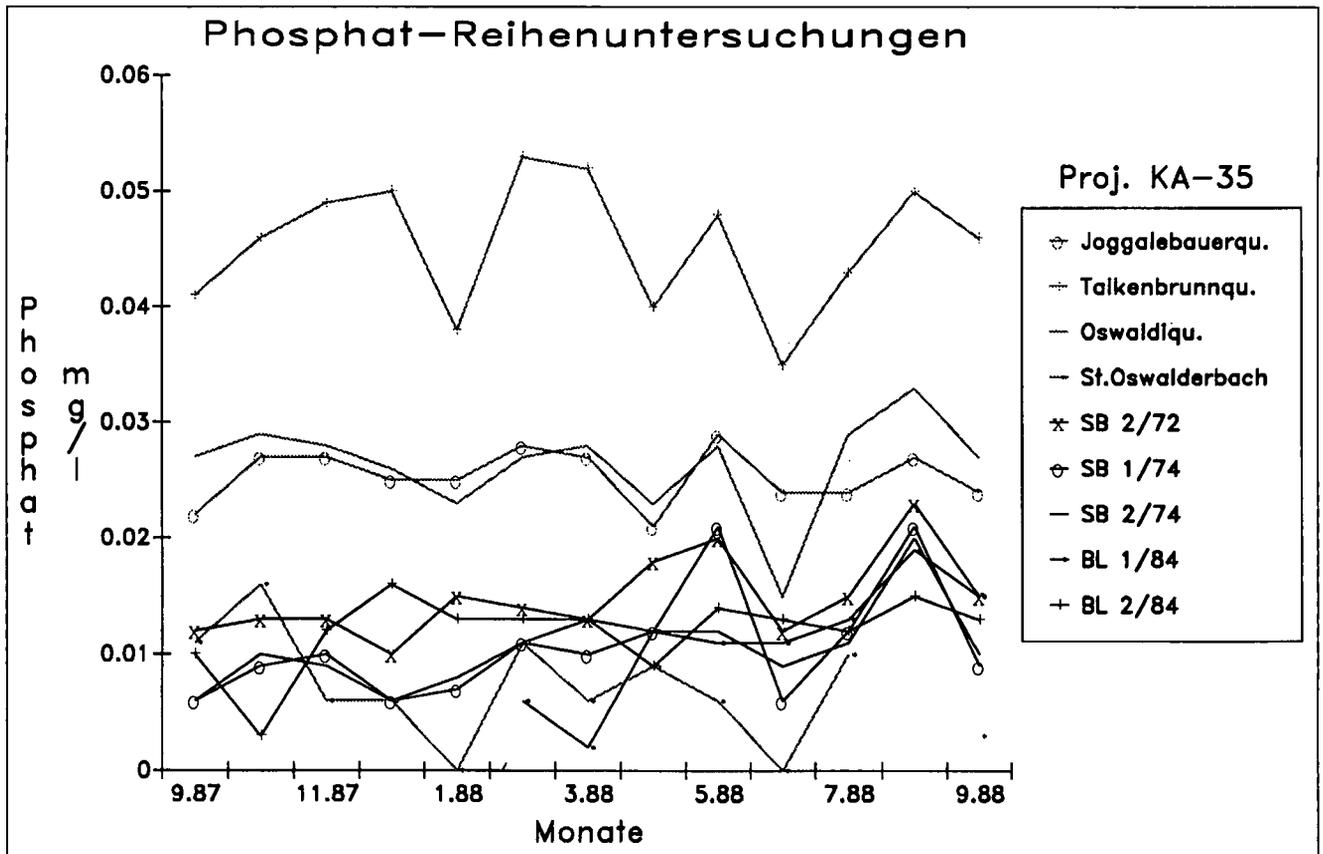


Abb. 45.  
Monitoring Phosphat-Jahresganglinie.

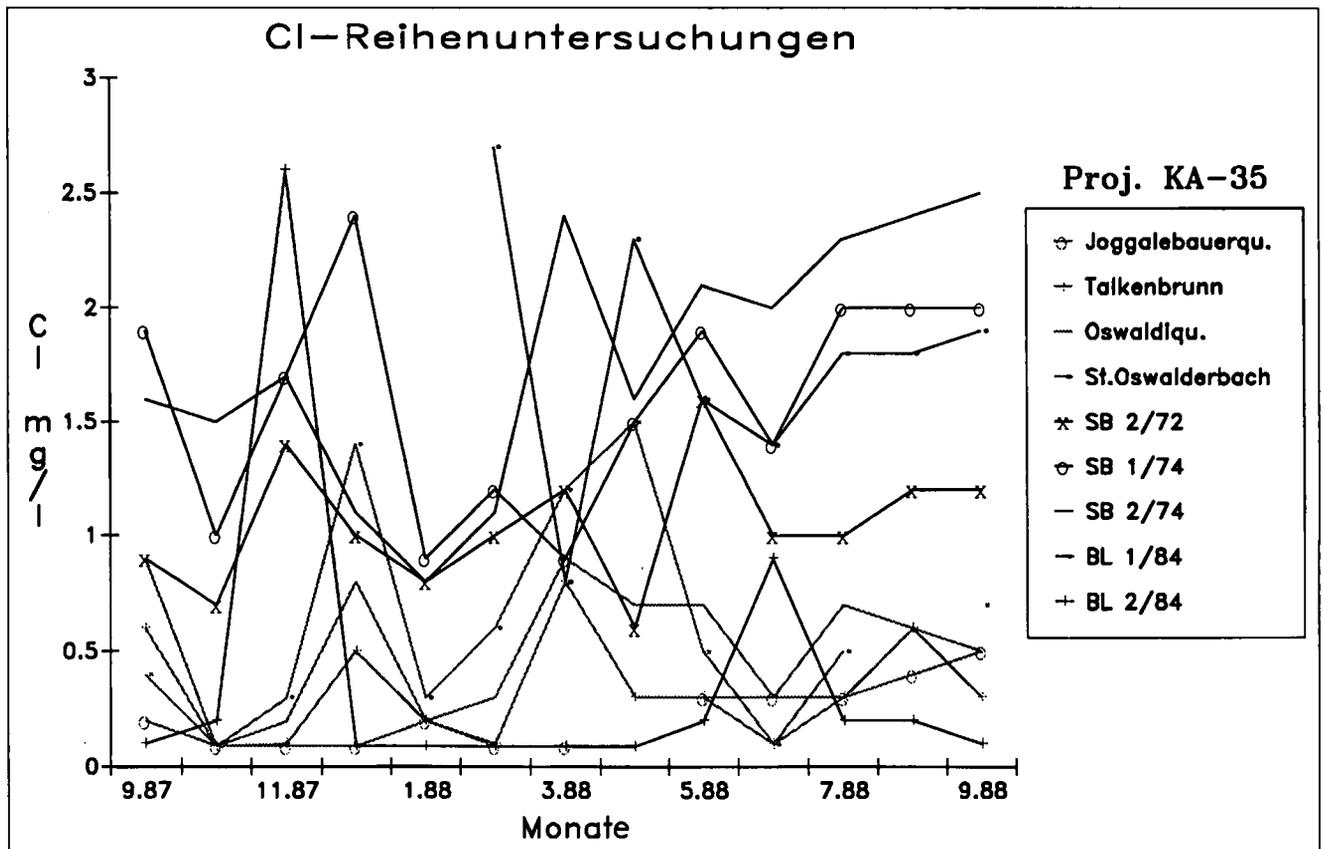


Abb. 46.  
Monitoring Chlorid-Jahresganglinie.

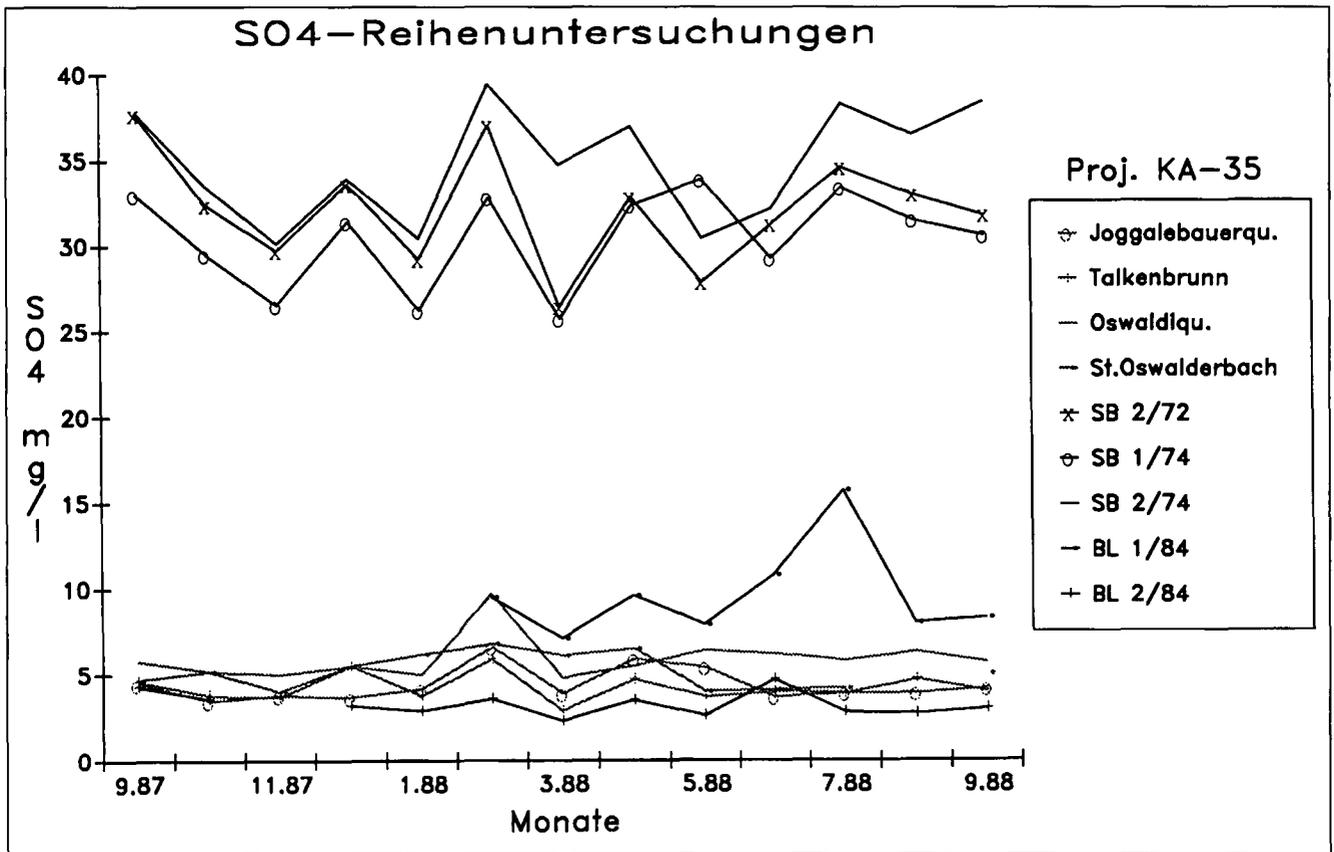


Abb. 47.  
Monitoring Sulfat-Jahresganglinie.

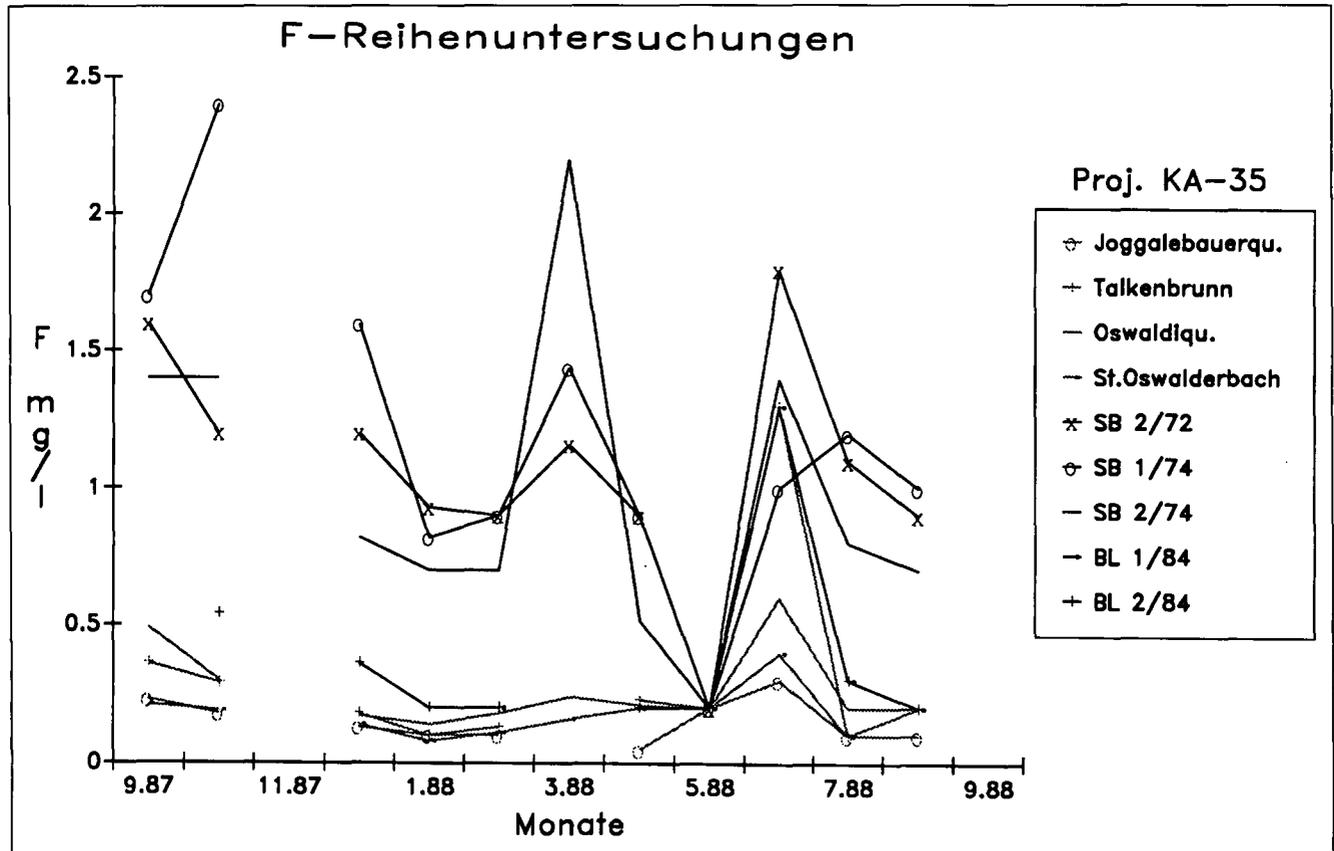


Abb. 48.  
Monitoring Fluorid-Jahresganglinie.

Die Thermen zeigen mit Ausnahme eines Temperaturwertes der Bohrung 2/84, welcher wahrscheinlich meßtechnisch bedingt ist (die Messungen erfolgten i.a. am artesischen Überlauf, damals im Winter wahrscheinlich in der stehenden Wassersäule), fast keine jahreszeitliche Amplitude. Der Abkühlungstrend (vgl. Kap. Zukunftsüberlegungen) ist bei allen Thermalwässern im Frühjahr, wahrscheinlich bedingt durch geringe Schneeschmelzwasserbeimischung in der Kalt- bzw. Jungwasserkomponente am stärksten.

Die elektrolytischen Leitfähigkeitsganglinien zeigen schon wesentlich ausgeprägtere Schwankungen, die auch von den Thermen mitgemacht werden. Synchrones Verhalten weist auf den großen Einfluß der Kaltwasserkomponente an der Gesamtmineralisierung hin. Dies trifft allgemein für die aus dem Dolomit gespeisten Quellen, Brunnen und Bohrungen zu (bessere Löslichkeit und deshalb Mineralisierung), weniger für die Joggalebauernquelle aus dem Altkristallin.

Die pH-Werte unterliegen ebenfalls einem jahreszeitlichen Trend, auch bei den Thermalwässern, was doch auf gewissen Oberflächenkontakt über die Kaltwasserkomponente bzw. das Niederschlagsinfiltrat (vgl. die Niederschlagsdarstellung in Abb. 6 und 7) hindeutet. Die Eigenständigkeit der Joggalebauernquelle, die ein lithologisch gänzlich unterschiedliches Einzugsgebiet entwässert (saure Kristallingesteine ohne Pufferfunktion), wird abermals dokumentiert.

Die Ganglinien der Karbonat- und Gesamthärteschwankungen belegen definitionsgemäß die Hydrogenkarbonat- und Ca+Mg-Konzentrationsunterschiede. Die generell weichen bis mittelharten Wässer liegen je nach Mischanteilen weiter gestreut auseinander. Asynchrones Verhalten ist der Hinweis, daß nicht nur der Verdünnungseffekt durch Niederschlags- und Schneeschmelzwässer, sondern vornehmlich die Löslichkeit der Aquifergesteine Einfluß ausüben.

Die Kieselsäurekonzentrationen (Siliziumdioxid) wurden in erster Linie für die Geothermometerberechnungen (Kap. 7.6.) analysiert. Deren Schwankungen zu ermitteln war die Voraussetzung für die Beurteilung der Repräsentativität der Genesetemperaturaussagen. Diese liegen bei maximal 20 % und zeigen den bei Thermalmischwässern auch jahreszeitlich variierenden Kaltwasseranteil an, der zur Verdünnung von aus tieferen, tektonisch gestörten Kristallin-Quarz-Gesteinen (Aigener Bruch) aufsteigenden Hochtemperaturwässern führt.

### 7.5.2. Kationen

Von den Kationen einschließlich der Spurenelemente wurden untersucht und graphisch dargestellt (Abb. 29–42):

Natrium, Kalium, Kalzium, Magnesium, Strontium, Ammonium, Mangan, Aluminium, Barium, Blei, Cadmium, Kupfer, Arsen, Molybdän.

Die Alkalien Na und K sind in den Thermalwässern mit geringem Kaltwasseranteil in höherer Konzentration gelöst. Interessanterweise zeigt die Versuchsbohrung SB 2/72, die aufsteigendes Sekundärthermalwasser erschrotet hat, die höchsten Werte. Möglicherweise hängt dies damit zusammen, daß der Bohrersatzpunkt fast genau über dem Ausstrich des Aigener Bruches liegt. Die Bohrungen des Jahres 1984, die ein Kaltwassergemisch fördern, lassen sich nicht von den kalten Karstwässern der Wasserversorgung und dem Oswaldbach unterscheiden.

Die Erdalkalikonzentrationen (Ca, Mg, Sr) sind generell bei Wässern aus Karbonateinzugsgebieten mit Thermalwasserbeimischung höher als bei ausschließlichen Kaltwässern. Aus dem Altkristallin (Joggalebauernqu.) sind die am wenigsten gepufferten Werte zu erwarten.

Interessant ist der starke Konzentrationsrückgang im Betriebsbrunnen 1/74 im August 1988, der scheinbar nicht methodisch bedingt ist, da dieser Effekt bei allen 3 Parametern festgestellt werden konnte. Daß es sich hier um ein Ereignis handelt, das insbesondere die Thermalwässer betrifft, wird durch synchrone Ganglinien des Strontiums auch bei anderen Bohrungen belegt. Da es sich aber um einen singulären Einzelfall handelt, wird vermutet, daß im Zuge eines Starkregenereignisses, möglicherweise technisch bedingt, im Ringraum zwischen Verrohrung und Bohrlochwandung eine Versickerung erfolgte.

Ausreißer sind auch bei Ammonium und Mangan im März 1988 beim BL 1/84 festzustellen. Ob hier ein Schneeschmelzeereignis oder analysemethodische Ursachen der Grund sind, kann ohne weitere Untersuchungen nicht interpretiert werden. Jedenfalls lassen diese Parameter und auch Aluminium keine signifikanten Unterschiede oder Reaktionen von Thermal- und Kaltwässern erkennen.

Desgleichen trifft für die Schwermetalle (Pb, Cd, Cu, As) zu, die allgemein äußerst niedrige Konzentrationen knapp über der Nachweisgrenze (deshalb auch methodische Probleme, z.B. As), große Schwankungen und keinen eindeutigen Trend aufweisen.

Besonders interessant sind Molybdän und Barium, vor allem was die Unterschiede zwischen Thermal-, Misch- und Kaltwässern betrifft. Die Löslichkeit dieser Spurenelemente ist stark temperaturabhängig, sodaß es sinnvoll erscheint und in Kap. 7.5. versucht wird, die Mischungskomponenten zu rechnen.

### 7.5.3. Anionen

Als Verunreinigungsindikatoren unter den Anionen wurden Nitrat und Nitrit ständig kontrolliert (Abb. 43 und 44). Im allgemeinen liegen die Werte an der Nachweisgrenze und belegen damit, daß auch die oberflächennahen Karstwässer aus Einzugsgebieten ergänzt werden, die weder durch Überdüngung noch ungeklärte Abwässer verunreinigt sind. Die stark variierenden, geringfügig höheren Werte bei den Bohrungen des Jahres 1984 dürften durch Manipulationen bei den Probenahmen (Abpumpen durch das Einführen eines Saugschlauches) bedingt sein.

Die Phosphat- und Chloridanalysenwerte zeigen große jahreszeitliche Schwankungen (Abb. 45 und 46), die aber keinem einheitlichen Trend folgen und i.a. nur geringe Konzentrationen aufweisen. Während im Cl-Gehalt die Thermalwässer geringfügig höher liegen, ist Phosphat in den Kaltwässern stärker gelöst.

Ideale Unterschiede zwischen Thermal-, Misch- und Kaltwässern lassen sich bei Sulfat und noch besser Fluorid beobachten (Abb. 47 und 48). Die temperaturbedingte Löslichkeit ist ähnlich der schon beschriebenen Ionen Ba und Mo und bildet die Grundlage für die Berechnung der Komponentenverhältnisse nach der chemischen Mischungsformel im folgenden Kapitel.

### 7.5.4. Berechnung der Mischungsanteile von Thermal- und Kaltwasserkomponenten

Die hydrochemische Zusammensetzung der erschroteten Wässer kann vereinfachend als eine Mischung zweier Komponenten betrachtet werden. Der Mischungsanteil

von hochtemperiertem Thermalwasser (vgl. Kap. Geothermometrie) mit kaltem Karst-, Grund- oder Oberflächenwasser ist, wie die bisherigen Analysen gezeigt haben, bei allen Bohrungen äußerst unterschiedlich, wahrscheinlich in Abhängigkeit des Bohrstandortes zur Nähe der Herkunft eines dieser beiden Komponenten. Natürlich spielen zusätzlich auch andere Randbedingungen (z.B. Entnahmemenge, Jahreszeit etc.) eine imponderable Rolle.

Als besonders geeignet für die thermodynamische Separation sind die bei der Ganglinieninterpretation erwähnten Ionen: Mo, Ba und F, sowie als weiterer Indikator Tritium für den auch altersbedingten Unterschied (vgl. Korrelationsdiagramme Abb. 49–51).

Unter Anwendung der chemischen Mischungsregel

$$V_t \times C_t + V_k \times C_k = (V_t + V_k) \times C_{tk}$$

wobei:

$V_t$  = Volumen der hochtemperierten Komponente

$C_t$  = Konzentration der hochtemperierten Komponente (Abschnitt auf y-Achse)

$V_k$  = Volumen der Kaltwasserkomponente

$C_k$  = Konzentration der Kaltwasserkomponente (Abschnitt auf x-Achse)

$C_{tk}$  = Konzentration des Mischwassers

lassen sich die Volumina der einzelnen Komponenten für jede Bohrung bestimmen.

Während die Konzentration der Hochtemperaturkomponente  $C_t$  als ältere mit Tritium = 0 eindeutig durch den Verschnitt der Regressionsgeraden mit der y-Achse definiert ist, entspringt der Kaltwasseranteil einerseits einem Niederschlagsinfiltrat entsprechend den  $^{18}\text{O}$ -Gehalten mit einer Konzentration der Spurenelemente von  $C_k = 0$ , was durch den Abschnitt auf der x-Achse bei allerdings höheren Tritiumgehalten als rezent gegeben ist. Andererseits besteht die Kaltwasserkomponente, wie durch die hydro-metrischen Simultanmessungen (Kap. 3) ermittelt, auch aus einem, wenn auch geringen Anteil aus versickerndem Bachwasser beim Überfließen des Schwemmkegels. Setzt man für die Konzentration  $C_k$  des Oberflächengewässers oder kalten Grundwassers die entsprechenden Daten ein ( $F = 0,1 \text{ mg/l}$ ,  $\text{Mo} = 2 \text{ } \mu\text{g/l}$ ,  $\text{Ba} = 15 \text{ } \mu\text{g/l}$ ), so erhöht sich der berechnete Kaltwasseranteil nur geringfügig (um maximal 6 %), jedenfalls ohne die  $\pm$ Toleranzen zu überschreiten (Tab. 1).

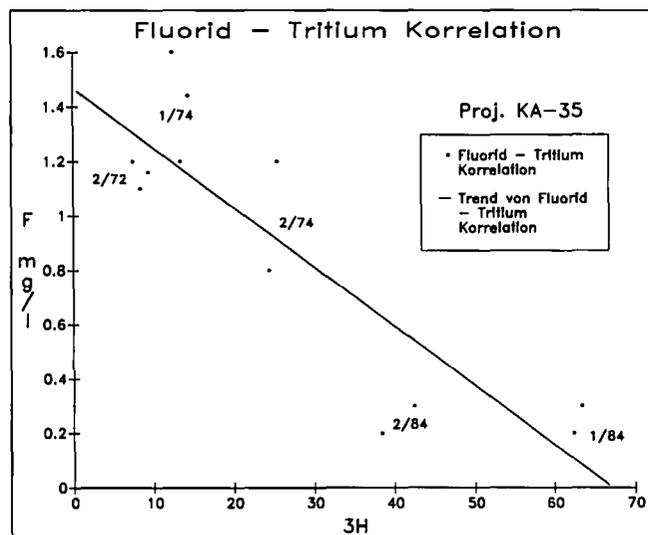


Abb. 49. Korrelationsdiagramm Fluorid - Tritium.

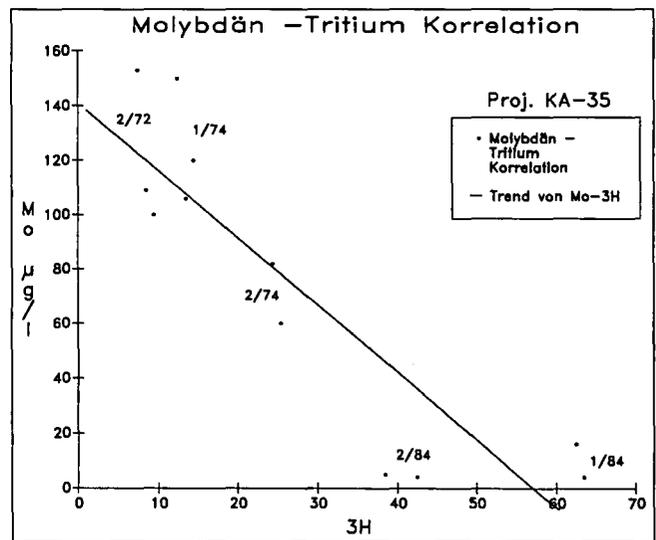


Abb. 50. Korrelationsdiagramm Molybdän - Tritium.

Der prozentuelle Kaltwasseranteil ergibt sich, wenn  $V_t + V_k = 100$  gesetzt wird, sodaß

$$V_t \% = 100 \times (C_t - C_{tk}) / (C_t - C_k)$$

und nach Einsetzen in die Formel folgende Zusammensetzungen berechnet werden können (Tab. 1):

Tab. 1. Die Anteile von Kaltwasser- und Hochtemperaturkomponente an der Fördermenge der erschoteten Thermal-mischwässer. Berechnet nach Spurenelement- und Tritiumgehalten.

Bez.	Kaltwasserkomponente $V_k$		Hochtemperaturkomponente $V_t$		Fördermenge Q [l/s]
	[%]	[l/s]	[%]	[l/s]	
2/72	23 ± 6	0,05	77 ± 6	0,15	0,2
1/74	25 ± 7	2,5	75 ± 7	7,5	10
2/74	37 ± 20	4,8	63 ± 20	8,2	13
1/84	79 ± 18	9,5	21 ± 18	2,5	12*)
2/84	79 ± 18	2,4	21 ± 18	0,6	3
Mittel	50	19	50	19	38

\*) Derzeit keine Entnahme, Anteile entsprechen Pumpversuch 1985.

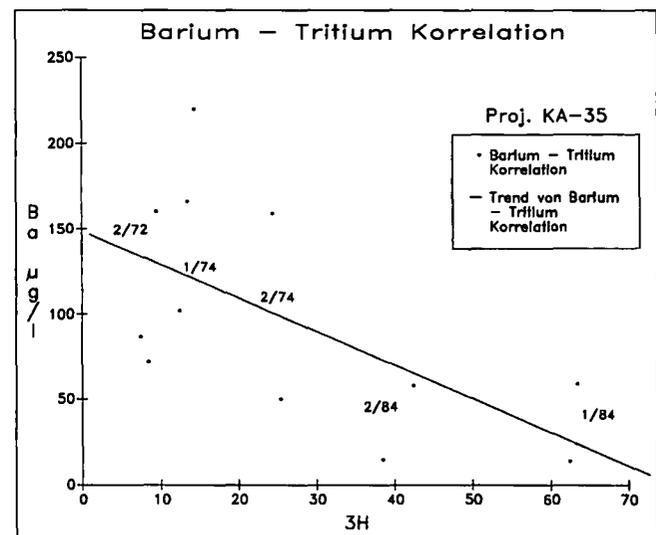


Abb. 51. Korrelationsdiagramm Barium - Tritium.

Eine derartige Mischung erfordert wegen der Größe des Systems (Wegstrecke, Speichervolumen) natürlich längere Zeit. Die Differenz der Tritiumgehalte zwischen aktuellem Niederschlag, Talgrundwasser oder Oswaldbach und den 84er-Bohrungen, die vornehmlich Kaltwasseranteile enthalten, ist ein Hinweis, daß keine unmittelbare Zumischung erfolgt, sondern ein längerer Zeitabschnitt (mittlere Verweilzeit = mehrere Jahre) für den Sickerweg benötigt wird, wobei noch eine im Verhältnis unbekannt Beimischung von Oberflächengewässer- und Niederschlagsinfiltrat auf den Terrassen und Schwemmkegeln gegeben ist. Diese durch zeitliche Verzögerung und Niederschlagsanteil komplizierte Mehrkomponentenmischung ergibt sich auch aus den stabilen Isotopen (D. RANK in: E. CLAR et al., 1988).

## 7.6. Geothermometrie

Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, daß sich die erschlossenen Thermalwässer aus mindestens zwei Komponenten zusammensetzen. Vereinfachend wurde nach der chemischen Mischungsregel (Kap. 7.5.) der hochtemperierte Anteil, der demnach eine noch höhere Verweilzeit als die durch Radiocarbonatierung ermittelten 16.700 Jahre haben müßte (D. RANK in: E. CLAR et al., 1988), an den Bohrungen

- SB 2/72 mit 77 % = 0,15 l/s
- SB 1/74 mit 75 % = 7,5 l/s
- SB 2/74 mit 63 % = 8,2 l/s

an der Gesamtfördermenge bestimmt.

Da diese Wässer also großteils aus der Hochtemperaturkomponente bestehen, ist es gerechtfertigt und naheliegend, aus deren Chemismus ihre Herkunftstiefe mittels der Geothermometerformel nach A.H. TRUESDELL (1976) zu berechnen. Der Algorithmus wurde aus Ableitungen von M. HOCHSTEIN & P. KLEIN durch W. ERHART-SCHIPPEK und S. SHADLAU programmiert. Nach den hydrochemischen Analysedaten von J. GRUBER (Kap. 6.) lassen sich folgende Bildungstemperaturen und Herkunftstiefen unter Annahme einer geothermischen Tiefenstufe von ca. 30 m/°C (lt. mündl. Mittg. von Prof. E. CLAR) abschätzen (Tab. 2):

Tabelle 2.  
Geothermometerberechnungen an den Bad Kleinkirchheimer Thermalwässern.

Bezeichnung	Bildungstemperatur [°C]	Herkunftstiefe [m unter GOK]
SB 2/72	55	1400
SB 1/74	57	1400
SB 2/74	53	1300

Nach diesen überschlägigen Berechnungen, die obwohl aus drei verschiedenen Bohrungen doch ziemlich einheitlich sind, ist der Schluß zu ziehen, daß die Genese dieser hydrochemischen Komposition, die thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten unterliegt, jedenfalls bei nahezu doppelt so hoher Bildungstemperatur erfolgt.

Bezogen auf die Herkunftstiefenangaben von bis zu 1400 m unter GOK bedeutet dies auch, daß dann nur der Aigener Bruch als einziger Transporteur für derartig aszendierendes Thermalwasser in Frage kommt. Als weitere tektonische Konsequenz ergibt sich daraus ferner, daß dieser Bruch einen derartigen Tiefgang bis weit hinein in das altkristalline Grundgebirge haben muß!

Es ist demnach noch weiter zu postulieren, daß das zum Stangalm-Mesozoikum liegende kristalline Grundgebirge mit durch die Bruchtektonik verbundener Gefügelocke-

rung und Trennfugen-Durchlässigkeit und nicht unerheblichem Speichervolumen (wegen des <sup>14</sup>C-Alters von 16.700 Jahren) ausgestattet sein müßte. Schließlich wird seit mehr als 15 Jahren eiszeitliches Wasser mit mehr als 15 l/s (Hochtemperaturkomponente) gefördert.

Nimmt man ferner noch an:

- eine obertägige Ausstrichlänge des Aigener Bruches von L = ca 1 km (nach der Kartierung von P. FAUPL, 1972) und zwar einschließlich der Untergrundfortsetzung unter der Talfüllung bis zum südlichen Gegenhang,
- eine Breite der Bruchzone von B = 100 m,
- eine Tiefe von T = 1400 m,

so ergibt dies ein Gesteinsvolumen für die Mylonitzone von:

$$V = L \times B \times T$$

$$V = 1000 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 1400 \text{ m}$$

$$V = 1,4 \text{ EE}8 \text{ m}^3.$$

Berechnet man nun die Gesamtmenge der Hochtemperaturkomponente, die seit der Neuaufschließung durch Betriebsbrunnen bis zum Datum der <sup>14</sup>C-Altersbestimmung (8. 11. 1988) entnommen wurde, also die in ca. 15 Jahren größenordnungsmäßig produzierten Thermalwässer mit eiszeitlichem Alter, so ergibt sich folgendes Mindestvolumen (Tab. 3):

Tabelle 3.  
Größenordnungsmäßige Volumina der seit der Neuaufschließung entnommenen und abgeflössenen Hochtemperaturkomponente.

Bez.	Hochtemperatur-Komponente [l/s]	Produktionsjahre [caa]	Menge [m³]
2/72	0,15	15	71.000
1/74	7,5	13	3,1 Mio.
2/74	8,2	13	3,4 Mio.
2/84	0,6	4	76.000
			Σ 6,6 Mio.

Daraus läßt sich nun das notwendige Mindestkluftvolumen  $n_f$  für die Speicherung der eiszeitlichen Hochtemperaturwässer im Aigener Bruch berechnen:

$$n_f = \frac{V_{\text{Thermal}}}{V_{\text{Gestein}}} = \frac{6,6 \text{ EE}6}{1,4 \text{ EE}8} = 0,05 = 5 \%$$

Dieses Ergebnis scheint geologisch durchaus plausibel, jedoch unter der Prämisse, daß zukünftig die Hochtemperaturkomponente jünger werden müßte. Zur Absicherung dieser größenordnungsmäßigen Kalkulation wird empfohlen, weitere <sup>14</sup>C-Analysen in Jahresintervallen zukünftig durchführen zu lassen. Durch den Vergleich der Aktivität (nicht des errechneten und korrigierten Alters) mit der Probenahme 1988 sollte nach den bisherigen Erfahrungen ein geringfügiges Ansteigen, d.h. Jüngerwerden die Folge sein.

Da aber das Kluftvolumen karsthydrogeologisch durchaus noch größer angenommen werden kann (etwa 10 % könnten noch immer als plausibel angesehen werden), so müßte sich auch bei Beibehaltung der derzeitigen Entnahmemengen in den nächsten 15–20 Jahren noch keine Altersänderung der Hochtemperaturkomponente ergeben.

Dieser größenordnungsmäßig berechnete Hohlraum, der in einem doch eher kleinräumigen tektonischen Lineament ausgebildet ist, stellt aber lediglich das für den Pumpbetrieb geforderte Mindestvolumen dar. Effektiv ist unter Annahme der durch die <sup>14</sup>C-Datierung ermittelten

Verweilzeit auch das ehemalige Quellüberlaufvolumen hinzuzuzählen. Für die Zeit vor der Neuaufschließung (1972) liegen jedoch keine Daten über die Spurenelementkonzentrationen und  $^{14}\text{C}$ -Aktivität vor, sodaß über den Anteil der Hochtemperaturkomponente und deren eventuelles Jüngerwerden keine Aussage getroffen werden kann. Der ehemalige natürliche Quellüberlauf dürfte aber nur geringen Anteil an aktueller Kaltwasserkomponente gehabt haben, da dieser vornehmlich durch den Pumpbetrieb aktiviert wurde. Dies geht aus dem Tritium- und Spurenelementgehalt des am wenigsten gemischten, weil frei ausfließenden und derzeit nicht abgepumpten Artesers 2/72 hervor.

Geht man vom unwahrscheinlich hohen  $^{14}\text{C}$ -Alter von 16700 Jahren für die Hochtemperaturkomponente aus, so müßte man für die seinerzeitige Quellschüttung der Augen- und Katharinenquelle mit einer Gesamtschüttung von 4 l/s und einem Hochtemperaturanteil von 75 % ein zusätzliches Kluftvolumen von

$$V_{\text{Thermal}} = 0,004 \text{ m}^3/\text{s} \times 31,5 \text{ Mio.} \times 16700 \text{ a} \times 0,75 \\ = 1,6 \text{ Mrd. m}^3$$

für das Speichergestein postulieren. Dabei kann aber für den damaligen natürlichen hydrogeologischen Zustand

der jetzt mit Kaltwasser durchmischte und abgekühlte Dolomitarstkörper mitgerechnet werden. Bei vergleichbarem, aber durch Verkarstung sicherlich größerem Klufthohlraum von 5 bis 10 % und einer Durchschnittsmächtigkeit von 200 m entspräche das daraus abschätzbare Gesteinsvolumen bis zu 30 Mrd.  $\text{m}^3$  einer Fläche von über 80  $\text{km}^2$ . Eine nach Osten weit ausgedehnte Fortsetzung des Untertauchens unter die hangende Gurktaler Decke wäre dafür erforderlich.

Eine Verifikation oder Falsifikation dieser Theorie kann nur durch abermalige  $^{14}\text{C}$ -Analysen in Jahresintervallen oder in ausreichend langen Zeitabständen dazwischen, am besten kombiniert mit einer anderen radiometrischen Altersdatierung (z.B.  $^{36}\text{Cl}$  oder  $^{81}\text{Kr}$  nach mündl. Mittg. von Prof. St. N. DAVIS, Univ. of Arizona) erfolgen. Wenn aber die Hochtemperaturkomponente jünger sein sollte oder werden wird, ist die Gefahr eines irreversiblen Flushings (Gesteinsabkühlung) entsprechend den Erfahrungen der ÖMV-Explorationen bei Tiefengrundwässern an den Thermenrandstörungen des Wiener Beckens gegeben. Die Beständigkeit dieser aszendierenden Komponente in Hinblick auf Zufluß und Temperatur scheint also nicht gesichert zu sein.

## 8. Hydrometrische Simultanmessungen

(W. KOLLMANN)

### 8.1. Fragestellung

Zur Abklärung der Fragen über

- Anreicherung des Thermalwasserkarsts durch versickernde Oberflächengewässer mit längerer Untergrundpassage
- diffus hochsteigende Thermalwässer durch die hangende quartäre Talfüllung

wurde die hydrologische Erkundungsmethode der hydrometrischen Simultanmessungen unter Trockenwetterverhältnissen angewandt (Abb. 52–56).

Angeregt durch erste derartige Meßserien von J. NEUDECKER (1972) und E. CLAR (1981) am Kleinkirchheimer Bach (= Tiefenbach) gekoppelt mit Wassertemperaturmessungen wurde folgende Strategie zur präziseren Erfassung der Fluß-Grundwasserkommunikationen entwickelt:

- 1) Hydrometrische Flüßelmessungen am Tiefenbach und allen Zubringern mit Temperatur- und Leitfähigkeits-Simultanmessungen im Winter mittels automatischem Datensammler zur Backgrounderfassung und -Variabilität.
- 2) Salzverdünnungsmethode mit Meßkübelintegrationsmessungen am Roßbach (Langalmthal).
- 3) Detto am oberen Leobenbach (Grundtal).
- 4) Detto am unteren Stangbach.
- 5) Detto am Karlbach.
- 6) Detto am Hofalmbach.
- 7) Detto inklusive Temperatur- und Leitfähigkeits-Simultanmessungen im Winter am St. Oswaldbach und seinen Zubringern.

Es konnte dabei beobachtet werden, daß die Seitenbäche beim Überfließen der Schwemmkegel teilweise Wasser verlieren, was sogar einer Vollversickerung gleichkommen kann. Dabei hat sich gezeigt, daß an der jeweiligen

Schwemmkegelbasis z. T. Wiederaustritte festgestellt werden können, die auf eine Selbstentwässerung der im Oberlauf durch Versickerung angereicherten Grundwässer schließen lassen. Eine solche natürliche Drainage ist durch Längsprofilverteilung, verursacht durch stärkere Tiefenerosion des Hauptbaches (= St. Oswalderbach) erklärbar.

Ebenso war bei wiederholten Meßserien ein hoher Unterschied zwischen den Abflußmengen im Februar 1988 und Juli 1988 bei NQ meßbar. Dies ist einerseits auf ein geringes Retentionsvermögen des Quarzphyllits im Einzugsgebiet der Bäche von der Totelitzen, andererseits dürfte das Schluckvermögen im Winter bei tieferliegendem Karstwasserspiegel besser sein. Die absolut versickernde Wassermenge im Schwemmkegel, die den austreichenden Wettersteindolomit anspeisen könnte, ist mit lediglich ca. 3 l/s im Vergleich zur Schüttung der Oswaldiquelle (> 30 l/s) anteilmäßig eher unbedeutend.

Die Messungen konnten im trockenen Sommer 1988 bei idealen Trockenwetterverhältnissen abgeschlossen werden. Nach deren Auswertung ist an einzelnen Profilen eine Nachmessung im Jahr 1989 vorgesehen, so daß endgültige Ergebnisse im Abschlußbericht 1989 herausgearbeitet werden konnten.

Ergänzend zu den Ergebnissen des ersten Jahresberichts (E. CLAR et al., 1988) sind in den Trockenperioden der Jahre 1989 und 1990 weitere hydrometrische Simultanmessungen zur Untersuchung der Fluß-Grundwasserdynamik mit begleitenden Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen durchgeführt worden.

Folgende Methoden wurden angewandt:

- Salzmischungsverfahren (durch W. GAMERITH, W. KOLLMANN, H. STADLER)
- Hydrometrische Flüßelmessungen (ausschließlich im Tiefenbach durch W. KOLLMANN)

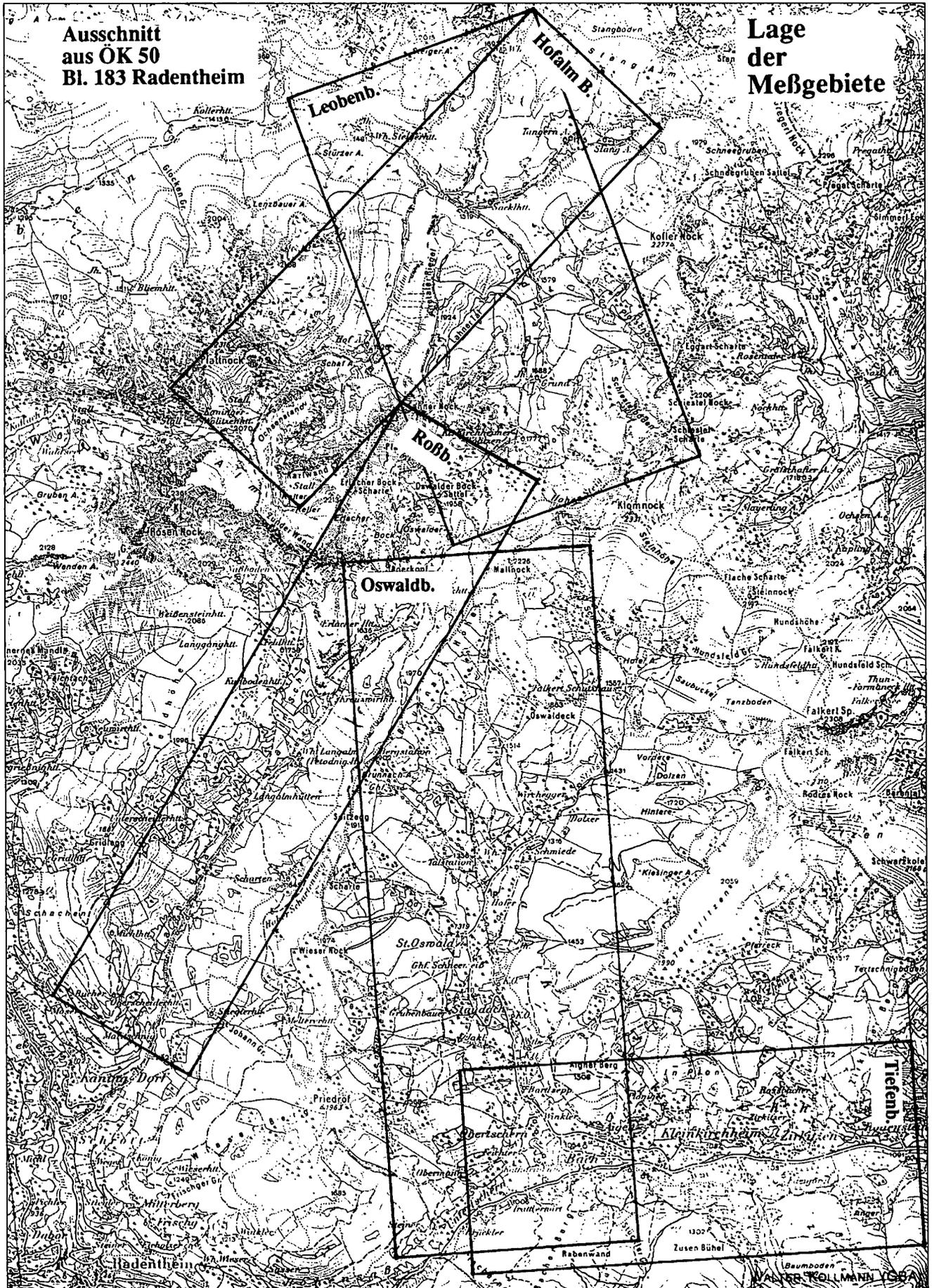


Abb. 52. Hydrometrische Simultanabflußmessungen an Bachlängsprofilen zur Quantifizierung der Fluß-Grundwasserkommunikationen: Übersichtslageplan.

## LITHOLOGIE

nach DIN 4023,  
dargestellt durch Übersignatur

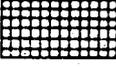
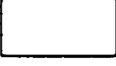
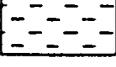
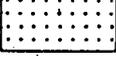
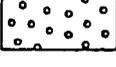
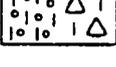
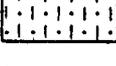
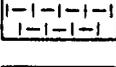
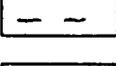
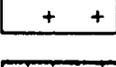
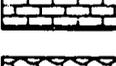
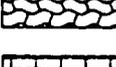
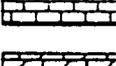
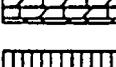
	Anschüttung, Bergbauhalde
	Verwitterungslehm und mächtige Bodenbildung
	Ton und Schluff
	Sand
	Kies
	Steine und Blöcke
	Konglomerat, Brekzie
	Sandstein
	Tonstein
	Schiefergesteine (geschieferte Metamorphite i.a.)
	Magmatite und massige Metamorphite
	Kalkstein
	Kalkstein, geschiefert
	Mergelstein
	Dolomitstein
	Metavulkanit

Abb. 53a.  
Legende zu den folgenden Meßgebieten (Abb. 53b-56).  
Die großen Zahlen in den Meßstellenmarken sind die laufenden GBA-H:-Nummern.

## HYDROGEOLOGISCH RELEVANTE TRENNFUGEN

	Rutschung mit Abriß (Auswahl)
	Mylonit
	Tektonische Bruchstörung (sicher/vermutet)
	Decken- bzw. Überschiebungsgrenze

## GEOHYDROLOGISCHE SITUATION

Aktuelle Beobachtungs-,  
Beprobungs- und Meßstellen  
(1987-89)

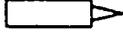
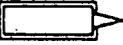
	Vernässung
	Quellaustritt
	Flachbrunnen <30 m ET
	Tiefbrunnen >30 m ET, artesisch
	Tiefbrunnen >30 m ET, gespannt
	Wasserschutzgebiet
	Hydrographische Meßstelle (Temperatur, Niederschlag, Schnee)
	Abflußmeßstelle: Hydrometrische Simultanmessung
	Abflußmeßstelle: Pegel
Hydrologisches Verhalten von Flußstrecken (ohne Anspruch auf Vollständigkeit; strichliert = vermutet)	
	Flußwasserversickerung
	Grundwasserübertritt

Abb. 53b.  
 Meßbereich Leobenbach.  
 Die Legende auf S. 73 gilt  
 auch für die Abbildungen  
 54–56.

Die auf den Abbildungen  
 53b–56 nicht immer gut les-  
 baren kleinen Nummern be-  
 ziehen sich auf eine verein-  
 fachte Darstellung der Geo-  
 logie nach E. CLAR (1977 bis  
 1988), P. FAUPL (1969,  
 1972) und J. PISTOTNIK  
 (1975 bis 1987):

#### Quartär

1 = Alluvionen im allge-  
 meinen; Schwemm-, Schuttfä-  
 cher; Terrassenkante. 2 =  
 Terrassensedimente. 3 =  
 Eisrand- und Rückstause-  
 deimente. 4 = Endmorä-  
 nenwall. 5 = Aufgewitterte  
 und/oder umgelagerte  
 Grundmoräne. 6 = Grund-  
 moräne.

#### Gurktaler Decke (Oberost- alpin)

7 = Rote (z.T. entfärbte)  
 Klastika, vorwiegend Tone  
 (Perm). 8 = Schieferlagen,  
 darin Konglomerate–Sand-  
 steine (Oberkarbon).

#### Permomesozoikum der Stangalm- und Pfannock-Einheit

9 = Kalke und Mergel (Kös-  
 sener Schichten; Rhät). 10 =  
 Plattenkalk (Ober-Nor). 11 =  
 Hauptdolomit (Nor). 12 =  
 Kieseldolomit (Oberkarn).  
 13 = Sandige Tonschiefer  
 (Raibler Schichten; Karn).  
 14 = Wetterstein-Dolomit  
 (Anis–Ladin). 15 = Guten-  
 steiner Kalke, basal mit  
 Quarzeinstreuung (Anis).  
 Werfener Schichten (Skyth).  
 17 = Rote Klastika, vorwie-  
 gend grobkörnig (Bock-  
 Brekzie; Perm). 18 = Pfan-  
 nock-Orthogneis.

#### Stolzalpen- und Muraue- r Decke (Altpaläozoikum)

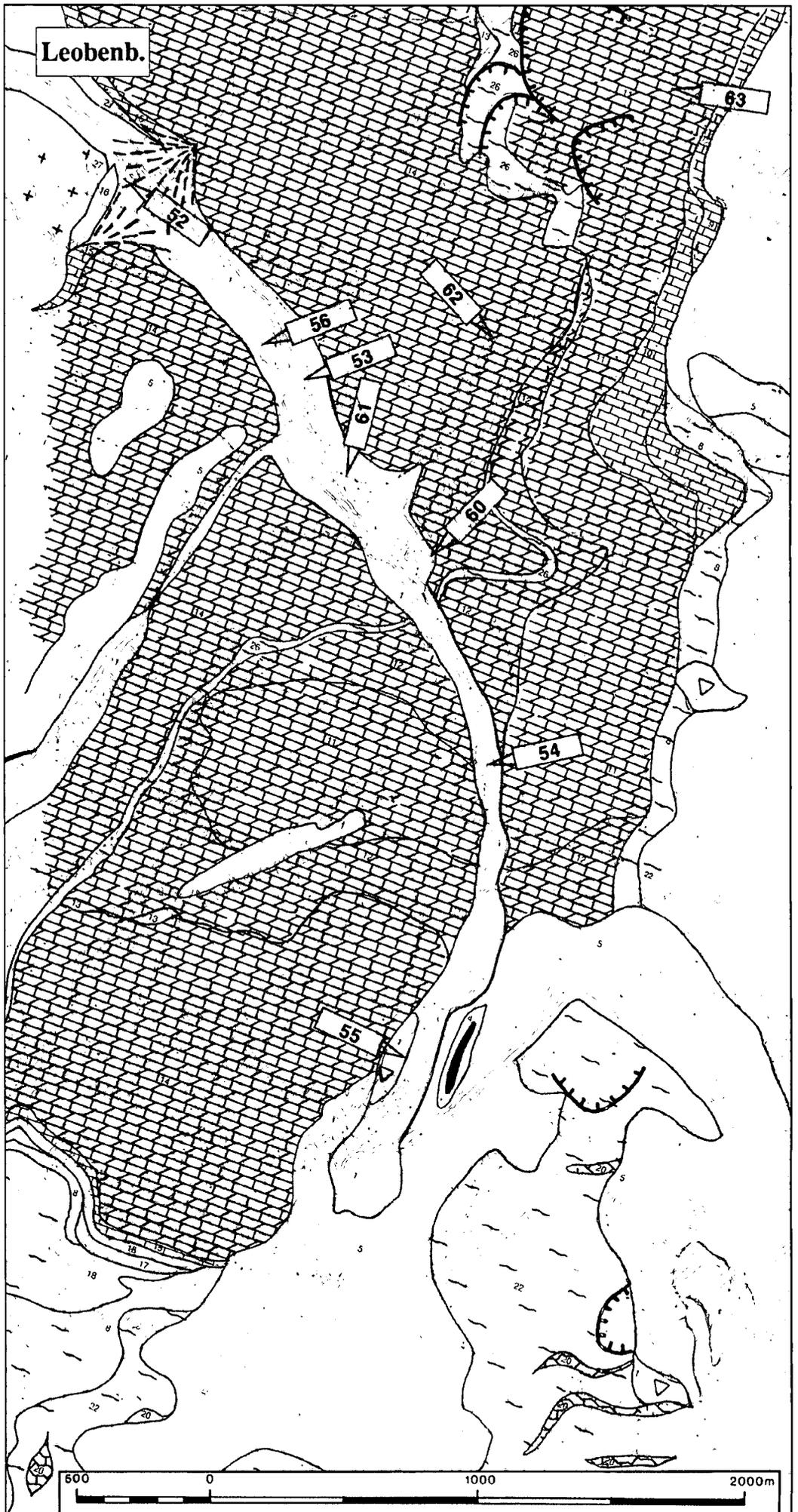
19 = Hornstein-Kalkmarmor.  
 20 = (Fe-)Dolomit(schiefer),  
 (Bänder-)Kalk(schiefer),  
 z.T. magnetitführend; Do-  
 lomit- und Kalkmarmore  
 („Muraue Kalke“). 21 = In-  
 termediäre bis saure Meta-  
 vulkanite. 22 = Metadiabas.  
 23 = Quarzitische Phyllite-  
 Quarzite; Phyllite i.a.;  
 Tuffitische Phyllite–Meta-  
 tuffe; Granatführende  
 Quarzphyllite; Glimmer-  
 schiefer. 23 = Metadiabas.

#### Phyllonitzone (vorwiegend tektonisiertes Altpaläozoikum)

24 = Rote Radiolarienkalke.  
 25 = Hornsteinkalk, tektoni-  
 siert. 26 = Phyllonitischer  
 Schiefer und Karbonate.

#### Kristallin (Mittelostalpin)

27 = Feldspatblasten-Schie-  
 fer/Gneis. 28 = Quarzitischer  
 Gneis, Paragneis.



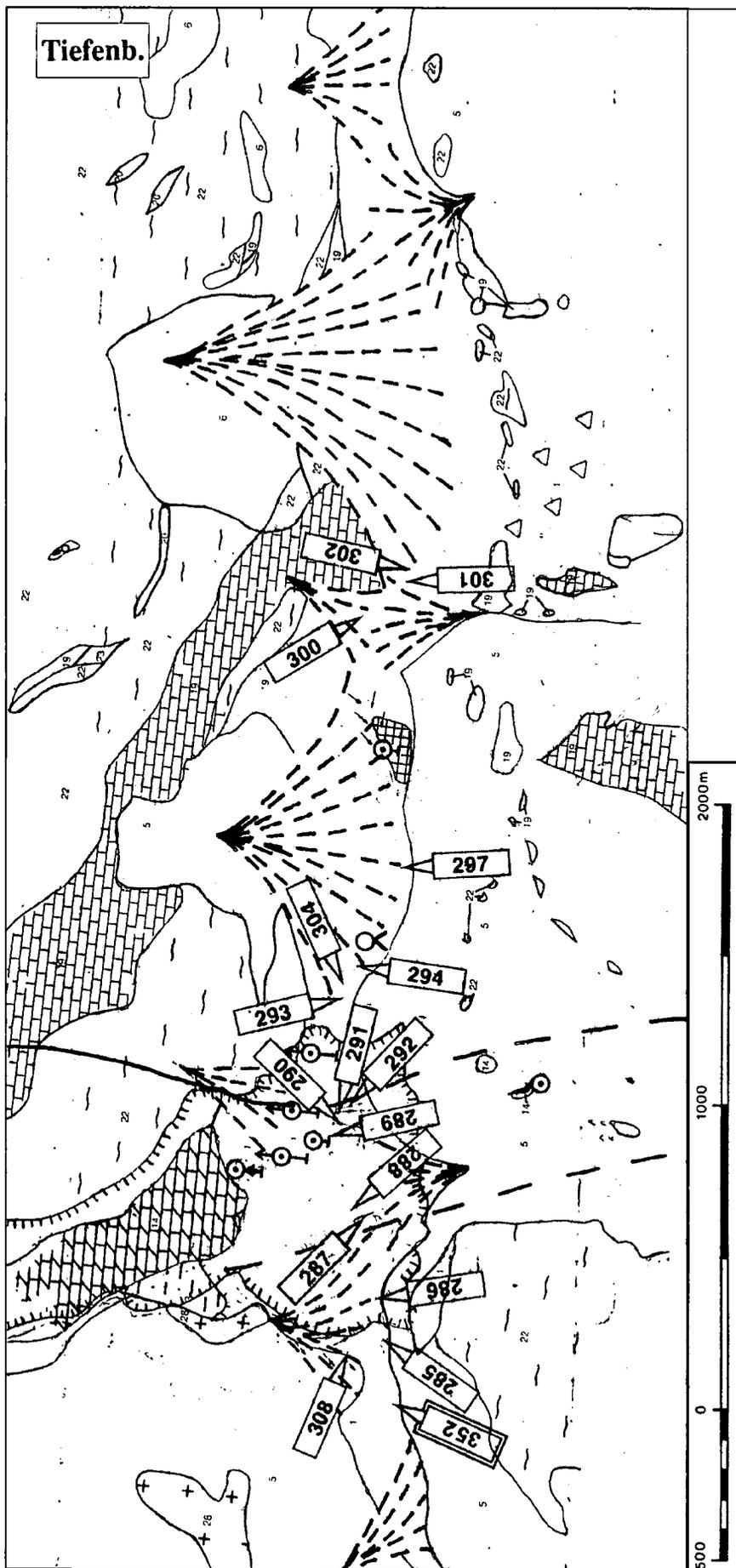


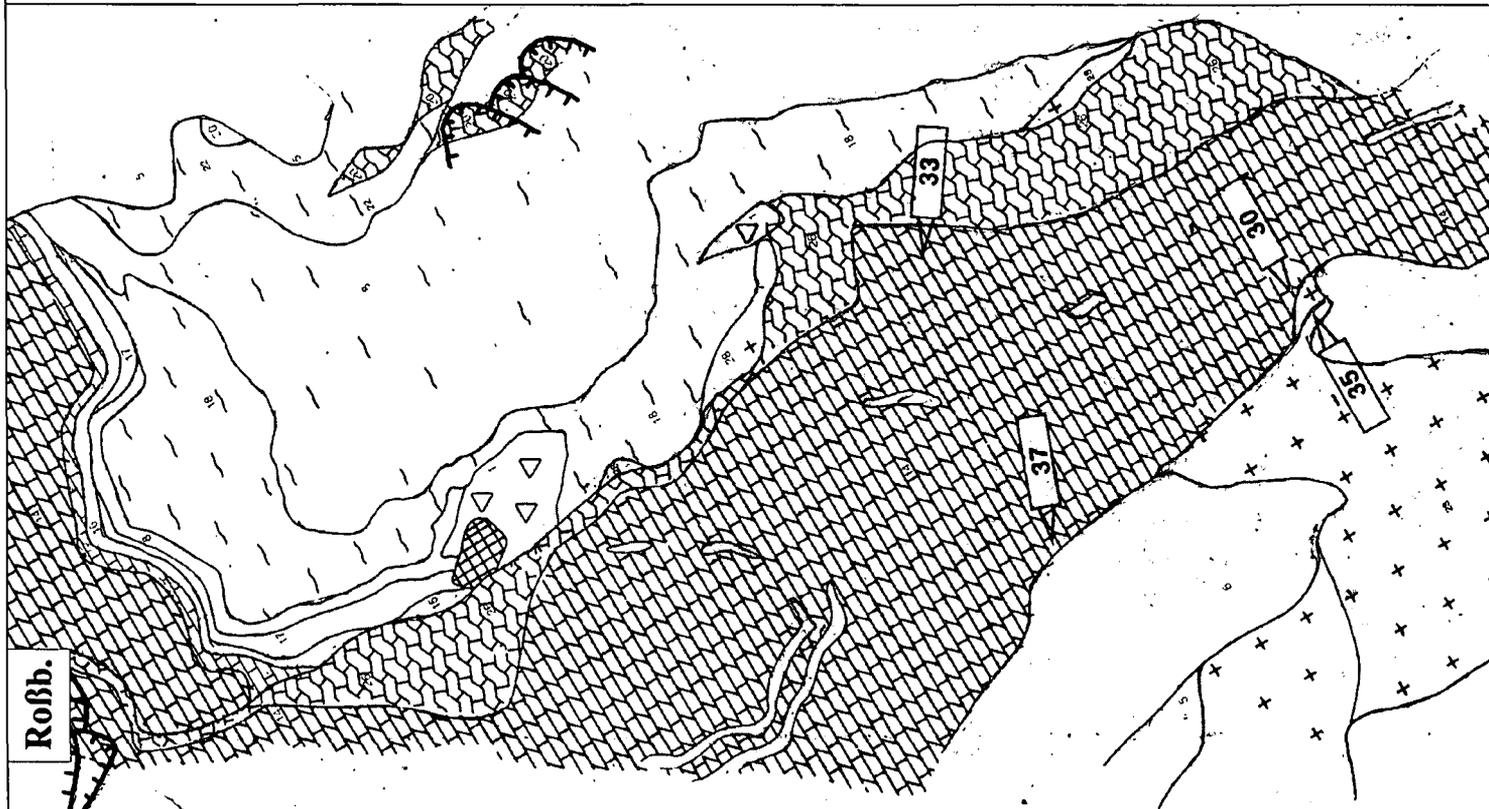
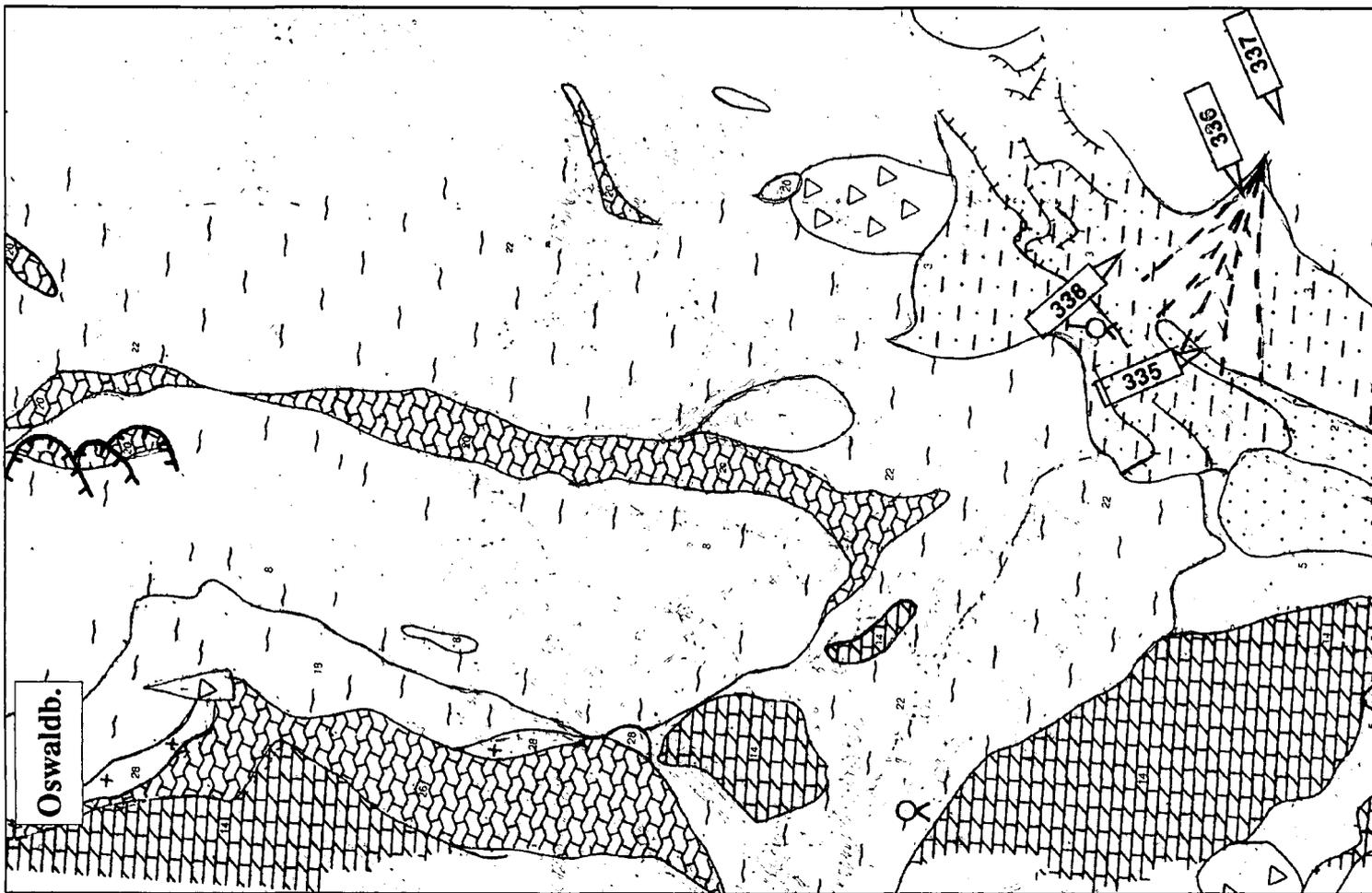
Abb. 54.  
Meßbereich Tiefenbach (Legende siehe Abb. 53).

Fragestellung war das Erkennen und Quantifizieren von Flußstrecken, die entweder maßgebend von Grund- bzw. Karstwasser alimentiert werden, andererseits jene Versickerungsstrecken zu finden, wo eine Grundwasseranreicherung durch Oberflächengewässer erfolgt. Diese können somit als diejenigen Bereiche eingegrenzt werden, wo Kaltwässer den thermalwasserführenden Karstkörper anspeisen, vermischen und letztlich abkühlen.

## 8.2. Oswaldbach

Der Oswaldbach überfließt von der hangenden Gurktaler Decke kommend, die hydrogeologisch durch die Quarzphyllitusbildung undurchlässig zu beurteilen ist, den unter ihr hervorkommenden wasseraufnahme- und abgabefähigen Stangalmdolomit. Im Unterlauf überfließt der Oswaldbach noch einen mächtig aufgeschütteten Schwemmkegel mit ebensolchen hydrogeologischen Eigenschaften und mündet dann in den Tiefen- bzw. Kirchheimer Bach, unweit der Stelle, wo dieser in einem epigenetischen Durchbruch (Trattlerhof) durch das liegende und stauende Altkristallin das Hochtal drainiert.

Zwischen der obersten Meßstelle GBA-H: 183/338 (Schmiede mit Ausgangspunkt zum Falkert-Schutzhaus, vgl. Abb. 55, 57 und 58) und der Meßstelle GBA-H: 183/333 (E. St. Oswald) am Beginn des Überfließens des Dolomitkarsts empfängt der Oswaldbach hauptsächlich Grundwasser aus der quartären Talfüllung. Der Abfluß nimmt von 102 l/s auf 157 l/s deutlich zu, obwohl nahezu kein oberirdischer Zufluß aus den Seitengraben festzustellen ist (Abb. 58). Die geringen Abflußmengen an deren Mündungen (z.B. 0,4 l/s an der Meßstelle GBA-H: 183/335) sind aber darauf zurückzuführen, daß diese beim Überfließen ihrer eigenen Schwemmkegel Wasser verlieren und somit an das Grundwasser abgeben (z.B. von GBA-H: 183/336 mit 8,5 l/s auf 0,4 l/s bei der Einmündung zurückgehend, d.h. es handelt sich um eine Grundwasseranreicherung von über 8 l/s). Der tiefer eingeschnittene Oswaldbach drainiert in der Folge die Schwemmkegel seiner Zubringer und führt deren Wasser durch diffuse Grundwasserzutritte unterstromig der Mündung in seinem Bett wieder oberirdisch ab.



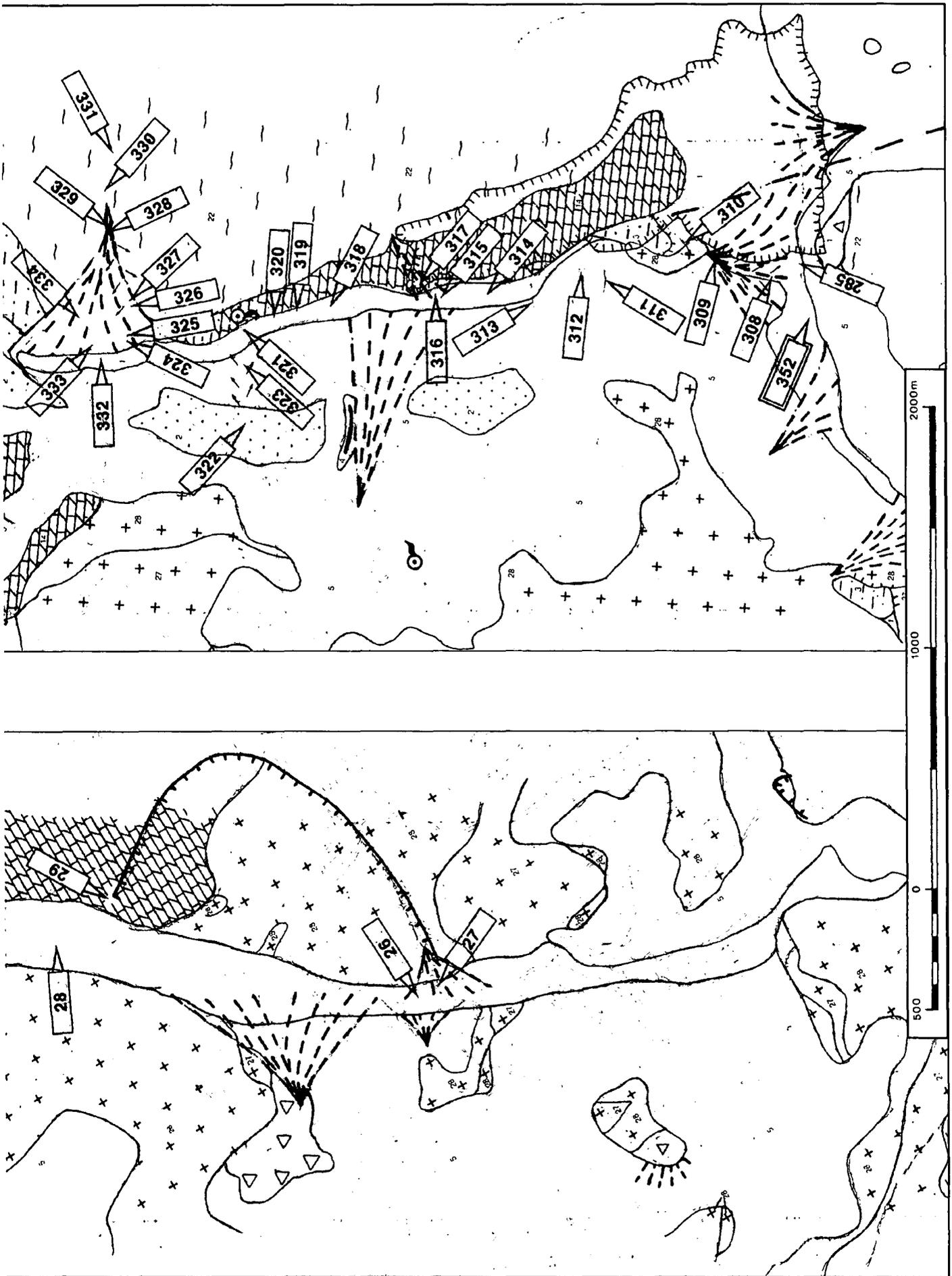


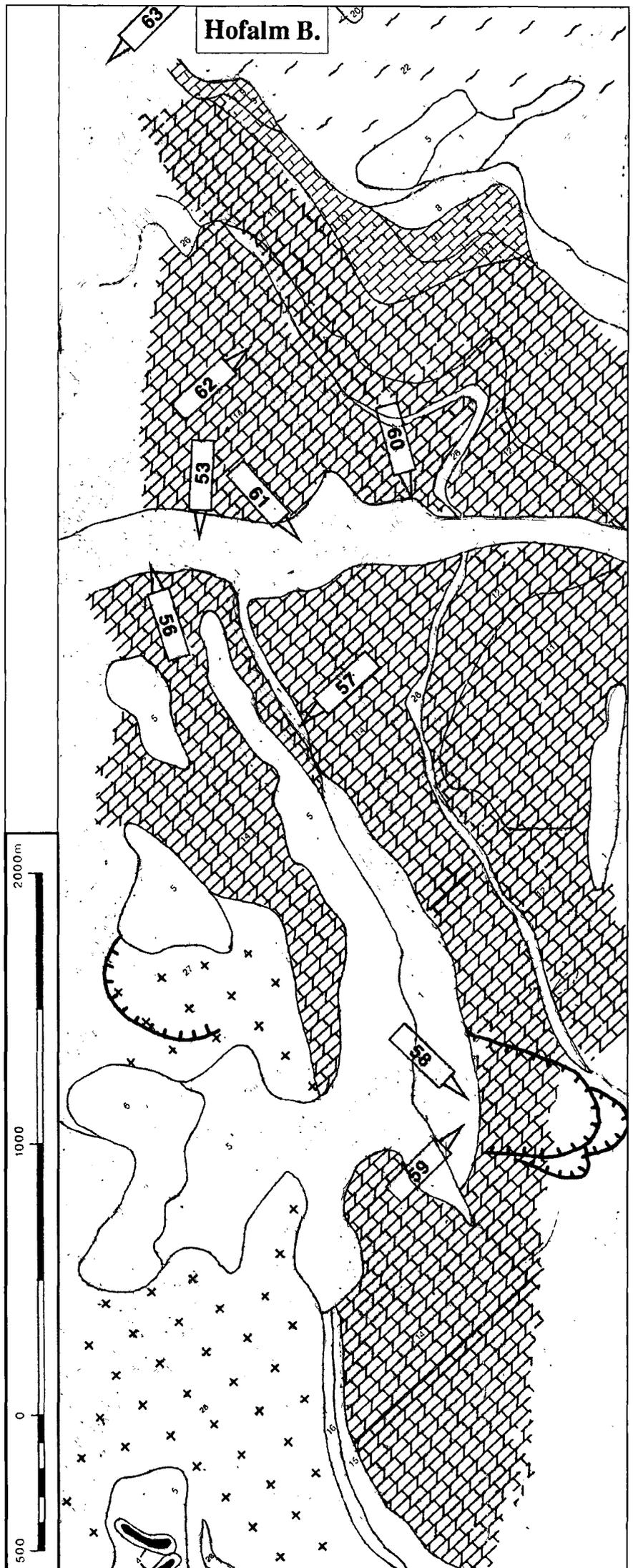
Abb. 55.  
 Meßbereich Robb- und Oswaldbach (Legende siehe Abb. 53).

Abb. 56.  
Meßbereich Hofalmbach.

Dieses Phänomen der Selbstentwässerung durch Wiederaustritte an der Schwemmkegelbasis oder durch diffuse Grundwasserzutritte entlang des Hauptvorfluters läßt sich noch öfter beobachten (z.B. Totelitzenbach, Ottingerbach).

Im weiteren Laufabschnitt über den schluckfähigen Dolomit (GBA-H: 183/333 bis 321) empfängt der Oswaldbach zwei maßgebende seitliche Zubringer (GBA-H: 183/332 und 323), die obwohl einmal 19 l/s und unterhalb noch 8 l/s seinen Abfluß von 157 l/s nur auf 163 l/s, d.h. um lediglich 6 l/s statt 28,5 l/s (inkl. GBA-H: 183/324) erhöhen. Dies läßt Rückschlüsse auf Flußversickerung im Bett und somit Karstwasseralimentation in Höhe der Differenzmenge (= 22,5 l/s) zu. Es muß aber dazu erwähnt werden, daß der methodische Meßfehler aufgrund von Vergleichsmessungen bis zu 5 % ausmachen kann, was in diesem Fall 16 l/s, immerhin weniger als die Differenzmenge beträgt. Die Zunahme der Leitfähigkeiten (von 85 auf 104  $\mu\text{S}$ ) durch wahrscheinlich schwach kontaminierte Zubringer (215  $\mu\text{S}$ ) weist darauf hin, daß nicht ausschließlich Teilversickerungsvorgänge stattfinden, denn sonst sollte die Mineralisierung des Hauptbaches absolut konstant bleiben (Abb. 57–60).

Dies gilt auch für den nächsten Gewässerabschnitt bis Meßstelle GBA-H: 183/320 ( $Q = 207 \text{ l/s}$ ). Erst darunter im Längsprofil bis GBA-H: 183/312 ist keine wesentliche Abflußzunahme zu beobachten, im Gegenteil abermals niedrigere  $Q$ -Werte (z.B. 199 l/s bei GBA-H: 183/316 und 200 l/s noch weiter unterhalb) deuten auf Flußwasserteilversickerungen, da die Summe der seitlichen Zubringer immerhin 28 l/s ausmacht. Dies wird bestätigt dadurch, daß auch die Leitfähigkeiten, einem Wasserabzug entsprechend, nahezu konstant bleiben. Im untersten Fließabschnitt über dem Schwemmkegel des Orsteiles Bach zeigt sich dann ein drastischer Abflußverlust (von 225 auf 199 l/s), der durch gleichbleibende Leitfähigkeitswerte bestätigt wird. Auch die Temperaturwerte (von 0,7 auf 0,5°C fallend, gemessen im Win-



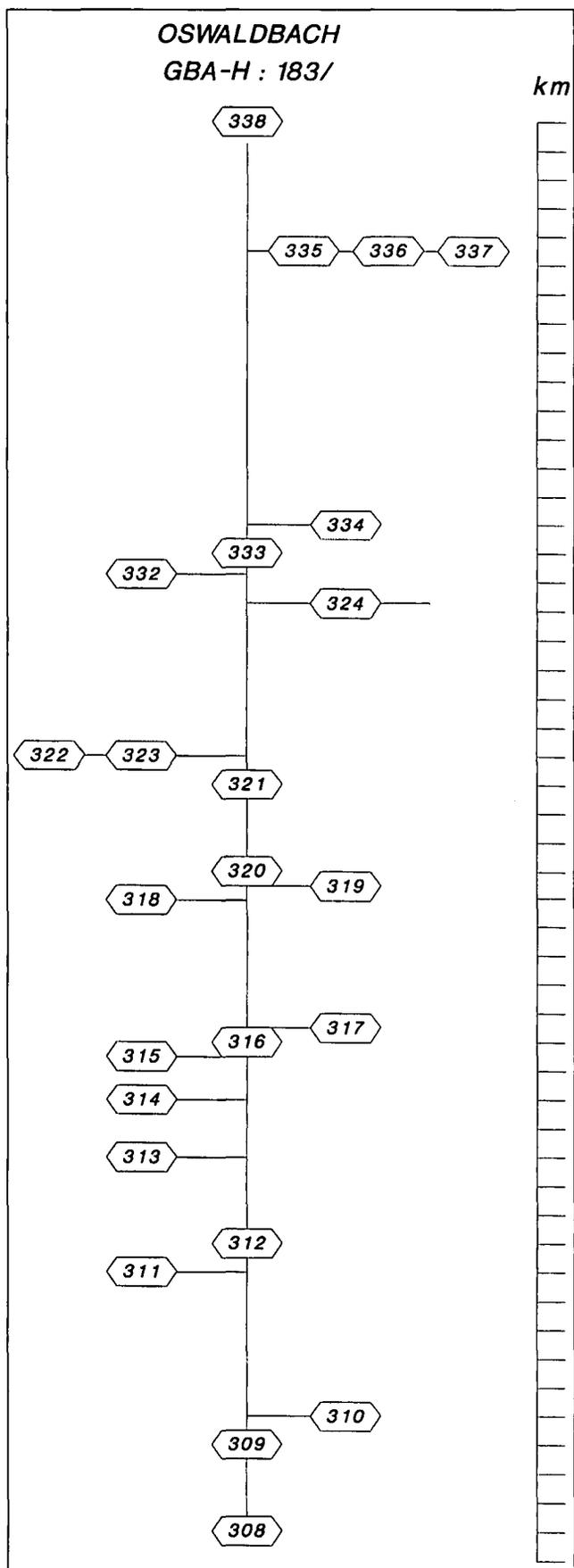


Abb. 57.  
Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Oberer Oswaldbach.  
GBA-H: Nummernsystem.

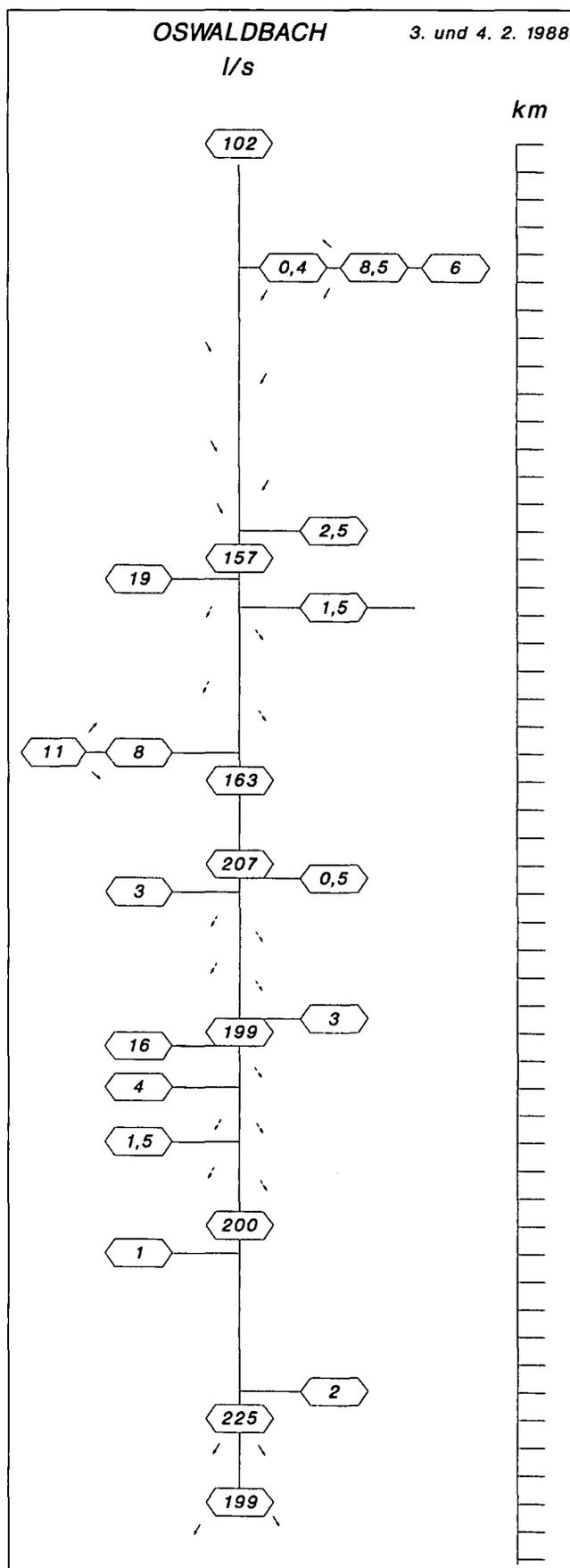


Abb. 58.  
Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Oberer Oswaldbach.  
Trockenwetterabfluß Q (l/s) am 3. und 4. 2. 1988.

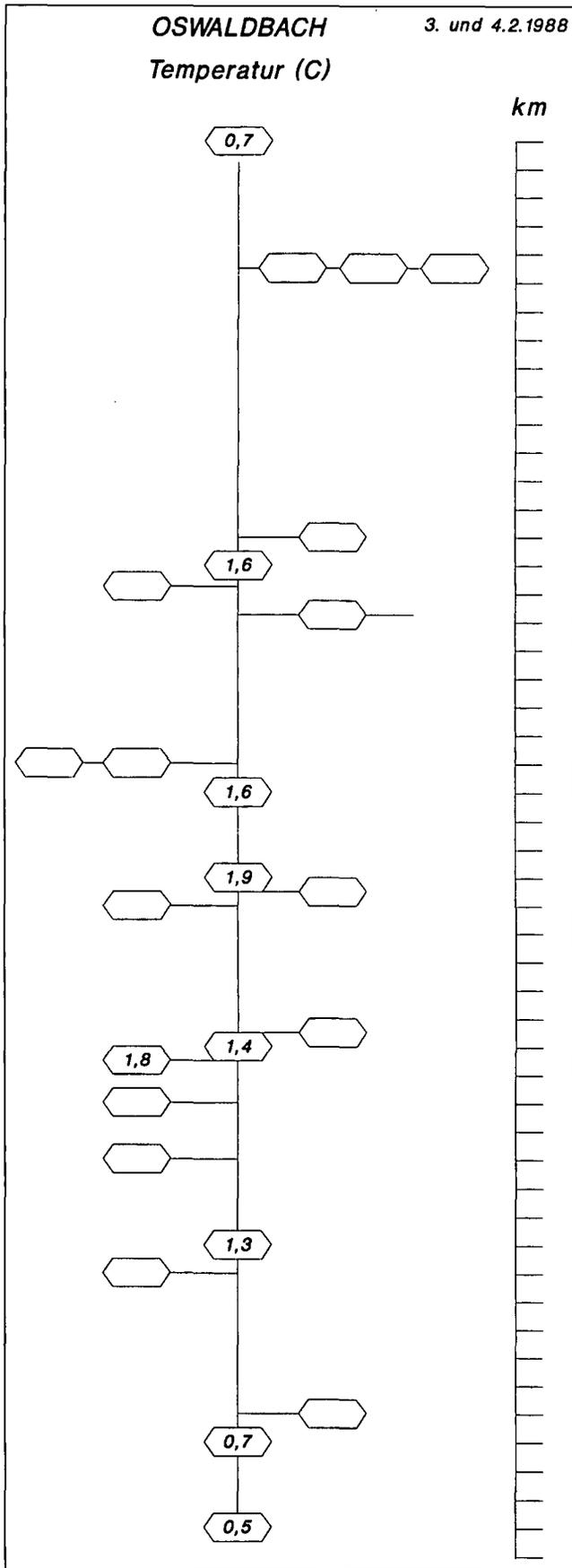


Abb. 59.  
 Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Oberer Oswaldbach.  
 Wassertemperaturen Temp [°C] am 3. und 4.2.1988.

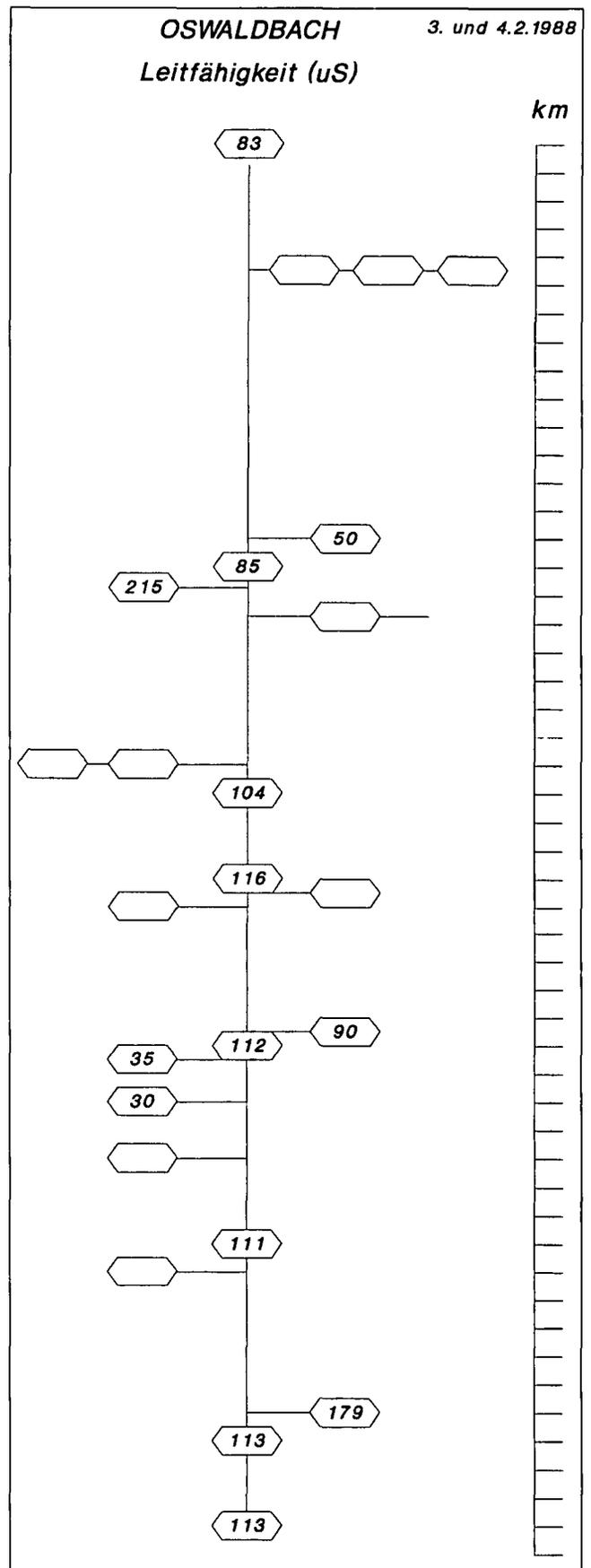


Abb. 60.  
 Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Oberer Oswaldbach.  
 Elektrische Leitfähigkeiten LF [Mikrosiemens/cm] am 3. und 4.2.1988.

ter!), deuten darauf hin, daß sicherlich kein Grundwasser zum Fluß effluent dazutritt (Abb. 59).

Diese Versickerungsstrecke über dem Schwemmkegel könnte somit eine der Möglichkeiten des Kaltwasserzuzugs in den thermalwasserführenden Karst sein. Isotopenuntersuchungen zeigten aber, daß – wegen der schwereneren  $^{18}\text{O}$ -Aktivitäten im Mischwasser – dieser Kaltwasseranteil durch Versickerung von vornehmlich nur sommerlichem Niederschlagswasser (Hochwasserausuferungen) aus dieser Höhenlage gebildet wird.

### 8.3. Bach von der Totelitzen

Der orographisch linke Zubringer im Einzugsgebiet des Oswaldbaches oberhalb der Oswaldquelle fließt von der 1990 m ü.A. hohen Totelitzen in westlicher Richtung bis zur Meßstelle GBA-H: 183/330 in von Schutt verhüllten undurchlässigen Quarzphylliten der Gurktaler Decke. Dementsprechend sickern Hangwässer zwischen der obersten Meßstelle GBA-H: 183/331 und 330 dazu (Abb. 55 und 61–64).

Unmittelbar oberhalb der Meßstelle GBA-H: 183/329 betritt der Bach seinen Schwemmkegel und erleidet sofort Wasserverluste, die bei NQ (3. 2. 1988 und 13. 2. 1990) einer Vollversickerung gleichkommen, bei höherem Abfluß (6. 7. 1988) ebenfalls bis zu 4 l/s ausmachen. Diese influenten Verhältnisse werden durch gleichbleibende Leitfähigkeiten, entsprechend einem Wasserabzug, bis zur Meßstelle GBA-H: 183/326 bestätigt (Abb. 66).

Im Unterlauf kurz oberhalb der Einmündung in den Oswaldbach treten die versickerten Bachwässer als Folgequellen im Bachbett wieder aus, bzw. nimmt die Bachwas-

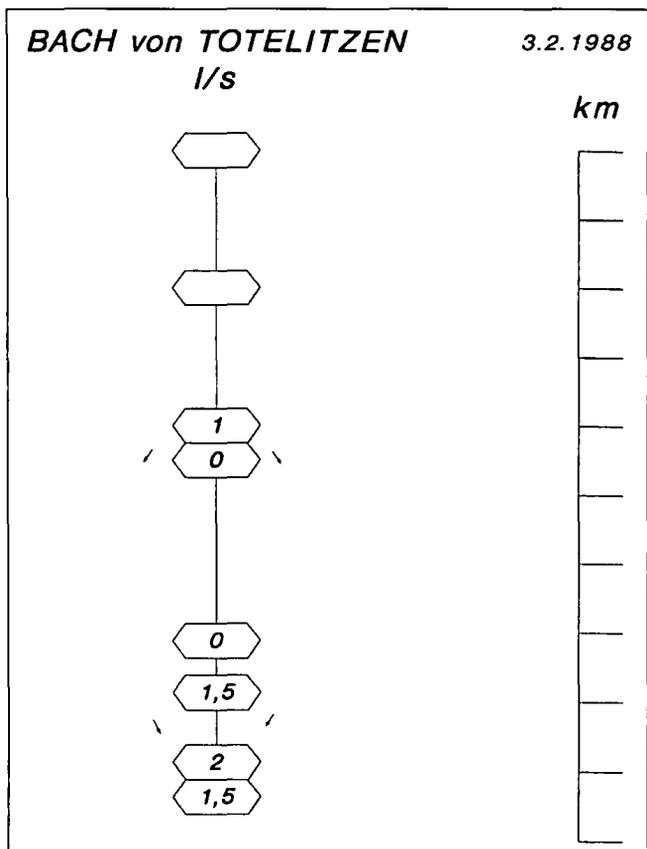


Abb. 62. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Bach von der Totelitzen. Trockenwetterabfluß Q (l/s) am 3.2.1988.

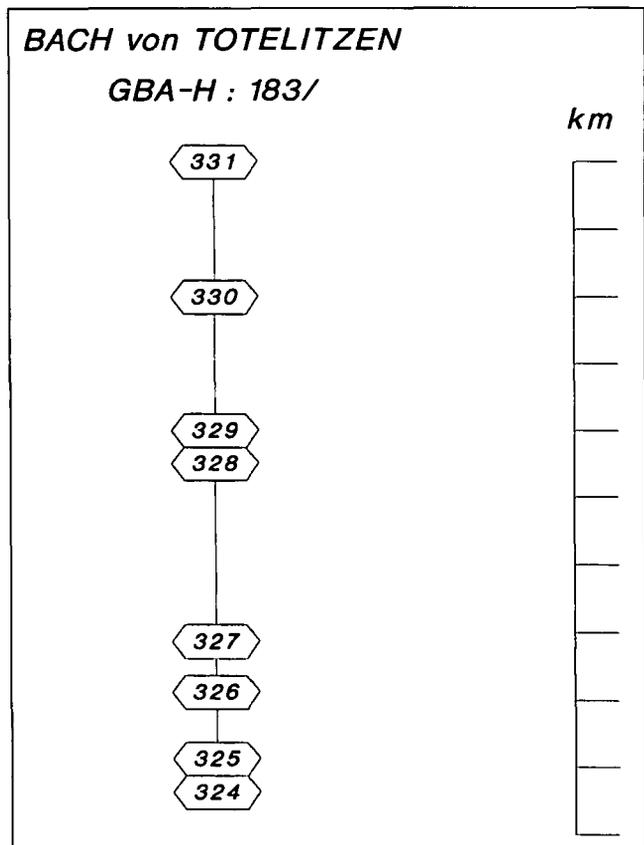


Abb. 61. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Bach von der Totelitzen. GBA-H: Nummernsystem.

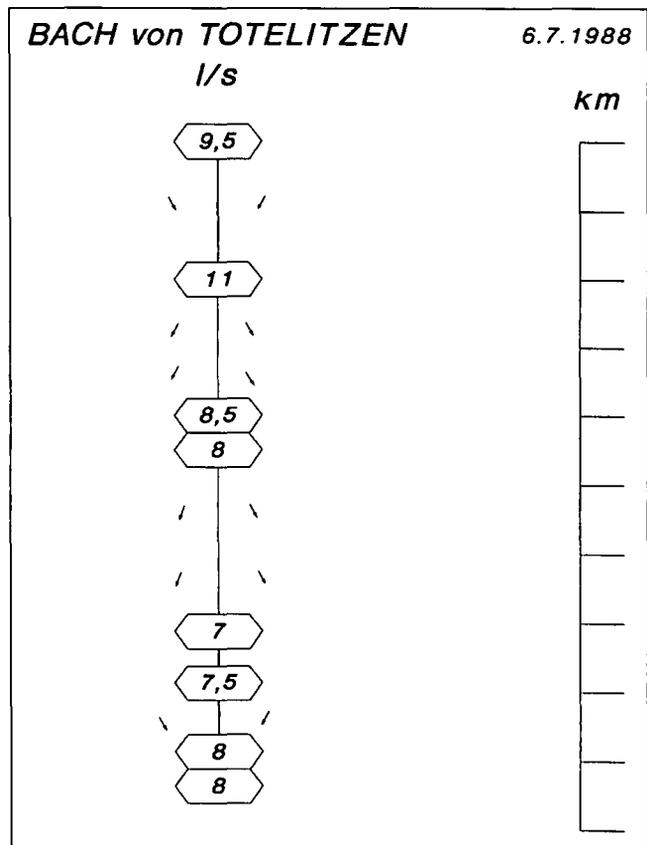


Abb. 63. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Bach von der Totelitzen. Trockenwetterabfluß Q (l/s) am 6.7.1988.

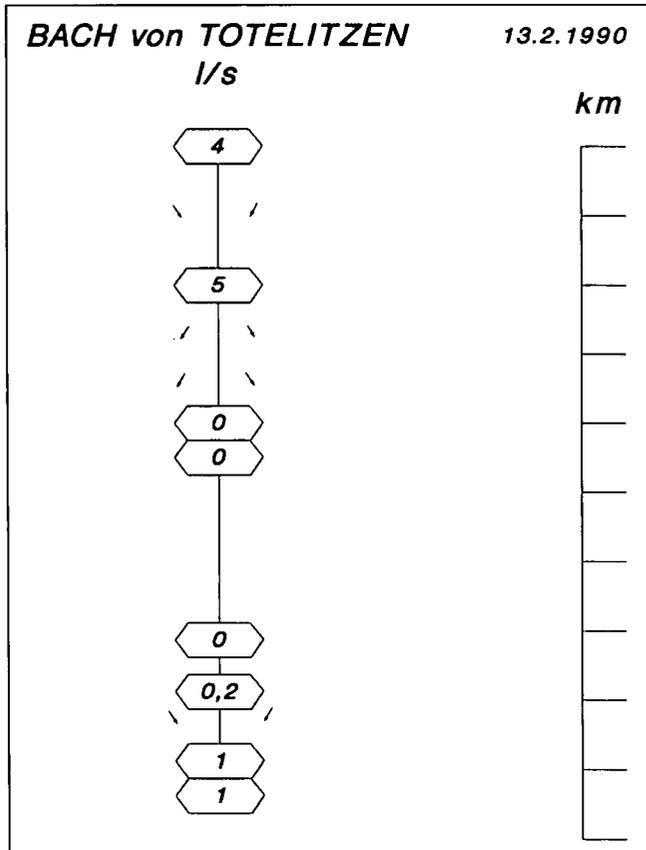


Abb. 64. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Bach von der Totelitzen. Trockenwetterabfluß Q [l/s] am 13.2.1990.

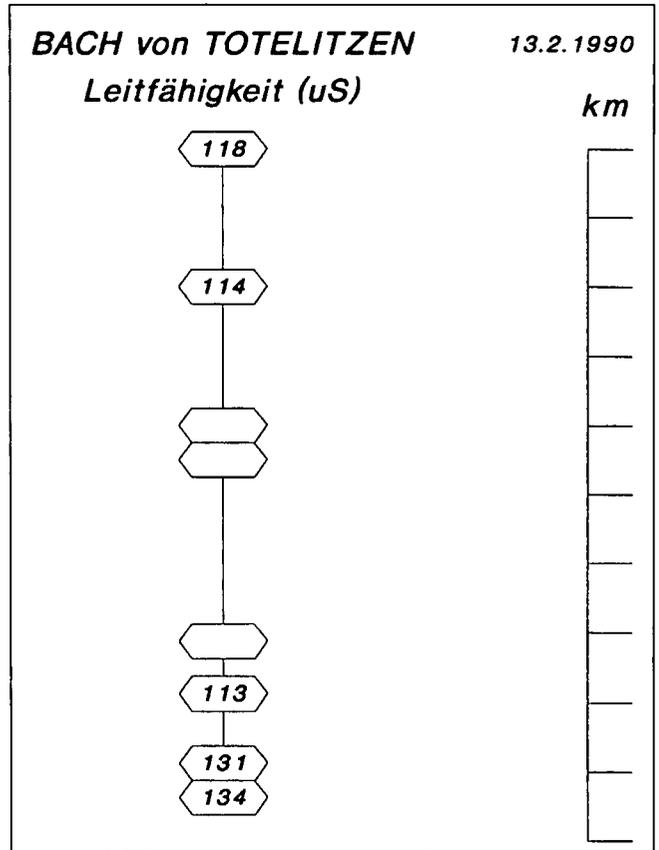


Abb. 66. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Bach von der Totelitzen. Elektrische Leitfähigkeiten LF [Mikrosiemens/cm] am 13.2.1990.

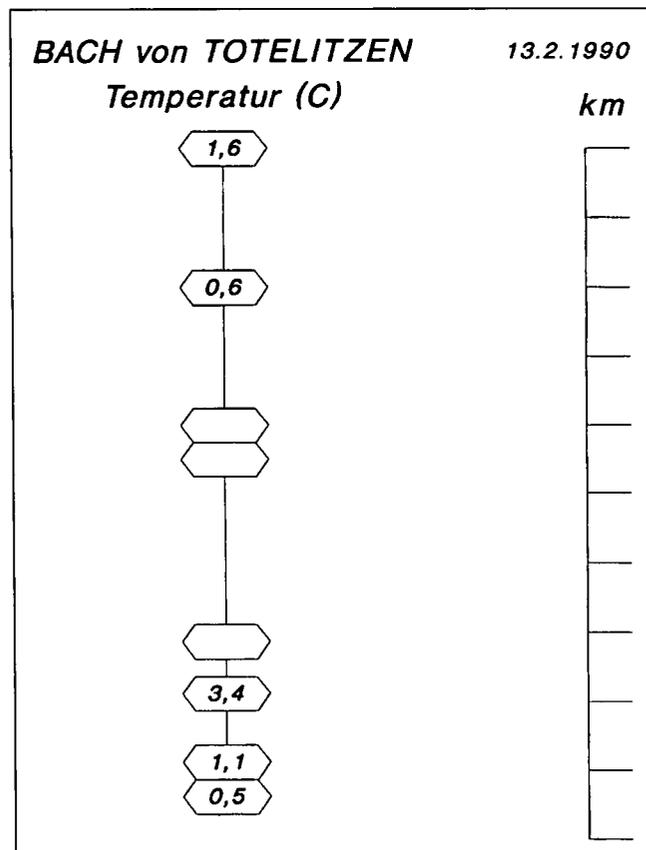


Abb. 65. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Bach von der Totelitzen. Wassertemperaturen Temp [°C] am 13.2.1990.

serführung um ebenfalls ca 1 l/s wieder zu. Da es sich dabei um gespeicherte Grundwässer handelt, sind die Temperatur und Leitfähigkeit (Abb. 65 und 66) beim Wiederaustritt höher (Selbstentwässerung des Schwemmkegels an dessen Fuß).

Da der Schwemmkegel über dem unterhalb durchziehenden Dolomit liegt, ist ein hydraulischer Kontakt nach Süden zur Oswaldquelle denkbar. Der Anteil der versickernden Wässer (4 l/s) an deren Quellschüttung (33–56 l/s) ist quantitativ unbedeutend.

#### 8.4. Tiefenbach bzw. Kleinkirchheimer Bach

Das Kirchheimer Hochtal wird in E–W-Richtung vom Tiefenbach durchflossen und, wie die Ergebnisse der hydrometrischen Simultanmessungen mittels Meßflügels entlang des Längsprofils zeigen, als Vorfluter entwässert (Abb. 54 und 67–69).

Zwischen den Meßstellen GBA-H: 183/302 bei Zirkitzen und 285 oberhalb der Oswaldbachmündung nimmt der Abfluß bei MNQ (Pegel Trattlerwirt der KELAG, GBA-H: 183/352) ständig zu. Dies weist auf effluent austretendes Grundwasser aus der quartären Talfüllung hin. Die Temperaturmessungen am 14. 2. 1989 bei Lufttemperaturen um den Gefrierpunkt (–2 bis +1 °C) belegen dies durch grundsätzlich höhere Werte als bei den Seitenzubringern und sukzessives Ansteigen zum Unterlauf. Dieses Phänomen dürfte wohl damit im Zusammenhang stehen, daß zwischen GBA-H: 183/286 und 285 (unterhalb Kolmhof) Thermalabwassereinleitungen des Bades „Alpentherme“ wirksam werden. Ob zusätzlich ascendierende Thermalwässer

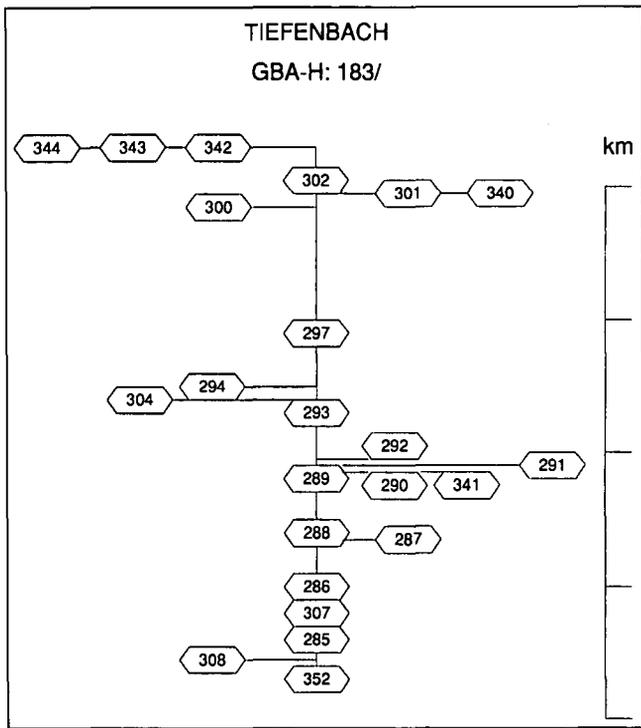


Abb. 67.  
Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Tiefenbach.  
GBA-H: Nummernsystem.

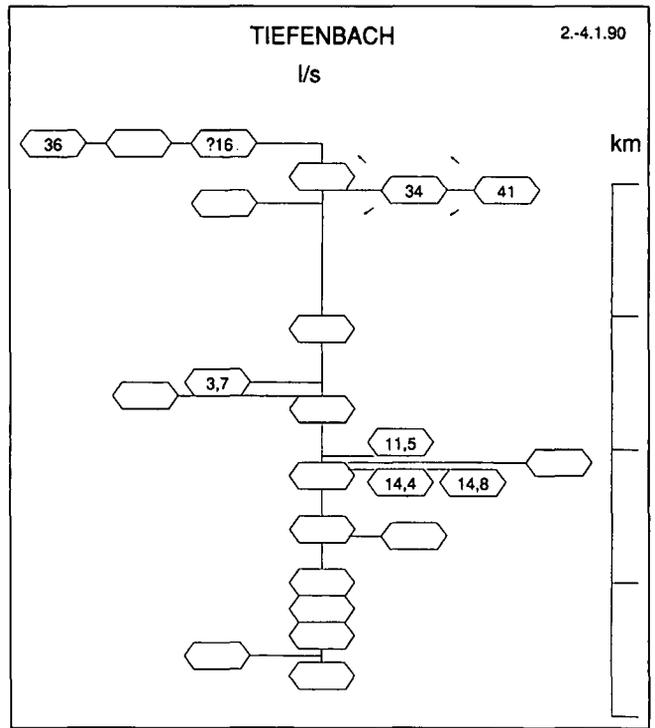


Abb. 69.  
Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Tiefenbach.  
Trockenwetterabfluß Q [l/s] am 2.-4. 1. 1990.

(sogenannte „Sekundärthermalwässer“ aus der Talfüllung), wie von J. NEUDECKER festgestellt (mündl. Mittg. von Prof. CLAR), diffus zutreten, ist durch den Leitfähigkeitsanstieg von 263 auf 267  $\mu\text{S}$  in Anbetracht der Zuleitung aus den Bohrbrunnen 2/72 (266–300  $\mu\text{S}$ ), 1/74 (237–277  $\mu\text{S}$ ) und 2/74 (271–301  $\mu\text{S}$ ) nicht schlüssig zu beweisen (Abb. 70–71). Der geringfügige weitere Bachwassertem-

peraturanstieg (6,5 auf 6,6°C) weit unterhalb der Zuleitungen und trotz der tieferen und abkühlenden Außentemperatur läßt die Möglichkeit des Thermalgrundwasserzutritts jedoch zu (Abb. 70 und 71).

Die Messungen am Zirkitzenbach (GBA-H: 183/342 bis 344) sind durch den damaligen Eisstau im Unterlauf nicht auswertbar.

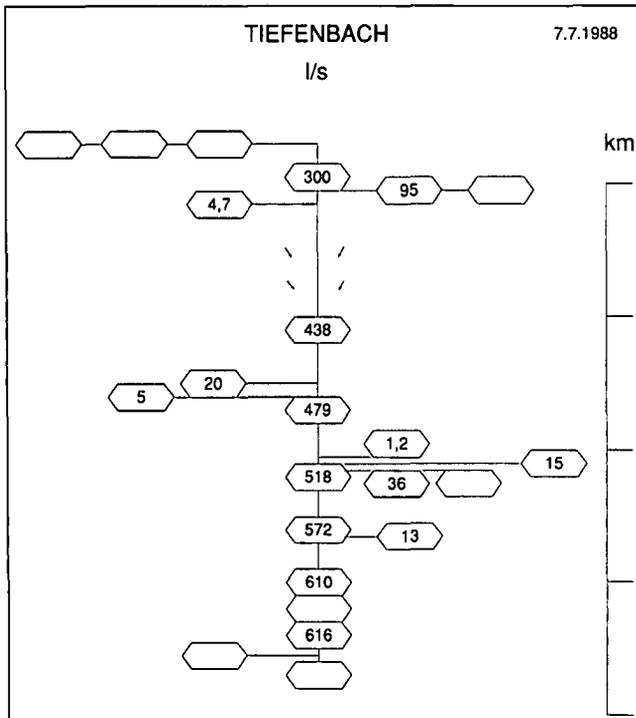


Abb. 68.  
Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Tiefenbach.  
Trockenwetterabfluß Q [l/s] am 7. 7. 1988.

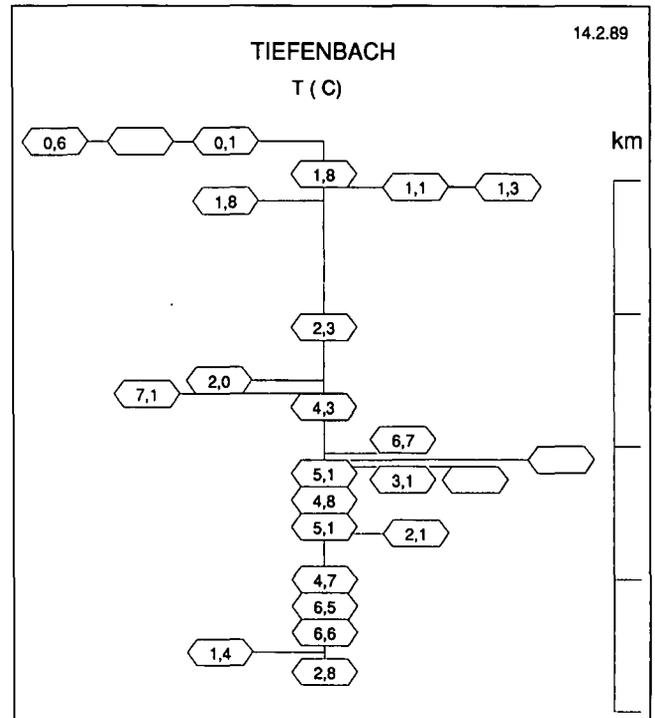


Abb. 70.  
Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Tiefenbach.  
Wassertemperaturen Temp. [°C] am 14. 2. 1989.

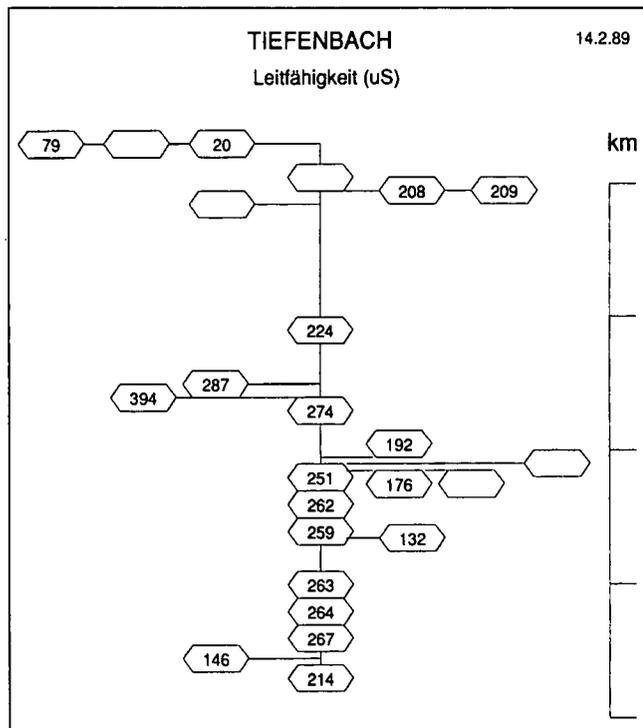


Abb. 71. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Tiefenbach. Elektrische Leitfähigkeiten LF [Mikrosiemens/cm] am 14. 2. 1989.

Interessant ist die Fluß-Grundwasser-Anspeisung am Schwemmkegel des Ottingerbaches (GBA-H: 183/ 301 und 340). Weist der Abfluß in der dichten Gewässersohle im Phyllit noch 41 l/s auf, so erfolgt beim Überfließen des Schwemmkegels eine Teilversickerung um immerhin 7 l/s, die einer nicht unbedeutenden Grundwasseranreicherung gleichkommen. Bestätigt werden die quantitativen Meßergebnisse durch die Konstanz der Leitfähigkeitswerte, was bei absickerndem Wasser die Folge ist. Ebenso ist der Abkühlungseffekt durch die niedrigere Lufttemperatur ein eindeutiger Beleg des Bachwasserverlustes.

Der Wiederaustritt dieses Schwemmkegelgrundwassers erfolgt zum Teil im Tiefenbach als Vorfluter zwischen den Meßstellen GBA-H: 183/297 und 293 (wahrscheinlich zusammen mit analogen Wiederaustritten aus dem Kmölningerbach). Dies ist ersichtlich durch stark zunehmende Abflußmenge und Temperaturen, die bewirken, daß die Gewässerstrecke auch noch 100 m oberhalb der Römerbadeinleitung nicht zugefroren war. Eine nicht unwesentliche Grundwassermenge wird aber vor deren effluentem Austritt künstlich durch einen 20 m tiefen Bohrbrunnen an der Talstation der Kaiserburgbahn aus sandigen Grobkiesen herausgepumpt (30 l/s fallweise für Schneekanonen).

Die Lage der Versickerungen und das Schluckvermögen der Schwemmkegel in dieser Seehöhe (1100 m ü.A.) des Hochtales korrespondieren ebenfalls mit der durch die Isotopenuntersuchungen (<sup>18</sup>O) festgestellten mittleren Einzugsgebietshöhe für den Kaltwasseranteil am Thermalmischwasser.

### 8.5. Leobenbach

Der Leobenbach fließt bis zur Meßstelle GBA-H: 183/55 über quartäre Sedimente im Bereich der hangenden undurchlässigen Quarzphyllite der Gurktaler Decke (Abb. 53).

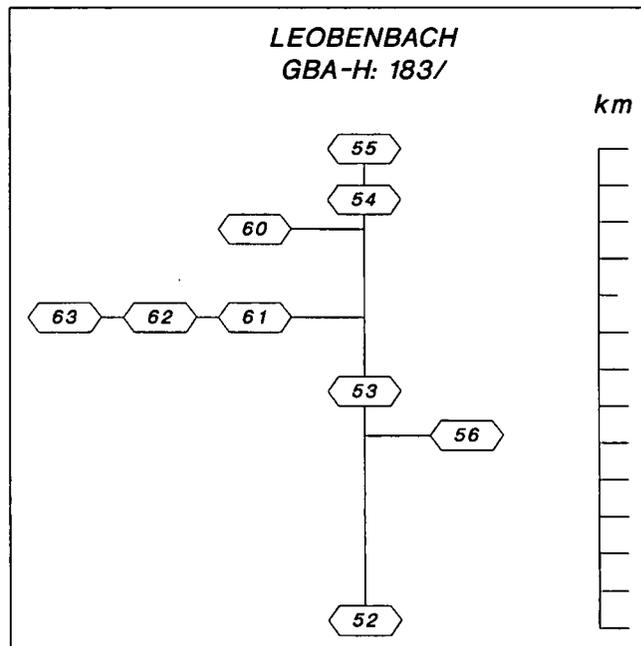


Abb. 72. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Leobenbach. GBA-H: Nummernsystem.

Dann quert er die N-Fortsetzung der Stangalm-Trias, wobei er zusätzlich zu wasserreichen seitlichen Zubringern aus dem Dolomit (Karlbach, Stangbach und Hofalm Bach) auch als Vorfluter für Karstgrundwasser fungiert und an Abflußmenge stark zunimmt. Dabei werden nicht nur die von den Nebenbächen verlorenen und versickernden Wassermengen (vgl. den Hofalm Bach im folgenden Kap.) wieder zum Austritt gebracht, sondern auch entlang des Längsprofils diffus austretende Karstwässer in der Größenordnung von mehreren 100 Sekundenlitern abgeführt (Abb. 72–73).

Die dabei zunehmenden Leitfähigkeiten und im Sommer abnehmenden Temperaturen bestätigen den Effekt

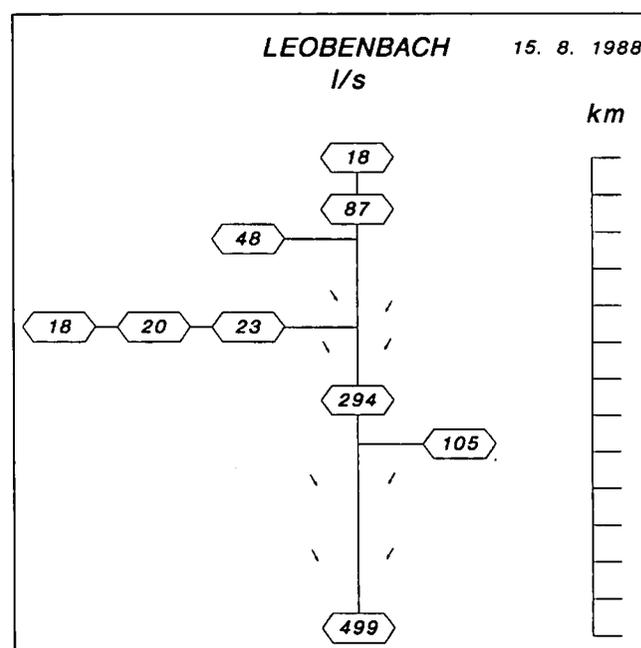


Abb. 73. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Leobenbach. Trockenwetterabfluß Q [l/s] am 15. 8. 1988.

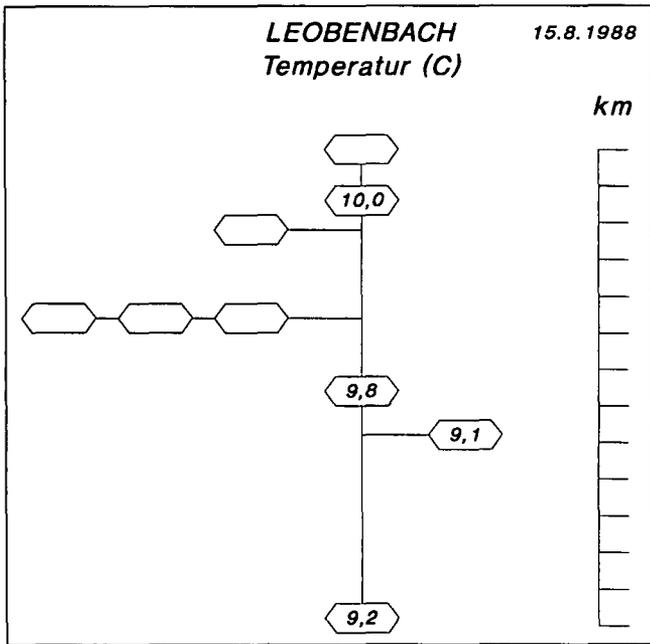


Abb. 74. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Leobenbach. Wassertemperaturen Temp. [°C] am 15. 8. 1988.

von Grundwasserzutritten in das Oberflächengewässer (Abb. 74–75).

Der von der KELAG projektierte Einstau hätte also wahrscheinlich in dieser effluenten Gewässerstrecke keine Wasserverluste zur Folge gehabt.

### 8.6. Hofalmbach

Der Hofalmbach fließt im Oberlauf entlang der von quarzären Sedimenten verhüllten Gesteinsgrenze zwischen basalem Altkristallin und auflagerndem durchlässigem Wettersteindolomit (Abb. 56). Durch diese Schichtstauwirkung dürfte die Abflußzunahme im Oberlauf um über

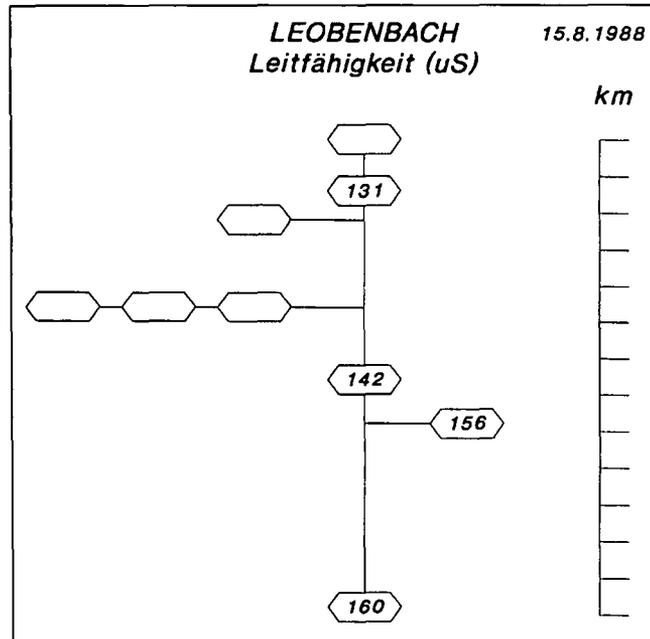


Abb. 75. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Leobenbach. Elektrische Leitfähigkeiten LF [Mikrosiemens/cm] am 15. 8. 1988.

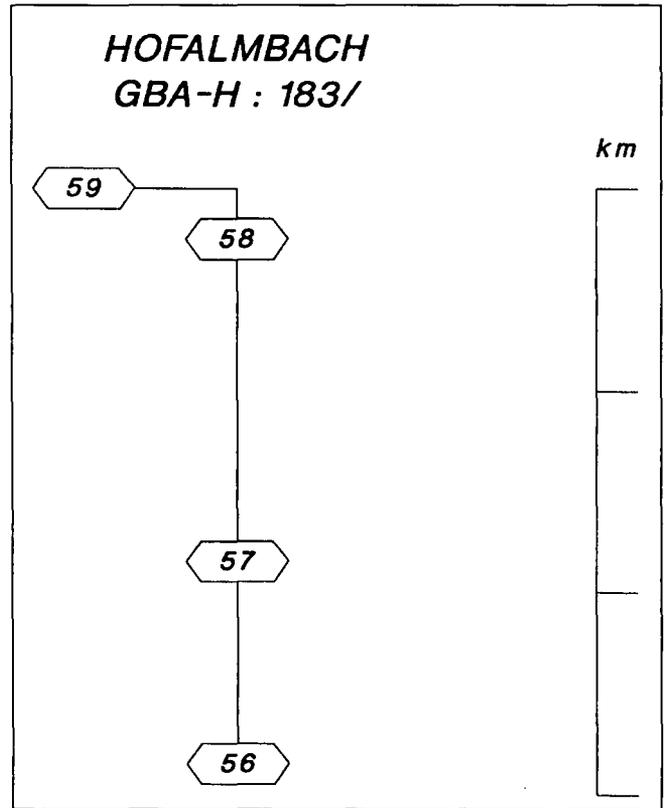


Abb. 76. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Hofalmbach. GBA-H: Nummernsystem.

100 l/s durch zusätzliche kühlere und höher mineralisierte Karstwässer zu erklären sein (Abb. 76–79).

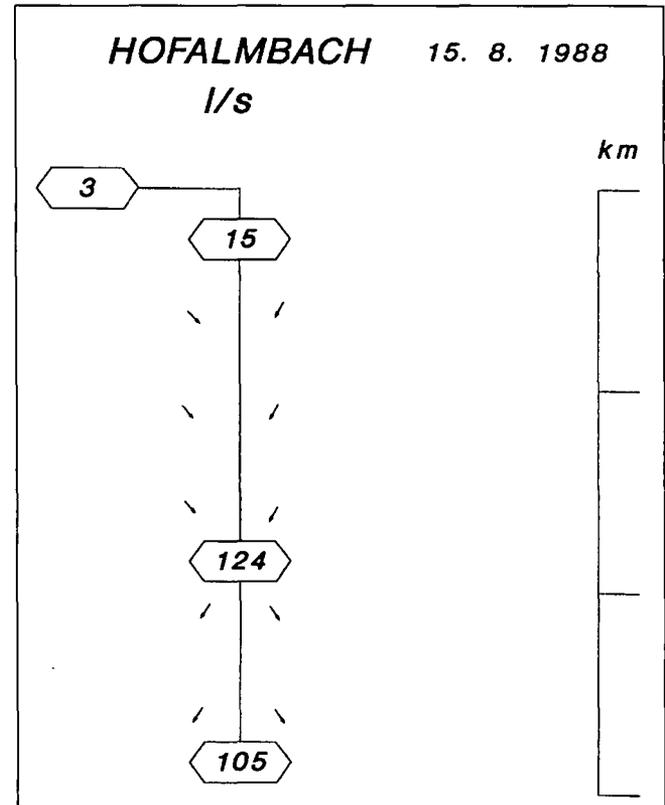


Abb. 77. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Hofalmbach. Trockenwetterabfluß Q [l/s] am 15. 8. 1988.

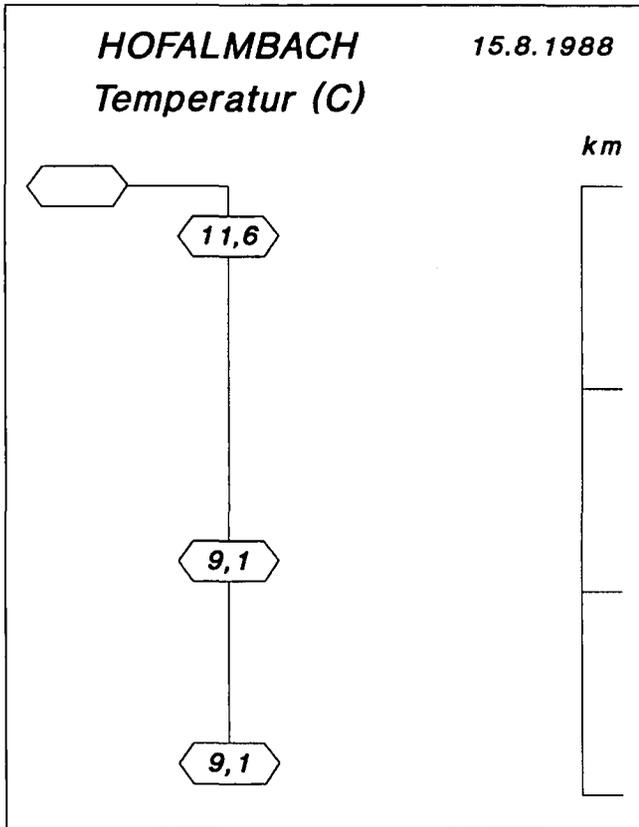


Abb. 78. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Hofalmbach. Wassertemperaturen Temp. [°C] am 15. 8. 1988.

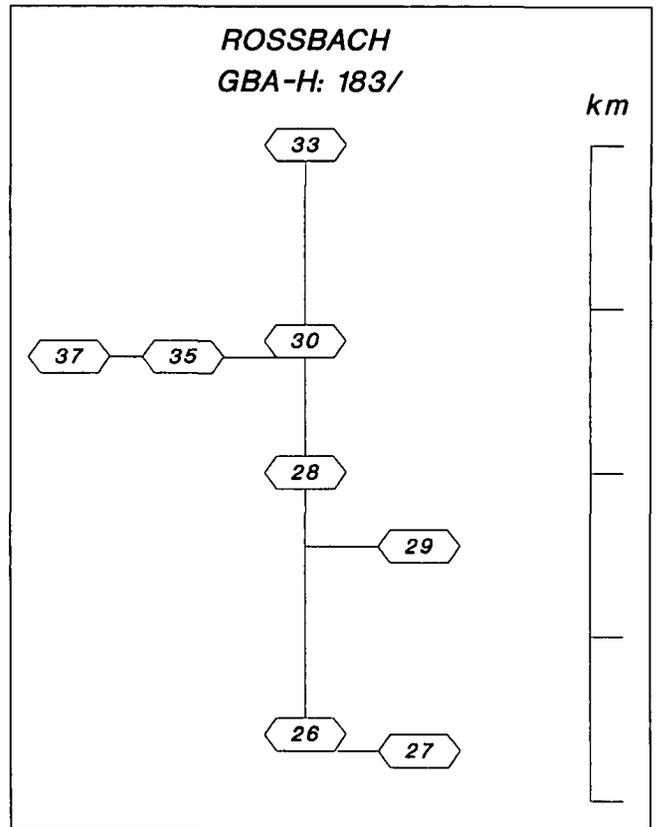


Abb. 80. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Roßbach. GBA-H: Nummernsystem.

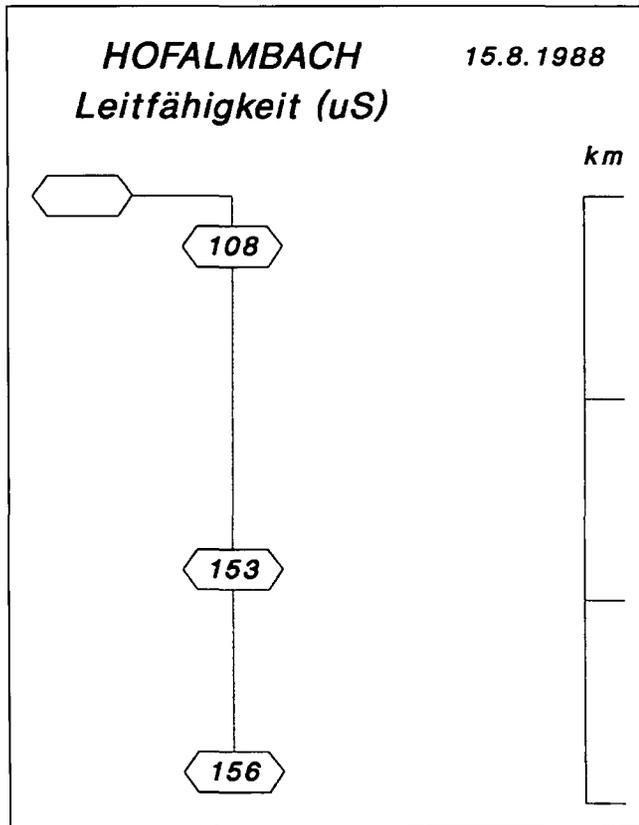


Abb. 79. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Hofalmbach. Elektrische Leitfähigkeiten LF [Mikrosiemens/cm] am 15. 8. 1988.

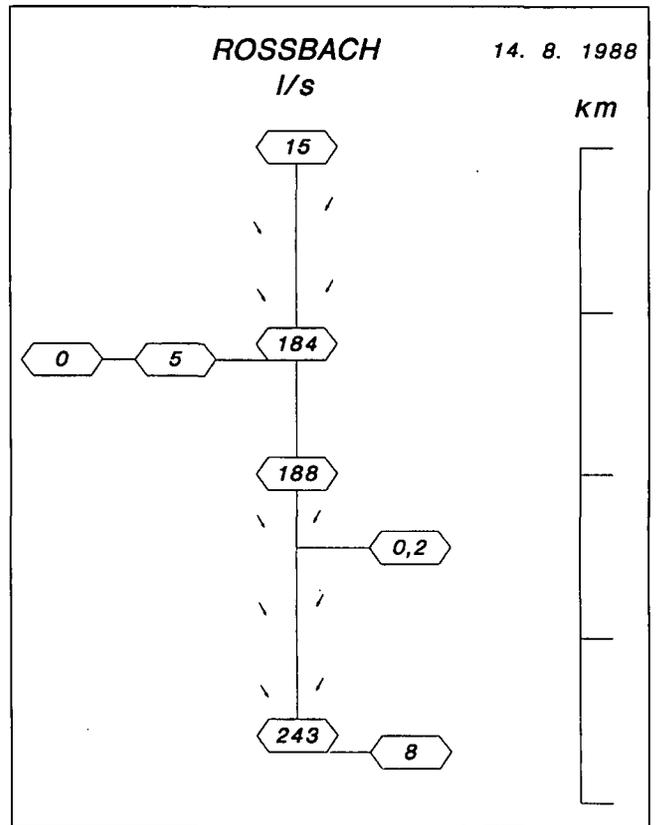


Abb. 81. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Roßbach. Trockenwetterabfluß Q [l/s] am 14. 8. 1988.

Einen Teil davon (d.h. 20 l/s) verliert er, wie bereits beim Leobenbachregime erwähnt, im Unterlauf vor seiner Einmündung in den Hauptvorfluter.

### 8.7. Roßbach bzw. Langalmtal

Als westlicher Vorfluter, der über dem altkristallinen Grundgebirge die Fortsetzung des Stangalm-Triaszuges über die Brunnachalm durchschneidet, konnte erwartet werden, daß zumindest im Unterlauf keine maßgebenden Flußwasserversickerungen, sondern im Gegenteil effluente Verhältnisse herrschen. Dies wurde durch die Meß-

serie bei Trockenwetterverhältnissen bestätigt (Abb. 55 und 80).

Es kommt zu starker Abflußzunahme vom Oberlauf, wo also auch Karstwässer diffus in die Bachsohle übertreten. Dies ist zwischen den Meßstellen GBA-H: 183/33 mit  $Q = 15 \text{ l/s}$  bis GBA-H: 183/30 auf  $Q = 184 \text{ l/s}$  ansteigend beim Überfließen der Dolomit – Gneis Gesteinsgrenze der Fall, wobei relativ unbedeutende seitliche Zubringer (5–8 l/s), die im Oberlauf (= Karst) teilweise vollversickern, den Gesamtabfluß nur unwesentlich erhöhen. Der Karstgrundwasserzutritt ist mit über 220 l/s bis zur Meßstelle GBA-H: 183/26 beträchtlich und unterstreicht die Funktion als Vorfluter (Abb. 81–83).

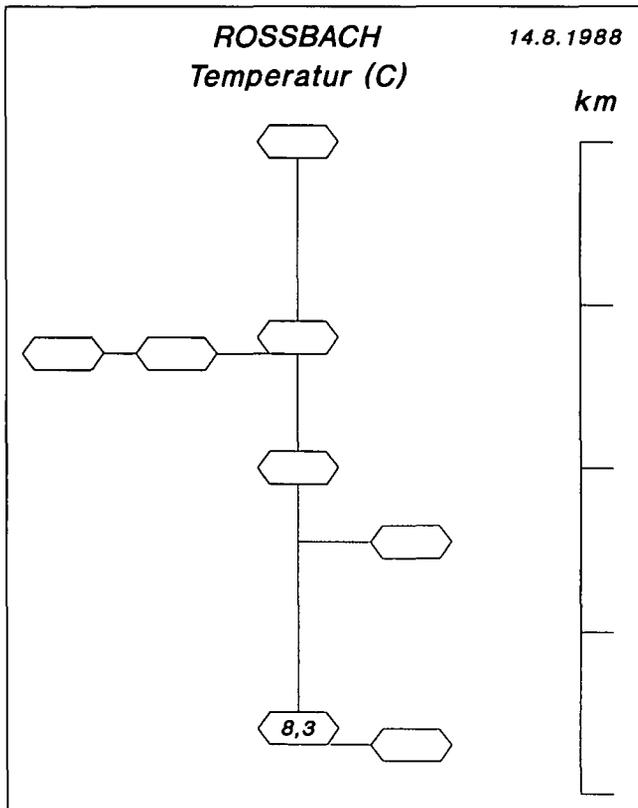


Abb. 82. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Roßbach. Wassertemperaturen Temp. [°C] am 14. 8. 1988.

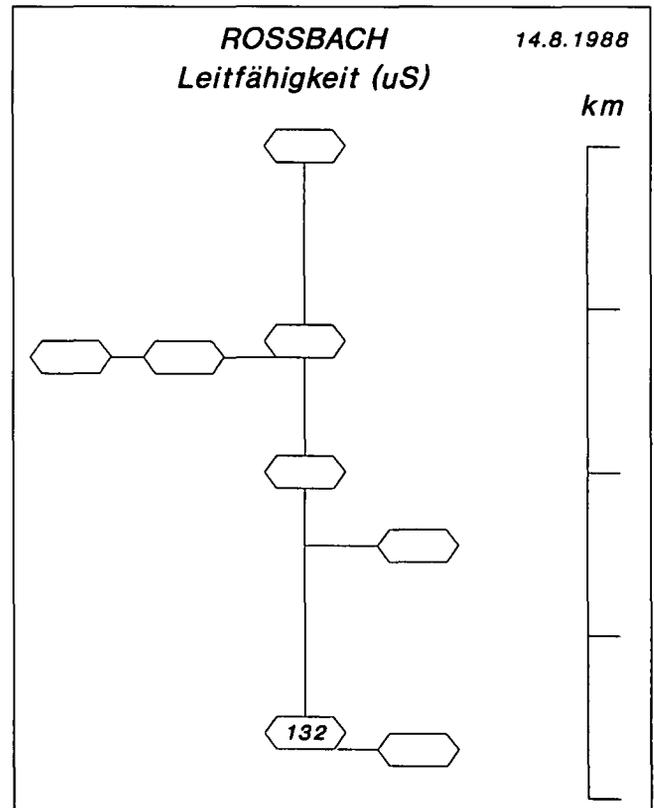


Abb. 83. Schematisch vereinfachtes Bach-Längsprofil: Roßbach. Elektrische Leitfähigkeiten LF [Mikrosiemens/cm] am 14. 8. 1988.

## 9. Hydrogeologische Kartierung der Quellen und Schwinden im Einzugsgebiet der Thermalwässer von Bad Kleinkirchheim

(W. GAMERITH)

### 9.1. Anlaß und Auftrag

Unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse und insbesondere des Umstandes, daß die Transportwege der Thermalwässer primär im mittelostalpinen Trias-Dolomit zu suchen sind (Stangalm-Mesozoikum, „Melitzen-Scholle“), die sich zwischen Gurktaler Decke im Westen und dem kristallinen Grundgebirge im Osten befinden, wurden zwischen 1988 und 1990 für das Projekt GBA KA-35 Geländeaufnahmen mit hydrogeologischer Kartierung der Kaltwässer durchgeführt.

Dabei sollten diese etwa nord-süd streichenden und nach Osten einfallenden Dolomite hinsichtlich ihrer hydrogeologischen Funktion in Hinblick auf den Thermalwasser-Mechanismus untersucht werden, indem die bedeutenderen Quellen sowie Versickerungsstellen aufgenommen werden; zu Vergleichszwecken sollten dabei auch einige Quellen, die in den Randbereichen zum Kristallin bzw. gänzlich im Kristallin liegen, miteinbezogen werden.

Die Geländearbeiten wurden im Herbst 1988 und 1989 sowie im Sommer 1990 durchgeführt; besonders die im Herbst vorgenommenen Aufnahmen in den Hochflächen fielen in eine ausgeprägte Trockenzeit, aber auch die

übrigen Erhebungen erfolgten bei niedrigen Abflußverhältnissen. Die aufgenommenen Quellen und versickern den Wässer wurden hinsichtlich Schüttung, Temperatur, Leitfähigkeit und fallweise pH-Wert vor Ort untersucht; von bedeutenden Quellen wurden Proben gezogen, die im Labor der Geologischen Bundesanstalt in Wien untersucht wurden. Bei den Aufnahmen in der Natur wurden folgende Geländepunkte und Meßwerte ermittelt (nach GBA-H-Nummern geordnet):

#### Abkürzungen

LF: Elektrische Leitfähigkeit in Mikrosiemens pro cm bei 20°C, gemessen mit WTW LF 91, Gerät 2

Pr: Probe, gezogen für das Labor (1 l)

H: Seehöhe in m ü.A., ermittelt mit Höhenmesser oder aus der Karte

## 9.2. Aufnahmegebiete

Das Untersuchungsgebiet St. Oswald – Karlwand umfaßt die Dolomitbereiche und ihre Randgebiete zwischen St. Oswald und dem Spitzeck (1913 m), den Ostabhang des Spitzeckes, der Brunnachalm und der Brunnachhöhe, den Bereich der Bockhütte, der Kreuzhütte, den Abflußbereich des Naßbodensees (Naßbodenbachtal), den Erlacher Bock, die Zunderwand und den Kalten Keller mit seinem Abflußbereich bis zur Kaninger Wolitzen-Hütte. Die aufgenommenen Geländepunkte (Quellen, Schwinden, Dolinen, Bachabflüsse u.a.) sind in der Abb. 84 (ursprünglich Kartenbeilage 1 : 25.000) dargestellt.

Weiters wurden schon zuvor aufgenommene bedeutende Quellen mituntersucht und beprobt, die südlich des oben beschriebenen Gebietes liegen und aufgrund der bereits vergebenen Nummern in der Auflistung weiter vorne aufscheinen.

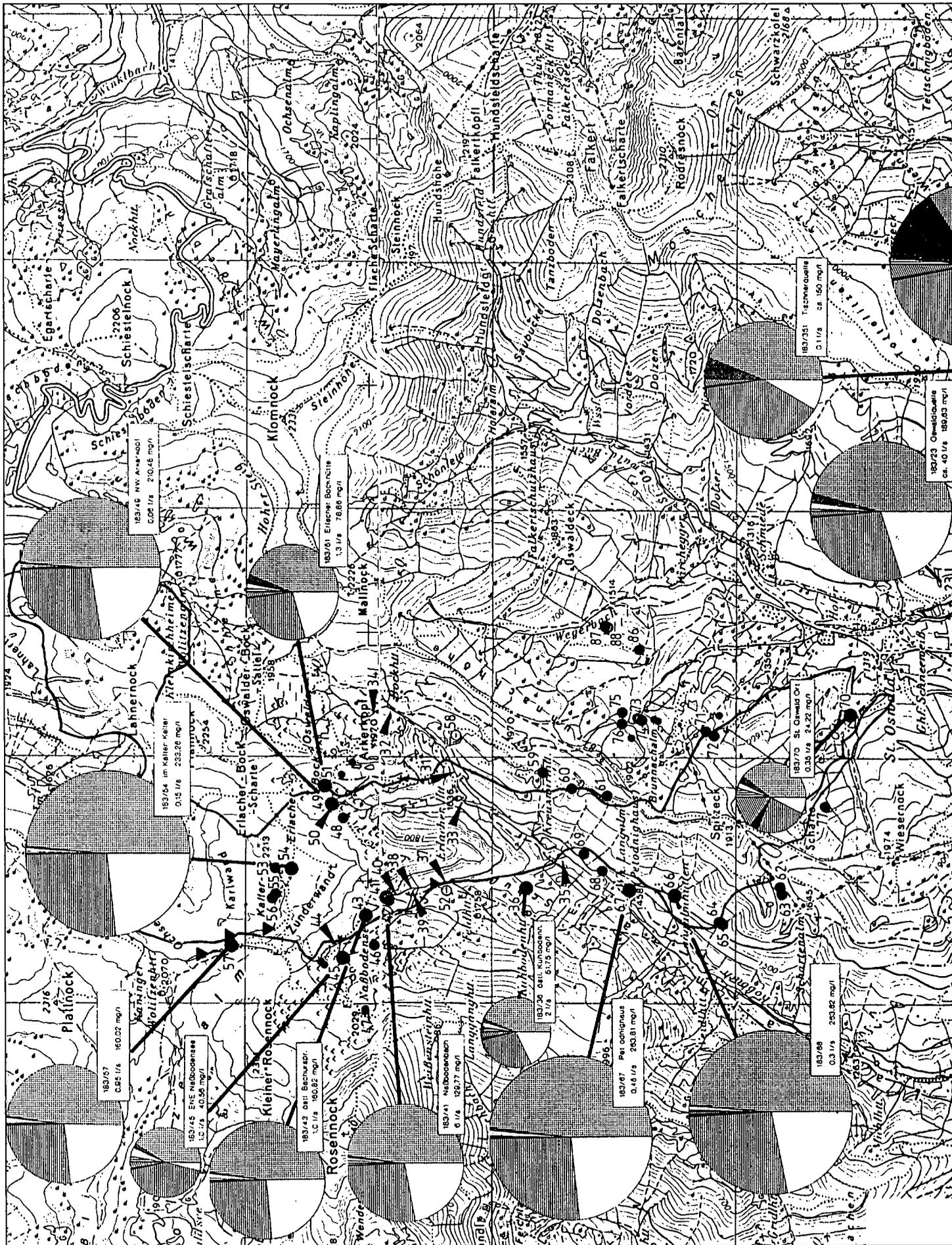
Weitere Aufnahmegebiete betreffen die Dolomitbereiche, die sich von St. Oswald in SSE-Richtung über die Ortschaft Bach bei Bad Kleinkirchheim in das Kolmnock-Gebiet ziehen sowie den Bereich „In Plon“ nördlich von Bad Kleinkirchheim.

## 9.3. Aufgenommene Punkte und gemessene Austritte

Diese wurden entsprechend den GBA-Richtlinien „GBA-H 183/...“ geordnet und in die Abb. 84 eingetragen.

- Nr. 21 Talkenbrunn**  
H = 1220 m, Bild 332/37, Pr. (23. 9. 1989).  
Q = 3,0 l/s (Überlauf); LF = 150 µS; T = 6,1°C; pH = 7,5.
- Nr. 22 Jaklbauerquelle**  
H = 1530 m, Bild 332/32, Pr. (23. 9. 1989).  
Q = 1,9 l/s; LF = 32 µS; T = 5,2°C; pH = 6,5.
- Nr. 23 Oswaldiquelle**  
750 m SE St. Oswald, H = 1240 m, Bild 331/3, Pr. (23. 9. 1989).  
Q = ca. 40 l/s; LF = 190 µS; T = 6,6°C; pH = 7,5.
- Nr. 31 Roßbach**  
östl. der Erlacher Hütte, H = 1640 m (17. 8. 1988, 16.30 Uhr).  
Q = 12 l/s; LF = 81 µS; T = 10,9°C.
- Nr. 32 Roßbach**  
westlich der Bockhütte, H = 1820 m (17. 8. 88, 18.30 Uhr).  
Q = 9 l/s; LF = 68 µS; T = 13,4°C.
- Nr. 33 Bach**  
von Erlacher Bock-Scharte, H = 1620 m (14. 8. 88).  
Q = 15 l/s.
- Nr. 34 Roßbach**  
östl. des Arkerkopfes, H = 1845 m (17. 8. 1988, 18.30 Uhr).  
Q = 3,5 l/s; LF 47 µS; T = 14,1°C.
- Nr. 35 Naßbodenbach**  
vor Mündung in Roßbach, H = 1500 m (14. 8. 1988).  
Q = 5 l/s.  
Dieses Wasser stammt von Quelle 36; der ursprüngliche Naßbodenbach versetzt weit oben bei Punkt 37.
- Nr. 36 Quelle**  
250 m östl. der Kuhbodenhütte, H = 1620 m, Pr. (20. 9. 1989).  
Q = 2 l/s; LF = 52 µS; T = 7,0°C; pH = 6,55.  
Bemerkung: Es sind mehrere Quellläste vorhanden mit Leitfähigkeiten zw. 51 und 93 µS u. Temp. zw. 5,7 und 7,1°C; beprobt wurde der größte.
- Nr. 37 Naßbodenbach**  
oberhalb der Forststraßenkurve, ca. 350 m nordöstlich der Feldhütte, H = 1225 m; Bild 332/22 (17. 8. 1988).  
Q = 0,0 (trocken).  
Versickerungsstrecke endet ca. 50 m oberhalb dieses Punktes.
- Nr. 38 Naßbodenbach**  
bei verfallener Almhütte, ca. 1770 m Seehöhe, H = 1760 m (17. 8. 1988).  
Q = 3,0 l/s; LF = 126 µS; T = 5,6°C.
- Nr. 39 westl. Zufluß zu Naßbodenbach bei Punkt Nr. 38,**  
H = 1760 m (17. 8. 1988).  
Q = 0,5 l/s; LF = 24 µS; T = 9,4°C.
- Nr. 40 Naßbodenbach**  
ober Nr. 38, ca. 1780 m Seehöhe, H = 1785 m (17. 8. 1988).  
Q = 6,5 l/s (im anstehenden Dolomit).
- Nr. 41 und 42 Quelle(n) des Naßbodenbaches**  
(1810 m Seehöhe) Bild 297/25 (17. 8. 1988).  
41: Q = 6 l/s; LF = 132 µS; T = 4,8°C; pH = 7,3; Pr. (ost).  
Q = 7 l/s; LF = 135; T = 4,9°C; pH = 7,45; Pr. (20. 9. 89).  
42: Q = 0,5 l/s; LF = 136 µS; pH = 6,2 (west).  
Q = 2 l/s; LF = 117 µS; T = 4,7°C (20. 9. 89).  
Bemerkung: An Grenze zw. Kristallin und Dolomit; ein kleines Gerinne kommt von oben bereits bis zu diesen Quellen (Nr. 43).
- Nr. 43 Quelle**  
ober Nr. 41 u. 42, östl. Ursprung des Baches, H = 1875, Pr. (17. 8. 1988).  
Q = 1,0 l/s; LF = 163 µS; T = 4,6°C (Dolomitbereich).  
Q = 1,2 l/s; LF = 159 µS; T = 4,4°C; pH = 7,5 (20. 9. 1989).
- Nr. 44 Naßbodenbach**  
in 1920 m Seehöhe, Gerinne aus Ost und West Bild 297/26 (17. 8. 1988).  
Ost: Q = 2,5 l/s; LF = 18 µS; T = 8,6°C.  
West: Q = 1,5 l/s; LF = 16 µS; T = 10,3°C.
- Nr. 45 Quelle**  
ca. 350 m ENE des Naßbodensees, H = 1935 m, Pr. (17. 8. 1988).  
Q = 1,5 l/s; LF = 17 µS; T = 3,2°C; pH = 6,7.

- Nr. 46 Quelle**  
ca. 300 m ESE des Naßbodensees, H = 1900 m (17. 8. 1988).  
Q = 1 l/s.
- Nr. 47 Naßbodensee**  
2029 m Seehöhe, im Kristallinbereich (17. 8. 1988)  
Bild 297/27; keine Zuflüsse ersichtlich, kommt für Alimentation für die Quellen 45 und 46 in Frage; Wasserstand siehe Foto.
- Nr. 48 Quelle**  
550 m nordwestl. des Arkerkopfes im Westteil des Erlacher Bockes, am rot markierten Weg in ca. 1860 m Höhe (17. 8. 1988).  
Q = 0,06 l/s; LF = 245  $\mu$ S; T = 7,5°C (Dolomitbereich).
- Nr. 49 Quelle**  
575 m NW des Arkerkopfes im Westteil des Erlacher Bockes in kleinem Graben ca. 5 m ober markiertem Weg in 1910 m Seehöhe mit kleinem Gerinne Bild 297/36, Pr. (17. 8. 1988).  
Q = 0,25 l/s; LF = 212  $\mu$ S; T = 4,5°C; pH = 7,55.
- Nr. 50 Kleines Gerinne**  
bei Nr. 49; H = 1910 m (17. 8. 1988).  
Q = 0,25 l/s; LF = 209  $\mu$ S; T = 10,5°C.
- Nr. 51 Quelle**  
bei Erlacher Bockhütte, H = 1925 m, gefaßt (17. 8. 1988).  
Q = 1,3 l/s; LF = 82  $\mu$ S; T = 2,7°C; pH = 7,5; Pr.  
Q = 2 l/s; LF = 83  $\mu$ S; T = 2,8°C (21. 9. 1989).
- Nr. 52 Dolinenform**  
ca. 4 m tief, ca. 5 m Durchmesser, Sohle mit Blockwerk u. altem Holz bedeckt, geschlossen, im Naßbodenbachtal, ca. 275 m südl. Nr. 38 (Versickerung des Naßbodenbaches), von Einheimischen als „Wolfgrube“ bezeichnet, H = 1730 m, Bild 332/16 (20. 9. 1989).
- Nr. 53 Quelle**  
östlich des Kalten Kellers, 225 m SW Kote 2213 sehr kleiner Austritt als Beginn des Gerinnes, H = 2150 m (20. 9. 89).  
Q = <0,05 l/s; LF = 236  $\mu$ S; T = 5,8°C.
- Nr. 54 Quelle**  
südlich von 53 in ebensolchem Gräbchen, H = 2150 m Bild 330/33, Pr. (20. 9. 89).  
Q = 0,15 l/s; LF = 23  $\mu$ S; T = 5,1°C; pH = 7,55.
- Nr. 55 Quelle („Sumpfquelle“)**  
im Kalten Keller (N Zunderwand), H = 2115 m, Bild 330/23 (Primäraustritt nicht erkennbar) (20. 9. 1989).  
Q = 0,13 l/s; LF = 228  $\mu$ S; T = 8,2°C.
- Nr. 56 Quelle (kl. Wallerquelle)**  
im Kalten Keller, H = 2110 m, Bilder 330/24/25 (20. 9. 1989).  
Q = 0,2 l/s; LF = 249  $\mu$ S; T = 4,9°C.  
Bemerkung: Die Quellen 53–56 stellen die Entwässerung des Gebietes „Kalter Keller“ sowie den Ursprung des nach Norden abziehenden Baches (Hofalmbach) dar. Etwa dort, wo der Bach, von den Quellen im Kalten Keller kommend, nach W schwenkt, versetzt er vollkommen (ca. 2 l/s); er zeigt ausgeprägte Mäanderbildung, die Bodenbildung erreicht hier ca. 60 cm. Erst ein kleines Gerinne aus Richtung Stall des Kalten Kellers (0,8 l/s) bringt dem Bachbett wieder etwas Wasser. Nach
- ca. 100 m versetzt der Bach abermals, tritt nach 20 m aber wieder aus. Nach ca. 200 m, an einer Engstelle mit Schwelle im Anstehenden 15 m vor Zaun, versickert er wieder; nach weiteren 25 m befindet sich an der Südseite des Bachbettes nach dem Bachniveau eine überraschend starke Quelle (Nr. 57).
- Nr. 57 Quelle**  
300 m WNW des Stalles im Kalten Keller, H = 2080 m Bild 330/30, Pr. (20. 9. 1989).  
Q = 0,95 l/s; LF = 155  $\mu$ S; T = 2,7°C; pH = 7,5.  
Bemerkung: Die Quelle hat mehrere kleine Austritte und befindet sich direkt neben dem Bach. Dieser versetzt nach ca. 150 m mit rund 1,5 l/s. Auch das von Westen kommende Gerinne – gegenüber dem „O“ von „Ochsenstand“ (in der Karte) versetzt mit 0,25 l/s und LF = 46  $\mu$ S vollkommen. Ca. 100 m weiter tritt im Bett des Hofalmbaches ca. 0,5 l/s Wasser auf, das auf den folgenden 200 bis 300 m nicht stärker wird und wieder teilweise versetzt (aufgenommen bis Sporn unter der Kaniniger Wolitzen-Hütte).
- Nr. 58 Graben/Störung im Roßbachtal**  
ca. 500 m E der Erlacher Hütte; scharfer Graben mit Blockwerk erfüllt, trocken. Er verzweigt sich und weist kleine dolinenartige Hohlformen auf (nahe markiertem Steig). Auch etwas weiter höher bei Weggabelung gibt es längliche abflußlose Senken (Bergzerreißung, Talzuschub?). Bei all diesen Formen wäre ein unterirdischer Abfluß denkbar (22. 9. 1989).
- Nr. 59 Kleine Quelle**  
ca. 600 m ENE Kreuzwirt-Hütte (Schuttquelle unter markiertem Weg), mehrere Austritte in unterschiedlicher Höhe, höchster Austritt ca. 1760 m (22. 9. 1989).  
Q = 0,5 l/s (gesamt); LF = 126  $\mu$ S; T = 4,2°C.  
beim Trog (unten): LF = 82  $\mu$ S; T = 4,2°C.
- Nr. 60 Quelle**  
500 m SE Kreuzwirt-Hütte unter markiertem Weg, mehrere Austritte in versch. Höhen, Q-Messung bei Trog, H = 1780 m (22. 9. 1989).  
Q = 0,15 l/s; LF = 46  $\mu$ S; T = 3,7°C.
- Nr. 61 Quelle**  
650 m SE Kreuzwirt-Hütte, eingezäunt, mit Trog, direkt ober Weg unter Wurzelstock (22. 9. 1989).  
Q = 0,1 l/s; LF = 60  $\mu$ S; T = 3,8°C.  
Bemerkung: Alle weiteren Gräben in Richtung SSW Schartenalm sind in der begangenen Höhe und im darunter einsehbaren Bereich trocken.
- Nr. 62 Quelltümpel**  
ca. 160 m NE ober Schartenalm, H = 1685 m Bild 332/4 (22. 9. 1989).  
Q = < 0,01 l/s auffallend braunes Wasser (Eisen?).
- Nr. 63 Quelle mit Trog**  
120 m NE ober Schartenalm, H = 1680 m (22. 9. 1989).  
Q = 0,02 l/s (Rohr); LF = 47  $\mu$ S; T = 10,9°C.
- Nr. 64 Quelle im Graben**  
ca. 400 m SE Langalmhütten an Straße, H = 1530 m.  
Q = 0,45 l/s; LF = 115  $\mu$ S; T = 5,2°C.  
Bemerkung: Der Abfluß beider Quellen (64 und 65) versickert noch vor Erreichen des Talbodens.



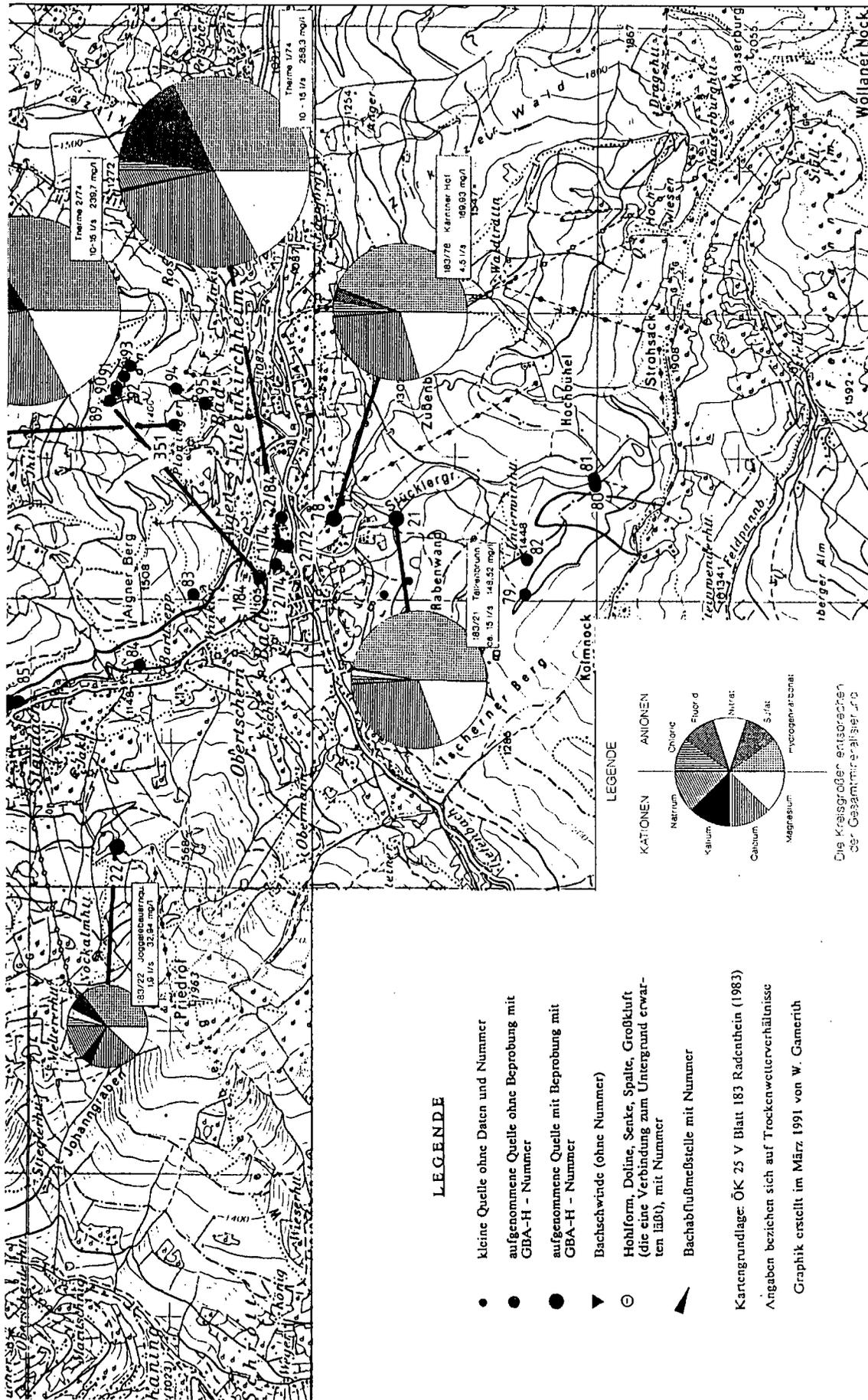


Abb. 84. Hydrochemische Zusammensetzung der Kalt- und Thermalwässer im Raum Bad Kleinkirchheim.

- Nr. 66 Quelle ober Forststraße**  
mit mehreren Austritten, Gesamtschüttung bei Durchlaß an der Straße gemessen; das folgende Gerinne versickert noch vor Erreichen des Talbodens; Schüttung beim Trog 0,25 l/s, H = 1500 m, Pr. (22. 9. 1989).  
Q = 0,3 l/s; LF = 267 µS; T = 5,5°C; pH = 7,5.
- Nr. 67 Quelle Pedotnighaus (Roßbachtal)**  
mit Brunnenring gefaßt, wird als Tafelwasser wie in Gastein bezeichnet, es soll Bäder gegeben haben, dzt. aber keine, H = 1460 m, Pr. (22. 9. 1989).  
Q = 0,45 l/s; LF = 266 µS; T = 5,9°C; pH = 7,5.
- Nr. 68 Quelle an Straße**  
ca. 600 m NE Pedotnighaus an östlicher Straßenböschung, 2 Austritte, Messungen am südl. Austritt; am Ursprung 0,45 l/s, H = 1480 m (22. 9. 1989).  
Q = 0,9 l/s (gesamt); LF = 249 µS; T = 5,9°C.
- Nr. 69 ca. 500 m**  
NE Pedotnighaus, ca. 100 m östlich und ca. 12 Höhenmeter höher der Straße; Quellmulde mit bemosten Steinen, H = 1510 m (22. 9. 1989) Q = 1,5 l/s; LF = 235 µS; T = 5,2°C.
- Nr. 70 Quelle St. Oswald-Ort (Sammelstube)**  
Primärfassung ca. 150 m oberhalb. Lt. Auskunft könnte es sich um eine Folgequelle handeln, da eine Quelle weit hinten im Tal austritt und wieder versetzt; Höhe Sammelstube: 1400 m; Bild 332/28, Pr. (22. 9. 1989).  
Q = 0,35 l/s; LF = 25 µS; T = 6,9°C; pH = 6,85.
- Nr. 71 Quelle**  
550 m SE Gasthof Brunnachalm (28. 8. 1990).  
Q = 0,2 l/s; LF = 53 µS; T = 4,6°C, H = 1640 m.
- Nr. 72 Quelle**  
südlich Nr. 71, östl. des Spitzheckes, H = 1610 m (28. 8. 1990).  
Q = 0,2 l/s; LF = -; T = 6,4°C.
- Nr. 73 Quelle**  
NE Brunnachalm, H = 1720 m (28. 8. 1990).  
Q = 0,1 l/s; LF = 249 µS; T = 8,3°C.
- Nr. 74 Quelle**  
NE Brunnachalm, H = 1715 m (28. 8. 1990).  
Q = 0,1 l/s; LF = 245 µS; T = 6,0°C.
- Nr. 75 Quelle**  
NE Brunnachalm, H = 1750 m (28. 8. 1990).  
Q = 0,25 l/s; LF = 130 µS; T = 4,8°C.
- Nr. 76 Quelle**  
NE Brunnachalm, gefaßt, Schüttungsmessung bei Überlauf, H = 1760 m (28. 8. 1990).  
Q = 0,6 l/s; LF = 218 µS; T = 5,0°C.
- Nr. 77 Quelle**  
unter Scharte südlich des Spitzhecks, H = 1620 m (29. 8. 1990).  
Q = 0,1 l/s; LF = 38 µS; T = 5,1°C.
- Nr. 78 Quelle des Kärntner Hofes**  
ca. 250 m SE des Hotels, gefaßt, mit Überlauf, dzt. ungenutzt. H = 1060 m Pr. (29. 8. 1990).  
Q = 4,5 l/s; LF = 162 µS; T = 7,4°C.
- Nr. 79 Quelle**  
650 m NE des Kolmnock oberhalb der Straße, H = 1535 m (29. 8. 1990).  
Q = 0,15 l/s; LF = 17 µS; T = 4,1°C.
- Nr. 80 Quelle**  
im oberen Stücklergraben, ca. 750 m SE der Unterwirt-Hütte; Trog mit schwarzem Schlauch am Ostrand der Skipiste, H = 1520 m (29. 8. 1990).  
Q = 0,1 l/s; LF = 37 µS; T = 5,1°C.
- Nr. 81 Quelle**  
im oberen Stücklergraben, ca. 800 m SE der Unterwirt-Hütte, unter Stütze 18 des Skiliftes; Salenrohr mit 20 cm Durchmesser am Böschungsfuß der Skipiste, H = 1525 m (29. 8. 1990).  
Q = 0,3 l/s; LF = 69 µS; T = 4,5°C.
- Nr. 82 Quelle**  
ca. 75 m SW (oberhalb) der Unterwirt-Hütte, Quellnische unter alter Fichte, mehrere Austritte darunter; Schüttung betrifft Gesamtabfluß, H = 1170 m (29. 8. 1990).  
Q = 0,5 l/s; LF = 23 µS; T = 4,4°C.
- Nr. 83 Quelle**  
ca. 350 m SW des Aigner Berges (1508 m), an rot markiertem Weg, versickert nach ca. 20 m unterhalb d. Weges, H = 1280 m (29. 8. 1990).  
Q = 0,2 l/s (Ü); LF = 106 µS; T = 6,4°C.
- Nr. 84 Quelfassung ober Weg**  
ca. 450 m W des Aigner Berges, Überlauf nicht ersichtlich, daher keine Meßdaten; H = 1150 m (29. 8. 1990).
- Nr. 85 Quelle**  
ca. 50 m unterstromig der Oswaldiquelle (23) am Weg am östlichen Bachufer des Oswaldbaches, H = 1150 m (29. 8. 1990).  
Q = 0,5 l/s; LF = -; T = 7,2°C.
- Nr. 86 Kleine Quelle**  
ca. 950 m ENE der Brunnachalmhütte, im Einzugsgebiet des Wegerbaches in 1620 m Seehöhe, ca. 75 m NE einer verfallenen Almhütte (29. 8. 1990).  
Q = 0,1 l/s; LF = 123 µS; T = 6,6°C.
- Nr. 87 „Gangquelle“-Nord**  
ca. 1050 m SE der Brunnachhöhe (Kote 1970) im Einzugsgebiet des Wegerbaches, H = 1585 m Quellstrang III mit Ursprung in flacher Nische (29. 8. 1990).  
Q = 1,6 l/s (Ursprung); LF = 25 µS; T = 5,1°C.
- Nr. 88 „Gangquelle“-Süd**  
ca. 10 m SW von Nr. 87, in steiler Quellnische (29. 8. 1990).  
Q = 1,2 l/s (Ursprung); LF = 39 µS; T = 5,3°C.
- Nr. 89 Quelle in der Plon**  
ca. 1175 m W des Aigner Berges. Sumpfiges Gebiet mit steiler Quellnische in 1520 m Höhe (30. 8. 1990).  
Q = 0,2 l/s; LF = 116 µS; T = 9,3°C.
- Nr. 90 Quelle**  
ca. 75 m SE von Quelle 89, H = 1470 m; am Ursprung nicht meßbar (30. 8. 1990).  
Q = 0,1 l/s; LF = -; T = 10,7°C.
- Nr. 91 Quelle**  
ca. 100 m SE von Quelle 89, H = 1470 m; am Ursprung nicht meßbar (30. 8. 1990).  
Q = 0,1 l/s; LF = -; T = 9,3°C.
- Nr. 92 Quelle**  
ca. 200 m SE von Quelle 89, H = 1470 m (30. 8. 1990).  
Q = 0,2 l/s; LF = 121 µS; T = 10,4°C.
- Nr. 93 Quelle**  
ca. 275 m SE von Quelle 89, H = ca. 1460 m (30. 8. 1990).  
Q = 1,5 l/s (gesamt); LF = -; T = 9,8°C.

**Nr. 94 Quelle**

ca. 350 m abstromig von Quelle 93, ca. 400 m ENE des Ploniger, gefaßt, ca. 10 m W des Baches, H = 1280 m (30. 8. 1990).

Q = 0,5 l/s (Ü); LF = -; T = 8,3°C.

**Nr. 95 Quelle**

ca. 250 m unterstromig von Quelle 94, unter Mühle, gefaßt, in ca. 1200 m Seehöhe; da kein Überlauf ersichtlich war, sind vorläufig keine Daten vorhanden.

**Nr. 351 „Tischerquelle“ (Josef Krenn)**

ca. 375 m ENE d. Ploninger in ca. 1300 m Seehöhe, einfach gefaßt, Wasserversorgung (Bild 391/1) (30. 8. 1990).

Q = 0,1 l/s; LF = 164 µS; T = 7,7°C.

## 9.4. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die im Bereich des Dolomites und in den angrenzenden Kristallinbereichen durchgeführten Untersuchungen im potentiellen Einzugsgebiet der Thermalquellen von Bad Kleinkirchheim ergaben einerseits Anzahl und Art der Quellaustritte, andererseits einige wichtige Hinweise für relevante Infiltrationsgebiete.

Hinsichtlich der Quellen zeigte sich, daß es außer den schon bekannten starken Quellen, wie Oswaldiquelle und Talkenbrunn-Quelle, im Untersuchungsgebiet keine weiteren so starken Quellen gibt. Eine verhältnismäßig hohe Schüttung weisen die Quellen am Ursprung des Naßbodenbaches (Nr. 41 u. 42) auf (ca. 7 l/s), die Quelle des Kärntner Hofes (Nr. 78, ca. 4,5 l/s), die Quellgruppe 36 bei der Kuhbodenhütte (ca. 3 l/s), die Gangquellen (Nr. 87 u. 88 mit rund 3 l/s) sowie die Jaklbauerquelle (Nr. 22) mit rund 2 l/s. Sonst dominieren kleine und kleinste Quellen, die allerdings regional für die Wasserversorgung bedeutsam sein können, wie z.B. jene Quelle, die die Erlacher Bock-Hütte versorgt (Nr. 51 mit 1,3 l/s) oder Quelle Nr. 67 (0,45 l/s), die das Pedotnighaus versorgt, wobei darauf hingewiesen wird, daß die Messungen zur Niederwasserzeit durchgeführt wurden.

Auf der Hochfläche nördlich der Zunderwand dominieren naturgemäß kleinste Quellen, die stärkste in diesem nördlichen Bereich ist Quelle Nr. 57 mit fast 1 l/s beim Hofalmbach westlich der Karlwand.

Als für den Thermalwasser-Mechanismus bedeutsam muß die Tatsache angesehen werden, daß der Naßbodenbach zur Gänze versetzt (Meßpunkt Nr. 39); nachgewiesen ist bis jetzt eine Menge von ca. 10 l/s, vermutlich geht bei hoher Wasserführung noch mehr in den Untergrund. Auch der oberste Hofalmbach, der seinen Ursprung im Kalten Keller hat, versetzt mehrfach, wenn auch die Versickerungsmenge nicht allzu groß zu sein scheint und es nicht sichergestellt ist, daß diese Wässer nach Süden abfließen. Nach Mitteilung Einheimischer soll auch der Roßbach westlich der Erlacher Hütte manchmal im Untergrund voll-

kommen versetzen, was bei meinen Erhebungen allerdings nicht festgestellt werden konnte. Desweiteren ist das Auftreten einer ganzen Dolinenreihe nahe dem Versickerungsbereich des Naßbodenbaches (NNE der Feldhütte) bemerkenswert, die sich an der Grenze zw. Dolomit und Kristallin befinden und auf eine Verbindung zum Untergrund bzw. auf eine unterirdische Entwässerung und Verkarstung hinweisen (siehe dazu auch Bilddokumentation im Archiv der Geologischen Bundesanstalt).

Durch die fallweise Bestimmung des pH-Wertes konnte deutlich unterschieden werden, ob das Einzugsgebiet in den karbonatischen Einheiten oder im Kristallin zu suchen ist; so weisen Quellen, die aus dem Kristallin kommen, einen pH-Wert um 6,8, Quellen, die aus dem Dolomit kommen, einen um 7,5 auf. Ähnliche Rückschlüsse erlauben die Leitfähigkeitsmessungen, die fast überall durchgeführt werden konnten, wenn sie auch viele verwischende Übergangswerte beinhalten; ausschließlich aus dem Kristallin kommende Quellen zeigen Leitfähigkeiten bis etwa 55 µS, ausschließlich aus Karbonatgestein kommende zeigen Werte von über 200 µS. Demgemäß ergibt sich allgemein eine hohe Gesamtmineralisierung in den Bereichen des Dolomites bzw. der Karbonatgesteine, die die Dolomite über weite Strecken begleiten, eine geringe in den Bereichen des kristallinen Grundgebirges. Die höchsten ermittelten Werte der Gesamtmineralisierung lagen zwischen 210 und 264 mg/l, die geringsten zwischen 24 und 52 mg/l (Abb. 84).

Für Laboruntersuchungen wurden vorwiegend Proben von bedeutenden Quellen im Dolomitbereich gezogen, zum Vergleich auch einige aus dem Kristallin. Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind in der Beilage enthalten und als Kreisdiagramme, unterteilt in Kationen und Anionen, dargestellt.

Von der Joggalebauer-Quelle (22), Talkenbrunn-Quelle (23), Oswaldi-Quelle (23) sowie von den Thermen 2/72, 1/2/74 sowie 1 und 2/84 stehen Meßreihen chemischer Parameter von 9/1987 bis 9/1988, von Therme 1/84 von 1-9/1988 zur Verfügung; aus diesen Meßreihen wurde vom Calcium (Ca<sup>++</sup>) bei diesen Quellen die höchsten, niedrigsten und mittleren Werte ermittelt, um die Schwankung der Mineralisierung zu umreißen (Tab. 4).

Diese Aufstellung zeigt, daß die von mir durchgeführte Beprobung in eine Zeit niedrigen Abflusses mit sehr hohen Mineralisierungen fiel; sowohl bei der Talkenbrunn-Quelle (21) als auch bei der Oswaldi-Quelle (23) wurden die bis dato gemessenen Calcium-Werte überschritten.

Das Calcium-Magnesium-Verhältnis schwankt bei den von mir beprobten Quellen zwischen 1,09 (Quelle 43) und 11,45 (Quelle 45), bei den Thermen zwischen 1,33 und 2,18 (Einzelmessungen). Quellen, die sich ausschließlich aus dem Dolomit rekrutieren, weisen dabei ein Verhältnis zwischen 1,09 und 1,30 auf. Durch diese Werte lassen sich auch andere Quellen, deren Einzugsgebiet unklar ist, hinsichtlich ihrer geologischen Heimat besser abschätzen; dem rein dolomitischen Einzugsgebiet ist daher auch die

Tabelle 4.  
Schwankungen der Calcium-Mineralisierung [mg/l] in der Talkenbrunn-Quelle (21), Joggalebauer-Quelle (22), Oswaldi-Quelle (23) und in den Thermen 2/72, 1/2/74, 1/84 und 2/84.

	Qu 21	Qu 22	Qu 23	Th 2/72	Th 1/74	Th 2/74	Th 1/84	Th 2/84
Maximum	21,3	3,2	26,4	42,8	36,6	40,8	37,7	23,2
Minimum	16,8	1,2	20,6	33,1	10,8	32,5	28,3	17,4
Mittelwert	19,48	2,48	23,75	37,95	32,0	37,23	32,64	21,3
Mittelwert mval/l	0,97	0,124	1,19	1,89	1,6	1,86	1,63	1,06

Quelle 57 zuzuordnen. Bei Werten zwischen 1,3 und 1,4 wird bereits eine teilweise Anströmung aus dem Kristallin bzw. aus magnesiumärmeren Kalken (z.B. Bänderkalke, die den Dolomit begleiten) vermutet.

Überträgt man diese Überlegungen auf die Thermen, so könnte man interpretieren, daß alle Thermen nicht ausschließlich aus dem Dolomit kommen. Mit einer Verhältniszahl von 1,33 und 1,45 zeigen die Thermalquellen 2/84 und 1/84 noch die höchsten Magnesium-Anteile, während die Thermen 1/74 und 2/74 mit etwa 1,65 schon wesentlich weniger Magnesium enthalten und die Therme 2/72 mit der Zahl 2,18 den geringsten Bezug zum Dolomit signalisiert. Da es sich bei den verwendeten Daten der Thermen

vorläufig um Einzelergebnisse handelt, ist in dieser Hinsicht aber noch keine endgültige Beurteilung möglich.

Auch die Oswaldi-Quelle und Talkenbrunn-Quelle deuten mit der Verhältniszahl 1,38 und 1,53 darauf hin, daß sie ihr Einzugsgebiet nicht ausschließlich im Dolomit haben.

Von der sonst weit verbreiteten Nitrat-Problematik ist bei den im Untersuchungsgebiet aufgenommenen Quellen und Thermen nichts zu bemerken; mit Werten von 0,4 bis 6,5 und einem Durchschnitt von 2,7 mg/l NO<sub>3</sub> liegen sie durchwegs in einem unbedeutenden Bereich weit unter dem Grenzwert. Der Wert von 6,5 mg/l bei Quelle 78 resultiert vermutlich aus der Lage der Quelle innerhalb eines landwirtschaftlich genutzten Gebietes.

## 10. Empfehlungen für zukünftige Maßnahmen

(E. CLAR, G. HÜBL, W. KOLLMANN)

Die Erschließungsarbeiten seit 1966 haben zweifellos beachtliche und über die anfangs gerechtfertigten Erwartungen hinaus erfolgreiche Ergebnisse geliefert: die Temperatur des geförderten und genutzten Thermalwassers ist von der nahe der unteren gesetzlichen Thermalwassergrenze liegenden Wärme von wenig über 20°C auf und über 30°C gehoben worden und die Menge des verwerteten Anteiles ist fast verzehnfacht worden, indem seither (1974 Inbetriebnahme beider Tiefbrunnen) fast dauernd über 20 l/s entnommen werden (Abb. 6). Dieser Erfolg darf aber nicht die Schwächen übersehen lassen, die der derzeitigen Bewirtschaftung des natürlichen Angebotes und seiner Nutzung noch anhaften, und die nicht dauernd hin-

genommen werden können, da sie die Erhaltung der Qualität bedrohen.

Da der Erschließungsvorgang und das Ergebnis in den früheren Kapiteln eingehend beschrieben ist, muß hier nur kurz und zusammenfassend auf diese Schwächen und die heute sichtbaren Möglichkeiten einer Verbesserung oder Behebung hingewiesen werden.

Schon in Berichten der Geologen seit 1976, insbesondere auch bei Anschluß des Römerbades Ende 1978 und bei Vorschlag der Bohrungen von 1984 (Sept. 1983), mußte festgestellt werden, daß das Thermalwasservorkommen mit der vollen Pumpkapazität der beiden Tiefbrunnen 1/74 und 2/74 bei der Förderung von 22 bis 25 l/sec. im

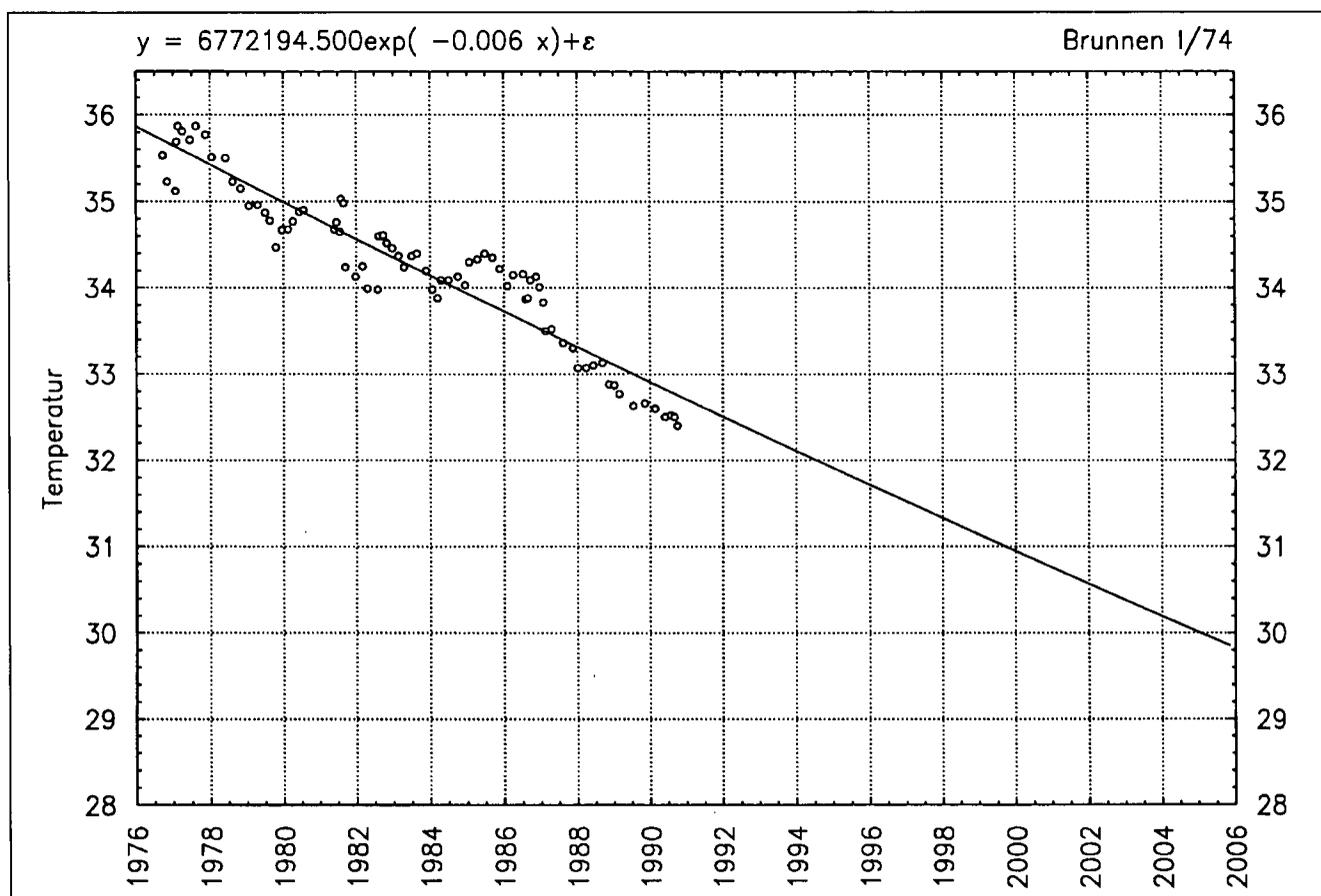


Abb. 85. Trenddiagramm der Temperaturentwicklung 1976–1990 des Brunnens 1/74.

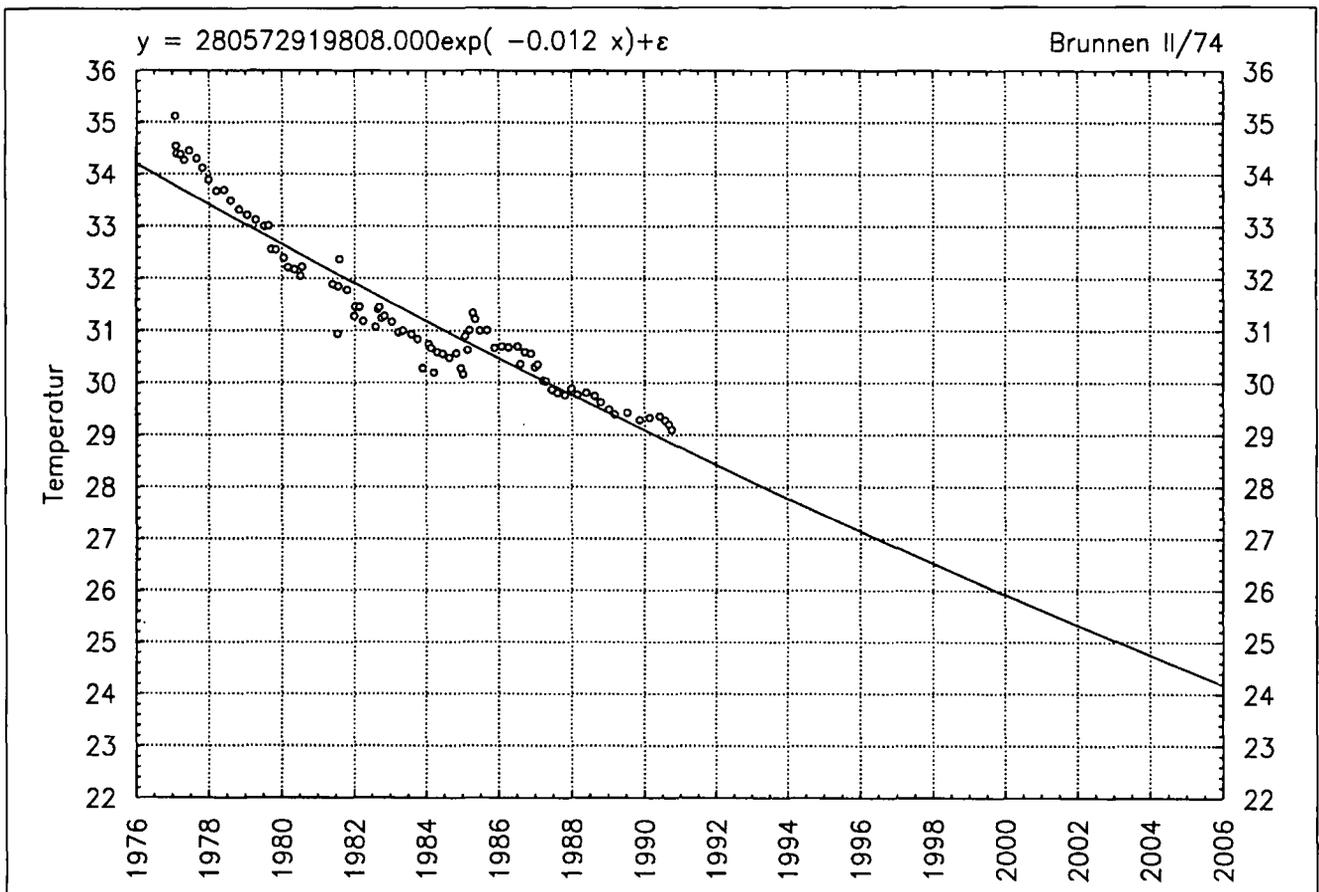


Abb. 86.  
Trenddiagramm der Temperaturentwicklung 1976–1990 des Brunnens II/74.

Grenzbereich seiner Belastbarkeit steht, bzw. diese überschritten hat, und eine dauernd befriedigende Bewirtschaftung noch nicht erreicht ist. Als offensichtliche Reaktion darauf ist der kontinuierliche Temperaturrückgang festzustellen (Abb. 85–88, Trenddiagramme – Betriebszustand vor Drosselung).

Folgende Gesichtspunkte sollten im folgenden kurz angerissen werden:

- 1) Mengen-Angebot und Messungskontrollen
- 2) Temperatur-Verlauf und die westliche Begrenzung
- 3) Entwicklung gegen Osten
- 4) Sogenanntes „Sekundär-Thermalwasser“, d.h. ascendierendes Thermalwasser im Nordhang des Tales
- 5) Erkundung der Taltiefe und Südflanke
- 6) Vorschlag Schutzgebiet und weiterer Gebietsschutz – Schongebiet)
- 7) Volle Nutzung des Energie-Inhaltes ?

### 10.1. Mengen-Angebot und Messungskontrollen

Wie ausgeführt, ist die Bergwasserführung (Thermal- und kaltes Felsgrundwasser) infolge einer Abdichtung des Taltröges durch eiszeitliche Moränen im Untergrund des nördlichen Talhanges bis zur Höhe der ursprünglichen Kirchenquellen (Überlaufquellen um ca. 1051 m Höhe) zurückgestaut und hält diese Wasserfüllung auf rund 400 m Breite in artesischen Auftrieben recht genau – abgesehen von unserer Pumpabsenkung – ein. Das dieser Rückstauhöhe entsprechende Mengenangebot unserer Tiefbrunnen 1/74 und 2/74 ist bei dieser geologischen Ausgangs-

lage durch langjährige Förderung mit meist voller Pumpleistung nicht wesentlich gemindert worden und hat unserer Nutzung eine reichliche und kaum einzuschränkende Versorgung vorgetäuscht. Die natürliche Begrenzung des Dargebotes kam demgemäß, zumindest bis dato, nicht durch Minderung der in den Brunnen erfaßbaren Mengen, sondern dadurch, daß die Brunnen mit dem Thermalwasser das randliche Kaltwasser zunehmend mitangesaugt haben (nächster Abschnitt Temperatur-Verlauf).

Um die Zusammenhänge zwischen Entnahmemengen und Temperatur, dem niederschlagsabhängigen Zustrom, der Spiegelabsenkung im Brunnen usw. in seinen Gesetzmäßigkeiten zu überblicken, ist die laufende Messung all dieser Daten in regelmäßigen Intervallen unentbehrlich. Die digitalisierten Gangliniendiagramme (Abb. 6–7) durch all die Produktionsjahre zeigen aber, daß mehrfach gerade auch in Zeiten unregelmäßiger Produktion oder Niederschläge Ausfälle der Messungskontrolle zu verzeichnen waren oder durch zu lange Intervalle kein Einblick in die Auswirkung kurzfristiger Änderungen z.B. im Zusammenhang verschiedener Versuche möglich ist. Es wird in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß die regelmäßige Meßkontrolle bei der Bewirtschaftung eines solchen Naturschatzes einfach ein unabdingbares Gebot anständiger Betriebsführung sein muß.

### 10.2. Temperatur-Verlauf und die westliche Begrenzung

Die Grenzen der Belastbarkeit unseres Thermalwasserstromes liegen also nach obigem nicht in einer Begren-

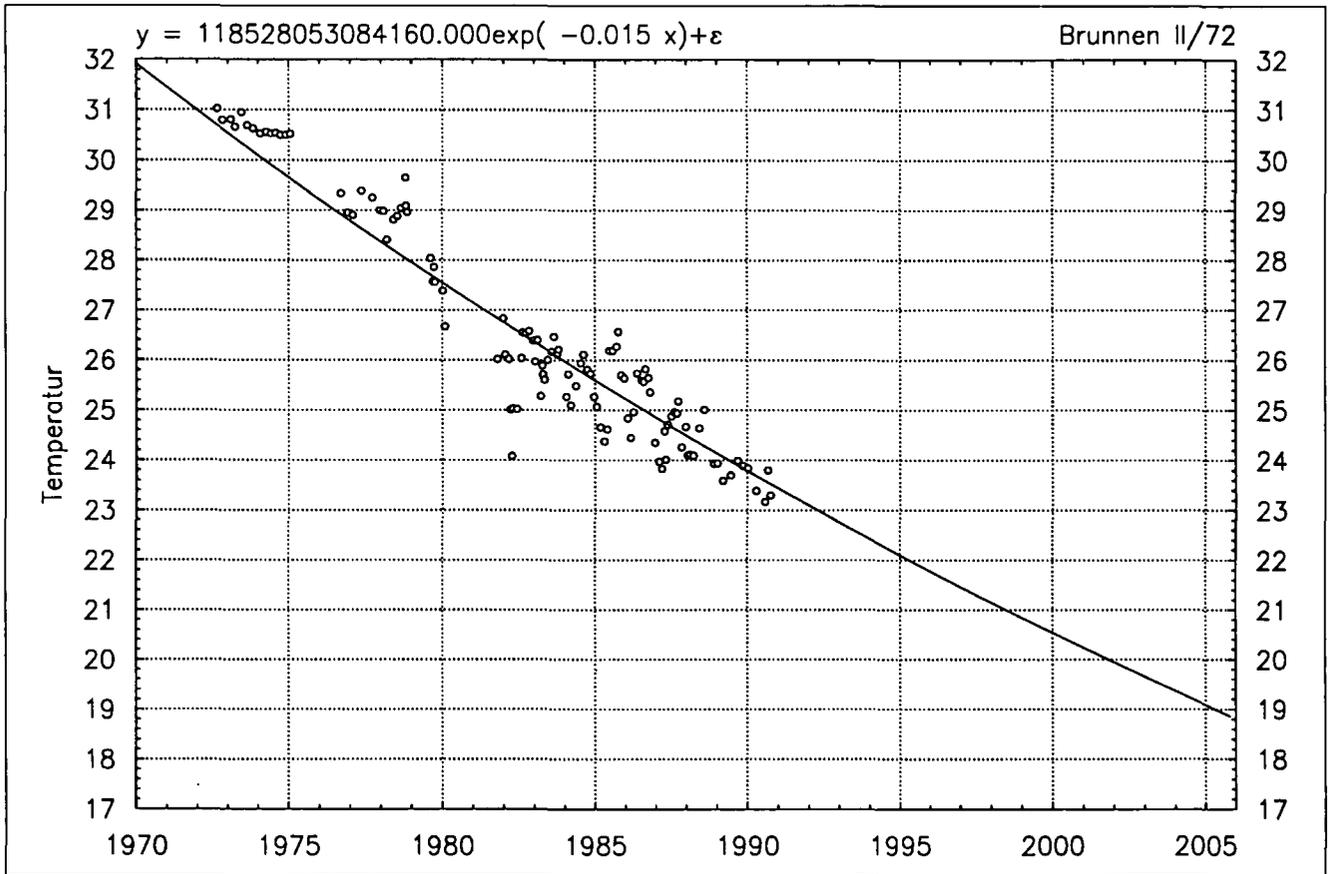


Abb. 87.  
Trenddiagramm der Temperaturentwicklung 1976–1990 des Brunnen II/72.

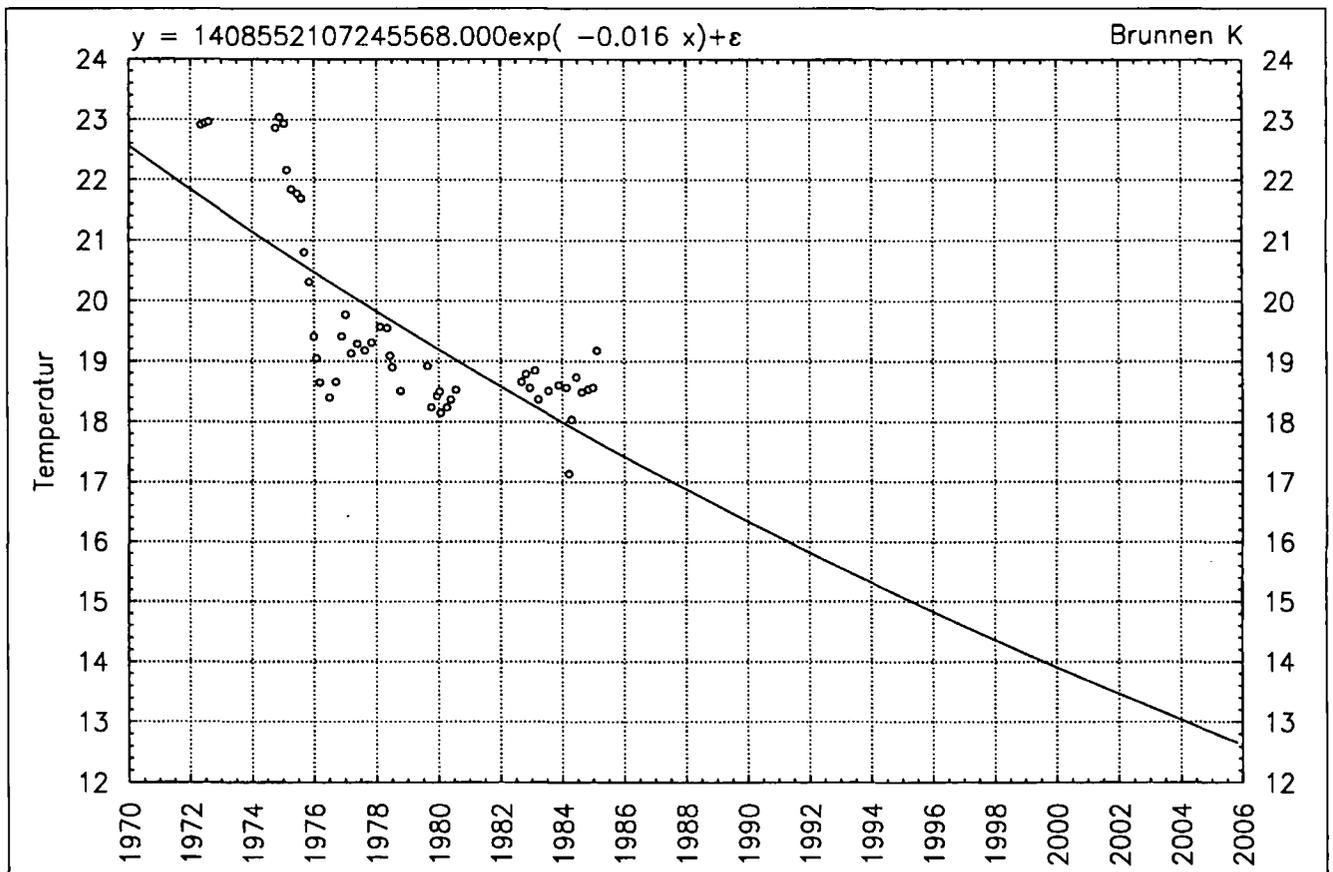


Abb. 88.  
Trenddiagramm der Temperaturentwicklung 1976–1990 des Brunnen K.

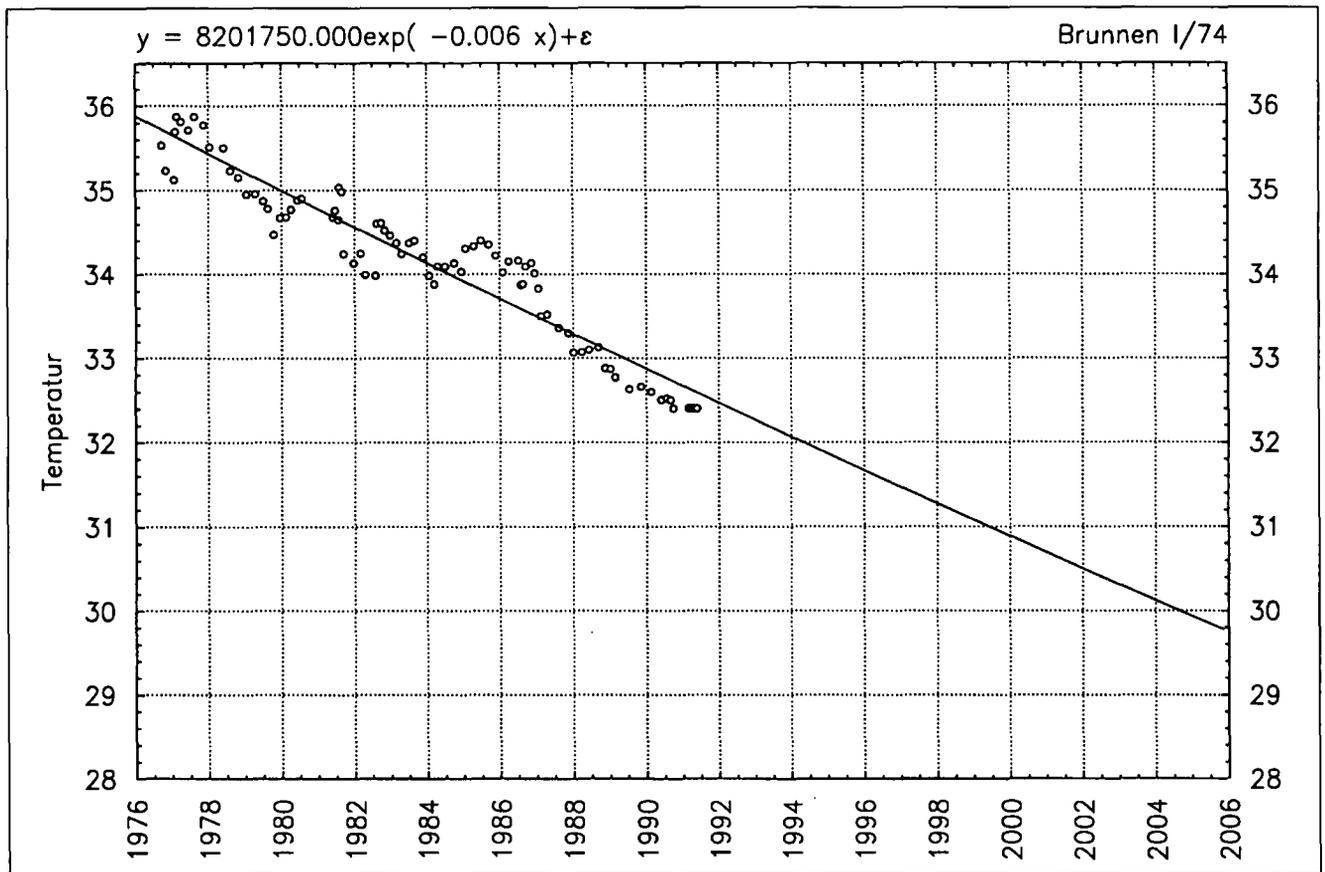


Abb. 89.  
Trenddiagramm der Temperaturentwicklung 1976 bis 1. Halbjahr 1991 des Brunnens I/74.

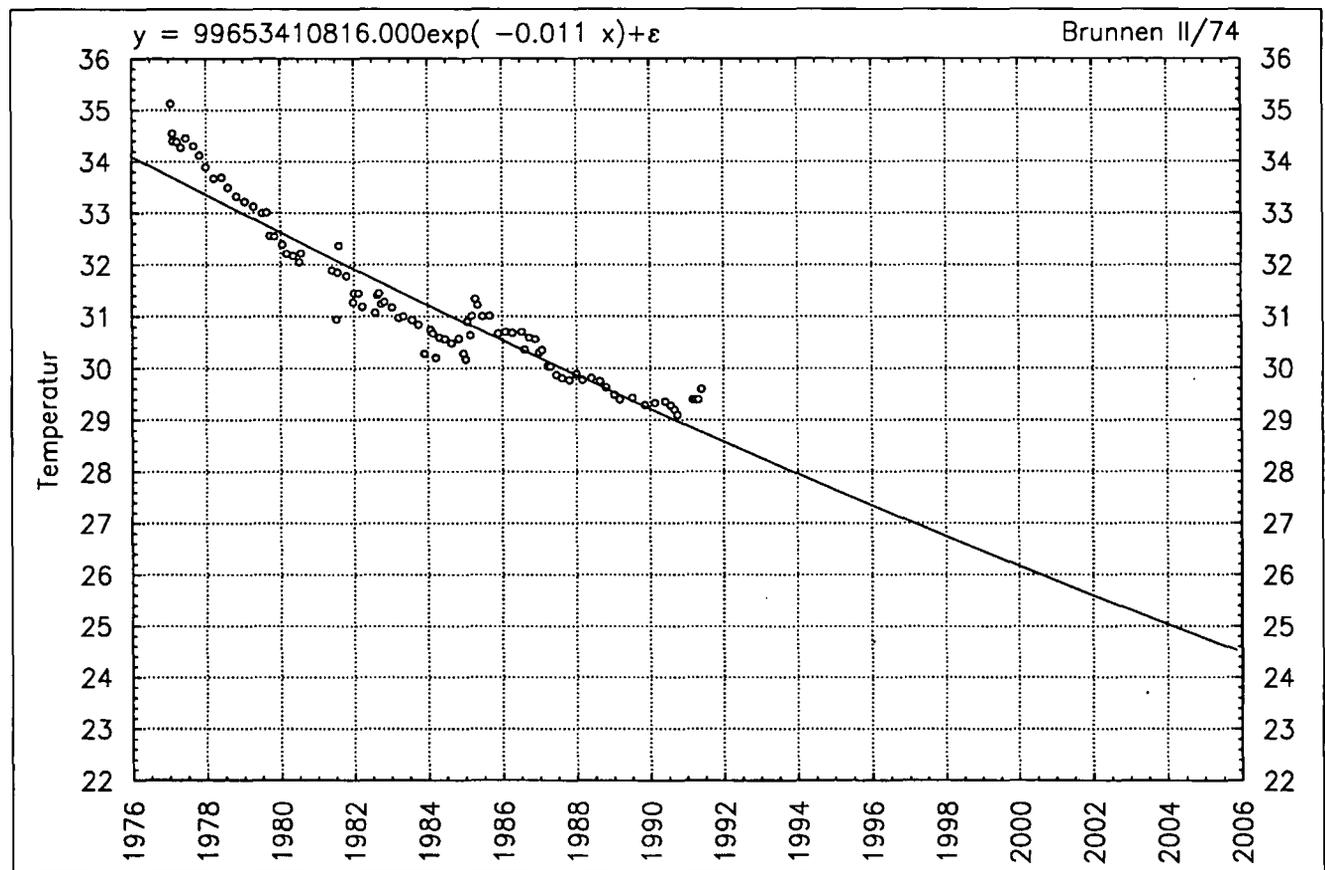


Abb. 90.  
Trenddiagramm der Temperaturentwicklung 1976 bis 1. Halbjahr 1991 des Brunnens II/74.

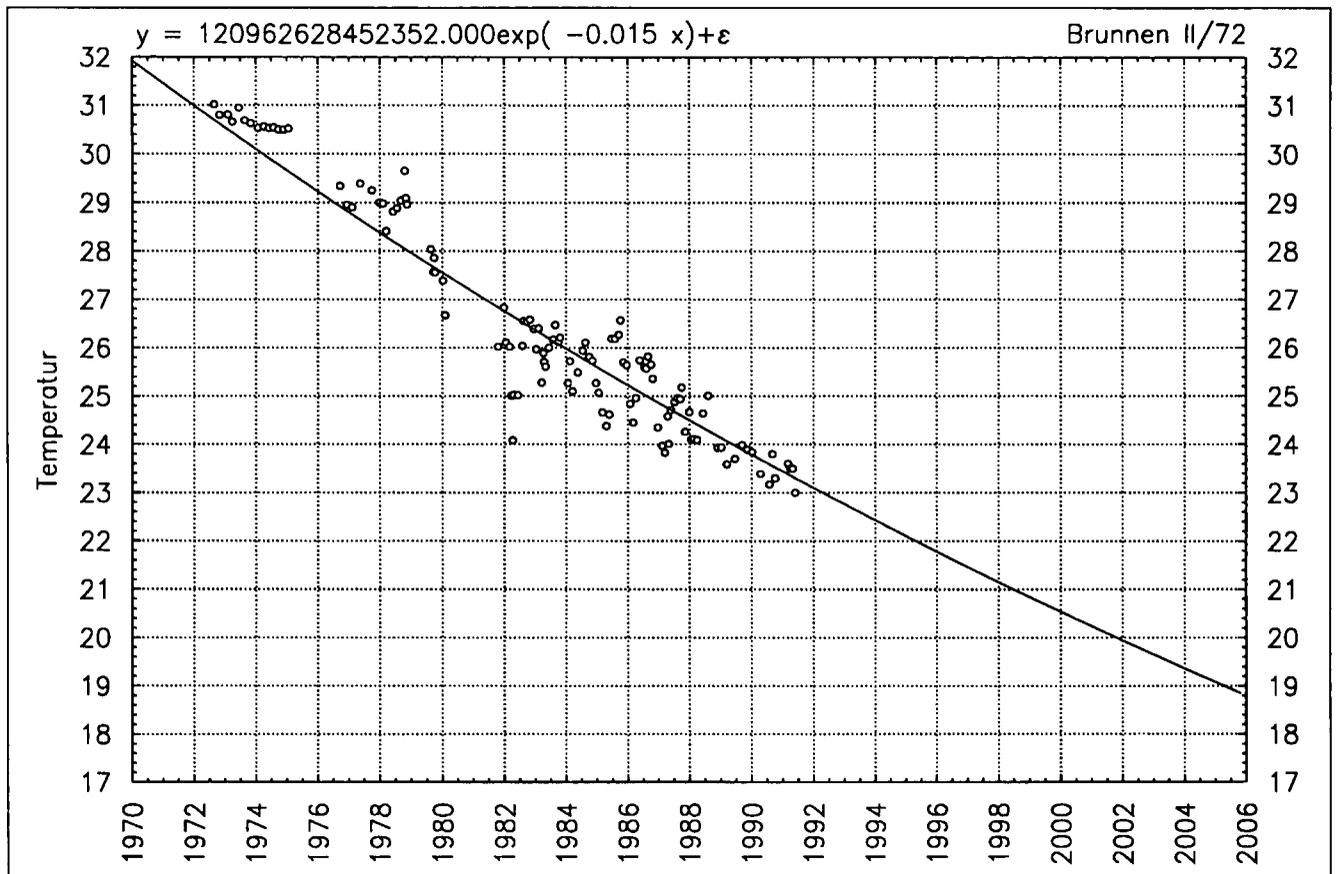


Abb. 91.  
Trenddiagramm der Temperaturentwicklung 1976 bis 1. Halbjahr 1991 des Brunnens II/74.

zung der gewinnbaren Wassermenge, sondern ausschließlich darin, die Temperatur, das heißt den hochwertigen Thermalwasseranteil in dem unvermeidlich zu gewinnenden Mischwasser nicht (weiter) sinken zu lassen.

Die Trendanalysen zeigen in gedrängter Übersicht der bisherigen Betriebsjahre den Temperaturverlauf in den Gewinnungs-Tiefbrunnen und den anderen regelmäßig überprüften Entnahmestellen (Abb. 85–91).

Überlegungen zu Drosselungsmaßnahmen wurden von E. CLAR in einem Bericht vom Dezember 1987 zusammengefaßt; ein gewisser Rückgang war von vornherein angesichts der gewaltigen Steigerung der Entnahmemenge und damit der Wasserbewegung im Untergrund mit Verminderung der Verweildauer zu erwarten, es war aber auf eine Stabilisierung mit neuem Gleichgewicht mit der Dauer gleichmäßiger Entnahme zu hoffen. Das ist aber nach nun über zehn Jahren nicht überzeugend eingetreten und es ist noch nicht eindeutig, ob die nun sichtbare Verflachung des Temperaturverlaufs das einleitet, die Exponentialkurvenanpassungen (Abb. 89–91) zeigen jedenfalls keine statistischen Trendunterschiede beim Vergleich der Meßergebnisse des ersten Halbjahres 1991 (Drosselung). Nur der Tiefbrunnen 2/74 hat geringfügig auf die Drosselung reagiert, die Prognose für das Jahr 2000 ist nunmehr eine Temperatur von 26,2°C, anstatt 25,9°C, wie noch vor einem halben Jahr hochgerechnet (Abb. 86 und 90).

Bei den Betriebsbrunnen wurde schon sehr früh durch die Tritium-Isotopen-Bestimmung und später durch das Ergebnis der Bohrung 1/84 sichergestellt, daß der Temperatur-Rückgang dadurch zustandekommt, daß der Pumpbetrieb von Westen her kälteres Randwasser ansaugt und beimischt. Die Westgrenze des eigentlichen thermalen Zustromes ist dadurch etwas hereingerückt und die ehemali-

gen Kirchenquellen werden nur mehr subthermal angeströmt.

Aus diesem Sachverhalt hat Hofrat KÄHLER schon sehr früh die Idee der Anlage eines „Kaltwasser-Abwehr-Brunnens“ abgeleitet; diese Funktion war bei geeignetem Erkundungsergebnis allenfalls auch dem neuen Brunnen 1/84 zgedacht. Der dortige Pumpversuch Anfang 1985 hat zwar grundsätzlich eine Temperaturverbesserung erzeugen lassen (Abb. 7), aber doch zum Schluß geführt, daß der notwendige Effekt hier im Pumpbetrieb nicht wirtschaftlich erreicht werden kann, obwohl dieses subthermale Randwasser (über 10°C !) einen mit Wärmepumpen verwertbaren Energieinhalt brächte. Vergleichsweise wurden kurz auch die Möglichkeiten studiert, dieses Randwasser durch Erbohren eines tieferen Abflußpunktes gravitativ auszuleiten; das hätte mit dem Plan der im kritischen Schutzgebiet gelegenen Tiefgarage Pulverer-Ronacher oder mit einer langen Schrägbohrung vom Nordrand der Liegewiesen der Alpentherme unter „Zellerhaus“ (25 Grad Neigung gegen N 40 Grad Ost, 60–100 m Länge) angestrebt werden können.

Die Fernhaltung des Kaltwasserzuflusses durch einen Kaltwasser- d.h. richtiger Mischwasser-Sperrbrunnen, da >20 % Hochtemperaturkomponente beinhaltend, wie von E. CLAR bei den Auswirkungen des Pumpversuchs an BI 1/84 beschrieben, brachte zwar sogar eine längerfristige Temperaturerhöhung, stellt jedoch keine intelligente High-Tech-Lösung dar. Es würden damit immerhin 2,5 l/s der 36°C warmen, alten Komponente mitentnommen, ohne diese zweckentsprechend primär für den Badebetrieb zu nutzen. Die Energieausbeute per Wärmepumpe sollte kurz vor der Einleitung in das Oberflächengewässer erfolgen, um auch dessen Erwärmung zu verhindern.

Langfristig und grundsätzlich sollte aber an eine Reinjektion bzw. per Solarenergie im Sommer eine Vollladung (= Auftemperierung) des Untergrundspeichers durch Infiltration eines erhitzten, hygienisch einwandfreien Fremdwassers im Einzugsbereich (ungesättigte Zone) des derzeit versickernden Kaltwassers gedacht werden. Dieses temperatur- und mengenmäßig aufdotierte Thermalwasser könnte dann im Winter, wie aus einem Boiler („Geologischer Warmwasserspeicher“) entnommen werden. Diesbezügliche Forschungsansätze wurden aus der BRD in einer Geothermie-Studientagung in der Schweiz vorgestellt und könnten an diesem ebenfalls für Österreich einmaligen Modellbeispiel erstmals konkret getestet werden (Forschungsantrag an das BMWF wäre einzureichen).

Die nächstliegende und daher vor neuen Baumaßnahmen klarzustellende Möglichkeit zur Minderung der Kaltwasser-Einströmung ist jedoch die weiterhin energische Drosselung der Pumpentnahme aus 2/74. In den vergangenen Jahren haben wiederholte und dringende Bitten um solche Drosselungsversuche zwar mehrmals zu vorübergehenden Verminderungen der Pumpentnahme geführt, aber diese konnten jeweils nur bis wenige Wochen ausgedehnt werden, da der hohe Bedarf der Alpentherme (über große Außenbecken und Sickerverluste) bald wieder Entnahmen gegen 15 l/sec verlangte. So waren bisher kleine Temperaturverbesserungen an 2/74 durch Drosselung der Pumpentnahme meßbar, es ist aber trotzdem zu erwarten, daß eine anhaltende Minderentnahme angenähert wieder die ursprünglichen Anströmungsverhältnisse, d.h. Minderung der Kaltwasserbeimischung von Westen und Stabilisierung der Fördertemperatur erreichen lassen sollte.

Während des Bauwinters 1990/91 der Alpentherme konnte eine Erholung des Temperaturganges vorübergehend durch völlige Abschaltung der Förderung aus 2/74 festgestellt werden, wertvoller für später erscheint aber, die Auswirkung einer als Dauermaßnahme noch tragbaren Förderreduktion zu erproben. Daher wurde vorgeschlagen, im Bauwinter die Pumpförderung von 2/74 entsprechend einer auch später als Dauerentnahme noch ausreichenden, bzw. begrenzten Menge von nicht über 10 l/sec oder darunter, entsprechend einer Spiegelabsenkung etwa in Höhe Rohroberkante des Tiefbrunnens zurückzunehmen. Gelingt dadurch keine Stabilisierung, werden auf Dauer technische Maßnahmen der „Kaltwasser-Abwehr“ nicht zu umgehen sein (siehe oben) oder die Festlegung eines neuen, hydrogeologisch optimierten Entnahmebrunnens erwogen werden. Eine gewissenhafte Fortführung der Meßkontrollen ist jedenfalls Voraussetzung für einen Entschluß künftigen Vorgehens.

### 10.3. Die Entwicklung gegen Osten

Die das Thermalwasser speichernde Dolomitplatte streicht im Westen an der Oberfläche aus und taucht gegen Osten bei Kleinkirchheim mit einem Winkel um 20 bis 30°C unter die überschobenen Gurktaler Phyllite unter. Dementsprechend hatten wir im Westen durch die seichtere Lage der Thermalwasserfüllung die höheren Bodentemperaturen, die die Erschließung gelenkt haben, während nach Osten die wachsende Überlagerung wahrscheinlich deren Abnahme bedingte. Bei reichlichem Mengenangebot durch den erwähnten Rückstau im Untergrund wurde so die Erschließung auf den Westrand des Thermalwasserzustromes verwiesen, wo wir Kaltwasser hereinziehen, während das Zentrum des Zustromes mit den höheren Temperaturen im Bereich des Brunnens 1/74

nächst der Bruchstörung von Aigen liegt. Es dürfte angenommen werden, daß die gegen Osten untertauchende Dolomitplatte gleichfalls noch Thermalwasser führt, die Bodentemperaturen aber infolge größerer Überlagerungen sinken. Daher lag der Bohrung 2/84 die Idee zugrunde, hier im Osten zwecks größerer Elastizität der Bewirtschaftung eine dritte Gewinnungsstelle zu öffnen.

Der Bohrbrunnen, der fast die ganze Dolomit-Mächtigkeit durchsunken hat, erschloß wieder bei einem Stauspiegel analog der Katharinenkirche, also artesisch, einen recht gleichmäßigen Thermalwasserzudrang von nur etwa 25°C, was dazu führte, daß auf eine Beileitung der bestehenden Bäder-Versorgung vorläufig verzichtet werden mußte, ohne bisher über die Verwendung zu entscheiden.

Gemäß Tritium-Befund liegt auch hier eine Beimischung von jüngerem und kälterem Bergwasser vor, nur bleibt angesichts der Überdeckung durch abdichtende Phyllite dessen Herkunft offen. In diesem Fall sind jedoch keine Möglichkeiten einer technischen Abwehr dieser kälteren Beimischung sichtbar. Vermutlich bleibt nur eine Verwertung des Wärmeinhaltes abseits des Kurbadewassers. Eine Wärmeschichtung in der Thermalwasserführung hat sich bislang hier nicht nachweisen lassen, es scheint infolge der starken Verkarstung eine rasche Vermischung durch Konvektionsströmung vor sich zu gehen; der geologischen Situation nach ist ein Zustrom kühleren Bergwassers aus der Fortsetzung des Dolomites in der Südflanke des Tales möglich.

Mit dem Fehlschlagen dieses ersten Versuches einer Erweiterung der Thermalwassererschließung gegen Osten sind noch nicht alle Möglichkeiten oder Hoffnungen dieser Richtung widerlegt, aber ein Erfolg kann nicht sicher versprochen werden und es bleibt volles Risiko jeden Versuches; derzeit ist an zwei Möglichkeiten zu denken:

- Um den durch den Kaltwasserzuström verschlechterten Westrand des Thermalwasserzustromes (2/74) in der Produktion zu entlasten und den erwünschten dritten Gewinnungspunkt nahe dem Zentrum des Zustromes (das ist die Bruchstörung von Aigen) zu gewinnen, wäre eine Brunnenerschließung etwa halbwegs zwischen 1/74 und 2/84 geeignet, wo gemäß der Kurve der Erschließungstemperaturen noch etwa 30°C-Thermalwasser zu erwarten wäre. Bei einer nötigen Ansatzhöhe von 1040 bis 1050 m wäre mit rund 200 m die Erschließung der vollen Dolomit-Mächtigkeit anzustreben. Parzellenwahl und zugehörige Rechtsfragen sind noch völlig offen.
- In der Bohrung 2/84, dem östlichen Tiefenaufschluß des thermalwasserführenden Dolomites, hat dieser noch eine vertikale Mächtigkeit von 170 bis vermutlich 200 m oder darüber, er muß sich also als dicke Platte mit 20 bis 30°C Neigung unter den abdichtenden Schiefen noch eine beachtliche Strecke wasserführend fortsetzen (vgl. Kap. 7.6. Geothermometrie). Wie weit, ist völlig offen und kann nur nach geophysikalischen Voruntersuchungen oder durch eine Aufschlußbohrung nachgewiesen werden. Es besteht durchaus die Möglichkeit, daß auch diese tiefere Fortsetzung der Dolomitplatte, so wie die seichter liegenden Teile um Kleinkirchheim selbst, Thermalwasser führt, aber nur der Versuch einer Aufschließung kann mit vollem Risiko darüber entscheiden.

Als Bereich für eine solche, auf die unerschlossene Tiefenfortsetzung der Dolomitplatte gegen Osten gerichtete Untersuchung ist die Gegend etwa um die Abzweigung der Straße nach St. Oswald und das Postamt geeignet.

Man muß hier mit einer Überlagerung über dem Dolomit von etwa 200 m rechnen, also mit einer Gesamttiefe einer Schurfbohrung gegen 500 m. Auch wenn bei solchen Bohrlängen der Ansatzpunkt möglichst tief gelegt werden muß, ist doch zu beachten, daß keine Verbindung zwischen dem unter Druck stehenden allfälligen Tiefenwasser im Dolomit und dem Grundwasser im Taltrog hergestellt wird, also zunächst jedenfalls nur verschleißbare Schurfbohrungen kleinen Durchmessers.

Geologischen Überlegungen drängt sich diese Möglichkeit einer weiter nach Osten vorgeschobenen Ausweitung der Thermalwasserführung im Untergrund auf, aber sie kann heute nur als eine der Möglichkeiten für eine Zeit vorgemerkt werden, wo die örtliche Entwicklung mit Bedarf und technischem Fortschritt kühner als heute planen läßt.

#### **10.4. Sogenanntes „Sekundär“-Thermalwasser**

Schon vor Inangriffnahme der neueren Erschließung war bekannt, daß in tieferen Baugruben im Hang unterhalb der Katharinenkirche in breiter Front wärmeres (subthermales) Grundwasser im Hangschutt Zutritt. Geologisch handelt es sich darum, daß die das Thermalwasser bis zur Höhe der Kirchenquellen rückstauende Moränen-Abdichtung des Taltroges doch nicht vollkommen dicht ist, so daß Thermalwasser in den Hangschutt und andere Überlagerungen durchtritt. Neben den Baugruben-Austritten haben wir solches Warmwasser in den ersten Versuchsbohrungen 1/72 und 2/72 (an der Bundesstraße) mit Temperaturen über den Kirchenquellen erschlossen und (nicht ganz glücklich) im Gegensatz zum Thermalwasser im Felsuntergrund „Sekundär-Thermalwasser“ genannt. Musterbeispiel für dieses aufsteigende Thermalwasser ist der als Kontrollbrunnen in Betrieb behaltene überlaufende Bohrbrunnen 2/72 an der Bundesstraße.

Es wurde überlegt, diese subthermale Hangwasserführung systematisch durch eine Brunnenreihe über der Bundesstraße zu fassen und zu nutzen. Da jedoch wegen der seichteren Lage dieser Zutritte eine Zugabe zum Kur-Thermalwasser aus hygienischen Gründen nicht genehmigt werden dürfte und auch wirtschaftlich kaum lohnend sein wird, ist noch kein Nutzungsaufschluß versucht worden. Derzeit besteht zweifellos die Möglichkeit, den Wärmehalt dieses temperierten Grundwassers in Kleinanlagen zu nutzen, oder einen vollkommenen Aufschluß des Primärthermalwassers (hochtemperierte Komponente) bis in das anstehende und durch den Aigener Bruch gestörte Grundgebirge zu versuchen. Unabhängig von einem zu erwartenden Erfolg, höhere Temperaturen als bisher zu erschließen, könnte man den Verlust wertvollen Primärthermalwassers durch die nicht gänzlich dichte Deckschicht minimieren oder bei größerer Spiegelabsenkung (> 30 m) verhindern.

#### **10.5. Erkundung der Taltiefe und Südflanke**

Gelegentlich wurde in Gesprächen auch der Gedanke geäußert, auch südlich des Kleinkirchheimer Baches Thermalwasser zu suchen. Direkte Anzeichen sind nicht bekannt geworden und sind aus geologischen Überlegungen sehr unwahrscheinlich, weil eindeutig der Thermalwasserzustrom im Felsgebirge unter der Überlagerung von Norden her kommt und noch in der Nordflanke über Talsohle bis zur Höhe der Kirchenquellen rückgestaut

wird. Dieser Rückstau durch die dichtenden eiszeitlichen Basisabsätze der Talfüllung ist ein wesentliches Element des Austrittsmechanismus der Thermalwasser-Gewinnung; daher bergen tiefere Aufschluß- und Bohrversuche ohne Sperrrohrzementation in der Taltiefe und auch südlich von ihr die Gefahr, unbeabsichtigte Verbindungen von dem unter artesischem Druck stehenden Fels-Thermalwasser zum freien Talgrundwasser herzustellen und können gefährlich werden, wenn sie nicht unter überlegter Kontrolle vor sich gehen. In diesem Sinne haben auch die Schutzgebiets-Vorschläge etwa auf die Südflanke übergriffen, um eine ungeplante Änderung der Druckverhältnisse des Untergrundwassers zu vermeiden, nicht um konkurrierende Gewinnung zu hemmen.

#### **10.6. Schutz- und Schongebiet**

Als Ersatz und Ergänzung einer Reihe älterer Schutzgebietsabgrenzungen ist mit 1984. 01. 23 ein neuer amtlicher Vorschlag der Abgrenzung von Schutzgebieten I und II a) b) erstellt und zur Stellungnahme ausgegeben worden, der weitgehend die aus den neuen Erschließungsarbeiten erhaltenen geologischen Einsichten verarbeitet (U. HERZOG, 1984). Insbesondere sollte der Ausstrich des Aigener Bruchs (P. FAUPL, 1969 und 1972) unter Schutz gestellt werden, da dessen Mylonitzone wegen der höheren Wasserdurchlässigkeit für Verunreinigungen der hochtemperierten Komponente als besonders immissionsgefährdet gilt. Mit Rücksicht auf vorhandene Einwendungen sind die Schutzgebietsbestimmungen noch nicht erlassen, werden aber den engeren Bereich von Kleinkirchheim abdecken. Als Vormerkung möchte ich hier nur den bemerkenswerten behördlichen Vorschlag erwähnen, doch auch in Kleinkirchheim, wie in Kurbäderorten üblich, im Rahmen der Gestaltung der Schutzzone I (Fassungsgebiet) um die Gewinnungsorte des Thermalwassers diese selbst dem Gast durch sichtbare Brunnenstuben oder ähnliches erkennbar zu machen.

Wesentlich für die fernere Entwicklung ist folgendes vorzumerken: Der Zug des thermalwasserspeichernden Dolomits und damit der Anströmbereich für das Thermalwasser im Untergrund erstreckt sich nach heutiger Einsicht über die Höhen wie Zunderwand und den inneren Leobengraben weit nach Norden, ohne daß diese Bereiche in die Schutzgebiete der Verordnung einbezogen werden können. Sie könnten nur – was noch nicht geschehen – als Schongebiet Sonderbestimmungen erhalten. Es muß vorgemerkt werden, daß in diesem ganzen Bereich tiefe Eingriffe in das Bergwasser-System, wie Tiefbohrungen, Stauanlagen, Schadstoffablagerungen usw. auch in das Thermalwasser-System eingreifen könnten. Im Interesse der Erhaltung des Naturschatzes der Thermalquellen muß daher die Kurgemeinde Bad Kleinkirchheim bei allen Vorhalten solcher Art, die eine Beeinflussung möglich erscheinen lassen, gleichgültig unter welchem Rechtstitel ein Mitspracherecht in Anspruch nehmen, sowie abklärende Untersuchungen (Gutachten, Beweissicherungsmaßnahmen) fordern können. Die Verordnung des von U. HERZOG (1984) vorgelegten Schutzgebietskonzepts ist aus unserer Sicht ehest zu erlassen.

#### **10.7. Energie-Verwertung**

Der in der Thermalwasser-Spende zur Verfügung gestellte Wärme- d.h. Energieinhalt wird in den Anlagen der

Zweitbezieher (Römerhof, Ronacher, Pulverer) nach heutigen technischen Möglichkeiten vollständig genutzt. Nicht vollständig erreicht ist dies bisher im Gesamtkomplex der Alpentherme gewesen und in Thermalwasservorkommen, die aus wirtschaftlichen Überlegungen nicht oder noch nicht genutzt werden. Es sind das die Gruppe der kleinen, gelegentlich erschlossenen Vorkommen von „Sekundär“-Thermalwasser in Baugruben der Schutt-Überlagerungsdecke vom Typus des Kontrollbrunnens 2/72 und möglicher analoger Aufschleißversuche, als größtes aber zweifellos das Vorkommen des Tiefbrunnens 2/84, bei dem nach den Mischungsberechnungen zwar nur wenig

Hochtemperaturkomponente, aber immerhin direkt aus dem Dolomit gefördert werden kann.

Langfristige hydraulische Auswirkungen, insbesondere auf das piezometrische Spiegelniveau der Betriebsbrunnen, sind zu befürchten und müßten rechtzeitig vorher speziell untersucht werden (Beweissicherung, Probebetrieb).

Im übrigen soll diese abschließende Bemerkung nur noch die Anregung unterstreichen, bei einheitlich geführter Bewirtschaftung des Thermalwasserzuströmes auch fallweise die möglichst vollständige Nutzung seines Energie-Inhaltes zu überprüfen.

## Literatur

- BELOCKY, R.: Strukturgeologische Untersuchungen in Kristallin und Gurktaler Decke im Raum Radenthein – Bad Kleinkirchheim (Nockgebiet/Kärnten/Österreich)/Ein Computerprogramm zur Verrechnung und graphischen Darstellung von Strukturdaten. – Diplomarbeit Formal- u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien, 133 Bl., 70 Abb., 1 Tab., 3 Beil., Wien 1987.
- CLAR, E.: Gutachtlicher Bericht: Kurgemeinde Bad Kleinkirchheim; Festlegung von Quellschutzgebieten für die Blasbrunn- und Ochsenzungenbrunnquelle (Korrektur). – 6 Bl., Anh. ungez., Bad Kleinkirchheim 1977.
- CLAR, E.: Geologie und Thermalquellen in Bad Kleinkirchheim. – Nachr. Kurgem. Bad Kleinkirchheim, **3/1**, 17–16, 3 Abb., Bad Kleinkirchheim 1981.
- CLAR, E.: Geologischer Zwischenbericht über die Erdkundungsbohrungen 1984 im Thermalbereich Bad Kleinkirchheim. – 5 Bl. 10 Beil., Bad Kleinkirchheim 1985.
- CLAR, E.: Überlegungen zum Temperatur-Rückgang unserer Thermalquellen. – 5 Bl., Anh., Bad Kleinkirchheim 1987.
- CLAR, E. & KAHLER, F.: Bericht über das Thermalgebiet von Bad Kleinkirchheim und die Möglichkeit der weiteren Erschließung. – 21 Bl., Bad Kleinkirchheim 1973.
- CLAR, E. & KAHLER, F.: Bericht der Geologen über Ereignisse der Bohrung 1/74 in Bad Kleinkirchheim. – 13 Bl., 4 Abb., o.O. 1974.
- CLAR, E. (Projektl.), KOLLMANN, W. (Projektl.), GAMERITH, W., STADLER, H., RANK, D., SURENIAN, R.: Interdisziplinäre geowissenschaftliche Untersuchungen zur Beurteilung von Einzugsgebiet, Herkunft, Verweilzeit und Vorräten der Thermalwasservorkommen am Beispiel Bad Kleinkirchheim. – In: Geowissenschaftliche Datenerfassung – Thermalwassermodell Kleinkirchheim, Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt K-A-035/87, 93 Bl., ungez. Beil., Wien (Geocenter Rohstofforschung Kärnten; Geologische B.-A.) 1988.
- CLAR, E., KOLLMANN, W., GAMERITH, W., HÜBL, G. & SHADLAU, S.: Interdisziplinäre geowissenschaftliche Untersuchungen zur Beurteilung von Einzugsgebiet, Herkunft, Verweilzeit und Vorräten der Thermalwasservorkommen am Beispiel Bad Kleinkirchheim. – In: Geowissenschaftliche Datenerfassung – Thermalwassermodell Kleinkirchheim Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt K-A-035/F-89, 100 Bl., Wien (Geocenter Rohstofforschung Kärnten, Geologische B.-A.) 1991.
- EXNER, Ch.: Das Kristallin östlich der Katschbergzone. – Mitt. Österr. Geol. Ges., Themenheft: Geologischer Tiefbau der Ostalpen, **71/72**, 167–189, 2 Abb., Wien 1980.
- FAUPL, P.: Erläuterungen zur Kartierung des Bereichs von Bad Kleinkirchheim. – 9 Bl., 7 Beil., Wien (Universität (Wien/Institut für Geologie) 1969.
- FAUPL, P.: Bericht über die geologische Kartierung in der Umgebung von Bad Kleinkirchheim im Juli 1972. – 5 Bl., 1 Gefügediagr., Wien (Universität Wien/Institut für Geologie) 1972.
- FRANK, W. & FRIMMEL, H.: Sr-Isotopenuntersuchungen zur Aufsuchung von Erzkörpern (Baryt/Brixlegg; Wolframvorkommen Mallnock/Kärnten). – In: Sr-Isotopenuntersuchungen zur Aufsuchung von Erzkörpern Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt Ü-LG-022/87, 74 Bl., 28 Abb., 11 Tab., 3 Beil., Wien (Universität Wien/Institut für Geologie, Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal/Geotechnisches Institut) 1988-06.
- FRIMMEL, H., GÖTZINGER, M.A. & PAPESCH, W.: Isotope geochemistry (C, O, Sr) and fluid inclusion study of Wolframite and Scheelite bearing Fe-Magnesite rocks, Eastern Alps. – 79th Annual Meeting of the Geologische Vereinigung, Mineral Deposits Terra abstracts, **1/2**, S. 29, Leoben – Oxford 1989.
- FRIMMEL, H.: Isotopengeologische Hinweise für die paläogeographische Nachbarschaft von Gurktaler Decke (Oberostalpin) und dem Altkristallin östlich der Hohen Tauern (Österreich). – Schweiz. Mineral. Petrograph. Mitt., **66**, 193–208, 4 Abb., 3 Tab., Zürich 1986.
- FRIMMEL, H.: Metagranitoide am Westrand der Gurktaler Decke (Oberostalpin). Genese und paläotektonische Implikationen. – Jb. Geol. B.-A., **131**, 575–592, 10 Abb., 5 Tab., Wien 1988.
- FRIMMEL, H.: Petrographie; Gefügekunde und geochronologische Daten von Kristallingeröllen aus dem Oberkarbon der Gurktaler Decke im Vergleich zum benachbarten Altkristallin. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **32**, 39–65, 8 Abb., 2 Tab., Wien 1986.
- FRIMMEL, H.: Strukturgeologische, geochemische und geochronologische Untersuchungen zur Entwicklungsgeschichte des NW-Randes der Gurktaler Decke (Oberostalpin). – Formal- u. Naturwiss. Diss. Univ. Wien, III, 199 Bl., 77 Abb., 15 Tab., 6 Beil., Wien 1987.
- FRIMMEL, H.: The influence of metamorphic fluids on the formation of magnesite: syngenetic (s.l.) and epigenetic spar magnesites from Upper Austro-Alpine Units and their Sr isotopic signature. – 79th Annual Meeting of the Geologische Vereinigung, Mineral Deposits Terra abstracts, **1/2**, Leoben – Oxford 1989.
- FRIMMEL, H.: Kristallin- und Strukturgeologische Untersuchungen im Raume westlich von Turrach (Steiermark/Salzburg) mit besonderer Berücksichtigung von Kristallin-Geröllen im Oberkarbon-Konglomerat der Gurktaler Decke. – Vorarbeit Geol. Inst. Univ. Wien, II, 151 Bl., 74 Abb., 9 Tab., Wien (Österreich/Bundesministerium für Land- u. Forstwirtschaft, Wasserwirtschaftskataster) 1984.
- FRITZ, A. (Red.), RAUSCHER, M. & SLAMANIG, H.: Nationalpark Nockberge. – 199 S., Illustr., Klagenfurt (Naturwiss. Ver. f. Kärnten) 1989.
- FRITZ, A. & BOERSMA, M.: Beitrag zur Oberkarbonflora der Königstuhl-Nordwand, Aufsammlung Dr. E. Ebermann. – Carinthia II, **94**, 267–286, 26 Abb., Klagenfurt 1984.
- FRITZ, A. & BOERSMA, M.: Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten – Beiträge 3 und 4. – Carinthia II, **93**, 19–41, 22 Abb., Klagenfurt 1983.

- GIEB, J., TUFAR, W., SCHMIDT, R., MÖLLER, P., PÖHL, W., RIEDER, H. & OLSACHER, A.: Polymetamorphic overprinting of the Radenthein Mica Schist Series and its incorporated Magnesit deposit = Polymetamorphose in der Radentheiner Glimmerschieferserie und ihrer Magnesit-Lagerstätte Radenthein. – 79th Annual Meeting of the Geologische Vereinigung, Mineral Deposits Terra abstracts, **1/2**, S. 29, Leoben–Oxford 1989.
- GIESE, U.: Altpaläozoischer Vulkanismus am NW-Rand der Gurktaler Decke – Geologie, Petrologie, Geochemie. – Geowiss. Diss. Univ. Tübingen, 227 Bl., Illustr., Anh. 1 geol. Kte, Tübingen 1987.
- GIESE, U.: Lower Paleozoic volcanic evolution at the northwestern border of the Gurktal nappe, Upper Austroalpine, Eastern Alps. – In: Geodynamik des europäischen Variszikums. Kaledonisch-variszische Strukturen in den Alpen. 3. Rundgespräch, Fribourg/Schweiz, 23./24. Oktober 1987, Schweiz. Mineral. Petrograph. Mitt., **68**, 381–396, 8 Abb., Zürich 1988.
- GOLDBRUNNER, J.E., RAMSPACHER, P., ZOJER, H., ZÖTL, J.G., MOSER, T.W. & STICHLER, W.: Die Anwendung natürlicher und künstlicher Tracer in einem hochalpinen Magnesitbergbau = The use of natural and artificial tracers in a high alpine magnesite mine. – Beitr. Geol. Schweiz Hydrol., **28/II.**, 407–422, 4 Fig., Bern 1982.
- GOSEN, W. v., HAIGES, K.-H., NEUBAUER, F.R., PISTOTNIK, J. & THIEDIG, F.: Die tektonischen Baueinheiten am Nord- und Westrand der Gurktaler Decke (Österreich). – Jb. Geol. B.-A., **127**, 693–699, 1 Taf., Wien 1985.
- GOSEN, W. v., PISTOTNIK, J. & SCHRAMM, J.-M.: Schwache Metamorphose in Gesteinsserien des Nockgebietes und Postvariszikum des Karawankenvorlandes (Ostalpen, Kärnten). – Jb. Geol. B.-A., **130**, Wien 1987.
- GOSEN, W. von: Tektonischer Bau am Südrand der Gurktaler Decke und die Zuordnung permotriadischer Schürlinge (Kärnten/Österreich). – In: Geologie der Alpen, 73. Jahrestagung d. Geol. Vereinigung Berchtesgaden, 23.–26.2.1983, Kurzfassungen, S. 19, Berchtesgaden 1983.
- GOSEN, W. von & THIEDIG, F.: Die Gurktaler Decke (Oberostalpin) und ihr unterlagerndes mittelostalpinen Kristallin (Kärnten/Steiermark – Österreich). – Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, **53**, 11–32, Hamburg 1982.
- HABENICHT, W.: Sideritvorkommen in paläozoischen und mesozoischen Gesteinen der Gurktaler Alpen. – Arch. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **3**, S. 121, Wien 1983.
- HAWKESWORTH, C.J.: Geochemical studies in and around the south-east corner of the Tauern Window. – Phil. Diss. Univ. Oxford. Vol. 1: Text, VII, 133, 20 p., Vol. 2: Plates and diagrams, Oxford 1974.
- HEINZ, H.: Geologie der östlichen Goldeckgruppe. – Jb. Geol. B.-A., **130**, 175–203, 3 Abb., Wien 1987.
- HERZOG, U.: Thermalwasser Bad Kleinkirchheim: Geologische Stellungnahme. – 4 Bl., Klagenfurt (Kärnten / Amt d. Landesregierung, Abt. 15 Geologie) 1974.
- HERZOG, U.: Katastrophale Hangbewegungen in Kärnten, Geologische Analyse und Ausblick. – Schutz alpiner Lebensräume Interpraevent, **1975/2**, 229–237, 4 Abb., Klagenfurt 1975.
- HERZOG, U.: Bad Kleinkirchheim, Thermalquellen Schutzgebiete. – 11 Bl., 1 Beil., Klagenfurt (Kärnten/Amt der Landesregierung, Abt. 15 Geologie) 1984-01-23.
- HOCHSTEIN, M. & KLEIN, P.: Geothermal Systems and Geothermal Power. – Unpubl. Mitschr. z. Blockvorlesung vom 1978-04-03 bis 1978-04-18 an der Univ. Wien, 29 S., Wien (ZAMG und GBA) 1978.
- JANSCHKE, H.: Bericht über die Messungen der magnetischen Vertikalintensität im Raume Bad Kleinkirchheim. – 6 Bl., Ferlach 1972.
- JANSCHKE, H.: Bericht über die Pumpversuche in der Bohrung 1/74 Bad Kleinkirchheim. – 6 Abb., Ferlach 1975-05-12.–10.
- JANSCHKE, H.: Bericht über die geophysikalischen Messungen in den Bohrungen 1A/84, 1B/84 und 2/84. – 7 Bl., Ferlach 1985-01-31.
- KAHLER, F.: Über die Gefährdung des Thermalwassergebietes von Kleinkirchheim durch den Steinbruch Forstnig: Geol. Gutachten – Abschrift. – o.O. 1947.
- KAHLER, F.: Mögliche Zusammenhänge bei Kärntner Edelwässern. – Carinthia II, **166/86**, 143–150, Klagenfurt 1976.
- KAHLER, F.: Die natürlichen Heilvorkommen Kärntens. – Raumordnung in Kärnten, **10**, 102–105, Klagenfurt 1978.
- KOLLMANN, W.: Geothermal Data Processing in Modelling a Small Alpine Fracture System. – Proceed. Internat. Conference on Fractals in Hydroscience. – „Hydrofractals '93“, 1–6, 4 Abb., Ischia 1993.
- KRAINER, B.: Molassesedimentation im Oberkarbon der Ostalpen am Beispiel des Stangalmkarbons. – Bochum. geol. geotechn. Arb., **29**, 100–102, 1 Abb., Bochum 1988.
- KRAINER, K.: Das Perm der Gurktaler Decke: Eine sedimentologische Analyse. – Carinthia II, **97**, 49–92, 28 Abb., 1 Tab., Klagenfurt 1987.
- KRAINER, K.: Das Karbon in Kärnten. – Carinthia II, **99**, 59–109, 33 Abb., 2 Tab., 1 Kt., Klagenfurt 1989.
- KRAINER, K.: Die fazielle Entwicklung der Oberkarbonsedimente (Stangnock-Formation) am NW-Rand der Gurktaler Decke. – Carinthia II, **99**, 563–601, 25 Abb., 1 Tab., Klagenfurt 1989.
- KRAINER, K.: Molassesedimentation im Oberkarbon der Ostalpen am Beispiel der Stangnock-Formation am NW-Rand der Gurktaler Decke (Österreich) = Molasse sedimentation in the U Carboniferous of the Austro-alpine: The Stangnock Formation at the NW-margin of the Gurktal Nappe (Austria). – Zentralbl. Geol. Paläont. I, **1988**, 807–820, 3 Abb., Stuttgart 1989.
- KRAINER, K.: Sedimentologische Untersuchungen an permischen und untertriadischen Sedimenten des Stangalm-Mesozoikums (Kärnten, Österreich). – Jb. Geol. B.-A., **127/3**, 159–179, 4 Abb., Wien 1984.
- KÜRZL, H., DUTTER, R., PEER, H., REIMANN, C., VINZENZ, M., WASSERMANN, W., WURZER, F. & WOLFBAUER, J.: Primärauswertung des Kärntner-steirischen Nockgebietes und Muralpen. – In: Geochemische Basisaufnahme des Bundesgebietes: EDV-gestützte Primärauswertung der Teilprojekte KC6F/82, St-C-1d/82, TC4b/82: Endbericht, 4 Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt K-C-006/82F, S-C-002c/82F, St-C-001d/82, T-C-004b/82, Leoben (Forschungsgesellschaft Joanneum / Sektion Rohstoffgeologie) 1985.
- KÜRZL, H. & POHL, W.: Regionale Geochemische und Schwermetall-Prospektion. – Berg- u. Hüttenmänn. Mh., **125/12**, 593–594, 1 Abb., Wien 1980.
- LIEGLER, K.: Zur Geologie des zentralalpinen Mesozoikums/Kärnten (Südabschnitt des „Stangalm-Mesozoikums“) (Gurktaler Alpen). – Phil. Diss. Univ. Wien, 183 B., 44 Abb., 8 Beil., Wien 1973.
- MAIER, K.: Radex von 1945 bis heute. – Österr. Ing. Archit. Z., **133**, 177–179, 3 Abb., Wien 1988.
- MAURITSCH, H.J.: Bericht über die refraktionsseismischen Messungen in Bad Kleinkirchheim. – 10 Bl., 4 Beil. gef., Leoben (Montanistische Hochschule Leoben / Institut für Erdölgeologie und Angewandte Geophysik) 1973.
- NAINAVAIE, H.M.: Wolframvorkommen in der Gurktaler Quarzphyllitzone im Nockgebiet Kärnten. – Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., **121**, Wien 1985.
- NEMECEK, E.P.: Projekt zur Erschließung von Thermalwässern durch eine Tiefbohrung auf Parzelle 509/5 der Katastralgemeinde Kleinkirchheim: Technischer Bericht. – 8 Bl., Beil. ungez., Graz 1974.
- NEUBAUER, F.R. & PISTOTNIK, J.: Das Altpaläozoikum und Unterkarbon des Gurktaler Deckensystems (Ostalpen) und paläogeographische Beziehungen. – Geol. Rundschau, **73**, 149–174, 9 Abb., Stuttgart 1984.
- NEUDECKER, J.: Baubericht über die Erkundung und Ableitung der Thermalquellen auf dem Kirchengrundstück Nr. 439 KG. Kleinkirchheim. – 28 Bl., Klagenfurt 1972.
- OLSACHER, A.: 75 Jahre Magnesitbergbau Radenthein. – Radex-Rundschau, **3**, 173–178, 8 Abb., Radenthein 1983.
- PISTOTNIK, J.: Bericht 1977 über geologische Aufnahmen im Kristallin, Paläozoikum und Mesozoikum auf Blatt 183, Radenthein (Gurktaler Alpen). – Verh. Geol. B.-A., **1978/1**, A139–140, Wien 1979.

- PISTOTNIK, J.: Bericht 1978 über geologische Aufnahmen im Kristallin, Paläozoikum und Mesozoikum auf Blatt 183, Radenthein (Gurktaler Alpen). – Verh. Geol. B.-A., **1979/1**, A150–A151, Wien 1981.
- PISTOTNIK, J.: Die westlichen Gurktaler Alpen (Nockgebiet). – In: R. OBERHAUSER (Red.): Der geologische Aufbau Österreichs 358–363, 1 Abb., Wien 1980.
- PISTOTNIK, J.: Kristallin des Nockgebietes. – In: Kärntner Kristallin-Gespräche: Mineralogie, Petrologie, Geologie auf Exkursionsbasis 9. Okt.–12. Okt., 3 S., 1 Abb., Klagenfurt 1986.
- PISTOTNIK, J.: Phyllitgruppe und Magdalensbergserie auf Blatt 186 St. Veit/Glan. – Arbeitstag. Geol. B.-A., 42–44, 1 Abb., 1989 Wien 1989.
- PISTOTNIK, J., UCIK, F.H. & KRAINER, K.: Zur Geologie des Nockgebietes. – In: Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten (Hrsg.): Nationalpark Nockberge, Geologische Übersichtskarte ca. 1: 100.000, 1987, 9–24, 1 Tab., 12 Abb., 1 Kte., Klagenfurt 1989.
- PISTOTNIK, J.: Zur Geologie der Umgebung von Innerkrems (Nockgebiet, Gurktaler Alpen). – Phil. Diss. Univ. Wien, V+147 Bl., 42 Abb., 4 Beil., Wien 1971.
- RADEX HERAKLITH AG: Ein neues Kapitel in der Magnesitgeschichte. – Österr. Kalender Berg-Hütte-Energie, **34**, 62–63, Wien 1988.
- RIEDLER, H.: Rechenunterstützte Methoden der Betriebsführung beim Blockbruchbau auf der Millstätter Alpe = Computer supported management of block caving in the Millstätter Alpe Magnesite Mine. – Berg- u. Hüttenmänn. Mh., **131**, 171–177, 8 Abb., Wien 1986.
- RIEDLER, H.: Rechenunterstützte Methoden der Betriebsführung beim Blockbruchbau auf der Millstätter Alpe. – Berg- u. Hüttenmänn. Mh., **6**, 171–177, 7 Abb., 2 Tab., Wien 1986.
- RIEDMÜLLER, G.: Bad Kleinkirchheim/Röntgendiffraktometer- und Kornverteilungsanalysen aus dem „Talkenbrunnen“ der Ortswasserversorgung. – 4 Bl., 6 Beil. gef., Graz (Technische Universität Graz/Institut für Technische Geologie, Petrographie und Mineralogie) 1985.
- RONGE, W. & THALMANN, F.: Regionale Wolfram-Molybdänprospektion in Österreich: Geochemie 1980, Geochemische Sucharbeiten auf Wolfram und Molybdän im Gebiet der Ötztaler-, Stubai- und Zillertaler Alpen der nördlichen Hohen Tauern, der Grauwackenzone zwischen Zell am See und Mandling bzw. Admont und T. – Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt T-C-004a/80, T-C-004a/81, 002a/80, S-C-002b/80, K-C-006/80, Gekürzte Teilaufnahme: Endbericht I. Teil: Probenpunktdokumentation. 1 Band, Endbericht II. Teil: Trennlinien- und Punktsymboldarstellung. 11 Bde., Endbericht III. Teil: Geostatistik. 3 Bde., Endbericht IV. Teil: Nachträge, geologische Interpretation und zusammenfassende Darstellung, Illustr., Eisenerz (Vöest-Alpine – Geschäftsbereich Bergbau, Mineralwirtschaft und Bergbauingenieur) 1981.
- SCHIMANA, R.: Geologische Entwicklung des Kristallins in der Umgebung von Radenthein (Nockgebiet/Kärnten). – Diss. Formal- u. Naturwiss. Fak., 172 Bl., 78 Abb., 19 Tab., 5 Beil., 10 Taf., Wien 1986.
- SCHIMANA, R.: Neue Ergebnisse zur Entwicklungsgeschichte des Kristallins um Radenthein (Kärnten, Österreich). – Mitt. Ges. Geol.-Bergbaustud. Österr., **33**, 221–232, 5 Abb., 3 Tab., Wien 1986.
- SCHIMANA, R.: Neue Gedanken zur Entwicklung des Kristallins um Radenthein. – Jb. Geol. B.-A., **129**, S. 633, Wien 1986.
- STEINHAUSER, F.: Geophysikalische Kommission. – Tätigkeitsber. Österr. Akad. Wiss., 1980–1981, 137–145, 3 Abb., 4 Tab., Wien 1982.
- STEINHAUSER, P., RUESS, D.: Jahresbericht 1979 über gravimetrische Untersuchungen. – Hochschulforschungsschwerpunkt S15, Heft 1., 154–156, 1 Kte. gef., Graz 1980.
- STOWASSER, H.: Zur Schichtfolge, Verbreitung und Tektonik des Stangalm-Mesozoikums (Gurktaler Alpen). – Phil. Diss. Univ. Wien, 24.6.1948, 193 Bl., 14 Abb., 6 Beil., Wien 1948.
- SYLVESTER, H.: Vergleich der Perm/Trias-Entwicklung in Profilen der ostalpinen Decken (Kärnten/Steiermark, Österreich). – Bochum. geol. geotechn. Arb., **29**, 220–223, 1 Abb., Bochum 1988.
- SYLVESTER, H.: Vergleich von Perm/Skyth-Profilen des Ober-Mittel- und Unterostalpins. – Jb. Geol. B.-A., **132**, 791–821, 5 Abb., 4 Tab., 3 Taf., Wien 1989.
- SYLVESTER, H.: Vorbericht über sedimentologisch-sedimentpetrographische Untersuchungen in den Perm/Skyth-Siliziklastika der ostalpinen Decken (Kärnten/Österreich). – Carinthia II, **99**, 401–424, 3 Abb., Klagenfurt 1989.
- TENCHOV, Y.G.: Die paläozoische Megafloora von Österreich: Eine Übersicht. – Verh. Geol. B.-A., **1980/2**, 161–174, 2 Abb., Wien 1980.
- THEINER, U.: Das Kristallin der NW-Nockberge: Eine kristalline geologische Neuuntersuchung. – Formal- u. Naturwiss. Diss. Univ. Wien., 153 Bl., 91 Abb., 9 Taf., 15 Tab., Wien 1987.
- TRUESDELL, A.H.: Geochemical techniques in exploration. – Proc. UN Sympos. "Development and Use of Geothermal Resources" 1975, San Francisco 1976.
- TUFAR, W.: Calcium-Gehalte in Ostalpin-Baryten. – Anz. Österr. Akad. Wiss. math.-natw. Kl., **115**, 34–40, 1 Tab., 1 Abb., Wien 1978.
- TUFAR, W., GIEB, J., SCHMIDT, R., MÖLLER, P., PÖHL, W., RIEDLER, H. & OLSACHER, A.: Geological setting, polymetamorphic overprinting, chemical composition and fluid inclusions of the Radenthein Sparry Magnesite Type Deposit (Carinthia, Austria). – 79th Annual Meeting of the Geologische Vereinigung, Mineral Deposits Terra abstracts, **1/2**, 31–32, Leoben, Oxford 1989.
- TUFAR, W., GIEB, J., SCHMIDT, R., MÖLLER, P., PÖHL, W., RIEDLER, H., OLSACHER, A.: Formation of magnesite in the Radenthein (Carinthia/Austria) type locality. – Monograph. ser. mineral deposits, **28**, 135–171, 25 Abb., 4 Tab., Berlin, Stuttgart (Borntraeger) 1989.
- ZWANDER, H.: Zur Waldgeschichte Kärntens – Das Moor bei Bad Kleinkirchheim. – Carinthia II, **169/89**, 195–204, 1 Abb., 1 Diagr., Klagenfurt 1979.

# Anhang

# Bohrprofile

**G E O L O G I S C H E      B U N D E S A N S T A L T**  
**A-1031 Wien Rasumofskygasse 23 , Tel (0222/755962-0)**

DATEI=klki172  
 BOHRARCHIV.....:GBA-H:  
 PROJEKT.....:KA- 35

DRUCK-DATUM:1994.03.03

AUFTRAGGEBER.:Gemeinde Bad Kleinkirchheim

AUSFÜHRENDE FA:Insond

## 1 / 72

```

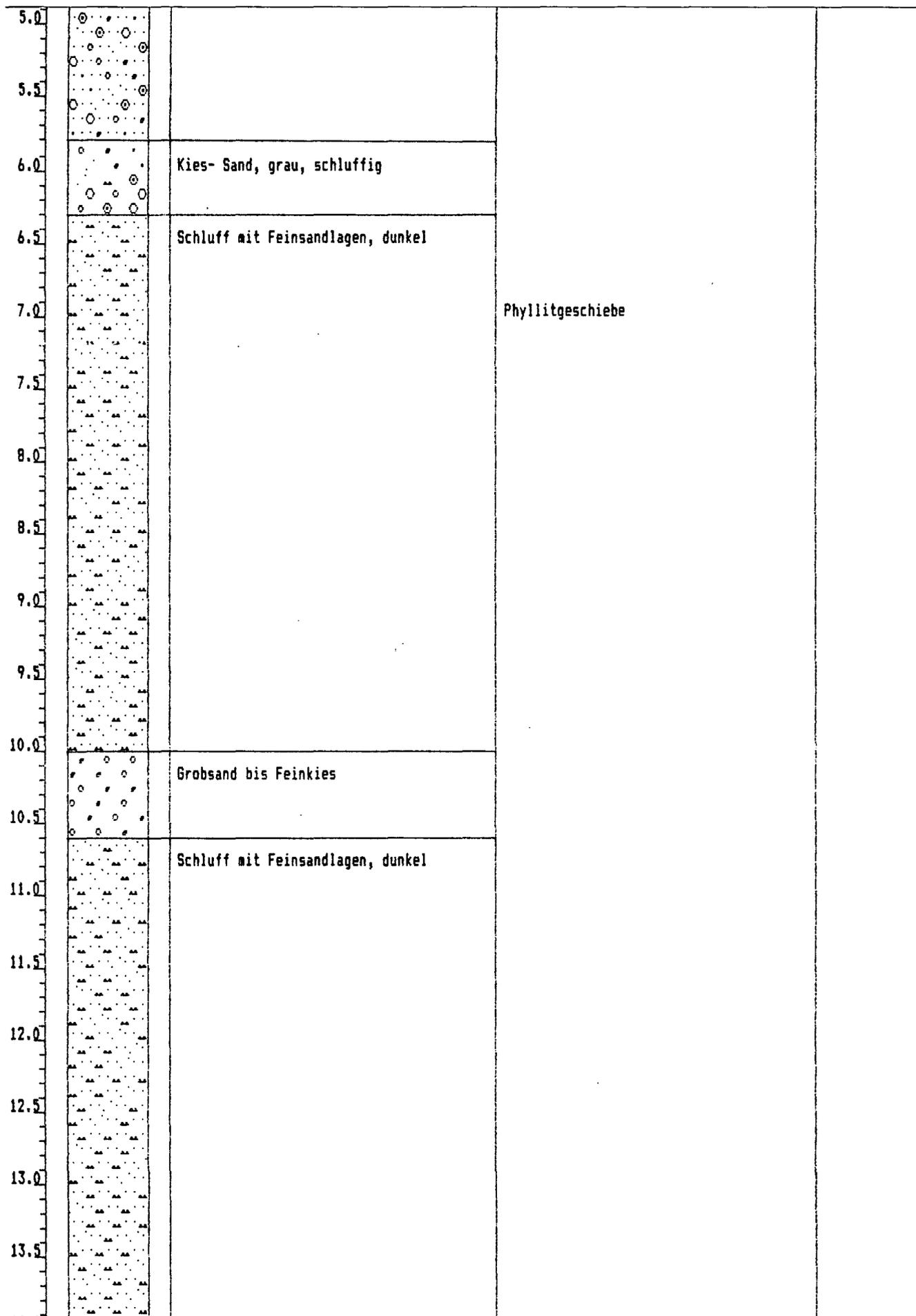
=====
BOHRBEZEICHNUNG....:GBA-H:183/172      BOHRUNGSBEGINN...:1972.04
BOHRMETHODE.....:                          KOORDINATENSYSTEM:MIL
BOHRUNGS-AUFNAHME...:F. KAHLER          RECHTSWERT.....:0784200
BOHRP.-HÖHE(m ü.A.):1034.50            HOCHWERT.....:5186258
=====
    
```

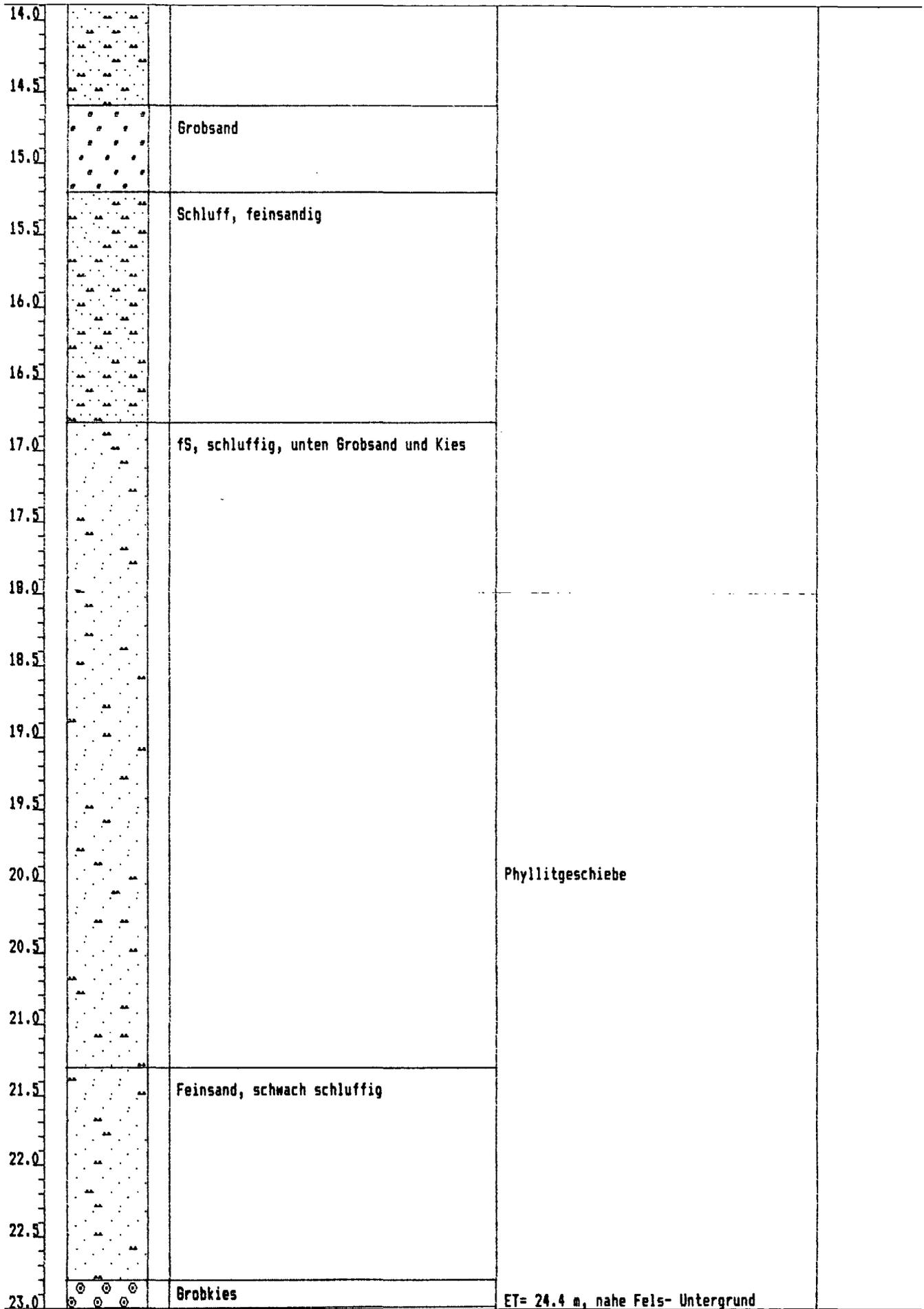
### BODENPROFIL - SIGNATUREN NACH DIN-4023

Eisi Software 1989

T(a) GW Signatur      Schichtenverzeichnis      Kommentar

	<p>Lehm, sandig, Phyllitgerölle</p>	<p>Versuchsbrunnen</p>
<p>0.5</p> <p>1.0</p> <p>1.5</p> <p>2.0</p> <p>2.5</p> <p>3.0</p> <p>3.5</p> <p>4.0</p> <p>4.5</p>	<p>Kies- Sand, braun, mit Schiefergeröllen</p>	<p>Tem. a.d.Bohrlochsohle 33.73 C 24.04.72</p>





23.5	24.0	Sand m. Geröllen v. Phyllit u. Dolomit	
------	------	--	--

**G E O L O G I S C H E      B U N D E S A N S T A L T**  
**A-1031 Wien Rasumofskygasse 23 , Tel (0222/755962-0)**

DATEI=klki272

DRUCK-DATUM:1994.03.03

BOHRARCHIV.....:GBA-H:

PROJEKT.....:KA- 35

AUFTRAGGEBER...:Gemeinde Bad Kleinkirchheim

AUSFÜHRENDE FA:Insond

**2 / 72**

BOHRBEZEICHNUNG.....:GBA-H:183/272

BOHRUNGSBEGINN...:1972-04

BOHRMETHODE.....:

KOORDINATENSYSTEM:Mil

BOHRUNGS-AUFNAHME...:E. CLAR

RECHTSWERT.....:0784320

BOHRP.-HÖHE(m ü.A.):1026.00

HOCHWERT.....:5186180

**BODENPROFIL - SIGNATUREN NACH DIN-4023**

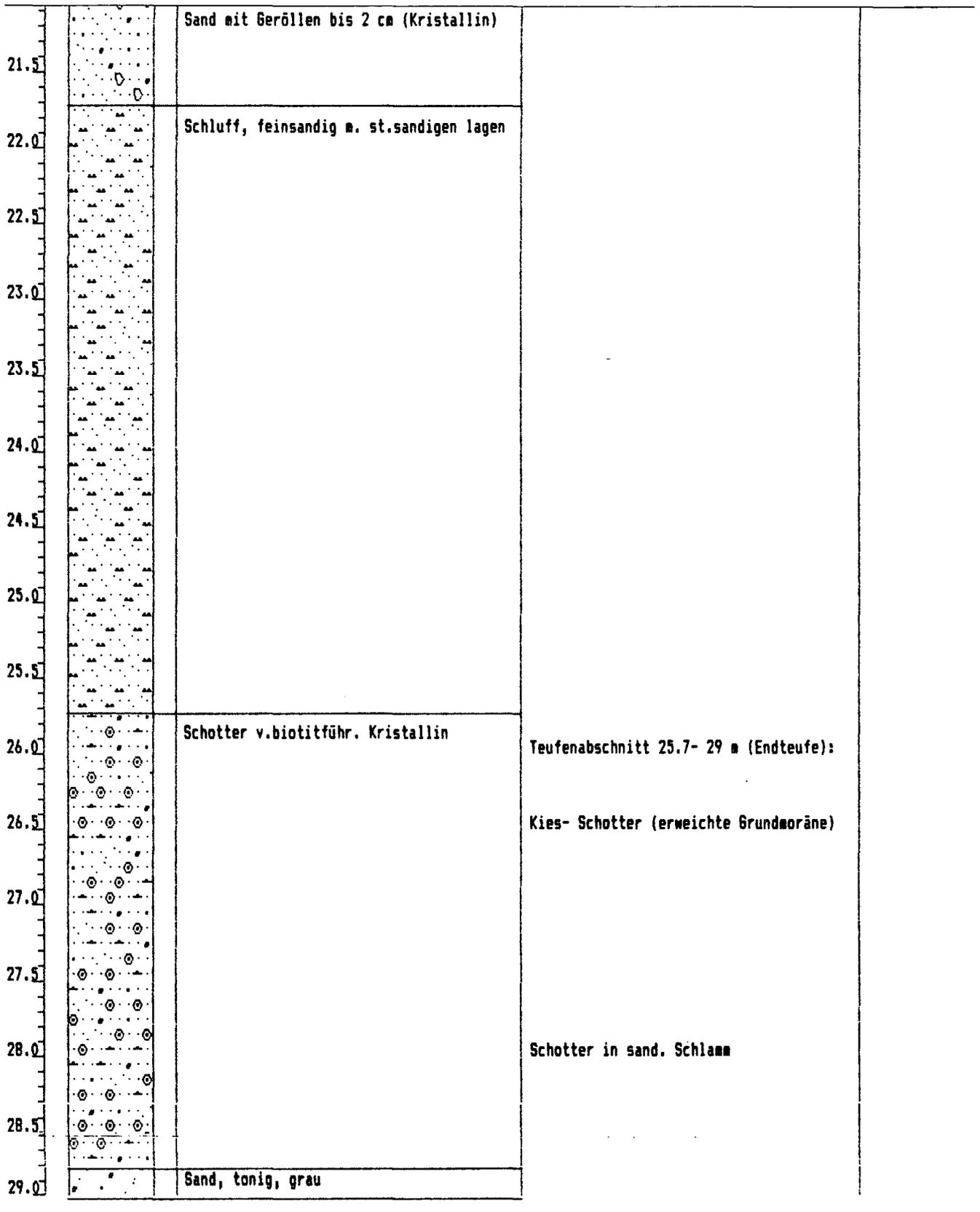
**Eisi Software 1989**

T(m) GW Signatur      Schichtenverzeichnis      Kommentar

0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5		
							Phyllitschutt, sandig	
								Versuchsbrunnen an der Bundesstraße
							Feinsand	
							Phyllitschutt, sandig	
							Feinsand	
							Phyllitschutt, sandig	

3.0		Phyllitschutt, sandig	
3.5			
4.0		Ton, plastisch	Teufenabschnitt 0- 9.8 m :
4.5		Phyllitschutt, sandig	braun oxydiert
5.0			Gruppe:Phyllit-Hangschutt mit Lehm-lagen
5.5			
6.0		Ton	
6.5		Phyllitschutt, sandig	
7.0			
7.5		Ton, braun	
8.0		Phyllitschutt, sandig	
8.5		Ton	
9.0		Phyllitschutt	
9.5			
10.0		Schluff, weichplastisch	
10.5			
11.0			Teufenabschnitt 9.8- 19.7 m :
11.5			blaugrau
12.0		Schluff, stark sandig	Gruppe: schluff mit Feinsandlagen

12.5			
13.0			
13.5			
14.0		Schluff, schwach sandig	
14.5		Schluff, weichplastisch	
15.0			
15.5		Schluff, stark sandig	
16.0		Schluff	
16.5		Schluff, stark sandig	
17.0		Schluff	
17.5			
18.0		Schluff, stark sandig	
18.5		Schluff	
19.0		Schluff, weich, mit Phyllitbrocken(3 cm)	
19.5			
20.0		Mittelsand, grau	
20.5		Feinsand, stark glimmerig	Teufenabschnitt 19.7- 25.7 m :
21.0			Gruppe: sandreicher Schluff



**G E O L O G I S C H E      B U N D E S A N S T A L T**  
**A-1031 Wien Rasumofskygasse 23 , Tel (0222/755962-0)**

DATEI=klki174  
 BOHRARCHIV.....:GBA-H:  
 PROJEKT.....:KA- 35

DRUCK-DATUM:1994.03.15

AUFTRAGGEBER...:Gemeinde Bad Kleinkirchheim

AUSFÜHRENDE FA:Ing. A. Plankl

**1 / 74**

=====

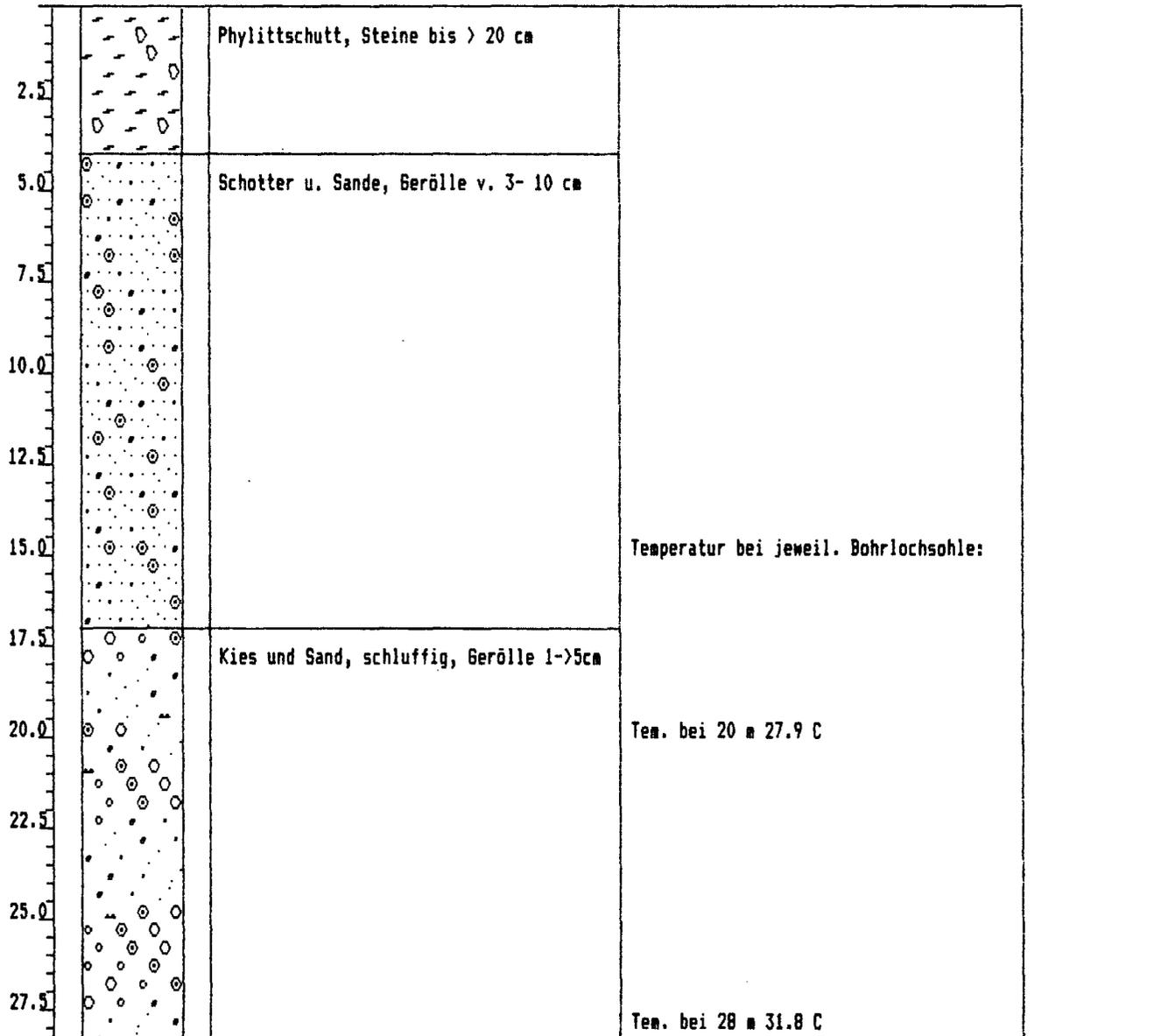
BOHRBEZEICHNUNG.....:GBA-H:183/174	BOHRUNGSBEGINN...:1974
BOHRMETHODE.....:	KOORDINATENSYSTEM:MIL
BOHRUNGS-AUFNAHME...:E. CLAR	RECHTSWERT.....:0784390
BOHRP.-HÖHE(m ü.A.):1043.65	HOCHWERT.....:5186240

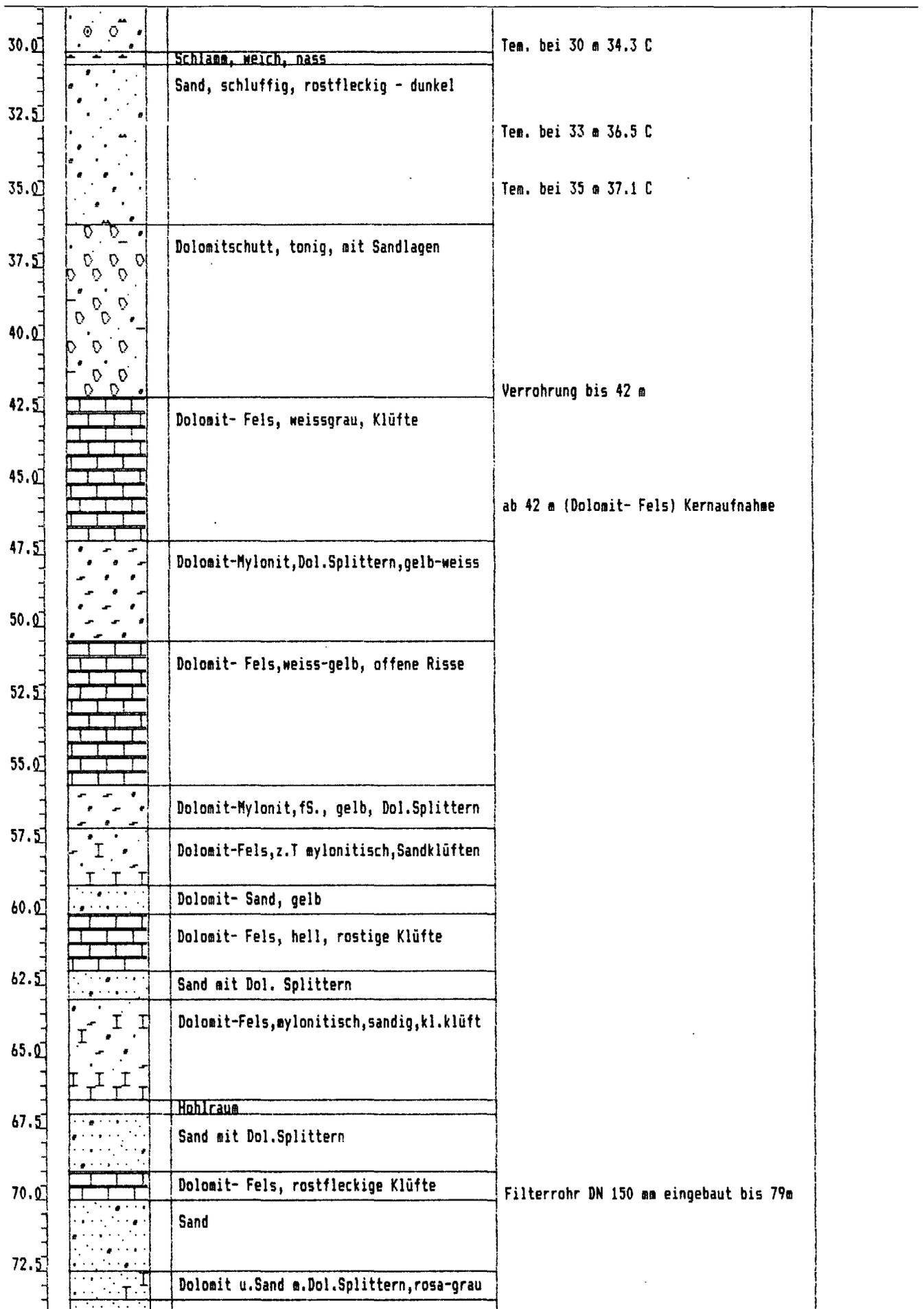
-----

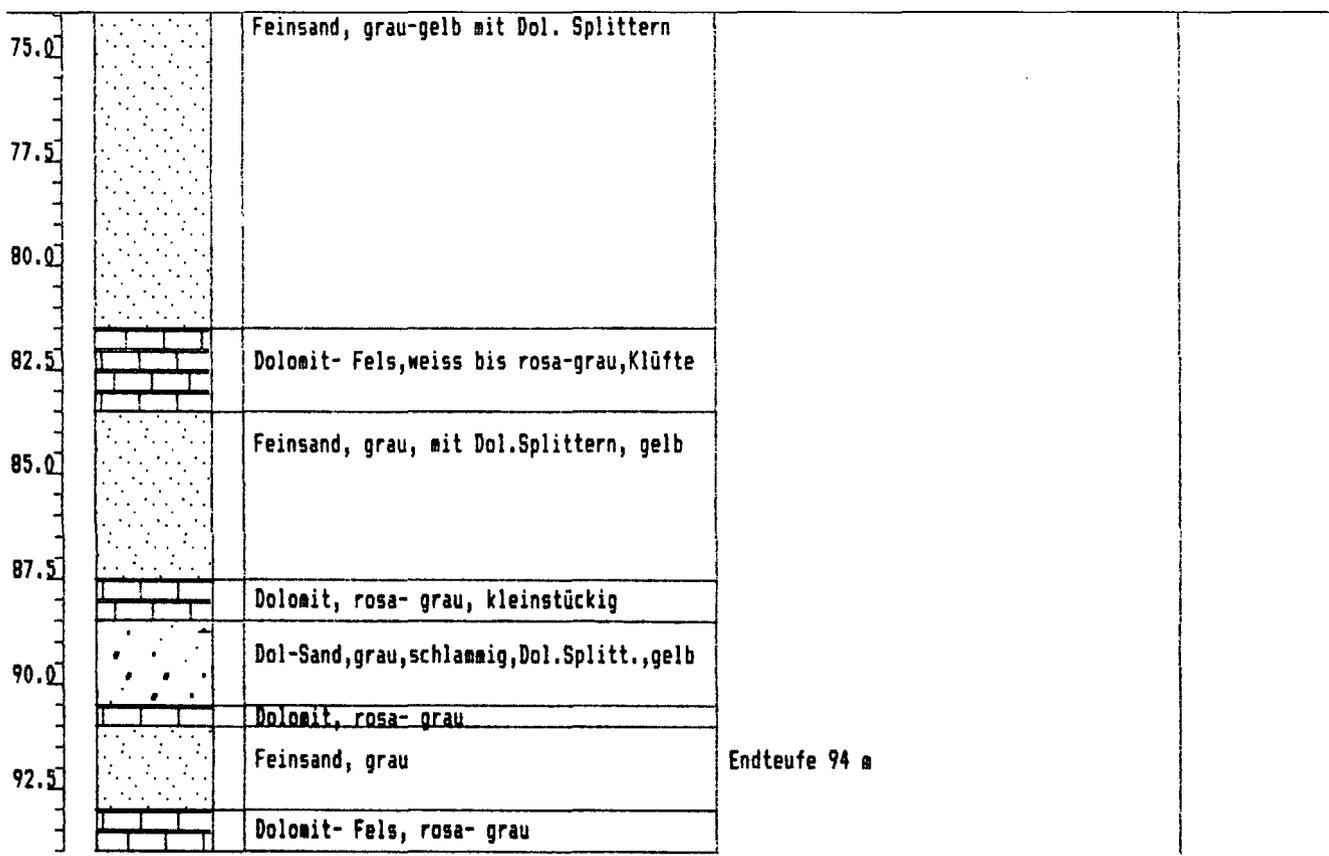
**BODENPROFIL - SIGNATUREN NACH DIN-4023**

**Eisi Software 1989**

T(a) GW Signatur      Schichtenverzeichnis      Kommentar







**G E O L O G I S C H E      B U N D E S A N S T A L T**  
A-1031 Wien Rasumofskygasse 23 , Tel (0222/755962-0)

DATEI=klki274

DRUCK-DATUM: 1994.05.20

BOHRARCHIV.....:GBA-H:

PROJEKT.....:KA- 35

AUFTRAGGEBER...:Kurgemeinde Bad Kleinkirchheim

AUSFÜHRENDE FA:Fa. Pichl/ Klagenfurt

**2 / 74**

BOHRBEZEICHNUNG.....:GBA-H:183/274

BOHRUNGSBEGINN...:1974.12.07

BOHRMETHODE.....:

KOORDINATENSYSTEM: MIL

BOHRUNGS-AUFNAHME...:E. CLAP

RECHTSWERT.....:0784200

BOHRP.-HOHE(m ü.A.):1033 40

HOCHWERT.....:5186250

**BODENPROFIL - SIGNATUREN NACH DIN-4023**

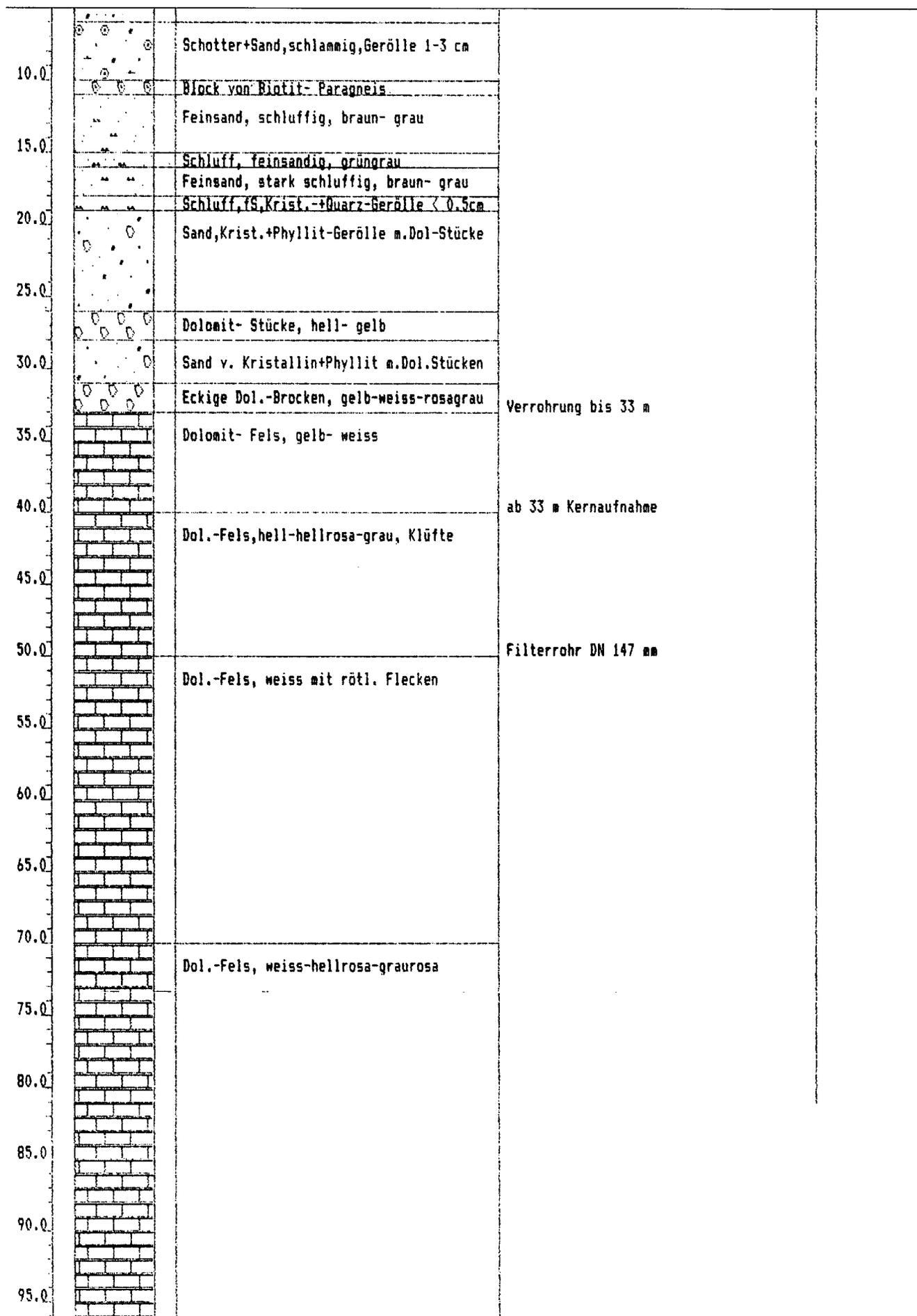
**Risi Software 1989**

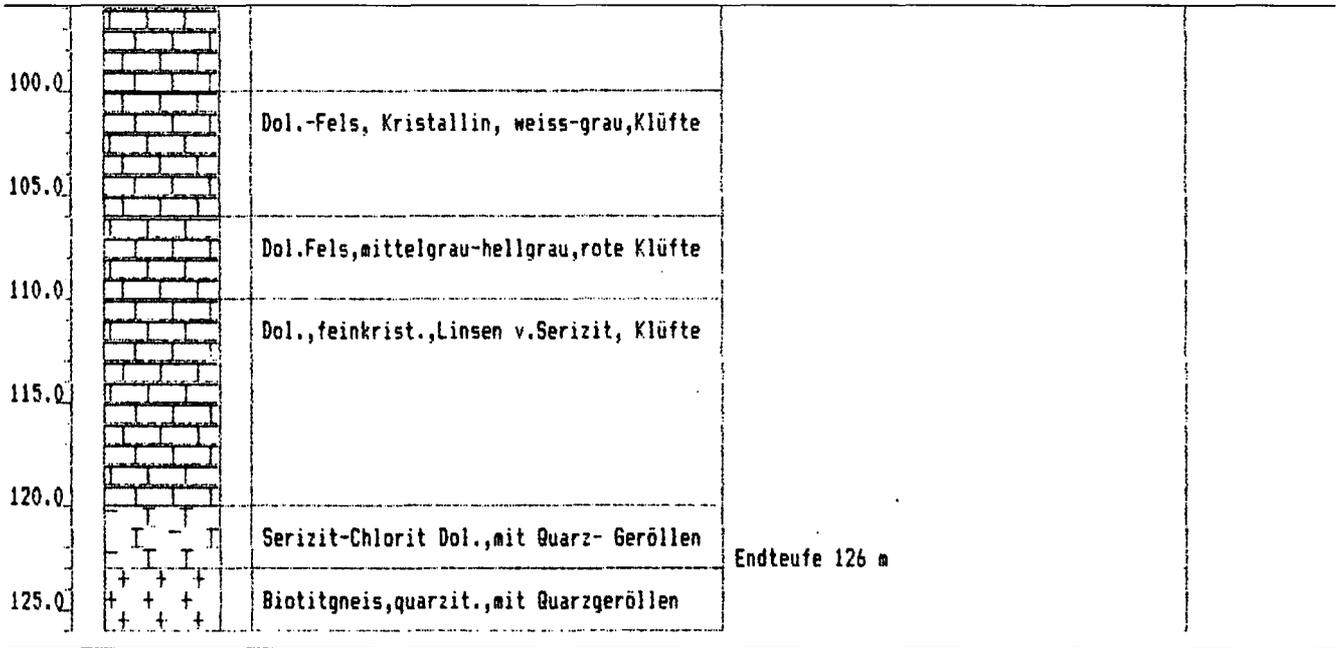
T(m) GW Signatur

Schichtenverzeichnis

Kommentar

5.0		Phyllitschutt, lehmig, sandig, hellbraun	
-----	--	--	--





**G E O L O G I S C H E      B U N D E S A N S T A L T**  
**A-1031 Wien Rasumofskygasse 23 , Tel (0222/755962-0)**

DATEI=klki184

DRUCK-DATUM: 1994.05.20

BOHRARCHIV.....: GBA-H:

PROJEKT.....: KA- 35

AUFTRAGGEBER...: Gemeinde Bad Kleinkirchheim

AUSFÜHRENDE FA: Ing. Plankl

**1 / 84**

BOHRBEZEICHNUNG.....: GBA-H: 183/184

BOHRUNGSBEGINN....: 1984

BOHRMETHODE.....:

KOORDINATENSYSTEM: MIL

BOHRUNGS-AUFNAHME...: E. CLAR

RECHTSWEERT.....: 0784280

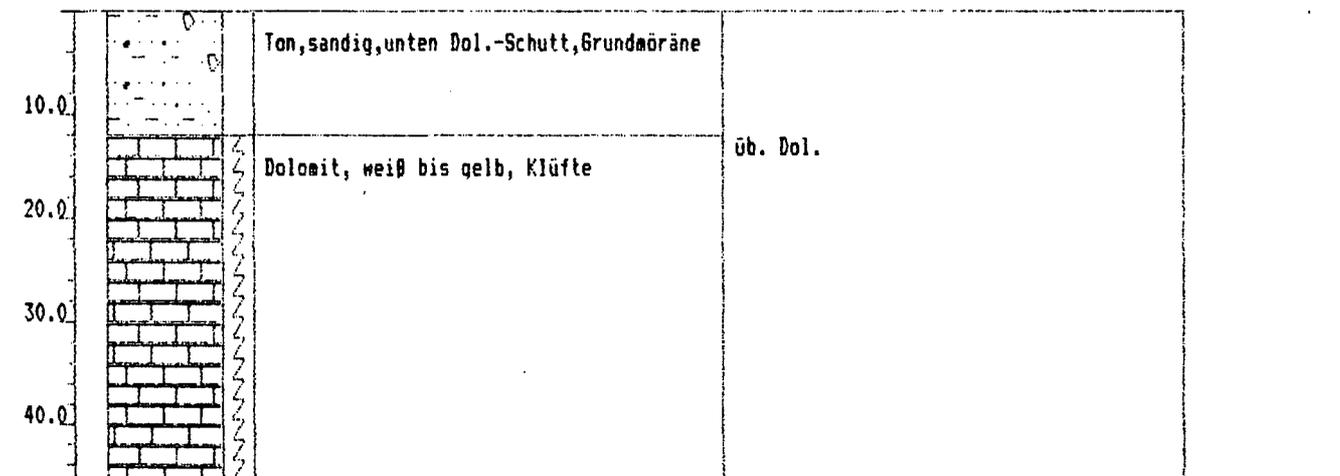
BOHRP.-HÖHE(m ü.A.): 1051.40

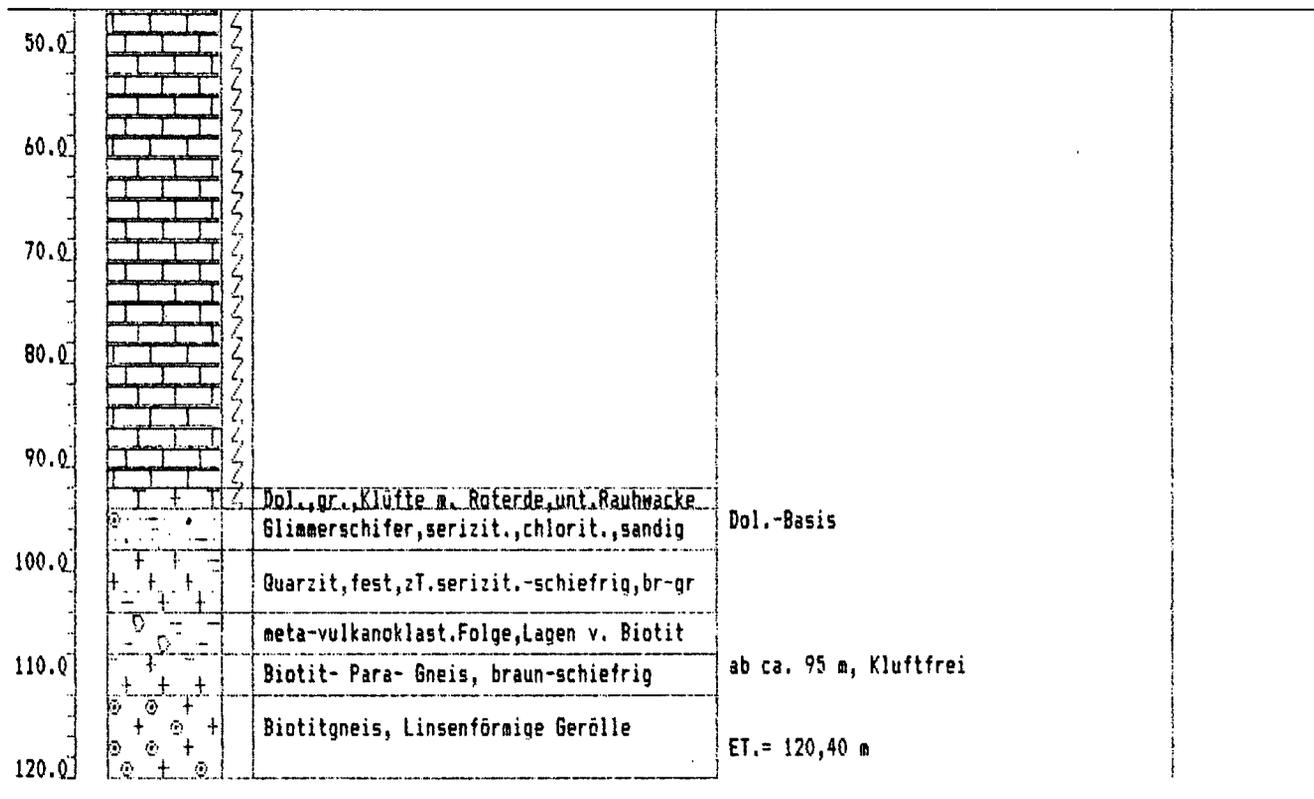
HOCHWERT.....: 5186370

**BODENPROFIL. - SIGNATUREN NACH DIN-4023**

**Kisi Software 1989**

T(m) GW Signatur      Schichtenverzeichnis      Kommentar





**GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT**  
**A-1031 Wien Rasumofskygasse 23 , Tel (0222/755962-0)**

DATEI=klki284

DRUCK-DATUM: 1994.05.20

BOHRARCHIV.....:GBA-H:

PROJEKT.....:KA- 35

AUFTRAGGEBER...:Gemeinde Bad Kleinkirchheim

AUSFÜHRENDE FA:Ing. Plankl

**2 / 84**

BOHRBEZEICHNUNG....:GBA-H:183/284

BOHRUNGSBEGINN...:1984

BOHRMETHODE.....:

KOORDINATENSYSTEM:MIL

BOHRUNGS-AUFNAHME...:E. Clar

RECHTSWERT.....:0784580

BOHRP.-HÖHE(m ü.A.):1051.70

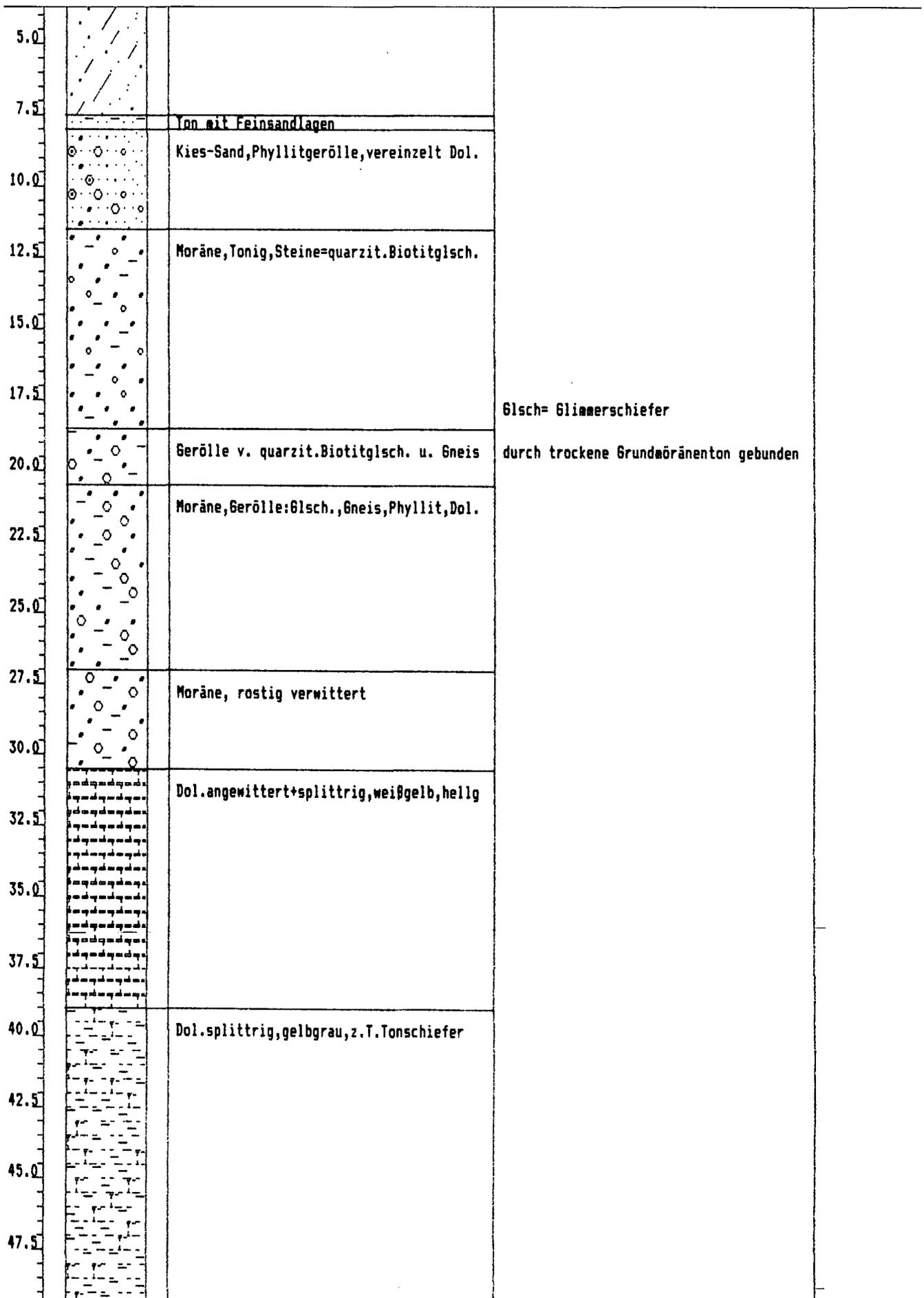
HOCHWERT.....:5186240

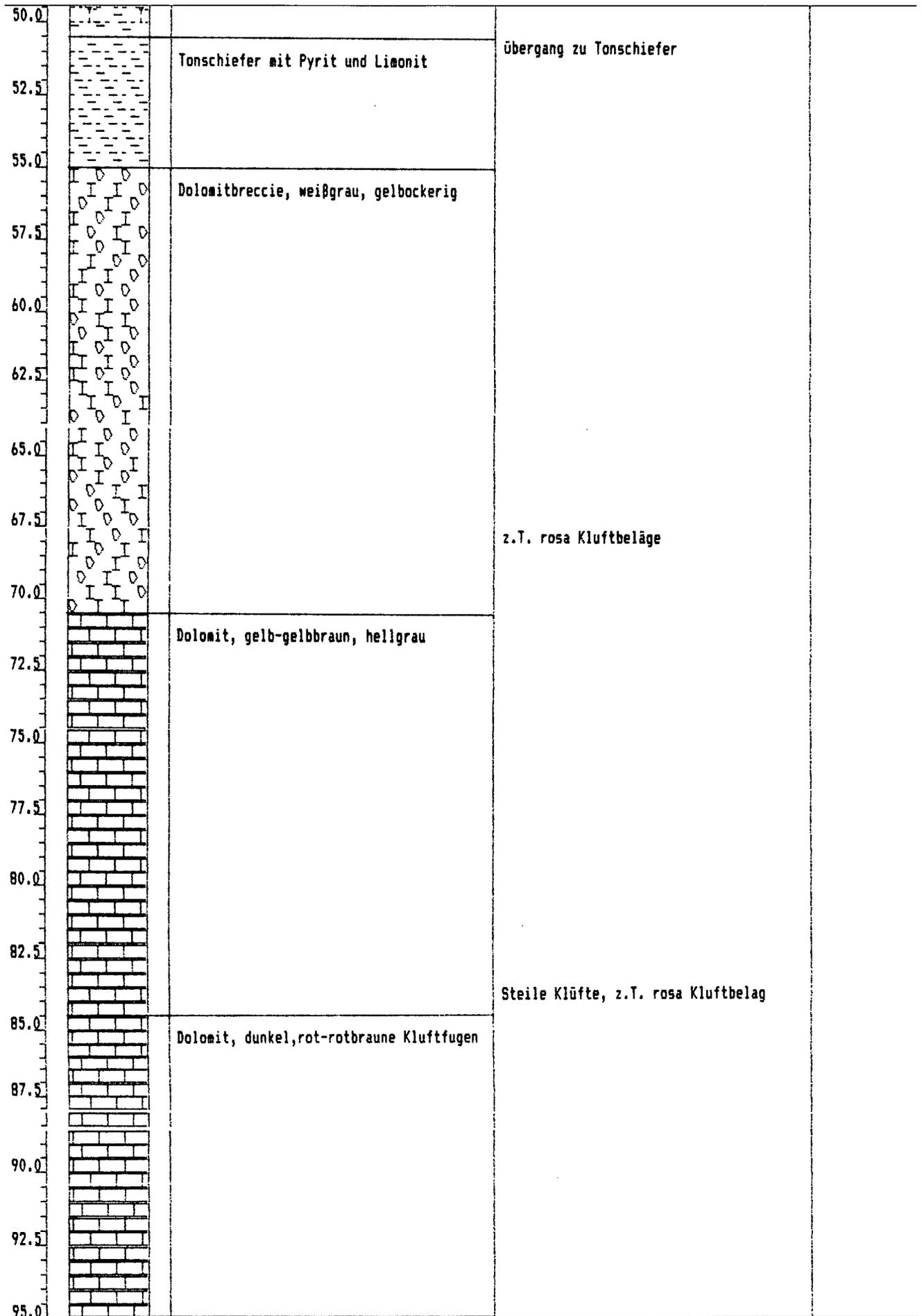
**BODENPROFIL - SIGNATUREN NACH DIN-4023**

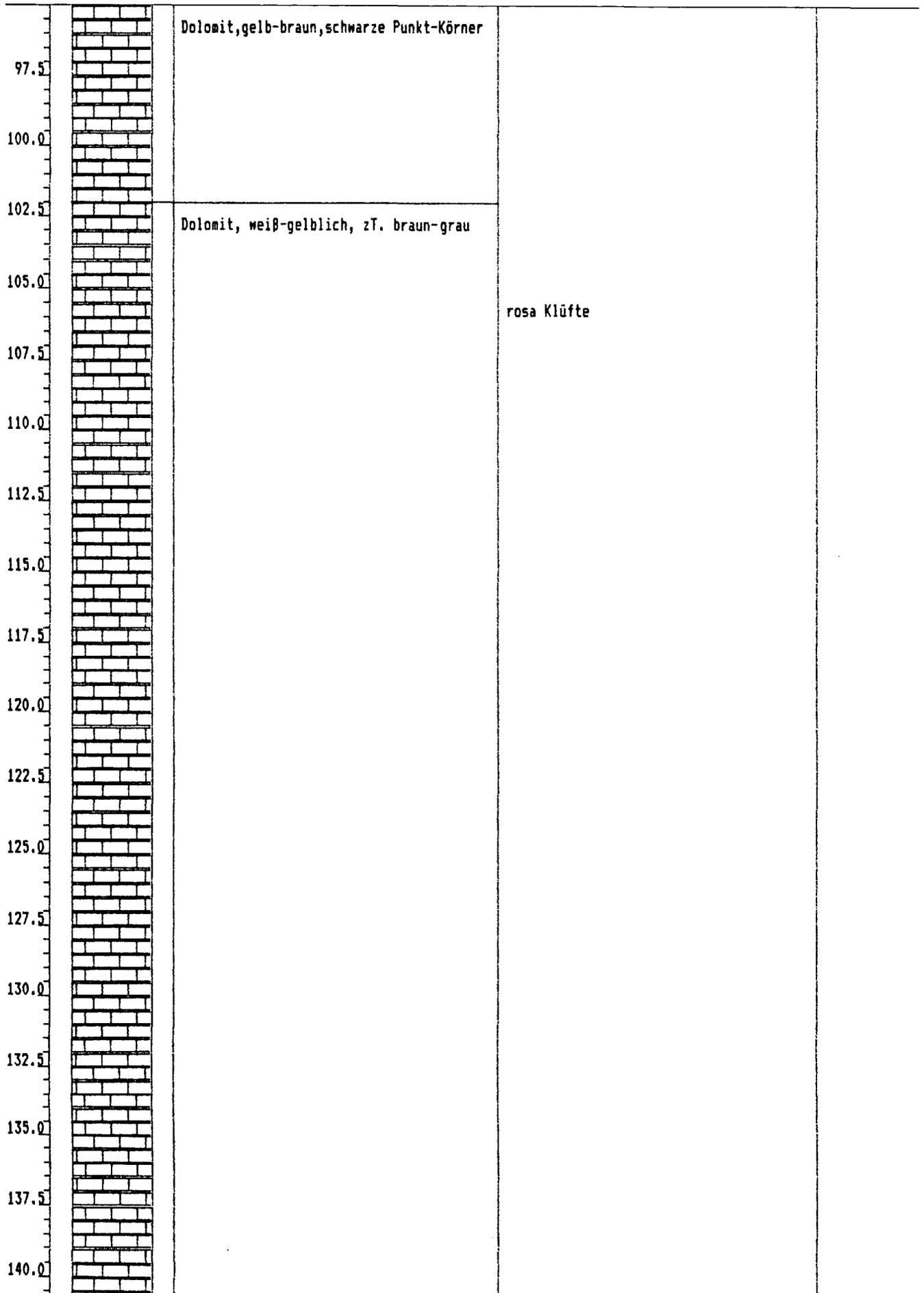
**Eisi Software 1989**

T(m) GW Signatur Schichtenverzeichnis Kommentar

2.5	[Symbol: diagonal lines]	Humus=0.2m, Lehm, braun, oben Steine=10 cm	
	[Symbol: diagonal lines]	Fein-Mittelsand, Lehm, braun-dunkel, locker	







142.5			
145.0			
147.5			
150.0			
152.5			
155.0			viel Mn-Bäuschchen in Klüften u. Haarrisse
157.5		Dol., weißgelb, braunoxidierend (Fe Staub)	
160.0		Dolomit, deutlich rosa-fleckig, ockergelb	
162.5			
165.0		Dol., weißlich, bräunlichgrau, rosa Flecken	
167.5			
170.0			Mn- Haarrisse
172.5			
175.0		Dol. bräunl. weiß, viel Mn-Füßen + Dendriten	
177.5			
180.0		Dolomit, weißgelb- ocker	
182.5			
185.0			

