

Identifizierung der Grundwasserkörper nach EU-WRRL im Saarland und Ermittlung regionaler hydrogeochemischer Hintergrundwerte

Thomas Walter

Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz, Don-Bosco-Str. 1, 66119 Saarbrücken, t.walter@lua.saarland.de

Die Grenzen der Grundwasserkörper wurden im Saarland vor allem nach hydraulischen und hydrochemischen Kriterien festgelegt. Zur Überprüfung der hydrochemischen Homogenität der Grundwasserkörper wurden für jeden Körper auf der Basis eines Wahrscheinlichkeitsnetzes die Anomalien der Hauptelemente ausgefiltert. An den verbleibenden Daten wurde eine Clusteranalyse zur Überprüfung durchgeführt, inwieweit sich lithologisch ähnliche Grundwasserkörper auch in ihrer Grundmineralisation ähneln. Diese Hypothese, und damit die gewählten Abgrenzungskriterien, stellte sich als richtig heraus, jedoch konnte nachgewiesen werden, dass gering vorbelastete Grundwasserkörper mit hohen Siedlungs- und Industrieanteilen erhöhte Mineralisationen aufweisen, so dass hier rein statistische Methoden zur Ermittlung von Hintergrundwerten nicht mehr anwendbar sind.

In Saarland, location and boundaries of groundwater bodies were identified by application of hydraulic, hydrogeological and hydrochemical criteria. A statistical analysis including a procedure for detection of anomalous values and a cluster analysis was carried out to verify the results of the identification process, based on a probability net. The basic hypothesis of geologically similar groundwater bodies sharing also similar groundwater mineralisations could be confirmed, with the exception of densely populated GWB, where the natural background has changed, obviously by anthropogenic influence.

1 Identifizierung der Grundwasserkörper nach EU-WRRL

Der Begriff Grundwasserkörper (GWK) ist mit der EU-Wasser-Rahmenrichtlinie (EU-WRRL) neu eingeführt worden und bezeichnet „ein abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter“. Ziel der EU-WRRL ist die Erhaltung oder Wiederherstellung des guten mengenmäßigen und chemischen Zustands der GWK. Basis einer kohärenten Beschreibung der GWK musste also die Zusammenfassung hydraulisch und hydrochemisch ähnlicher Bereiche mit identischer geologischer Struktur sein, um für die für die Erstbeschreibung und die späteren Schritte (Monitoring und Maßnahmenpläne) eine möglichst homogene Datengrundlage zu erreichen. Als Datengrundlage dienen:

- Die Hydrogeologische Übersichtskarte von Deutschland 1:200.000 (HÜK 200; DÖRHÖFER et al. 2001) die von den Staatlichen Geologischen Diensten der Länder und der BGR entwickelt wurde und die die hydrogeologischen Eigenschaften der oberen, großräumig zusammenhängenden Grundwasserleiter beschreibt. Dargestellt sind darin die hydrogeologischen Attribute Verfestigung,

Gesteinsart, Art des Hohlraums, Durchlässigkeit und geochemischer Gesteinstyp.

- Die daraus entwickelte Karte der Hydrogeologischen Teilräume, die homogene Gebiete gleicher geologischer Struktur mit gemeinsamen hydromechanischen und geochemischen Eigenschaften darstellt (Abb. 1).
- Hydrogeologische Karte des Saarlandes 1:100.000, Blatt 3: Grundwasserbeschaffenheit (WERLE 1992).

Zur groben Gliederung wurden zunächst die Grenzen der Bearbeitungsgebiete (Mosel/Mittelrhein) herangezogen. Die weitere Unterteilung beruht auf den hydrogeologischen Teilräumen und den hydrogeologischen Einheiten der HÜK 200. Grundwasserleiter ähnlicher Lithologie und ähnlicher hydraulischer Eigenschaften wurden zu Grundwasserkörpern zusammengefasst. Die so erhaltenen Flächen wurden nach hydraulischen Kriterien weiter unterteilt: z. T. dabei wurden Einzugsgebietsgrenzen berücksichtigt, in einigen Fällen wurden auch Gewässerläufe als konvergente hydraulische Grenzen zur Abgrenzung der mit Muschelkalk überdeckten Buntsandstein-Bereiche von den unbedeckten herangezogen, da hier deutliche Unterschiede in der Grundwasser-Mineralisation erwartet wurden (Abb. 2). Räumlich klar abge-

grenzte Grundwasservorkommen mit hohen Erträgen und wasserwirtschaftlicher Relevanz bilden eigene Grundwasserkörper.

Die Grenzziehung folgt innerhalb der beiden Bearbeitungsgebiete Mosel/Saar und Mittelrhein im Wesentlichen folgender Hierarchie (Abb. 2):

- Strukturgrenzen (Störungen mit großem Versatz)
- Wesentliche lithologische Grenzen mit ausgeprägten Unterschieden der Gesteinseigenschaften
- Grenzstromlinien (Wasserscheiden oder Vorfluter).

Eine durchgängige Hierarchie der Kriterien zur Abgrenzung der Grundwasserkörper kann allerdings nicht durchgehalten werden, wenn räumlich klar voneinander abgegrenzte Körper erzeugt werden sollen. Daher wurden schmale Streifen und kleine Restflächen, die sich aus der Verschneidung unterschiedlicher Informationsebenen ergaben, mit dem jeweils von seinen Gesamteigenschaften ähnlicheren Grundwasserkörper zusammengelegt. Wo dies nicht möglich war, wurden sie nach hydraulischen Kriterien dem jeweiligen Einzugsgebiet zugeschlagen. Mit Rheinland-Pfalz wurde jedoch eine Übereinkunft

getroffen, dass das Land mit dem größeren Anteil an einem Grundwasserkörper später die Verantwortung für die Aufstellung der Maßnahmenpläne übernimmt. Im Falle der 3 GWK im Bearbeitungsgebietes Mittelrhein (GWK 3, 9 und 12), an dem das Saarland nur einen geringen Anteil besitzt, wurden daher rheinland-pfälzische Methode und Nummerierung übernommen, während 3 rheinland-pfälzische Teileinzugsgebiete, die in den saarländischen Anteil des Bearbeitungsgebietes Mosel/Saar entwässern (GWK 1, 5 und 11), zu den angrenzenden GWK im Saarland geschlagen wurden, mit denen sie die größere Ähnlichkeit im Aufbau aufweisen.

2 Hydrogeologische Eigenschaften der Grundwasserkörper

Die *devonischen Schiefer und Quarzite* (im Folgenden als **DSQ** abgekürzt), des GWK 1 streichen auf einem bis etwa 5 km breiten Streifen entlang der nördlichen Landesgrenze aus. Sie haben wegen ihrer geringen bis maximal mäßigen Durchlässigkeit und ihres geringen Anteils an der Landesfläche (ca. 3%) keine wasserwirtschaftliche Relevanz.

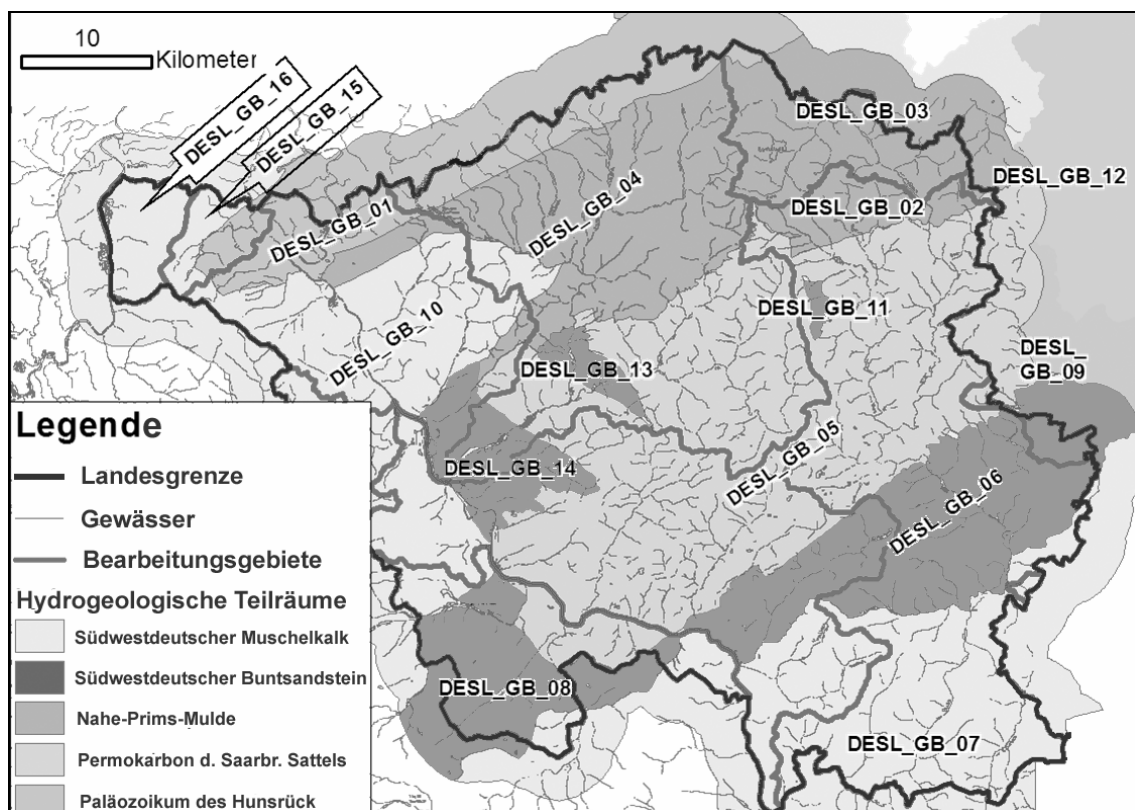


Abb. 1: Hauptdatengrundlagen zur Abgrenzung der GWK im Saarland.

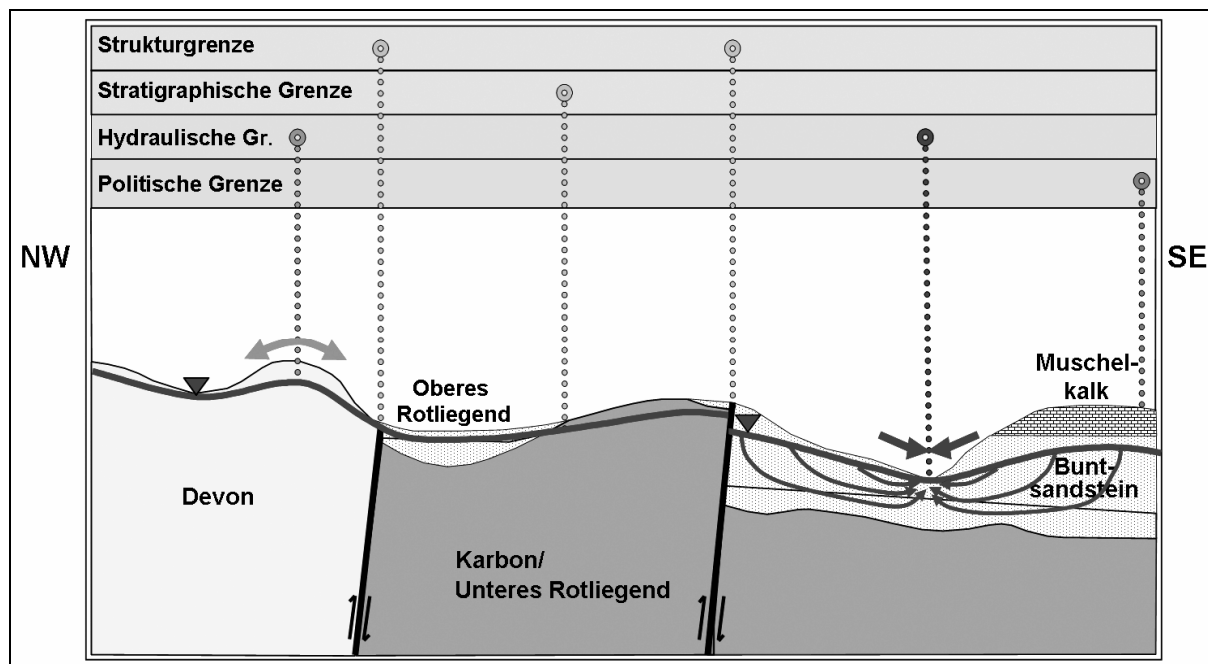


Abb. 2: Schematischer Schnitt mit Darstellung der verschiedenen Arten von GWK-Grenzen. Konvergente hydraulische Grenzen wurden zur Abgrenzung von unterschiedlich hoch mineralisierten Buntsandsteinbereichen herangezogen.

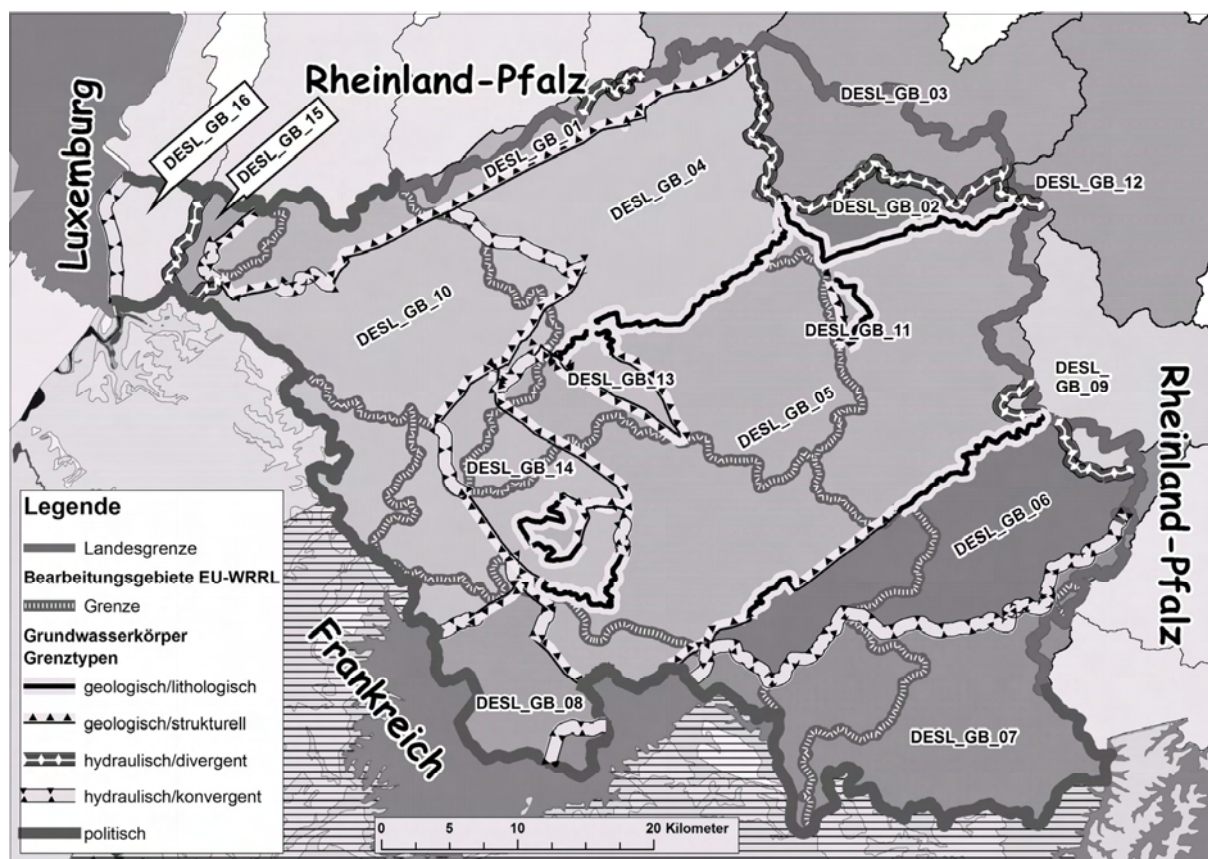


Abb. 3: Lage der Grundwasserkörper- und Art der Grenzen. Die Nummerierung der Grundwasserkörper entspricht der offiziellen Vorgabe der EU-Kommission und ist im Text vereinfacht.

Der Chemismus ist silikatisch und kann nur im Bereich westlich der Saarschleife durch die überlagernden Schichten des Muschelkalks einen karbonatischen Einfluss zeigen. Die Grundwasserqualität ist überwiegend gut bis sehr gut. Wegen des geringen Puffervermögens der Böden treten in den oberflächennahen Grundwässern jedoch z.T. massive Versauerungserscheinungen auf. Das Grundwasser ist oft teilgespannt, eine großräumige Stockwerksgliederung liegt jedoch nicht vor. In der Regel liegt nur ein geringer bis mittlerer Schutz der Grundwasservorkommen vor. Die mit einem Flächenanteil von etwa 2/3 absolut vorherrschende Landnutzung ist die Forstwirtschaft, die Landwirtschaft ist mit nur knapp einem Viertel der Fläche vertreten.

Die etwa 6000 m mächtigen, flach nach N - NW einfallenden Schichten des **Oberkarbons und des Unteren Rotliegend (KUR)** bilden den Grundwasserkörper „Permokarbon des Saareinzugsgebietes“ (GWK 5). Die fast ausschließlich silikatischen Sedimentgesteine sind durch starke vertikale und horizontale fazielle Wechsel gekennzeichnet. Der hohe Anteil feinkörniger Gesteine, aber auch die weiten Korngrößenspektren und die Porenzementierung der gröberen Gesteine behindern die Grundwasserzirkulation stark und Fließvorgänge finden daher fast ausschließlich auf Klüften statt, ohne dass ein durchgängiger Grundwasserspiegel ausgebildet ist. In stärker durchklüfteten Bereichen können kleinräumig allerdings größere Durchlässigkeiten auftreten. Die starke Gesteinsvariabilität macht jedoch belastbare Angaben über mittlere Durchlässigkeiten unmöglich. Nach den Auswertungen der monatlichen Niedrigwasser-Abflüsse nach KILLE (1979) beträgt die Grundwasser-Neubildungsrate etwa 2,5 l/s/km², d.h. etwa 79 mm/a. Grundwasser schützende Deckschichten sind bis auf lokale Vorkommen von Hanglehmen nicht vorhanden. Wegen der geringen Durchlässigkeit und geringen Reichweite von Verunreinigungen kann dem Grundwasserkörper jedoch generell ein mittlerer Schutzstatus zugeordnet werden. Allerdings zeigen Wasserfassungen in den stärker tektonisch beanspruchten Gebieten eine große Empfindlichkeit gegenüber Verunreinigungen von der Oberfläche her. Die vorherrschenden Landnutzungen sind Land- und Forstwirtschaft mit einem Anteil von jeweils knapp 40%. Wegen seiner großen Fläche von 751,6 km² (29,2% der Landesfläche) und seiner geringen Ergiebigkeit bildet dieser GWK eines der zentralen Probleme für die Wasserversorgung des Landes.

Wegen ihrer ähnlichen Eigenschaften sind die Schichten der Tholey-Gruppe des Unteren Rotliegend mit den Sedimenten und den darin eingeschalteten Vulkaniten des Oberrotliegend zusammengefasst (**Oberrotliegend und Vulkanite, ORV**) und umfassen daher die Grundwasserkörper „Oberrotliegend der Primsmulde“ (GWK 4), „Oberrotliegend des Blieseinzugsgebietes“ (GWK 2), „Nahe 1“ (GWK 3) und „Glan 3“ (GWK 12). Der höhere Teil des Rotliegend ist vor allem im nördlichen Saarland charakteristisch. Es herrschen grobkörnige Gesteine (Sandsteine, Arkosen und Konglomerate) vor, in die Vulkanite eingeschaltet sind, die im Zentrum der Nahe-Mulde bis zu 800 m Mächtigkeit erreichen können. Die Gesamtmächtigkeit des höheren Rotliegend beträgt insgesamt etwa 1500 m, kann aber, vor allem wenn die Vulkanite fehlen, auch deutlich geringer ausfallen. Der Gesteinschemismus aller auftretenden Formationen ist silikatisch, die auftretenden Grundwässer sind außer in den basischen bis intermediären Vulkaniten in der Regel nur gering mineralisiert. Die Sandsteine sind als kombinierte Poren/Kluft-Grundwasserleiter, die Vulkanite als reine Kluft-Grundwasserleiter ausgebildet. Die insgesamt mäßige Durchlässigkeit liegt allerdings in Bereichen stärkerer Durchklüftung deutlich höher. Die Vulkanite sind auf Grund ihrer geringen Ergiebigkeit wasserwirtschaftlich uninteressant. Abflussmessungen an den Gewässerpegeln ergaben eine Grundwasser-Neubildungsrate von ca. 10 l/s/km². Schützende Deckschichten im engeren Sinne sind in der Regel nicht vorhanden.

Als **Untertriassische Sandsteine (UTS)** werden die Grundwasserkörper mit an der Oberfläche austreichendem Buntsandstein: „Buntsandstein des Ostsaaarlandes“ (GWK 6), „Buntsandstein des Warndtes“ (GWK 8), „St. Wendeler Graben“ (GWK 11), „Lebacher Graben“ (GWK 13), „Buntsandstein des Saarlouis-Dillinger Raumes“ (GWK 14), zusammengefasst, die Grundwasserkörper mit durch Muschelkalk und Keuper überdecktem Buntsandstein (Buntsandstein und Muschelkalk der Oberen Saar (GWK 7), Buntsandstein und Muschelkalk der Mittleren Saar (GWK 10), Buntsandstein und Muschelkalk der Unteren Saar (GWK 15), Buntsandstein und Muschelkalk der Mittleren Mosel (GWK 16), die Gruppe **Triassische Sandsteine und Karbonate, (TSK)** bilden.

Der Mittlere Buntsandstein ist der Hauptgrundwasserleiter des Saarlandes und stellt mit einem Flächenanteil von 47% (22% unter jüngerer Überdeckung) auch das am weitesten verbreitete

Gestein im Saarland dar. Die Wechselfolge von z.T. konglomeratischen Felssandsteinbänken und z.T. tonigen Sandfels-Zwischenlagen weist Korngrößen vor allem im fein- bis mittelsandigen Bereich auf. Seine Mächtigkeit erreicht im Osten des Landes über 450 m und nimmt nach Westen langsam ab. Der etwa 50 m mächtige Obere Buntsandstein besteht dagegen überwiegend aus feinkörnigen Sandsteinen. Der folgende Untere Muschelkalk (ca. 45 m) ist durch Feinsandsteine, Tone, Mergel und Dolomitsteine gekennzeichnet. Im obersten Teil herrschen Karbonate vor. Durch die Abfolge unterschiedlich durchlässiger Gesteine entsteht eine Serie von Grundwasserstockwerken, die hydraulisch jedoch nicht vollständig von einander getrennt sind. Bei stärkerer Durchklüftung kann diese Stockwerkstrennung auch aufgehoben werden. Der Komplex wird nach oben von den undurchlässigen Tonen und Mergeln des Mittleren Muschelkalks hydraulisch abgeschlossen. Die mittlere Durchlässigkeit des sm beträgt etwa $5 \cdot 10^{-5}$ m/s., die Gesamtporosität 5 – 10%, der effektive, für das Fließen des Grundwassers zur Verfügung stehende Hohlraum liegt jedoch meist unter 1 %. Auf Grund der Stockwerksgliederung und dem Einfallen der Schichten liegen meist gespannte Verhältnisse vor. Die mittlere natürliche Grundwasserneubildung beträgt etwa 8 - 10 l/s/km².

Der Mittlere Buntsandstein ist ein Kluft-/Porengrundwasserleiter silikatischer Prägung und niedriger bis sehr niedriger Mineralisierung. Nur wo die überlagernden Schichten des Muschelkalks teilweise oder ganz erhalten sind, ist eine deutliche Erhöhung der Gesamtmineralisierung durch die stark karbonatischen Sickerwässer zu erkennen. Eine Schutzwirkung durch die Deckschichten ist für das oberflächennahe Grundwasser in der Regel nicht vorhanden. Durch die Stockwerksgliederung sind die tiefer liegenden Stockwerke jedoch in der Regel gut gegen Verunreinigungen geschützt. Auch bei Überdeckung durch Mittleren Muschelkalk besteht ein hervorragender Schutz gegen Verunreinigungen von der Oberfläche. Aufgrund der sandigen Böden überwiegt mit 50 – 70% die Forstwirtschaft.

Der Obere Muschelkalk tritt im Saarland im Süden (Bliesgau) und im Westen (Saar- und Moselgau) auf, bildet aber nur im Moseltal einen gesättigten Grundwasserleiter, da seine Basis meist oberhalb des Vorflutniveaus liegt und nur ein gering mächtige schwebendes Grundwasserstockwerk ausgebildet ist. Sein Flächenanteil im Saarland beträgt 7%, zusammen mit der nur geringmächtige Keuperüberdeckung 8%. Die Wasserführung beruht auf den teilweise karstartig erweiterten Klüften im Trochitenkalk, der eine mittlere

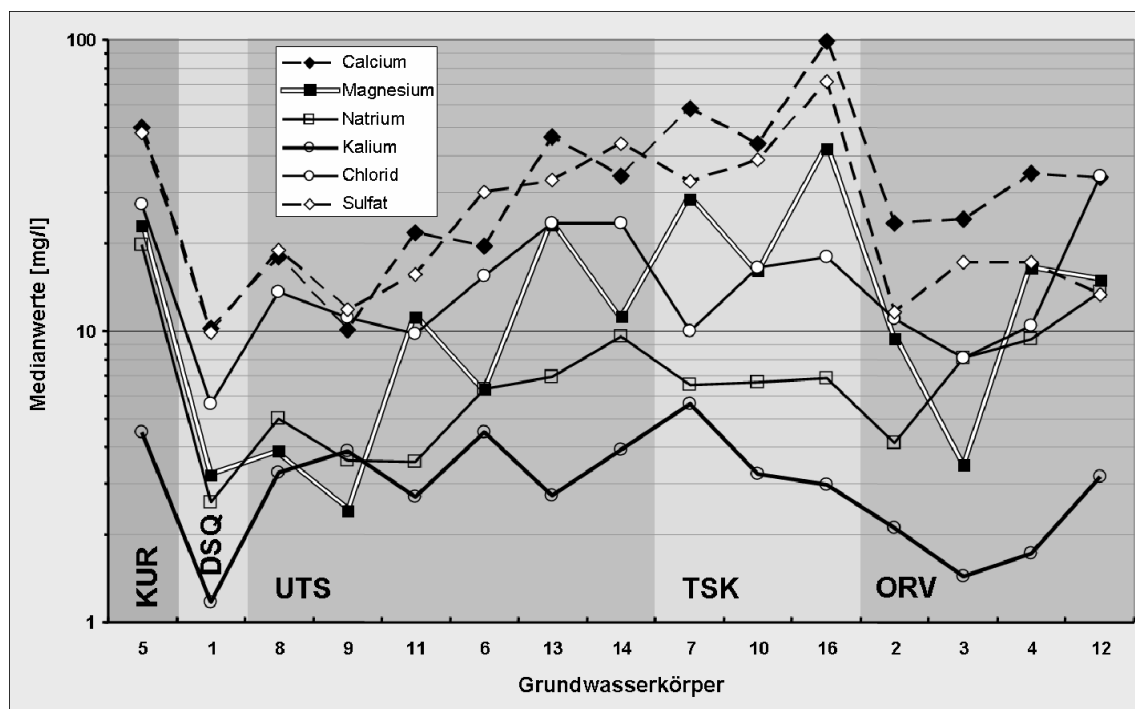


Abb. 4: Medianwerte der GWK, lithologisch gruppiert. Auffällig ist einerseits die insgesamt höheren Gehalte der Gruppe TSK insbesondere gegenüber der Gruppe UTS, aber auch innerhalb der Gruppe UTS die in etwa gleich niedrigen Werte der GWK 8, 9 und 11 gegenüber den deutlich höheren Gehalten in den GWK 6, 13 und 14.

bis mäßige, in stärker geklüfteten bzw. verkarsteten Bereichen auch hohe Durchlässigkeit aufweist. Hier treten dann auch sehr hohe Abstandsgeschwindigkeiten auf. Die hangenden Ceratitenschichten sind dagegen wegen der Wechsellagerung von Mergeln und meist dolomitischen Kalksteinen bis Dolomiten nur gering durchlässig. Das Grundwasser ist eindeutig karbonatisch geprägt. Schützende Deckschichten sind nur in sehr geringem Umfang vorhanden.

3 Überprüfung der Abgrenzung

Zur Überprüfung der Abgrenzung wurde an den Analysen der 850 den einzelnen GWK zugeordneten Bohrungen eine statistische Analyse durchgeführt, um sowohl die Unterschiede zwischen den GWK, als auch die Varianzen innerhalb der Wertegruppen zu ermitteln. Ausgangshypothese war dabei, dass Grundwasserkörper gleicher Ausgangsgeologie auch ähnliche chemische Werte haben sollten. Da jedoch die Anzahl an Analysen für die einzelnen Bohrungen sehr stark variiert und so Bohrungen mit einer Vielzahl an Analysen überproportional gewichtet worden wären, wurden für jede Bohrung und jeden Parameter Mittelwerte errechnet. Eine erste Übersicht lieferte die Darstellung der gegenüber Unterschieden in der Verteilungsform relativ unempfindlichen Medianwerte, die eine starke Abhängigkeit der Verteilungen von der Ausgangsgeologie zeigen (Abb. 4).

Die silikatischen devonischen Schiefer und Quarzite des GWK1 weisen insgesamt die niedrigsten Gehalte auf, gefolgt von den untertriassi-

schen Sandsteinen (UTS), die offensichtlich innerhalb der Gruppe relativ heterogen sind, und den Sedimenten und Vulkaniten des Oberrotliegend (ORV). Höhere Mineralisationen sind, wie zu erwarten, charakteristisch für die triassischen Sandsteine und Karbonate (TSK), bei denen sich die höhere Karbonatlöslichkeit und z. T. auch salinare Einflüsse aus dem Mittleren Muschelkalk zeigen. Eine insgesamt hohe Gesamtmineralisation zeichnet auch die Sedimente des Karbon und Unteren Rotliegend aus. Eine Gruppierung nach der Ausgangslithologie erscheint also plausibel, allerdings wirkt sich die Vielzahl der Ausreißer in den einzelnen Gruppen störend auf die Durchführung von Tests auf.

Daher mussten im nächsten Schritt die Anomalien von den zu erwartenden Normalwerten getrennt werden. Zur Abtrennung der Anomalien wurde das Verfahren von LEPELTIER (1969) verwendet, das auf der Anwendung eines Wahrscheinlichkeitsnetzes beruht und in der Rohstoffexploration seit Jahrzehnten üblich ist (VAN DEN BOOM 1981). Grundlage des Verfahrens ist die Tatsache, dass unterschiedliche Verteilungen im Wahrscheinlichkeitsnetz durch Geradenabschnitte mit unterschiedlichen Steigungsparametern charakterisiert werden. Der Achsenabschnitt entspricht dabei dem Mittelwert und die Steigung der Standardabweichung.

Das Verfahren wurde in Excel programmiert, da so für wesentliche Teile der Berechnungen und der Darstellungen die bereits vorhandenen Funktionen genutzt werden konnten und nicht neu programmiert werden mussten. Zunächst werden

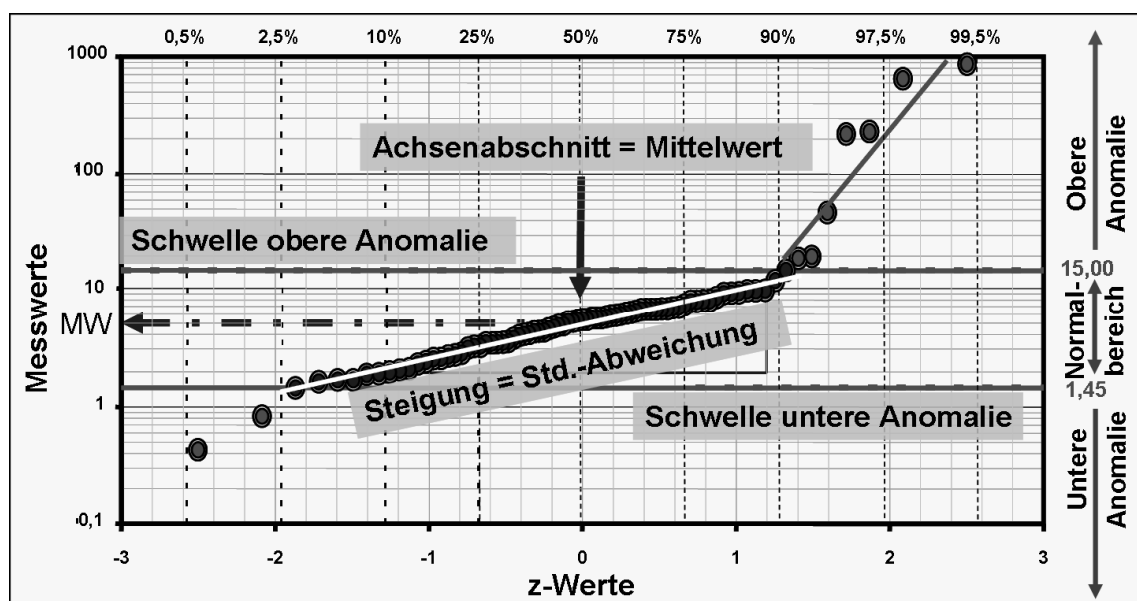


Abb. 5: Wahrscheinlichkeitsnetz mit Darstellung eines Datensatzes mit einem Normalbereich und einer oberen sowie einer unteren Anomalie.

die Daten in absteigender Reihenfolge sortiert und die statistischen Parameter für den gesamten Datensatz ermittelt unter Berücksichtigung des gewählten Verteilungstyps (normal oder lognormal) und eines vorher gewählten Trenn-Perzentilwertes. Dieser wird in der Regel zunächst mit 5% festgelegt, d.h. bei einer zweiseitigen Fragestellung entspricht er den 2,5- und 97,5-Perzentilen und bei einer einseitigen Fragestellung dem 95-Perzentil. Für diesen Wert werden die an den Enden der Verteilung auszu-schließenden Daten berechnet und im nächsten Schritt ausgeschlossen, sowie der Trenn-Perzentilwert angepasst, falls erforderlich. Dieses Verfahren wird fortgesetzt, bis sich ein stabiler Zustand ergibt, d.h. bei zwei aufeinander folgenden Schritten keine weiteren Daten mehr ausgeschlossen werden. Mittels des d'Agostino-Pearson-Test auf Normalverteilung wird überprüft, ob der gewählte Verteilungstyp auch angenommen werden kann oder auch nach der Prozedur noch eine heterogene Grundgesamtheit vorliegt.

Zur Charakterisierung der Gesamtmineralisation der GWK wurde das Verfahren für die Hauptan- und -kationen Chlorid, Sulfat, Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium durchgeführt. An den für die jeweiligen GWK ermittelten Mittelwerten wurde über eine Clusteranalyse geprüft, ob GWK gleicher Ausgangsgeologie auch gemeinsame Gruppen bilden. Das Ergebnis korreliert

sehr gut mit der a-priori-Einstufung, jedoch mit signifikanten Unterschieden (Abb. 6). Grundwasserkörper mit relativ geringer Bevölkerungsdichte (Tab. 1) und ähnlicher Lithologie gruppieren sehr gut, wie die Gruppen 1 (UTS, d.h. im Wesentlichen Mittlerer Buntsandstein) und 2 (ORV und DSQ, die Oberrotliegend-Sedimente und Vulkanite zusammen mit den devonischen Schieferen und Quarziten). Gruppe 2 weist zudem noch die höchsten Niederschläge und hohe Grundwasserneubildungsraten auf.

Dagegen fallen die Grundwasserkörper mit geringer zur erwartender geogener Vorbelastung, aber höherer Siedlungs- und Industriedichte (GWK 6, 13 und 14, siehe auch Tab.1)) zusammen mit den stärker geogen vorbelasteten GWK in die heterogene Gruppe 3. Sie weisen offensichtlich eine andere und vor allem höhere Grundmineralisierung auf als die anderen GWK gleicher Geologie, die auf den erhöhten anthropogenen Einfluss zurückgeführt werden muss und möglicherweise durch eine geringere Grundwasserneubildungsrate noch verstärkt wird.. Die Erhöhung der Mineralisation kann offensichtlich auch durch verstärkte Schutzmaßnahmen nicht verhindert werden, wie der teilweise sehr hohe Anteil von Wasserschutzgebieten in diesen GWK zeigt. Ein geogener Hintergrundwert lässt sich daher in derartigen GWK mit rein statistischen Mitteln nicht mehr ermitteln. Bei der zukünftigen Festlegung von Sanierungszielen

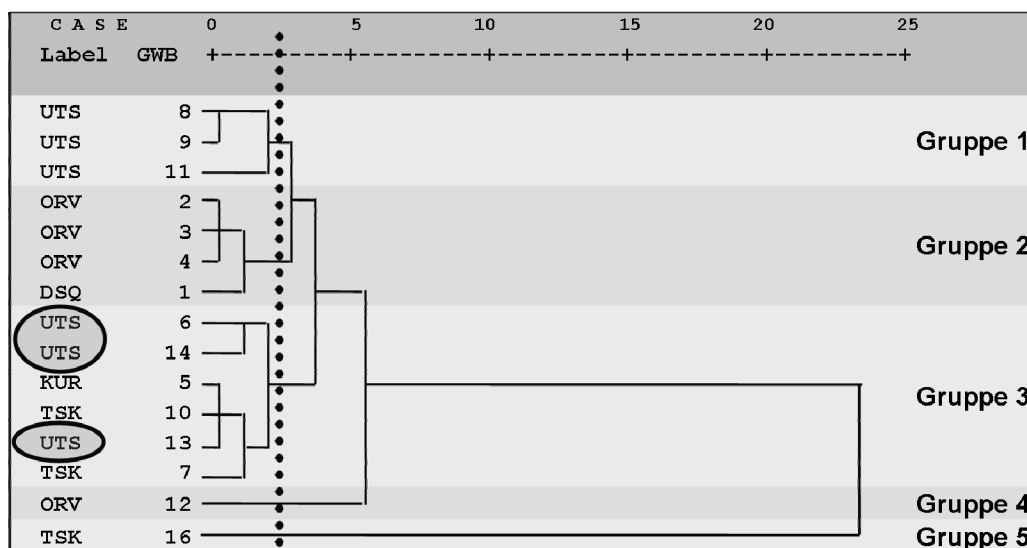


Abb. 6: Ergebnis der Clusteranalyse für die Ionen Chlorid, Sulfat, Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium. Besonders hervorgehoben sind die Grundwasserkörper, die in eine andere Gruppe fallen, als anzunehmen wäre. Die Gruppen 4 und 5 (GWK 12 und 16) stellen auf Grund ihrer geringen Fallzahlen und der abweichenden Geologie Sonderfälle dar: für GWK 12 liegen nur Daten aus dem Verbreitungsgebiet basisch-intermediärer Vulkanite, für GWK 16 aus dem Oberen Muschelkalk vor.

Tab. 1: Wesentliche Einflussfaktoren auf die Grundwasserqualität. Die für den GWK wirksamen Faktoren sind fett gedruckt, wenn sie größer als der Mittelwert für das ganze Land sind, negative Einflüsse zusätzlich kursiv gesetzt und unterstrichen. Bei den natürlichen Faktoren sind die geogenen in einer pauschalen Wertung für die Geologie zusammengefasst, während der Niederschlag als Perzentilwert angegeben wird, da so die Unterschiede zwischen den GWK deutlicher werden. Einflüsse aus Siedlung, Industrie und Landwirtschaft werden pauschal als negativ, die aus der Forstwirtschaft als positiv bewertet. Als zusätzlicher Vergleichsfaktor ist der Anteil der Wasserschutzgebiete am GWK angegeben, über den mögliche Einflüsse über Einschränkungen im Umgang mit wassergefährdenden Stoffen erfasst werden.

Cluster- gruppe	GWK	natürliche Faktoren		anthropogene Faktoren					WSG-Anteil
		Geologie	Quantile Winter- niederschlag	Landnutzung					
				Siedlung	Industrie	Landwirtschaft	Forst	sonstige	
1	8	UTS	8,8	10,70%	1,90%	16,20%	69,30%	2,00%	68,10%
	9	UTS	51,9	6,70%	1,20%	16,10%	73,40%	2,60%	7,80%
	11	UTS	70,0	8,80%	0,10%	58,20%	32,80%	0,10%	70,60%
2	4	DSQ	82,2	9,20%	1,00%	44,80%	43,60%	1,40%	13,50%
	2	ORV	83,1	13,20%	0,30%	46,80%	38,20%	1,50%	6,90%
	3	ORV	89,6	7,00%	0,70%	41,10%	49,10%	2,10%	0,20%
	1	ORV	77,7	6,80%	0,70%	23,80%	65,70%	3,00%	12,00%
3	6	UTS	30,9	22,60%	6,30%	17,60%	51,60%	1,90%	69,30%
	14	UTS	15,2	21,50%	9,10%	31,10%	35,40%	2,90%	43,80%
	13	UTS	32,4	28,00%	3,90%	37,70%	28,50%	1,80%	97,30%
	5	KUR	46,1	17,40%	3,80%	38,90%	38,10%	1,80%	3,00%
	10	TSK	29,7	11,40%	1,60%	47,70%	37,20%	2,10%	24,40%
	7	TSK	25,6	12,10%	2,40%	54,40%	28,00%	3,20%	45,60%
	4	12	ORV	73,9	9,00%	6,80%	48,30%	31,50%	4,30%
5	15	TSK	24,4	4,50%	0,30%	73,80%	8,80%	12,60%	47,10%
	16	TSK	42,2	6,60%	1,20%	57,30%	27,70%	7,20%	12,30%
Mittelwerte			487,2 mm	14,00%	2,90%	39,60%	41,20%	2,30%	32,64%

muss jedoch in diesen Fällen ein erhöhter regionaler Background berücksichtigt werden.

Grundsätzlich lassen sich die Grundwasserkörper jedoch an Hand ihrer Mineralisation in einer Weise gruppieren, die das in Abschnitt 2 beschriebene Abgrenzungsverfahren bestätigt.

4 Literatur

BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe): Hydrogeologische Übersichtskarte von Deutschland 1:200.000 (HÜK 200, <http://www.bgr.de/app/huek200/>)

CIPMS/IKSMS (Commissions Internationales pour la Protection de la Moselle et de la Sarre/Internationale Kommissionen zum Schutze der Mosel und der Saar, 2004): Richtlinie 2000/60/EG, Internationale Flussgebietseinheit RHEIN, Internationales Bearbeitungsgebiet „Mosel-Saar“, Bestandsaufnahme. Trier (<http://213.139.159.34/servlet/is/507/>)

DÖRHÖFER, G., HANNAPPEL, S. & VOIGT, H. J. (2001): Die Hydrogeologische Übersichtskarte von Deutschland (HÜK 200). – Z. angew. Geol., 47/3+4, S 153 - 159; 3 Abb., 1 Tab.; Hannover.

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, 2003) Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie, <http://www.lawa.de/lawaroot/pub/download.html>. 148 S.

LEPELTIER, C. (1969): A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. – Economic Geology, Vol. 64, P. 538 - 550.

VAN DEN BOOM, G. (1981): Geochemische Prospektionsmethoden, in: BENDER, F. (Ed.): Angewandte Geowissenschaften, Band 1, Geologie, Geländeaufnahme, Strukturgeologie, Gefügekunde, Bodenkunde, Mineralogie, Petrographie, Geochemie, Paläontologie, Meeresgeologie, Fernerkundung, Wirtschaftsgeologie. 327-357. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

WALTER, T. (2005): Implementation of the Water Framework Directive in Saarland (Germany): Identification of groundwater bodies and installation of a new monitoring network. – International Workshop "From Data Gathering and Groundwater Modelling to Integrated Management, Alicante (Spain), 4-8th October 2005

WERLE, B. (1992): Hydrogeologische Karte des Saarlandes, Blatt 3: Grundwasserbeschaffenheit, Geologisches Landesamt des Saarlandes, Saarbrücken, 1992.