

Hydrogeologie der burgenländischen Gesteine

W. KOLLMANN

1. Hydrogeologische Einheiten

Grundsätzlich sind im Burgenland zwei verschieden ausgebildete hydrogeologische Einheiten zu unterscheiden:

a) Festgesteine mit Trennfugendurchlässigkeit durch tektonische Zerkleinerung, bzw. bei kompakter und massiger oder meist geschieferter Ausbildung mit oberflächennaher Entwässerung in deren Verwitterungsschwarte. Vereinzelt und lokal zeigen karbonatreiche Gesteine durch chemische Lösungsvorgänge der versickernden Niederschlagswässer Korrosionserscheinungen, die zu einer geringfügigen Porosität - aber kaum Verkarstung - Anlaß geben (z.B. Kalkschiefer, Marmor, Rauhwacke, Kalkarenite, mürbe Kalksandsteine).

b) Lockergesteine mit meist geringmächtigen, heterogenen und räumlich begrenzten Porengrundwasserleitern, bzw. weitverbreiteten geringdurchlässigen bis dichten Feinsand-Schluff-Ton-Abfolgen.

Eine detaillierte kartographische Darstellung hydrogeologisch relevanter Daten, wie Quellaustritte, Brunnenstandorte, Schongebiete, Speicherfähigkeit, Art und Beschaffenheit der Grundwasserträger erfolgt auf der "Hydrogeologischen Karte der Republik Österreich 1 : 1.000.000" (T. GATTINGER & H. PRAZEN, herausgegeben von der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1968). Eine größermaßstäbige Darstellung der burgenländischen hydrogeologischen Verhältnisse ist auf der GIS-Grundlage der geologischen Gebietskarte 1 : 200.000, welche im Zuge der Tagung vorgestellt und diskutiert wird, geplant. Detaillierte themenorientierte hydrogeologisch-wasserwirtschaftliche Info-Inhalte sind als Kartenbeilagen (24 Exemplare) in Form eines Atlases im Maßstab 1 : 50.000 für die drei südburgenländischen Bezirke Oberwart, Güssing und Jennersdorf dem publizierten Endbericht des Bund/Bundesländer - Rohstoffprojekts B-A-005a/78-84 "Geohydrologische Untersuchung zur Beurteilung der Wasserhöflichkeit im südlichen Burgenland 1978-1984". - Wiss.Arb.Burgenland (76), bzw. Ber.Geol.Bundesanst. (7), Wien - Eisenstadt (Burgenländ.Landesmus.) 1987, wovon noch einige Exemplare vom Autor erhältlich sind, erschienen.

2. Geologischer Aufbau

Das Grundgebirge gehört mit seinem kristallinen Anteil zum Nordostsporn der Zentralalpen und nimmt den Raum des Rosalien- und Leithagebirges, Wechselgebietes, das Bernsteiner Bergland und den südlichen Teil der "Buckligen Welt" ein. Die Höhenrücken, die sich bis nach Ungarn erstrecken, gehen gegen Osten und Südosten nahtlos in das tertiäre Hügelland über. Deutlich erkennbar sind Verebnungsflächen, beispielsweise in Höhen um 650 m ü. A. im nördlichen Teil, gegen Südosten auf durchschnittlich 550 m Höhe absinkend. In diese alte

Allgemeiner Teil

Landoberfläche, gebildet als Denudationsfußfläche im Zuge tektonischer Ruhephasen während der epirogenetischen Hebung des Alpenkörpers im Jungtertiär, sind die Täler mit relativ steilen Hängen eingesenkt.

Im kristallinen Grundgebirge herrscht ausgeprägter Decken- bzw. Schuppenbau. Von den großtektonischen Einheiten der Ostalpen liegt als Tiefstes das Penninikum in drei Fenstern unter den unterostalpinen Decken: Im Süden der westliche Teil des Rechnitzer Fensters, nördlich davon das Bernsteiner Fenster und am Nordrand das Fenster von Möltern.

Der unterostalpine Rahmen dieser Penninfenster besteht aus der (tektonisch tieferen) Wechselinheit und der Grobgneiseinheit, beide nur gelegentlich durch Permomesozoikum getrennt.

Auf beiden unterostalpinen Einheiten liegen noch Erosionsreste von Mittelostalpin (Siegrabener Serie).

Dieser Decken- bzw. Schuppenbau wird von zahlreichen, meist etwa NE-SW bis N-S-streichenden Störungen erfaßt. Größere Bruchlinien sind im Verlauf des Wiener- und Pannonischen Beckens im Norden und im Süden entlang des Sulzbach- und Pinkatales durch die Blockmurenschuttabgänge im Ottnang und Karpat (Auwald- und Brennbergschotter, Sinnersdorfer Serie) als die ältesten Tertiärablagerungen dieses Raumes markiert. Auf diese, z. T. selbst noch von Verstellungen betroffenen Schichten legen sich, meist schon in größerer Entfernung vom Grundgebirge, die jüngeren Tertiärschichten bzw. quartäre Schotter.

Beispielsweise greift die Tertiärbucht von Friedberg - Pinkafeld als Randbucht des Steirischen Beckens tief nach Norden in den Gebirgskörper ein. Ihre Entstehung ist vorgezeichnet durch eine bedeutende Störung, die das (klassische) Wechselgebiet im Osten begrenzt und meistens durch Tertiärablagerungen (Sinnersdorfer Schichten, ? Karpat) markiert wird. Gegen Osten geht die Pinkafelder Bucht in die Tertiärsenke mit auf- und vorgelagerten altpleistozänen Terrassensedimenten, meist aus umgelagerten tertiären Kiesen, Sanden und v.a. Schluffen, zwischen dem Günser Bergland und dem Eisenberggebiet über. Mit diesem beginnt die "Südburgenländische Schwelle", die sich nach Südwesten bis St. Anna am Aigen erstreckt und das Steirische Becken von der Kl. Ungarischen Tiefebene trennt.

Das tertiäre Hügelland stellt eine ausgedehnte Riedellandschaft mit breiten Sohlentälern dar. Die Entwässerung erfolgt in erster Linie durch die Leitha, Wulka, Rabnitz und deren Zubringer, sowie Feistritz, Lafnitz und Pinka, nur im nördlichen und nordöstlichen Randbereich fließen die Gewässer zur Donau, Pinka und Güns münden in Ungarn in den Raabfluß und damit in weiterer Folge zum Schwarzen Meer.

3. Klima

Das Klima zeigt deutlichen pannonischen Einschlag zufolge der Abschirmung durch die Zentralalpen gegen atlantische Einflüsse und der Nachbarschaft zum pannonischen Becken. Der nördliche Teil gehört zu den gewitterreichsten Zonen Österreichs. Schwere Unwetter führen immer wieder zu Vermurungen und Hochwässern.

F. NOBILIS (1980) behandelte anhand der Beobachtungen bis 1970 der hydrographischen Stationen einige Klimaelemente unter Einbeziehung überregionaler Erkenntnisse aus unterschiedlichen Beobachtungszeiträumen:

Allgemeiner Teil

Der mittlere Jahresniederschlag beträgt im Süden etwa 700-800 mm und steigt im Norden auf etwa 800-900 mm an. Als bisheriges Maximum wurde in Bad Tatzmannsdorf am 6. 8. 1968 ein Tagesniederschlag von 116,8 mm beobachtet. Gewitter treten durchschnittlich an 30-35 Tagen im Jahr, im Norden etwas häufiger, auf. Die Zahl der Tage mit Niederschlag >1 mm beträgt im Süden etwa 90-100 und steigt im Norden auf etwa 110-130 an. Ohne bzw. ohne meßbaren Niederschlag sind etwa 260 Tage im Süden und gegen 230 Tage im Norden.

Die mittlere Anzahl der Tage mit Schneebedeckung liegt im Süden zwischen 40 und 50 (im N gegen 70). Die mittleren größten Neuschneehöhen bewegen sich zwischen 20 und 30 cm (im N zwischen 30 und 50 cm).

Die wahren Jännermittel der Temperatur betragen etwa -2 bis -5°C, die des Julis etwa 18 bis 20°C. Die wahren Temperaturmittel des Jahres bewegen sich zwischen 5 und 8°C, im Norden darunter. Die Jahresschwankung liegt bei 20 bis 22°C, im Norden 18 bis 20°C.

Überschlägige Werte für die reelle Evapotranspiration, gemittelt über ein Normaljahr, lassen sich nach der Formel von TURC für die Talstationen mit ca. 460 mm/a E_{reell} berechnen.

Die Abflußziffer (Niederschlagsanteil, welcher abfließt) beträgt in Kristallineinzugsgebieten etwa 21-30 %, im Tertiär <20 %. Die jährlichen mittleren Abflußhöhen, welche an den amtlichen Pegeln 1970-1974 gemessen wurden, betragen 152 - 283 mm/a. Da die Pegelzugsgebiete durch ähnlich heterogenen geologischen Aufbau gekennzeichnet sind, liegt die Ursache des Unterschieds in der höheren Niederschlagsmenge, welche die höhergelegenen Einzugsgebiete (z.B. Wechselgebirge mit dem Pinkaursprung) empfangen. Fast ausschließlich von den geologischen Verhältnissen hängt dagegen eine Komponente des Gesamtabflusses, der "langfristige Abflußanteil" A_{L} ab. Dieser wird als grundwasserbürtig bezeichnet, da - nach erfolgter Niederschlagsinfiltration oder Uferfiltration - die Retentionseigenschaften des Untergrundes das zeitlich verzögerte Abfließen bzw. Wiederabfließen im Oberflächengewässer steuern. Dieser gespeicherte Anteil, der durch mehrmalige Trockenwetterabflußmessungen aus geologisch definierten Kleineinzugsgebieten gemessen wurde, wird bei den hydrogeologischen Gesteinsbeschreibungen diskutiert.

Das betrachtete Gebiet ist entsprechend einer im Atlas der Republik Österreich dargelegten Klimaklassifikation von vorwiegend illyrischem Typ mit einem Übergang im Osten zum pannonischen Klimatyp.

4. Hydrogeologische Beurteilung der Gesteine mit relevanten Kennziffern

4.1. Festgesteine

4.1.1. Kalkarenite und Lithothamnienkalk (Leithakalk)

Die vorliegenden tertiären Ablagerungen stellen aus aufgearbeitetem Biogendetritus gebildete Kalkarenite der Küstenfazies dar. Da die Feianteile und damit verbunden die Wirkung der Zementation zur diagenetischen Verfestigung der Sande schwankt, liegen lockere, mürbe und feste Kalkarenite vor. Mergelige Entwicklungen sind im Randbereich als Einschaltungen ausgebildet.

Baden

Die ältesten karbonatischen Tertiärsedimente stammen aus der Zeit des Badens. Neben einem sehr kleinräumigen und daher in diesem Zusammenhang unbedeutenden Vorkommen der Oberen Lagenidenzone an der Straße Winden - Kaisersteinbruch, stammt die Hauptmasse der Kalkarenite aus der großen Transgression der Oberen Sandschalerzone. Innerhalb der in dm bis m Bereich gebankte Kalksteinsandschichten treten dm mächtige Mergel einschaltungen auf. Vor allem in Nahbereich des Kristallins konnte immer das Auftreten von Quarz, Glimmerschiefer, Muskovit und Quarzit-Komponenten im Kalkarenit beobachtet werden. Eine Transgressionsbildung ist an der Basis der Kalkarenite der Oberen Sandschalerzone am N-Hang des Hackelbergs zu den liegenden Glimmerschiefern hin schön zu beobachten. Sonst zeigen die Kalkarenite der Oberen Sandschalerzone eine eher rein karbonatbiogene Komponentenzusammensetzung.

Die Biosparite weisen ein mittel- bis grobsandiges komponenten-gestütztes Gefüge auf. Als Zwischenmittel liegen fein bis mittelsandige Bioklasten vor. Die Kalkarenite sind durch grobspätigen B-Zement verfestigt. Fehlt der feinsandige bis mittelsandige Anteil, dann zeigt auch der Zement nur randliche Bildungen und infolge der 15 - 20 % Zwickelporosität erhält der Kalkarenit einen mürben bis lockersandigen Charakter. Solche Bereiche liegen oft in cm Dimensionen vor und besitzen für Durchlässigkeiten auf Grund des fehlenden kommunizierenden Porensystems keinerlei Bedeutung. Eine Bedeutung hinsichtlich der Durchlässigkeit ist allerdings im Zusammenhang mit Klüften möglich.

Die grau-grünen Mergelzwischenlagen mit mm dünner Schichtung sind kaum diagenetisch verfestigt und quellen bei Wasserkontakt auf. Die feinen <1 mm breiten Klüfte innerhalb der Schichten dürften eher auf die Austrocknung als die Tektonik zu beziehen sein.

Sarmat

Die zweite entscheidende Transgression, von welcher Sedimentablagerungen im Bereich der Breitenbrunner Steinbrüche und der Thenau erhalten sind, erfolgte mit der sarmatischen Elphidium Reginum Zone. Die Ausbildung der Kalkarenite variiert von fein- und mittelsandigen zu mittel- und grobsandigen Bänken. Generell handelt es sich um weiße, als Biosparit zu bezeichnende Sedimente, deren Biogenmaterial im wesentlichen dem der vorhergehenden besprochenen Kalkarenite der Oberen Sandschalerzone entspricht. Die Bankung liegt im Meterbereich. Um Mergelzwischenlagen tritt dm bis cm mächtige Schichtung auf und auch ein Anstieg des Mergelgehaltes der Kalkarenite.

Durch sparitische Zementation bleibt nur noch eine Kammerporosität von 15 - 20 %, verursacht durch Schalenlösung und Gehäusehöhlräume. Ihre Bedeutung für die Durchlässigkeit ist auf Grund der fehlenden kommunizierenden Porenräume zu vernachlässigen. Durchlässigkeit ist an den seltenen Klüften, bzw. durch fehlendes Zwischenmittel im Bereich der Schichtflächen gegeben. Zwickelporosität ist auf Grund der dichten Packung durch feinsandiges Material und der sparitischen Zementation zu vernachlässigen.

In allen Steinbrüchen konnten offene Zerrungsklüfte beobachtet werden. Mit Ausnahme größerer Störungen enden sie meist bei starker Änderung des lithologischen Charakters, wie z.B. den dm mächtigen Mergeln, an solchen Einschaltungen.

4.1.2. Metamorphe Karbonatgesteine und dolomitische Rauhacken

Neben den durch Trenntugendurchlässigkeit gut wasserleitenden Grobgneisen besitzen vor allem die durch Korrosion schwach porösen Karbonate wasserwirtschaftliche Bedeutung. Eine große Anzahl von kleinen Ortswasserversorgungen bezieht ihr Wasser aus Einzugsgebieten in Kalkphylliten, Marmoren und triadischen Rauhacken. Die Ergiebigkeiten liegen durchwegs über 1 l/s und erreichen manchmal 5 l/s.

Da die Quellwässer aufgrund des reichlichen Lösungsangebots "mittelhart" bis "ziemlich hart" reagieren, ist eine Pufferung der freien Kohlensäure und somit ein Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichtszustand gewährleistet, sodaß keine technischen Probleme hinsichtlich Aggressivität zu befürchten sind.

4.1.3. Amphibolite und andere Grüngesteine

Im kristallinen Grundgebirge deckt sich i.a. das orographische mit dem hydrogeologischen Einzugsgebiet. Ausnahmen sind dann gegeben, wenn über geneigten, dichteren phyllitischen Serien eine höhere tektonische Einheit mit durch den Deckentransport zerrütteten und wasserwegigen Gesteinen zu liegen kommt. Grobgnese können auf diese Weise räumlich ausgedehnte Kluftgrundwasserleiter bilden. Schichtquellen sind bei derartigen Lagerungsverhältnissen (Grobgnese auf Glimmerschiefer u.ä.) besonders häufig.

Bei Quellaustritten aus basischen Gesteinseinzugsbereichen konnten keine statistisch überzufälligen Unterschiede im Vergleich zur hydrochemischen Gruppe der sauren Kristallingesteine festgestellt werden. Lediglich ein äußerst geringes Ca/Mg-Verhältnis (= Mg-Vormacht) deutet auf die höhere Löslichkeit der Magnesium-Eisen-Hydroxid-Silikate (KOLLMANN, W. in PAHR, A. et al., 1984). Deren vermutete Relevanz bei der Trinkwasserversorgung für geomedizinisch begründete Gesundheit, insbesondere von Kindern, soll in einem zukünftigen Forschungsprojekt untersucht werden.

In verwitterten Zonen sind die Gesamtlösungsinhalte (330 mg/l) und Härtebildner (Karbonathärte 3-9° dH, Gesamthärte 4-9° dH) angehoben, wobei manchmal eine größere Nichtkarbonathärte durch an Erdalkalien gebundene Sulfat- und Chloridäquivalente (1 mval/l) beobachtet werden kann. Eher Immissionen durch Luftschadstoffe und die Humuspassage durch Waldböden, weniger aber ausgelaugter Mineraldünger, dürften in solchen Einzugsgebieten neben der essentiellen Kalium- und Chloridanreicherung auch für die bis 36 mg/l hohen Nitratwerte verantwortlich sein.

Die stark schwankenden und allgemein geringen Quellschüttungen (<0,5 l/s), die Retentionswirkung ($A_v < 100$ mm/a) und die allenfalls bereichsweise engständige Klüftung kennzeichnen einen eher unbedeutenden unterirdischen Entwässerungsmechanismus.

4.1.4. Metagranite und Gneise

Für diese Gesteine, welche durch grusige bis grobblockige Verwitterung und tektonische Zerschlagung bereichsweise eine hervorragende Trennfugendurchlässigkeit aufweisen, konnte eine langfristig verzögerte Wasserabgabe A_v im Ausmaß von 101 ± 8 bis über 315 ± 40 mm/a der infiltrierten und gespeicherten Niederschlagshöhe ermittelt werden (W. KOLLMANN, 1981, 1982).

Quellen, die bis zu 10 l/s schütten können, sind großteils für Ortswasserversorgungen bzw. Regionalwasserverbände gefaßt. Da Wässer aus derartigen Kristallineinzugsgebieten ganz

allgemein äußerst gering mineralisiert sind (40 - 200 mg/l) und keine Pufferung der reichlich gelösten freien Kohlensäure durch Härtebildner (KH = GH 1-5° dH) erfolgt, reagieren diese in hohem Maß aggressiv (W. KOLLMANN, 1977, 1979).

4.2. Lockergesteine

Die kurze Beschreibung hydrogeologischer, hydrologischer und hydrochemischer Verhältnisse soll als generelle Einführung nur einen Überblick über bisherige Untersuchungen vermitteln. Im Zuge der Erarbeitung von Grundlagen zur Erstellung einer Wasserhöffigkeitskarte für das südliche Burgenland im Rahmen des Projektes BA 5/a (W. KOLLMANN et al., 1987) konnten zu Vergleichszwecken Kurzpumpversuche mit Isotopenanalysen ausgeführt werden. Weitere laufende Projekte sowie Erfahrungen aus Exkursionen im ungarischen Grenzgebiet werden kurz umrissen.

Wie bereits in geologisch vergleichbaren Gebieten der Oststeiermark (L. BERNHART et al., 1974) und des südlichen Burgenlandes (E. FABIANI, 1978; W. KOLLMANN, 1980) dargelegt, können diese Tertiärbecken als ausgesprochene Wassermangelgebiete eingestuft werden. Die Ursache liegt einerseits darin, daß am Aufbau vornehmlich feinsandig-schluffige Sedimente beteiligt und nur lagenweise Kiesfraktionen eingeschaltet sind. Diese stecken jedoch in feinkörniger Matrix, welche in erster Linie die Durchlässigkeit und nutzbare Porosität bestimmt und weitgehend herabsetzt.

Die quartäre Talentwicklung im periglazialen Bereich war durch periodisch erhöhte Wasserführung maßgeblich für eine verstärkte Lateralerosion. In leicht abtragbaren Tertiärsedimenten resultierte daraus lediglich eine Verbreiterung der Talböden. Sie zeichnen sich aber nicht durch mächtigere Akkumulationen aus. Überdies setzen sich die allenfalls nur wenige Meter mächtigen Aufschüttungen in Gebirgsferne fast ausschließlich aus umgelagertem oder durch Solifluktionvorgänge angeliefertem Tertiärmaterial zusammen.

Geringe Wasserwegsamkeit, seichtliegende Grundwasserspiegel, dünne Deckschichten und die Gefahr einer permanenten Verunreinigung tragen zur wasserwirtschaftlichen Problematik solcher Gebiete bei. Daran ändert auch das Vorhandensein tiefliegender, fallweise artesischer Grundwasserstockwerke wenig, da deren Mächtigkeit im allgemeinen nur im Dezimeter- bis Meterbereich variiert. Eine rezente Regenerierung und Bewirtschaftung des Wasserdargebotes ist bei schlieren- bis linsenartigen Vorkommen meist nicht gegeben. Isotopenhydrologische Studien an artesischen Wässern im südlichen Burgenland erbrachten dabei in den meisten Fällen sehr hohes Wasseralter (mittlere Verweilzeiten in der Größenordnung von einigen tausend - in Grundgebirgsnähe - bis ^{14}C -sterile, also > 30.000 Jahre alte Wässer an der ungarischen Grenze), was auf eine Infiltration etwa in pleistozäner Zeit schließen läßt (G. H. DAVIS et al., 1968). Neuere Isotopenuntersuchungen lassen aber eine Tiefengrundwassererneuerung vor allem in der Nähe des Wechselgebietes vermuten (P. HACKER & W. KOLLMANN, 1981).

Andererseits ist zusätzlich zur geologisch vorgegebenen Ungunst für die Klassifizierung der tertiären und quartären Einzugsgebiete als Wassermangelgebiete die klimatische Situation mitverantwortlich. Die mittlere Jahresniederschlagssumme (1901-1970) errechnet sich im österreichischen Grenzgebiet des tertiären Hügellandes zu 675 mm. Die mittlere Niederschlagshöhe im Winter beträgt 104 mm, im Frühjahr 156 mm, im Sommer 243 mm und im Herbst 172 mm. Die niederschlagsreichsten Monate sind der Juli und der August mit 83 und 84 mm, der niederschlagsärmste der Februar mit 28 mm.

Das Jahresmittel der Lufttemperatur (1956-1970) beträgt in Lutzmannsburg 9,9 °C. Die geringste Monatsmitteltemperatur erreicht der Jänner mit -1,0 °C. Die höchste Monatsmitteltemperatur fällt in den Juli mit 20,1 °C. Die Jahresschwankung erreicht demnach über 20 °C. Die potentielle Verdunstung läßt sich als Abschätzung für die Einzelmonate (Dezember bis Februar vernachlässigbar) in Form einer potentiellen Evaporation angeben. Diese beträgt im März etwa 20-30 mm, im April mehr als 80 mm, im Mai und Juni 100-120 mm, im Juli 120-140 mm, im August 80-100 mm, im September 60-80 mm, im Oktober mehr als 40 mm und im November 20-30 mm.

Die Abflußziffer - sie gibt den Anteil der Gebietsniederschlagsmenge an, die an der Austrittsstelle des betreffenden Gebietes zum Abfluß kommt - beträgt nur 10 % oder weniger. Der Anteil des Jahresniederschlags, welcher infiltriert und längerfristig gespeichert, wieder abgegeben wird, kann nach mehrmalig wiederholten hydrometrischen Simultanmessungen während Trockenperioden (KOLLMANN, W., 1980, 1981 und 1982) für tertiäre Einzugsgebiete des Südburgenlandes mit 30 ± 4 mm/a beziffert werden. Vornehmlich strähnige Grundwasserführung in altpleistozänen Terrassenkörpern (FRIEDL, H., 1983) ist für unerheblich bessere Retentionsspenden in der Größenordnung von 63 ± 10 mm/a bei breiterer Streuung maßgeblich. Dadurch, daß diese schwebenden GWL über der Vorflut exponiert sind, ist eine Alimentation meist nur durch versickernde Niederschläge möglich. Die für eine überörtliche Nutzung relevante Grundwasserneubildung durch influent wirksame Flußstrecken (Oberflächenwasseralimentation in Mäanderprallhängen oder durch "Hangwässer" im Zuge von Teilversickerungen bei Schwemmkegel-Überfließstrecken) ist bei älterpleistozänen Terrassen nur selten gegeben. Wasserwirtschaftlich sind diese daher nur sekundär relevant.

4.2.1. Grundwässer in tertiären Sedimenten

4.2.1.1. Blockschotter (Sinnersdorfer-, Brennberger u.a. Schichten)

Maßgeblich für die geringe Durchlässigkeit und Porosität der karpatischen und älteren Murenschuttablagerungen sind nicht die aus grobem Blockwerk bestehenden Komponenten (bis > 1 m³), sondern die großteils tonig-schluffig-feinsandige Matrix (G. BUDA, 1979; K. NEBERT et al., 1980; H. PIRKL et al., 1981). Laboruntersuchungen an gestörten Sedimentproben des Bindemittels ergaben Werte für die Nutzporosität P* um 7 % (Gesamtporenvolumen 50 %). In Auflockerungsbereichen konnte lokal eine etwas bessere Permeabilität beobachtet werden (A. WINKLER-HERMADEN, 1940; T. E. GATTINGER, 1960; W. KOLLMANN, 1978). Diesen faziellen, tektonischen, aber auch verwitterungsbedingten Umstand machten sich einige Wassergenossenschaften zunutze, indem sie Quellaustritte mit ca. 0,3-0,8 l/s faßten. Die Wässer sind gering mineralisiert (< 150 mg/l) und sehr weich (KH = GH 1,7 - 4,0° dH). Die Aufschließung von Tiefengrundwässern durch bis zu 87 m tiefe Bohrungen nördlich Pinkafeld war wegen zu geringen Zuflusses wasserwirtschaftlich nicht erfolgreich (R. J. RAMMNER, 1971, 1976, 1978).

4.2.1.2. Baden und Sarmat

Beispielsweise für das südliche Burgenland werden Wiesfleck und Pinkafeld neben anderen Wasserspendern auch von Quellen aus der sandig-kiesigen Ausbildung des Badeniens, welches eine Nutzporosität P* von 7 - 17 % aufweist, versorgt. Diese liefern 2 - 3 l/s im Jahresmittel und sind qualitativ äußerst unterschiedlich (KH = 0,6 - 10,4° dH; GH = 1,1 - 10,4° dH, mit örtlich höherer NKH bis 2° dH).

Tiefengrundwässer wurden bereits zu Beginn des Jahrhunderts durch mehrere artesische Hausbrunnen im Raum Pinkafeld-Riedingsdorf erschlossen (A. WINKLER-HERMADEN & W. RITTLER, 1949; K. GERABEK, 1952; J. FANK, 1979) und fließen teilweise mit etwas geringerer Ergiebigkeit immer noch, was auf Regenerierung, zumindest dieser Überfließmengen, deutet.

Im Gegensatz zur kurzfristigen Zirkulation der Quellwässer in den oberflächennahen Einzugsbereichen sind in den tieferen Aquiferen durch längere Verweilzeit die Lösungsinhalte der Wässer zu einem Gleichgewichtszustand gelangt (P. HACKER & W. KOLLMANN, 1981). Die Gesamthärten liegen bei 8,7 - 10,3° dH ziemlich konstant und lassen wegen höherer Werte für die "scheinbare" Karbonathärte auf Ionenaustauschprozesse schließen.

4.2.1.3. Pannon und Pont

Horizontgebundene und linsenförmig eingeschaltete Sande und Feinkiese in ansonsten feinklastischen und undurchlässigen Sedimenten sind Grundlage für eine bereichsweise nicht unwesentliche Grundwasserführung (A. F. TAUBER, 1950; M. F. SCHUCH, 1974; P. GORTAN, 1979; J. ULLRICH; 1981; E. MOUCKA, 1982; W. GAMERITH, 1982). Durchlässigkeitsbeiwerte k_f in den Größenordnungen um 10^{-4} - 10^{-6} m/s sind in derartigen Sedimenten mit einem nutzbaren Porenvolumen P^* von i. a. < 10 % bestimmt worden (M. F. SCHUCH, 1974; W. KOLLMANN, 1982).

Aus den meist schluffig-feinsandigen Sedimenten des Pannon entspringen etwa um 5° dH weichere Wässer als aus pontischen Einzugsgebieten, welche Gesamthärten zwischen 11 - 14° dH (in Ausnahmefällen bis 28° dH) aufweisen. Technische Probleme bereiten meist überhöhte Eisen- und Mangankonzentrationen (0,01 - 2,3 mg Fe^{2+} / l bzw. 0,02 - 0,8 mg Mn^{2+} / l), die neben zu großen Gehalten für die überschüssige Kohlensäure (7 - 89 mg CO_2 aggr. / l) einer Aufbereitung bedürfen.

4.2.2. Grundwässer im Quartär

Bei den seichtliegenden Grundwässern der alluvialen Talfüllungen ist die Problematik in Hinblick auf die Qualität und Verunreinigungsgefahr eine ungleich größere. Maximalwerte der Stickstoffverbindungen (NH_4^+ < 1 mg/l, NO_2^- < 0,07 mg/l, NO_3^- < 84 mg/l), Eisen- (< 15 mg Fe^{2+} /l) und Mangangehalte (< 0,9 mg Mn^{2+} /l) werden gar nicht selten erreicht. Ebenso sind als Verunreinigungsindikatoren der Kaliumpermanganatverbrauch ($KMnO_4$ 2 - 10 mg/l), Phosphat (PO_4^{3-} 0,3 - 2,0 mg/l) und Chlorid (Cl^- 6 - 87 mg/l) bisweilen stark erhöht. Die Aggressivität seichtliegender Grundwässer wird durch ein ausgeprägtes Kalk-Kohlensäure-Ungleichgewicht mit überschüssiger Kohlensäure bis zu 56 mg/l, bedingt durch den petrographischen Aufbau des oberflächennahen Sand-Kies-Körpers (vornehmlich Kristallin- und Quarzkomponenten) und das Huminsäureangebot saurer Wiesen und wilder Mülldeponien, begründet.

Aus dem genannten geologischen Grund bleibt bei nicht kontaminierten Talgrundwässern auch die Härte niedrig und erreicht kaum mehr als GH 15° dH, sodaß daher nahezu keine Pufferwirkung auf die reichlich anfallende freie und überschüssige Kohlensäure ausgeübt werden kann.

Die Verunreinigungsgefahr ist gegeben durch einerseits bereichsweise fehlende bzw. abgetragene oder penetrierte Deckschichten, ansonsten durch deren zu geringe Mächtigkeit, die kaum mehr als 3 m erreicht. Eine positive Ausnahme stellt das untere Lafnitztal dar, das aus diesem Grund wasserwirtschaftlich und besonders schutzgebietsrelevant ist.

Andererseits ist für Kontaminationsgefährdung und hohe Eisen- und Manganinlösungsetzung die sehr seichte Grundwasserspiegellage verantwortlich (M. HEINZ ARVAND, 1983). Der Flurabstand zur Grundwasseroberfläche beträgt nur meist 1 - 3 m und zeigt somit an, daß jahreszeitlich und bereichsweise eine Benetzung und Auslaugung der lehmigen Deck- und Bodenschichten erfolgt. Der grundwassererfüllte oberflächennahe Sand-Kies-Körper ist in den Alluvionen der Haupttäler 2 - 9 m mächtig und aus lateral und vertikal faziell stark wechselhaften Sedimenten mit i. a. schlecht sortierter Kornzusammensetzung aufgebaut. Für das obere Pinkatal nördlich Pinkafeld und im Raum Oberwart sind von J. SMRCKA (1952), F. BOROVIČENY (1973), W. KOLLMANN (1982) und J. ULLRICH (1982) Werte für die Filtergeschwindigkeit v_f , Durchlässigkeit k_f und das nutzbare Porenvolumen P^* ermittelt worden (Tab. 1). Brunnenergiebigkeiten liegen allgemein unter 4 l/s bei Absenkungen s bis zu 2 m.

Tabelle 1: Hydrologische Kennwerte des oberflächennahen Sand-Kies-Körpers im oberen Pinkatal

	N Pinkafeld	Raum Oberwart
v_f	ca. $5 \cdot 10^{-4}$ cm/s	ca. $1 \cdot 10^{-3}$ cm/s
k_f	$10^{-3} - 10^{-5}$ m/s	um 10^{-3} m/s
P^*	5 - 20 %	5 - 13 %

5. Mineral- und Thermalwässer

Das Auftreten von Mineralwässern und Sauerlingen ist geologisch ausschließlich an tektonische Lineamente von vertikaler Struktur geknüpft.

Beispielsweise durch eine W-E-gerichtete Störung im Rechnitzer Penninikum, an der Grünschiefer gegen Kalkphyllite versetzt sind, werden die seit der frühen Bronzezeit (A. J. OHRENBERGER, 1962) bekannten, frei ausfließenden Heilquellen von Bad Tatzmannsdorf alimentiert. Schon früh zu Beginn des Jahrhunderts wurden Thermalwässer in Unterschützen durch artesische Hausbrunnen erschotet (A. WINKLER HERMADEN & W. RITTLER, 1949; J. FANK, 1979). Seit 1947 wurden zur Steigerung der Ergiebigkeit der balneotherapeutisch genutzten Heilwässer geophysikalische Sondierungen, horizontale Stollenfassungen und Bohrungen auch im Bereich um Jormannsdorf ausgeführt (A. PAPP, 1955; R. LORENZ, 1956; R. J. RAMMNER, 1974). An der Basis der feinklastischen Sedimente des Pannon und Sarmat wurden geklüftete epimetamorphe, kalkhaltige Schiefer (vermutlich Kalkphyllite) teilweise bereits ab 60 m Tiefe angefahren. Die stark gesäuerten Mineralwässer sind wegen der günstigen geothermischen Tiefenstufe von $16 \text{ m}^\circ\text{C}$ (J. ZÖTL & H. ZOJER, 1979) als Thermen weiter aufgeschlossen worden. Die Gesamtmineralisierung variiert von 1537 - 5690 mg/kg, die Ionencharakteristik entspricht meist einem Ca-HCO₃-Sauerling, ist aber auch vom Ca-Na-Mg-HCO₃-CO₂-Typ (G. MACHATA, 1973, 1975). Zum Schutz insbesondere der Qualität, aber auch Quantität dieser artesisch überfließenden Tiefen-Kluftgrundwässer wurde ein Schongebiet festgelegt (J. STINI, 1950; H. SCHMID, 1971), in welchem Tiefenaufschlüsse von mehr als 6 m und Sprengungen wasserrechtlich bewilligungspflichtig sind.

Zahlreiche, nur wenig unterschiedlich mineralisierte Sauerlinge sind im Tauchenbach- und Stubenbachtal, hervorgerufen durch die Tauchentalstörung, bekannt. Es sind dies der

Sauerbrunn von Goberling (SE Bergwerk), ein derzeit nicht genutzter Schachtbrunnen, der gesäuertes, seichtliegendes Mischwasser in der quartären Talfüllung erschließt. Ähnliche hydrogeologische Verhältnisse kennzeichnen das Mineral- und Sauerwasservorkommen von Maltern im oberen Tauchental. Zwischen Stuben- und Rettenbach wurden durch 3 Bohrungen von 15 - 77 m Tiefe aus geklüftetem Kristallin (?Kalkphyllit) hochsteigende Mineralsäuerlinge - z. T. aber erst in den klastischen Talalluvionen - gefaßt. Weitere bruchtektonisch vorgezeichnete Austritte sind in Drumling und Bad Schönau (O. HACKL, 1934; A. PAHR, 1967). Dort wurde im Jahr 1968 mittels einer 435 m tiefen Bohrung durch die Sinnersdorfer- bzw. Krumbacher Schichten im geklüfteten und tektonisch an der Krumbacher Störung zerrütteten Grundgebirge (?Kalkphyllit) der Ca-Mg-HCO₃-SO₄-Fe-Säuerling gefaßt. Die Sixtina-Heilquelle, ein nach unbestätigten mündlichen Angaben in 60 m Tiefe erbohrtes, gespanntes und hochmineralisiertes (2,5 g/kg) Sauerwasser, ist vermutlich an zugehörige parallele Brüche der Wechsel-Ostrand-Störung gebunden (frdl. Mittg. von A. PAHR).

Literatur

BERGMANN H. et al.: Abflußkomponenten und Speichereigenschaften, Konzeptionen und Auswertemethoden. - Österr. Wasser- u. Abfallwirtschaft, (1/2), Jg.48, S.27-45, Springer Wien - New York 1996.

BOERSMA L.: Infiltrationsmethode - Bestimmung der Durchlässigkeit eines Bodens oberhalb des Grundwasserspiegels. - Unpubl. Studienunterlage f. d. Praktikum Landwirtsch. Wasserbau, Inst. f. Wasserwirtschaft, Landwirtschaftl. Wasserbau. Univ. f. Bodenkultur, 6 S., Wien 1989.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft /
Wasserwirtschaftskataster: Burgenland: Wasserwirtschaftlich relevante Schutzmaßnahmen und Widmungen: Text- und Kartenteil: Stand 1983.- Wien: 1983.- IV, 25 S.: 1 Kte; 29,5 cm.-
-In: Wasserwirtschaft Wasserversorgung Wasserwirtschaftskataster: Teil II: Wasserwirtschaftlicher Bestand

DIBBERN H.: Zur Simulation des Ausbreitungsverhaltens der Pflanzenschutzmittel Atrazin, Chlortoluron, Isoproturon, Lindan und Terbutylazin im Boden und Grundwasser. - Berichte - Reports, Geol.-Paläont. Inst. Univ. Kiel, Nr. 49, 102 S., Kiel (Juni) 1992.

EISENHUT, Maximilian: Geologie und Geomorphologie des Exkursionsgebietes (Kartenskizze 1:200.000 s. Anh.).- Wien: 1978.- S.1-92: 1 Kt.-
Mitt.Ö.B.G.Sonderh.; 1.-

ERHART-SCHIPPEK, Werner; HROMAS, Alexander: Bericht über Untersuchungen an Grundwasservorkommen im südlichen Burgenland.- Wien: 1980-02-20.- 13 Bl.: Anh., 3 Beil.gef.; 29,5 cm.-
-In: Wasserhöfigkeitskarte f.d.Bezirke Oberwart, Güssing und Jennersdorf:Abschlußbericht 1979
7.Bericht.-

Allgemeiner Teil

Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt B-A-005/79
Bibl.d.Geol.Bundesanst.Wiss.Archiv Nr. A 05115-R

FRENCH H. et al.: A lysimeter trench for reactive pollutant transport studies. - Future Groundwater Resources at Risk (Proceedings of the Helsinki Conf.), p.131-138, IAHS Publ. no. 222, Helsinki 1994.

FRIEDL, Helmut: Ein Vergleich der eiszeitlichen Terrassen und ihrer Böden an der Pinka im südlichen Burgenland.- Wien: 1983.- S.257-261: 2 Abb.-
-In: 25 Jahre Bodenkartierung/Bundesanst.f.Bodenwirtschaft (Red.A.Krabichler)

FRIEDL, Helmut: Kartierungsbereich Jennersdorf, Burgenland 1:25000.- M.1:25000; Topographie: BEV.- Wien: Bundesanst.f. Bodewirtschaft., 1987.- 10 + 2 Bl.: Farbendr.; 37,8 x 27,5 cm.- Österreichische Bodenkartierung: Bodenkarte 1:25.000; 125.- Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25.000: P.S.629,40 (194 S., Illustr.)

GEISSLER, Franz: Trinkwasserversorgung im Bezirk Jennersdorf : Stand 1976.- Illmitz: 1977.- S.1-29: 5 Tab., Anhang.- Biol.Forschungsinst.Burgenland Ber.; 18.-

GIERKE J.S. et al.: Modeling the Movement of Volatile Organic Chemicals in Columns of Unsaturated Soil. - Water Resources Research, Vol. 26, NO. 7, p.1529-1547, American Geophysical Union, Washington, D.C. 1990.

GROSINA, Helmut; Burgenland / Amt der Landesregierung, Abteilung Umweltreferat: Umwelt, Rohstoff, Energie: Koordination 1986.- Eisenstadt: 1987.- 53: Umwelt Burgenland; 10.-

HACKER, Peter; KOLLMANN, Walter: Isotopenhydrologische und hydrochemische Untersuchungen im südlichen Burgenland, Österreich.- Wien: 1981.- S.245-263: 6 Abb., 1 Tab.- Mitt.Österr.Geol.Ges.; 74/75.-

HACKER, Peter; KOLLMANN, Walter: Zwischenbericht über isotopenhydrologische und hydrochemische Untersuchungen im südlichen Burgenland.- Wien: 1980-03-06.- 10 Bl.: 2 Tab., 1 Beil.gef.; 29,5 cm.-
-In: Wasserhöfigkeitskarte f.d.Bezirke Oberwart, Güssing und Jennersdorf: Abschlußbericht 1979
Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt B-A-005/79
Bibl.d.Geol.Bundesanst.Wiss.Archiv Nr. A 05101-R

HEINRICH, Maria; GAMERITH, Walter (Mitarb.); KOLLMANN, Walter (Mitarb.): Geologische Bundesanstalt / FA Rohstoffgeologie: Detailerkundung der Schottervorkommen im Unteren Lafnitztal:

Allgemeiner Teil

Projekt BA 14a/86. Projektendbericht.- Wien: Verl.d.Geol.
Bundesanst., 1987.- 57 S.: 36 Abb., 5 Tab., 7 Beil.; 29,5 cm.-
Ber.Geol.Bundesanst.; 8.-
Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt B-A-014a/86
Auch auf 16 mm-Mikrofilm in 6 Jackets

HEINRICH, Maria: Geologischer Überblick zur Erkundung
mittelfristig nutzbarer Schottervorkommen im unteren Lafnitztal,
Burgenland.- Illmitz: 1987.- S.29-34: 1 Abb.-
Biol.Forschungsinst.Burgenland Ber.; 62.-

HEINZ-ARVAND, Mahin: Hydrogeologische Untersuchungen im
südlichen Burgenland (Pinka-, Raab-, Lafnitztal).- Wien: 1983.-
S.179-195: 12 Abb.-
Verh.Geol.Bundesanst.; 1982/3.-

HÖTZL H., WOHLNICH S., ZÖTL J.G. & BENISCHKE R. :
Verkarstung und Grundwasser im As Summan Plateau (Saudi Arabien). -
Steir. Beitr. z. Hydrogeologie, Bd. 44, S. 5-158, Graz 1993.

KÖNIG R.: Quantifizierung der Bodenwasserbewegungen im Hinblick
auf die Grundwasserneubildung mit Hilfe deckschichtenphysikalischer
Kenngrößen. - Hydrogeologie und Umwelt, (6), 1 - 156, Würzburg 1993.

KOLLMANN, Walter: Bericht 1976 über hydrogeologische Aufnahmen
im Tertiär auf den Blättern 191, Kirchbach in Steiermark und
193, Jennersdorf.- Wien: 1977.- S.A153:
Verh.Geol.Bundesanst.; 1977.-

KOLLMANN, Walter: Bericht 1979 über hydrogeologische
Untersuchungen auf Blatt 193 Jennersdorf.- Wien: 1983.- S. A129:
Verh.Geol.Bundesanst.; 1980/1.-

KOLLMANN, Walter: Bericht 1980 über hydrogeologische
Untersuchungen auf den Blättern 136 Hartberg, 167 Güssing, 168
Eberau und 193 Jennersdorf.- Wien: 1984.- S.A133-A135:
Verh.Geol.Bundesanst.; 1981.-

KOLLMANN, Walter: Bericht 1981 über hydrogeologische
Untersuchungen auf den Blättern 136 Hartberg, 137 Oberwart, 138
Rechnitz, 167 Güssing, 168 Eberau und 193 Jennersdorf.- Wien:
1984.- S.A103-A104:
Verh.Geol.Bundesanst.; 1982/1.-

KOLLMANN, Walter: Bericht 1982 über hydrogeologische
Untersuchungen auf den Blättern 136 Hartberg, 137 Oberwart, 138
Rechnitz, 167 Güssing, 168 Eberau, 192 Feldbach und 193
Jennersdorf.- Wien: 1983.- S.340:
Jb.Geol.Bundesanst.; 126.-

KOLLMANN, Walter; ERHART-SCHIPPEK, Werner; GAMERITH, Walter;
MEYER, Johann Willibald; ULLRICH, Jörg.: Hydrogeologische,

Allgemeiner Teil

geophysikalische und isopenanalytische Untersuchungen im südlichen Burgenland im Jahr 1981.- Wien: 1982-03-12.-

-In: Wasserhöfigkeitskarte f.d.Bez.Oberwart, Güssing, Jennersdorf: Jahresbericht 1981

Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt B-A-005a/81F
Bibl.d.Geol.Bundesanst.Wiss.Archiv Nr. A 05433-R

KOLLMANN, Walter; FANK, Johann; GAMERITH, Walter; KOPAL, Josef; MEYER, Johann Willibald; SCHMÖLLER, Rupert.: Jahresendbericht 1982 über hydrogeologische Untersuchungen im südlichen Burgenland.- Wien: 1983-04-11.- 281 Bl.: Ill.; 29,5 cm.-

-In: Wasserhöfigkeitskarte für die Bezirke Oberwart, Güssing und Jennersdorf: Endbericht 1982

Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt B-A-005a/82
Bibl.d.Geol.Bundesanst.Wiss.Archiv Nr. A 05615-R

KOLLMANN, Walter; GAMERITH, Walter; GOTTSCHLING, Helga; GYÖRGY, Tibor; HERRMANN, Paul; MEYER, Johann Willibald; SCHMID, Christian; SCHMÖLLER, Rupert; SZABADVARY, Laszlo; WEBER, Franz; KOLLMANN, Walter (Proj.-Leiter): Jahresendbericht 1984 über geophysikalische und hydrogeologische Untersuchungen im südlichen Burgenland.- Wien: 1985.- II, 320 S.: Ill.; 29,5 cm.-

-In: Wasserhöfigkeitskarte für die Bezirke Oberwart, Güssing und Jennersdorf

Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt B-A-005a/84F
Bibl.d.Geol.Bundesanst.Wiss.Archiv Nr. A 06108-R

KOLLMANN, Walter; GAMERITH, Walter; MEYER, Johann Willibald; SCHIPPEK, Werner; SCHMÖLLER, Rupert.: Ergänzungen zu den hydrogeologischen Karten 167, Güssing und 193, Jennersdorf.- Wien: 1981.- 19 Bl.: 27 Abb., Beil. ungez.; 29,5 cm.-

-In: Wasserhöfigkeitskarte für die Bezirke Oberwart, Güssing, Jennersdorf: Jahresbericht 1980

Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt B-A-005a/80F
Bibl.d.Geol.Bundesanst.Wiss.Archiv Nr. A 05197-R

KOLLMANN, Walter; GAMERITH, Walter; MEYER, Johann Willibald; SCHMÖLLER, Rupert.: Jahresendbericht 1983 über geophysikalische und hydrogeologische Untersuchungen im südlichen Burgenland.- Wien: 1984-04-17.- II, 293 Bl.: Ill.; 29,5 cm.-

-In: Wasserhöfigkeitskarte für die Bezirke Oberwart, Güssing, Jennersdorf

Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt B-A-005a/83F
Bibl.d.Geol.Bundesanst.Wiss.Archiv Nr. A 05803-R

KOLLMANN, Walter: Erläuterungen zur Geologischen Karte der Republik Österreich 1 : 50.000 Blatt 137 Oberwart. - In: PAHR, Alfred mit Beiträgen von HERRMANN, Paul und KOLLMANN, Walter, Geol. Bundesanst., 47 S., ISBN 3-900312-10-9, Wien 1984.

KOLLMANN, Walter: Wasserhöfigkeitskarte für die Bezirke Oberwart, Güssing, Jennersdorf: Zwischenbericht für den Zeitraum Jänner bis

Allgemeiner Teil

Oktober 1984.- Wien: 1984-10.- 11 Bl.: 3 Abb., 6 Anl.;
-In: Wasserhöfigkeitskarte Südburgenland
Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt B-A-005a/84F
Bibl.d.Geol.Bundesanst.Wiss.Archiv Nr. A 05936-R

KOLLMANN, Walter: Stand der hydrogeologischen Untersuchungen im
südlichen Burgenland (Österreich).- Wien: 1984.- S.55-71:
11 Abb., 3 Tab.-
Arch.Lagerstättenforsch.Geol.Bundesanst.; 5.-

KOLLMANN, Walter: Grundwasserverhältnisse im unteren
Lafnitztal.- Illmitz: 1987.- S.15-27: 3 Abb., 1 Tab.-
Biol. Forschungsstation Burgenland Ber.; 62.-

KOLLMANN, Walter: Geohydrologische Untersuchung zur Beurteilung der
Wasserhöfigkeit im südlichen Burgenland 1978 - 1984:
Abschlußbericht.- Wien, Eisenstadt: Burgenländ.Landesmus.
1987.- 55 S.: 3 Beil., 24 Ktn.gef.; 29,5 cm.-
-In: Wasserhöfigkeit für die Bezirke Oberwart, Güssing,
Jennersdorf
Ber.Geol.Bundesanst.; 7.-
Wiss.Arb.Burgenland; 76
ISBN 3-85405-102-3, 55 S.: 3 Beil.,
Bund/Bundesländer.Rohstoffprojekt B-A-005a/78-84
ISBN 3-85405-102-3

KOLLMANN W. et al.: Hydrogeologisch- aerogeophysikalische Kartierung
in Versuchsgebieten. - Unpubl. Jahresendbericht für den Zeitraum
März 1991- Feb. 1992 zum ÖAW - HÖ Proj. Pöllau, 66 S., Wien 1992.

KOLLMANN W. et al.: Nachweis des tatsächlichen unterirdischen Fließweges und
der Fließzeit durch geoelektrische Kartierung von eingebrachtem Salztracer. -
Unpubl. Jahresendbericht für den Zeitraum Apr. 1991- Feb. 1992
zum Proj. Ü34, 67 S., Wien 1992.

KOLLMANN, Walter; JOBSTMANN, Heide; KURZWEIL, Hans; HOFER, Josef;
SHADLAU, Siauvaush; PASCHER, Günther A.; KOLLMANN, Walter
(Projektl.): Geologische Bundesanstalt / FA Hydrogeologie:
Umweltgeologische Untersuchungen zur Beurteilung des
Kontaminationsrisikos und der Schutzfunktion von Deckschichten
ber oberflächennahen Grundwasserleitern im periglazialen
Sedimentationszyklus des südlichen Burgenlandes.- Wien: 1995-02-
28.- 277 Bl.: 6 Teile; 29,5 cm.-
-In: Umweltgeologie und Kontaminationsrisiko
südburgenländischer Grundwasservorkommen
Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt B-U-002/93F
Bibl.Geol.Bundesanst./Wiss.Archiv Nr.A 10457-R

KOLLMANN, Walter; MEYER, Johann Willibald: Neue Ergebnisse
hydrogeologischer Untersuchungen im südlichen Burgenland

Allgemeiner Teil

(Österreich).- Eisenstadt: 1981.- S.51-62: 2 Abb., 3 Tab.-
Wiss. Arb. Burgenland; 63.-

KOLLMANN, Walter; SCHIPPEK, Werner;; Legende und Kurzerläuterungen zu den
hydrogeologischen Karten ÖK 167,Güssing und ÖK 193,Jennersdorf.-
Wien: 1980-02-21.- 10 Bl.: 1 Beil.-
-In: Wasserhöfigkeitskarte für die Bezirke Oberwart, Güssing,
Jennersdorf:Abschlußbericht 1979.
Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt B-A-005/79
Bibl.d.Geol.Bundesanst.Wiss.Archiv Nr. A 05118-R

KOLLMANN, Walter: Wasserhöfigkeitskarte Südliches Burgenland.-
Eisenstadt: Amt d.Burgenl.Landesreg., 1985.- S.56-66: 3 Abb.-
-In: 8. Arbeitstagung Bund-Bundesländerkooperation auf dem
Gebiet der Rohstoff- und Energieforschung am 9. und 10. Oktober
1985 in Eisenstadt, Umwelt Burgenland; 4.-

LLOYD J.W. et al. (in DOWNING R.A. & WILKINSON W.B., 1991):
Urban and industrial groundwater pollution. - New York 1991.

MAROSI, J. : Die Nitratsituation im Burgenland. - In: Gas - Wasser - Wärme
90, Heft 9, 35 Seiten, 44.Jahrgang, Wien Sept.1990.

NACHTNEBEL, H. P. & HOLZMANN, H.: Regionale Grundwasserneubildung im Marchfeld. -
Archiv f. Lagerstättenforsch., Geolog. Bundesanst., Bd.. 14, 93 - 101, Wien 1993.

OOSTROM M. et al.: Behavior of Dense Aqueous Phase Leachate Plumes
in Homogeneous Porous Media. - Water Resources Research, Vol.
28, NO. 8, p.2123-2134, American Geophysical Union,
Washington, D.C. 1992.

SAUERZOPF, Franz: Kartierung des Naturraumpotentials:
Erläuterungen zur Kartenvorlage anlässlich des Forum
Pann.rer.nat., 1986.- Illmitz: 1987.- S.63-66: 1 Abb.-
Biol.Forschungsinst.Burgenland Ber.; 62.-

SAUERZOPF, Franz: Tertiär und Quartär im Südburgenland.- Wien:
1990.- S.41-47: Exkursionsführer Österr.Geol.Ges.; 13.-

SCHMID, Hans; PIRKL, Herbert R.; SURENIAN, Rouben; TATZREITER,
Franz; ZIMMER, Wolfgang: Erfassung und Beurteilung von
Lockersedimenten des Burgenlandes: Endbericht Projektteil 1978.-
Wien: 1979.- 24 Bl.: 2 Beil.; 29,5 cm.-
-In: Lockersedimente Burgenland: Endbericht 1978.-
Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt B-A-001/78
Bibl.d.Geol.Bundesanst.Wiss.Archiv Nr. A 05052-R

ULLSPERGER I.: Wasserhaushalt der ungesättigten Zone eines
quartären Carbonatschotters. - Diss. d. Inst. f. Wasserchemie
u. Chem. Balneologie, TU München, 148 S., München 1989.
