

GRUND- UND OBERFLÄCHENWÄSSERCHEMISMEN

*aus dem Mittleren Burgenland und ihre Beziehung zur Lithologie möglicher
Einzugsgebiete sowie zu Umweltbelastungen*

H. KURZWEIL, V. SCHROFFENEGGER und St. RAKASEDER

ZUSAMMENFASSUNG

An Grund- und Oberflächenwässern der „Landseer Bucht“ (Oberpullendorfer Becken) durchgeführte hydrochemische Untersuchungen lassen ausgeprägte Beziehungen der Meßergebnisse zur Lithologie dieses Gebietes sowie zu anthropogenen Schadstoffeinträgen erkennen.

Graphische Darstellungen der Lösungsinhalte der Wässer vermitteln dazu einen Überblick, auch konnten mit Hilfe von Rechenverfahren unter Bezugnahme auf ausgewählte Parameter die Wässer nach Teilgebieten gegliedert werden. Sich daraus ableitende Aspekte zur Entwicklung der festgestellten Grund- und Oberflächenwässerchemismen sowie Fragen zur Trinkwassernutzung der Wässer werden diskutiert.

(1) EINLEITUNG

Die derzeitige Versorgungssituation im Mittleren Burgenland mit Trinkwasser ist inhomogen und verfügt nicht über die erforderlichen Reserven, um im Falle massiver Kontamination des Grundwassers, versorgungsintensiver Industrieneugründungen oder Zusatzerfordernissen des Fremdenverkehrs vorerkundete Speicher unmittelbar zu nützen und damit Versorgungsgpässe auch längerfristig abzudecken.

Dieser Problemvorgabe wurde im Rahmen eines umfassenden Forschungsvorhabens zur Grundwasserhöffigkeit des angesprochenen Gebietes Rechnung getragen (SCHROFFENEGGER V., SENONER Th. und H. KURZWEIL, 1996; SCHROFFENEGGER V., SENONER Th. und H. KURZWEIL, 1997), wobei nicht nur die Verfügbarkeit von Grundwasser zu Versorgungszwecken, sondern auch die Beschaffenheit, Bilanz und die Möglichkeiten zu künstlicher Grundwasseranreicherung geprüft werden sollten.

Der nachfolgend vorgestellte Untersuchungsteil betrifft die Durchführung einer hydrochemischen Kartierung des Gebietes, mit dem Ziele, die Wässer im Untersuchungsgebiet hydrogeochemisch zu klassifizieren bzw. bestimmten Einzugsgebieten zuzuordnen, Zusammenhänge zwischen Grund- und Oberflächenwässern aufzuzeigen und auch mögliche Kontaminationen nach anthropogenem Eintrag zu erfassen.

(2) BEPROBUNGS- UND UNTERSUCHUNGSMETHODIK

Die Beprobung mit anschließender Untersuchung der Wässer erfolgte im Sommer und Winter 1995 und 96 auf Basis bestehender NORMEN und Richtlinien.

Nach orientierenden Untersuchungen wurden insgesamt 127 Grund- und 184 Oberflächenwasserproben zur Feststellung von Ionen-Konzentrationsverhältnisse gezogen. Die Lage der Beprobungspunkte, nach beiden Kategorien getrennt, ist aus den nachfolgenden Abbildungen ersichtlich.

Neben der elektrischen Leitfähigkeit, der Temperatur, dem pH-Wert und dem Sauerstoffgehalt wurden an Kationen Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} und Mn^{2+} , an Anionen HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} sowie, an ausgewählten Proben, auch NH_4^+ bestimmt.

Die zur Anwendung gelangten Untersuchungsmethoden sind der DIN-DEV-NORM (GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER, Hrsg., 1993) bzw. den US-Standard Methods (AMERICAN HEALTH ASSOCIATION, Hrsg., 1989) entnommen. Eine Übersicht dazu wird in SCHROFFENEGGER et al. (1997) gegeben. Ebenso wird in diesem Forschungsbericht die Präzision der gewonnenen Analysenergebnisse diskutiert.

(3) VORSTELLUNG DER MESSERGEBNISSE

Infolge Platzmangels muß darauf verzichtet werden, die in GIS-Datenbanken zusammengefaßten Meßwerte hier im Detail vorzustellen.

Die Lage der Probenpunkte mit Koordinaten und allen Einzelheiten zu den geprüften Parametern ist dem bereits angeführten Forschungsbericht von SCHROFFENEGGER et al. (1997) zu entnehmen.

Die in beiden Gewässerarten festgestellten Lösungsinhalte wurden zunächst nach Konzentrationsklassen gruppiert und sind nach diesen Vorgaben kartenmäßig dargestellt (Abb. 1 bis 10).

Die ausgewiesenen Verteilungsmuster lassen bereits in dieser Form Zusammenhänge mit den im Untersuchungsgebiet verbreiteten Gesteins- und Bodenarten in anschaulicher Weise erkennen (Abb. 12 bis 18).

Die Erfassung herkunftspezifischer Eigenschaften konnte dabei bevorzugt durch Untersuchungen von Oberflächenwässern wahrgenommen werden, die trotz deutlich niedrigerer Ionenkonzentration aber signifikanten Lösungsinhalten besser zur Erstellung von Gewässertypen geeignet waren als die festgestellten Grundwasserchemismen mit ihren durch mögliche Mischwasserbildung veränderten Bezugsgrößen.

Neben geogenen Zuordnungen der Wässer waren Auslotungen anthropogener Belastungsinhalte ein weiterer Schwerpunkt dieser Untersuchungen. Die Feststellung von Belastungen sowie die Bewertung von Gefährdungspotentialen erfolgte unter Beachtung ausgewählter Parameter (SCHROFFENEGGER et al., 1997) direkt bzw. durch den Einsatz elektronischer Rechenverfahren (VOIGT, 1990). Die oben genannten Darstellungen bieten auch dazu einen Überblick.

Zu den ausgewiesenen Konzentrationsabstufungen bleibt anzumerken, daß die mit Quadraten angezeigten Konzentrationen über dem Schwellenwert der Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/91) liegen.

BEZEICHNUNG	SW	ZHK	RW-EU	ZHK-EU
WASSESTEMPERATUR °C	–	25.0	12.0	25.0
SAUERSTOFFGEHALT	–	–	–	–
ELEKTR. LEITF. (bei 25° C) $\mu\text{S}/\text{cm}$	–	–	400	–
pH-WERT	–	8.5	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$	$6.0 \leq \text{pH} \leq 9.5$
AMMONIUM mg/l	0.03	0.50	0.05	0.50
NATRIUM mg/l	30	150	20	175
KALIUM mg/l	12	12	–	12
CALCIUM mg/l	–	400	100	400
MAGNESIUM mg/l	–	50	30	50
EISEN mg/l	–	0.20	0.05	0.20
MANGAN mg/l	–	0.050	0.020	0.050
HYDROGENKARBONAT mg/l	–	–	–	–
NITRAT mg/l	45	50	5	50
NITRIT mg/l	0.01	0.10	–	0.10
SULFAT mg/l	–	250	25	250
CHLORID mg/l	60	100	25	200
ORTHOPHOSPHAT mg/l	0.18	0.30	0.4*	5.0*

Tabelle 1: Schwellenwerte (SW), zulässige Höchstkonzentrationen bzw. Grenzwerte für Trinkwasser nach dem österr. Lebensmittelbuch (ZHK) und der EU-Vorgabe (ZHK-EU) sowie den EU-Richtwerten für Trinkwasser (RW-EU); () Grenz- bzw. Richtwerte für P_2O_5 nach EU-Richtlinien.*

Hydrochemie

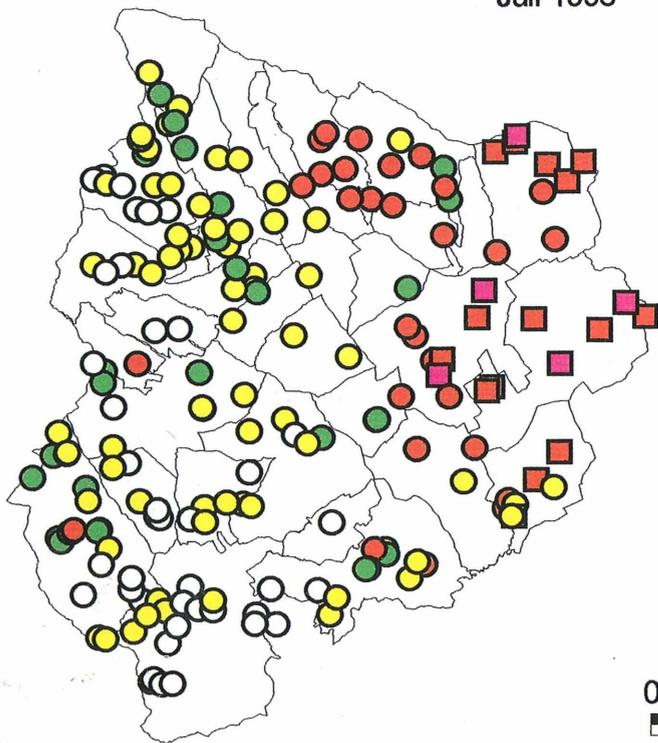
Leitfähigkeit

Juli 1996

Oberflächengewässer

Legende:

- < 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 200 - 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 400 - 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 600 - 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 800 - 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- > 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Gemeindegrenzen



0 5 10 15 Kilometer

Grundwasser

Legende:

- < 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 200 - 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 400 - 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 600 - 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 800 - 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- > 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Gemeindegrenzen

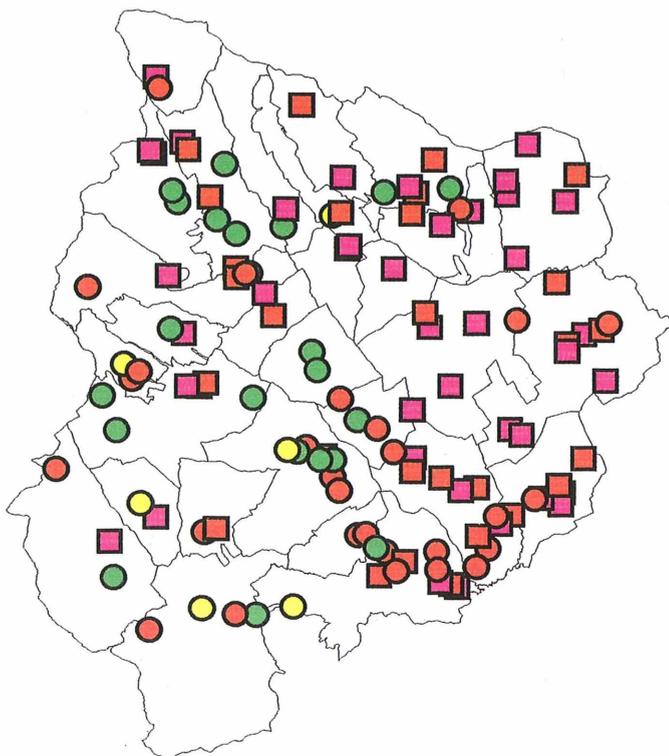


Abb 1: Elektrische Leitfähigkeitswerte (mikroS/cm) in Grund- und Oberflächenwässern des Untersuchungsgebietes.

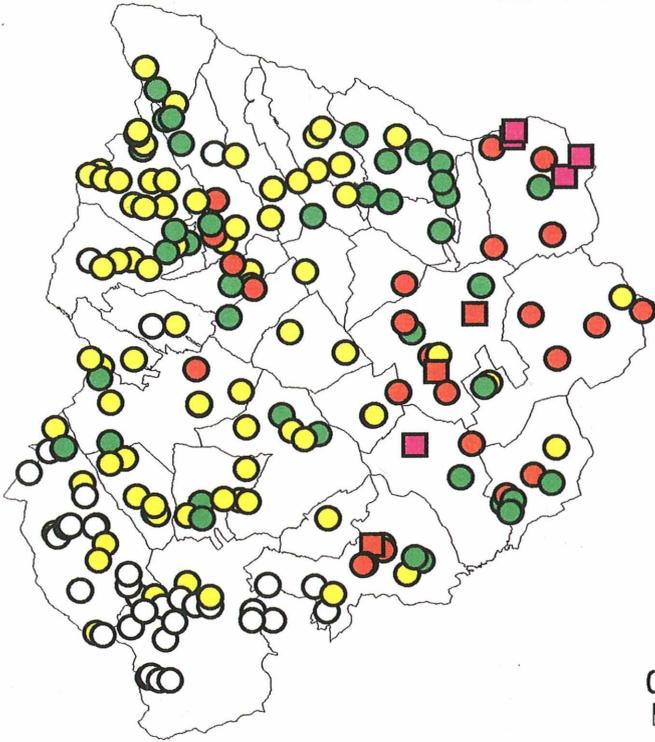
Hydrochemie

Oberflächengewässer

Juli 1996

Natrium

- < 5 mg/l
- 5 - 10 mg/l
- 10 - 15 mg/l
- 15 - 20 mg/l
- 20 - 25 mg/l
- > 25 mg/l
- Gemeindegrenzen



Kalium

- < 1 mg/l
- 1 - 2 mg/l
- 2 - 3 mg/l
- 3 - 4 mg/l
- 4 - 8 mg/l
- > 8 mg/l
- Gemeindegrenzen

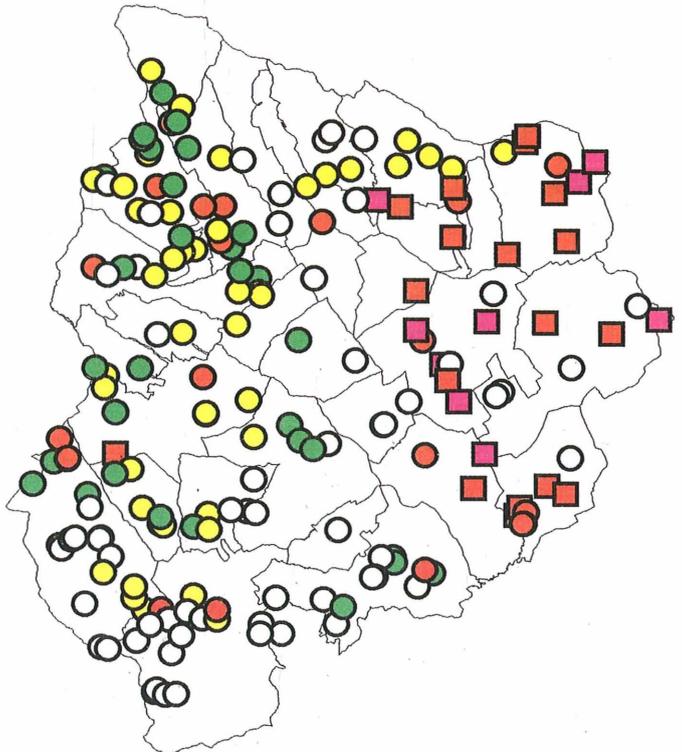
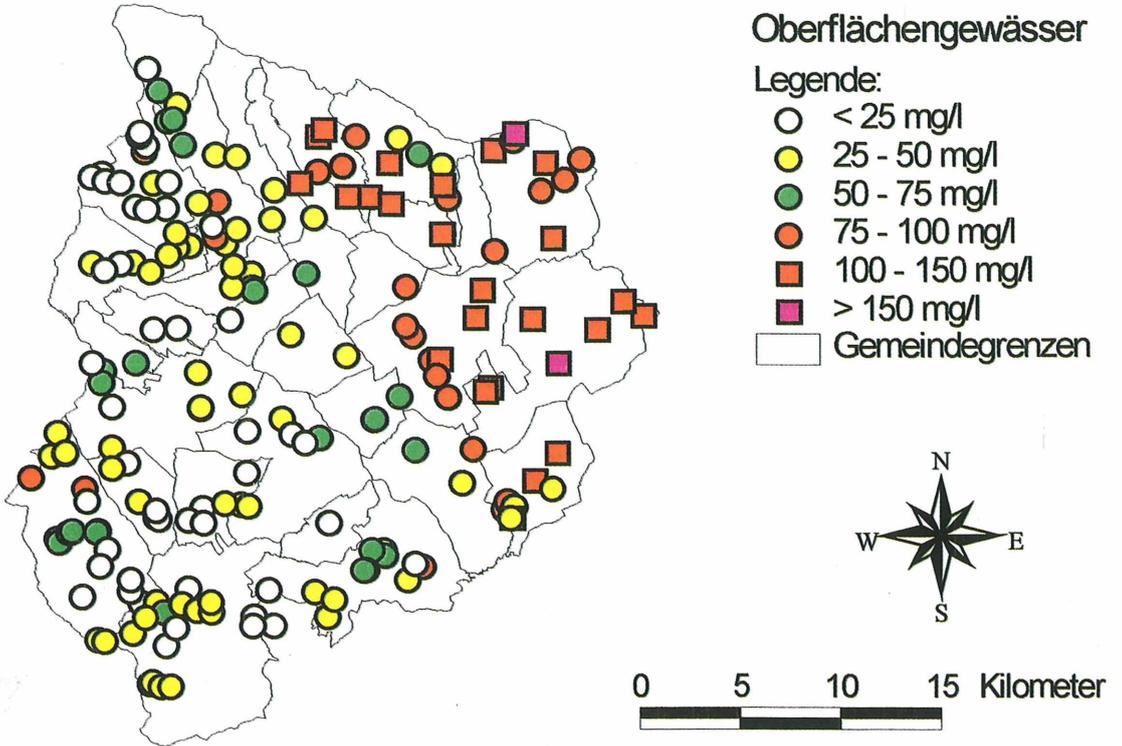


Abb 2: Na- und K-Konzentrationen (mg/l) in Oberflächengewässern des Untersuchungsgebietes.

Hydrochemie

Calcium

Juli 1996



Grundwasser

Legende:

- < 50 mg/l
- 50 - 75 mg/l
- 75 - 100 mg/l
- 100 - 125 mg/l
- 125 - 150 mg/l
- > 150 mg/l
- Gemeindegrenzen

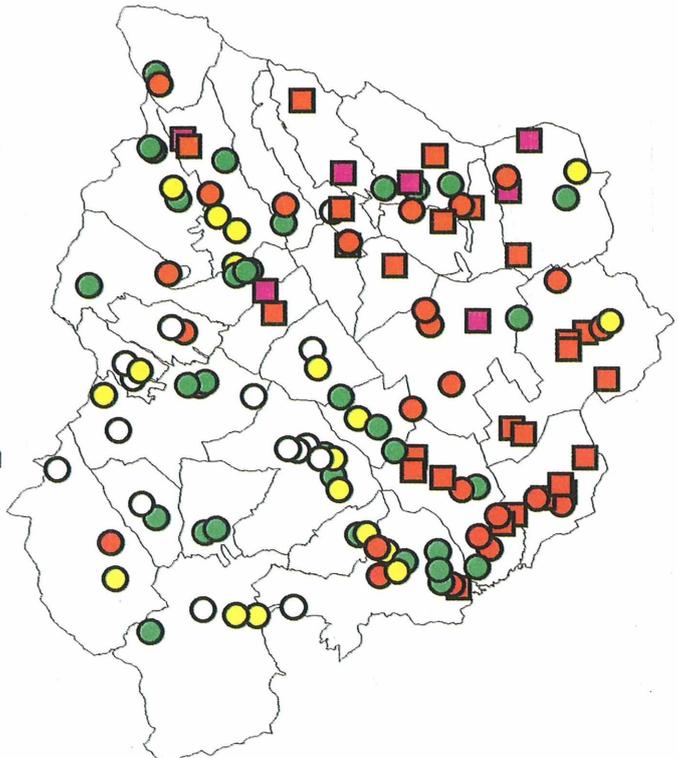
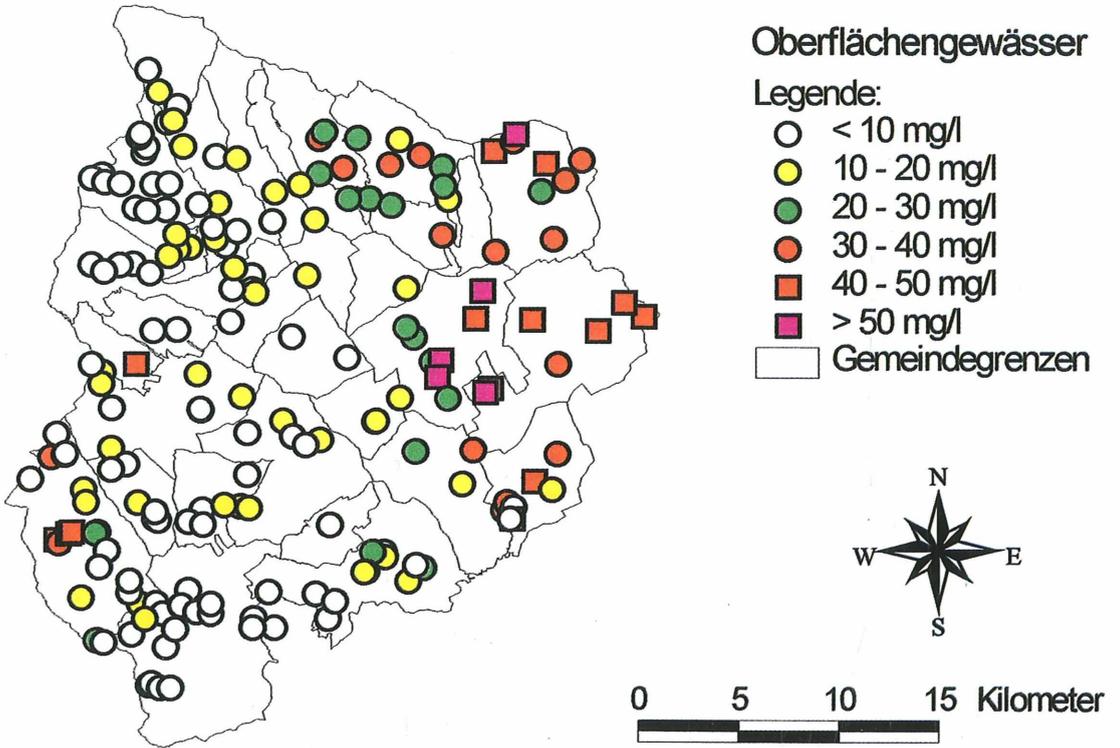


Abb 3: Ca-Konzentrationen (mg/l) in Grund- und Oberflächengewässern des Untersuchungsgebietes.

Hydrochemie

Magnesium

Juli 1996



Grundwasser

Legende:

- < 20 mg/l
- 20 - 30 mg/l
- 30 - 40 mg/l
- 40 - 50 mg/l
- 50 - 60 mg/l
- > 60 mg/l
- Gemeindegrenzen

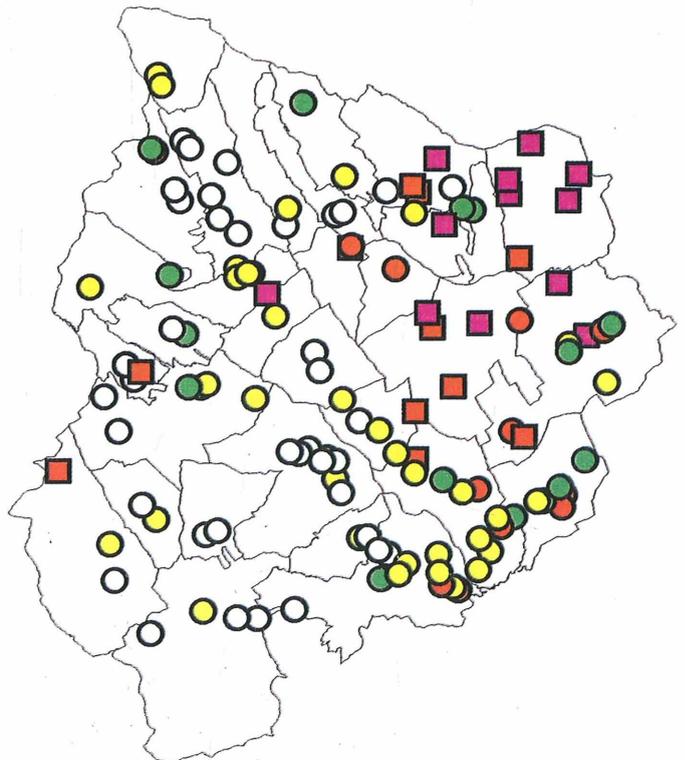


Abb 4: Mg-Konzentrationen (mg/l) in Grund- und Oberflächengewässern des Untersuchungsgebietes.

Hydrochemie

Eisen

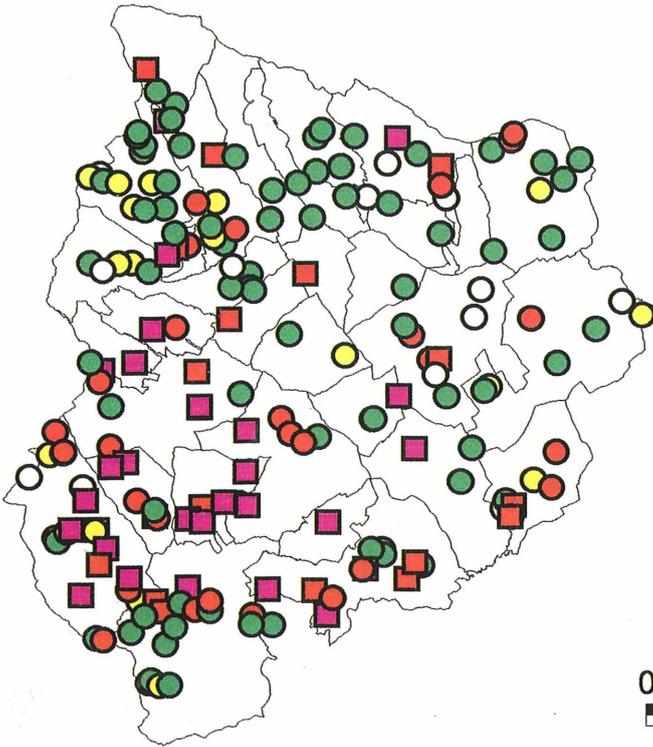
Juli 1996

Oberflächengewässer

Legende:

- < 0,1 mg/l
- 0,1 - 0,2 mg/l
- 0,2 - 0,4 mg/l
- 0,4 - 0,6 mg/l
- 0,6 - 1 mg/l
- > 1 mg/l

□ Gemeindegrenzen



0 5 10 15 Kilometer

Grundwasser

Legende:

- < 0,02 mg/l
- 0,02 - 0,06 mg/l
- 0,06 - 0,1 mg/l
- 0,1 - 0,4 mg/l
- 0,4 - 10 mg/l
- > 10 mg/l

□ Gemeindegrenzen

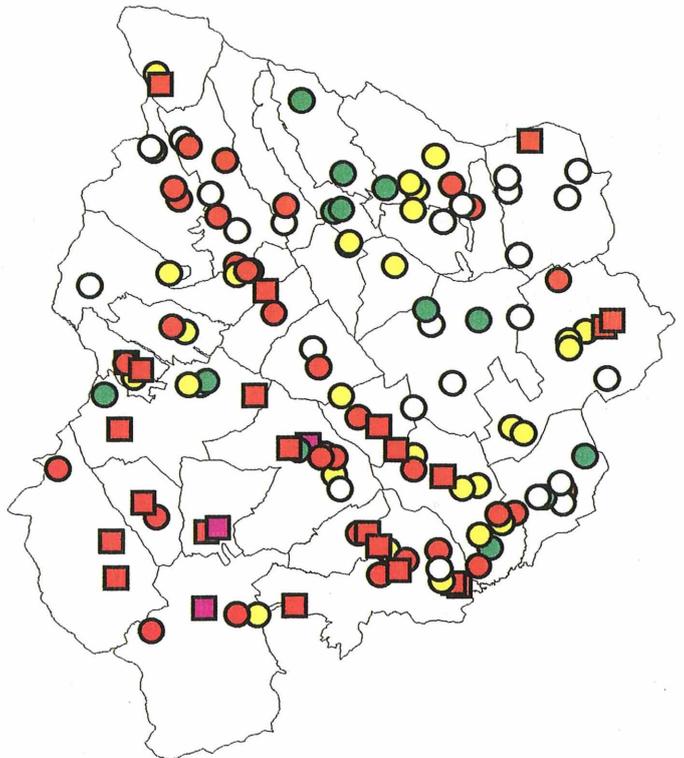


Abb 5: Fe-Konzentrationen (mg/l) in Grund- und Oberflächenwässern des Untersuchungsgebietes.

Hydrochemie

Mangan

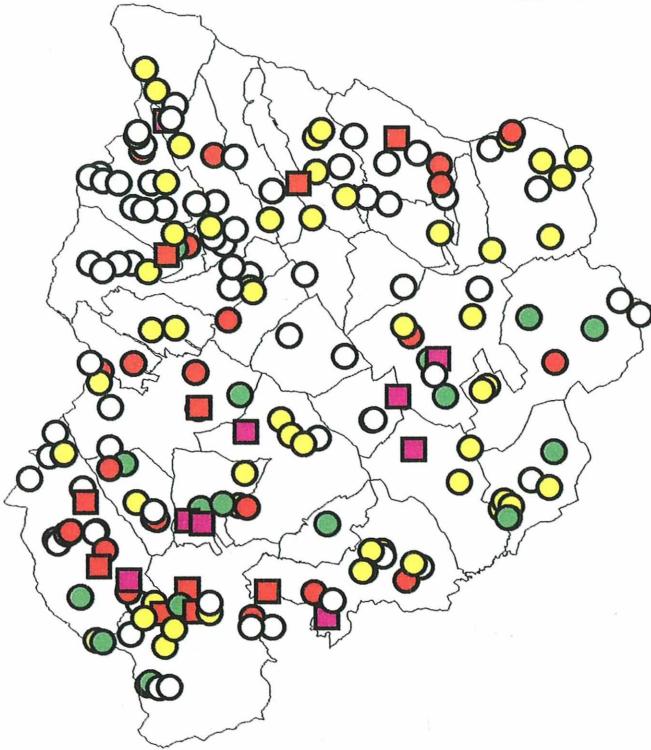
Juli 1996

Oberflächengewässer

Legende:

- < 0,05 mg/l
- 0,05 - 0,1 mg/l
- 0,1 - 0,15 mg/l
- 0,15 - 0,25 mg/l
- 0,25 - 0,5 mg/l
- > 0,5 mg/l

□ Gemeindegrenzen



0 5 10 15 Kilometer

Grundwasser

Legende:

- < 0,03 mg/l
- 0,03 - 0,25 mg/l
- 0,25 - 0,5 mg/l
- 0,5 - 1 mg/l
- 1 - 1,5 mg/l
- > 1,5 mg/l

□ Gemeindegrenzen

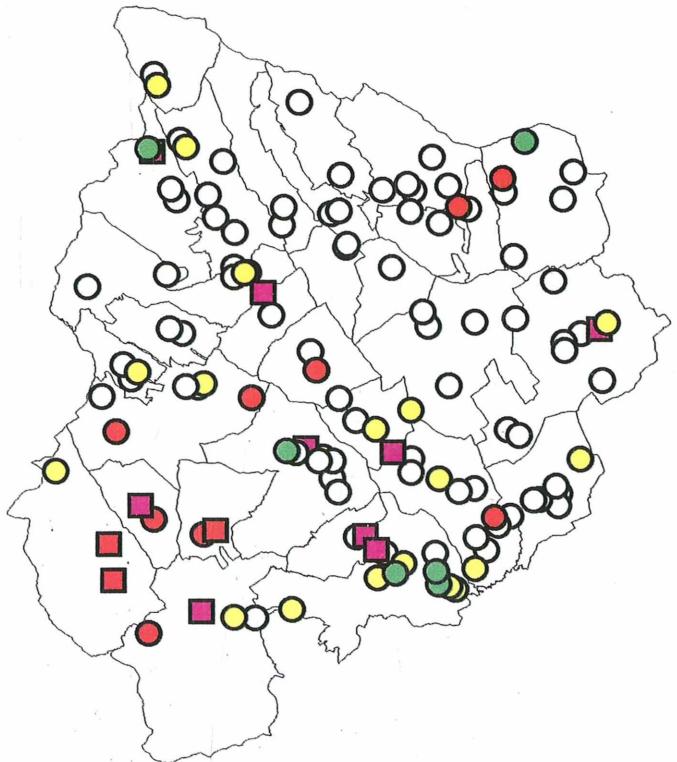
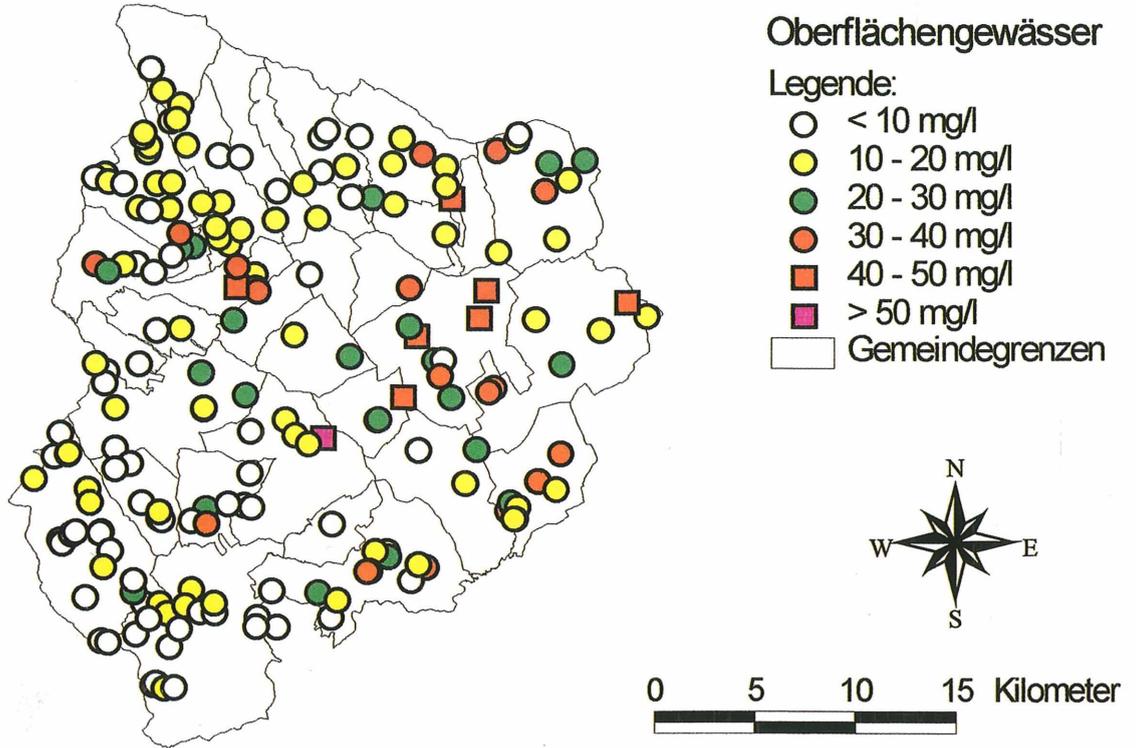


Abb 6: Mn-Konzentrationen (mg/l) in Grund- und Oberflächenwässern des Untersuchungsgebietes.

Hydrochemie

Nitrat
Juli 1996



Grundwasser

Legende:

- < 10 mg/l
- 10 - 20 mg/l
- 20 - 50 mg/l
- 50 - 100 mg/l
- 100 - 150 mg/l
- > 150 mg/l
- Gemeindegrenzen

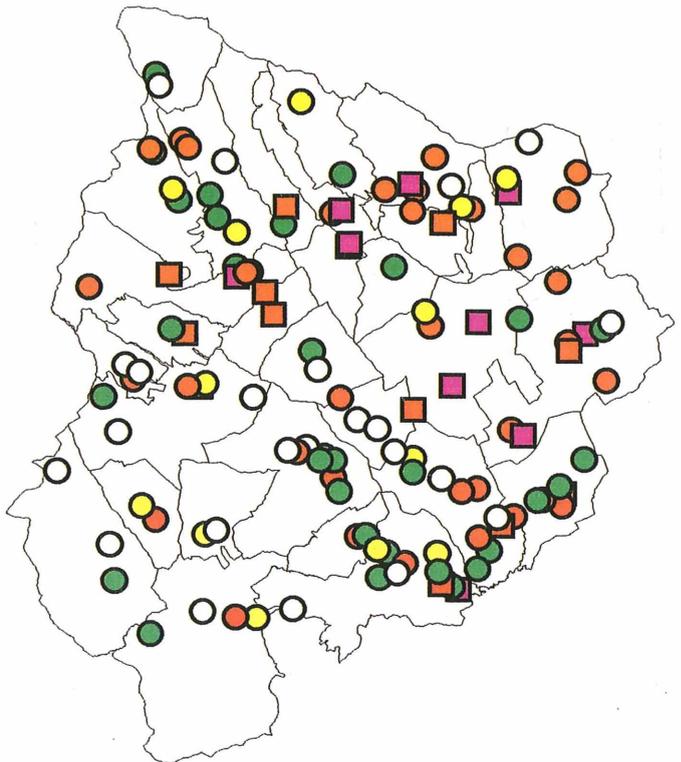


Abb 7: NO_3 -Konzentrationen (mg/l) in Grund- und Oberflächengewässern des Untersuchungsgebietes.

Hydrochemie

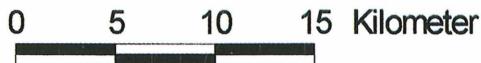
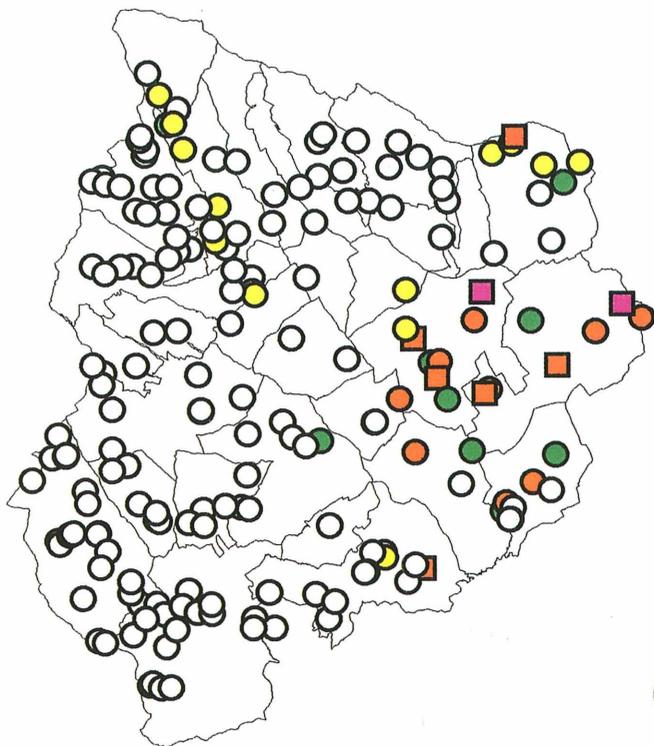
Chlorid

Juli 1996

Oberflächengewässer

Legende:

- < 25 mg/l
- 25 - 35 mg/l
- 35 - 45 mg/l
- 45 - 55 mg/l
- 55 - 75 mg/l
- > 75 mg/l
- Gemeindegrenzen



Grundwasser

Legende:

- < 20 mg/l
- 20 - 30 mg/l
- 30 - 40 mg/l
- 40 - 50 mg/l
- 50 - 100 mg/l
- > 100 mg/l
- Gemeindegrenzen

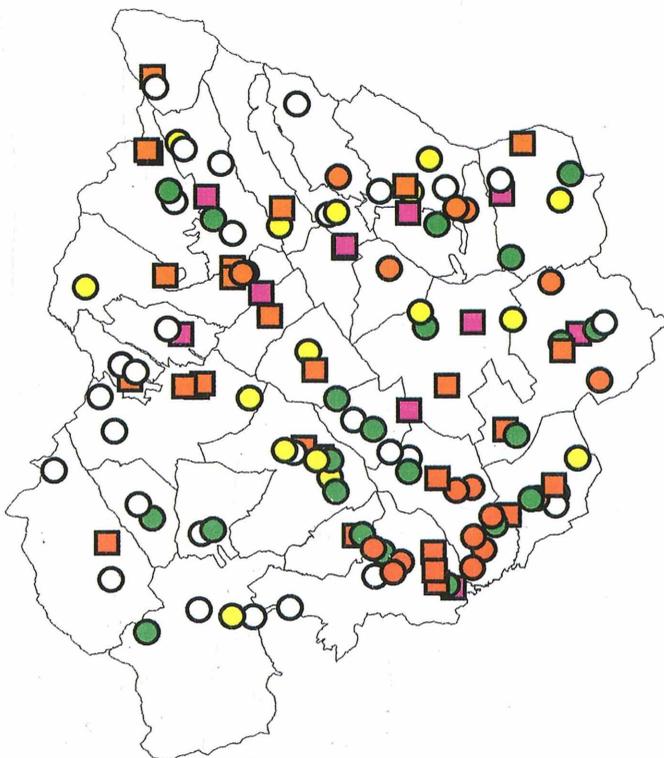


Abb 8: Cl-Konzentrationen (mg/l) in Grund- und Oberflächenwässern des Untersuchungsgebietes.

Hydrochemie

Sulfat Juli 1996

Oberflächengewässer

Legende:

○ < 25mg/l

● 25 - 50 mg/l

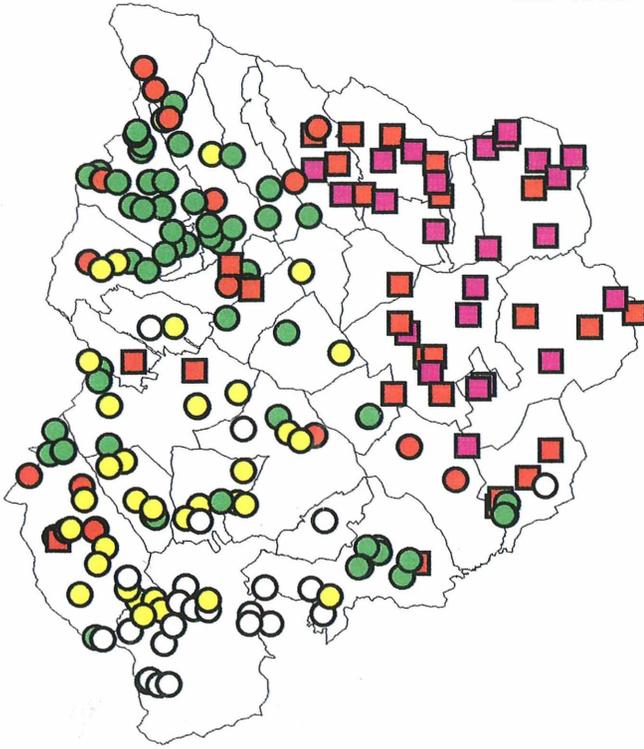
● 50 - 75 mg/l

● 75 - 100 mg/l

■ 100 - 150 mg/l

■ > 150 mg/l

□ Gemeindegrenzen



Grundwasser

Legende:

○ < 30 mg/l

● 30 - 50 mg/l

● 50 - 70 mg/l

● 70 - 100 mg/l

■ 100 - 150 mg/l

■ > 150 mg/l

□ Gemeindegrenzen

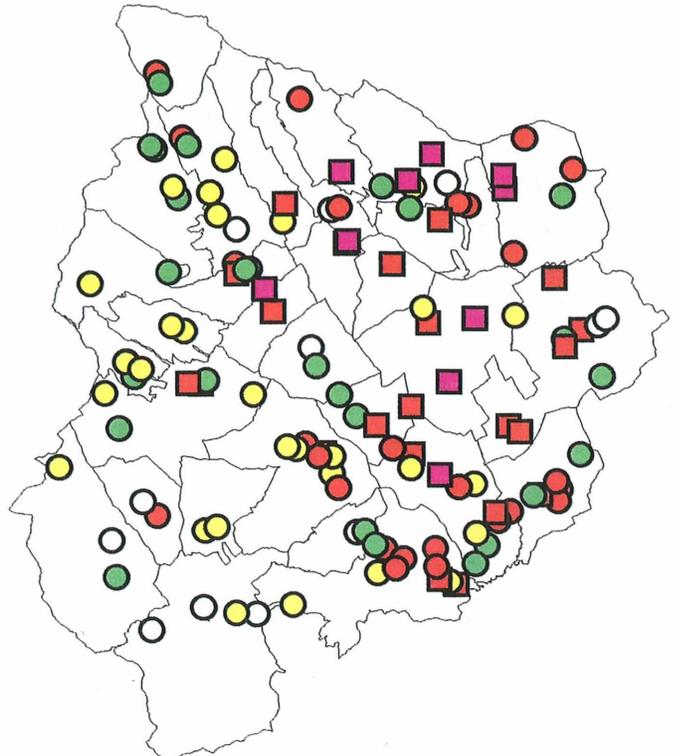


Abb 9: SO_4 -Konzentrationen (mg/l) in Grund- und Oberflächengewässern des Untersuchungsgebietes.

Hydrochemie

Hydrogenkarbonat

Juli 1996

Oberflächengewässer

Legende:

○ < 75 mg/l

● 75 - 125 mg/l

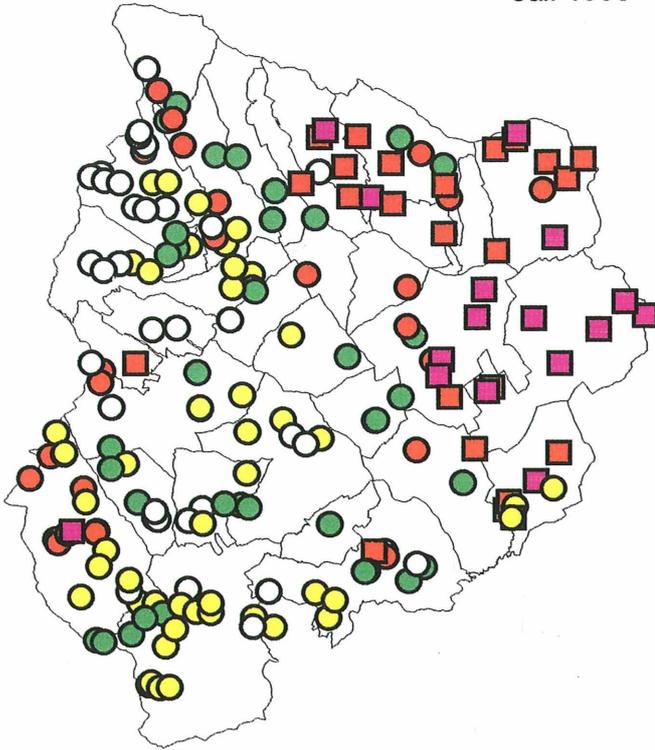
● 125 - 200 mg/l

● 200 - 300 mg/l

■ 300 - 400 mg/l

■ > 400 mg/l

□ Gemeindegrenzen



0 5 10 15 Kilometer

Grundwasser

Legende:

○ < 200 mg/l

● 200 - 300 mg/l

● 300 - 400 mg/l

● 400 - 500 mg/l

■ 500 - 600 mg/l

■ > 600 mg/l

□ Gemeindegrenzen

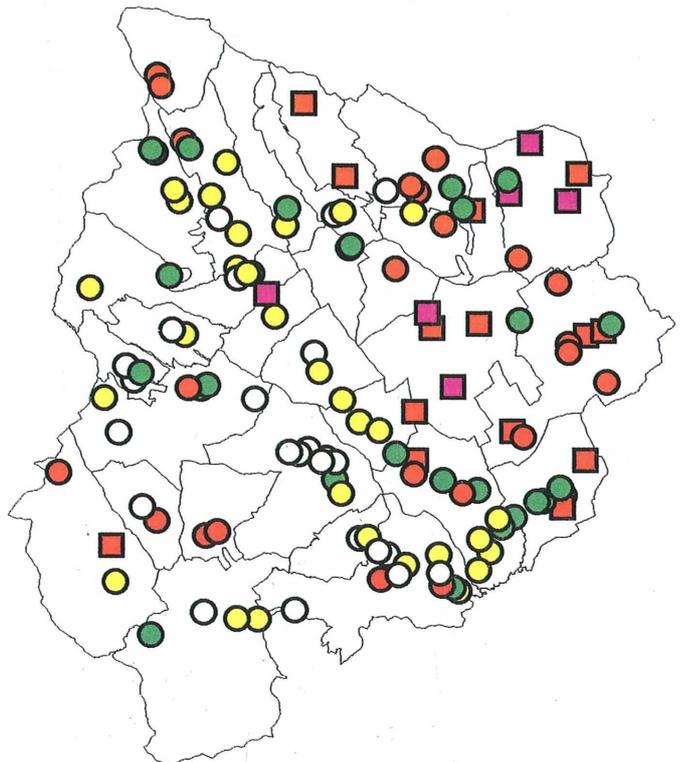


Abb 10: HCO_3^- -Konzentrationen (mg/l) in Grund- und Oberflächenwässern des Untersuchungsgebietes.

(4) ÜBERBLICK ZUR GEOLOGIE, LITHOLOGIE UND DEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET VERBREITETEN BODENARTEN

Das gegenständliche Untersuchungsgebiet umfaßt mit der „Landseer Bucht“ eine im älteren Miozän am Alpenostrand angelegte regionale Eintiefung, die in dieser Form seither als Sammelbecken für Abtragungsprodukte aus dem alpinen Hinterland dient und damit gleichzeitig, bis auf Marginalbereiche im SW des Gebietes, auch das hydrologisch-hydrogeologische Einzugsgebiet definiert.

Der geologische Aufbau der „Landseer Bucht“ gliedert sich demzufolge in Bereiche

- vorneogenen Grundgebirges, das als Umrahmung und in Teilen des zentralen Beckens wesentliche Abschnitte einnimmt, und in den
- neogenen Sedimentkomplex, der, mit nach Osten zunehmender Mächtigkeit, die angesprochenen Abtragungsprodukte aus dem alpinen Hinterland im wesentlichen beinhaltet.

Von geologisch zurücktretender Bedeutung sind ferner

- quartäre Sediment- bzw. Bodenauflagen und schließlich
- jungtertiäre Vulkanite, die als Folge tiefreichender Störungen kleinräumige Gesteinskörper im Untersuchungsgebiet ausbilden.

Über Einzelheiten zur geologisch-tektonischen Entwicklungsgeschichte dieses Raumes wird in SCHROFFENEGGER et al. (1996) berichtet.

Unter Bedachtnahme auf physikalische bzw. physikalisch-chemische Parameter lassen sich angetroffene Wasserchemismen als Folge von Herkunft (nach Gesteins- und Bodenarten), Wasserbewegung und Umweltbeeinflussung interpretieren.

Generelle Kenntnisse zur Lithologie der in Frage kommenden Gebiete sind dazu Voraussetzung.

Abb. 11 beschreibt die für das Untersuchungsgebiet und damit für die Chemismen der Wässer zu berücksichtigenden Gesteins- und Bodenarten:

Serpentinite, Metagabbros, Chloritphyllite sowie Grünschiefer der Rechnitzer Einheit sind als Kristallingesteine mit u. a. hohem Mg- und Fe-Gehalt und grundsätzlich geringer Verwitterungsstabilität insbesondere im Süden des Gebietes verbreitet. Es ist davon auszugehen, daß diese Gesteinschemismen ansatzweise auf migrierende Kluftwässer übertragen werden und in Verbindung mit Braunerdeböden und mit von hier aus lithologisch beeinflussten Talfüllungen spezifisch geprägte Wässer entwickeln.

Lithologisch in geringerem Ausmaß differenziert erscheinen die dem Unter- bzw. Mittelostalpin zugehörnden Gesteinsserien der Wechsel-, Grobgnais- und Siegrabnereinheit. Ähnliche mineralogische Zusammensetzung der Gesteinsarten, somit weitgehend vergleichbare Gesteinschemismen und Bodenarten der Kategorien Braunerde und Pseudogley lassen erwarten, daß die darauf zu beziehenden Wasserchemismen vergleichbaren Charakter haben. In dieser Palette von Gneisen, Glimmerschiefern und Amphiboliten sind allenfalls letztere als Ursache für zunehmende Bandbreiten von Konzentrationsentwicklungen anzusehen.

Geohydrochemisch für konzentrationsspezifische Kennzeichnungen der Wässer als weitgehend vernachlässigbar sind auf Grund ihrer kleinräumigen Vorkommen die Semmeringquarzite sowie lokale Vulkanitkörper im Untersuchungsgebiet einzustufen. Wie dem Abbildungsteil dazu entnommen werden kann, fügen sich aus diesen Gebieten stammende Wässer in das allgemeine Bild des „kristallin“-geprägten Abflusses, der sich SW der Linie Siegraben–Oberpullendorf–Lutzmannsburg, also in den Einzugsbereichen von Rabnitz, Zöbernach und dem Stooberbach mit seinem westlich zugehörigem Einzugsgebiet, bemerkbar macht.

Auf die neogenen Ablagerungen übertragen ist aus dieser Konfiguration der Konzentrationsverhältnisse eine deutliche lithologische Prägung der Sedimente dieses Gebietsabschnittes durch Einflüsse aus dem umrahmenden Kristallin bzw. aus seinen im Becken anstehenden Teilkörpern abzuleiten. Eine Relativierung dieser Zusammenhänge ist jedoch einzuräumen, geht man davon aus, daß aus sedimentologischen Gründen, in Abhängigkeit von der Morphologie des Beckens und den dadurch grundsätzlich gesteuerten Sedimentationsvor-

gängen, überwiegend mittel- bis grobkörnige Ablagerungen in diesem Abschnitt des Beckens verbreitet sind. Die vor allem im Ottnang, dem Karpat und im Baden verbreiteten Sande und Grobjoinsedimente sind mit überwiegenden Mineralanteilen von Quarz und Feldspäten als hydrochemisch weitgehend inaktiv zu bezeichnen und in Verbindung mit den im oberflächennahen Untergrund zu erwartenden höheren hydraulischen Leitfähigkeiten also kaum in der Lage, aus dem Kristallin vorgegebene Wasserchemismen wesentlich zu beeinflussen. Die weitreichende Vergleichbarkeit der Ionenkonzentrationen in diesem Gebietsabschnitt erscheint somit als Produkt einer im wesentlichen regional geprägten Faktorenpalette mit hervorzuhebenden lithologisch und Verweilzeit-bedingten Parametern.

Es bleibt das Gebiet NE des Stooberbaches.

Im Gegensatz zum bisher besprochenen Raum handelte es sich hier um einen lithologisch weitgehend gleichförmig zusammengesetzten Gebietsabschnitt mit Tonen, Tonmergeln und eher zurücktretend verbreiteten Sanden und Grobkornsedimenten (Abb. 11). Diese oberflächennah dem Pannon zugehörigen Sedimentabfolgen beschließen die großräumige Bekkensedimentation in der „Landseer Bucht“. Als überwiegend silikatische Ablagerungen entwickeln auch sie keine spezifischen geohydrochemischen Eigenschaften an den Grund- und Oberflächenwässern dieses Gebietsabschnittes.

Prägende Einflüsse der Wässer gehen vielmehr vom Beckenrand und von quartären Sedimentauflagerungen aus, die insbesondere im Gebiet zwischen Deutschkreutz/Horitschon und ZE gegen Lutzmannsburg verbreitet sind.

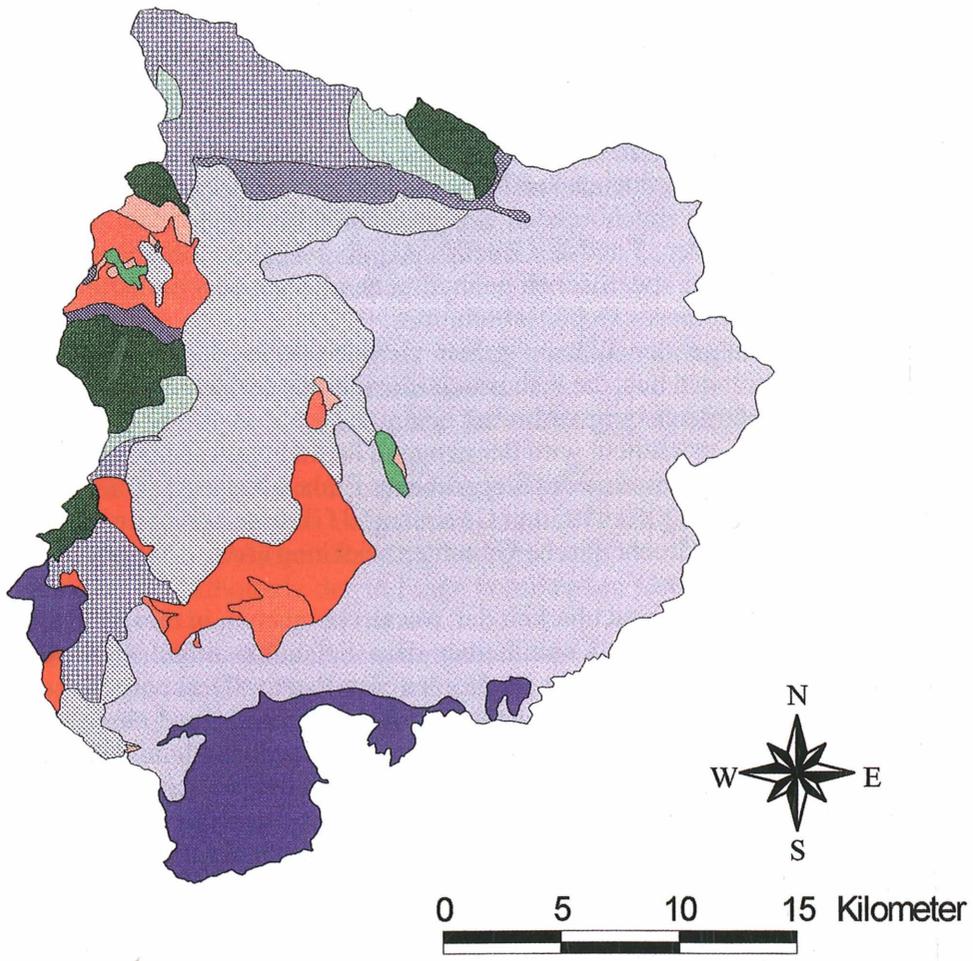
Wie aus Abb. 11 ersichtlich, wird der neogene Sedimentationsraum im Bereich des Brennergebirges durch Kristallingesteine der Siegrabener Einheit begrenzt. Dieser Teil des nördlichen Zahmens mit tiefgründig verwitterten Gneisen und Glimmerschiefern etc. ist sicherlich nicht in der Lage, die geohydrochemische Gesamtentwicklung (Abb. 1 bis 10) dieses Raumes maßgeblich mitzubestimmen.

Die weitreichende Vergleichbarkeit der Wasserchemismen in diesem Beckenabschnitt läßt vielmehr den Schluß zu, daß unmittelbar dem Kristallin aufgelagerte marine Kalke und Kalksande des Baden und Sarmat im Norden von Ritzing/Neckenmarkt, aber insbesondere die bereits angesprochenen jungpleistozänen Ablagerungen aus Lössen und Lößlehm im Gebiet um Deutschkreutz/Horitschon, mit anschließenden, kleinflächigen Vorkommen in Richtung Lutzmannsburg, die Ionenkonzentrationen von oberflächennahen Grund- und Oberflächenwässern beeinflussen. Charakterisiert werden diese Lösungsinhalte hauptsächlich durch die Parameter Ca^{2+} , Mg^{2+} und HCO_3^- sowie durch niedrige Fe^{2+} und Mn^{2+} Konzentrationen.

Die bemerkenswert hohen Meßwerte von K^+ und Na^+ sind sicherlich anthropogen mitbedingt und unterstreichen mit erhöhtem Cl^- , NO_3^- , NO_2^- und dem PO_4^{3-} später zu diskutierende Umwelteinflüsse.

Neben den genannten lithologischen Bezugsgrößen, die zur Entwicklung typenspezifischer Gewässereigenschaften in diesem Teil der „Landseer Bucht“ als dominierend einzuordnen sind, haben Mineralogie und andere sedimentspezifische Parameter der überwiegend aus Schluffen, Tonen und Feinsanden bestehenden pannonen Sedimentabfolgen sicherlich nicht den Stellenwert geohydrochemischer Einflußgrößen. Es ist davon auszugehen, daß, wie im westlichen Gebietsanteil der „Landseer Bucht“, zumindest die oberflächennahen Ablagerungen auf Grund ihrer silikatischen Zusammensetzung ähnlich gegenüber abfließenden Wässern reagieren und nur wenig zu typenbestimmenden Lösungsinhalten beitragen.

Vereinfachte Lithologisch-stratigraphische Karte Mittleres Burgenland



Legende:

- Pannon, Pont: Ton, Tonmergel, Sand, Schotter
- Sarmat: Tonmergel, Sand, Schotter, Kalk
- Baden: Tonmergel, Sand, Kalk, Schotter
- Karpat: Schotter, Sand, Ton
- Ottnang: Schotter
- Basalt
- Semmeringquarzit
- Siegrabener Einheit: Biotitgneise, Glimmerschiefer, Amphibolite
- Wechsel Einheit: Wechselschiefer, Amphibolite, Gneis
- Wiesmather Gneis
- Grobgnais-Einheit: Glimmerschiefer, Gneis, Amphibolit
- Rechnitzer Einheit: Phyllite, Serpentinite, Metagabbros

Abb 11: Vereinfachte lithologisch-stratigraphische Karte des Mittleren Burgenlandes.

(5) GEOHYDROCHEMISCHE KLASSIFIZIERUNG VON WÄSSERN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

(5.1) KLASSIFIZIERUNGSMETHODEN

Geohydrochemische Klassifizierungen natürlicher Wässer beruhen in der Regel auf korrelationsanalytischer Datenverarbeitung, wobei zur Charakterisierung von Gewässertypen Hauptmengeionen über Äquivalentkonzentrationen miteinander in Beziehung gebracht werden. Die erstellten Ionenbilanzen (QUENTIN, 1988) können dann in numerischer oder graphischer Form, beispielsweise mit Hilfe von PIPER- oder SCHÖLLER-Diagrammen, ausgewertet werden.

Neben der Erstellung einfacher Gruppenbildungen der Wässer und dadurch möglich werdender Korrelationen von Grund- und Oberflächenwässern auf Ordinalniveau sind im Zuge dieser Rechenoperationen in vielen Fällen auch Hinweise auf anthropogene Einträge erkennbar, selbst dann, wenn nur Daten von Hauptkomponenten (üblicherweise Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- bzw. CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} und NO_3^-) vorliegen.

Das Erkennen anthropogener Bestandteile in natürlichen Wässern beruht, sofern nicht massive Einträge über den Gewässerzustand nachhaltig informieren, grundsätzlich auf einer vorausgehenden Fixierung ihrer geogenen Anteile. Ist die Identität der ausgelaugten Gesteine und die Zusammensetzung von entstandenen Verwitterungslösungen bekannt, so läßt sich eine Zuordnung anteiliger Lösungsinhalte der Wässer unschwer durchführen. Die Zusammensetzung der daraus resultierenden Lösung ist dann, unter Berücksichtigung weniger Regeln, mit anthropogenen Einträgen im Zusammenhang zu sehen.

Dabei gilt u. a.:

- Nitrat und Phosphat sind immer anthropogen einzustufen.
- Gleiches gilt für die Bewertung von Chlorid, wenn äquivalente Alkaliionen nicht ausreichend verfügbar sind.
- Sofern Calcium nicht ausreicht, festgestellte Sulfat-Konzentrationen zu binden, ist dies ebenfalls als Hinweis auf anthropogenen Einfluß zu werten.
- Massive punktuelle Änderungen von Ca/Mg- und Na/K-Verhältnissen deuten ebenfalls auf anthropogene Beteiligung.
- Schließlich ist Kalium in höherer Konzentration grundsätzlich als Hinweis auf anthropogenen Eintrag zu beurteilen.

(5.2) BEURTEILUNG

Die vorgestellten Abb. 11 bis 18 unterstützen den Versuch, Verbindungen zwischen den Chemismen von Grund- und Oberflächenwässern mit den lithologischen Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet aufzuzeigen.

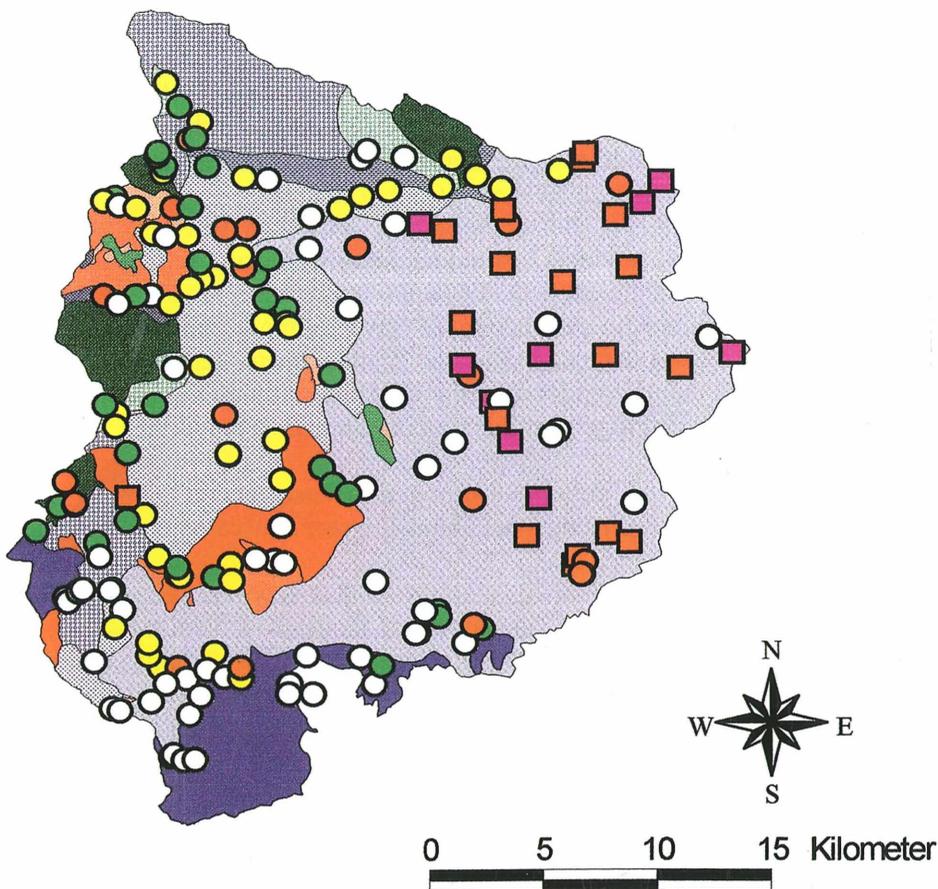
Variierende chemisch-petrographische und hydraulische Zustände bei beiden Gewässerarten und die daraus resultierenden Wechselwirkungen führen mit den vorliegenden Analyseergebnissen zwangsläufig zu nur punktuell verwertbaren Aussagen, die erst in Verbindung mit Analysendaten nahegelegener Beprobungspunkte aus den sich abzeichnenden Verteilungsmustern regional-lithologische Beziehungen erkennen lassen.

Typisierungen der Wässer, z. B. nach spezifischen grundwasserleitenden Speichergesteinen, sind allerdings nicht möglich, da konkrete Voraussetzungen dazu nur teilweise erfüllt werden und insbesondere Fragen nach anthropogener Beteiligung an den Ionenkonzentrationen der Wässer nicht berücksichtigt sind (HÖLTING, 1989).

Kalium (Oberflächengewässer)

kombiniert mit vereinfachter

Lithologisch-stratigraphischer Karte Mittleres Burgenland



Legende:

- < 1 mg/l
- 1 - 2 mg/l
- 2 - 3 mg/l
- 3 - 4 mg/l
- 4 - 8 mg/l
- > 8 mg/l

Legende:

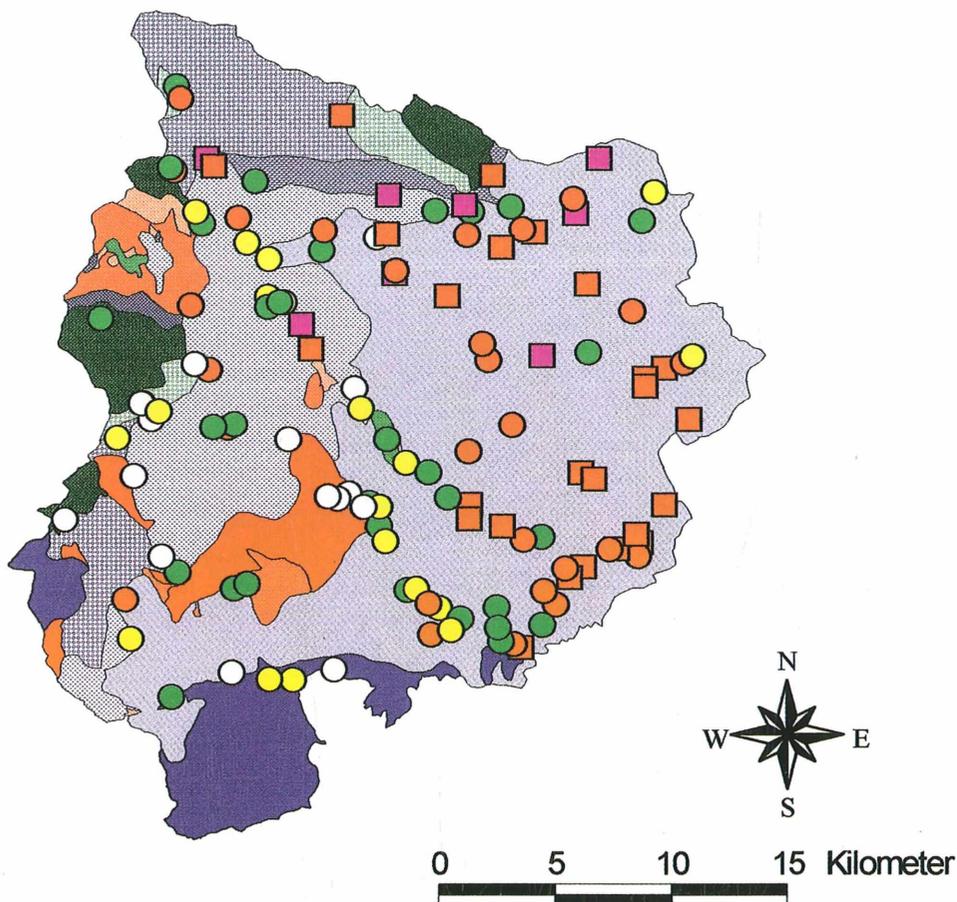
- Pannon, Pont: Ton, Tonmergel, Sand, Schotter
- Sarmat: Tonmergel, Sand, Schotter, Kalk
- Baden: Tonmergel, Sand, Kalk, Schotter
- Karpat: Schotter, Sand, Ton
- Ottnang: Schotter
- Basalt
- Semmeringquarzit
- Siegrabener Einheit: Biotitgneise, Glimmerschiefer, Amphibolite
- Wechsel Einheit: Wechselschiefer, Amphibolite, Gneis
- Wiesmather Gneis
- Grobgneis-Einheit: Glimmerschiefer, Gneis, Amphibolit
- Rechnitzer Einheit: Phyllite, Serpentinite, Metagabbros

Abb 12: Lithologie und K-Konzentrationen (mg/l) (Oberflächenwässer) im Untersuchungsgebiet.

Calcium (Grundwasser)

kombiniert mit vereinfachter

Lithologisch-stratigraphischer Karte Mittleres Burgenland



Legende:

- < 50 mg/l
- 50 - 75 mg/l
- 75 - 100 mg/l
- 100 - 125 mg/l
- 125 - 150 mg/l
- > 150 mg/l

Legende:

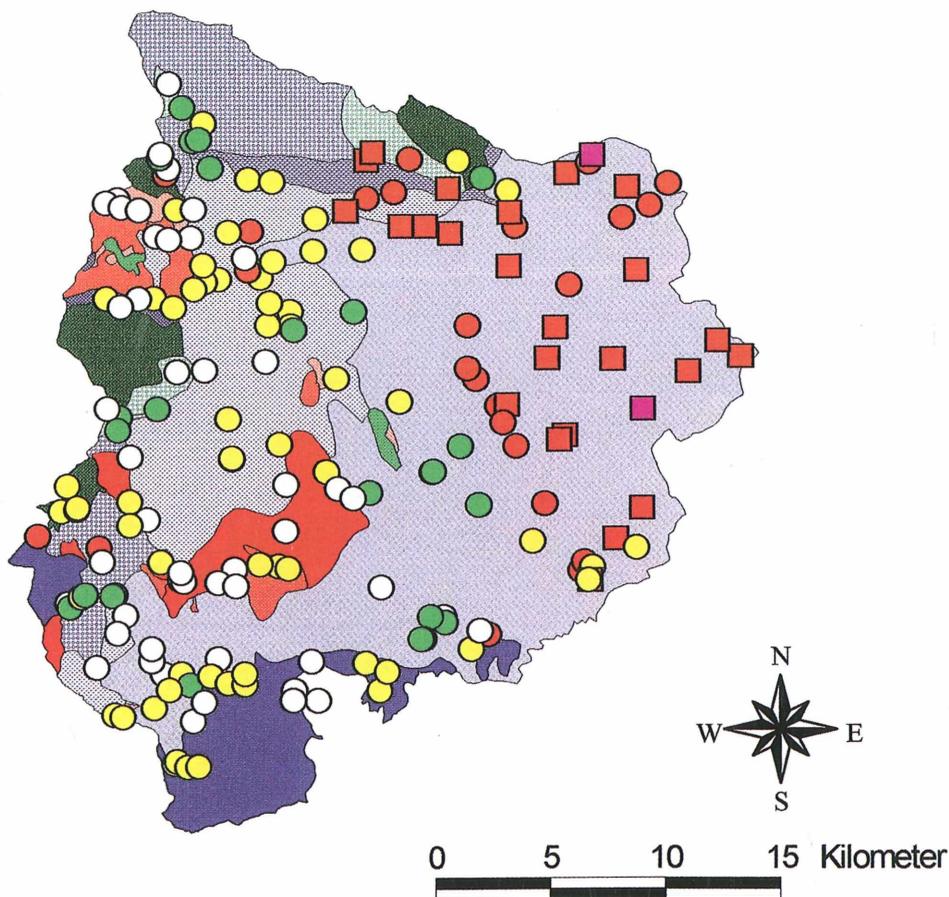
- Pannon, Pont: Ton, Tonmergel, Sand, Schotter
- Sarmat: Tonmergel, Sand, Schotter, Kalk
- Baden: Tonmergel, Sand, Kalk, Schotter
- Karpat: Schotter, Sand, Ton
- Ottnang: Schotter
- Basalt
- Semmeringquarzit
- Siegrabener Einheit: Biotitgneise, Glimmerschiefer, Amphibolite
- Wechsel Einheit: Wechselschiefer, Amphibolite, Gneis
- Wiesmather Gneis
- Grobgnais-Einheit: Glimmerschiefer, Gneis, Amphibolit
- Rechnitzer Einheit: Phyllite, Serpentinite, Metagabbros

Abb 13: Lithologie und Ca-Konzentrationen (mg/l) (Grundwässer) im Untersuchungsgebiet.

Calcium (Oberflächengewässer)

kombiniert mit vereinfachter

Lithologisch-stratigraphischer Karte Mittleres Burgenland



Legende:

- < 25 mg/l
- 25 - 50 mg/l
- 50 - 75 mg/l
- 75 - 100 mg/l
- 100 - 150 mg/l
- > 150 mg/l

Legende:

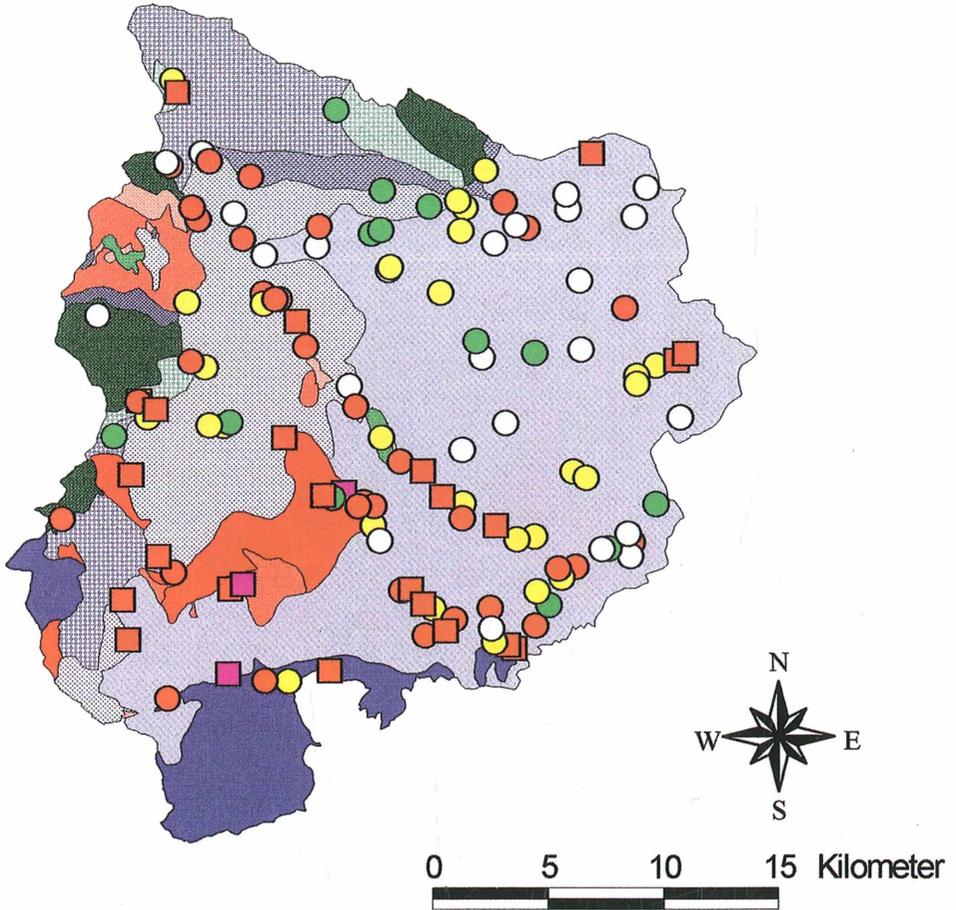
- Pannon, Pont: Ton, Tonmergel, Sand, Schotter
- Sarmat: Tonmergel, Sand, Schotter, Kalk
- Baden: Tonmergel, Sand, Kalk, Schotter
- Karpat: Schotter, Sand, Ton
- Ottnang: Schotter
- Basalt
- Semmeringquarzit
- Siegrabener Einheit: Biotitgneise, Glimmerschiefer, Amphibolite
- Wechsel Einheit: Wechselschiefer, Amphibolite, Gneis
- Wiesmather Gneis
- Grobgnais-Einheit: Glimmerschiefer, Gneis, Amphibolit
- Rechnitzer Einheit: Phyllite, Serpentinite, Metagabbros

Abb 14: Lithologie und Ca-Konzentrationen (mg/l) (Oberflächenwässer) im Untersuchungsgebiet.

Eisen (Grundwasser)

kombiniert mit vereinfachter

Lithologisch-stratigraphischer Karte Mittleres Burgenland



Legende:

- < 0,02 mg/l
- 0,02 - 0,06 mg/l
- 0,06 - 0,1 mg/l
- 0,1 - 0,4 mg/l
- 0,4 - 10 mg/l
- > 10 mg/l

Legende:

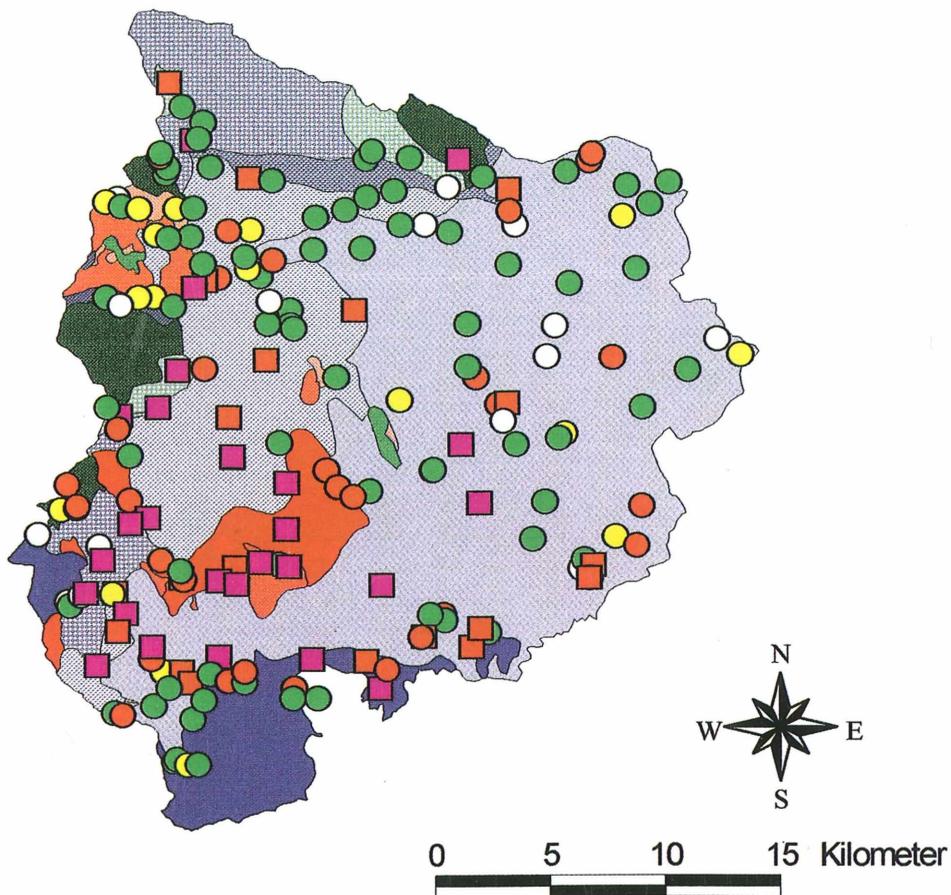
- Pannon, Pont: Ton, Tonmergel, Sand, Schotter
- Sarmat: Tonmergel, Sand, Schotter, Kalk
- Baden: Tonmergel, Sand, Kalk, Schotter
- Karpat: Schotter, Sand, Ton
- Otnang: Schotter
- Basalt
- Semmeringquarzit
- Siegrabener Einheit: Biotitgneise, Glimmerschiefer, Amphibolite
- Wechsel Einheit: Wechselschiefer, Amphibolite, Gneis
- Wiesmather Gneis
- Grobgnais-Einheit: Glimmerschiefer, Gneis, Amphibolit
- Rechnitzer Einheit: Phyllite, Serpentinite, Metagabbros

Abb 15: Lithologie und Fe-Konzentrationen (mg/l) (Grundwässer) im Untersuchungsgebiet.

Eisen (Oberflächengewässer)

kombiniert mit vereinfachter

Lithologisch-stratigraphischer Karte Mittleres Burgenland



Legende:

- < 0,1 mg/l
- 0.1 - 0.2 mg/l
- 0.2 - 0.4 mg/l
- 0.4 - 0.6 mg/l
- 0.6 - 1 mg/l
- > 1 mg/l

Legende:

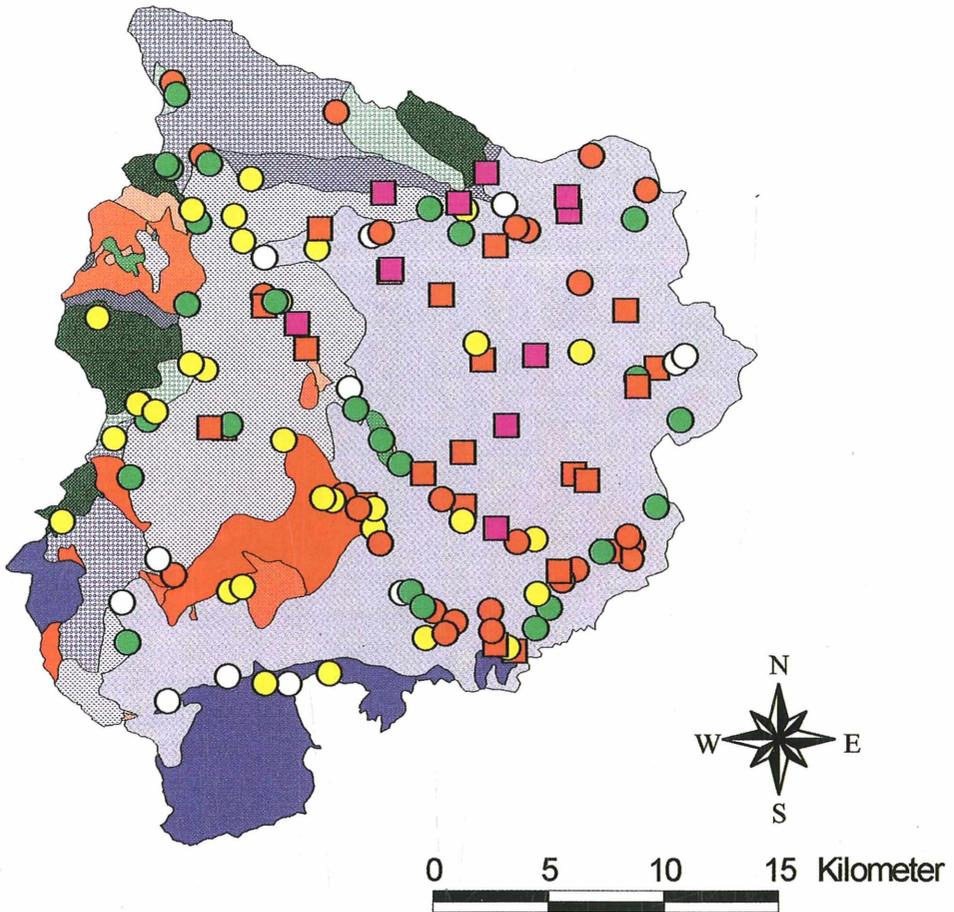
- Pannon, Pont: Ton, Tonmergel, Sand, Schotter
- Sarmat: Tonmergel, Sand, Schotter, Kalk
- Baden: Tonmergel, Sand, Kalk, Schotter
- Karpat: Schotter, Sand, Ton
- Ottnang: Schotter
- Basalt
- Semmeringquarzit
- Siegrabener Einheit: Biotitgneise, Glimmerschiefer, Amphibolite
- Wechsel Einheit: Wechselschiefer, Amphibolite, Gneis
- Wiesmather Gneis
- Grobgnais-Einheit: Glimmerschiefer, Gneis, Amphibolit
- Rechnitzer Einheit: Phyllite, Serpentinite, Metagabbros

Abb 16: Lithologie und Fe-Konzentrationen (mg/l) (Oberflächenwässern) im Untersuchungsgebiet.

Sulfat (Grundwasser)

kombiniert mit vereinfachter

Lithologisch-stratigraphischer Karte Mittleres Burgenland



Legende:

- < 30 mg/l
- 30 - 50 mg/l
- 50 - 70 mg/l
- 70 - 100 mg/l
- 100 - 150 mg/l
- > 150 mg/l

Legende:

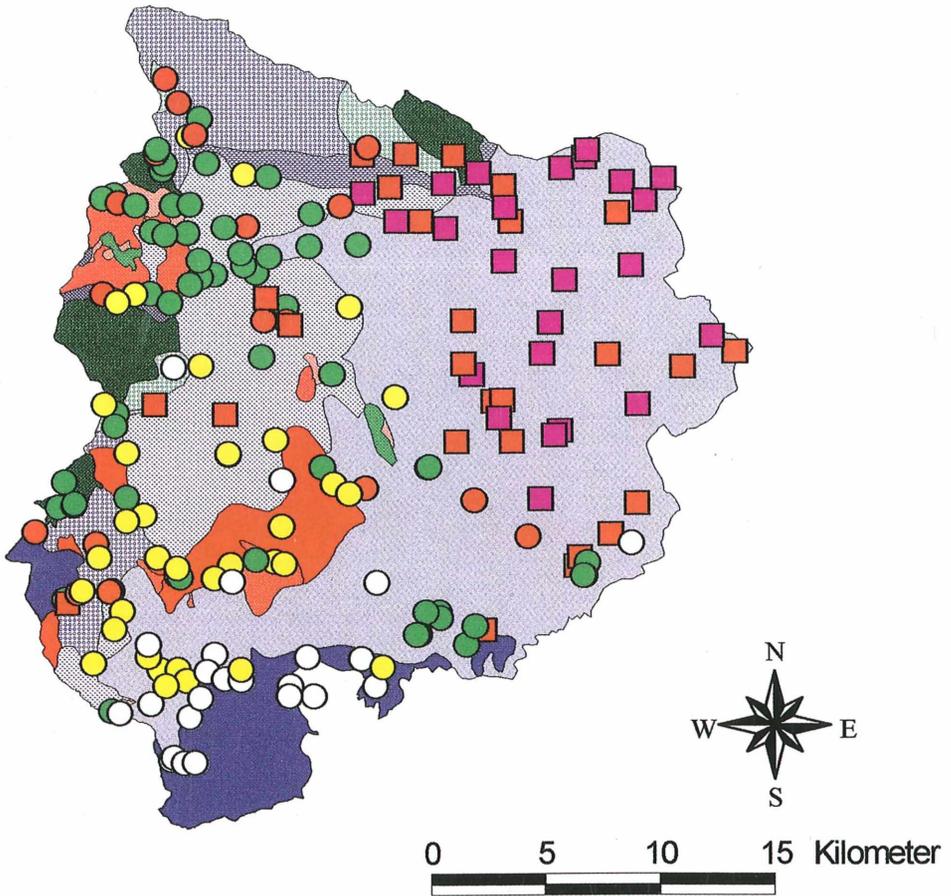
- Pannon, Pont: Ton, Tonmergel, Sand, Schotter
- Sarmat: Tonmergel, Sand, Schotter, Kalk
- Baden: Tonmergel, Sand, Kalk, Schotter
- Karpat: Schotter, Sand, Ton
- Otnang: Schotter
- Basalt
- Semmeringquarzit
- Siegrabener Einheit: Biotitgneise, Glimmerschiefer, Amphibolite
- Wechsel Einheit: Wechselschiefer, Amphibolite, Gneis
- Wiesmather Gneis
- Grobgnais-Einheit: Glimmerschiefer, Gneis, Amphibolit
- Rechnitzer Einheit: Phyllite, Serpentinite, Metagabbros

Abb 17: Lithologie und SO_4 -Konzentrationen (mg/l) (Grundwässer) im Untersuchungsgebiet.

Sulfat (Oberflächengewässer)

kombiniert mit vereinfachter

Lithologisch-stratigraphischer Karte Mittleres Burgenland



Legende:

- < 25 mg/l
- 25 - 50 mg/l
- 50 - 75 mg/l
- 75 - 100 mg/l
- 100 - 150 mg/l
- > 150 mg/l

Legende:

- Pannon, Pont: Ton, Tonmergel, Sand, Schotter
- Sarmat: Tonmergel, Sand, Schotter, Kalk
- Baden: Tonmergel, Sand, Kalk, Schotter
- Karpat: Schotter, Sand, Ton
- Ottomány: Schotter
- Basalt
- Semmeringquarzit
- Sieggrabener Einheit: Biotitgneise, Glimmerschiefer, Amphibolite
- Wechsel Einheit: Wechselschiefer, Amphibolite, Gneis
- Wiesmather Gneis
- Grobgnais-Einheit: Glimmerschiefer, Gneis, Amphibolit
- Rechnitzer Einheit: Phyllite, Serpentinite, Metagabbros

Abb 18: Lithologie und SO_4 -Konzentrationen (mg/l) (Oberflächenwässer) im Untersuchungsgebiet.

Ein nächster Schritt zur Konkretisierung gebietspezifischer Wässer liegt im Aufzeigen von Unterschieden zwischen den Chemismen von Grund- und Oberflächenwässern und daraus abzuleitenden, möglichen Hinweisen auf anthropogene Beeinflussungen.

Zur Beurteilung des zuletzt genannten Punktes wurden die Parameter

- Gesamtposphat in den oberflächennahen Grundwässern,
 - anthropogene Chloridgehalte,
 - anthropogene Sulfatgehalte,
 - Na/K- und Ca/Mg-Verhältnisse und
 - erhöhte Kaliumgehalte in Grundwässern
- herangezogen.

Dazu vorliegende Bewertungsgrundlagen der im wesentlichen auf intensive landwirtschaftliche Nutzung zurückgehenden Problemstoffe sind in SCHROFFENEGGER et. al. (1997) angeführt.

Schließlich ermöglichte die Auswertung von Häufigkeitsverteilungen für die Kennwerte mval-% Klassifizierung, Höhe der Gesamtmineralisation und Nitrat die hydrochemische Ausweisung von sechs Teilgebieten, deren genaue Lage aus Abb. 22 ersichtlich ist.

Die Begründung zur Wahl dieser Parameter als kritische Bezugsgrößen für die auch geomorphologisch festgelegten Teilbereiche läßt sich, wie folgt, zusammenfassen:

(5.2.1) mval-% KLASSIFIZIERUNG

Im Untersuchungsgebiet sind sowohl bei Grund- als auch bei Oberflächenwässern Wässer des Calcium-Hydrogenkarbonat-Typs vorherrschend. Die weitestgehende Äquivalenz von Erdalkalien und Karbonaten deutet auf eine bevorzugte Auslaugung kalkiger bzw. dolomitischer Gesteine (Sedimente) hin, während die Verwitterung von alkalibetonen, silikatischen Gesteinen durch CO₂-haltigen Lösungen nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Wässer, die nicht dem Ca-HCO₃-Typ zugerechnet werden können, lassen sich darüber hinaus keinem weiteren bevorzugten Typ zuordnen. Sie sind ohnehin meist im System Ca-Mg-HCO₃ situiert.

Zur potentiellen Trinkwassernutzung sind Ca-HCO₃-Wässer wegen

- hoher Pufferkapazität und damit stabilen pH-Werten sowie im allgemeinen
 - niedriger Natriumgehalte
- gut geeignet.

Die Anteile von Wässern des Ca-HCO₃-Typs sind nach den ermittelten sechs Teilgebieten in Tabelle 2 dargestellt. Nach den Durchschnitten der mval-% aller analysierten Grund- und Oberflächenwässer sind weiters die in Abb. 19 ausgewiesenen Ionenverteilungen als „typisch“ für Ca-HCO₃-Wässer im Untersuchungsgebiet anzusehen.

A	Prozentanteile an Wasserproben des Ca-HCO ₃ -Typs
B	Prozent Proben, die nicht ausschließlich im System Ca-Mg-HCO ₃ situiert sind

Teilgebiet:	Oberflächenwässer:		Grundwässer:	
	A	B	A	B
1	100	0	71	0
2	82	4	70	10
3	86	4	74	0
4	95	0	72	7
5	83	0	64	0
6	75	0	43	29

Tabelle 2: Anteile von Wässern des Ca-HCO₃-Typs zur Charakterisierung von sechs Teilgebieten.

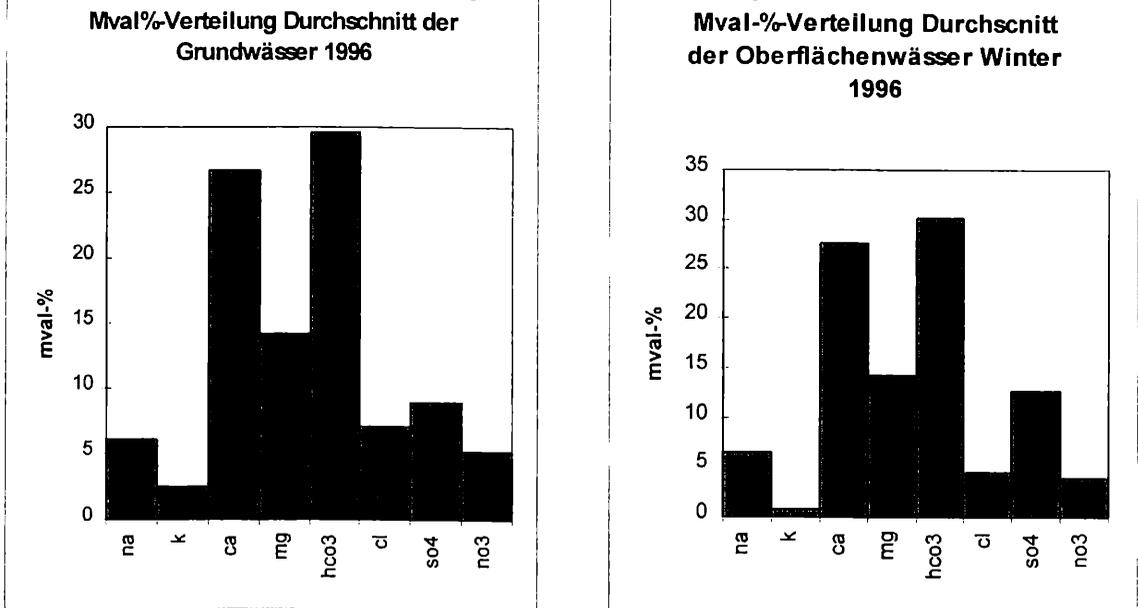


Abb 19: Durchschnitte von mval-%-Verteilungen der Grund- und Oberflächenwässer im Untersuchungsgebiet.

(5.2.2) KLASSIFIZIERUNG NACH DER HÖHE DER GESAMTMINERALISATION

Bei Erdalkali-Karbonat-dominierten Wässern ist die Höhe der Gesamtmineralisation überwiegend geogen bedingt, wobei Verdünnungen der Konzentrationen u. a. durch Niederschlagswässer zu berücksichtigen sind.

Eine sich deutlich abzeichnende Konzentrationszunahme in NE Richtung ist mit

- höheren Kalkgehalten in den durchströmten Sedimenten, verbunden mit intensiver geogener Auslaugung sowie
- mit einem eventuellen Einfluß von Tiefenwässern insbesondere im NE des Gebietes zu erklären.

Die hohen Gesamtmineralisationen und damit hohen Wasserhärten sind für Trinkwassernutzungszwecke unbedenklich, stellen aber mit Härten von mehr als 25°dH zunehmend technische Probleme dar.

Beim vorherrschenden Ca-HCO₃-Typ entspricht 1 mval/l-Gesamtmineralisation etwa 1°dH.

Mineralisation nach Teilgebieten

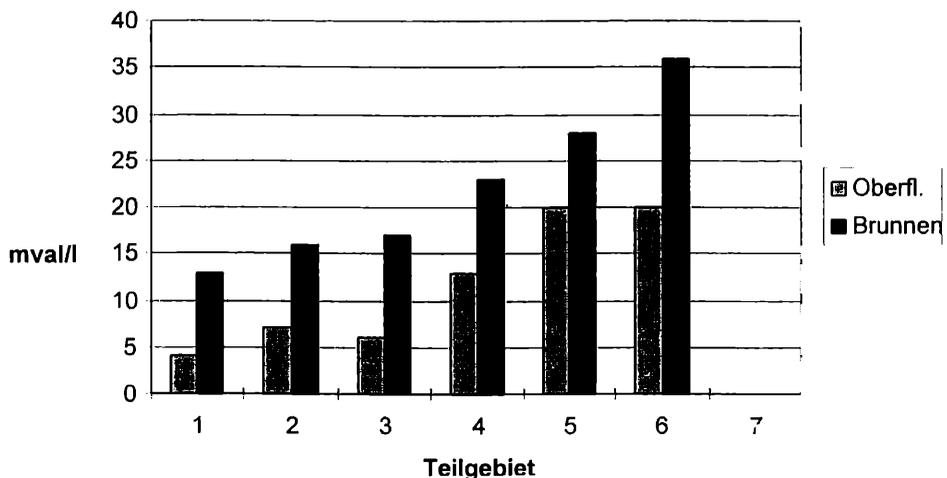


Abb 20: Gliederung der Gesamtmineralisation nach Teilgebieten; Konzentrationszunahme in NE Richtung.

(5.2.3) KLASSIFIZIERUNG DER NITRATGEHALTE

Die Nutzung oberflächennaher Grundwässer für Trinkwasserzwecke unterliegt der Kontrolle und möglichen Minimierung von Nitratkonzentrationen.

Konzentrationen von mehr als 50 mg/l NO_3 sind in jedem Falle problematisch, erreichen die Meßwerte mehr als 100 mg/l NO_3 ist eine unmittelbare Nutzung von Wässern für Trinkwasserzwecke indiskutabel.

Die wiederum deutliche Zunahme der NO_3 -Werte in NE Richtung sowie die auf diesen Konzentrationsveränderungen beruhenden Teilgebietszuordnungen sind aus Abb. 21 zu entnehmen.

Da landwirtschaftliche Nutzung und damit verbundene Ausbringung von u. a. stickstoffhaltigem Dünger als Ursache dieser aufgezeigten Problematik feststeht, sollten Reduktionen im Düngemiteleinsatz als vordringlich in den ausgewiesenen Regionen befolgt werden.

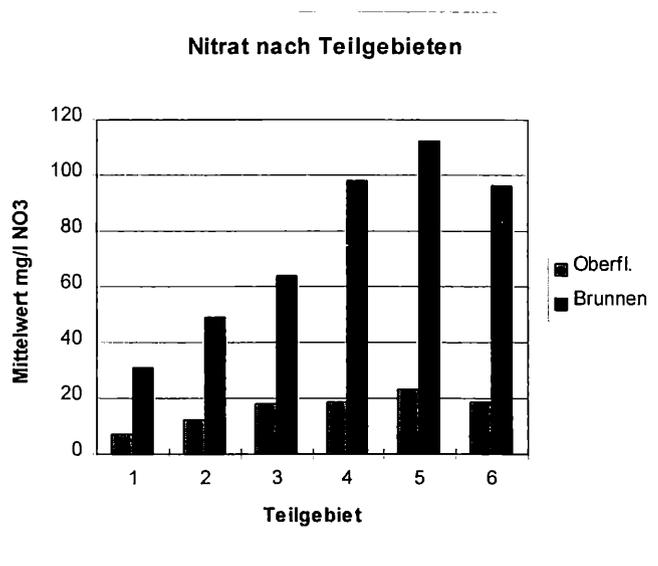
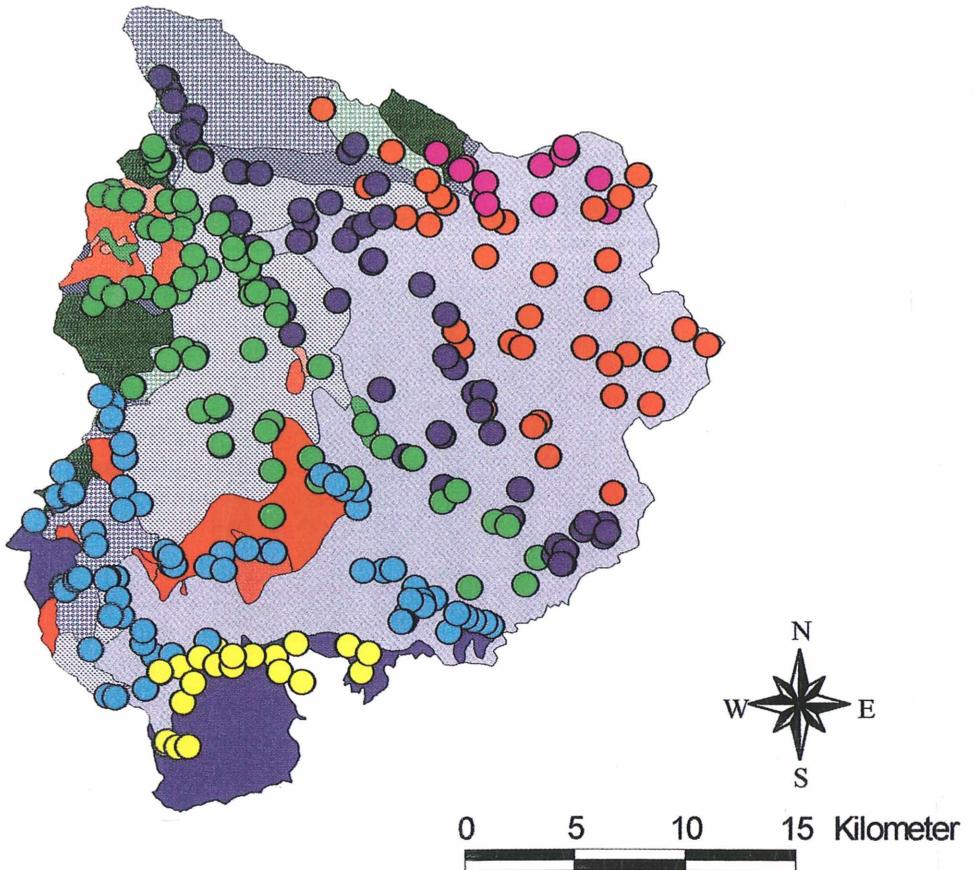


Abb. 21: Nitratkonzentrationen in Grund- und Oberflächenwässern und ihre Zuordnung nach Teilgebieten.

Hydrochemische Klassifizierung (Oberflächen- und Grundwässer)

kombiniert mit vereinfachter

Lithologisch-stratigraphischer Karte Mittleres Burgenland



Hydrochemische Klassifizierung:

- TG 1 "südlich Güns"
- TG 2 "südlich Rabnitz"
- TG 3 "südwestlich Stooberbach"
- TG 4 "westlich Raiding-, Lackenbach"
- TG 5 "südlich Goldbach"
- TG 6 "nördlich Goldbach"

Legende:

- Pannon, Pont: Ton, Tonmergel, Sand, Schotter
- Sarmat: Tonmergel, Sand, Schotter, Kalk
- Baden: Tonmergel, Sand, Kalk, Schotter
- Karpat: Schotter, Sand, Ton
- Otnang: Schotter
- Basalt
- Semmeringquarzit
- Siegrabener Einheit: Biotitgneise, Glimmerschiefer, Amphibolite
- Wechsel Einheit: Wechelschiefer, Amphibolite, Gneis
- Wismather Gneis
- Grobgnais-Einheit: Glimmerschiefer, Gneis, Amphibolit
- Rechnitzer Einheit: Phyllite, Serpentinite, Metagabbros

Abb 22: Hydrochemische Klassifizierung des Untersuchungsgebietes nach Teilgebieten kombiniert mit den vereinfachten lithologischen Gegebenheiten dieses Raumes.

Die unter Berücksichtigung der oben genannten Parameter hydrochemisch klassifizierten Teilgebiete charakterisieren die oberflächennahen Grund- und Oberflächenwässer der „Landseer Bucht“ grundsätzlich als Ca-HCO₃-Wässer, mit nur wenigen, nicht dem System Ca-Mg-HCO₃ zugehörigen Gewässerarten (Tabelle 2).

Anders als beim Versuch unmittelbare Zusammenhänge zwischen Lithologie und den gemessenen Lösungsinhalten der Wässer abzuleiten, haben diese durch Rechenverfahren ermittelten Gruppierungen keinen konkreten Bezug zum petrographischen Inhalt des Untersuchungsgebietes. Sie beschreiben vielmehr hydrochemische Kategorien, die, in Abhängigkeit von berücksichtigten Parametern, entsprechende Verteilungsmuster ausweisen, deren Beziehung zur Lithologie des angesprochenen Raumes erst nachträglich zu prüfen ist.

Die konkrete Ausweisung von Zusammenhängen des Teilgebietes TG 1 mit dem gegenüber dem restlichen Kristallgebiet auffälligen Gesteinsinhalt der Rechnitzer Einheit ist nicht überraschend. Die Geschlossenheit des Gebietes nach Lithologie und hydrochemischen Aspekten unterstützt die bisherigen Nutzungsvorstellungen, mit Hinweisen auf die Sensibilität von Kluftgrundwasserleitern vor Ort gegenüber potentiellen anthropogenen Belastungen.

Die Variationsbreite der Gewässerentwicklungen im zweiten Teilabschnitt ist weniger als Ausdruck lithologischen Einflusses, sondern mitbedingt durch anthropogene Belastungstoffe zu sehen. Auffällige Konzentrationsunterschiede u. a. von K⁺, Cl⁻ und dem SO₄²⁻ unterstreichen Überlegungen in dieser Richtung. Den generellen oberirdischen Abfluß betreffend erfaßt TG 2 im wesentlichen die Einzugsgebiete von Rabnitz und Zöbernach.

Die mit der Einmündung des letztgenannten Systems in die Güns verbundene Einbindung des TG 2 in TG 1 ist als Verdünnungseffekt zu werten. Gegenteilige Entwicklungen werden durch den einmündenden Stooberbach (TG 3) und den Raidingbach (TG 4) verursacht. Letzteres gilt vor allem für den Raidingbach, in dessen Einzugsgebiet kalkhaltige Lössе als Abdeckung über dem Neogen verbreitet sind, zum anderen, weil dieser Bereich in das agrarisch am intensivsten genutzte Gebiet des Oberpullendorfer Beckens hineinreicht, wo bekanntermaßen die Bewirtschaftungsintensität von Überdüngungsproblemen begleitet wird.

Die im TG 5 noch stärker zum Ausdruck kommenden gebietsspezifischen hydrochemischen Eigenschaften beschreiben neben hohen, insbesondere an Grundwässer gebundenen Leitfähigkeiten, auffällige Konzentrationen von SO₄²⁻, K⁺ und Cl⁻, die mit der zum Teil kritischen Nitratproblematik den am meisten gefährdeten bzw. belasteten Gewässerzustand dieser Region definieren. Das Fehlen nicht dem System Ca-Mg-HCO₃ zugehöriger Grundwässer unterstreicht den Beimengungscharakter der angesprochenen Ionen.

Die Situation „nördlich des Goldbaches“ (TG 6) ist schließlich im oberflächennahen Grundwasser durch geringere Anteile des Ca-HCO₃-Typs sowie durch weitere Zunahme der Mineralisation gekennzeichnet. Hier ist eine mögliche Beteiligung von Tiefenwässern (Deutschkreutz: Juvina-Mineralwasser) nicht auszuschließen.

DANK

Die vorgestellten Untersuchungen wurden als Teil eines Forschungsprojektes der Bundesland Kooperation durchgeführt. Für die finanzielle Unterstützung des Projektes wird dem Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr, der Burgenländischen Landesregierung, dem Wasserverband Mittleres Burgenland, dem Wasser- und Abwasserverband Lokkenhaus, der Stadtgemeinde Oberpullendorf, der Marktgemeinde St. Martin/Landsee und der Gemeinde Weingraben herzlich gedankt.

LITERATURVERZEICHNIS

- American Public Health Association (Hrsg.): „Standard methods for the examination of water and wastewater“ – 17th edition, Washington, 1989.*
Gesellschaft Deutscher Chemiker (Hrsg.): „Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung“ – Verlag Chemie, Weinheim, 1993.
Höltling B.: „Hydrogeologie – Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie“ – 3. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1989.
Quentin K. E.: „Trinkwasser“ – Springer Verlag, Berlin, 1988.

Schroffenegger V., Senoner Th. und H. Kurzweil: „Untersuchungen zur Verfügbarkeit von Grundwasser im Mittleren Burgenland (Bezirk Oberpullendorf) unter besonderer Berücksichtigung von Neubildung, Dynamik und Qualität der Wässer sowie der Überprüfung bestehender Schutz- und Schongebiete“ – Jahrb. 1995/96, Forschungsprojekt der Bund-Bundesland Kooperation (BA6/95), 243 Seiten, Wien, 1996.

Schroffenegger V., Senoner Th. und H. Kurzweil: „Untersuchungen zur Verfügbarkeit von Grundwasser im Mittleren Burgenland (Bezirk Oberpullendorf) unter besonderer Berücksichtigung von Neubildung, Dynamik und Qualität der Wässer sowie der Überprüfung bestehender Schutz- und Schongebiete“ – Jahrb. 1996/97, Forschungsprojekt der Bund-Bundesland Kooperation (BA6/96), 306 Seiten, Wien, 1997.

Voigt H. J.: „Hydrogeochemie – Eine Einführung in die Beschaffenheitsentwicklung des Grundwassers“ – Springer Verlag, Berlin, 1990.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland](#)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: [100](#)

Autor(en)/Author(s): Kurzweil Hans, Schroffenegger V., Rakaseder Stefan

Artikel/Article: [Grund- und Oberflächenwässerchemismen aus dem Mittleren Burgenland und ihre Beziehung zur Lithologie möglicher Einzugsgebiete sowie zu Umweltbelastungen. 27-56](#)