

## Weitergehende Beschreibung des gefährdeten Grundwasserkörpers 16.9 „Fessenheim – Breisach“ (Chloridbelastung)

1. Geologische Merkmale .....	2
2. Hydrogeologische Merkmale .....	4
3. Merkmale der Bodenüberdeckung.....	6
4. Stratifikationsmerkmale des Grundwasserkörpers - 16.9 .....	7
5. Grundwasserbeschaffenheit .....	8
6. Langjährige mittlere Grundwasserneubildung .....	10
7. Gesamtbewertung .....	11

### Allgemein

Ziel der weitergehenden Beschreibung gemäß Anhang II Nr. 2.3 ist es, das Ausmaß des Risikos hinsichtlich der Zielerreichung nach Artikel 4 genauer zu beurteilen und die Grundlagen für Monitoring- und Bewirtschaftungsprogramme zu liefern. Dazu werden Grundlagen benötigt, die eine detaillierte Beschreibung der grundwasserhydraulischen und hydro-chemischen Gegebenheiten des Grundwassers sowie der Merkmale der ungesättigten Bodenzone ermöglichen und das Ausmaß der anthropogenen Einwirkungen auf das Grundwasser aufzuzeigen. Die weitergehende Beschreibung erfolgt problembezogen in zwei Schritten:

- 1) Beschreibung der geologischen und hydrogeologischen Merkmale, der Merkmale der Grundwasserüberdeckung und Angaben zur Grundwasserneubildung,
- 2) Beschreibung der landwirtschaftlichen Flächennutzung und ergänzende Angaben zur Immissionsbelastung des Grundwassers, soweit vorhanden.

Die Beurteilung und Bewertung im Rahmen der erstmaligen Beschreibung des Teilbearbeitungsgebiets führte zu dem Ergebnis, dass in einem Teilbereich ein Risiko für den guten Zustand des Grundwassers aufgrund der erhöhten Chloridwerte besteht. Dieser Bereich auf Deutscher Seite wurde auf Basis der Daten aus dem INTERREG II-Projekt „Grenzüberschreitende Erkundung des tiefen, rheinnahen Grundwasserleiters zwischen Fessenheim und Breisach“ als gefährdeter Grundwasserkörper (gGWK) 16.9 „Fessenheim – Breisach“ abgegrenzt und ist nun im Rahmen der weitergehenden Beschreibung detailliert zu beurteilen.

Ziel der weitergehenden Beschreibung ist es auch, die Grundlagen für später folgende Monitoring- und Bewirtschaftungsprogramme zu liefern. Dazu werden neben weiteren hydrogeologischen und bodenkundlichen Merkmalen auch Daten erhoben und bewertet, die das Ausmaß anthropogener Einwirkungen auf das Grundwasser aufzeigen.

## 1. Geologische Merkmale

Der gefährdete Grundwasserkörper Nr. 16.9 Fessenheim-Breisach (gGWK 16.9) gehört zum hydrogeologischen Großraum Oberrheingraben und dort zum Hydrogeologischen Teilraum Quartäre/Pliozäne Sedimente der Grabenscholle. Das Gebiet erstreckt sich unmittelbar auf der östlichen Rheinseite rheinparallel von Bremgarten/Blodelsheim im Süden bis Burkheim im Norden.

Hydrogeologisch sind im gGWK 16.9 die quartären Sande und Kiese im Oberrheingraben von Bedeutung. Die lössüberdeckten miozänen Tholeite, die den Breisacher Münsterberg überwiegend aufbauen, sind hydrogeologisch nicht relevant (A-Karte 9.9.1 a, b).

Neuenburg-Formation (qN): Im Bereich des gGWK 16.9 bilden die quartären Kiese und Sande der Neuenburg-Formation den obersten Grundwasserleiter. Sie werden unterlagert von den Schichten der Breisgau-Formation (Tab. 4.2.2.1).

Die Schotter der Neuenburg-Formation bestehen aus grauen bis rötlichgrauen Kiesen mit wechselnden Sand- und geringen Schluffgehalten. Stellenweise sind in die Kiese Stein- und Blocklagen eingeschaltet. Im gGWK 16.9 überwiegen Gerölle alpiner Herkunft. Die Sortierung ist gut, die Sandfraktion der Kiese ist überwiegend fein- bis mittelkörnig. Innerhalb der Kiesabfolge sind linsenartig sandige Bereiche ausgebildet, die allerdings lateral nur über kurze Entfernungen parallelisiert werden können. Hydraulisch wirksame Trennschichten fehlen innerhalb der Neuenburg-Formation.

Bereichsweise lässt sich die Neuenburg-Formation lithofaziell in eine obere (Obere Neuenburg-Schichten), und in eine untere Abfolge unterteilen (Untere Neuenburg-Schichten; Tab. 4.2.2.1). An der Basis dieser Abfolgen liegt jeweils eine Groblage aus locker gelagerten, grauen, sandigen Kiesen und Steinen (bis zu 20 cm) von überwiegend alpinem Material.

Die Basis der Neuenburg-Formation liegt im Gebiet des gGWK 16.9 zwischen Hartheim und nördlich von Breisach bei ca. 140 m NN. Ihre Mächtigkeit beträgt relativ einheitlich 50 – 55 m. Sie erreicht westlich von Hartheim mit 65 m und im Gebiet zwischen Breisach und Hochstetten sowie nördlich von Breisach mit 60 m ihre größten Werte.

Im Holozän wurde die Neuenburg-Formation im Bereich der Rheinaue in den oberen 10 – 15 Metern umgelagert.

Breisgau-Formation (qBS): Unter der Neuenburg-Formation folgt ohne hydraulisch wirksamen Trennhorizont die Breisgau-Formation. Die beiden hydrogeologischen Einheiten unterscheiden sich jedoch in ihren hydraulischen Eigenschaften deutlich voneinander.

Die Breisgau-Formation besteht aus unterschiedlich dicht gelagerten, sandig-schluffigen Kiesen, in die stellenweise geringmächtige Schlufflinsen eingelagert sind. Die Gerölle stammen sowohl aus den Alpen (Rheineinzugsgebiet) als auch aus dem Schwarzwald (lokale Komponenten). Die Kristallingerölle sind z. T. frisch, z. T. mäßig bis sehr stark verwittert. Sie zerfallen dann zu Mittel- bis Grobsand. Allgemein nehmen der Zersetzungsgrad und die Lagerungsdichte mit der Tiefe zu. Hydraulisch wirksame Trennschichten innerhalb der Breisgau-Formation fehlen. Die Breisgau-Formation ist in der HGK Kaiserstuhl - Markgräflerland (HGK 1977) als „Festgelagerte Kiese und Schotter mit größeren Schluffanteilen“ beschrieben.

Aufgrund der lithologischen Ausbildung kann die Breisgau-Formation bereichsweise in eine mittel bis hoch durchlässige obere Abfolge (Obere Breisgau-Schichten) und in eine mäßig bis gering durchlässige untere Abfolge (Untere Breisgau-Schichten; Tab. 4.2.2.1) unterteilt werden.

Tab. 4.2.2.1: Geologische Gliederung des Quartärs im südlichen Oberrheingraben

Neuenburg-Formation (qN)	Obere Neuenburg-Schichten (qNo)
	Untere Neuenburg-Schichten (qNu)
Breisgau-Formation (qBS)	Obere Breisgau-Schichten (qBSo)
	Untere Breisgau-Schichten (qBSu)

Für die Morphologie der Basis der Breisgau-Formation sind zum einen Störungen, zum andern die Aufragung des Breisacher Münsterbergs maßgebend, der aus Tephrit-Laven und Pyroklastiten besteht. Im Südwesten des gGWK 16.9 wirkt sich außerdem der so genannte Balgauer Dom auf die Basis der Breisgau-Formation aus. Er stellt eine diapirartige Aufwölbung des präquartären Untergrunds dar, die im Zusammenhang mit salztektonisch induzierten Bewegungen des Festgesteinsuntergrunds im Bereich des Weinstetter Diapirs gesehen wird.

Die Breisgau-Formation ist im Gebiet des gGWK 16.9 westlich von Hartheim 140 m mächtig. Von dort aus fällt die Basis der Breisgau-Formation nach Nordwesten in Richtung zum Becken von Geiswasser auf französische Seite ab. Weitere Bereiche erhöhter Mächtigkeit der Breisgau-Formation liegen westlich Grezhausen (ca. 130 m) sowie am nördlichen Gebietsrand (ca. 80 m). Am östlichen Gebietsrand liegt die Mächtigkeit der Breisgau-Formation zwischen 75 und 80 m.

Tektonik: Der gGWK 16.9 liegt in der inneren Grabenzone, die den zentralen und am tiefsten abgesunkenen Teil des Oberrheingrabens bildet. Die Innere Grabenzone wird durch die Rheinverwerfung von der östlich anschließenden Grabenrandscholle getrennt. Sie erreicht westlich von Oberrimsingen eine Sprunghöhe von mehr als 2000 m. Neben dieser bedeutenden, rheinisch verlaufenden Störung gibt es mehrere NNW-SSE verlaufende Störungen, die Auswirkungen auf die Verbreitung und Mächtigkeit zumindest der Unteren Breisgau-Schichten und der Iffezheim-Formation haben. Da die tektonischen Bewegungen im Oberrheingraben noch bis in die Gegenwart anhalten, ist auch ein steuernder Einfluss auf die Ablagerungsprozesse und –produkte der jüngeren Einheiten wahrscheinlich. Neben der Grabentektonik hat die Salztektionik, die auf die oligozänen Salzablagerungen zurückgeht, einen wesentlichen Einfluss auf die strukturelle Ausgestaltung des Festgesteinsuntergrunds. Die salzinduzierten Bewegungen des präquartären Sockels machen sich auch in der Verbreitung und Mächtigkeit der quartären Sedimente bemerkbar. Eine der bedeutendsten Strukturen ist der so genannte Weinstetter Diapir, dessen Nordflanke das Gebiet des gGWK 16.9 südwestlich von Hartheim in Südost – Nordwest Richtung quert. In diesem Bereich sind die Quartärmächtigkeiten bereichsweise deutlich reduziert. Dies ist z. B. beim Balgauer Dom östlich von Balgau der Fall. Weiter östlich bis nordöstlich davon liegt eine von Störungen begrenzte Tiefscholle, von der aus die Aquiferbasis nach Nordwesten in Richtung auf das so genannte Becken von Geiswasser geneigt ist. Diese Strukturen haben einen wesentlichen Einfluss auf die Ausbreitung der hochkonzentrierten chloridhaltigen Lösungen an des Basis des Kiesaquifers.

## 2. Hydrogeologische Merkmale

**Hydrogeologische Gliederung:** Die quartären Sande und Kiese der Neuenburg- und Breisgau-Formation bilden im Gebiet des gGWK 16.9 einen gemeinsamen Grundwasserleiter. Die jungen Magmatite, zu denen die Vulkanite des Breisacher Münsterbergs zu zählen sind, sind Grundwassergeringleiter. Da sie außerdem nur kleinräumig verbreitet sind, werden sie nicht näher behandelt. Auch die oberflächennahen Deckschichten sind für die Betrachtung der Ausbreitung der Chloridfahnen im Untergrund, die zur Einstufung des Grundwasserkörpers als gefährdet geführt haben, nicht relevant und werden nur kurz beschrieben. Fragen zur Nitratauswaschung werden nicht behandelt.

Für eine generelle Gliederung lassen sich, in Anlehnung an LGRB (2002), die in Tab. 4.2.2.2 aufgeführten hydrogeologischen Einheiten unterscheiden.

Tab. 4.2.2.2: Hydrogeologische Klassifikation der Gesteine im gGWK 16.9 nach Hohlraumart

Hydrogeologische Einheiten	Hydrogeologische Klassifikation
Quartäre Kiese und Sande im Oberrheingraben	Porengrundwasserleiter

Grundwasserflüsse über die Grenzen des gGWK 16.9 erfolgen im Oberrheingraben von Süden, ein Abstrom nach Norden. Im Westen wird der Rhein im tieferen Aquiferabschnitt vom Grundwasser unterströmt, d. h. es kommt bereichsweise zu einem grenzüberschreitenden Grundwasserfluss.

**Quartäre Sande und Kiese im Oberrheingraben:** Die quartären Kiese und Sande bilden im Gebiet des gGWK 16.9 einen Porengrundwasserleiter. Dieser lässt sich vertikal in zwei Teilbereiche mit unterschiedlichen hydrogeologischen Eigenschaften gliedern, die Neuenburg-Formation und die Breisgau-Formation. Beide hydrogeologischen Einheiten sind jedoch hydraulisch miteinander verbunden, d. h. ein Stockwerksbau ist nicht vorhanden.

Die Neuenburg-Formation ist außer am Breisacher Münsterberg im gesamten Gebiet des gGWK 16.9 vorhanden. Sie wird von der Breisgau-Formation unterlagert.

Aufgrund der guten Sortierung und Rundung der Kiese und Sande ergeben sich hohe Durchlässigkeiten von  $k_f = 1,0 \cdot 10^{-2}$  m/s bis  $k_f = 2,5 \cdot 10^{-2}$  m/s. In die vorwiegend sandig kiesige Abfolge können mächtigere Fein- und Mittelsandlagen sowie einzelne, bis zu wenigen Dezimeter mächtige, gut sortierte sandarme Kieslagen („Rollkies“) eingeschaltet sein. Deren hohe Durchlässigkeiten ( $k_f > 10^{-2}$  m/s) haben einen großen Einfluss auf die Transmissivität der Gesamtfolge. Wegen der fluviatilen Entstehung solcher Rollkieslagen sind sie rinnenartig verbreitet. Ein Pumpversuch im oberen Bereich der Neuenburg-Formation nahe Breisach ergab eine sehr hohe Durchlässigkeit von  $k_f = 1,3 \cdot 10^{-2}$  m/s.

Die durch den erheblichen vertikalen Wechsel der Durchlässigkeit bedingte Anisotropie des Aquifers hat verhältnismäßig niedrige Speicherkoeffizienten zur Folge. Obwohl i. A. ein freier Grundwasserspiegel vorliegt, sind die in Pumpversuchen ermittelte Speicherkoeffizienten von  $S < 0,06 - 0,0001$  Indizien für halbgespannte bis gespannte Verhältnisse.

Die Durchlässigkeit der Breisgau-Formation ist im gGWK 16.9 aufgrund der großen Anteile an alpinem Material relativ hoch. Sie liegt bei  $k_f = 5 \cdot 10^{-3}$  m/s bis  $k_f = 9 \cdot 10^{-3}$  m/s. Für die in den Unteren Breisgau-Schichten verfilterte Messstelle Hartheim GWM1 (LGRB-Nr. 8011/492) wurde eine Transmissivität von  $T = 1,6 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s ermittelt. Bei einer verfilterten Aquifermächtigkeit von  $H = 50$  m errechnet sich daraus die Durchlässigkeit zu  $T/H = 2 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Die Basis der Breisgau-Formation wird entweder durch tertiäre Festgesteine oder durch die Schluffe und Tone der Iffezheim-Formation gebildet. Generell fällt die Aquiferbasis im Bereich des gGWK 16.9 nach Norden bzw. Nordwesten in Richtung auf das so genannte Becken von Geiswasser auf französischer Seite ein. Dort liegt die Aquiferbasis bei etwa 240 Meter unter

Gelände. Weitere bedeutende Strukturen in der Aquiferbasis sind der so genannte Balgauer Dom östlich von Balgau sowie eine von Störungen begrenzte Tiefscholle östlich des Balgauer Doms, deren Oberfläche ebenfalls nach Nordwesten in Richtung auf das Becken von Geiswasser geneigt ist.

Die Grundwasserneubildung erfolgt im gGWK 16.9 durch Infiltration von Niederschlag, durch Randzuflüsse über die Grenzen des gGWK 16.9 hinweg, außerdem in größerem Umfang durch Uferfiltration des Rheins, in geringerem Umfang durch Infiltration der Möhlin. Von der südlichen Gebietsgrenze bis auf die Höhe von Oberrimsingen bildet der Rhein bei Niedrig- und Mittelwasserführung die Vorflut für das Grundwasser. Lediglich bei Hochwasserführung infiltriert der Rhein in diesem Abschnitt für kurze Zeit. Nördlich des Bereichs Oberrimsingen/Karpfenhod bis zum Kulturwehr Breisach infiltriert der Rhein, bedingt durch den Aufstau, ständig. Unterhalb des Kulturwehres bildet er wieder die Vorflut für das Grundwasser. Weiterhin infiltriert die Möhlin vom Baggersee Uhl bis zum Möhlinwehr auf Höhe von Hochstetten in das Grundwasser. Nördlich des Wehrs nimmt sie bis zu ihrer Einmündung in den Rhein unterhalb des Kulturwehrs Breisach bis zu 500 l/s Grundwasser auf.

Während der Rhein für den oberflächennahen Aquiferabschnitt eine hydraulische Grenze bildet, werden Rhein und Möhlin vom tiefen Grundwasser unterströmt. Dies ist für den Restrhein im Süden des gGWK 16.9 dadurch belegt, dass die westlich des Restrheins auf der Fessenheimer Insel eingetragenen Chloridsalze zu hohen bis sehr hohen Chloridkonzentrationen im Grundwasser östlich des Rheins führen. Die Unterströmung der Möhlin ist durch Rhein-Uferfiltrat in den Brunnen der Stadt Breisach nachgewiesen.

In etwas größerer Entfernung zum Rhein strömt das Grundwasser in den quartären Kiesen nahezu rheinparallel nach Norden.

### **3. Merkmale der Bodenüberdeckung**

Die Angaben zu den Böden im Gebiet des gGWK16.9 basieren auf der Bodenübersichtskarte von Baden-Württemberg 1 : 200.000 (GLA 1992 - 95). Geometrie und Beschreibung der Bodeneinheiten sind in der beigefügten digitalen Dokumentation enthalten. Eine zusätzlich vereinfachte und generalisierte Bodenkarte ist die A-Karte 9.9.1e.

Bis auf kleine Randbereiche der Rheinniederterrasse liegt das gGWK 16.9 fast ausschließlich in der Rheinaue. Aufgrund der Rheinregulierung mit folgender Grundwasserabsenkung werden die Rheinauen nicht mehr überflutet und der Wurzelraum der Böden ist ohne Grundwassereinfluss. Die

Böden aus sandig-schluffigen Auen-sedimenten über Sand und Kies sind als reliktsche Auenpararendzinen zu bezeichnen.

Im Wurzelraum der reliktschen Auenböden findet eine vertikale Sickerwasserbewegung statt.

#### **4. Stratifikationsmerkmale des Grundwasserkörpers - 16.9**

Der gGWK 16.9 liegt im Grundwasserabstrom der Fessenheimer Insel. Östlich von Blodelsheim zwischen dem Restrhein und dem Grand Canal d'Alsace versickerten in Absetzbecken der elsässischen Kaliindustrie bis zum Jahr 1976 große Mengen hochkonzentrierter Chloridlösungen, die auf französischer Seite bei der Kaliproduktion als Prozesswässer anfielen. Ein mengenmäßig wesentlich geringerer Eintrag chloridhaltiger Lösungen in den Untergrund erfolgte auf badischer Seite in den Absetzbecken am Rheinwärterhaus und der Autobahnkiesgrube südlich der Fessenheimer Insel. Der Chlorideintag aus diesen Altablagerungen in das Grundwasser erfolgt heute nicht mehr.

Aufgrund ihrer höheren Dichte sanken die vermutlich in Bezug auf Natriumchlorid gesättigten Lösungen im Kiesaquifer wegen fehlender flächenhaft verbreiteter Zwischenschichten nahezu ungehindert vertikal in die Tiefe bis auf die Aquiferbasis. Dort wurde die weitere Tiefenverlagerung durch die geringdurchlässigen tertiären Tone und Mergel verhindert. Die Chloridlösungen sammelten sich auf der Sohlschicht, wo sie aufgrund dichteinduzierter Transportprozesse entsprechend dem Einfallen der Aquiferbasis auch heute noch in nördliche Richtung verlagert werden. Eine nicht genauer zu quantifizierende Chloridmenge wurde beim Absinken der Solen im oberen Aquiferabschnitt durch die Grundwasserströmung in nördliche Richtung verfrachtet. Aus der hochkonzentrierten Chloridlösung an der Aquiferbasis erfolgt noch heute durch Diffusion und Dispersion ein Austrag in den darüber liegenden Aquiferabschnitt, wo das Chlorid sich durch konvektiven Transport in nördliche Richtung ausbreitet.

Zur Chloridproblematik im Bereich des gGWK 16.9 wurden in der Vergangenheit umfangreiche Untersuchungen zur hydrochemischen und isopenhydrologischen Stratifikation des Grundwassers durchgeführt (RP FREIBURG 2002). Im gGWK 16.9 trägt infiltrierendes Rheinwasser bis zu 90 % an der Grundwasserneubildung bei. Das Uferfiltrat breitet sich bis zur Aquiferbasis aus, wobei die Verweildauer mit der Tiefe zunimmt. Im Bereich Bremgarten enthält das tiefe Grundwasser bereichsweise auch eine Komponente sehr alten (pleistozänen) Grundwassers, die auf eine geringe Grundwasserdynamik in diesem Bereich hinweist.

## 5. Grundwasserbeschaffenheit

Die höchsten Chloridkonzentrationen finden sich nördlich und nordöstlich der Absetzbecken auf der Fessenheimer Insel. Aufgrund der Morphologie der Sohlschicht und dessen Tiefenlage zwischen Balgau (F) und Hartheim liegt der Schwerpunkt der Chloridbelastung auf rechtsrheinischer Seite. Auf französischer Seite ist die Chloridbelastung an zwei tiefen Messstellen, an denen der Grenzwert der Trinkwasserverordnung überschritten wird, belegt.

Innerhalb bzw. im unmittelbarer Nähe des gGWK's sind 31 Messorte, die seit 1996 beprobt wurden. Es wurden in tiefen Messorten Chloridwerte bis 26 g Chlorid/l festgestellt!

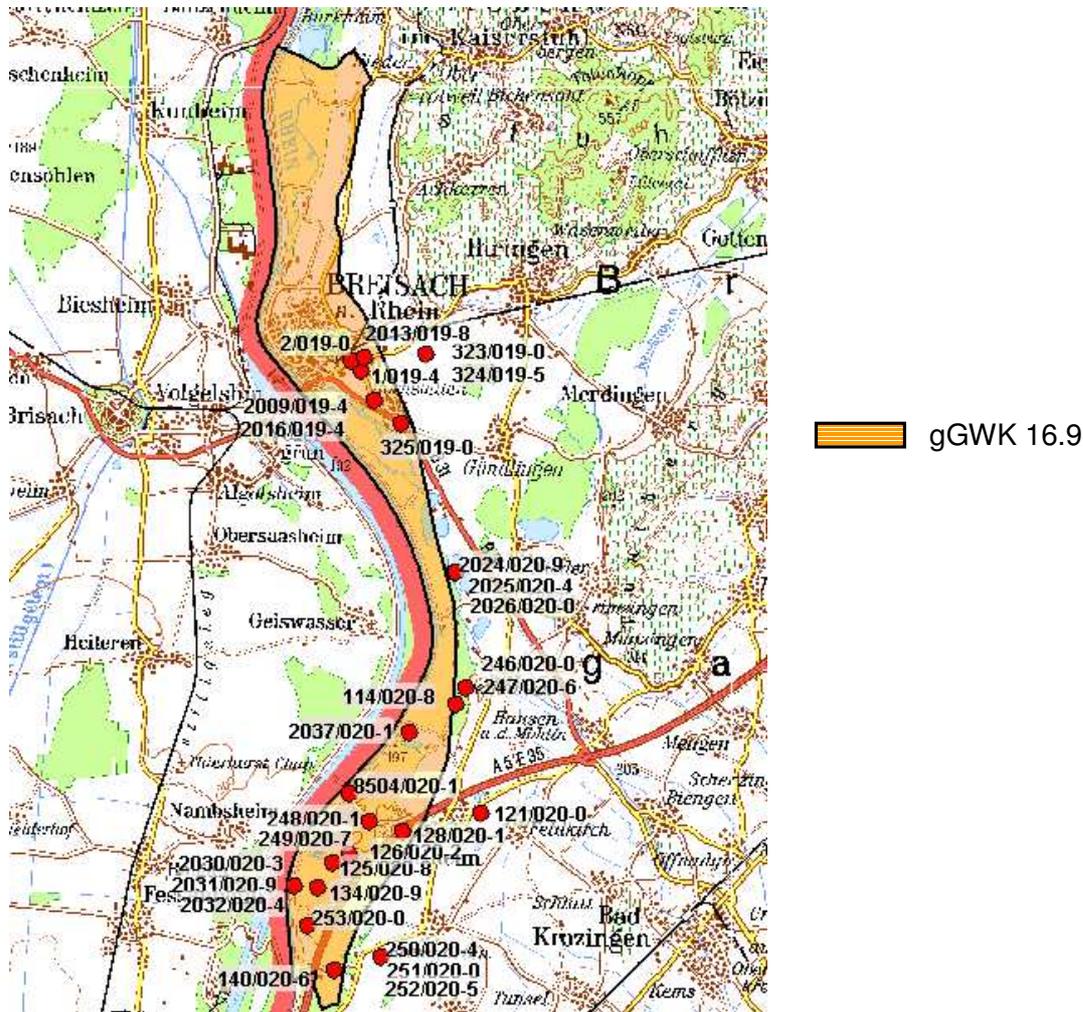


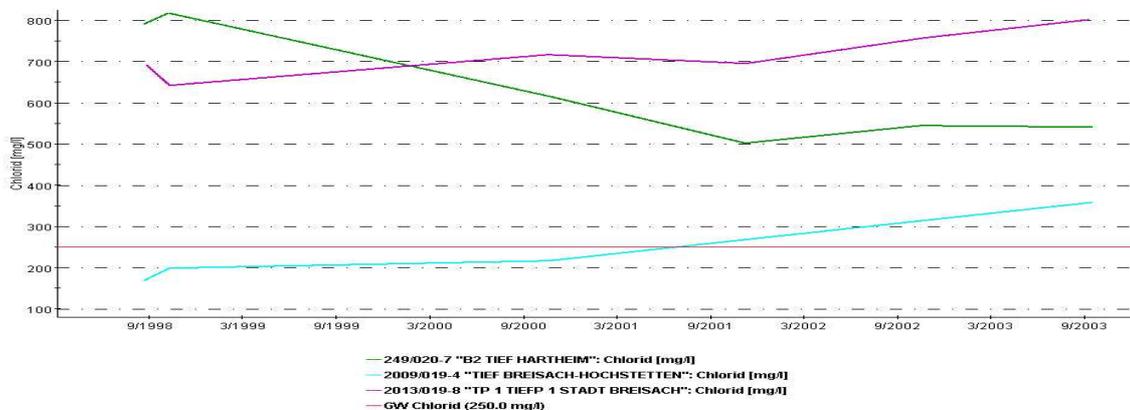
Abb. 4.2.2.5 gGWK mit Messstellen

Die Chloridgehalte in Messstellen im mittleren und oberen Aquiferbereich südlich Breisach steigen im mehrjährigen Beobachtungszeitraum an. Dort wurde bzgl. der Salzverfrachtung ein negativer Einfluss eines Baggersees nachgewiesen, der zu einer Verlagerung der Chloridbelastung in oberflächennähere Aquiferabschnitte führt. Nördlich von Breisach zeigt eine erste Übersichtsbeprobung im oberflächennahen Grundwasser ebenfalls erhöhte Chloridkonzentrationen.

Die Chloridkonzentrationen nehmen im Grundwasser mit der Tiefe an einem oder mehreren Sprüngen innerhalb nur weniger Meter zu. Der Bereich sehr hoher Chloridkonzentration reicht im gGWK 16.9 bis nördlich des Rheinwärterhauses westlich von Hartheim. Die höchsten Chloridkonzentrationen wurden an der Aquiferbasis im Raum Weinstetter Mühle und westlich von Hartheim gemessen. Dort liegen die Chloridkonzentrationen in den basalen 30 Metern des Grundwasserkörpers bei über 20.000 mg/l. Auf französischer Seite wurden östlich von Balgau und nordwestlich von Nambenheim im tieferen Aquiferabschnitt ebenfalls deutlich erhöhte Chloridgehalte festgestellt. Die genaue Abgrenzung der Bereiche erhöhter Chloridkonzentrationen auf französischer Seite ist jedoch derzeit noch nicht möglich.

Der Bereich erhöhter Chloridkonzentrationen (> 250 mg/l, d. h. über dem Grenzwert nach der Trinkwasserverordnung im oberen Aquiferabschnitt erstreckt sich im gesamten gGWK 16.9 von der Fessenheimer Insel im Süden bis nach Burkheim im Norden. Die höchsten Chloridkonzentrationen mit über 500 mg/l wurden bei Breisach und nördlich davon festgestellt.

Die zeitliche Entwicklung in den tieferen GW-Leitern zeigt das folgende Diagramm für repräsentativen Messorte:



Detailliertere Informationen über den Aufbau des Grundwasserkörpers und die Chloridbelastung können dem Endbericht zum INTERREG II-Projekt "Grenzüberschreitende Erkundung des tiefen rheinnahen Grundwasserleiters zwischen Fessenheim und Breisach, RPF, 2003", entnommen werden.

## 6. Langjährige mittlere Grundwasserneubildung

Das Grundwasserdargebot eines Grundwasserkörpers ist definiert als die Summe aller positiven Bilanzglieder der Wasserbilanz (DIN 4049, Teil 3). Dazu gehört neben Wasserzuflüssen aus Uferfiltration und über Leakage, Randzuflüssen sowie ggf. Beiträgen aus künstlicher Grundwasseranreicherung in erster Linie die Sickerung aus Niederschlag.

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag wird u. a. von Klima, Landnutzung, Böden, Grundwasser und Hydrogeologie beeinflusst. Sie wird für langjährige mittlere Verhältnisse nach der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung (1) berechnet.

Gleichung (1): Allgemeine Wasserhaushaltsgleichung

$$G = (N - V) \cdot (Q_{\text{bas}}/Q_{\text{ges}})$$

mit  $G$  = Grundwasserneubildung

$N$  = Niederschlag

$V$  = aktuelle Verdunstung

$Q_{\text{bas}}$  = Basisabfluss

$Q_{\text{ges}}$  = Gesamtabfluss

Die hier verwendete Methodik basiert auf einem detaillierten Modell, das im Rahmen der Bearbeitung des Wasser- und Bodenatlasses Baden-Württemberg (WaBoA) neu entwickelt wurde (Armbruster 2002). Ein besonderer Schwerpunkt war dabei die Ermittlung der lateralen Abflusskomponente speziell für Festgesteinsgebiete, die als Verlustgröße nicht zur Grundwasserneubildung beiträgt.

Das für die Ermittlung der langjährigen mittleren Niederschläge verwendete Verfahren interpoliert tägliche Stationsniederschläge, wobei die Niederschlagswerte je nach Lage der Station korrigiert werden (RICHTER 1995).

Die aktuelle Verdunstung wurde auf der Basis von Tageswerten der meteorologischen Kenngrößen mit Hilfe eines deterministischen, flächendifferenzierten Modells ermittelt, das physikalisch basierte als auch konzeptionelle Ansätze verwendet (Armbruster 2002). Verwendet werden Daten zu Hangneigung, Exposition (DHM), Landnutzung, Meteorologie (Niederschlag, Lufttemperatur, Sonnenscheindauer, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte), Boden (nFK im effektiven Wurzelraum), Substrat, Gründigkeit und Grundwasser-Flurabstand.

Die Ermittlung der Abflusskomponenten erfolgte nach dem Demuth-Verfahren (Demuth 1989, 1993), dem das Wundt-Kille-Verfahren zugrunde liegt. Ausgewertet wurden Abflussreihen mit

mindestens zehnjähriger Beobachtungszeit. Für die Regionalisierung wurden multivariate statistische Verfahren eingesetzt (multiple Regression).

Die Berechnungen erfolgten für die hydrologische Standardperiode 1961 – 1990, die räumliche Auflösung ist durch ein 500 x 500 m Raster festgelegt.

Die langjährige mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist in A-Karte 9.9.1.d-16.9 dargestellt. Für den gGWK 16.9 ergeben sich folgende Ergebnisse:

- Für die Fläche des gGWK 16.9 von 32 km<sup>2</sup> beträgt die mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag für die untersuchte Standardperiode 1961 – 1990 136 mm/a.
- Regional variieren die Werte zwischen 60 bis 277 mm/a. Die höhere Grundwasserneubildung erfolgt im südlichen Abschnitt, niedrigere Werte finden sich im Norden.
- Für 1971, das extreme Trockenjahr der Standardperiode 1961 – 1990, betrug die mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag 16 mm/a bei einer räumlichen Variation von – 68 bis 94 mm/a.
- Für 1965, dem extremen Feuchtjahr der Standardperiode 1961 – 1990, betrug die mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag 228 mm/a bei einer räumlichen Variation von 85 bis 487 mm/a.

## 7. Gesamtbewertung

Auf Grund der Ergebnisse der erstmaligen und der weitergehenden Beschreibung erreicht der GWK 16.9 „Fessenheim-Breisach“ bzgl. des Parameters Chlorid **nicht den guten chemischen Zustand**. Auf Grund der festgestellten Belastung durch Chlorid wird der GWK insgesamt als **gefährdeter Grundwasserkörper** eingestuft. Die hohen Chloridgehalte sind nicht nur für das Grundwasser problematisch sondern in zunehmendem Maße für die Trinkwasserversorgung der Region, die überwiegend aus Tiefbrunnen erfolgt, sowie für die Feldberegnung. Insbesondere für die Trinkwasserversorgung der Stadt Breisach sind Maßnahmen erforderlich, um den Chloridgehalt im Trinkwasser zu senken. Auch wenn kein weiterer Eintrag erfolgt, sind Maßnahmen für ein Monitoring sowie für die Vorhersage der weiteren Entwicklung erforderlich, um negativen Auswirkungen auf Grundwassernutzungen entgegenzutreten zu können. Im Hinblick auf die grenzüberschreitende Gefährdungsabschätzung und Bewirtschaftung des Grundwasservorkommens im weiteren Grundwasserabstrom nach Norden sind Prognoseberechnungen zur zukünftigen Verlagerung der Salzfahnen erforderlich.