

Schlüsselwörter

Klagenfurter Becken
 Präquartärer Untergrund
 Grundwasser
 Hydrochemie
 Isotope

Hydrogeologische Untersuchungen im Einzugsgebiet der Lippitzbachquellen (Östliches Klagenfurter Becken, Kärnten)

WALTER POLTNIG & ELMAR STROBL¹

10 Abbildungen und 5 Tabellen

Inhalt

Zusammenfassung	101
Abstract	102
1. Einleitung	102
2. Hydrogeologische Verhältnisse	102
2.1 Geologischer Überblick	102
2.2 Talaufbau und Morphologie des präquartären Untergrundes	103
2.3 Grundwasserverhältnisse	103
2.3.1 Seichtliegende Grundwasservorkommen	103
2.3.2 Hauptaquifer	105
3. Abgrenzung des Einzugsgebietes der Lippitzbachquellen und Wasserbilanz	107
4. Auswertung und Interpretation der durchgeführten Messungen	108
4.1 Detailuntersuchung der Quellaustritte des Hauptaquifers	108
4.2 Hydrochemie	109
4.3 Isotope	110
4.3.1 Untersuchungen des Sauerstoff-18- und des Deuteriumgehaltes	110
4.3.2 Ergebnisse der Tritiumuntersuchungen	111
4.3.3 Untersuchungen des ¹³ C-Gehaltes	112
5. Schlussfolgerungen	115
Literatur	115

Zusammenfassung

Die eiszeitliche und nacheiszeitliche Talentwicklung des Wölfnitztales zwischen Griffen und Drau hat entscheidenden Einfluß auf die heutigen Grundwasserverhältnisse dieses Tales. Nachdem das ausgeräumte Tal mit bis zu 90 Meter mächtigen Lockergesteinsablagerungen aufgefüllt wurde, hat sich die Wölfnitz an der orographisch linken Talflanke bis in das Grundgebirge eingeschnitten und den ehemaligen Tallauf verlassen. Sie fließt nunmehr im unteren Drittel parallel zum alten Tal, jedoch knapp östlich davon.

Das Grundwasser des alten Tales ist somit von der heutigen Oberflächenentwässerung völlig abgekoppelt und fließt durch einen unter der quartären Kiesbedeckung verborgenen Grundgebirgsrücken von der Wölfnitz getrennt zur Drau. Knapp westlich der Wölfnitzmündung in die Drau tritt auch das Grundwasser des Wölfnitztales bei Lippitzbach in der Böschung zur Drau aus. Infolge von Versinterungen im Quellbereich liegen die Quellaustritte von Lippitzbach etwa 50 Meter über dem Niveau der Wölfnitz und Drau. Die hohe Schüttung der Quellen, welche im Jahresmittel bei rund 300 l/s liegt, setzt sich neben der Grundwasserneubildung aus den Niederschlägen im Talbereich vor allem aus den versickernden Oberflächenabflüssen des Wallersberges zusammen. Dieser aus paläozoischen Tonschiefern aufgebaute Rücken, der das Wölfnitztal im Westen begrenzt, verliert seine Oberflächenwässer zur Gänze bei Erreichen der Talsohle in der quartären Talfüllung. Im Gegensatz dazu erreichen alle von Osten in das Tal einmündenden Bäche aufgrund der geologischen Verhältnisse (Tertiär und paläozoische Tonschiefer im Untergrund) die Wölfnitz und fließen über diese ab.

Die derzeit vorliegenden Kenntnisse über die Talentwicklung und die Herkunft der Lippitzbachquellen weisen das alte, verschüttete Tal westlich der Wölfnitz als für den Unterkärntner Raum bedeutendes Grundwasserhoffnungsgebiet aus, welches große Mengen erschrotbaren Trinkwassers beherbergt.

Adresse der Autoren

¹ Walter POLTNIG & Elmar STROBL, Institut für Hydrogeologie und Geothermie, Joanneum Research, Elisabethstraße 16, 8010 Graz
 e-mail: walter.poltinig@joanneum.ac.at; elmar.strobl@joanneum.ac.at

Hydrogeologic investigations within the catchment area of the Lippitzbach fountains (Eastern part of the Klagenfurt basin, Carinthia)

Abstract

The glacial and postglacial valley development has a determining effect on the present groundwater situation in the Wölfnitz basin between Griffen and Drau. After the deeply eroded valley was filled by sediments up to 90 m in thickness, the course of the river shifted to the eastern flank cutting up to the basement. In the lower part of the basin Wölfnitz flows parallel but close to the old river course.

The groundwater in the old valley fillings has no connection with the present surface runoff and flows, separated from the Wölfnitz by a ridge of impervious basement to Drau. The groundwater in the Wölfnitz basin discharges into Lippitz creek in the slope falling to Drau, west of the junction of Wölfnitz and Drau. As a result of incrustation the springs discharge at approximately 50 m above the level of Wölfnitz and Drau. The high yielding springs (on average 300 l/s) are recharged from precipitation falling direct on the basin and from creek infiltration originating from Wallersberg. These creeks infiltrate completely in the Quaternary sediments.

The result of the present hydrogeological investigation reveals that the old valley west at Wölfnitz has a high groundwater reserve that can be used as a source of water supply for the Lower Carinthia.

1. Einleitung

Von Griffen gegen Süden über Ruden bis zur Drau erstreckt sich ca. 35 km östlich von Klagenfurt (ÖK 204) das bis zu zwei Kilometer breite Wölfnitztal (Abb. 1), dessen Ostseite der Wölfnitzbach einnimmt, welcher sich zwischen Ruden und Draumündung bei Lippitzbach in paläozoische Phyllite eingeschnitten hat. Dieses Tal ist die Fortsetzung der eiszeitlichen Umfließungsrinne des Draugletschers, welche sich heute als weitgehend funktionsloses Tal am Südrand der Saualpe von Mittertrixen über Haimburg nach Griffen verfolgen läßt. Das Tal mündet bei der Ortschaft Lippitzbach hoch über der Drau ins Drautal und weist hier eine etwa 100 m hohe Böschung zur Drau auf. Nur der Böschungsfuß zeigt paläozoische Phyllite, in die sich hier die Drau eingeschnitten hat, der überwiegende Teil setzt sich aus fluvioglazialen Kiesen zusammen. Ein ausgedehnter Quellhorizont (= Lippitzbachquellen) mit einer Gesamtschüttung zwischen 250 l/s und rund 400 l/s, welcher in dieser Böschung zur Drau bei Lippitzbach etwa 50 Meter über dem Flußniveau austritt, gab schon seit Jahrzehnten Anlaß zu Überlegungen über die Herkunft dieser Wässer. Sogar mehrere Stollen wurden in die Quartärablagerungen vorgetrieben, um den „unterirdischen See“ zu finden und vor allem für die Stromgewinnung nutzbar zu machen (CANAVAL, 1927; ANONYM, 1927).

Im Hinblick auf eine mögliche Trinkwassergewinnung im Einzugsgebiet der Lippitzbachquellen wurde vom Land Kärnten und vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft eine Studie über die Grundwasserverhältnisse im Raum zwischen Griffen und Lippitzbach veranlaßt. Diese hydrogeologischen Untersuchungen wurden von Joanneum Research Graz im Zeitraum 1995-1996 durchgeführt (POLTNIK & STROBL, 1996).

2. Hydrogeologische Verhältnisse

2.1 Geologischer Überblick

Wenn man das östliche Klagenfurter Becken betrachtet, sieht man sehr deutlich den Gegensatz zwischen den ausgedehnten und mächtigen Kiesablagerungen des Jaunfeldes südlich der Drau und südöstlich von Völkermarkt, welche eine weite Talebene aufbauen, und dem hügeligen, glazial überprägten Gebiet nördlich der Drau. Mancherorts herausragende Gesteine des Grundgebirges neben den bis zu 100 Meter mächtigen Kiesterrassen geben Hinweise auf ein ausgeprägtes, verschüttetes Relief des präquartären Untergrundes. Die Beckenbildung ist wohl tektonischer Natur und steht im Zusammenhang mit den sehr jungen Bewegungsvorgängen im

Bereich der Karawanken. Die letztendliche Ausgestaltung und heute vorliegende Morphologie geht auf das Wirken der Eiszeiten und der nachfolgenden Lockergesteinsakkumulationen sowie der Erosionskräfte der Oberflächengewässer zurück.

Die Beckenumrahmung des östlichen Klagenfurter Beckens bilden im Norden am Saualpensüdfuß altpaläozoische Gesteine der Murauer- und Stolzalpendecke, im Osten altpaläozoische Gesteine der Stolzalpendecke mit etwas Jungpaläozoikum und Trias (GOSEN, 1989), im Süden die Nordkette der Karawanken, welche hier auf Tertiär überschoben ist (KAHLER, 1953). Im Beckenbereich sind Gesteine der Beckenbasis nur an wenigen Stellen aufgeschlossen. So sind etwa im Bereich des Draubettes die paläozoischen Schiefer der Stolzalpendecke noch aufgeschlossen und auch nördlich der Drau sind sie meist nur gering mit quartären Sedimenten bedeckt. Im Bereich des Draukraftwerkes Edling treten noch als westliche Fortsetzung der St. Pauler Berge in das Paläozoikum eingesenkte triadische Dolomite auf (KAHLER, 1963). Gegen Süden sinkt das paläozoische Grundgebirge jedoch deutlich ab und erreicht knapp vor dem Karawankennordrand – wie die geophysikalischen Untersuchungen (STEINHAUSER et al., 1980) und die Ergebnisse einer Tiefbohrung (VINZENZ, 1986) zeigen – bereits Tiefen um über 400 m unter Adria.

Am Ostrand des Klagenfurter Beckens erheben sich die Gesteine der Gurktaler Decke am Mieß-Griffen-Verwurf (KAHLER, 1953) wieder über den Talboden und bilden damit den östlichen Abschluß des Klagenfurter Beckens. Knapp westlich des hochgehobenen Grundgebirges tauchen parallel zum östlichen Beckenrand inselartige Grundgebirgserhebungen mit dem Libitsch bei Bleiburg, dem Rinkenberg und dem Wallersberg südlich von Griffen aus der quartären Talfüllung hervor. Zwischen diesen Erhebungen und dem östlichen Beckenrand liegen die beiden äußersten Umfließungsrinnen des Draugletschers. Die südliche führte die Schmelzwässer entlang der Karawankennordseite über die Bleiburger Pforte nach Norden, die nördliche entlang des Saualpensüdfußes über Griffen und Ruden nach Süden.

Im Bereich der Lippitzbachquellen selbst sind an der Drau und am Wölfnitzbach Phyllite der Magdalensbergserie (KAHLER, 1953) aufgeschlossen, die von quartären, teilweise konglomerierten Kiesen überlagert werden. In diese Phyllite, die generell gegen Westen einfallen, hat sich der Wölfnitzbach klammartig eingeschnitten. Unmittelbar westlich der Wölfnitzmündung in die Drau streicht die alte Talsohle des Wölfnitzbaches knapp über Drauniveau aus. Die alte Talsohle ist vom heutigen Wölfnitztal durch einen Grundgebirgsrücken aus Tonschieferphyllit getrennt. Über der alten Talsohle liegen fluvioglaziale Kiesablagerungen, die im Bereich der Lippitzbachquellen im Liegenden durch Fällungsvorgänge zehner Meter mächtige Kalktuffe aufweisen, welche die Grundwasseraus-

tritte auf die heutige Höhenlage ca. 50 m über Drauniveau verlagert haben.

2.2 Talaufbau und Morphologie des präquartären Untergrundes

Zur Erkundung der Tiefenlage des präquartären Untergrundes und der sedimentologischen Zusammensetzung der Talfüllung wurden 6 refraktionsseismische Profile vermessen, an 5 Profilen wurden auch geoelektrische Tiefensondierungen durchgeführt (JANSCHKE, 1996 a, b, c; Lage der Profile in Abb. 1). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen dienen in weiterer Folge der Festlegung von zwei Bohrpunkten. Die refraktionsseismischen Erkundungen, die geologische Kartierung und die neu abgeteuften Bohrungen zeigen, daß die Basis der quartären Talfüllung bis zu 90 Meter unter dem heutigen Talniveau (480-500 m. ü. A.) liegt und das Wölfnitztal eine asymmetrische Untergrundmorphologie aufweist, wobei das Taltiefste der alten Talfurche im Westteil des heutigen Tales zu liegen kommt (Abb. 2).

Nach der Auffüllung dieses Tales mit fluvioglazialen und glazialen Sedimenten hat sich die Wölfnitz in der flach nach Westen einfallenden Ostflanke des alten Tales in paläozoische Tonschiefer eingeschnitten und die Schlucht zwischen Ruden und Draumündung bei Lippitzbach gebildet. Hier stehen zu beiden Seiten des Wölfnitzbaches paläozoische Phyllite an, welche auf der Westseite von fluvioglazialen Kiesen überlagert werden. Erst westlich der Westflanke des Wölfnitzgrabens liegt das heute zur Gänze verschüttete alte Tal der eiszeitlichen Umfließungsrinne. Dieses alte Tal folgt dem Miß-Griffen-Verwurf, welcher das Klagenfurter Becken im Osten begrenzt. Zwischen Griffen und Ruden liegt diese Störung vermutlich im Bereich der Bundesstraße, da hier unterschiedliche seismische Geschwindigkeiten die Grenze von paläozoischen Phylliten im Westen zu den aus Osten hereinreichenden tertiären Granitztaler Schichten vermuten lassen. Hinweise, daß der Ostteil des Wölfnitztales zwischen Griffen und Ruden im Untergrund Tertiär aufweist gibt auch KAHLER (1933), welcher den Nachweis von Glanzkohle in Bohrungen bei Lind erwähnt.

Die Bohrung Rud 3/95 wurde im Bereich des Rinnentiefsten der ehemaligen Talfurche, die Bohrung Rud 4/95 im Bereich der Einmündung des Seitentales der Kanaren abgeteuft (Abb. 1).

Überraschend war das Auftreten einer mächtigen Blockwerkablagerung, welche in Bohrung Rud 3/95 die hangenden 54 Meter beherrschte. Die Größe der Blöcke bewegte sich im Meter- bis mehrere Meter-Bereich, wobei der größte durchbohrte Block 8,5 m Durchmesser erreichte. Derartige Blockablagerungen können bei dem vorhandenen Talgefälle nicht durch fluviatilen Transport erklärt werden. Vermutlich handelt es sich um eistransportierte Blöcke am Zungenende des Gletschers, was bedeutet, daß der Gletscher zumindest teilweise die Talfurche Griffen – Ruden – Lippitzbach erreichte. Ab -54,5 Meter bis -89,6 Meter folgen schluffige, mitteldicht gelagerte Kiese mit geringmächtigen Schluff-Sand-Lagen. Das Grundgebirge wurde bei -89,6 Meter erreicht und bis -94 m durchbohrt. Es handelt sich um graue Phyllite mit mittelsteil einfallendem Schieferungsgefüge.

Die Bohrung Rud 4/95 zeigte einen ähnlichen sedimentologischen Aufbau, sie wurde auf 68 Meter abgeteuft, das Grundgebirge wurde nicht erreicht.

Die Position der Quartärablagerungen am Zungenende des würmzeitlichen Draugletschers wie bei KAHLER 1963 beschrieben, läßt neben lokalen Komponenten (Wallerberg, Griffen, Saualpe) das gesamte Spektrum von ferntransportierten Ge-

schieben aus dem Einzugsgebiet des Drau- und Gailgletschers erwarten. Da die Talfurche Griffen – Ruden – Lippitzbach der nördlichen Umfließungsrinne des Gletschers entspricht („Altes Gurktal“), entstammen die kurz transportierten Großkomponenten (m-Bereich) lokalen Einzugsgebieten. Es sind dies vorwiegend Marmore vom Typ Griffener Schloßberg, Dolomite der Mitteltrias (Typus Ottitschkogel), Phyllite (Magdalensbergserie) und Bänderamphibolite (Kristallin der Saualpe). Im Gegensatz dazu bestehen im Bereich der südlichen Umfließungsrinnen (Jaunfeld) die Großkomponenten häufig aus Sattnitzkonglomerat, welches dort teilweise den unmittelbaren Untergrund bildet und nördlich der Drau fehlt. Die fluvioglazial transportierten kleineren Komponenten (cm – dm-Bereich) entstammen dem gesamten Einzugsgebiet des Würmgletschers inklusive seiner Seitenzubringer (z. B. Karawankenbäche).

Großflächige Aufschlüsse liefert hier vor allem die Kiesgrube Obermitterdorf (Abb. 1), wo folgende Zusammensetzung der Quartärsedimentfüllung erkannt werden kann:

Blöcke und Steine: Vorwiegend Bänderamphibolit, Marmor, Dolomit und Tonschieferphyllit.

Zusammensetzung der Kiesfraktion: Karbonate der Karawankentrias, Gröden Sandstein, Quarzporphyr (Ferntransport Gailgletscher), Granatamphibolit, Bänderamphibolit, Gneis, Granitgneis, Biotitgneis, Glimmerschiefer, Quarzphyllit und Serpentin (Ferntransport Draugletscher).

Die in den beiden Bohrungen angetroffenen großen Blöcke im Hangendbereich sind – wie in der Kiesgrube – dem lokalen Einzugsgebiet zuzuordnen. Die Kieskomponenten müssen dem allgemeinen Sedimentationsschema folgend aus dem gesamten Einzugsgebiet des Würmgletschers hergeleitet werden.

2.3 Grundwasserverhältnisse

Entsprechend der glazialen Tiefenerosion im Haupttal zwischen Griffen und Lippitzbach sowie der glazialen und postglazialen Sedimentations- und Erosionsvorgänge liegen heute im Untersuchungsgebiet mehrere Grundwasserkörper vor. Vom Gesichtspunkt der wasserwirtschaftlichen Bedeutung in quantitativer und qualitativer Hinsicht kann man von einem zusammenhängenden, tiefliegenden Hauptaquifer in der Talfurche Griffen – Ruden – Lippitzbach und von mehreren nicht zusammenhängenden, meist lokalen, seichtliegenden Grundwasserkörpern sprechen.

Der Hauptaquifer füllt den westlichen und zentralen Talbereich des Wölfnitztales aus und wurde aufgrund seiner Tiefenlage bisher durch Brunnen nicht genutzt. Die seichtliegenden Aquifere liegen durchwegs am Rand oder in einmündenden Seitentälern des Haupttales. Alle Brunnen des Untersuchungsgebietes erschließen Wasser dieser seichtliegenden Aquifere.

2.3.1 Seichtliegende Grundwasservorkommen

Seichtliegender Aquifer von Ruden: Aufgrund der Bohrung Rud 1/93 sowie der Grundgebirgsaufschlüsse im Unterlauf der Wölfnitz (Abb. 1) ist bekannt, daß die Wölfnitz und ihr Begleitgrundwasser vom westlich gelegenen Hauptaquifer durch eine Grundgebirgsschwelle getrennt sind. Im Ortsgebiet von Ruden bis zum Eintritt der Wölfnitz in den Klammereich liegt demnach ein lokaler, seichtliegender Aquifer vor, welcher aus Gründen der nachgewiesenen Grundgebirgsschwelle zum Großteil in die Wölfnitz entwässern muß. Da die exakte Lage und Höhe des Scheitels dieser Grundgebirgs-

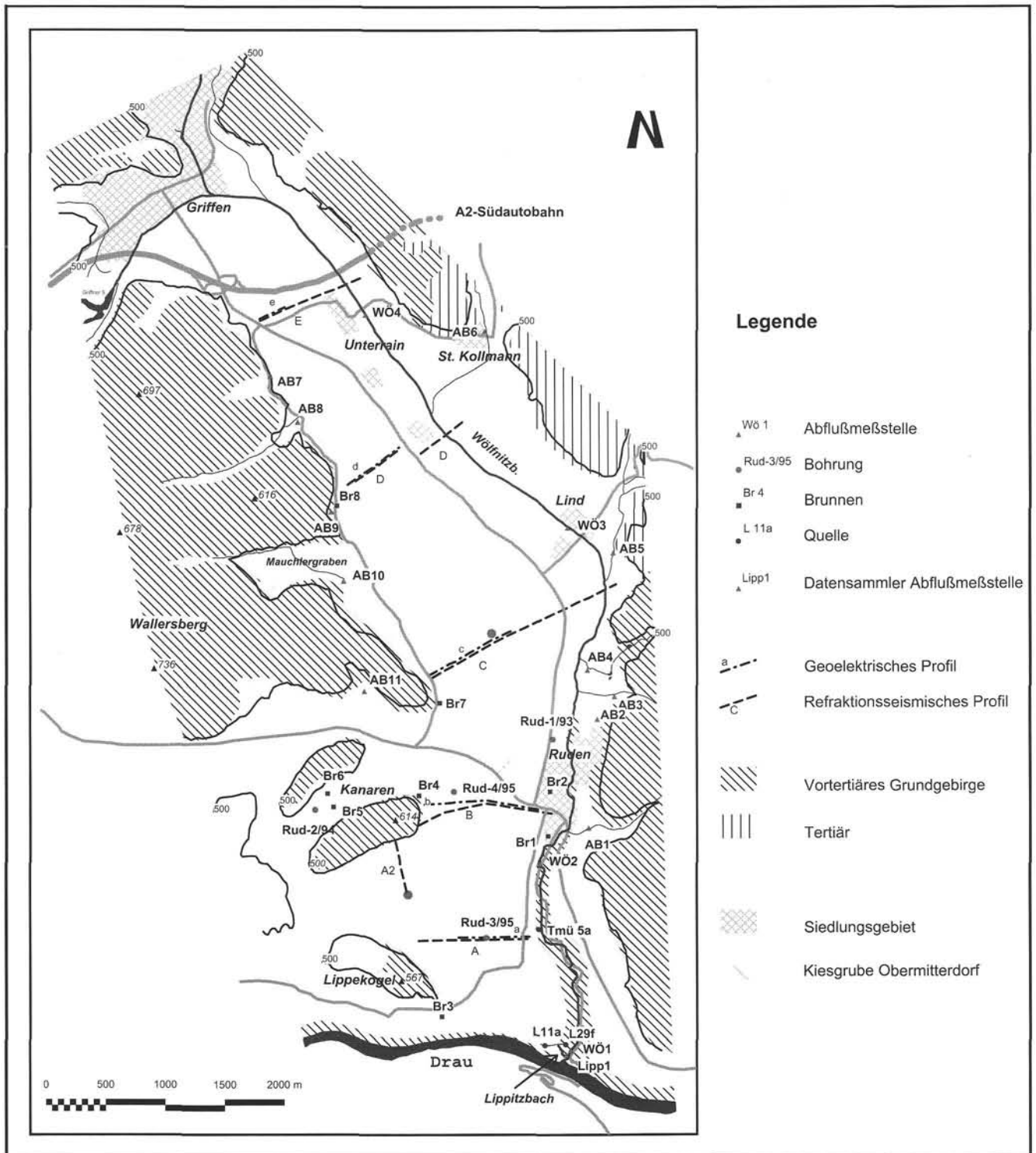


Abb. 1
Übersichtsskizze mit Lage der Meßstellen und der geophysikalischen Profile.

schwelle mit vorliegenden Untersuchungen nicht festzulegen ist, ist es auch vorstellbar, daß sich Teile des seichtliegenden Aquifers von Ruden auch dem westlich gelegenen Hauptaquifer beimischen. Als Hinweis dafür können die höheren Grundwasserunreinigungen des Hauptaquifers an seinem Ostrand, bzw. nördlichen Ostrand (Tiefenbacher Mühlquellen; Tmü in Abb. 1) im Abstrombereich von Ruden gesehen werden.

Seichtliegender Aquifer von Unterrain: Am Fuße des Wallersberges kam es im Bereich der hier endenden Erosi-

onsgräben vom Michaelgraben (AB 8 in Abb. 1) bis zum Mauchlergraben (Abb. 1) zur Ablagerung von feinkörnigem Verwitterungs- und Abtragungsschutt der Phyllite des Wallersberges. Dies führte zur Ausbildung von Stau- und anmoorigen Bildungen. Das gesamte Wasser dieses nur auf den unmittelbaren Talrand beschränkten, seichtliegenden Aquifers tritt letztendlich bei Erreichen der fluvioglazialen Talfüllung in den Hauptaquifer über. An mehreren Stellen sind die Versickerungen der Oberflächenabflüsse dieses Bereiches in den Untergrund beobachtbar. Wegen der geringen bis fehlenden

Überdeckung dieses Aquifers und des vollständigen Übertrittes in den Hauptaquifer ist dieser Bereich bezüglich des Schutzes der Grundwasserqualität des Hauptaquifers als sehr sensibel anzusehen.

Seichtliegender Aquifer im Raum Kanaren: In der Talfurche nördlich des Lisnaberges (= Kote 614 in Abb. 1) ist durch drei Grundwassermeßstellen (Br 5, Br 6 und Rud 2/94) ein seichtliegender Aquifer mit einer Überdeckung von etwa 11 bis 16 m nachgewiesen. Der Grundwasserspiegel liegt auf über 480 m Seehöhe und damit deutlich höher als der im Osten benachbarte Hauptgrundwasserkörper des Haupttales mit einer Spiegellage von etwa 435 m in der Bohrung Rud 4/95. Am Ostrand des obengenannten seichtliegenden Aquifers liegt am Ostfuß des Lisnaberges der Brunnen 4, dessen Wasserspiegel bei etwa 467 m liegt. Der Brunnen 4 zeigt ein mit den Meßstellen Br 5 und Rud 2/94 vergleichbares Verhalten der Grundwasserstandsschwankungen und nimmt höhenmäßig eine Übergangsstellung zwischen dem seichtliegenden Aquifer im Raum Kanaren und dem Hauptgrundwasserkörper ein. Obwohl vier Meßstellen zur Beobachtung vorliegen, kann kein eindeutiges Strömungsbild des seichtliegenden Grundwassers konstruiert werden. Die Meßstellen Rud 2/94, Br 6 und Br 4 zeigen eine nach Osten fallende Grundwasseroberfläche. Östlich des Brunnen 4 fehlt in der Bohrung Rud 4/95 jedoch jegliche stauende Zwischenschicht, sodaß angenommen werden muß, daß das Wasser, welches aus dem Raum Kanaren Richtung Osten strömt, bei Erreichen des Haupttales in den Untergrund versinkt und sich dem Hauptaquifer beimischt.

Seichtliegender Aquifer südlich des Lippekogels: Südlich des Lippekogels (Abb. 1) findet sich von dessen Ostrand gegen Westen Richtung Kleindieck eine drauparallele Terrasse. Diese Terrasse birgt einen seichtliegenden Aquifer mit einer geringen Überdeckung (Brunnen Br 3). Aquifermächtigkeit und Grundwasserfließrichtung sowie der Aufbau und die Mächtigkeit des Grundwasserstauers sind nicht bekannt.

2.3.2 Hauptaquifer

Der Hauptaquifer füllt den westlichen und zentralen Talbereich des Wölfnitztales aus. Aufgrund seiner Tiefenlage konnte er bisher nur in den Quellaustritten bei Lippitzbach und bei der Tiefenbacher Mühle im Wölfnitztal (Tmü 5 in Abb. 1) beobachtet werden. Durch die Errichtung der beiden Grundwasser-sonden Rud 3/95 und Rud 4/95 sind nunmehr zwei weitere Grundwasserbeobachtungsstellen des Hauptaquifers vorhanden.

Grundwassersohle und randliche Begrenzung: Die Oberkante des präquartären Untergrundes (Abb. 2) wurde als Grundwassersohle des Hauptaquifers interpretiert, da davon ausgegangen werden kann, daß die im Liegenden der quartären Talfüllung vorwiegend vorliegenden Phyllite bzw. möglicherweise Granitztaler Schichten deutlich schlechtere Wasserdurchlässigkeiten als die quartären Kiese aufweisen.

Die Erkundung des Grundwasserstauers erfolgte entlang von fünf refraktionsseismischen Talquerprofilen sowie eines Profils zwischen Lisnaberg und Lippekogel. Der Grundwasserstauer weist im Mittel seismische Geschwindigkeitswerte von 3005 m/sec auf, was als schieferartiges Material interpretiert werden kann. Im Westen stehen über Gelände auch vorwiegend Phyllite der Magdalensbergserie an, sodaß diese Interpretation plausibel ist. Auch wurde in der Bohrung Rud 3/95 das Grundgebirge in Form von Tonschieferphyllit in 90 m Tiefe erbohrt.

Der präquartäre Untergrund zeigt nach den geophysikalischen Ergebnissen eine von Griffen Richtung Lippitzbach ziehende Rinnenstruktur, wobei die Morphologie der Rinne deutlich asymmetrisch ausgebildet ist (siehe Abb. 2). An der Westflanke finden sich steile Übergänge zu den über Gelände anstehenden Gesteinen, im Osten steigt der Untergrund hingegen flach an, wobei die auffallend niedrigen Geschwindigkeitswerte im Ostteil der refraktionsseismischen Linien C und D möglicherweise Tertiärschichten entsprechen, da gerade hier die östliche Talflanke von Granitztaler Schichten gebildet wird.

Das Rinnentiefste verläuft im westlichen Bereich des heutigen Tales, das alte Tal mündete etwa im Bereich der Lippitzbachquellen in das Draubett. Im Ostteil der Lippitzbachquellen ist auch die ehemalige östliche Talflanke dieses verschütteten Tales aufgeschlossen.

GW-Mächtigkeit, Flurabstand: Die Grundwassermächtigkeit wurde in der Bohrung Rud 3/95 erschlossen. Sie beträgt hier 40 m. Da die Bohrung im tiefsten Bereich der Rinnenstruktur abgeteuft wurde, kann diese Mächtigkeit als Maximalmächtigkeit angesehen werden. Grundwassermächtigkeiten dieser Größenordnung können sowohl südlich der Bohrung Rud 3/95 als auch nördlich davon im Bereich der Tiefenrinnenachse erwartet werden, da das Gefälle des präquartären Untergrundes mit dem zwischen den beiden Bohrungen Rud 3/95 und Rud 4/95 vorliegenden Grundwassergefälle von etwa 1% weitgehend übereinstimmt.

Der Flurabstand des Hauptgrundwasserkörpers beträgt im Bereich der beiden Bohrungen 50 bis 54 m. Bei der Verteilerstation der TAG (Transalpine Gaspipeline) zwischen Griffen und Ruden wurde Anfang der 70er Jahre eine 50 m tiefe Bohrung abgeteuft, die den Hauptgrundwasserkörper nicht erreichte (mündl. Mitt. durch TAG-Mitarbeiter). Da die TAG-Station auf einer hochliegenden Terrasse liegt, ist hier ein Flurabstand zum Hauptgrundwasserkörper von über 50 m bis maximal 60 m zu erwarten.

GW-Fließrichtung und -gefälle: Die Grundwasserfließrichtung des Hauptaquifers ist zwar durch Meßstellen nicht ausreichend belegt, muß aber entsprechend den geologisch-morphologischen Rahmenbedingungen generell von Norden nach Süden gerichtet sein.

Ebenso liegen nur wenige Informationen zum Grundwassergefälle vor. Zwischen den beiden Bohrungen Rud 3/95 und Rud 4/95 besteht ein Höhenunterschied im Grundwasserstand von etwa 12 Metern. Demnach fällt hier der Grundwasserspiegel bei einer räumlichen Entfernung der beiden Pegel in Grundwasserfließrichtung von etwa 1250 m mit 0,96% gegen Süden ab. Der nächste Grundwasseraufschluß sind die Lippitzbachquellen mit ihren Austritten auf etwa 400 m Seehöhe. Das Grundwasser überwindet hier zwischen dem etwa 1000 m oberstrom gelegenen Pegel Rud 3/95 und den Quellaustritten 23 m, was einem durchschnittlichen Gefälle von 2,3% entspricht.

GW-Schwankungen: Die Grundwasserstandsschwankungen des Hauptaquifers sind für den Beobachtungszeitraum zwischen Fertigstellung der Grundwasser-sonden (1995) und Juli 1996 (POLTNIK & STROBL, 1996) sowie seit Juni 1997 (POLTNIK & STROBL, 1998) bekannt. Der Verlauf der Grundwasser-ganglinien beider Sonden zeigt einen steten Rückgang des Grundwasserstandes von Sommer 1995 bis zum Beginn der Schneeschmelze im Frühjahr 1996. Der Tiefststand des Grundwasserstandes im Beobachtungszeitraum wurde im Winter 1997/98 erreicht. Die beobachtete Schwankungsbreite bei der Meßstelle Rud 3/95 beträgt 2,5 m.

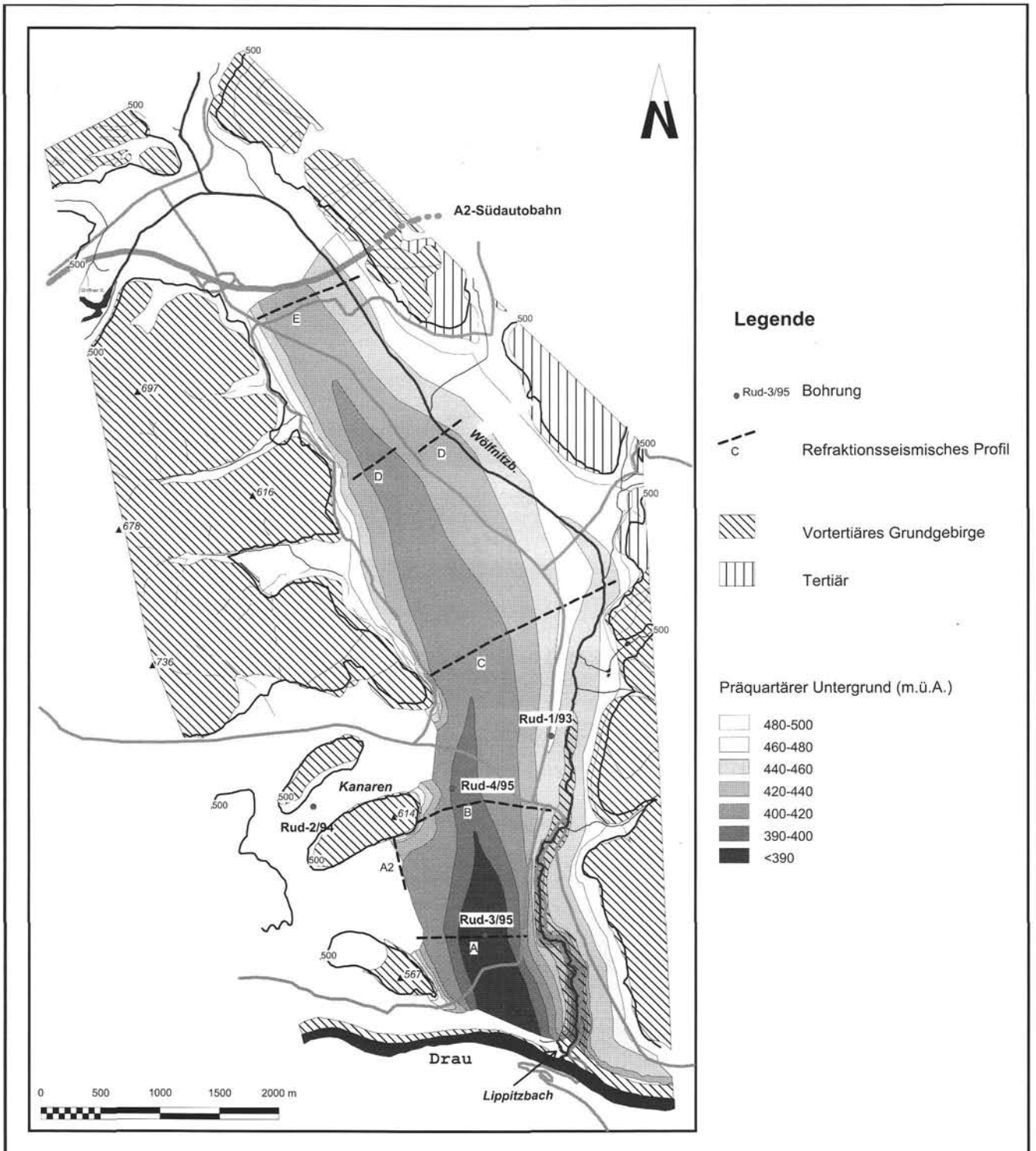


Abb. 2
Morphologie des präquartären Untergrundes. Das heutige Niveau entspricht der Höhe 480-500 müA.

Die Grundwasserstandsschwankungen des seichtliegenden Aquifers sind über den Zeitraum Jänner 1995 bis Juni 1996 und ab August 1997 bekannt. Die Schwankung beträgt z. B. im Brunnen Br 41,78 m. Der Verlauf der Grundwasserganglinien zeigt abweichend vom Hauptaquifer neben der Grundwasserneubildung zur Zeit der Schneeschmelze auch Einflüsse von Sommer- bzw. Herbstniederschlagsereignissen (Abb. 3).

Obwohl die Lippitzbachquellen, welche den Grundwasserübertritt des Hauptaquifers repräsentieren, abstromig der

Bohrung Rud 3/95 liegen, zeigt die Ganglinie der Grundwasserspiegellage in der Bohrung nicht den zu erwartenden Verlauf. Wie die Analyse der Auswirkungen der Schneeschmelze 1996 auf das Grundwasser zeigt, erfolgt der Grundwasserspiegelanstieg in der Bohrung etwa gleichzeitig mit dem Schüttungsanstieg der Lippitzbachquellen (siehe Abb. 3). Wenn man davon ausgeht, daß auch zur Schneeschmelze 1995 der Schüttungsanstieg der Quellen bzw. der Grundwasserspiegelanstieg in der Bohrung in ähnlicher Weise erfolgte, so fehlt in der Bohrung der zum Schüttungsrückgang der

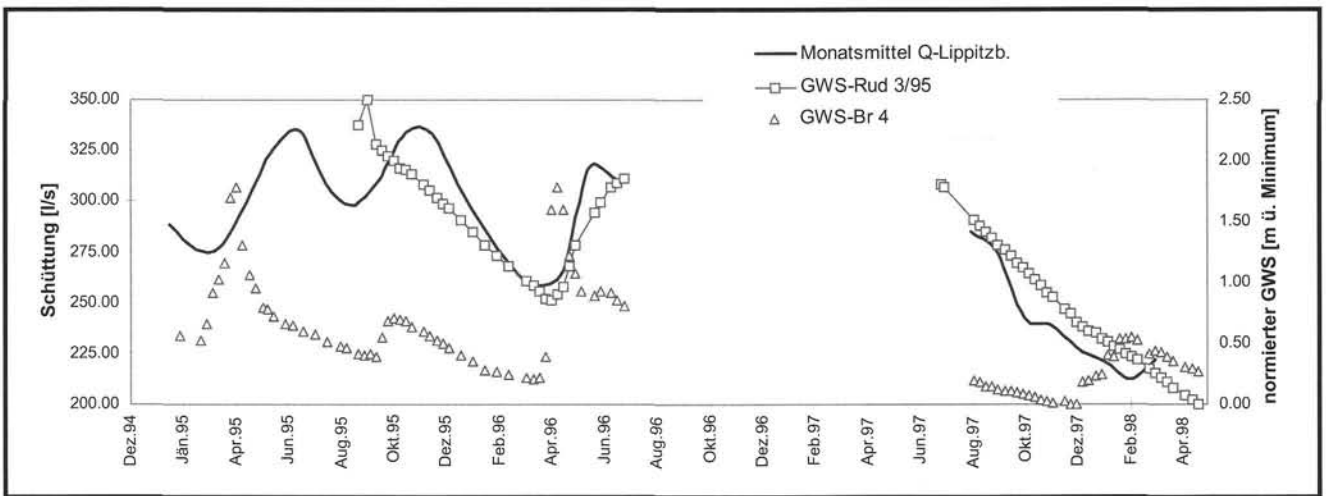


Abb. 3 Vergleich der Grundwasserstandsschwankungen des Hauptaquifers (Rud 3/95) und eines seichtliegenden Aquifers (Br 4) mit der Gesamtschüttung der Lippitzbachquellen. GWS = Grundwasserstand.

Quellen äquivalente Rückgang der Wasserspiegellage im Sommer 1995 und die nachfolgende Grundwasserneubildung durch die Niederschläge im August und September 1995. In dieser Zeit ist die Schüttungsschwankung der Lippitzbachquellen mit den Grundwasserspiegelschwankungen der seichtliegenden Aquifere im Westen des Untersuchungsgebietes vergleichbar. Dies kann dahingehend interpretiert werden, daß die Grundwässer aus den seichtliegenden Aquiferen am westlichen Talrand entlang Richtung Süden strömen und erst im Bereich zwischen Rud 3/95 und Lippekogel in den Hauptaquifer übertreten.

3. Abgrenzung des Einzugsgebietes der Lippitzbachquellen und Wasserbilanz

Das Einzugsgebiet der Lippitzbachquellen wurde nach geologischen Gesichtspunkten wie folgt abgegrenzt: Die westliche Begrenzung bilden die Grundgebirgsauftragungen Lippekogel, Lisnaberg (Kote 614), Kanaren bis einschließlich Waltersberg, welcher vorwiegend aus Phylliten aufgebaut wird. Die östliche Begrenzung wurde aufgrund der Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen mit dem Grundgebirgsrücken, welcher das Wölfnitzbett vom Hauptgrundwasserkörper trennt, festgelegt. Im Norden konnte wegen fehlender Grundwasseraufschlüsse die Grundwasserzustrommenge nicht abgeschätzt werden, die Nordgrenze wurde daher im Bereich des Talquerprofils entlang der Autobahn gelegt. Diese für die Grundwasserneubildung zur Verfügung stehende Infiltrationsfläche beträgt 16 km².

Die Berechnung der Grundwasserneubildung für die Lippitzbachquellen muß als grobe Anschätzung gewertet werden, da Randbedingungen wie die Höhenabhängigkeit der

Niederschläge bzw. deren Häufigkeits- und Intensitätsänderung in Süd-Nord-Richtung, die Abhängigkeit der Verdunstung von Lufttemperatur, Vegetationsbedeckung, Exposition etc., mit den vorhandenen Meßstationen bzw. Daten nicht erfaßt werden können. Auf Grundlage der Niederschlags- und Temperaturdaten (HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO, 1993) der Station Klopein ergibt sich eine Grundwasserneubildung von 526.7 mm/Jahr, was einem unterirdischen Abfluß von 267 l/s entspricht. Auf der Grundlage der Daten der Station St. Michael errechnet sich die Grundwasserneubildung mit 602.1 mm/Jahr, was einem unterirdischen Abfluß von 305 l/s entspricht (siehe Tab. 1).

Die Erfassung des Schüttungsverhaltens der Lippitzbachquellen erfolgte mittels Datensammler am Unterwasserkanal des Kraftwerkes Lippitzbach. Die im Beobachtungszeitraum 1995 gemessene mittlere Schüttung der Lippitzbachquellen beträgt 308 l/s (siehe Tab. 2). Nicht erfaßt sind hierbei die Austritte an der Tiefenbacher Mühle (Tmü 1 bis Tmü 6) sowie nicht gefaßte Quellaustritte im Bereich der Kapelle Lippitzbach (L 1 bis L 6) und an der Wölfnitz (W 1 bis W 4). Diese schütten zusammen etwa 10% der Gesamtübertrittsmenge aus dem Hauptaquifer. Der unterirdische Abfluß des Hauptaquifers – den die Lippitzbachquellen repräsentieren, ist daher für den Beobachtungszeitraum 1995 mit ca. 350 l/s anzugeben.

Die orientierende Wasserbilanz – basierend auf vorliegender Einzugsgebietsabgrenzung und den Niederschlagsdaten der Station St. Michael – zeigt einen Abflußüberschuß von rund 40 l/s, welcher durch Zuflüsse aus Norden erklärt werden kann. Einschränkend ist hiezu zu bemerken, daß bezüglich Niederschlag langjährige Meßreihen ausgewertet wurden, die Ermittlung einer mittleren jährlichen Quellschüttung jedoch nur für den Zeitraum 1995 möglich war. Eine tatsächliche

Tab. 1 Berechnungsgrundlagen für die Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet der Lippitzbachquellen. ET = Evapotranspiration.

	Fläche	Niederschlag	Temperatur	ET-reell	ET-reell	Neubildung	Abfluß
	(km*2)	(mm/J)	(Jahresmittel)	nach TURC	%	(mm/J)	(l/s)
Klopein	16	978	7.3 °C	451.3	46	526.7	267.0
St. Michael/Blbg.	16	1060	7.3 °C	457.9	43	602.1	305.3

Tab. 2

Schüttungsauswertungen der Datensammleraufzeichnungen an den Lippitzbachquellen (alle Werte in l/sec). MQT = Monatsmittel der Schüttung aus Tagesmitteln berechnet. NQ = niedrigster gemessener Wert. HQ = höchster gemessener Wert. MQ = Jahresmittelwert aus Monatsmitteln berechnet. NNQ = niedrigster gemessener Wert im Beobachtungszeitraum. HHQ = höchster gemessener Wert im Beobachtungszeitraum.

	MQT	NQ	am	HQ	am
Dez. 94	309.69	282.42	23.12.94	357.44	03.12.94
Jän. 95	288.20	277.37	24.01.95	301.75	30.01.95
Feb. 95	276.45	253.65	24.02.95	299.70	04.02.95
März 95	277.70	258.81	21.03.95	295.61	21.03.95
Apr. 95	299.19	270.19	01.04.95	332.40	25.04.95
Mai 95	325.76	307.70	01.05.95	351.65	13.05.95
Juni 95	334.56	300.58	16.06.95	352.98	03.06.95
Juli 95	309.39	286.18	14.07.95	330.81	29.07.95
Aug. 95	298.35	251.87	31.08.95	334.00	02.08.95
Sep. 95	310.15	281.42	08.09.95	370.40	30.09.95
Okt. 95	334.05	293.01	13.10.95	376.00	02.10.95
Nov. 95	333.06	298.23	30.11.95	355.33	01.11.95
Dez. 95	308.63	247.32	31.12.95	335.60	08.12.95
MQ 1995	307.96				
Jän. 96	286.01	271.81	20.01.96	299.40	01.01.96
Feb. 96	267.98	239.40	29.02.96	286.74	07.02.96
März 96	258.23	235.76	31.03.96	271.54	22.03.96
Apr. 96	265.95	240.85	09.04.96	295.90	25.04.96
Mai 96	316.01	275.35	01.05.96	348.32	30.05.96
Juni 96	311.44	281.98	24.06.96	351.31	01.06.96
Aug. 97	284.97	263.78	22.08.97	299.40	24.08.97
Sep. 97	274.90	242.59	21.09.97	300.28	01.09.97
Okt. 97	242.28	222.35	07.10.97	257.77	03.10.97
Nov. 97	238.68	228.16	22.11.97	251.11	14.11.97
Dez. 97	227.72	218.24	21.12.97	236.24	01.12.97
Jän. 98	221.13	213.74	25.01.98	252.63	06.01.98
Feb. 98	212.49	195.49	01.02.98	225.59	27.02.98
	NNQ		HHQ		
	195.49	01.02.98	376.00	02.10.95	

Abschätzung des unterirdischen Zuflusses aus Norden ist daher nicht möglich, da im Beobachtungsjahr 1995 ein bezüglich der Niederschlagsmenge unterdurchschnittliches Jahr war und die Differenz zwischen berechneter Grundwasserneubildung und tatsächlich gemessenem Abfluß zu hoch sein könnte.

Die Alimentation des Hauptaquifers erfolgt im Bereich der quartären Talfüllung zwischen Wölfnitz und den Grundgebirgsaufbrüchen westlich des Wölfnitztales (Wallersberg-Lisnaberg), wobei die infiltrierenden Niederschlagswässer eine rund 50 m mächtige ungesättigte Zone überwinden müssen. Die Hauptinfiltration erfolgt am Fuß des Wallersberges, wo die aus den Phylliten abfließenden Wässer beim Eintritt in die

quartären Kiese konzentriert und punktuell zur Versickerung gelangen.

Eine in der Literatur erwähnte (ANONYM, 1927) mögliche Anreicherung des Hauptaquifers durch versitzendes Wölfnitzwasser, Zit: „...und auch der Wölfnitzbach verliert im Walchergraben auf geheimnisvolle Art ein gutes Drittel seiner reichen Wassermengen“, wurde über Abflußdifferenzmessungen an der Wölfnitz überprüft. Die Meßergebnisse zeigten keine Hinweise auf eine mögliche Exfiltration von Wölfnitzwasser.

4. Auswertung und Interpretation der durchgeführten Untersuchungen

4.1 Detailuntersuchung der Quellaustritte des Hauptaquifers

Im Bereich Lippitzbach und bei der Tiefenbacher Mühle wurden die einzelnen Quellaustritte im Detail aufgenommen. Aufgrund der gemessenen elektrischen Leitfähigkeiten lassen sich vier Quellgruppen unterscheiden: Quellen im Bereich der Kapelle Lippitzbach (L1 bis L6; elektrische Leitfähigkeit 464 bis 476 $\mu\text{S}/\text{cm}$); Quellen die über das Kraftwerk abgearbeitet werden (L 7 bis L 29; elektrische Leitfähigkeit 439 bis 579 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (siehe Abb. 4 und 5), Quellen an der Wölfnitz zwischen Unterwasserkanal und Drau (W 1 bis W 4; elektrische Leitfähigkeit 487 bis 485 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und die Quellen bei der Tiefenbacher Mühle (Tmü 1 bis Tmü 6; elektrische Leitfähigkeit 554 bis 671 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Generell ist ein steigender Trend der elektrischen Leitfähigkeit von der westlichen Quellgruppe zur östlichen zu beobachten, aber auch innerhalb der Quellgruppen ist dieser West-Ost bzw. bei den Tiefenbacher Mühlquellen Süd-Nord Trend deutlich erkennbar (siehe Abb. 5). Bezieht man den Brunnen Br 2 in Ruden mit elektrischen Leitfähigkeiten zwischen 800 und 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in die Betrachtungen mit ein, so läßt sich der Leitfähigkeitstrend als Zumischung höher mineralisierten Wassers vom Typ Br 2 von der Ostseite – Raum Ruden – interpretieren.

Die Gegenüberstellung von Niederschlagsgeschehen und Quellabfluß (Abb. 6) zeigt, daß Niederschlagsereignisse meist keine unmittelbare Auswirkung auf die Quellschüttung haben. Die Quellschüttung unterliegt einem gleichmäßigen, sinusförmigen Jahresgang, wobei sich die verstärkte Infiltration zur Zeit der Schneeschmelze bzw. während längerer Niederschlagsperioden zeitlich verzögert hydraulisch auswirkt. Die äußerst geringen Schwankungen im Gang der Wassertemperatur (nur 0.07 °C) und in der elektrischen Leitfähigkeit (13 $\mu\text{S}/\text{cm}$) im Beobachtungszeitraum von Dezember 1994 bis Juni 1996 zeigen eine mehr oder weniger vollständige Durchmischung der Wässer im Aquifer an. Der nur durch die hohe zeitliche Auflösung und die hohe Meßgenauigkeit der eingesetzten Datensammler ersichtliche Gang von Wassertemperatur und elektrischen Leitfähigkeit wird in seinem Verlauf einerseits vom übergeordneten Jahresgang der Lufttemperatur bzw. andererseits von der Infiltration geringer mineralisierter Wässer zur Zeit der Schneeschmelze geprägt.

Die geringste Schüttung der Lippitzbachquellen im Beobachtungszeitraum konnte im Winter 1997/98 am Unterlauf des Kraftwerkes mit rund 212 l/s registriert werden. Dieser Tiefstand ist durch die trockenen Herbstmonate Oktober und November 1997 und die geringe Infiltration bei der Schneeschmelze 1998 bedingt. Die höchsten Schüttungen im Beobachtungszeitraum wurden im Oktober 1995 registriert, wobei das Maximum von 376 l/s am 2. 10. 1995 erreicht wurde. Dieses Schüttungsereignis kann als hydraulische Auswirkung der extrem hohen Niederschläge im August 1995 (136% vom

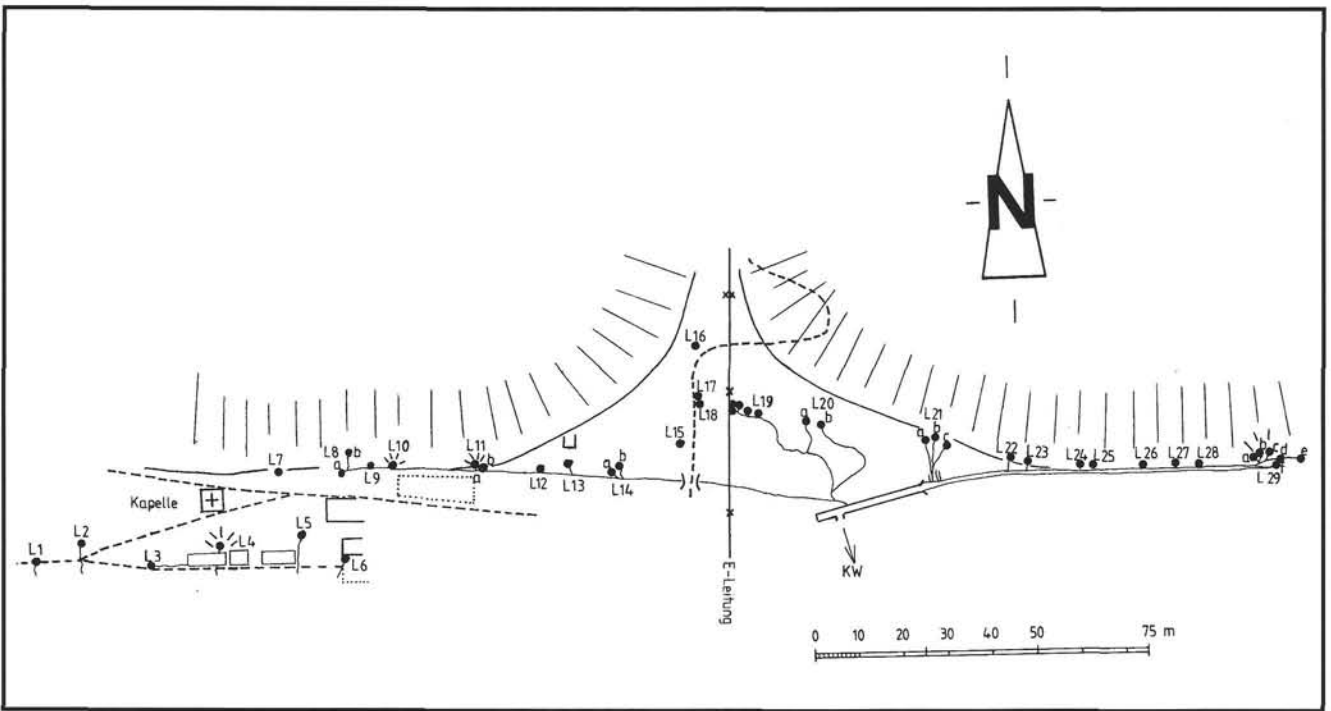


Abb. 4
Detailskizze der Quellaustritte Lippitzbach.

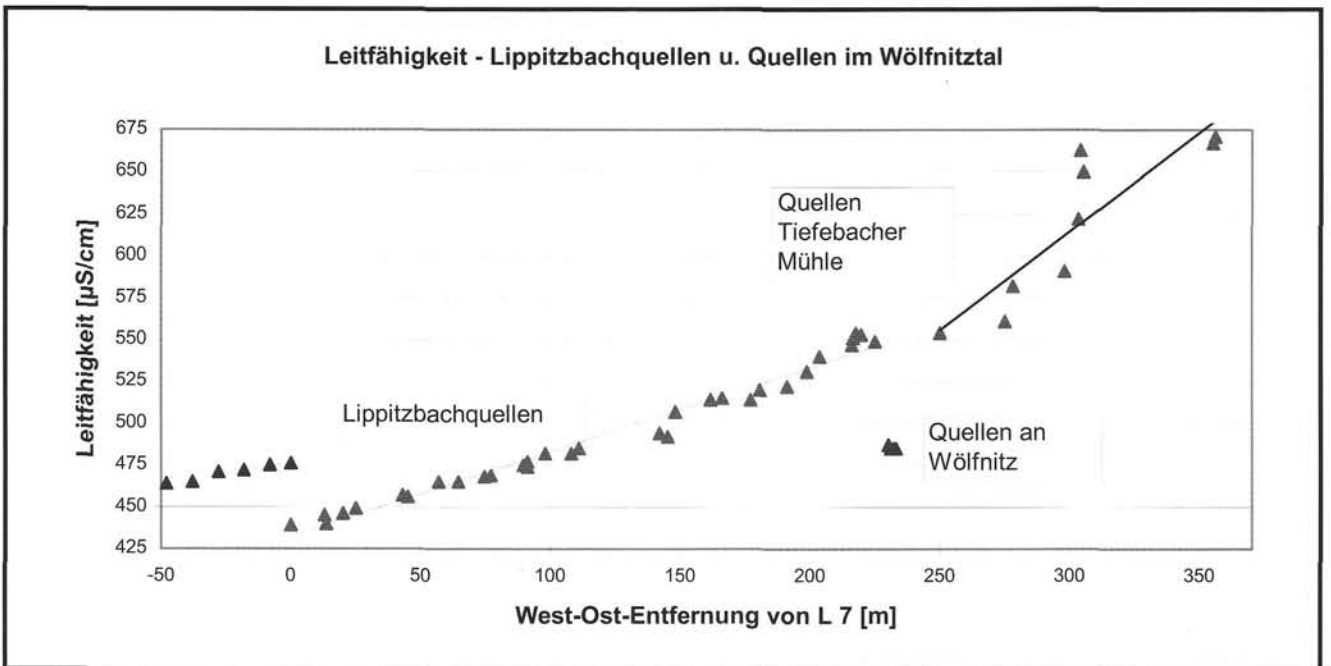


Abb. 5
Elektrische Leitfähigkeit der Quellen im Bereich Lippitzbach und Wölfnitztal. Die beiden als Lippitzbachquellen bezeichneten Quellgruppen entsprechen den Quellen in Abb. 4. Quellen an der Wölfnitz sind Austritte im Mündungsbereich der Wölfnitz in die Drau unterhalb der östlichsten Quellaustritte von Lippitzbach. Die Quellen Tiefenbacher Mühle (rechts oben in Abb. 5) liegen oberstrom der Lippitzbachquellen im Wölfnitztal (Tmü 5a in Abb. 1).

langjährigen Mittel an der Station St. Michael/Bleiburg) und der ersten Septemberhälfte 1995 (53.2 mm am 14. 9. 95 an der Station St. Michael/Bleiburg) interpretiert werden.

4.2 Hydrochemie

Die hydrochemischen Untersuchungen an den Grundwassermeßstellen und Quellen zeigen ein unterschiedliches Maß

von anthropogener Verunreinigung. Am Beispiel der elektrischen Leitfähigkeit und des Nitrats können diese Gegebenheiten erläutert werden. Generell ist eine Zunahme der Mineralisierung des Hauptaquifers von Westen nach Osten erkennbar. Die westlich gelegenen Meßstellen Rud 3/95, Rud 4/95 und die Quelle L 11a zeigen Werte der elektrischen Leitfähigkeit zwischen 420-500 µS/cm. Die östlich gelegenen Meßstellen L 29 und Tmü 5a zeigen elektrische Leitfähigkeiten

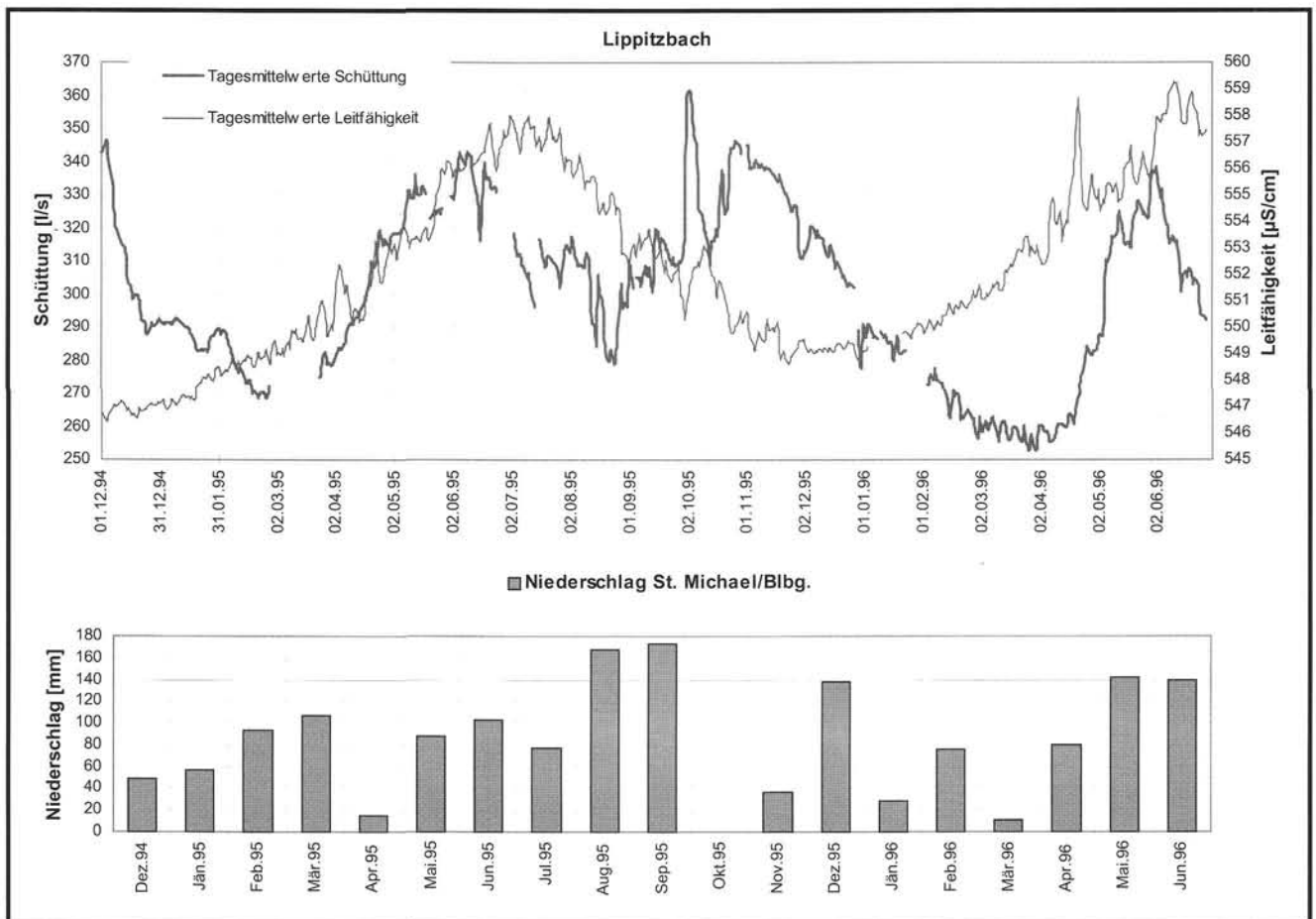


Abb. 6 Schüttungsgang (Tagesmittelwerte) und Leitfähigkeitsgang (Tagesmittelwerte) der Lippitzbachquellen, monatliche Niederschlagssummen der Station St. Michael/Bleiburg.

von 555 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (L 29), bzw. zwischen 590 und 630 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tmü 5a). Diese Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit konnte auch bei der detaillierten Quellaufnahme im Bereich der Quellaustritte Lippitzbach nachgewiesen werden (siehe Abb. 5).

Entsprechend dieser Leitfähigkeitszunahme kann auch eine Zunahme des Nitratgehaltes gegen Osten erkannt werden. Die westlichen Anteile des Hauptaquifers zeigen in den Bohrungen Rud 3/95 und Rud 4/95 Nitratgehalte zwischen 21 und 23 mg/l. Der westliche Quellaustritt L 11a schwankt in seinem Nitratgehalt zwischen 13 und 17 mg/l. Hier ist eine Zumischung von geringer mineralisiertem Wasser aus dem Bereich zwischen Lippekogel und Lisnaberg (Kote 614) wahrscheinlich. Der östliche Quellaustritt der Lippitzbachquellen L 29 und die Quelle Tmü 5a im Wölfnitzgraben liegen im Abstrombereich des Ortsgebietes von Ruden und weisen Nitratgehalte zwischen 27 und 30 mg/l (L 29), bzw. zwischen 36 und 47 mg/l (Tmü 5a) auf.

Die seichtliegenden Aquifere wurden im Raum Kanaren, Ruden und Kleindix beprobt. Im Raum Kanaren (Br 4) schwanken die Werte zwischen 14 und 25 mg/l. Dieses Wasser mischt sich letztendlich dem westlichen Anteil des Hauptaquifers zu.

Die anthropogen belasteten Wässer des seichtliegenden Aquifers im Bereich Ruden sind vermutlich größtenteils auf die fehlende Kanalisation zurückzuführen. Die Werte für Nitrat schwanken bei Br 2 zwischen 40 und 70 mg/l. Auch zahlreiche andere Parameter, die auf anthropogene Verschmutzung hinweisen (Orthophosphat, Natrium, Kalium, Nitrit, Ammonium,

Bor), sind hier erhöht. Ein Teil dieser belasteten Wässer dürfte sich gegen Süden dem Hauptaquifer zumischen und verursacht daher vermutlich die höhere anthropogenen Grundwasserbelastung in den Quellen Tmü 5a und L 29.

Die Hydrochemie des Hauptgrundwasserkörpers zeigt, daß unabhängig von der punktuellen Information der petrographischen Zusammensetzung (Kiesgrube, Bohrungen) ein karbonatgesteinshaltiger Aquifer vorliegen muß. Dies zeigt sich in den Hydrogenkarbonatgehalten des Wassers und den Karbonatausfällungen im Bereich der Quellaustritte Lippitzbach (Kalktuffe). Die Mineralisierungszunahme des Grundwassers von Westen nach Osten ist weniger mit einer etwaigen Änderung der petrographischen Zusammensetzung zu erklären, sondern wurde auf den Eintrag von CO_2 infolge anthropogener Verunreinigung (Abbau organischer Substanzen) und dadurch bedingte höhere Lösungsbereitschaft zurückgeführt.

4.3 Isotope

4.3.1 Untersuchungen des Sauerstoff-18- und des Deuteriumgehaltes

Natürliches Wasser enthält neben dem Wasserstoff der Masse 1 (^1H) und dem Sauerstoff der Masse 16 (^{16}O) auch in kleinen Mengen die stabilen Isotope des Wasserstoffs ^2H (Deuterium) und des Sauerstoffs ^{17}O , ^{18}O sowie das radioaktive Isotop des Wasserstoffs ^3H (Tritium). Die physikalischen Eigenschaften der isotopisch abweichenden Wässer unterscheiden sich von denjenigen des normalen Wassers. Als Folge der unterschiedlichen Massen der im Wassermolekül

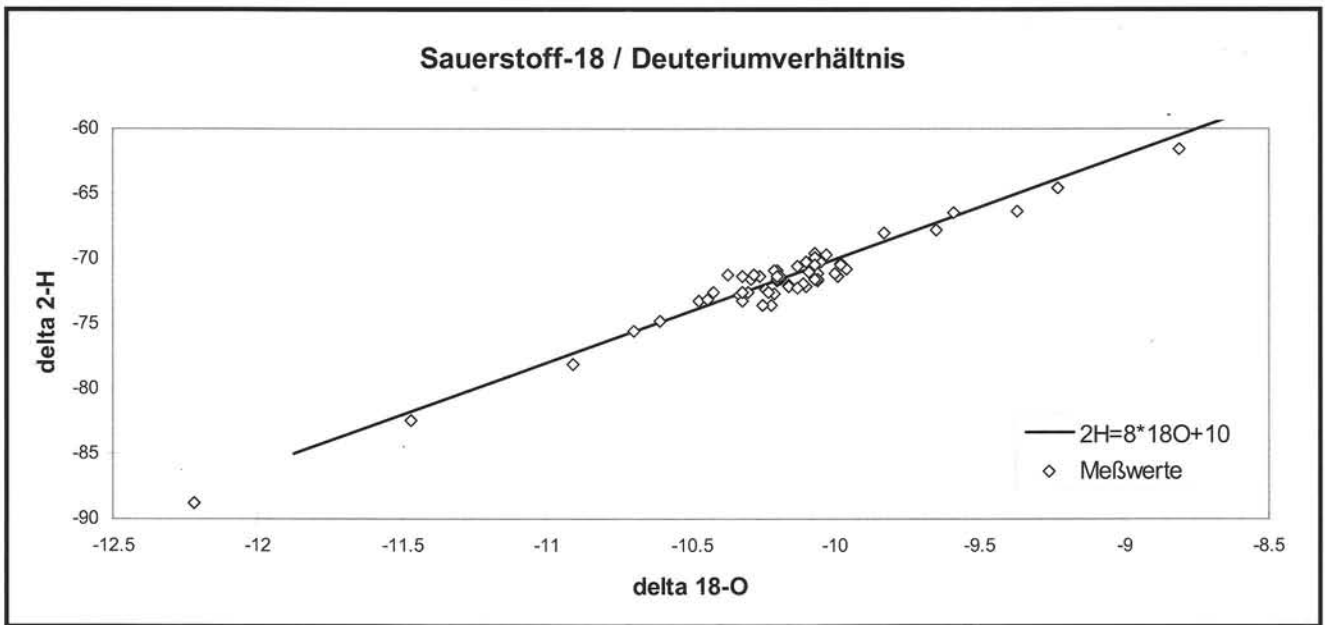


Abb. 7
Verhältnis von Sauerstoff-18 zu Deuterium an den Proben von 8 Probenahmestellen des Untersuchungsgebietes im Beobachtungszeitraum 1995-1996.

beteiligten H- und O-Isotope kommt es während des irdischen Wasserkreislaufes zu einer Isotopenfraktionierung. Die dabei auftretenden Schwankungen im Gehalt der schweren Isotope ^2H und ^{18}O sind fast ausschließlich auf Isotopentrennprozesse zurückzuführen, die bei der Verdampfung bzw. Kondensation auftreten. Als Maß der unterschiedlichen Isotopenfraktionierung der Isotope ^2H und ^{18}O kann der Deuteriumexzess angesehen werden. In alpinen Bereichen beträgt dieser (atlantische Niederschläge) meist um 10 ($\delta \ ^2\text{H} = 8 \delta \ ^{18}\text{O} + 10$). Der Deuteriumexzess der untersuchten Wässer im Raum Griffen – Ruden – Lippitzbach liegt ebenfalls vorwiegend um 10 (siehe Abb. 7).

Die jahreszeitliche Schwankungsbreite und die Mittelwerte der ^{18}O -Gehalte der dauerbeobachteten Quell- und Oberflächenwässer sind aus Tabelle 3 und Abb. 8 und 9 ersichtlich.

Eine gute oder schlechte Durchmischung, welche auch eine entsprechend gute oder schlechte Speicherung der Wässer im Untergrund voraussetzt, kann aus der jahreszeitlichen Schwankung der chemischen Parameter, besser aber noch aus dem jahreszeitlichen Gang der Isotopengehalte abgeleitet werden. Da das Isotop ^{18}O Teil des Wassermoleküls ist und mit dem Niederschlag in das Grundwasser gelangt, spiegelt sich bei schlecht gespeicherten Quellwässern der aufgrund unterschiedlicher Kondensationstemperaturen jahreszeitlich stark schwankende ^{18}O -Gehalt der Niederschläge in gedämpfter Form in den Quellwässern wieder. Mit zunehmender Speicherung und Durchmischung im Aquifer verkleinert sich die jahreszeitliche Schwankungsbreite der ^{18}O -Gehalte an den beprobten Meßstellen.

Die größten Schwankungen im Sauerstoff-18 Gehalt können erwartungsgemäß an den Oberflächenwässern (Mauchlergraben und Wölfnitz) beobachtet werden, da in diesen Quellwasserabflüsse und kurz gespeicherte Niederschläge mit stark schwankenden ^{18}O Gehalten vermischt sind. Eine gute Speicherung und Durchmischung der Quell- und Grundwässer der beprobten Meßstellen ist an deren geringen jahreszeitlichen Schwankungen des Sauerstoff-18 Gehaltes zu erkennen, wobei die Proben der Bohrung Rud 3/95 praktisch keine Schwankung des Sauerstoff-18 Gehaltes aufweisen.

Sehr geringe Schwankungen zeigen auch die Meßstellen Rud 4/95 und der Quellaustritt L 29 vom östlichen Quellbereich der Lippitzbachquellen.

4.3.2 Ergebnisse der Tritiumuntersuchungen

Das radioaktive Isotop ^3H (Tritium), dessen Halbwertszeit 12,43 Jahre beträgt, gelangt mit den Niederschlägen in das Grundwasser und eignet sich gut für die Altersbestimmung von Quellwässern bis etwa 50 Jahre. Vor den atmosphärischen Atombombenversuchen betrug der Tritiumgehalt des Niederschlages Anfang der fünfziger Jahre etwa 5 TU (1 TU entspricht einem Verhältnis $^3\text{H}/^1\text{H} = 10^{-18}$). Bis zum Jahr 1963 stieg der Tritiumgehalt infolge der Atomtests stark an (über 2000 TU), um dann allmählich wieder abzufallen. Daraus resultiert die Möglichkeit, Grundwasser aufgrund des Anstieges oder Abfalles seines Tritiumgehaltes altersmäßig zu datieren.

Der Niederschlag in Kärnten (Meßwerte Villacher Alpe und Klagenfurt) weist in der ersten Hälfte der neunziger Jahre einen durchschnittlichen Tritiumgehalt von etwa 12 TU auf. Junge und kurz gespeicherte Wässer müssen demnach geringe Tritiumgehalte um 12 TU oder knapp darüber aufweisen. Vergleicht man die gemessenen Tritiumgehalte an den Meßstellen im Untersuchungsgebiet (siehe Tab. 4) mit den Tritiumgehalten der Niederschläge in Kärnten, so kann man unterschiedlich alte Wässer differenzieren, wobei eine Altersberechnung aufgrund der zu geringen Datendichte nicht möglich ist.

Die geringsten Tritiumwerte weist die Meßstelle Br 4 auf. Die Meßwerte liegen nur knapp über den Niederschlagswerten, die Grundwasserneubildung erfolgt hier lokal aus dem Bereich des Lisnaberges und des einmündenden seichtliegenden Aquifers aus dem Raum Kanaren. Andere seichtliegende Grundwasserkörper (Kanaren, Ortsgebiet Ruden, Lach-Kleindix) wurden hinsichtlich ihres Tritiumgehaltes nicht untersucht.

Vom Abfluß des Mauchlergrabens liegen vier Tritiummeßwerte vor. Diese zeigen, daß die ausgedehnten moorigen bis anmoorigen Bildungen des Mauchlergrabens eine gute Speicherkapazität aufweisen dürften, da zu zwei Meßterminen er-

Tab. 3
 ^{18}O -Gehalte ausgewählter Meßstellen.

Name	Beginn	Ende	Anzahl	Minimum	am	Max	am	Mittelw.
L 11a	20-02-95	17-06-96	16	-10.32	06-06-95	-9.82	04-12-95	-10.12
L 29	20-02-95	17-06-96	16	-10.33	18-04-95	-10.07	25-03-96	-10.20
Tmü 5A	20-02-95	17-06-96	16	-10.26	18-04-95	-9.81	15-01-96	-10.09
Br 4	20-02-95	17-06-96	15	-10.91	21-05-96	-10.29	18-09-95	-10.53
Mau	20-02-95	17-06-96	16	-12.22	25-03-96	-8.81	17-07-95	-10.08
Wölfnitz	20-02-95	17-06-96	16	-11.47	25-03-96	-9.83	17-07-95	-10.40
Rud 3/95	21-08-95	17-06-96	10	-10.21	21-08-95	-10.04	15-01-96	-10.12
Rud 4/95	21-08-95	17-06-96	10	-10.22	17-06-96	-9.95	22-04-96	-10.07

Schwankung des ^{18}O Gehaltes

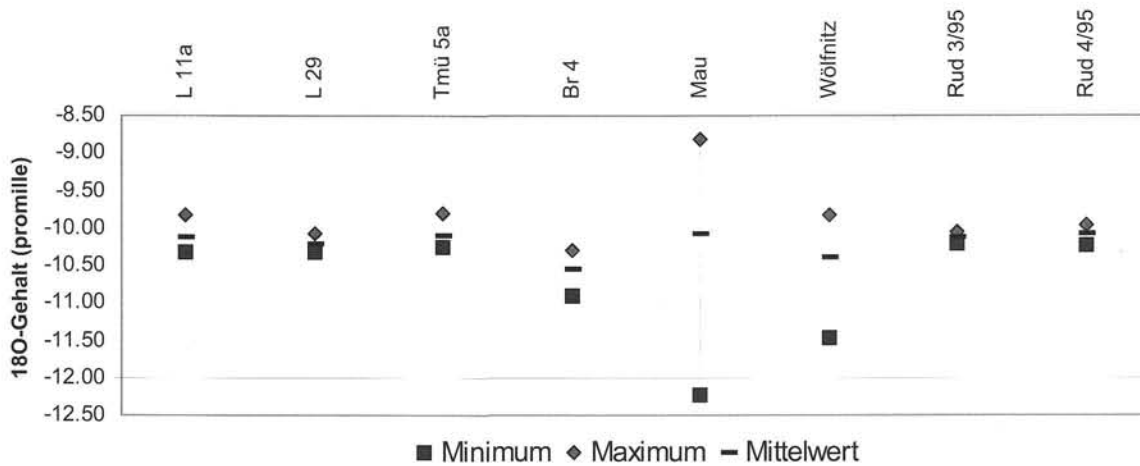


Abb. 8
 Schwankungsbreite des ^{18}O -Gehaltes. Die Daten entsprechen der Tabelle 3.

höhe Tritiumwerte um 20 TU auftreten und nur der Schneeschmelzabfluß Ende März 1996 auf sehr junge Wasserkomponenten im Abfluß hinweist. Zu diesem Zeitpunkt liegt einerseits der Tritiumwert nur bei 12 TU, andererseits kann auch zu diesem Meßtermin der geringste ^{18}O -Gehalt beobachtet werden, was ebenfalls auf das Abfließen kurz gespeicherten Schneeschmelzwassers hinweist.

Aus dem Bereich des Hauptaquifers, dem das Hauptinteresse der Untersuchungen gilt, wurden fünf Meßstellen hinsichtlich ihres Tritiumgehaltes beprobt. Es sind dies die beiden Quellen L 11 und L 29 in Lippitzbach, die Quelle TMÜ 5a im Wölfnitzgraben und die beiden neuerrichteten Grundwassersonden Rud 3/95 und Rud 4/95. Alle fünf Meßstellen weisen gegenüber dem rezenten Niederschlag deutlich erhöhte Tritiumgehalte bei geringen jahreszeitlichen Schwankungen der Meßwerte auf. Wie schon bei den ^{18}O -Auswertungen gezeigt, deutet dies auf eine gute Speicherung und eine mittlere Verweilzeit von mehreren Jahren im Untergrund hin, aufgrund der zu geringen Datendichte muß aber auf eine quantitative Auswertung der mittleren Verweilzeit auf der Basis der vorliegenden Tritiumanalysen verzichtet werden.

Relativ gesehen sind die Wasserproben an den Quellaustritten Lippitzbach sowie aus der im unmittelbaren Anstrombereich gelegenen Bohrung Rud 3/95 am ältesten. Jünger sind

der Austritt bei der Tiefenbacher Mühle (Tmü 5a) und das Grundwasser im Bereich der Bohrung Rud 4/95. Diese Ergebnisse stimmen gut mit der Vorstellung des Grundwasserfließsystems im Untersuchungsgebiet überein, da die Lippitzbachquellen und die Bohrung Rud 3/95 am weitesten von den Grundwasserhauptanreicherungsgebieten entfernt liegen. Wesentliche Grundwasseranreicherungen des Hauptaquifers erfolgen vorwiegend am östlichen Fuß des Wallersberges und im Waldstück südöstlich des Ottitschkogels (zwischen AB11 und Br 7 in Abb. 1), wo der Abfluß des Mauchlergrabens endgültig zur vollständigen Versickerung gelangt.

4.3.3 Untersuchungen des ^{13}C -Gehaltes:

Die isotopische Zusammensetzung der im Wasser gelösten Karbonate wird von deren Herkunft und durch Wasser-Gesteins-Reaktionen gesteuert. Das im Grundwasser gelöste CO_2 leitet seine Herkunft einerseits aus dem CO_2 der Atmosphäre und zum größeren Teil – während der Passage durch die Bodenzone – aus dem Bodengas her. Der CO_2 -Gehalt des Bodengases ist durch Pflanzenaktivität und -zerfall bedingt und wesentlich höher als in der Atmosphäre. Das CO_2 der Bodenzone unterscheidet sich hinsichtlich seiner isotopischen Zusammensetzung deutlich vom CO_2 der Atmosphäre.

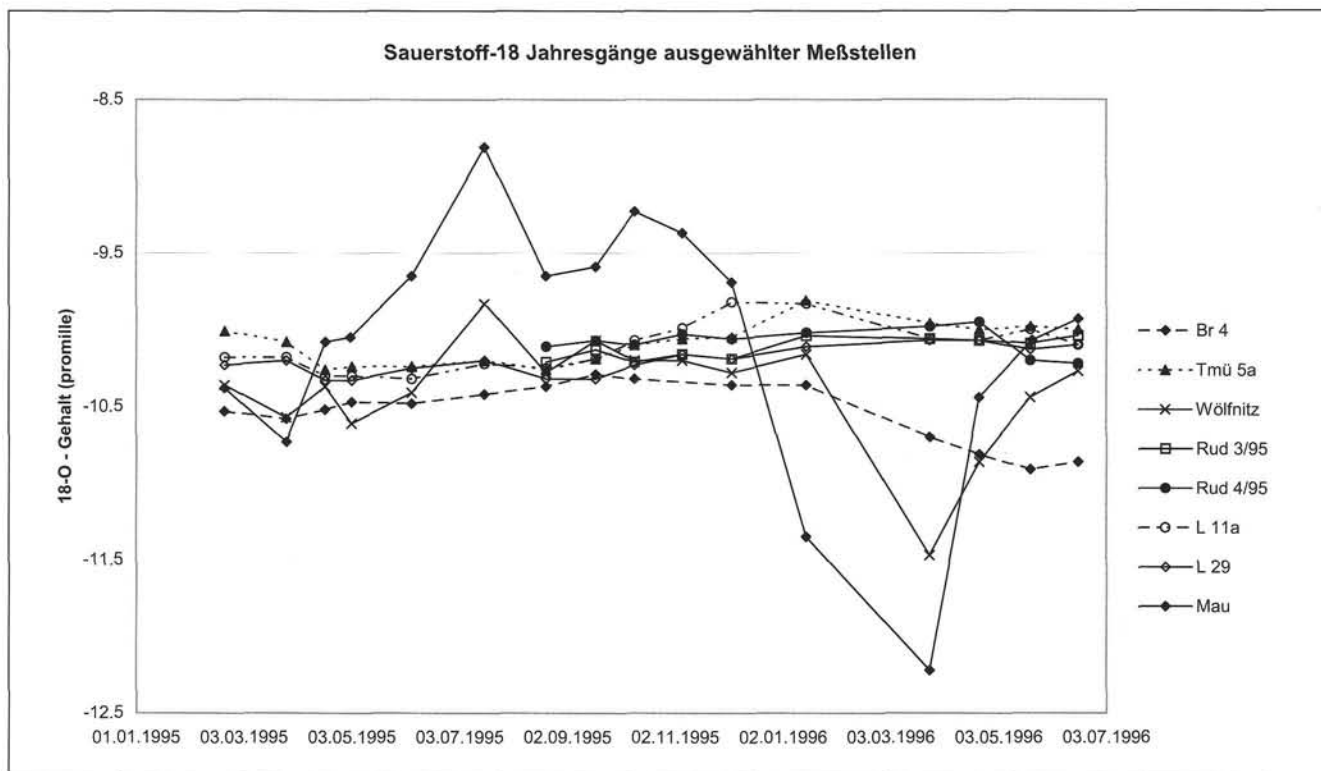


Abb. 9
Jahreszeitliche Schwankungen des ¹⁸O-Gehaltes.

Dieser Unterschied zeigt sich vor allem im ¹³C-Gehalt, der im Boden-CO₂ stark angereichert ist und aufgrund seiner Herkunft von Pflanzenatmung und -zerfall dem des pflanzlichen CO₂ entspricht. Die ¹³C-Gehalte des CO₂ der Bodenzone lie-

gen bei -25 ‰ Abweichung vom PDB Standard, während die der Atmosphäre bei -7 ‰ Abweichung vom PDB Standard zu liegen kommen (P. DEINES, 1980; F. PEARSON, 1991). Beim Durchsickern der Bodenzone steigt der CO₂ Gehalt im Sicker-

Tab. 4
Tritiumgehalte ausgewählter Meßstellen.

Meßstelle	Probennahme	3-H (in TU)	Sigma	Meßstelle	Probennahme	3-H (in TU)	Sigma
Mau	02-05-1995	20.7	2.7	Rud 4/95	21-08-1995	19.3	2.4
Mau	06-11-1995	19.8	1.7	Rud 4/95	06-11-1995	18.0	1.8
Mau	25-03-1996	12.2	1.7	Rud 4/95	25-03-1996	18.3	2.2
Mau	22-05-1996	16.3	1.5	Rud 4/95	21-05-1996	16.2	1.7
Br 4	03-05-1995	14.4	2.4	L 11a	03-05-1995	22.0	2.4
Br 4	25-03-1996	11.7	2.1	L 11a	21-08-1995	21.4	2.3
Br 4	21-05-1996	11.9	1.4	L 11a	06-11-1995	21.0	1.7
				L 11a	25-03-1996	19.2	2.3
Tmü 5a	03-05-1995	18.7	2.1	L 11a	21-05-1996	19.7	1.7
Tmü 5a	21-08-1995	19.0	2.3				
Tmü 5a	06-11-1995	19.7	1.8	L 29	20-02-1995	24.1	2.1
Tmü 5a	25-03-1996	15.9	1.9	L 29	03-05-1995	23.1	2.6
Tmü 5a	21-05-1996	16.5	1.8	L 29	21-08-1995	22.2	2.8
				L 29	06-11-1995	22.4	1.8
Rud 3/95	21-08-1995	22.8	3	L 29	25-03-1996	22.2	2.6
Rud 3/95	06-11-1995	21.9	1.8	L 29	21-05-1996	20.0	1.7
Rud 3/95	25-03-1996	22.2	2.3				
Rud 3/95	21-05-1996	20.7	1.7	Wölfnitz	25-03-1996	15.3	2.1
				Wölfnitz	21-05-1996	17.3	1.6

Tab. 5
 ^{13}C -Meßwerte ausgewählter Meßstellen.

Probennahme 13-C								
Name	Beginn	Ende	Anzahl	Minimum	am	Max	am	Mittelw.
L 11a	20-02-95	17-06-96	6	-11.33	18-04-95	-10.95	03-05-95	-11.18
L 29	20-02-95	17-06-96	5	-11.97	21-08-95	-11.34	03-05-95	-11.79
Tmü 5A	20-02-95	17-06-96	6	-12.03	25-03-96	-10.06	20-02-95	-11.68
Br 4	20-02-95	17-06-96	4	-11.74	21-05-96	-10.41	03-05-95	-11.15
Mau	20-02-95	17-06-96	5	-18.21	25-03-96	-12.39	06-11-95	-15.91
Wölfnitz	20-02-95	17-06-96	6	-13.65	21-08-95	-11.31	06-11-95	-12.65
Rud 3/95	21-08-95	17-06-96	4	-12.22	10-10-95	-11.66	21-05-96	-11.94
Rud 4/95	21-08-95	17-06-96	4	-12.95	10-10-95	-12.07	21-08-95	-12.47

Schwankung des ^{13}C Gehaltes

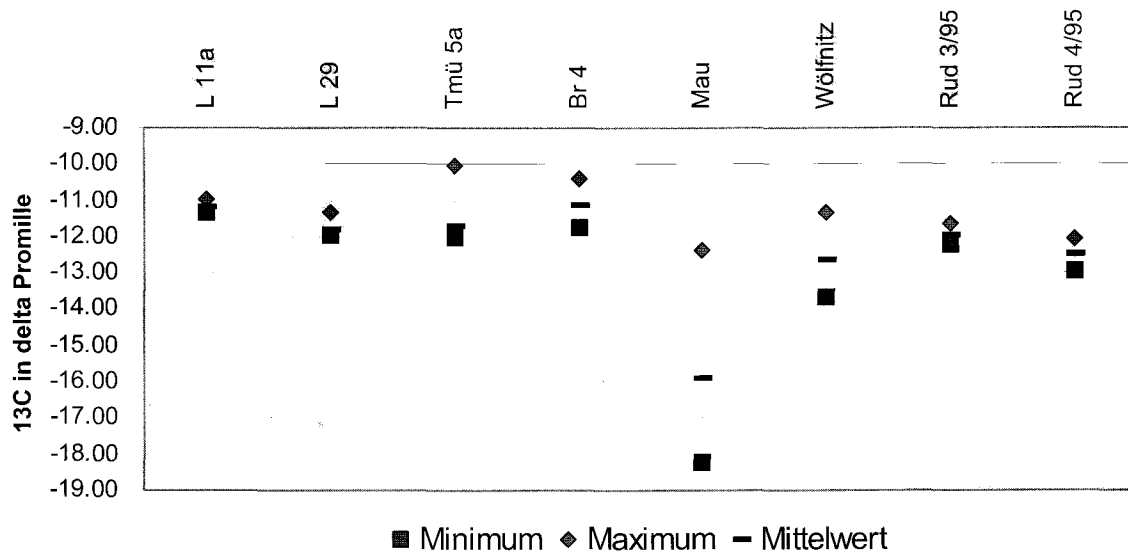


Abb. 10
 Schwankungsbreite des ^{13}C -Gehaltes. Die Daten entsprechen der Tabelle 5.

wasser bei gleichzeitiger Abnahme des ^{13}C -Gehaltes im gelösten Karbonat an. Nach erfolgter Wasser-Gesteins-Reaktion steigt der ^{13}C -Gehalt wegen des hohen ^{13}C -Gehaltes des Karbonatgesteins (um 0 ‰) wiederum auf etwa -12 ‰ an.

Im Untersuchungsgebiet wurden an fünf Meßstellen des Hauptaquifers (Quellen L 11, L 29, TMÜ 5a, GW-Sonden Rud 3/95 und Rud 4/95), an einem Brunnen eines seichtliegenden Aquifers (Br 4) und an zwei Oberflächengerinnen (Wölfnitzbach und Abfluß des Mauchlergrabens) ^{13}C -Untersuchungen durchgeführt. Die Meßergebnisse sind aus Tab. 5 ersichtlich, die graphische Darstellung der Schwankungsbreiten ist in Abb. 10 dargestellt.

Alle untersuchten Wässer weisen ^{13}C -Gehalte mit Werten meist zwischen -10 und -13 ‰ auf. Deutlich geringere Gehalte finden sich nur im Abfluß des Mauchlergrabens (Mau). Letzterer entwässert eine ausgedehnte anmoorige Vernässungszone, wo es vermutlich durch bakteriellen Abbau von pflanzlichen Substanzen zu einer starken Anreicherung des ^{13}C -Gehaltes kommt. Auch die Wölfnitz weist mit einem durch-

schnittlichen ^{13}C -Wert von -12,65 ‰ etwas geringere ^{13}C -Gehalte als das Grundwasser auf, was bedeutet, daß das Wölfnitzwasser kaum aus oberflächlich abfließenden Niederschlagswässern stammt. In diesem Fall wären wegen des sich einstellenden Gleichgewichtszustandes der isotopischen $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ Verteilung im Niederschlagswasser mit dem atmosphärischen $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ Verhältnis im CO_2 der Atmosphäre schwerere ^{13}C -Gehalte um -7 ‰ zu erwarten. Die auffallende Anreicherung des ^{13}C in der Wölfnitz ist aber auch nicht allein durch Grundwasserübertritte zu erklären, da das Grundwasser bezüglich des ^{13}C zwar deutlich leichter als das Niederschlagswasser wäre, aber im vorliegenden Fall immer noch isotopisch schwerer als das Wölfnitzwasser ist. Hier muß vielmehr angenommen werden, daß ein großer Teil des Wölfnitzwassers in seinem Einzugsgebiet durch starke Pflanzenaktivität beeinflusst ist, wobei die Orte der stärksten ^{13}C -Anreicherung in den Vernässungszonen um den Griffner See bzw. im Wölfnitztal knapp nördlich von Griffen erfolgen dürften.

Die Grundwasserproben – sowohl des seichten Aquifers als auch des Hauptaquifers – zeigen, daß die Grundwasserneubildung bezüglich des ^{13}C durch stark abgereicherte Sickerwässer (Niederschlagswässer durch vegetationsbedeckte Bodenzone) erfolgt, bzw. im Falle versickernder Oberflächenwässer von denen aus dem Mauchlergraben stammt. Die durchwegs gering schwankenden Werte zwischen -10 und -13 ‰ $\delta^{13}\text{C}$ repräsentieren den erreichten Gleichgewichtszustand nach Lösungsvorgängen im Aquifer zwischen dem isotopisch leichten Sickerwasser und dem isotopisch schweren Gesteinskarbonat.

5. Schlussfolgerungen

Die geophysikalischen Untersuchungen sowie die abgeteufte Bohrungen Rud 3/95 und Rud 4/95 geben Aufschluß über die postglaziale Entwicklungsgeschichte des Wölfnitztales südlich von Griffen. Das vorquartäre Grundgebirge weist demnach eine asymmetrische Untergrundmorphologie mit einer steilen West- und flachen Ostflanke auf. Die dadurch vorgezeichnete Tiefenrinne verläuft im westlichen Drittel des heutigen Wölfnitztales und mündet im Bereich der Lippitzbachquellen in das Drautal. Nach den durchgeführten Untersuchungen liegt eine bis zu 90 m mächtige Talfüllung fluvioglazialer Lockersedimente vor, die einen bis zu 40 m mächtigen Grundwasserkörper beherbergt.

Dieser Grundwasserkörper weist einen Flurabstand von meist 50 m auf, die Grundwasserneubildung erfolgt vorwiegend durch versickernde Oberflächenabflüsse aus dem Bereich des Wallersberges und durch infiltrierende Niederschläge. Die physikalisch-chemischen und isotopenhydrologischen Untersuchungen zeigen, daß es sich um Wässer mit langer Verweilzeit im Untergrund handelt. Die chemische Beschaffenheit weist eine von Westen nach Osten zunehmende Mineralisierung (anthropogene Beeinflussung) auf, sodaß die besten Grundwasserqualitäten im Bereich der alten, verschütteten Talachse vorliegen.

Die derzeit vorliegenden Kenntnisse über die Talentwicklung und die Herkunft der Lippitzbachquellen weisen das alte, verschüttete Tal westlich der Wölfnitz als für den Unterkärntner Raum bedeutendes Grundwasserhoffnungsgebiet aus, welches große Mengen erschotbaren Trinkwassers beherbergt.

Literatur

- ANONYM, 1927: Lippitzbach (Vom Elektrizitätswerk). – Freie Stimmen vom 16. 10. 1927.
 CANAVAL, R., 1927: Die Quellen von Lippitzbach bei Bleiburg. – Mont. Rdsch., Nr. 4, S. 91-93.

- DEINES, P., 1980: The isotopic composition of reduced organic carbon. – In: FRITZ, P & J. CH. FONTES, (Ed.): Handbook of Environmental Isotope Geochemistry; Vol. 1, 329-406, Amsterdam, Elsevier.
 GOSEN, W. V., 1989: Gefügeentwicklungen, Metamorphosen und Bewegungen der ostalpinen Baueinheiten zwischen Nockgebiet und Karawanken (Österreich). – Geotektonische Forschungen, 72, 247 S., Stuttgart.
 HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO. 1993: Hydrographisches Jahrbuch von Österreich 1993, 101, Wien 1996.
 JANSCHKE, H., 1996a: Geoelektrische Messungen Griffen – Ruden – Endbericht 1996. – Unveröff. Ber., Joanneum Research, 8 S., 6 Beil., Ferlach.
 JANSCHKE, H., 1996b: Refraktionsseismische Messungen Griffen – Ruden. – Unveröff. Ber., Joanneum Research, 11 S., 7 Beil., Ferlach.
 JANSCHKE, H., 1996c: Bericht über die geophysikalischen Bohrlochmessungen in den Bohrungen 3/95 und 4/95 Griffen – Ruden. – Unveröff. Ber., Joanneum Research, 5 S., 7 Beil., Ferlach.
 KAHLER F., 1933: Über die Verbreitung kohleführenden Jungtertiärs in Kärnten. – Verh. Geol. B.-A. 1933, 125-129, Wien.
 KAHLER, F., 1953: Der Bau der Karawanken und des Klagenfurter Beckens. – Carinthia II, Sh 16, 78 S., Klagenfurt.
 KAHLER, F., 1963: Die geologischen Verhältnisse im Raume des Draukraftwerkes Edling. – Österr. Zs. f. Elektrizitätswirtschaft, 16, S. 24-27, Wien.
 PEARSON, F. J. JR., 1991: Overview of Groundwater Carbonate Evolution. – In: PEARSON, F. J. JR, W. BALDERER, H. H. LOOSLI, B. E. LEHMANN, A. MATTER, T. J. PETERS, H. SCHASSMANN, & A. GAUTSCHI, (Ed.): Applied Isotope Hydrogeology – A Case Study in Northern Switzerland; 175-203, Amsterdam, Elsevier.
 POLTNIG, W. & STROBL, E., 1996: Grundwasserstudie „Altes Gurktal“ – Bereich Griffen – Ruden – Lippitzbach. Endbericht. – Unveröff. Ber., Joanneum Research, 55 S., 6 Kartenbeilagen M=1:25000, Graz.
 POLTNIG, W. & STROBL, E., 1998: Hydrogeologische Untersuchungen im Bereich Griffen-Ruden-Lippitzbach. Datendokumentation und Auswertung 1997. – Unveröff. Ber., Joanneum Research, 8 S., mit Anhang, Graz.
 STEINHAUSER, P, SEIBERL, D., ZYCH, D. & RUESS, D., 1980: Bestimmung des Bouguer-Schwerefeldes der Karawanken und der Sattnitz. – Mitt. österr. Geol. Ges., 71/72, S. 299-306, Wien.
 VINZENZ M., 1986: Strukturbohrung Vellach Müllnerbrücke (Klagenfurter Becken). – Unveröff. Ber., Joanneum Research, 21 S., Leoben.

Manuskript eingegangen am: 15. 06. 1998 ●
 Revidierte Version eingegangen am: 31. 08. 1999 ●
 Manuskript akzeptiert am: 20. 01. 2000 ●