

# **Hydrogeologische Untersuchungen zur Abgrenzung von Schutz- und Schongebieten in der Oststeiermark (Gemeinde Hartberg und Hartberg-Umgebung)**

**H. HÄUSLER**

Inhalt

**Zusammenfassung**

- 1.0 Einleitung und Problemstellung**
- 2.0 Kurzcharakterisierung der Schichtfolge und Tektonik**
  - 2.1 Kristallin des Ringkogelgebietes**
  - 2.2 Tertiär und Quartär südlich von Hartberg**
  - 2.3 Junge Bruchtektonik**
- 3.0 Naturraumpotentialkarten 1:10.000**
  - 3.1 Wasserdurchlässigkeit des Bodens**
  - 3.2 Erosionsgefahr, Rutschungs- und Überschwemmungsgefährdung**
  - 3.3 Bohrprofilkarte**
  - 3.4 Kluft-, Störungs-, Lineament und Talnetzanalyse**
- 4.0 Hydrogeologisch-geohydrologisches Wirkungsgefüge**
- 5.0 Klassifizierung von Wasserspenden**
  - 5.1 Charakterisierung nach der Wasserhärte**
  - 5.2 Charakterisierung von Quellen nach der Schwankungsziffer der Schüttung**
- 6.0 Bestimmung der mittleren Höhe des Einzugsgebietes als Grundlage für die Rekonstruktion vermutlicher Infiltrationsgebiete**
- 7.0 Hydrogeologische Modelle**
- 8.0 Aktuelle anthropogene Gefährdung**
- 9.0 Abgrenzung von Schutz- und Schongebieten**
- 10.0 Literatur**

## **Zusammenfassung**

Für die generelle Abgrenzung von Schongebieten im Raum Hartberg-Umgebung (Oststeiermark) wurde ein kombiniertes Untersuchungs- und Auswerteprogramm durchgeführt, das eine geologisch-geomorphologische Geländekartierung im Maßstab 1 : 5.000 (geogenes Risikopotential) inklusive Flachbohrungen und geoelektrischer Tiefensondierungen nach der WENNER-Methode, lithologische Untersuchungen und Bestimmung von Durchlässigkeitsbeiwerten, die Auswertung von Strukturdaten (Gelände, Luft- und Satellitenbilder) der hydrogeologisch relevanten Bruchzonen, eine Quellkartierung und Brunnenaufnahme, hydrochemische Untersuchungen, die Ermittlung der Jahresganglinien von 27 ausgewählten Brunnen (Schüttung, Elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Wasser-Temperatur, Sauerstoff-Isotope), sowie die Ermittlung von Tritium- und C14-Daten beinhaltete. Die Grundlage für die Erstellung der hydrogeologischen Modelle waren 9 Naturraumpotentialkarten im Maßstab 1 : 10.000 und betrafen:

**Wasserdurchlässigkeit des Bodens**

**Erosionsgefahr, Rutschungs- und Überschwemmungsgefährdung**

**Bohrprofilkarte**

**Abgedeckte geologische Karte**

**Kluft-, Störungs-, Lineament und Talnetzanalyse**

**Jahresganglinien der Wassertemperatur, Schüttung, Elektrischen Leitfähigkeit, Sauerstoffisotopen und des pH-Wertes**

**Rekonstruktion der mittleren Höhe der Einzugsgebiete aufgrund der Sauerstoffisotopen als Grundlage einer Plausibilitätsprüfung für mögliche Infiltrationsgebiete**

**Synoptische Darstellung der vermutlichen Infiltrationsgebiete unter Berücksichtigung der orographischen und hydrogeologischen Einzugsgebiete, der Jahresganglinien der Wassertemperatur, Schüttung und Sauerstoffisotopen sowie der Hydrochemie**

**Provisorische Übersichtskarte der anthropogenen Beeinflussung**

Aus den synoptischen Auswertungen der thematischen Karten wurden folgende 6 verschiedene hydrogeologische Modelle erstellt:

1. Das hydrogeologische Modell für die Folgequellen aus dem Kristallin des Ringkogelgebietes dürfte prinzipiell aus zwei sich überlagernden Mechanismen eines Basisabflusses mit periodischem Zwischenabfluß bestehen.
- 2.a. Das hydrogeologische Modell für die oberflächennahen und grundgebirgsnahen, an die "Karbonatreiche Serie" des Sarmat gebundenen, Wässer ist noch sehr unklar. Möglicherweise trifft ein kombiniertes Modell aus Kluft- und Verwerfungsquelle zu.
- 2.b. Das hydrogeologische Modell für die grundgebirgsnahen, an die "Karbonatreiche Serie" des Sarmat gebundenen Arteser läßt sich generell mit der, über dem Kristallin gegen Süden abfallenden, tertiären Schichtfolge erklären.
3. Das hydrogeologische Modell für das oberflächennahe, an die "Karbonatreiche Serie" des Sarmat gebundene, erbohrte Wasser des Brunnen 47 wird vermutlich stark durch die junge Bruchtektonik beeinflusst.
- 4.a. Das hydrogeologische Modell für die oberflächennahen, an die "Karbonatreiche Serie" des Sarmat gebundenen, erbohrten Wässer beinhaltet sandige und karbonatische Serien als Aquifer.
- 4.b. Für die oberflächennahen, an die "Karbonatreiche Serie" des Sarmat gebundenen Wallerquellen trifft vermutlich ein kombiniertes hydrogeologisches Modell zu.
5. Das hydrogeologische Modell für die, im Liegenden und Hangenden der "Karbonatreichen Serie" des Sarmat erbohrten Arteser läßt mehrere Grundwasserstockwerke unter dem Talboden erkennen und läßt sich generell gut mit der, mit wenigen Graden gegen Süden, unter den stauenden Tonstein des Unterpannon abfallenden, tertiären Schichtfolge erklären.

6. Das hydrogeologische Modell für die Schichtstauquellen im Tertiär südlich Hartberg bei Hopfau basiert auf einem Stauhorizont des Unterpannon (Tonstein), an dem die Wässer aus verschiedenen, über dem Talboden liegenden wasserführenden Horizonten aus dem hangenden "Mehlsand" bzw. aus dem geringmächtigen Schotter (Kapfensteiner Schotter) des Mittel-Pannon austreten.

Resultierend aus diesen Voruntersuchungen und der Beurteilung der anthropogenen Gefährdung aufgrund einer Klassifizierung der Nitratbelastung und der Kartierung der Abfalldeponien werden Vorschläge für die Abgrenzung der Grundwasserschutz- und Schongebiete im Raum Hartberg-Umgebung angeführt.

### 1.0 Einleitung und Problemstellung

Die von 1991 bis 1993 durchgeführten Untersuchungen zur Erhebung des Gefahrenpotentials für die Trinkwassergewinnung der Gemeinden Hartberg und Hartberg-Umgebung wurden im Rahmen dreier Diplomarbeiten durchgeführt. Die beiden Arbeiten von M. JUNG: "Zur Geologie der Umgebung von Hartberg (Oststeiermark) unter besonderer Berücksichtigung der jungen Bruchtektonik" und von G. BIEBER: "Zur Hydrogeologie der Umgebung von Hartberg (Oststeiermark) unter besonderer Berücksichtigung des anthropogenen Risikopotentials" wurden am Institut für Geologie der Universität Wien bearbeitet.

Die Arbeit von Frau M. SCHWARZ: "Ausweisung von Vorranggebieten zum Schutz des Grundwassers im Gebiet von Hartberg (Oststeiermark)" stellt eine Grundsatzstudie am Institut für Raumplanung der Universität für Bodenkultur in Wien dar. Die besonders geländeintensiven und laboraufwendigen Projektarbeiten erfolgten aufgrund einer Drittmittelfinanzierung (50% Land Steiermark, 50% Stadtwerke Hartberg).

Die allgemeine Problemstellung "Vermehrter Wasserverbrauch - zu geringes Angebot" konkretisiert sich im Raum Hartberg durch geringe Schüttungsmengen der Ringkugel-Wasserleitung, durch eine Übernutzung der Grundwasservorkommen im Hartberger Safental, durch die generelle Übernutzung der artesischen Wässer (speziell als Hausbrunnen; L. BERNHAUPT et al. 1972), die Verunreinigung des oberflächennahen Grundwassers durch mineralischen und animalischen Dünger und die Auswirkungen

von Altlasten und wilden Deponien (anthropogenes Gefahrenpotential), sowie das Ausmaß des Einflusses von Rutschungen, Überschwemmungen etc. (geogenes Gefahrenpotential).

Ziel der hydrogeologischen Projektarbeiten war die Erhebung des geogenen und anthropogenen Gefahrenpotentials für die derzeitige Trinkwassergewinnung, die Berücksichtigung dieses Gefahrenpotentials im Flächenwidmungsplan 1 : 5.000, sowie die Schaffung einer Beurteilungsgrundlage für eine mögliche Reduzierung des Gefahrenpotentials bei der künftigen Wassererschließung. Zweck der Untersuchungen war die Ausweisung von Vorranggebieten zum Schutz des Grundwassers, die Revision der Schutzgebiete der Quellen und der bestehenden Wasseranlagen sowie die Unterbreitung von Vorschlägen für die weitere Trinkwasser-Erschließung.

Die Projektarbeiten umfaßten von Juli 1991 bis Dezember 1993:

Geologisch-geomorphologische Geländekartierung im Maßstab 1 : 5.000 (geogenes Risikopotential) inklusive Flachbohrungen

Lithologische Untersuchungen und Bestimmung von Durchlässigkeitsbeiwerten

Auswertung von Strukturdaten (Gelände, Luft- und Satellitenbilder) der hydrogeologisch relevanten Bruchzonen

Quellkartierung und Brunnenaufnahme

Hydrochemische Untersuchungen

Ermittlung der Jahresganglinien von 27 ausgewählten Brunnen (Schüttung, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Wasser-Temperatur, Sauerstoff-Isotope)

Ermittlung von Tritium- und C14-Daten ausgewählter Brunnen

## **2.0 Kurzcharakterisierung der Schichtfolge und Tektonik**

Das bearbeitete Gebiet läßt sich in zwei unterschiedliche hydrogeologische Einheiten unterteilen (Abb. 1). Dies sind

1. das Raabalpenkristallin (Ringkogelgebiet), welches die hangendste tektonische Einheit des Unterostalpins bildet, und
2. das tertiäre Fürstenfelder Becken, das eine Teileinheit des Steirischen Beckens darstellt und somit dem pannonischen Sedimentationsraum zuzuordnen ist.

## 2.1 Kristallin des Ringkogelgebietes

Der Gesteinsbestand des Raabalpenkristallins besteht nördlich Hartberg aus metamorphen Sedimentgesteinen, die heute in Form von Granatglimmerschiefern, Schiefern und Paragneisen vorliegen, sowie aus alpidisch überprägten Orthogneisen, die aus Zweiglimmergraniten, Tonaliten (des Karbon) und Zweiglimmergranodioriten (des Perm) hervorgegangen sind. Die Schiefer sind meist nur sehr gering verwittert und im Meterbereich geklüftet, wobei lang anhaltende Klüfte eher selten sind. Die Bodenbildungen erreichen Mächtigkeiten von wenigen dm bis etwa  $1\frac{1}{2}$  m. Eine großräumig verbreitete, tiefergreifende Verwitterung konnte nicht festgestellt werden. Im Gegensatz zu den Schiefern sind die grobkörnigen sauren Granitgneise bis in mehrere Meter Tiefe verwittert, sodaß es im Aufschluß auf den ersten Blick oft schwierig ist, anstehendes verwittertes Kristallin von tertiären Sanden zu unterscheiden. Die in situ-Verwitterung ist jedoch teilweise noch aufgrund der erkennbaren Schieferung oder Klüftung des ehemaligen Festgesteins zu erkennen.

Das Material der Verwitterungsdecke ist häufig extrem schlecht sortiert und führt einen hohen, siebanalytisch nicht differenzierbaren Feinanteil, was den Schluß auf eine geringe Durchlässigkeit zuläßt. Daneben tritt auch, speziell in Gesteinen granitischer Zusammensetzung eine bis mehrere Meter tiefeichende Verwitterung auf, wobei der noch vorhandene hohe Feldspatgehalt (G. ANTES, 1992, S. 75) auffällt.

Eine erste Interpretation der bisherigen Beobachtungen und der Jahresganglinien der Quellen des Ringkogelgebietes zeigt, ähnlich wie die Untersuchungen im nahegelegenen Kristallingebiet nördlich Pöllau (G. ANTES, 1992), daß die kurzfristige Wasserspeicherung hauptsächlich in der Verwitterungszone erfolgt (J. ZÖTL, 1967). Kf-Wert-Berechnungen (aus der Kornsummenkurve) von  $3,7 \times 10E-6$  m/s für Verwitterungsmaterial aus einem Grobgnais und in situ-Infiltrationstests (Tracerinfiltrationstest INTEST nach W. KOLLMANN) im Verwitterungsmaterial des Steinbruches Schloffereck zur Beurteilung des Versickerungsverhaltens in der ungesättigten Zone mit einer vertikalen Versickerungsgeschwindigkeit von ca. 0.05 mm/sec (l. c.) charakterisieren den Verwitterungsschutt als durchlässig (G. ANTES, 1992).

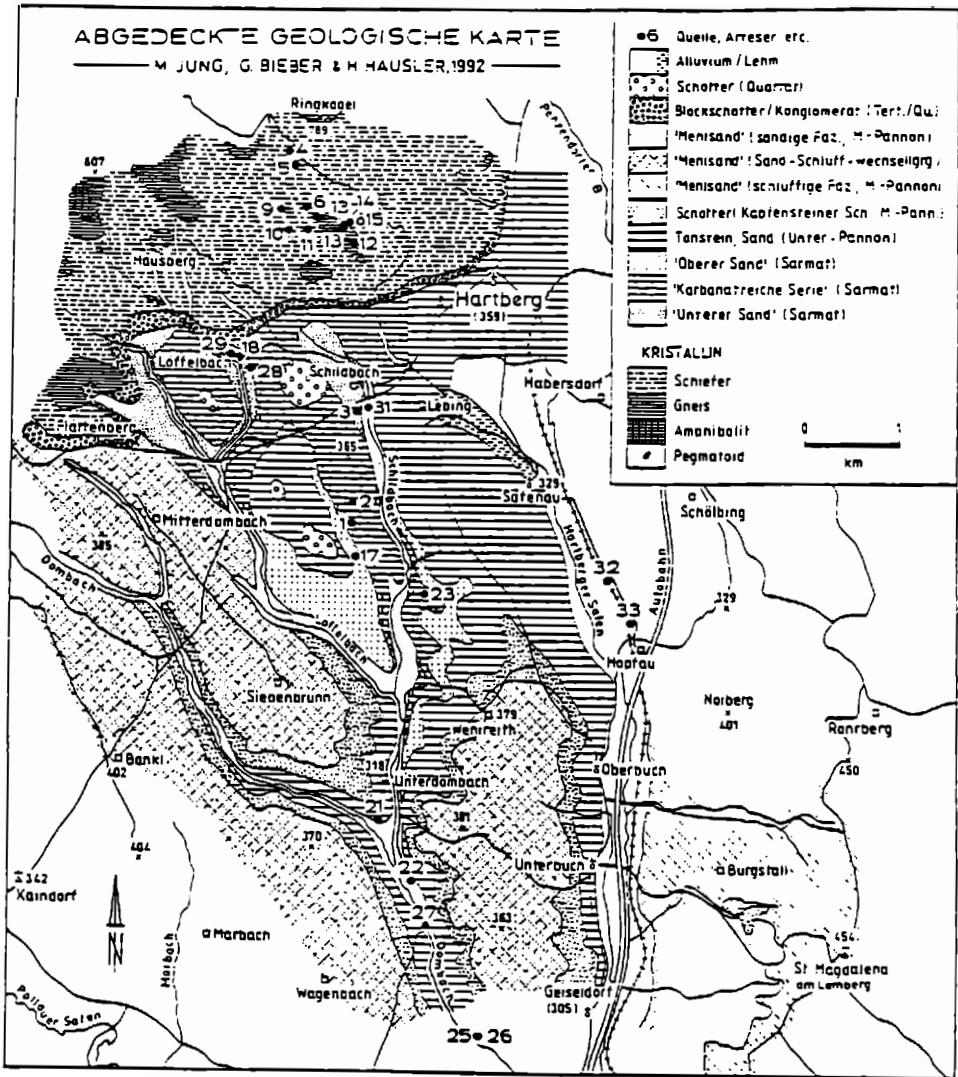


Abb. 1: Abgedeckte geologische Karte des Gebietes Hartberg-Umgebung (Oststeiermark) nach Aufnahmen von K. NEBERT (1985), sowie M. JUNG, G. BIEBER & H. HAUSLER (1992).

## 2.2 Tertiär und Quartär südlich von Hartberg

Die aufgrund der Obertagskartierung und der zahlreichen Bohrungen aufgeschlossenen tertiären Schichtfolgen betreffen vor allem die sandig-tonige Fazies des Sarmat und Pannon. Die für eine hydrogeologische Charakterisierung vereinfachte Legende (H. HÄUSLER & M. JUNG, 1992; Beilage 4: Abgedeckte geologische Karte 1:10.000) entspricht den Legenden der Karten von K. NEBERT (1952) und K. NEBERT (1985), wobei die Schichtfolge vom stratigraphisch Hangenden gegen das Liegende (nachfolgende Punkte 1-8) hydrogeologisch kurz charakterisiert wird.

1. Alluvium/Lehm (= "Alluvium", K. NEBERT, 1952; = "Alluvionen, Terrassenablagerungen", Quartär; K. NEBERT, 1985)

Für die in Aufschlußbohrungen SE Hartberg (Ersatzbrunnen Milchtrockenwerk Fa. Agrosserta NE Habersdorf) angetroffenen 1.4 bis 2.4 m mächtigen, linsenförmigen fluviatilen Grobsand- bis Feinkieslagen gibt M. SCHUCH (1980) Durchlässigkeitsbeiwerte von 2.0 bis 4.1 x 10E-3 m/s an, während sie für die Feinsand- und Schlufflagen größenordnungsmäßig nur 10E-5 bis 10E-6 m/s betragen.

2. Blockschotter/Konglomerat; Tertiär/Quartär (= "Blockschotter-Konglomerat"; "Blockschotter"; Mittelpannon; K. NEBERT, 1952; = "Grobklastischer Komplex", Pliozän; "Schuttmaterial" Quartär; K. NEBERT, 1985)

Am Südrand der Kristallinhänge des Ringkogels setzen Blockschuttkörper ein, die sich möglicherweise in ihrem basalen Anteil mit der sedimentären Abfolge des Tertiärs verzahnen. Dieses z. B. nördlich HARTBERG rinnenförmig aufgeschlossene Material ist vermutlich von Wildbächen abgelagert worden, da es schlecht gerundete und schlecht sortierte Gesteinsfragmente von cm bis zu einem 1/2 m Durchmesser beinhaltet.

3. Mehlsand, schluffige Fazies; sandige Fazies; Sand-Schluff-Wechselagerung; Mittel-Pannon (= "Mehlsande", Mittelpannon; K. NEBERT, 1952; = "Hangendfolge", Mittelpannonien; K. NEBERT, 1985)



Die in den "Mehlsanden" vorkommenden Fein- bis Grobsande und kiesigen Zwischenlagen sind aufgrund punktuell ermittelter kf-Werte von  $3,87 \times 10E-4$  (Proben Sandgrube Scherf/Flattendorf) als durchlässig zu bezeichnen. Die Gesamtdurchlässigkeit der "Mehlsande" wird durch das Auftreten der tonigen und schluffigen Zwischenlagen jedoch herabgesetzt. Man kann daher in diesem Zusammenhang die "Mehlsande" als nur mehr gering durchlässig bezeichnen.

4. Schotter (Kapfensteiner Schotter; Mittel-Pannon; = "Kapfensteiner Schotterzug", Mittelpannon; K. NEBERT, 1952; = "Kapfensteiner Schotter", Mittelpannonien, K. NEBERT, 1985)

Der "Kapfensteiner Schotter" kann dann als nicht besonders gut durchlässig bezeichnet werden, wenn eine tonig-feinsandige Matrix vorherrscht und die Schotter stärker verfestigt sind. Fehlt diese Matrix, ist mit einer sehr guten Durchlässigkeit zu rechnen.

5. Tonstein, Sand; Unter-Pannon (= "Tegel und Sande", Unter-Pannon; K. NEBERT, 1952; = "Unterpannonien", K. NEBERT, 1985)

Die basalen Tegel zeichnen sich durch eine schlechte Durchlässigkeit aus. Mit einer Verbesserung der Wasserwegigkeit ist lokal wegen der Fossilführung nur an der Basis und in Bereichen mit Kryoturbationserscheinungen (z.B. in der Ziegelgrube Hartberg; H. FLÜGEL, 1963) bzw. in geklüfteten Bereichen zu rechnen.

6. Oberer Sand, Sarmat (= "Obere fluviatile Sande", Sarmat; K. NEBERT, 1952; = "2. Sedimentationszyklus", Sarmatien, K. NEBERT, 1985)

Die hydrogeologische Charakterisierung des "Oberen Sandes" ist vergleichbar mit der von "Unterer Sand" (Sarmat).

7. Karbonatreiche Serie, Sarmat (= "Vorwiegend marine brackische Kalke, Kalksandsteine und Tegel", Sarmat; K. NEBERT, 1952; = "1. Sedimentationszyklus", Sarmatien, K. NEBERT, 1985)

Für die aus Pumpversuchen ermittelten Kf-Werte des sarmatischen Karbonatkomplexes geben T. HARUM & H. LEDITZKY (1986) mittlere Werte aus dem Stationär- und Interstationärzustand von  $K_f = 1.1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$  und Kf-Werte aus der Wiederaufspiegelung von  $3.9 \times 10^{-6} \text{ m/s}$  an, was eine relativ geringe Durchlässigkeit des inhomogenen sarmatischen Grundwasserleiters bedeutet.

8. Unterer Sand, Sarmat (= "Untere fluviatile Sande", Sarmat; K. NEBERT, 1952; = "1. Sedimentationszyklus" Sarmatien, K. NEBERT, 1985)

Die "Unteren fluviatilen Sande" müßten wegen ihrer Zusammensetzung hauptsächlich Fein- bis Mittelsande - einen guten Wasserleiter bilden, obwohl sie in oberflächennahen Aufschlüssen nur bodenfeucht beobachtet werden konnten. Der durch Siebung (Proben Sandgrube Klampfl) ermittelte kf-Wert von  $5.4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$  (Berechnung der Durchlässigkeit aus der Verteilung der Korngrößenklassen) würde ebenso dafür sprechen.

### 2.3 Junge Bruchtektonik

In Ergänzung zu den bisherigen Aufnahmen (K. NEBERT) wurde speziell auf die Erfassung der jungen Bruchtektonik geachtet, da sowohl die regionale Verteilung von Auflockerungszonen, als auch der Versatz von Grundwasser-führenden und Grundwasser-stauenden Horizonten für die hydrogeologische Modellbildung von großer Bedeutung sein kann. Auf die Bedeutung der Bruchtektonik für hydrogeologische Untersuchungen wiesen in jüngster Zeit T. HARUM & H. LEDITZKY (1986) hin.

Besonders gute Aufschlüsse mit post-mittelpannonen Horst- und Grabenstrukturen (maximales Alter 5 Mio. Jahre) finden sich beispielsweise in der Sandgrube südöstlich Flattendorf, in den Sandgruben südwestlich Kaindorf, sowie im Dombachtal südöstlich des Ritterhofes. Die sonst ungestört lagernden, schwach NNE-fallenden Feinsande der Kuppe nordwestlich Jungberg, 1.5 km nordwestlich Geiseldorf, werden von jungen Ost-West-streichenden offenen Klüften zerschnitten, wobei es lokal zu südgerichteten Abtreppungen gekommen ist.

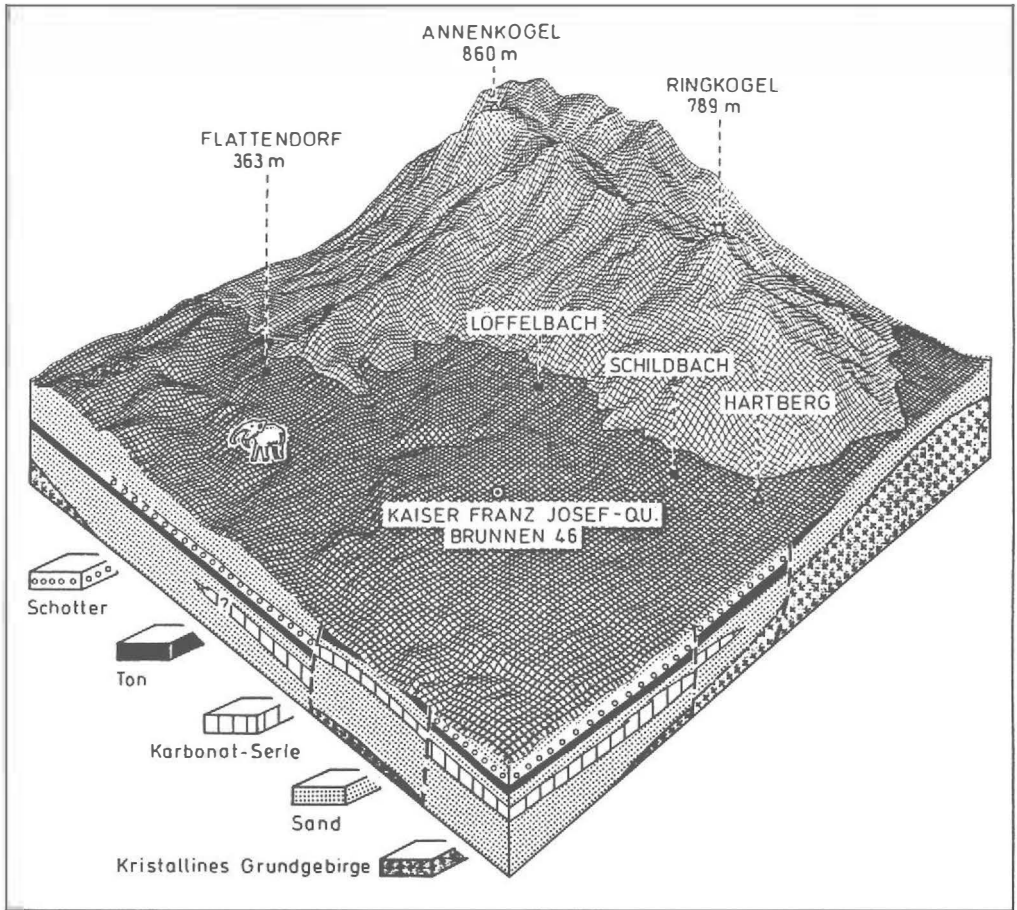


Abb. 2: Schematisches Blockbild der Lagerungsverhältnisse der tertiären Ablagerungen über dem kristallinen Grundgebirge südwestlich von Hartberg unter Verwendung des Digitalen Gelände-Höhenmodells (DGM). Aufgrund der geologischen Neukartierung rekonstruierte jungtertiäre (post-Mittelpannone) bis quartäre Horst- und Grabenstrukturen sind im Tertiärbecken südlich des Ringkogels nur andeutungsweise dargestellt. Südöstlich von Flattendorf liegt der berühmte Fundpunkt des Elefanten-ähnlichen Großsäugers *Dinotherium giganteum* KAUP.

Während im Kristallin nördlich Hartberg eine ungefähr NNE-SSW-streichende Hauptrichtung mit einer markanten zweiten, ungefähr West-Ost-streichenden Richtung vorherrscht, stellt im Gegensatz dazu ein NW-SE-streichendes, dominierendes Kluft- und Störungssystem die Hauptrichtung des Tertiärs dar. Daneben existiert im Tertiär noch eine zweite, WSW-ENE-streichende Klufttrichtung.

Neben einer Erfassung aller Strukturelemente im Gelände wurden auch die im Luftbild erkennbaren Lineamente, sowie die Satellitenbild-Lineamente von M. BUCHROITHNER (1984) dieses Gebietes ausgewertet. Dabei zeigt sich, daß das Nord-Süd-Maximum der Satellitenbild-Lineamente auch in den Luftbild-Lineamenten ausgeprägt ist, das NW-SE-Maximum der Luftbildrichtungen aber in den Satellitenbildrichtungen nur untergeordnet erscheint. In sehr guter Übereinstimmung mit der Luftbildauswertung liegt das NW-SE-streichende Maximum der Klüfte (und Störungen) im Tertiär. Ganz im Gegensatz dazu gibt die Kluftrose im Kristallin der näheren Umgebung nördlich Hartberg die oben angeführten Richtungen nur ganz untergeordnet wieder, es dominieren eigenartigerweise NNE-SSW und ENE-WSW-Richtungen, wofür noch keine Erklärung gefunden werden konnte.

In sehr guter Übereinstimmung sowohl mit den Hauptrichtungen der Störungen im Tertiär als auch mit den Luftbildlineamenten steht die Orientierung der älteren Talgeneration, die auch in der Azimutverteilung der jüngeren Talgenerationen sehr deutlich zum Ausdruck kommt.

### **3.0 Naturraumpotentialkarten 1 10.000**

Folgende 9 Themenkarten im Maßstab 1 10.000 bildeten die Grundlage für die Beurteilung der hydrogeologischen Situation (Beilagen H. HÄUSLER & M. JUNG, 1992; HÄUSLER et al. 1993):

Wasserdurchlässigkeit des Bodens

Erosionsgefahr, Rutschungs- und Überschwemmungsgefährdung

Bohrprofilkarte

Abgedeckte geologische Karte

Kluft-, Störungs-, Lineament und Talnetzanalyse

Jahresganglinien der Wassertemperatur, Schüttung, Elektrischen Leitfähigkeit, Sauerstoffisotopen und des pH-Wertes 1991/1992

Rekonstruktion der mittleren Höhe der Einzugsgebiete aufgrund der Sauerstoffisotopen als Grundlage einer Plausibilitätsprüfung für mögliche Infiltrationsgebiete

Synoptische Darstellung der vermutlichen Infiltrationsgebiete unter Berücksichtigung der orographischen und hydrogeologischen Einzugsgebiete, der Jahresganglinien 1991/1992 (der Wassertemperatur, Schüttung und Sauerstoffisotopen) sowie der Hydrochemie

Provisorische Übersichtskarte der anthropogenen Beeinflussung der Brunnen, Quellen und Gerinne in den Sommer- und Herbstmonaten 1992/93

Im folgenden wird kurz auf die Ergebnisse der semiquantitativen Auswertung der Bodenkarten zur Beurteilung der Wasserdurchlässigkeit der Böden, der Erosionsgefahr, Rutschungs- und Überschwemmungsgefährdung eingegangen und eine Bilanz der Auswertung von Bohrprofilen gezogen. Die Kluft-, Störungs-, Lineament und Talnetzanalyse war wiederum zur Beurteilung der hydrogeologisch relevanten Bruchtektonik von Bedeutung.

### 3.1 Wasserdurchlässigkeit des Bodens

Aufgrund der Beziehung je feinkörniger der Boden umso geringer die Wasserdurchlässigkeit und je grobkörniger desto größer die Durchlässigkeit - wurde eine Dreierklassifizierung in leichte Böden mit hoher Wasserdurchlässigkeit, mittelschwere Böden mit mittlerer Wasserdurchlässigkeit und schwere Böden mit gehemmter Wasserdurchlässigkeit durchgeführt.

Leichte Sand- bis sandige Schluffböden mit relativ hoher Wasserdurchlässigkeit bedingen bei Kontaminationen eine relativ hohe potentielle Gefährdung des oberflächennahen Grundwassers. Mittelschwere tonige Sand-, sandige Lehm und lehmige Schluffböden führen bei einer "mittleren" Wasserdurchlässigkeit zu einer eher "mittleren" Kontaminationsgefährdung.

Schwere Böden wie sandige Tone, Lehme, schluffige Lehme, lehmige Tone und Tone führen zu Tagwasserstau und sind daher in dieser Abstufung am geringsten durchlässig, was somit eine relativ geringe potentielle Gefährdung des oberflächennahen Grundwassers signalisiert.

### 3.2 Erosionsgefahr, Rutschungs- und Überschwemmungsgefährdung

Die flächendeckende Beurteilung der geogenen Gefährdung beruht auf der Auswertung der Bodenkarten 1 : 25.000 der Österreichischen Bodenkartierung (W. FRIEDINGER, 1977).

Böden, die besonders nach Starkniederschlägen **erosionsgefährdet** sind, finden sich speziell an den Abhängen des Ringkogels westlich Hartberg, sowie an den Westhängen zur Hartberger Safen. Es handelt sich dabei vor allem um sandige Böden, wie kalkfreie Lockersediment-Braunerde aus Tertiärsand (Bodenform 22), kalkfreier Kulturrohboden aus sandigem Tertiär-Material (Bodenform 41) und kalkfreier Planieboden aus feinem Tertiär-Material (Bodenform 43).

**Rutschungsanfällige Böden** finden sich im Bereich der kristallinen Verwitterungsdecke westlich Hartberg und im tertiären Hügelbereich östlich der Hartberger Safen. Die Übersichtskarte der rutschungsanfälligen Böden läßt, in Abhängigkeit von der Geologie zwei Gruppen von Risikobereichen erkennen, wobei die Bodenformen 28, 48 und 50 aufgrund ihres Auftretens in Hanglage speziell rutschungsgefährdet sind.

Westlich Hartberg treten z.B. seichte Rutschungen in der kristallinen Verwitterungsdecke auf, die zu bedeutenderen Schadensfällen (Translationsrutschungen) geführt haben. Die Rutschung an der Lokalität Hausberg (Löffelbach Nr. 99) wurde durch einen Starkniederschlag vom 3.-10. 5. 1954 (Meßstation Hartberg: Summe 90,9 mm Niederschlag) ausgelöst (W. BRANDL, 1955, S. 17 f.). Diese an der Grenze von Grobschutt über Kristallin stattgefundenen Rutschung spiegelt sich jedoch beispielsweise in der Auswertung der Bodenkarten nicht wider.

Die Abschätzung der **Überschwemmungsgefährdung** wurde in Hochwässer und Katastrophenhochwässer untergliedert. Die Klassifizierung der Überschwemmungs- bzw. Überstauungsgefahr bei Hochwässern umfaßt die Bodenformen 1-6, 10 und 26-27 und jene bei Katastrophenhochwasser die Bodenformen 7 (entwässerter, kalkfreier Brauner Auboden aus feinem Schwemmaterial) und 8 (kalkfreier Extremer Gley aus feinem Schwemmaterial).

Entsprechend der Breite der Täler und der Entwicklung des Bodentyps sind sowohl die Pöllauer Safen als auch die Hartberger Safen aber auch die kleineren Nebenbäche wie Dombach, Löffelbach und Schildbach sowie die orographisch linken Nebenbäche der Hartberger Safen Überstauungs- bzw. Überschwemmungsgefährdet.

### 3.3 Bohrprofilkarte

Für eine Übersicht des Aufbaues der tertiären Beckenfüllung im Raum Hartberg wurden folgende Bohrungen digitalisiert:

18 Bohrungen: 100-200 m  
5 Bohrungen: 10-60 m  
8 Bohrungen: 5-10 m

Ergänzende Untersuchungen erfolgten in feinen Lockersedimenten durch Seichtbohrungen (bis 7 m) mittels eines Handbohrgerätes in Kombination mit geoelektrischen Profilaufnahmen. Die Bohrprofilkarte läßt die raschen Mächtigkeitsschwankungen der jungtertiären Schichten über dem kristallinen Grundgebirge erkennen, die durch primäre Faziesunterschiede und die junge Bruchtektonik verursacht wurden. Die Bohrprofile bilden in Vergleich mit der abgedeckten geologischen Karte und der Analyse des Kluft- und Lineamentnetzes die Grundlage für die in Teil 5 des Projektberichtes (H. HÄUSLER, 1993) erstellte Prognose einer weiteren Trinkwasser-Erschließung.

### 3.4 Kluft-, Störungs-, Lineament- und Talnetzanalyse

Aus dem Vergleich des Trennflächengefüges, speziell der Störungsrichtungen, in den jungtertiären Ablagerungen mit den älteren und jüngeren Talrichtungen geht deutlich

hervor, daß der Bereich zwischen Hartberger Safen und Pöllauer Safen von einer jungen Bruchtektonik geprägt ist, die auch in den Luftbild- und Satellitenbild-Lineamenten ihren Niederschlag findet und lokal aufgrund von Erdbebenwirkungen noch rezent wirksam sein dürfte.

Die Konsequenz einer Rekonstruktion dieser jungen horst- und grabenartigen Bruchtektonik liegt einerseits in einer neuen Modellvorstellung über die Lagerungsverhältnisse der seichter- und tieferliegenden Aquifere südlich von Hartberg und andererseits in deren möglichen Bedeutung für eine linear erhöhte Grundwasserwegigkeit aber auch Kontaminationsgefahr.

Aufgrund der lokalen bruchtektonischen Analyse sei daher besonders auf die mögliche Kontaminationsgefahr bereits genutzter artesischer Wässer über solche Wegigkeiten hingewiesen.

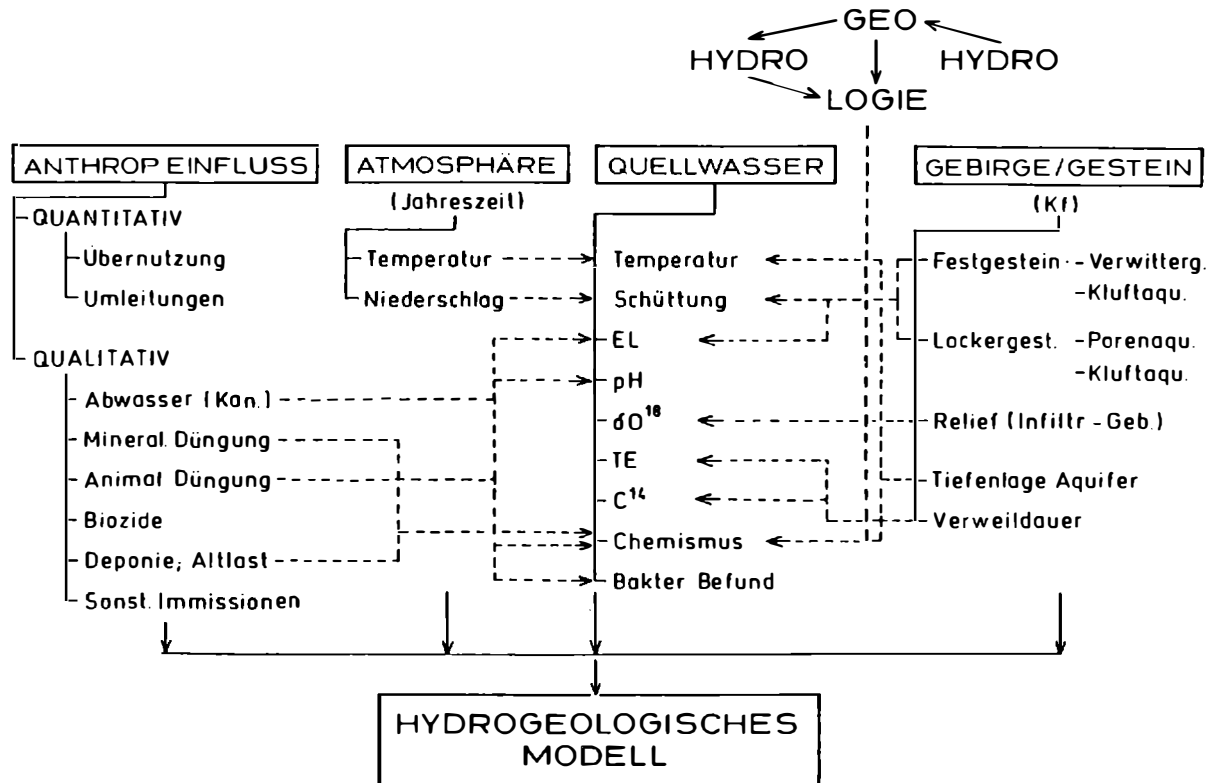
#### **4.0 Hydrogeologisch-geohydrologisches Wirkungsgefüge**

Während gemäß DIN 4049 die Begriffe "Hydrogeologie" und "Geohydrologie" als gleichrangig angesehen werden und sich nur in den angewandten Arbeitsmethoden unterscheiden, hält H. ZETINIGG (1990) den Begriff "Geohydrologie" gemäß ÖNORM B 2400 für übergeordnet. Im folgenden wird daher kurz das Wirkungssystem "Hydrogeologie - Geohydrologie" anhand des durchgeführten Untersuchungsprogrammes in der Oststeiermark erläutert.

Die elektrische Leitfähigkeit gibt als Summenparameter eine Vorinformation über den Mineralisierungsgrad und läßt in Verbindung mit dem (zwar leicht meßbaren, aber schwer interpretierbaren) pH-Wert eine Einteilung in gering mineralisierte, saure und höher mineralisierte, basische Wässer zu.

Der Wasserchemismus wird einerseits durch die durchflossenen Aquifere (Kristallin: gering mineralisiert; Karbonat: stärker mineralisiert) sowie durch mineralische und animalische Düngung, Altlasten etc. beeinflusst. Hohe Keimzahl und hohe Nitratwerte sind beispielsweise rasch und billig zu ermittelnde Indikatoren einer stärkeren anthropogenen Beeinflussung.





Tab. 1: Einzel- und Summenparameter der Wasseruntersuchungen und deren Interpretation in Abhängigkeit vom Gebirge, von der Atmosphäre und von anthropogenen Einflüssen. Die Aufstellung eines hydrogeologischen Modells ist Grundlage für die Beurteilung von Schutz- und Schongebieten.

Auf das Alter und die Verweildauer der Wässer geben Tritium und C14-Messungen Hinweise und die Sauerstoff-18-Messungen erlauben Rückschlüsse auf die mittlere Höhe des Infiltrationsgebietes.

Schüttungsmessungen sind die Summe aus einem Basisabfluß, der aus einem Kluft- und/oder Porenaquifer stammen kann und einem niederschlagsbedingten (bzw. Schmelzwasser-bedingten) Zwischenabfluß. Anhand der Niederschlagskurve des mittleren Monatsniederschlags (aus einer möglichst nahegelegenen Meßstation) ist, unter Berücksichtigung der Höhenabhängigkeit des Niederschlags, eine Interpretation der Jahresganglinie des Abflußverhaltens einer Quelle möglich.

Eine eingehende Charakterisierung der Schüttung nach nur monatlichen Messungen ist, wie die Ergebnisse wöchentlicher Messungen im Ringkogelgebiet (W. BRANDL, 1950-1954) zeigen, problematisch. Trotzdem gibt in den meisten Fällen ein zeitlich "zufälliger" Meßwert je Monat im Vergleich mit der Jahres-Niederschlagskurve (Monatsmittel) über das Jahr eine Ganglinie, die sich gut interpretieren läßt. Die minimale und maximale Schüttung, die gemessen wurde, entspricht vermutlich nicht dem tatsächlichen Minimum und Maximum.

Dennoch drückt die Schwankungsziffer dieses Verhältnis größenordnungsmäßig richtig aus. Die Schüttung von Quellen gibt einen allgemeinen Hinweis auf die Größe des Einzugsgebietes bzw. Mächtigkeit des Aquifers und die Verweildauer des Wassers. Ein rasches Ansteigen der Schüttung nach Regen spricht bei oberflächennahen Quellen im allgemeinen für eine sehr kurze Verweildauer (INTERFLOW). Bei genutzten Quellen können dadurch Kontaminationen rasch in die Trinkwasserleitung gelangen.

Sehr gute Hinweise über den Zusammenhang zwischen Niederschlag und Schüttung, sowie zwischen Lufttemperatur und Wassertemperatur der Ringquellen verdanken wir den regelmäßigen Messungen von W. BRANDL (W. BRANDL: 1950, 1953, 1954) in den Jahren 1949 bis 1954 (Dez. 1948 bis Dez. 1949: wöchentlich).

W. BRANDL gelangte aufgrund dieser Beobachtungen schon in den Fünfzigerjahren zu folgenden Schlußfolgerungen:

Die Ringquellen erreichen den Höchststand der Wasserspende im Februar und März. Im Frühjahr erfolgt ein Absinken der Schüttung, die von August bis Oktober ihren Tiefstand erreicht und sich erst wieder im Spätherbst erhöht.

Es sind kurzfristig keine großen Temperaturschwankungen bekannt. Der jahreszeitliche Temperaturgang vollzieht sich gleichmäßig. Bei Schüttungsschwankungen treten stets auch Temperaturschwankungen auf. Es tritt eine deutliche Phasenverschiebung der Wassertemperatur gegenüber der Lufttemperatur auf.

Die Zunahme der Wasserspende erfolgt nach Niederschlägen jeweils außerordentlich rasch (nach 6 Stunden bis 5 Tagen). Nach Aufhören der Niederschläge ist ein mehr oder minder rasches Zurückgehen der Schüttung, besonders bei kleinen Quellen) zu verzeichnen.

Bei einem hohem Stand der Quellspende sind geringfügigere Niederschläge als zur Zeit niedriger Schüttung notwendig, um eine Erhöhung der Schüttung zu bewirken.

Hohe Schüttungsschwankungen und ein rasches Ansteigen der Ergiebigkeit, wenige Stunden nach Beginn der Niederschläge, weist auf eine seichte Lage der Quellen, eine schlechte Seihkraft und somit schlechte hygienische Verhältnisse hin.

Die Ursache der raschen Reaktion der Ringquellen auf Niederschläge liegt nicht nur in der relativ seichten Fassung und einem kleinen Einzugsgebiet sondern vor allem auch im verhältnismäßig durchlässigen Boden, besonders im Kristallin-Verwitterungsbereich.

Die Temperaturen der Quellen der westlichen Quellgruppe fallen und steigen zufolge der Lage im Wald verhältnismäßig langsam, da der Wald eine intensive Bodenerwärmung im Sommer ebenso wie eine Abkühlung im Winter hemmt.

Wo die Wasserergiebigkeit auch in Trockenzeiten nicht so stark sinkt, ist entweder das Einzugsgebiet etwas größer oder die Quellen sind tiefer gefaßt. Schwächer schwankende Quellen haben zweifellos ein bedeutend größeres Einzugsgebiet.

Die Tagesgang- und Jahresganglinie der Wassertemperatur ist ein Summenparameter, der in Abhängigkeit von der Jahreszeit und Witterung generelle Aussagen über die Tiefe des Aquifers zulässt. Die in regelmäßigen Abständen durchgeführten Temperaturmessungen der Grundwässer ermöglichen im Vergleich mit dem Jahresgang der Lufttemperatur (Monatsmittel) eine Abschätzung der Beeinflussung der Wassertemperatur durch die Lufttemperatur.

Je oberflächennaher das Grundwasser liegt, desto größere Temperaturschwankungen sind zu erwarten. Bis zu Tiefen von 2 m wirken sich die täglichen Lufttemperaturschwankungen der Oberfläche etwas verzögert in der Grundwassertemperatur aus.

In Tiefen zwischen 2 bis 5 m lassen sich größere monatliche Schwankungen feststellen, zwischen 5 bis 15 m machen sich größere jahreszeitliche Schwankungen abgeschwächt und verzögert bemerkbar (A. THURNER, 1967).

In Tiefen zwischen 15 und 20 m treten nur mehr Schwankungen von 1°C bis 2°C auf. Von einer örtlich variierenden Tiefe stellt sich die Zone der konstanten Temperatur (neutrale Zone) ein, die meist 1°C bis 3°C höher als die mittlere Jahrestemperatur ist. Unter dieser Zone der konstanten Temperatur wirkt sich die Erdwärme, die durch die Temperatur der geothermischen Tiefenstufe zum Ausdruck kommt, aus.

Die Grundwassertemperatur wird wesentlich von der Versickerungsgeschwindigkeit beeinflusst. Je langsamer die Niederschläge versickern, desto besser kann sich die Wassertemperatur in der Tiefe angleichen.

Bei einem raschen Versickern gelangt im Winter das kalte und im Sommer das warme Wasser zum Grundwasser, was sich in größeren Temperaturschwankungen bemerkbar macht. Bei einem Eindringen von Flußwasser in das Grundwasser kann es ebenfalls zu auffallenden Temperaturschwankungen kommen, die mit der Entfernung vom Fluß abnehmen (l. c.). Der Jahresgang der Wassertemperatur von Quellen, die von einem seichten Aquifer alimentiert werden, folgt mit etwas Verspätung dem jahreszeitlichen Verlauf der Lufttemperatur.

Die Temperatur artesischer Wässer, die beim Ausfluß gemessen wird, kann insofern Schwankungen unterworfen sein, als durch die Temperaturveränderungen verrohrter Brunnen, die auf die Wärmeänderung der obersten Erdschichten in Abhängigkeit von der Sonnenbestrahlung zurückzuführen ist, auch die Wärme des Wassers an der Entnahmestelle beeinflusst wird (W. BRANDL, 1954b, S. 18).

Erst die Kausalanalyse und synoptische Auswertung aller Meßergebnisse ermöglicht, bei genauestmöglicher Kenntnis des geologischen Untergrundes, die Aufstellung hydrogeologischer Modelle. Erst wenn in einem geologisch so unterschiedlich aufgebauten und faziell rasch wechselnden, fluviatil-marinen tertiären Randgebiet wie dem Hartberger Raum eine begründete Vorstellung über ein hydrogeologisches Modell besteht, können gezielte Untersuchungen für die Abgrenzung von Schongebieten erfolgen.

## **5.0 Klassifizierung von Wasserspenden**

Für die Klassenbildung von Quellwässern wurde neben der Wassertemperatur die Quellschüttung, die elektrische Leitfähigkeit, der pH-Wert, das Ca/Mg-Verhältnis und vor allem die Wasserhärte herangezogen.

### **5.1 Charakterisierung nach der Wasserhärte**

Generell können die weichen Wässer des kristallinen Hügellandes von den harten Wässern aus dem Tertiär-Hügelland unterschieden werden.

#### **1) Weiche Wässer des Kristallin-Gebietes NW Hartberg und aus dem Tertiär-Hügelland SE von Hopfau**

Die untersuchten Kluft-(Folge)-Quellen des Ringkogel-Gebietes (Tab. 2: H4-H12; Tab. 3: H13-H15) sind relativ saure Wässer (pH 6.0-6.7) mit einer Gesamthärte unter 5 °dH. Entsprechend der geringen Gesamtmineralisation liegt ihre elektrische Leitfähigkeit zwischen 100 und 200 µS/cm.

Nr.		Höhe (m)	T °C	l/s	pH	°dH	Ca/Mg	Elektr. LF
H 4	Q	645	9.0	0.25	6.7	1.5	4	90
H 5	Q	620	8.8	0.2	6.5	1.8	3	100
H 6	Q	570	9.2	0.2	6.2	1.5	7.4	80
H 7	Q	540	9.0	0.1	6.5	1.6	2.4	80
H 9	Q	540	9.8	0.5	6.2	2.0	4.8	90
H10	Q	510	9.7	0.3	6.0	1.9		60
H11	Q	510	9.9	0.2	6.2	2.2		70
H12	Q	475	9.3	0.7	6.7	3.3	4.8	150
H17	B	(12m)	10.4	1.0	6.7	3.3	2.5-4.8	150

Tab. 2: Die "sehr weichen" Wässer der Kluft-(Folge)-Quellen des Ringkogels (B = Bohrung; Meter unter GOK; Q = Quelle).

Die Ringkogelquellen sind gering ergebige Quellen, die in wenigen Fällen Schüttungsmengen von 1 l/s erreichen. Die Schüttungsmengen und das Wasseralter der Kristallinquellen stehen in einem engen Zusammenhang mit der Niederschlagsmenge. Diese Quellen reagieren rasch auf Niederschlagsereignisse (junges Wasser). Andererseits sind in längeren niederschlagsfreien Perioden die Quellschüttungen (mit älterem Wasser) zwar gering aber gleichmäßig, was die Vermutung nahelegt, daß zwei unterschiedliche Speichermechanismen wirksam sind. Der kurzfristig auf Niederschlagsereignisse reagierende Quellschüttungsanteil ist auf oberflächennahen unterirdischen Abfluß (INTERFLOW) zurückzuführen, wobei für die Abflußbahnen gute Durchlässigkeit bei relativ geringem Speichervolumen anzunehmen ist, da nur dadurch die schnellen und großen Schüttungssteigerungen erklärt werden können. Die längerfristige Speicherung (BASEFLOW) erfolgt in basalen Teilen der Auflockerungszone, sowie in Klüften der oberflächlich gering verwitterten, kristallinen Gesteine.

In die Gruppe der "sehr weichen" und sauren Wässer fällt auch der südlich des Pumpwerkes Löffelbach gelegene Tertiärbrunnen H17 (Brunnen 47). Das bedeutet, daß das Wasser dieses 12 m tiefen Brunnens nicht durch die unterlagernden und unmittelbar östlich auftretenden karbonatreichen Sarmatschichten geflossen ist, sondern wahrscheinlich nur durch sandiges Tertiär. Das bedeutet ferner, daß es entweder aus dem Kristallin des Ringkogel-Gebietes stammt (ohne die karbonatreichen Sarmatschichten am Hangfuß zu durchfließen) oder daß das Einzugsgebiet weiter westlich zu suchen ist.

Zu den "weichen" Wässern zählen die Quellgruppe H13-H15 im Ringkogel-Gebiet und, mit etwas höherer Gesamtmineralisation, die Schichtstauquellen bei Hopfau (H32, H33; Tab. 3).

Nr.	Höhe (m)	T °C	l/s	pH	°dH	Ca/Mg	Elektr. LF
H13 Q	530	11.0	0.3	6.3	4.4	4	160
H14 Q	530	10.5	0.2	6.2	4.4	103	130
H15 Q	525	11.1	0.2	6.5	4.7	4	200
H32 Q	305	11.0	0.2	6.8	6.2		230
H33 Q	305	11.0	1.2	6.8	6.7		240

Tab. 3: Die "weichen" Wässer der Kluft-(Folge)-Quellen des Ringkogels und der Schichtstauquellen bei Hopfau (Q = Quelle).

## 2) Harte Wässer des Tertiär-Hügellandes südlich von Hartberg

Das aus 60 m Tiefe erbohrte, gespannte Wasser der Brunnen H 25 und H27 (Dombachtal) weist bei pH 7.7 mit relativ geringer Leitfähigkeit von 380 µS/cm eine relativ geringe Gesamthärte (8-10 °dH) auf (Tab. 4). Obwohl eine chemische Beeinflussung des Wassers beim Durchfließen kalkhaltiger Schichten erfolgt sein muß, ist ein Durchströmen der hangenden, "Karbonatreichen" Sarmatserie aufgrund der geringen Härte eher auszuschließen.

Nr.	Tiefe	T °C	l/s	pH	°dH	Ca/Mg	Elektr. LF
H25 A	62 m	13.0	* 1.5	7.7	8.0	4.9	380
H27 A	66 m	12.5	* 0.5	7.7	9.5	5.8	380

Tab. 4: Die "mittelharten" artesischen Wässer im Dombachtal (A = Arteser).

Mit 12-17 °dH fallen die meisten, in NW-SE-Erstreckung, parallel zum Auftreten der karbonatreichen, sarmatischen Serie angeordneten, Wasserspenden in die Klasse der ziemlich harten Wässer. Sie werden durch einen schwach alkalischen pH-Wert von 7.2-7.5 und durch eine relativ hohe Leitfähigkeit von 400-800 µS/cm charakterisiert (Tab. 5).

Nr.	Lage	°C	l/s	pH	°dH	Ca/Mg	Elektr. LF
H1	B 11 m	10.0	* 2.0	7.5	15.0	12	470
H3	8 10 m	11.0	* 1.8	7.2	17.5	33	800
H18	Q (360)	10.9	* 2.5	7.5	15.1	13.7	500
H21	W 9 m	10.9	* 3.0	7.4	15.7	6	560
H22	W 9 m	10.7	* 4.5	7.3	16.7	72.5	580
H26	A 21 m	10.7	* 2.4	7.5	13.7	3.4	440
H2B	B 7 m	1.0	1.0	7.3	16.9	14.8	540
H29	A 96 m	14.4	* 1.1	7.3	12.7		420
H31	A 96 m	14.0	* 0.2	7.3	13.5	6	380

Tab. 5: Die "ziemlich harten" Wässer im Umkreis der karbonatreichen Serie des Sarmat (B = Bohrung; Q = Quelle; W = Waller; A = Arteser).

Nach K. STUNDL (1954) ist anzunehmen, daß bei den Artesern in Grundgebirgsnähe der Chemismus des Wassers auf dessen Herkunft deutet, wobei ihr alkalischer Charakter auf die Änderung des (ursprünglich sauren) Chemismus beim Durchströmen der tertiären Schichten zurückgeht.

Aus dem Chemismus der Wässer lassen sich aufgrund der angeführten Werte bezüglich ihrer Mineralisation in ihrer Nord-Süd-Erstreckung folgende Schlußfolgerungen ziehen:



1) H18, H28, H29: Die relativ seichten, etwa 5 m tiefen Fassungen der Römerquelle H18 und der Nöhnerquelle H28 liegen am Kristallinrand westlich, unmittelbar im Liegenden, der "Karbonatreichen Serie", im "Unteren Sand" (Sarmat). Daß das in fast 100 m Tiefe, im "Unteren Sand", erbohrte Wasser des Artesers H29 (Arteser LÖFFELBACH) die karbonatreiche Serie durchfließt, wird nicht nur durch die unmittelbare Nachbarschaft zu dieser, sondern auch durch die große Karbonathärte belegt.

2) H3, H31: Die relativ seichte (10 m) Fassung der Reisinger Quelle H3 liegt aufgrund der Lagerungsverhältnisse östlich des "Karbonatkörpers" im Liegenden ("Unterer Sand"), wird aber offensichtlich von Wässern gespeist, welche (im Einzugsgebiet) die "Karbonatreiche Serie" durchflossen haben. Wie für den Arteser LÖFFELBACH (H29) zeigt auch die hohe Karbonathärte des in fast 100 m Tiefe erbohrten Artesers H31 (Arteser SCHILDBACH II) das Durchfließen kalkreicher Serien an.

3) H1, H2 (H17): Der Brunnen H1 (Brunnen 46) liegt in 10 m Tiefe in der "Karbonatreichen Serie". Dasselbe gilt für das härtere Wasser von H2 (siehe unten). Trotz der unmittelbaren Nähe des Brunnens 47 (H17) zur "Karbonatreichen Serie" hat dessen Wasser (in 10 m Tiefe) aufgrund des gänzlich anderen Chemismus vermutlich eine andere Herkunft (siehe unten).

4) H21, H22, H26: Die beiden oberflächennahen Wallerquellen H21 (Fürhabquelle) und H22 (Kneisslquelle) treten am Süden des obertags nicht mehr aufgeschlossenen Karbonatzuges, im unmittelbar Hangenden der karbonatreichen Serie (Sarmat/Pannon) aus. Aufgrund der hohen Karbonathärte liegt eine längere Verweildauer des Wassers in der karbonatreichen Serie nahe. Daß auch das in etwa 20 m Tiefe erbohrte, gespannte Wasser des Artesers GEISELDORF II (H26) eine derart hohe Gesamthärte aufweist, deutet ebenfalls auf ein Durchfließen der gegen Süden abtauchenden, karbonatreichen Serie hin.

Die Gruppe der harten Wässer um 20 °dH ist durch einen relativ geringeren pH-Wert von 7.2-7.3 und eine relativ hohe elektrische Leitfähigkeit von 600-700 µS/cm charakterisiert (Tab. 6). Die große Karbonathärte dieser beiden Wasserspenden ist auf die Nähe zur karbonatreichen Serie (Sarmat) zurückzuführen.

Die in 8 m Tiefe gefaßte Kochquelle H2 liegt zur Gänze in der karbonatreichen Serie, das Wasser der Ziegelwaldquelle H23 fließt, zumindest im tiefergelegenen Bereich, bis zum Quellaustritt, in dieser.

Nr.	Lage	°C	l/s	pH	dH	Ca/Mg	Elektr. LF
H2	B 8 m	10.5	* 0.5	7.2	20.4	23	730
H23	Q (330)	10.2	0.4	7.3	18.7	6.1	590

Tab. 6: Die "harten" Wässer im Umkreis der "Karbonatreichen Serie" des Sarmat (B = Bohrung; Q = Quelle).

Während im Ca/Mg-Verhältnis die Unterschiede in der Charakterisierung saurer, weicher Wässer mit geringer Leitfähigkeit und alkalischer, harter Wässer mit hoher Leitfähigkeit nicht zum Ausdruck kommen, spiegelt sich im Ca-Mg-Diagramm der unterschiedliche Chemismus der Quellen im Kristallin und Tertiär sehr gut wider. In dieser Abbildung liegt auch H17 im Feld der Kristallinquellen, von den Quellen bei Hopfau standen noch keine chemische Analysen zur Verfügung.

## 5.2 Charakterisierung von Quellen nach der Schwankungsziffer der Schüttung

Die an den Ringkugelquellen und den beiden Quellen von Hopfau ermittelten Schüttungsschwankungen (Quotient aus Maximalschüttung Minimalschüttung) der Jahre 1991-92 lassen wegen des kurzen Zeitraumes nur mit Einschränkungen Rückschlüsse auf die Güte der Quellen für die Wasserversorgung zu. Für die Ringkugel-Quellen existieren jedoch Schwankungsziffern über einen längeren Zeitraum (1949-53; W. BRANDL, 1953, 1954).

Über die möglichen Ursachen einer Änderung der Schwankungsziffer (in Abhängigkeit von den Starkniederschlägen bzw. aufeinanderfolgenden Monatssummen) liegen noch keine Untersuchungen vor.

Versucht man vom Standpunkt der Wasserversorgung eine Einordnung der Quellen nach der Schwankungsziffer der Schüttung in die von J. STINY angegebene Klassifizierung:

ausgezeichnete Quelle	1-3
gut	3-5
minder gut	5-10
mäßig	10-20
schlecht	20-100
sehr schlecht	über 100

So lassen sich die oben angeführten Quellen folgendermaßen charakterisieren:

Tab. 7: Gegenüberstellung der Schwankungsziffern und der daraus abgeleiteten Quellgüte der untersuchten Quellen

Quelle	Schwankungsziffer		Quellgüte
H4 PFANDLER	1991-92	3.2	gut
H5 DOPPELHOFER	1991-92	7.1	schlecht bis minder gut
	1953	37	
	1949-52	125	
H6 LEBENBAUER II	1991-92	5	mäßig bis minder gut
	1953	3.5	
	1949-52	22.5	
H7 ALLMER	1991-92	5	mäßig bis minder gut
	1953	12	
	1949-52	24.5	
H9 LEBENBAUER I	1991-92	2	gut bis ausgezeichnet
	1953	1.8	
	1949-52	3.9	
H10 JAGERHOFER	1991-92	9	mäßig bis minder gut
	1953	6.9	
	1949-52	22.7	
H11 SCHEINER	1991-92	2.7	mäßig bis gut gut
	1953	2.8	
	1949-52	20	
	1991-92	5.4	

H13 HOFER	1991-92	37.5	
	1953	15	
	1949-52	111	sehr schlecht bis schlecht
H14 LEBENBAUER IV	1991-92	11.4	
	1953	3.0	
	1949-52	23.4	mäßig bis gut
H15 LEBENBAUER III	1991-92	5.5	
	1953	5.4	
	1949-52	13.5	mäßig bis minder gut
H32 HIRSCHBÖCK	1992	1.5	ausgezeichnet
H33 GUTMANN	1992	1.5	ausgezeichnet

#### 6.0 Bestimmung der mittleren Höhe des Einzugsgebietes als Grundlage für die Rekonstruktion vermutlicher Infiltrationsgebiete

Der rechnerischen Ermittlung der mittleren Höhe des Einzugsgebietes von Quellen liegt die Beziehung zugrunde (D. RANK, 1989), daß aus dem  $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalt von Quellwässern auf die mittlere Höhe des Einzugsgebietes der Quelle geschlossen werden kann. Voraussetzung dafür ist die Kenntnis des Höheneffektes im Untersuchungsgebiet. Für die Berechnung der mittleren Höhe des Einzugsgebietes wurde jeweils der Mittelwert der Sauerstoff-Isotopen ( $\delta^{18}\text{O}$ ) von Messungen des baseflow herangezogen. Die Werte von jungen Wässern aus Starkniederschlägen wurden dadurch eliminiert. Die Berechnung der Regressionsgeraden erfolgte aus der Abschätzung der Höhe des mittleren Einzugsgebiets für je zwei Quellen mit dem niedrigsten und dem höchsten Einzugsgebiet. Für die Festlegung dieser Eichwerte wurden die Kristallinquellen H4 mit 670 m und H5 mit 700 m, sowie für die beiden Tertiärquellen südlich Löffelbach, H2 mit 350 m und H23 mit 380 m, herangezogen.

Es sei darauf hingewiesen, daß die gerechneten Modellhöhen nur aufgrund einer etwa 1-jährigen, regelmäßigen Messung der Sauerstoffisotopen ermittelt wurden und ferner ein möglicher Einfluß der Vegetationsbedeckung auf die Sauerstoffisotopen wegen des kurzen Beobachtungszeitraumes nicht berücksichtigt werden konnte. Die aus der Abschätzung der mittleren Höhe des Einzugsgebietes der 4 angegebenen "Eichwässer" ermittelte Regressionsgerade ergibt eine Steigung von 2/10 bis 3/10

der  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte je 100 m. In Beilage 7 (H. HÄUSLER & M. JUNG, 1992) wurden in einem ersten Arbeitsschritt 20-Meter-Isohypsen dieser ermittelten Werte ausgeschieden. Diese Minimalflächen sollen als Grundlage für eine weitere Abschätzung der Einzugsgebiete herangezogen werden, wobei in die Plausibilitätsprüfung neben dem orographischen Einzugsgebiet der hydrogeologische Aufbau sowie die Hydrochemie berücksichtigt werden.

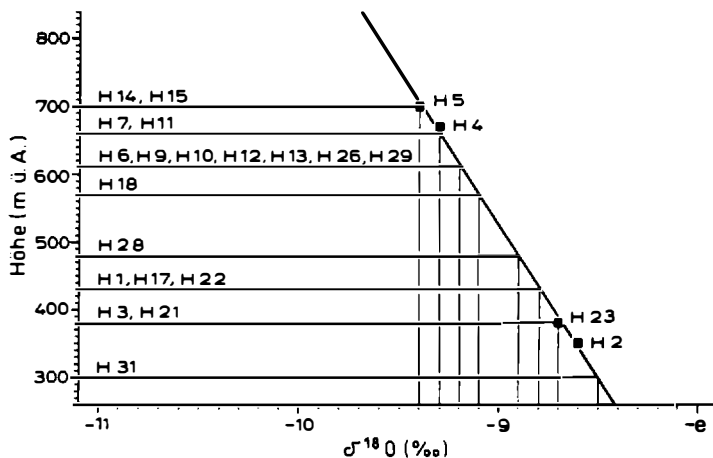


Abb. 3: Bestimmung der mittleren Höhe der Einzugsgebiete von Quellen aus dem  $\delta^{18}\text{O}$ -Jahresmittel des Basisabflusses.

Über die Herkunft der fossilen Wässer der Arteser H25 und H27 können aus den  $\delta^{18}\text{O}$ -Werten keine Aussagen getroffen werden, da diese ein anderes Klima repräsentieren. Aus der so errechneten Höhenabhängigkeit des  $\delta^{18}\text{O}$ -Wertes wurden die mittleren Höhen des Einzugsgebietes graphisch (Abb. 3) ermittelt.

Die Auswertung der Dauerbeobachtungen hat ergeben, daß sich die Quellen aus dem kristallinen Einzugsgebiet (Ringkugelquellen) und aus dem tonig-sandigen Tertiär deutlich von jenen unterscheiden, die an die karbonatreiche Serie des Sarmat gebunden sind. Möglicherweise bedingt die pH-Umstellung der sauren Wässer (6.0) aus dem Kristallin (Kluftwässer) beim Kontakt mit den Karbonaten des Sarmat eine Mischungskorrosion mit nachfolgender Erhöhung des pH-Wertes (bis 7.7). Es dürften somit im Grundgebirgs-nahen Tertiärbereich um Schildbach-Löffelbach die stärksten Kalklösungserscheinungen auftreten.

Nr.	δ18-O	Höhe	engerer Bereich	mögliches Infiltr.-G.	Mischalter in Jahren
H1	-8.8	430	420-440	380-600	6-7
H2	-8.6	350(EW)	340-360	340-400	
H3	-8.7	380	380-400	360-500	
H4	-9.3	670(EW)	660-680	660-780	100-1000
H5	-9.4	700(EW)	> 700	630-780	
H6	-9.2	610	600-620	580-730	
H7	-9.3	660	660-680	550-730	
H9	-9.2	610	600-620	550-730	10
H10	-9.2	610	600-620	520-730	
H11	-9.3	660	660-680	520-730	
H12	-9.2	610	600-620	490-730	5-6
H13	-9.2	610	600-620	540-720	
H14	-9.4	700	> 700	540-720	
H15	-9.4	700	> 700	540-720	
H17	-8.8	430	420-440	400-600	50-100
H18	-9.1	570	560-580	440-700	20-30
H21	-8.7	380	380-400	320-400	10
H22	-8.8	430	380-400 ?	320-400 ?	7
H23	-8.7	380(EW)	380-400	320-400	10 (60 ?)
H26	-9.2	610	600-620	480-700	?
H28	-8.9	480	480-500	400-600	15-30
H29	-9.2	610	600-620	480-600	100-1000
H31	-8.5	300	< 325	300-400	> 40
H32	-8.8	430	420-440	350-450	?
H33	-8.8	430	420-440	350-450	?

Tab. 8: Mittlere Höhe des Einzugsgebietes der bearbeiteten Wasserspenden (graphische Ermittlung, basierend auf 4 Höhen-Eichwerten (EW) für die Jahresmittel der δ18-O-Werte des baseflow, siehe Abb. 3). Festlegung eines engeren Bereiches und eines weiteren Höhenbereiches des jeweiligen, möglichen Infiltrationsgebietes und Angabe der Modellalter der Mischwässer.

## 7.0 Hydrogeologische Modelle

Für die meisten Wasserspenden, für die infolge der erhöhten Nitratwerte bzw. wegen des Auftretens coliformer Bakterien durch mineralische bzw. animalische Düngung eine Indikation für eine stärkere anthropogene Beeinträchtigung nachweisbar ist, ließ sich ein hydrogeologisches Zweikomponentenmodell erstellen. Dies bedeutet, daß ein älterer Wasseranteil, meist aus einem höhergelegenen Einzugsgebiet, in relativer Nähe zur Entnahmestelle mit einem jüngeren Wasseranteil, der offensichtlich stark anthropogen beeinflusst ist, vermischt wird.

Nach ihrem Auftreten, der Hydrochemie, sowie der Jahresganglinien etc. zeigen folgende untersuchte Wässer Gemeinsamkeiten, die jeweils in einem hydrogeologischen Modell interpretiert werden können:

- \* Perennierende saure Folgequellen aus dem Kristallin des Ringkogelgebietes (H4-H15).
- \* Saure Schichtstauquellen im Tertiär bei Hopfau (H32, H33).
- \* Saures erbohrtes Wasser des Brunnens 47 (H17) nahe der "Karbonatreichen Serie" des Sarmat südlich Schildbach.
- \* Alkalische Wässer des Sarmat nahe des Kristallinsockels NW Schildbach (H18, H28).
- \* Alkalische Wässer aus der sarmatischen Serie südlich von Schildbach (H1, H2, H23).
- \* Alkalische Wallerquellen im Hangenden der sarmatischen Serie südlich Unterdombach (H21, H22).
- \* Arteser aus dem Sarmat nahe des Kristallinsockels von Löffelbach und Schildbach (H29, H31).
- \* Arteser aus dem Sarmat westlich Geiseldorf (H25-H27).

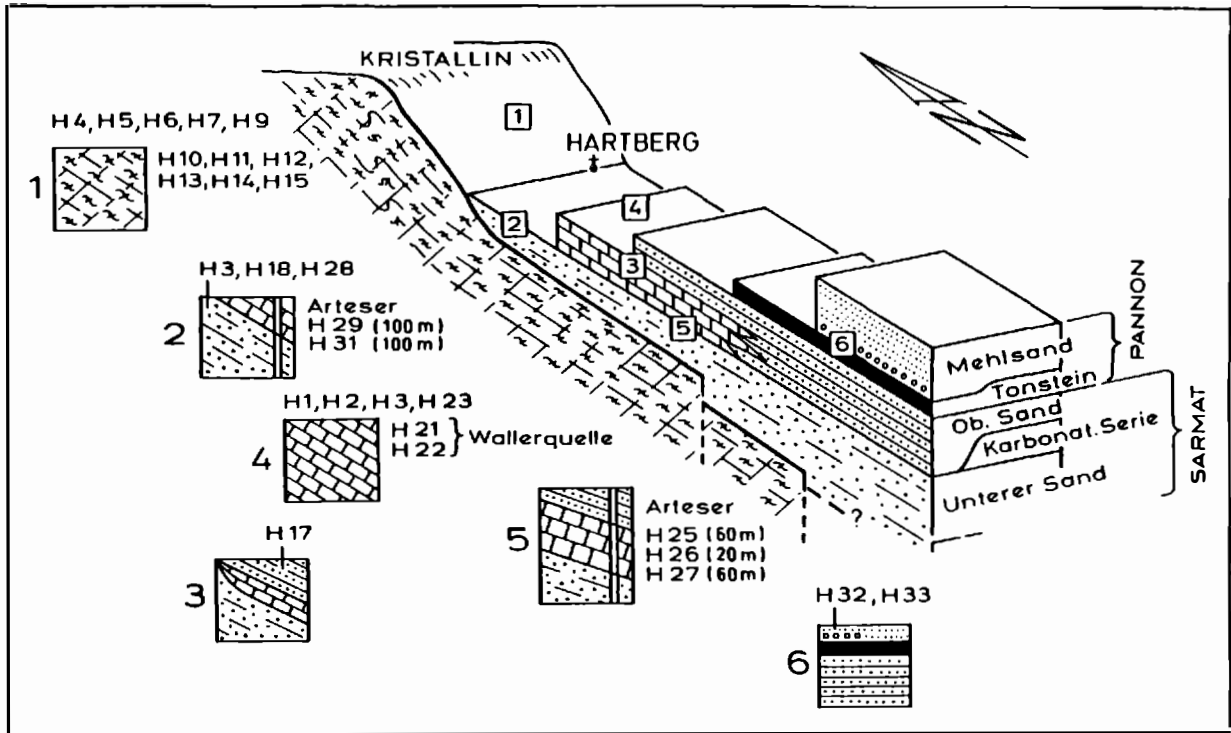


Abb. 4: Schematische Übersicht der Lagerungsverhältnisse des Tertiärs am kristallinen Grundgebirgsrand bei Hartberg mit ungefährender Position der bearbeiteten Quellen und Arteser. Numerierung der Quellengruppen 1-6 entspricht nachfolgender Textbeschreibung.



1) Das hydrogeologische Modell für die Folgequellen aus dem Kristallin des Ringkogelgebietes (H4, H5, H6, H7, H9, H10, H11, H12, H13, H14, H15) dürfte prinzipiell aus zwei sich überlagernden Mechanismen bestehen.

Ein Basisabfluß (baseflow) aus relativ saurem (pH 6.0-6.7), gering mineralisiertem (100-200 µS/cm), weichem bis sehr weichem Wasser (0-8 °dH) mit relativ geringer, aber gleichbleibender Schüttung von 0.1-0.3 l/s und einem sehr hohen Wasseralter (Tritiumfrei; möglicherweise einige 100 bis 1000 Jahre) wird als Kluftquelle interpretiert. Das hydrographische Einzugsgebiet dieser Wässer muß nicht an das orographische Einzugsgebiet am Südhang des Kammes Ringkogel-Wullmenstein gebunden sein. Es ist daher eine kleinräumige Überschneidung des orographischen Einzugsgebietes (im Norden) möglich, wobei das Prinzip der Wirksamkeit des orographischen Einzugsgebietes jedoch nicht ausgeschaltet wird. Deckschichten im hydrogeologischen Sinn, die eine Schutzfunktion für den Aquifer haben, sind nicht vorhanden.

Nach dem Auffüllen eines oberflächennahen Aquifers, der als ein in der Mächtigkeit variierender Porenwasserkörper aus Hangschutt und Verwitterungsmaterial interpretiert wird, setzt nach lang andauernden Regen bzw. Starkniederschlägen eine verstärkte Quellschüttung ein. Dabei wird - je nach Größe des Einzugsgebietes bzw. der Mächtigkeit des Porengrundwasserkörpers - nach einigen Stunden bis wenigen Tagen das junge Niederschlagswasser als Zwischenabfluß (interflow) geschüttet, wobei im Jahr 1991 eine Schüttungszunahme um einen Faktor 2 bis 20 beobachtet wurde. Nach einem ebenso raschen Abfluß des Regenwassers aus dem oberflächennahen Reservoir reduziert sich die Schüttung wieder auf den baseflow. Das hydrographische Einzugsgebiet dieser periodisch nach Starkniederschlägen schüttenden, den baseflow überlagernden, Quellwässer ist identisch mit dem jeweiligen orographischen Einzugsgebiet SW des Ringkogels.

2a) Das hydrogeologische Modell für die oberflächennahen und grundgebirgsnahen, an die "Karbonatreiche Serie" des Sarmat gebundenen, Wässer (H18, H28) ist noch sehr unklar. Möglicherweise trifft ein kombiniertes Modell aus Kluft- und Verwerfungsquelle zu.

Das 20-30 Jahre alte, bereits alkalische (pH 7.3-7.5), höher mineralisierte (500-550  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) und ziemlich harte Mischwasser kann möglicherweise als ein ursprünglich aus dem Kristallin stammendes, saures Kluftwasser interpretiert werden, das in Wechselwirkung mit der im Raume Löffelbach aufgeschlossenen, mächtigeren karbonatischen Serie (? verkarsteter Kalk) getreten ist. Die Quellaustritte sind aufgrund der südfallenden Lagerung im "Unteren Sand", im Liegenden der "Karbonatreichen Serie". Ob für die Quellaustritte stauende Lagen im "Unteren Sand" oder eine (Ost-West- bzw. NW-SE-streichende) Bruchzone (Bruch- und Verwerfungsquelle?) die Ursache ist, ist noch ungeklärt. Als Einzugsgebiet kommt für die RÖMERQUELLE (H18) der höher gelegene Bereich des Ringkogels und für die NÖHRERQUELLE (H 28) eher der Hangfußbereich des Ringkogels, NE von Löffelbach, in Frage. Obwohl die Quellschüttungen von 1-2 l/s durch Starkregenereignisse nicht beeinflusst werden, ist eine starke anthropogene Beeinflussung vermutlich auf eine "Einspeisung" in die oberflächennahe "Karbonatreiche Serie" um Löffelbach zurückzuführen.

2b) Das hydrogeologische Modell für die grundgebirgsnahen, an die "Karbonatreiche Serie" des Sarmat gebundenen Arteser (H29, H31) läßt sich generell mit der, über dem Kristallin mit wenigen Graden gegen Süden abfallenden, tertiären Schichtfolge erklären.

Es handelt sich dabei um bereits ziemlich harte und schwach alkalische (pH 7.3), jedoch noch relativ gering mineralisierte (400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) Wässer, die keinen Anteil an Wasser enthalten, das jünger als 40 Jahre ist (Modellalter bis einige 100 Jahre und ? älter). Als Aquifer kommt vermutlich der "Untere Sand", im Liegenden der "Karbonatreichen Serie" des Sarmat, in Frage. Als Einzugsgebiet für das aus 100 m Tiefe stammende, gespannte Wasser des Artesers LÖFFELBACH (H29) kommt der nördlich gelegene Kristallinabhang westlich des Ringkogels in Frage, wobei der Aquifer im "Unteren Sand" vermutlich sowohl von Wässern alimentiert wird, die im Grenzbereich Glimmerschiefer/Karbonat-reiches Tertiär versickern, als auch von (alten) Kluftwässern aus dem Kristallin selbst (NW-SE-Störungen), die sich mit harten Wässern mischen bzw. in Kontakt mit Kalklagen des Sarmat treten.

Als Einzugsgebiet für das aus 100 m Tiefe, vermutlich ebenfalls aus dem "Unteren Sand" des Sarmat, stammende Wasser des Artesers SCHILDBACH II (H31) kommt - im Gegensatz zum Arteser LÖFFELBACH (H29) - nur das tiefergelegene Gebiet SW Hartberg in Frage. Da der Tonstein des Unterpannon als Stauhorizont von Osten her bis zum Schildbach reicht, reduziert sich das Einzugsgebiet des Artesers SCHILDBACH II auf das Gebiet westlich davon.

3) Das hydrogeologische Modell für das oberflächennahe, an die "Karbonatreiche Serie" des Sarmat gebundene, erbohrte Wasser von H17 (Brunnen 47) wird vermutlich stark durch die junge Bruchtektonik beeinflusst.

Das gut mit den Kristallinwässern vergleichbare, relativ saure (pH 6.7), gering mineralisierte (150 µS/cm), sehr weiche und bis 50-100 Jahre alte Mischwasser muß trotz der räumlichen Nähe zur karbonatreichen Sarmatserie entweder im Liegenden von dieser und/oder im Tertiär westlich davon geflossen sein. Als Infiltrationsgebiet kommt der Hangfuß des Ringkogels in einer Höhe von 400-500 m, etwa im Gebiet nördlich Löffelbach-Heckenberg, in Frage, wobei als Aquifer entweder die horizontal und vertikal stark variierenden Sandlagen des Mittel-Pannon (Sand-Schluff-Wechselagerung; "Mehlsand") und/oder (NW-SE-streichende) Klüfte in Frage kommen.

4a) Das hydrogeologische Modell für die oberflächennahen, an die "Karbonatreiche Serie" des Sarmat gebundenen, erbohrten Wässer (H1, H2, H3) bzw. die Quelle H23 beinhaltet den "Unteren Sand" (H3) bzw. die "Karbonatreiche Serie" (H1, H2) und den "Oberen Sand" (H23) des Sarmat als Aquifer. Für die Quelle H23 dürfte ein kombiniertes Modell zutreffen.

Ob der Austritt der Quelle H23 (ZIEGELWALDQUELLE) an einen stauenden Horizont oder an eine Verwerfungszone gebunden ist, ist noch unklar. Es könnte sich im oberen Bereich möglicherweise um eine Kluftquelle und im tieferen Bereich, dem Bereich der "Karbonatreichen Serie", um Karstwasser handeln. Das Wasser der aus geringer Tiefe (bis 10 m) erbohrten Quellen kann generell als ein 5-10 Jahre altes, aus dem umgebenden flacheren Tal- und Hügelbereich stammendes, heute relativ

hoch mineralisiertes (400-800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), schwach alkalisches (7.2-7.5), in der "Karbonatreichen Serie" (H1, H2) bzw. in den sarmatischen Sanden im Liegenden (H3) und Hangenden (H23) der "Karbonatreichen Serie" fließendes, ziemlich hartes bis hartes Mischwasser charakterisiert werden. Für die Wässer der Brunnen H1 (BRUNNEN 46) und H2 (KOCHQUELLE) dürfte das Einzugsgebiet im nahegelegenen Einzugsgebiet des Schildbaches liegen. Während sich bei H1 Starkregenereignisse nicht bzw. anthropogene Einflüsse nur gering bemerkbar machen, trifft dies für H2 (und H3 REISINGERQUELLE) jedoch in starkem Maße zu. Das Einzugsgebiet der ZIEGELWALDQUELLE (H23) liegt westlich der bis zum ehemaligen Ziegelwerk anstehenden Tonstein-Serie des Unterpannon. Als Aquifer kommt daher sowohl der "Obere Sand" als auch die "Karbonatreiche Serie" in betracht. Obwohl die Quelle nicht von Starkregenereignissen beeinflusst wird, macht sich die oberflächliche anthropogene Beeinflussung stark bemerkbar. Daß die abnehmende Schüttung von Juli 91 bis Juni 92 der Niederschlagskurve folgt und dann gegenläufig ist, läßt sich wahrscheinlich damit erklären, daß ein Großteil des Niederschlages östlich der Quelle aufgrund der stauenden unterpannonen Schichten nicht der Quelle zufließt bzw. dort nicht druckhaft werden kann.

4b) Für die oberflächennahen, an die "Karbonatreiche Serie" des Sarmat gebundenen Wallerquellen (H21, H22) trifft vermutlich ein kombiniertes hydrogeologisches Modell zu.

Die schwach alkalischen (pH 7.3-7.4), stärker mineralisierten (550-600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), ziemlich harten, etwa 7-10 Jahre alten Mischwässer entstammen einem Reservoir aus der "Karbonatreichen Serie" bzw. aus dem "Oberen Sand" des Sarmat. Möglicherweise gelangt das Wasser auch aus den mittelpannonen Mehlsanden entlang von Klüften in den, im Liegenden der unterpannonen Tonsteinserie befindlichen, sarmatischen "Karbonatkörper". Ob das Aufwallen auf die stauende Wirkung der unterpannonen Tonsteine (Schichtstauwaller) oder auf eine NW-SE-streichende Bruchzone (Verwerfungswaller) zurückzuführen ist, ist noch unklar. Während Starkregenereignisse die relativ hohe Schüttung von mehreren l/s nicht beeinflussen, wirkt sich jedoch der anthropogene Einfluß bereits gravierend aus.

Über den Mechanismus dieser oberflächlichen "Einspeisung" kann noch nichts ausgesagt werden. Im Gegensatz zur Annahme von J. NOVAK (1983) muß für diese Wässer auch ein höhergelegenes Einzugsgebiet angenommen werden. Als Einzugsgebiet für die Wallerquelle H21 (Fürhabquelle) kommt dabei primär der östlich gelegene Höhenrücken (Kote 381) in Frage. Als Einzugsgebiet für die Wallerquelle H22 (Kneisslquelle) läßt sich primär ebenfalls der östlich gelegene Höhenzug (ostwärts Ritterhof) rekonstruieren, obwohl nach dem  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert auch ein etwa 50 m höheres Gebiet (? Ringkogel) berücksichtigt werden müßte.

5) Das hydrogeologische Modell für die, im Liegenden und Hangenden der "Karbonatreichen Serie" des Sarmat erbohrten Arteser (H25, H26, H27) läßt mehrere Grundwasserstockwerke unter dem Talboden erkennen und läßt sich generell gut mit der, mit wenigen Graden gegen Süden, unter den stauenden Tonstein des Unterpannon abfallenden, tertiären Schichtfolge erklären.

Als Einzugsgebiet für das im "Oberen Sand" aus 20 m Tiefe erbohrte, recht alkalische (pH 7.5-7.7), relativ gering mineralisierte (um 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), mittelharte bis ziemlich harte Wasser des Arteser GEISELDORF II (H26) kommt ein Hügelgebiet in Frage das sich nach der mittleren Höhe nur im Ringkogelgebiet findet. Die starken Schwankungen der Leitfähigkeit aber auch der Sauerstoff-18-Isotopen deuten möglicherweise auf eine zeitweise Durchmischung mit Wässern aus höheren Horizonten hin, wobei jedoch eine oberflächennahe Beeinflussung ausgeschlossen ist. Über das Einzugsgebiet der aus 60 m Tiefe, aus einer sandreichen Serie des Sarmat erbohrten, eiszeitlichen Wässer der Arteser GEISELDORF I (H25) und III (H27) kann nichts Näheres ausgesagt werden. Der unregelmäßige Verlauf der Wassertemperatur, sowie die derzeit schwer interpretierbaren Schwankungen der Sauerstoff-18-Isotopen (peak im Juni 92) könnten ebenfalls auf eine zeitweise Durchmischung mit kälteren Wässern aus höhergelegenen Horizonten hinweisen, wobei jedoch eine oberflächennahe Beeinflussung ebenfalls ausgeschlossen ist. Angaben über den Druckspiegel bzw. über Druckspiegelschwankungen standen, wie bei den Artesern H29 und H31, für eine Auswertung nicht zur Verfügung.

6) Das hydrogeologische Modell für die Schichtstauquellen im Tertiär südlich Hartberg bei Hopfau (H32, H33) basiert auf einem Stauhorizont des Unterpannon (Tonstein), an dem die Wässer aus verschiedenen, über dem Talboden liegenden wasserführenden Horizonten aus dem hangenden "Mehlsand" bzw. aus dem geringmächtigen Schotter (Kapfensteiner Schotter) des Mittel-Pannon austreten. Das aus den "Mehlsanden" des Mittel-Pannon stammende, relativ saure (pH 6.8), relativ gering mineralisierte (200-250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) und weiche, bis mehrere Jahre alte Reservoir-Mischwasser, das von dem Tonstein des Unter-Pannon im Talboden der Hartberger Safen gestaut wird, wird nicht vom begleitenden Flußgrundwasser beeinflusst. Die Quellwässer werden von Starkniederschlägen nur indirekt beeinflusst, indem ein verstärkt ausgepreßtes Reservoirwasser die Schüttung erhöht. Das hydrographische Einzugsgebiet dieser Wässer muß nicht an das orographische Einzugsgebiet am Nord- und Westabhang der "Tonleiten", SE Hopfau, gebunden sein. Als Infiltrationsgebiet kommt der gesamte höher gelegene, Nord-Süd-streichende Bergrücken SE Hopfau, von Mitterberg über Buchberg nach Weinberg, in Frage. Die Wasserführung ist dabei an horizontal und vertikal nicht lange anhaltende Sand- und Schotterlagen innerhalb der schluffigen Fazies des Mittel-Pannon ("Mehlsand"), sowie möglicherweise an Klüfte, gebunden.

## **8.0 Aktuelle anthropogene Gefährdung**

Für die Beurteilung der anthropogenen Verunreinigung standen bei manchen Quellen nur wenige chemische Analysen und bakteriologische Befunde zur Verfügung, in vielen Fällen jedoch 10- bis 20-jährige Angaben mit 2-3 Untersuchungen pro Jahr. Auch wenn aus dem Untersuchungsgebiet noch keine monatlichen Analysen zur Beurteilung der Ganglinie z. B. der Nitratwerte oder der Gesamtkeimzahl (im Vergleich mit landwirtschaftlichen Aktivitäten etc.) zur Verfügung stehen, ist daraus doch ein gewisser Trend erkennbar.

Um eine flächendeckende Aussage über die anthropogene Belastung des Grundwassers zu erhalten, wurden in den Sommer- und Herbstmonaten der Jahre 1992/93 sowohl Hausbrunnen als auch Oberflächengewässer auf ihren Nitrit-, Nitrat- und Chloridgehalt hin untersucht.

Insgesamt wurden die mittels Aquaquant-Schnellmessungen im Gelände ermittelten Nitrat- und Chlorid-Meßwerte von etwa 600 Meßpunkten eingetragen. Einschließlich aller Meßstellen mit Wiederholungsmessungen wurden über 1000 Messungen durchgeführt.

Die Oberflächengewässer zeigen eine relativ geringe Belastung, die zwischen 0 bis 30 mg Nitrat/l liegt. Die Ursache für diese niedrige Nitratkonzentration ist wahrscheinlich auf die Verdünnung in den Gerinnen zurückzuführen. Jedoch muß betont werden, daß die Oberläufe der Gerinne im Gegensatz zu den Unterläufen z. T. eine erheblich stärkere Nitratbelastung aufweisen. Der Grund für diese erhöhte Belastung dürfte in der landwirtschaftlichen Überdüngung und die dadurch entstandene Nitratauswaschung (Nitratabspülung bei Starkregen) liegen. Im Gegensatz zu den beprobten Quellen und Brunnen ist bei den Gerinnen eine erhöhte Nitrithäufigkeit festzustellen. Im Zuge einer einjährigen Schadstoffdauerbeobachtung an ausgewählten Punkten, die im Abstand von jeweils drei Monaten durchgeführt wurde, konnte an einigen Punkten eine periodische Erhöhung der Nitratbelastung festgestellt werden. Meßpunkte, die im Wald liegen, weisen eine geringere Nitratbelastung auf, wobei aber auch ein erhöhter Nitratintrag durch oberstromig liegende, landwirtschaftlich genutzte Flächen festgestellt werden konnte.

Ebenso kann bei den Quellen eine Unterteilung in schwächer nitratbelastete, sowie in stärker nitratbelastete vorgenommen werden. Das Einzugsgebiet der stärker nitratbelasteten Quellen liegt meist in landwirtschaftlich genutztem Gebiet. Dadurch wird ersichtlich, daß eine wasserundurchlässige Deckschicht in weiten Bereichen nicht vorhanden ist, obwohl eine Wechsellagerung von tertiären Sand-, Schluff- und Tonlagen vorherrscht. Das Einzugsgebiet der schwach oder nicht belasteten Quellen liegt meist in fortwirtschaftlich genutzten Flächen. Auffallend ist die relativ geringe Nitratbelastung der Quellen entlang der Bahnlinie Sebersdorf-Hartberg, welche größtenteils durch eine relativ hohe und konstante Schüttung gekennzeichnet sind. Dies obwohl das vermutliche Einzugsgebiet einiger Quellen in landwirtschaftlich genutztem Gebiet liegt. Diese Quellen entstammen wahrscheinlich einem tieferen Grundwasserhorizont, der durch wasserabdichtende Schichten (Schluff/Ton) im Hangenden vor Verunreinigung geschützt ist.

Die Nitratbelastung von Hausbrunnen wurde drei Kategorien zugeordnet:

- \* Gering- bis nicht nitratbelastete Brunnen, die meist im Wald oder in nicht intensiv landwirtschaftlich genutztem Gebiet liegen.
- \* Mittelmäßige bis starke Nitratbelastung von Brunnen, deren Einzugsgebiet in landwirtschaftlich genutzten Flächen liegt.
- \* Extrem hohe Nitratbelastung von Brunnen durch Gülle,- Jauche,- Senk,- und Klärgruben sowie durch Misthaufen.

Die Brunnentiefe selbst hat keinen Einfluß auf die Wasserqualität, da durch nicht abgedichtete, oberflächennahe, nitratbelastete Grundwasserstockwerke die tiefer gelegenen GW-Leiter kontaminiert werden.

Selbst ein bereits vor vielen Jahren entfernter Misthaufen kann noch der Grund für eine erhöhte Nitratkonzentration im Brunnenwasser sein.

Die Aufnahme von Abfalldeponien betraf vor allem:

- \* Hausmüll (größere Mengen inklusive Kühlschränke, Lackdosen etc.)
- \* Bauschutt
- \* Sonderabfall (Autowracks und Autoteile)
- \* Illegale Deponierung von Gewerbe- und Geschäftsmüll
- \* Illegale Gemeindedepoien
- \* Abfälle aus der Abwasserreinigung (Klärschlammablagerungen)

Zusammenfassend läßt sich die anthropogene Gefährdung derzeit wie folgt charakterisieren:

Die Nitratgefährdung der Brunnen und Gewässer am Südhang des Ringkogels ist, wohl aufgrund der überwiegenden Waldnutzung und somit geringeren landwirtschaftlichen Nutzung, generell gering. Ausnahmen bilden Quellen um die Ortschaft Löffelberg sowie der Talgrund des Schildbaches. Eine mögliche Umwelt-Zeitbombe für das Grundwasser tickt in der abgedeckten Deponie NE Schildbach.



Während der Talbereich der Hartberger Safen nur östlich Eggendorf und östlich Oberbuch höhere Nitratwerte (bis 50 mg/l) aufweist, sind die Brunnen und Gerinne an den West-Abhängen zur Hartberger Safen häufig sehr stark Nitrat-belastet (bis 100 mg/l). Das vereinzelt Auftreten extrem stark Nitrat-belasteter Hausbrunnen (über 100 mg Nitrat/l) liegt möglicherweise an veralteten Brunnenfassungen.

Während eine illegale Deponierung von Filterkuchen einer Asphalterzeugungsanlage bereits zu gesundheitsgefährdenden Schädigungen des Grundwassers geführt hat, sind mögliche Auswirkungen der abgedeckten Gemeindedeponie NE Buchberg/St.Magdalena noch völlig unbekannt. Auch in diesem Bereich sollten regelmäßige hydrochemische Kontrollen in Brunnen und Probebohrungen erfolgen.

Die regionale Verteilung der heutigen anthropogenen Gefährdung des Grundwassers zeigt, daß speziell in den derzeitigen Hoffungsgebieten der Stadtwerke Hartberg die höchsten Nitratbelastungen und äußerst unangenehme bis nicht abschätzbare Altlasten und Deponien liegen.

## **9.0 Abgrenzung von Schutz- und Schongebieten**

Aus der Kombination der Untersuchungsergebnisse betreffend:

- \* Geologische Kartierung und Auswertung tieferer Bohrungen
- \* Lokale Seichtbohrungen und Geoelektrik-Profile
- \* Geomorphologische Kartierung
- \* Kf-Wert-Bestimmungen
- \* Mittlere Höhe des Einzugsgebietes (Isotopenhydrologie)
- \* Wasseralter
- \* Basisabfluß
- \* Jahresgangline der Wassertemperatur und Quellschüttung
- \* Hydrochemie
- \* Bakteriologischer Befund

ließ sich für einen Großteil der untersuchten Wasserspenden Größe und Ausdehnung der Zone I (Fassungsbereich; Ausdehnung mindestens 10 m), der Zone II (weiteres Schutzgebiet; 50 Tage Verweilzeit des Wassers) und des Schongebietes (Zone III: gesamtes hydrologisches Einzugsgebiet) abschätzen. Für eine genaue Festlegung wären im Einzelfall noch die Bestimmung der Grundwasser-Fließrichtung und der wahren Grundwasserfließgeschwindigkeit (Abstandsgeschwindigkeit) erforderlich.

1) Generell läßt sich über die Schutz- und Schongebiete der Ringkogel-Quellen (H4, H5, H6, H7, H9, H10, H12, H13, H14, H15; Folgequellen aus dem Kristallin) feststellen:

a) Der Basisabfluß wird von älterem Kluftwasser gespeist. In den meisten Fällen wäre der Fassungsbereich (Zone I) mit mindestens 10 m-Radius gemäß der Detailkartierung 1:1000 oberstromig zu erweitern und einzuzäunen. Da eine potentielle Hauptgefährdung von der Ringkogel-Straße ausgeht, sollte in den entsprechenden Straßenabschnitten auf das Wasserschutzgebiet aufmerksam gemacht werden (Geschwindigkeitsbeschränkung). Die Ableitung des Sickerwassers sollte sowohl im Bereich der Zone I als auch aus den oberstromig gelegenen Straßengräben erfolgen.

b) Der Zwischenabfluß stammt unmittelbar aus dem Niederschlag und durchfließt den lateral und vertikal zwischen dm- bis m-mächtigen Verwitterungsschutt bzw. den geringmächtigen Verwitterungsboden.

c) Die anthropogene Gefährdung, vor allem durch Düngereintrag, erfolgt derzeit in der Schutzzone II bzw. im Bereich der Schongebiete (= weiteres Infiltrationsgebiet).

2) Generell läßt sich über die Schutzgebiete der am Kristallinrand gelegenen, oberflächennahen Tertiär-Quellen (H1, H2, H3, H17, H18, H23, H28) feststellen:

a) Wo bereits vorhanden, soll der umzäunte Fassungsbereich der Zone I beibehalten werden.

b) Das Gebiet nördlich Löffelbach wäre als Schongebiet für die Quellen H1, H2, H17, H18 und H28 festzulegen.

Das Gebiet nördlich SCHILDBACH wäre als Schongebiet für die Quellen H3 und H23 festzulegen, wobei das engere Schongebiet für H23 im Raum Totterfeld festzulegen wäre.

c) Die anthropogene Gefährdung, vor allem durch Düngereintrag, erfolgt derzeit in der Schutzzone II bzw. im Bereich der Schongebiete (= weiteres Infiltrationsgebiet).

3) Generell läßt sich über die Schutzgebiete der Wallerquellen (H21, H22) feststellen:

a) Wo bereits vorhanden, soll der umzäunte Fassungsbereich der Zone I beibehalten werden.

b) Während eine Verunreinigung der älteren Wasserkomponente im Raum Löffelbach-Schildbach wegen des etwas höheren Mischalters (7-10 Jahre) eher von untergeordneter Bedeutung ist, kommt vor allem dem Schongebiet der Abhänge SE Unterdombach (oberflächennaher Zufluß), speziell bei H21, eine große Bedeutung zu.

c) Die anthropogene Gefährdung, vor allem durch Düngereintrag, erfolgt derzeit in der Schutzzone II bzw. im Bereich der Schongebiete (= weiteres Infiltrationsgebiet).

4) Generell läßt sich über die Schutzgebiete der grundgebirgsnahen Arteser aus dem Tertiär (H29, H31) feststellen:

Eine Schongebietsfestlegung ist derzeit nicht möglich. Für H31 kämen jedenfalls die tiefgelegenen Geländeteile um Hartberg und für H29 die Südabhänge Wullmenstein-Ringkogel in Betracht.

5) Generell läßt sich über die Schutzgebiete der grundgebirgsfernen Arteser aus dem Tertiär (H25, H26, H27) feststellen:

Eine Schongebietsfestlegung für diese erbohrten Arteser ist derzeit nicht möglich. Auch ein stärkerer negativer, anthropogener Einfluß im Infiltrationsgebiet kann sich wegen des hohen Wasseralters und der damit verbundenen geringen Erneuerungsrate innerhalb mehrerer Generationen nicht im Entnahmbereich auswirken. Die Festlegung einer Schutzzone II wäre, speziell im oberstromigen Bereich des Absencktrichters, zu empfehlen.

**6) Generell läßt sich über die Schutzgebiete der tertiären Schichtstauquellen SE Hartberg (H32, H33) feststellen:**

- a) Vor Nutzung dieser Quellen sollte bereits eine Schutzzone I festgelegt werden.**
- b) Besondere Maßnahmen zum Schutz der bisher stark gefährdeten Guttmanquelle (H33, 1.15 l/s; 20 mg Nitrat/l + coliforme Bakterien) sollten (dringend in der Schutzzone II) im Bereich der landwirtschaftlich genutzten Areale erfolgen.**
- c) Da aufgrund der rasch wechselnden hydrogeologischen Verhältnisse ein sehr großes Schongebiet östlich der Hartberger Safen ausgeschieden werden muß, sollten in diesem Raum rechtzeitig raumplanerische Maßnahmen erfolgen, die einen starken negativen anthropogenen Einfluß verhindern.**

**Aussagen über die wahre Fließgeschwindigkeit des Grundwassers bzw. über Neubildungsraten können aufgrund der durchgeführten Voruntersuchungen nur dahingehend getroffen werden, daß Quellschüttungen bzw. Entnahmen älterer Wässer (Tritiumfrei bzw. eiszeitliche Wässer) auf sehr langsame Fließgeschwindigkeiten bzw. sehr geringe Neubildungsraten schließen lassen.**

## **10.0 Literatur**

**ANTES, G. (1992): Hydrogeologische Untersuchungen im Raum Pöllau, Oststeiermark.- Unveröff. Dipl.-Arb. Formal. Naturwiss. Fak. Univ. Wien, 97 S., 71 Abb., 21 Tab., 7 Kt.-Beil., Wien.**

**BERNHART, L., ZETINIGG, H. & ZÖTL, J. (1972): Untersuchungen an artesischen Wässern in der nördlichen Oststeiermark.- Ber. Wasserwirtsch. Rahmenplanung, 21, 3-115, Graz.**

**BRANDL, W. (1950a): Hydrogeologische Studie vom Gebiet des Ringkogels bei Hartberg.- Beitr. Hydrogeol. Steiermark, 3, 21-30, 1 Abb., Graz.**

**BRANDL, W. (1950b): Die artesischen Brunnen im Gebiet der Gemeinde Grafendorf bei Hartberg und ihre hydrogeologischen Voraussetzungen.- Beitr. Hydrogeol. Steiermark, 4, 31-39, Graz.**

**BRANDL, W. (1953): Die Quellen der Wasserleitung von Hartberg am Ringkogel.- Beitr. Hydrogeol. Steiermark, 6, 3-21, 1 Abb., Graz.**

**BRANDL, W. (1954a): Schüttungs- und Temperaturmessungen an den Quellen der Wasserleitung von Hartberg am Ringkogel im Jahr 1953 und 1. Halbjahr 1954.- Beitr. Hydrogeol. Steiermark, 7, 3-7, 1 Taf., Graz.**

**BRANDL, W. (1954b): Die artesischen Brunnen am Süd- und Ostfuß des Masenberges bei Hartberg.- Beitr. Hydrogeol. Steiermark, 7, 8-19, Graz.**

**BUCHROITHNER, M. F. (1984): Erläuterungen zur Karte der Landsat-Bildlineamente von Österreich 1 : 500.000.- 16 S., 1 Abb., 1 Taf., (Geol. B.-A.) Wien.**

**FLÜGEL, H. (1963): Eiszeitliche Bodenfrostbildungen am Alpenrand.- Natur und Museum, 93, 324-330, Frankfurt a. Main, 1963.**

**FRIEDINGER, W. (1977): Erläuterungen zur Bodenkarte 1 : 25 000, Kartierungsbereich 43, HARTBERG, Steiermark.- 205 S., 11 Kt., (BMLF) Wien.**

**HÄUSLER, H. (1993): Erhebung des Gefahrenpotentials für die Trinkwassergewinnung der Gemeinden Hartberg und Hartberg-Umgebung.- Projekt-Endbericht, 5. Teil: Vorschläge für die weitere Trinkwassererschliessung.- 23 S., 1 Beilage 1 : 25.000, (Inst. f. Geologie der Univ. Wien), Wien.**

**HÄUSLER, H. & JUNG, M. (1992): Erhebung des Gefahrenpotentials für die Trinkwassergewinnung der Gemeinden Hartberg und Hartberg-Umgebung.- Projekt-Endbericht 1. Teil: Naturräumliche Grundlagen.- 54 S., 17 Abb., 5 Beil., (Inst. f. Geologie der Univ. Wien) Wien.**

HÄUSLER, H., BIEBER, G. & JUNG, M. (1993): Erhebung des Gefahrenpotentials für die Trinkwassergewinnung der Gemeinden Hartberg und Hartberg-Umgebung.- Projekt-Endbericht, 3. Teil: Anthropogenes Risikopotential.- 115 S., 5 Abb., 18 Taf., Beil. 8-9; Wien (Inst. f. Geologie der Univ. Wien), Wien.

HÄUSLER, H., JUNG, M. & BIEBER, G. (1993): Erhebung des Gefahrenpotentials für die Trinkwassergewinnung der Gemeinden Hartberg und Hartberg-Umgebung.- Projekt-Endbericht, 2. Teil: Dauerbeobachtungen. 61 S., 7 Abb., 7 Tab., Beil. 6-7; Anhang: 71 S., 71 Abb., 27 Tab., (Inst. f. Geologie der Univ. Wien), Wien.

HÄUSLER, H. & SCHWARZ, M. (1993): Erhebung des Gefahrenpotentials für die Trinkwassergewinnung der Gemeinden Hartberg und Hartberg-Umgebung.- Projekt-Endbericht, 4. Teil: Ausweisung von Vorranggebieten zum Schutz des Grundwassers. 76 S., 3 Abb., Beil., (Inst. f. Geologie der Univ. Wien), Wien.

HARUM, T. & LEDITZKY, H. P. (1986): Hydrogeologisches Gutachten für die Brunnen I und II des Ring-Gesundheitszentrums Schildbach.- Unveröff. Gutachten, 18 S., 3 Abb., 1 Tab., Graz 1986.

NEBERT, K. (1951): Sedimentologisch-stratigraphische Untersuchungen im Jungtertiär südwestlich von Hartberg (Oststeiermark).- Berg- u. Hüttenmänn. Mh., 96, 9-14, 30-37, 50-57, Wien.

NEBERT, K. (1985): Kohlengeologische Erkundung des Neogens entlang des Ostrandes der Zentralalpen.- Arch. f. Lagerstättenforsch., 6, 23-77, 46 Abb., 14 Tab., (Geol.-B. A.), Wien.

NOVAK, J. (1983): Ergiebigkeitsmessungen der Brunnen Fürhab und Kneissl im Dombachtal.- Unveröff. Gutachten, 17 S., 1 Abb., Graz 1983.

RANK, D. (1989): Isotopenverhältnisse - die Fingerabdrücke des Wassers.- Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwiss. Kenntnisse in Wien, 127, 147-176, 17 Abb., Wien.

SCHUCH, M. (1980): Ergebnisse der hydrogeologischen und geohydrologischen Untersuchungen im rechtsufrigen Bereich des Safenbaches NNE von Habersdorf.- Unveröff. Gutachten, 10 S., 2 Abb., Innsbruck.

STUNDL, K. (1954): Der Chemismus der artesischen Wässer am Süd- und Ostfuß des Masenberges bei Hartberg.- Beitr. Hydrogeol. Steiermark, 7, 19-21, 1 Tab., Graz.

THURNER, A. (1967): Hydrogeologie.- 350 S., 187 Abb., (Springer) Wien.

ZETINIGG, H. (1972): Die Bohrungen zur Untersuchung artesischer Wässer in Grafendorf und Seibersdorf (Oststeiermark).- Ber. Wasserwirtschaftl. Rahmenplanung, 21, 47-86, 2 Abb., 4 Taf., Graz.

ZETINIGG, H. (1990): Bemerkungen zur Entwicklung des Begriffes Hydrogeologie.- Mitt. naturwis. Ver. Steiermark., 120, 145-154, 1 Tab., Graz.

ZÖTL, J. (1967): Gutachtliche Äußerung betreffend die Erweiterung der Wasserversorgung der Stadt Hartberg.- 7 S., Unveröff. Gutachten, 1 Beil., Graz.

Dank

Für die fachliche Unterstützung danken wir Herrn Oberbaurat Doz. Dr. H. ZETINIGG (Amt der Steiermärkischen Landesregierung). Für die Interpretation der Isotopenwerte möchten wir dem Leiter der Abteilung Isotopengeophysik des Geotechnischen Institutes der BFPZ-ARSENAL, Herrn Hofrat Dr. D. RANK, sehr herzlich danken.

**Autor:** Ass.Prof.Univ.Doiz.Dr. Hermann HÄUSLER  
Institut für Geologie der Universität Wien  
Universitätsstraße 7  
A-1010 Wien