



## **Merkblatt Nr. 1.4/6**

**Stand: 12/2023**

Ansprechpartner: Referat 94

# **Tiefengrundwasser – Vorkommen, Schutz und Bewirt- schaftung langsam regenerierender Grundwassersysteme**

### **Inhaltsverzeichnis**

|          |                                                                       |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>                                                     | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Geltungsbereich</b>                                                | <b>3</b>  |
| <b>3</b> | <b>Begriffsbestimmungen</b>                                           | <b>3</b>  |
| <b>4</b> | <b>Vorkommen</b>                                                      | <b>4</b>  |
| <b>5</b> | <b>Problemstellung</b>                                                | <b>5</b>  |
| <b>6</b> | <b>Bewirtschaftungsgrundsätze</b>                                     | <b>7</b>  |
| <b>7</b> | <b>Nutzungen</b>                                                      | <b>8</b>  |
| 7.1      | Öffentliche Wasserversorgung                                          | 8         |
| 7.2      | Eigenwasserversorgungsanlagen                                         | 10        |
| 7.3      | Sonstige hochwertige Nutzungen                                        | 11        |
| 7.4      | Notwasserversorgung                                                   | 11        |
| 7.5      | Andere Nutzungen                                                      | 12        |
| <b>8</b> | <b>Bewirtschaftung</b>                                                | <b>12</b> |
| 8.1      | Allgemein                                                             | 13        |
| 8.2      | Qualitative Beurteilungskriterien                                     | 14        |
| 8.3      | Quantitative Beurteilungskriterien                                    | 15        |
| 8.4      | Erkundung, Untersuchung und Überwachung                               | 16        |
| 8.5      | Errichtung, Ausbau und Betrieb von Brunnen und Grundwassermessstellen | 19        |
| 8.6      | Staatliche Messnetze                                                  | 20        |
| <b>9</b> | <b>Wasserwirtschaftliche Begutachtung</b>                             | <b>20</b> |
| 9.1      | Antragsunterlagen                                                     | 21        |
| 9.2      | Wasserrechtliche Aspekte                                              | 21        |

|           |                                                                                                                    |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>10</b> | <b>Besonderheiten einzelner Tiefengrundwasservorkommen</b>                                                         | <b>26</b> |
| <b>11</b> | <b>Literatur</b>                                                                                                   | <b>29</b> |
|           | <b>Anhang 1</b>                                                                                                    | <b>33</b> |
|           | <b>Systemvorstellungen, Merkmale und Kategorien von Tiefengrundwasservorkommen in Bayern</b>                       | <b>33</b> |
| <b>1</b>  | <b>Hydrogeologische Modellvorstellungen von Tiefengrundwassersystemen</b>                                          | <b>33</b> |
| 1.1       | System 1 – Grundwasserstockwerks-Modell                                                                            | 33        |
| 1.2       | System 2 – Grundwasserleiter-Modell                                                                                | 34        |
| 1.3       | System 3 – Grundwasserschichtungs-Modell                                                                           | 35        |
| 1.4       | Kombination der Systeme                                                                                            | 36        |
| <b>2</b>  | <b>Merkmale von Tiefengrundwasservorkommen</b>                                                                     | <b>37</b> |
| 2.1       | Einzugsgebiete von Tiefengrundwassererschließungen                                                                 | 37        |
| 2.2       | Grundwasserneubildung von Tiefengrundwasservorkommen                                                               | 39        |
| 2.3       | Entlastungszonen                                                                                                   | 41        |
| 2.4       | Natürliche Reinheit / Schutzfunktion der Überdeckung                                                               | 43        |
| 2.5       | Hydrochemie                                                                                                        | 44        |
| 2.6       | Bestimmung der Grundwasseraltersstruktur                                                                           | 45        |
| <b>3</b>  | <b>Tiefengrundwasserkategorien</b>                                                                                 | <b>46</b> |
|           | <b>Anhang 2</b>                                                                                                    | <b>48</b> |
|           | <b>Flussbild Bewertung von Versorgungsalternativen für Tiefengrundwasser bei der öffentlichen Wasserversorgung</b> | <b>48</b> |
|           | <b>Anhang 3</b>                                                                                                    | <b>49</b> |
|           | <b>Bedeutung von Tiefengrundwasservorkommen in Bayern</b>                                                          | <b>49</b> |

## 1 Einleitung

**Grundwasser in langsam regenerierenden Grundwassersystemen** – meist verkürzt und im vorliegenden Merkblatt weiter als **Tiefengrundwasser** – bezeichnet, ist in Bayern weit verbreitet. Unangetastet ist es oft Jahrhunderte bis Jahrtausende alt und von natürlicher Reinheit. Für die Sicherstellung der örtlichen Wasserversorgung und als Reserve hat es in einigen Regionen Bayerns große Bedeutung. Da es sehr empfindlich gegenüber Eingriffen ist, unterliegen sein Schutz und seine Bewirtschaftung besonderen Anforderungen.

Das Merkblatt geht nach einer Vorstellung der Bewirtschaftungsgrundsätze von Tiefengrundwasservorkommen zunächst auf Maßnahmen zu deren Schutz ein. Diese bauen auf drei vereinfachten Modellvorstellungen von Tiefengrundwassersystemen auf, anhand derer die wichtigsten Eigenschaften von Tiefengrundwasservorkommen beschrieben werden. Abschließend werden die Zulässigkeit von Nutzungen, Beurteilungskriterien, wasserrechtliche Aspekte und Grundsätze der wasserwirtschaftlichen Begutachtung von Tiefengrundwassernutzungen erläutert.

Das vorliegende Merkblatt ersetzt das Merkblatt Nr. 1.4/6 „Nutzung tiefer Grundwässer“ vom 28.06.1995.

## 2 Geltungsbereich

Die Vorgaben und Hinweise des Merkblatts dienen der wasserwirtschaftlichen Beurteilung von Tiefengrundwasserentnahmen bei wasserrechtlichen Neuzulassungen für bestehende Erschließungen nach Ablauf wasserrechtlicher Erlaubnisse sowie bei wasserrechtlichen Erstzulassungen zur Nutzung für die öffentliche Wasserversorgung oder für Zwecke, für die Wasser von besonderer Reinheit oder aus großer Tiefe erforderlich ist, z. B. zur Heilwasser- oder Mineralwassernutzung. Die balneomedizinischen oder geothermischen Thermalwassernutzungen werden im Merkblatt nur randlich thematisiert. Daneben werden auch Hinweise für die Beurteilung von anderen Eingriffen in das Tiefengrundwasser (v. a. Rohstoffabbau, Bohrungen) gegeben. Für die Bewertung zur geordneten Nutzung von tiefegeothermischen und balneomedizinischen Vorkommen ist dieses Merkblatt nicht zu verwenden.

Das Merkblatt richtet sich vor allem an die wasserwirtschaftlichen Fachbehörden und ist fachliche Grundlage sowie Rahmen für die gutachterliche Einzelfallentscheidung. In einem ersten Schritt ist eine grundlegende hydrogeologische Bewertung und Einordnung der Gewinnung hinsichtlich „Tiefengrundwasser“ vorzunehmen (Kap. 3 und 4, Anhang 1). Diese ist dem folgenden zweiten Schritt der wasserwirtschaftlichen Begutachtung (Kap. 9) zugrunde zu legen. Hierbei sind die im Merkblatt dargestellten und erläuterten wasserwirtschaftlichen Grundsätze (Kap. 6) auf die örtlichen Gegebenheiten zu beziehen sowie begründet auf die individuellen Verhältnisse des Einzelfalls anzupassen (Kap. 8).

Darüber hinaus richtet sich das Merkblatt aber auch an alle Fachleute in davon berührten Wasserversorgungsunternehmen und an Fachbüros, zur transparenten Darstellung der wasserwirtschaftlichen Begutachtung des amtlichen Sachverständigen, ergänzenden Erläuterung fachlicher Grundlagen und wasserwirtschaftlicher Grundsätze in Bayern.

## 3 Begriffsbestimmungen

Der Begriff „Tiefengrundwasser“ wird in der Praxis unterschiedlich weit gefasst und interpretiert. Da in der Fachliteratur keine allgemein anerkannte hydrogeologische Definition des Begriffs „Tiefengrundwasser“ eingeführt ist, besteht die Notwendigkeit eine fachliche Begriffsbestimmung vorzunehmen. Auch die VVWas verweist in Ziff. 2.5.2.2 auf die Tiefengrundwasser-Definition dieses Merkblattes als Grundlage für die wasserwirtschaftliche Begutachtung in Bayern.

Für das Tiefengrundwasser ist die absolute Tiefenlage eines Grundwasservorkommens kein ausreichend bestimmendes Kriterium. Dennoch wird am eingeführten Begriff „Tiefengrundwasser“ weiterhin

festgehalten, da dieser in Wissenschaft, Politik und allgemeinem Sprachgebrauch grundsätzlich mit besonders sensiblen und tendenziell eher tiefliegenden Grundwasservorkommen verbunden ist, bei welchen besondere Bewirtschaftungskriterien anzuwenden sind.

Modellhaft können drei Tiefengrundwassersysteme unterschieden werden, die in Anhang 1, Kap. 1 detailliert erläutert werden. Auf dieser Basis wird für Tiefengrundwasser im Sinne des Merkblatts nachfolgende **Definition** vorgenommen:

**Tiefengrundwasser liegt vor, wenn das Grundwasser natürlicherweise nur langsam am aktuellen Wasserkreislauf teilnimmt, aufgrund**

- **einer mächtigen, weiträumigen Überdeckung durch eine gering durchlässige Schicht** oder
- **einer in der Tiefe geringeren Durchlässigkeit durch einen signifikanten Wechsel innerhalb eines Grundwasserstockwerks** oder
- **einer großen Mächtigkeit des Grundwasserstockwerks.**

Der Begriff „**Tiefengrundwasser**“ ist synonym mit „**Grundwasser aus langsam regenerierenden Grundwassersystem**“ bzw. „**langsam regenerierendes Grundwasser**“ zu verwenden. Tiefengrundwasser ist also nicht (nur) durch die Tiefe, sondern durch die obigen Kriterien sowie das „Alter“ bzw. die Grundwasseraltersstruktur gekennzeichnet (siehe Anhang 1, Kap. 2.6). Aufgrund dieser Schlüsselmerkmale ergibt sich eine vergleichsweise geringe Neubildung von Tiefengrundwasser. Die Grundwasserneubildung im Sinne der DIN 4049-3 (Zugang von infiltriertem Wasser zum Grundwasser) erfasst nur einen Teil der Prozesse, die zur Regeneration eines Tiefengrundwasservorkommens beitragen. Daher wird im Merkblatt die Bilanzgröße **Tiefengrundwasserneubildung** eingeführt (siehe Anhang 1, Kap. 2.2).

Der fachliche Gegensatz zu Tiefengrundwasser oder „langsam regenerierenden Grundwassersystem“ ist das meist als „**oberflächennahes Grundwasser**“ bezeichnete „**Grundwasser aus schnell regenerierendem Grundwassersystem**“ bzw. das „**schnell regenerierende Grundwasser**“. Es nimmt mit kurzen Umsatzzeiten am aktuellen Wasserkreislauf teil und ist durch eine vergleichsweise hohe Grundwasserneubildung charakterisiert. Der umgangssprachliche Begriff „oberflächennahes Grundwasser“ verdeckt allerdings die Tatsache, dass auch hier die absolute Tiefenlage nicht hinreichend bestimmend ist. Da dieser Begriff jedoch sehr gebräuchlich ist, kann er auch weiter Verwendung finden.

Hydrogeologisch oder nutzungsbedingt sind oftmals Mischungen zwischen Tiefengrundwasser und oberflächennahem Grundwasser vorhanden. Die Einstufung von Wassergewinnungen hinsichtlich Tiefengrundwasser oder Tiefengrundwasser-Mischwasser ist eine komplexe hydrogeologische Aufgabe. In wasserrechtlichen Verfahren zur Grundwasserentnahme ist der amtliche Sachverständige für eine abschließende fachliche Prüfung und Bewertung verantwortlich, da dieser über ein umfassendes hydrogeologisches Wissen der Region verfügt.

Unabhängig von der fachlichen **hydrogeologischen Bewertung** (Tiefengrundwassersystem) kann je nach wasserwirtschaftlicher Fragestellung (z. B. Entnahme oder Monitoring) und Situation vor Ort im Rahmen der **wasserwirtschaftlichen Begutachtung** der spezifische Tiefengrundwasseranteil von unterschiedlicher Relevanz sein (s. Kap. 9.2).

## 4 Vorkommen

Grundsätzlich sind Tiefengrundwässer in ganz Bayern in unterschiedlichsten hydrogeologischen Einheiten verbreitet. Sie weisen im Hinblick auf hydrogeologische Verhältnisse und Vulnerabilität deutliche Un-

terschiede auf, je nach Zuordnung zu den drei verschiedenen Tiefengrundwassersystemen (siehe Anhang 1). Dies ist bei der wasserwirtschaftlichen einzelfallbezogenen Begutachtung zu berücksichtigen (Kap. 8 und 9).

Nicht alle Tiefengrundwasservorkommen werden in gleicher Intensität wasserwirtschaftlich genutzt. Auch liegen unterschiedliche hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Kenntnisstände vor. In Anhang 3 sind die wichtigsten, zusammenhängenden Tiefengrundwasservorkommen in einer Übersichtskarte dargestellt. Dabei handelt es sich um Bereiche im **Zechstein, Keuper (Benker Sandstein, überdeckter Sandsteinkeuper), Jura (Dogger, Malm) und Tertiär (Vorlandmolasse)**. Darüber hinaus sind aber örtliche Tiefengrundwasservorkommen aus Grundwassererschließungen unter anderem im Bereich des Muschelkalks, des Bruchschollenlands, der Alpen, des Bayerischen und Oberpfälzer Walds bekannt.

Für die wasserwirtschaftliche Beurteilung ist es wichtig zu unterscheiden, ob es sich bei einem erschlossenen Grundwasser um Tiefengrundwasser, Tiefengrundwasser-Mischwasser oder kein Tiefengrundwasser (d. h. oberflächennahes Grundwasser mit kurzen Umsatzzeiten) handelt. Eine entsprechende hydrogeologische Kategorisierung von Brunnen, Quellen und Grundwassermessstellen wird in den verwaltungsinternen Fachanwendungen Gewässeratlas Bayern (GWA) / Bodeninformationssystem Bayern (BIS) und dem Fachanwendungspaket Grundwasser (FAP GW) des Informationssystems Wasser (INFO-Was) im Attribut „Tiefengrundwassereinstufung“ vorgenommen. Die Vorgehensweise bei der Kategorisierung ist in Anhang 1, Kap. 3 näher erläutert.

## 5 Problemstellung

### Entnahme von Tiefengrundwasser

Bei der Entnahme von Tiefengrundwasser kommt es häufig bei der Änderung der hydraulischen Randbedingungen zur Aktivierung einer Zusickerung und/oder Zuflusses von oberflächennahem bzw. schnell regenerierendem Grundwasser, wenn

- bei nach unten, auf das Tiefengrundwasser gerichtetem hydraulischen Gefälle dieses zunimmt und damit die Zusickerungsrate von oberflächennahem Grundwasser steigt,
- bei nach oben, auf das oberflächennahe Grundwasser gerichtetem hydraulischen Gefälle es zu einer „Druckumkehr“ kommt und damit die Zusickerung von oberflächennahem Grundwasser in Gang gesetzt wird,
- bei einheitlichem hydraulischem Potenzial die Regeneration in den tieferen Teilen des Grundwasserleiters beschleunigt wird.

Dies wirkt sich sehr häufig nachteilig auf die Beschaffenheit des Tiefengrundwassers aus.

Die Beurteilung der Auswirkungen von Tiefengrundwasserentnahmen stellt eine besondere Schwierigkeit dar. Dies resultiert aus den, im Vergleich zu schnell regenerierenden Grundwassersystemen wesentlich komplexeren hydrogeologischen Randbedingungen. Die wasserwirtschaftliche Praxis zeigt dabei, dass eine nachhaltige Bewirtschaftung von Tiefengrundwasservorkommen nach bisherigen, allgemein bei Grundwasserentnahmen angewendeten wasserwirtschaftlichen Maßstäben in Bayern, grundsätzlich nicht ohne Weiteres gegeben ist. Liegen unter Würdigung der individuellen hydrogeologischen und wasserwirtschaftlichen Verhältnisse vor Ort die besonderen und zweckgebundenen Anforderungen für die Gewinnung von Tiefengrundwasser vor, besteht das Erfordernis, für diese Entnahmen einzelfallbezogene Randbedingungen für eine wasserwirtschaftlich vertretbare und möglichst schonende Nutzung festzulegen.

Die Veränderung der ursprünglichen Druck- und Strömungsverhältnisse durch Entnahmen aus einem Tiefengrundwassersystem kann unter Umständen sehr weitreichend sein. Während sich quantitative

Veränderungen (Speicherentleerung) durch entsprechend absinkende Grundwasserstände oder Grundwasserpotenziale eher einstellen, sind qualitative Veränderungen aufgrund der typischerweise langen Umsatzzeiträume im Zuge der Tiefengrundwasserneubildung in der Regel erst stark verzögert zu erkennen. Ebenso ist die Verringerung einer Schadstoffbelastung in einem genutzten Tiefengrundwasserkörper durch emissionsbezogene Sanierungsbemühungen in darüber liegenden, schnell regenerierenden Grundwasserleitern – wenn überhaupt – erst nach sehr langen Zeiträumen möglich und feststellbar. Somit besteht bei Tiefengrundwasservorkommen ein besonderes Risiko von langfristigen und irreversiblen nachteiligen Veränderungen. Dem Vorsorgegrundsatz beim Tiefengrundwasserschutz ist deshalb eine herausragende Bedeutung beizumessen.

Tiefengrundwasservorkommen weisen im unangetasteten Zustand besondere Eigenschaften wie anthropogene Schadstofffreiheit oder -armut auf, die sie für eine wasserwirtschaftliche Nutzung begehrllich machen. Besonders in Gebieten, in denen ein durch Brunnen genutztes oberflächennahes Grundwasservorkommen durch diffuse Stoffeinträge belastet ist, wurde in der Vergangenheit oft die sog. „Flucht in die Tiefe“ angetreten. Dies bedeutet, dass durch Vertiefung von Brunnen eine Erschließung des zunächst unbelasteten Tiefengrundwassers einer weiteren Nutzung des belasteten und zu sanierenden oberflächennahen Grundwasservorkommens vorgezogen wurde. Gründe dafür lagen vor allem in der Hoffnung, eine vorübergehende Aufbereitung des belasteten Grundwassers z. B. im Hinblick auf Nitrat und Pflanzenschutzmittel zu vermeiden und auf eine erforderliche Sanierung des schützbaeren oberflächennahen Grundwassers verzichten zu können. Außerdem bestand teilweise die Hoffnung, bei den vermeintlich gut geschützten Tiefengrundwasservorkommen mit kleineren und konfliktärmeren Wasserschutzgebieten auskommen zu können.

Neben diesem vertikalen Ausweichen kam es teilweise auch zu einem lateralen Ausweichen von vorhandenen, belasteten Trinkwassergewinnungen in benachbarte, bisher nicht belastete Bereiche des gleichen Tiefengrundwasserleiters.

Als Folge derartiger Maßnahmen übertragen und verbreiten sich vorhandene Belastungen im oberflächennahen Grundwasser – oft erst nach Jahrzehnten – auch in das Tiefengrundwasservorkommen. In manchen Fällen musste daher wenige Jahre später doch eine Wasseraufbereitung – nun des Tiefengrundwassers (!) (z. B. hinsichtlich Pflanzenschutzmittel) – erfolgen.

Neben rein qualitativen Problemen können durch Übernutzung der Tiefengrundwasservorkommen auch quantitative Probleme entstehen, wenn z. B. die Grundwasserspiegel langfristig fallen. Durch die in den Jahren nach 2003 überwiegend unterdurchschnittliche Grundwasserneubildung in Bayern infolge des Klimawandels kommen zusätzliche kontinuierliche Grundwasserabsenkungen hinzu, die in vielen Tiefengrundwasservorkommen zu neuen Niedrig- und Niedrigstwerten der Grundwasserstände geführt haben (siehe. [Wasserstände Tiefengrundwasser - Niedrigwasser-Informationsdienst Bayern](#)).

Der Nutzungsdruck auf die Tiefengrundwasservorkommen erfolgt nicht nur durch die Entnahmen für Trinkwasserzwecke der öffentlichen Wasserversorgung, sondern auch für diverse Wasserentnahmen der nicht öffentlichen Wasserversorgung (Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft). Hier sind in der Vergangenheit bereits verstärkte Anstrengungen unternommen worden, um derartige Nutzungen grundsätzlich auf die Fälle zu reduzieren, für die die besonderen Eigenschaften des Tiefengrundwassers notwendig sind. Aufgrund des Klimawandels müssen aber weitere Anstrengungen unternommen werden, um die Ressource Tiefengrundwasser für die öffentliche Wasserversorgung zu sichern, wo keine Alternative besteht. Darüber hinaus sind Reserven vorzuhalten, wenn durch eine rückläufige Grundwasserneubildung insgesamt weniger Grundwasser zur Deckung des Wasserbedarfs der öffentlichen Wasserversorgung zur Verfügung steht. Eine wasserrechtliche Gestattung für über die öffentliche Wasserversorgung hinausgehende Tiefengrundwassernutzungen ist nur nach besonders strengen Kriterien (Kap. 6 und 7) möglich.

### **Andere Eingriffe in das Tiefengrundwasser**

Wird im Rahmen der Rohstoffgewinnung oder bei anderen Bodeneingriffen Tiefengrundwasser aufgedeckt, sind nachteilige Auswirkungen die unmittelbare Folge. Durch das Entfernen der schützenden Deckschichten und die Verbindung zur Oberfläche verliert das langsam regenerierende Grundwasser das Merkmal der natürlichen Reinheit. Wird eine Verbindung zwischen einem oberflächennahen Grundwasserleiter und einem Tiefengrundwasserleiter hergestellt, kommt es zu einer Vermischung, so dass dort vorhandene Belastungen unmittelbar in das Tiefengrundwasser gelangen können.

Auch bei Bohrungen kann Tiefengrundwasser z. B. durch fehlerhafte Abdichtungen oder das Einbringen von Bohrspülungen in seiner Beschaffenheit nachteilig verändert werden.

## **6 Bewirtschaftungsgrundsätze**

Die hier dargelegten Bewirtschaftungsgrundsätze leiten sich aus den zu beachtenden politischen (Landtagsbeschluss) und rechtlichen (Landesentwicklungsprogramm Bayern, LEP Bayern und Verwaltungsvorschrift zum Vollzug des Wasserrechts, VVWas) Grundlagen ab und bilden den Rahmen für die wasserwirtschaftlichen Konkretisierungen in diesem Merkblatt.

Die Grundsätze der Tiefengrundwassernutzung sind bereits in einem Landtagsbeschluss vom 01.07.1994 (Drucksache. 12/16495) formuliert, wonach bei neuen Entnahmegenehmigungen darauf hinzuwirken ist, dass Grundwasser vor allem aus den tieferen Stockwerken nur bei unabdingbarer Notwendigkeit genutzt wird, damit diese Ressource langfristig erhalten und nutzbar bleibt.

Hierauf aufbauend ist in Ziff. 7.2.2 des geltenden Landesentwicklungsprogramms (LEP) Bayern der Grundsatz verankert, dass Tiefengrundwasser besonders zu schonen ist. Eine Nutzung soll nur im zwingend notwendigen Umfang erfolgen und solchen Zwecken vorbehalten sein, welche die speziellen Eigenschaften des Tiefengrundwassers erfordern (z. B. Heilwasser, Mineralwasser, Thermalwasser). Für die Trinkwasserversorgung soll Tiefengrundwasser nur genutzt werden, wenn keine andere Versorgungsalternative vorhanden ist. Eine sparsame Verwendung ist bei allen Nutzungen immer Voraussetzung.

Die Ziff. 7.2.2 LEP i. V. m. Ziff. 7.2.3 und 2.1.1.8 VVWas steht stets im Kontext mit dem Vorrang der öffentlichen Wasserversorgung bei Grundwassernutzungen als Aufgabe der Daseinsvorsorge und hervor gehobene Pflichtaufgabe der Gemeinden. Die genannten sonstigen auf Tiefengrundwassernutzungen angewiesenen Zwecke stehen – soweit diese zwingend auf Tiefengrundwasser zugreifen müssen – daher nachrangig zur öffentlichen Wasserversorgung.

In der geltenden VVWas werden zu den in § 6 WHG genannten Grundsätzen einer nachhaltigen Gewässerbewirtschaftung für Tiefengrundwasser konkretisierende Festlegungen getroffen. Damit die natürliche Beschaffenheit des Tiefengrundwassers erhalten bleibt, kann es nur sehr eingeschränkt nachhaltig genutzt werden. Vor diesem Hintergrund sind Entnahmen von Tiefengrundwasser für die öffentliche Wasserversorgung auf Dauer nur in den Fällen wasserwirtschaftlich vertretbar, wenn keine anderen zumutbaren Versorgungsalternativen bestehen. Ebenso kann eine Nutzung für andere hochwertige Zwecke wasserwirtschaftlich vertretbar sein, wenn für die Nutzung Wasser von besonderer Reinheit oder aus großer Tiefe erforderlich ist (z. B. Heilwasser- oder Mineralwassernutzung). Dies bedeutet, dass es sich um natürlich reines Wasser handeln muss, das nicht durch Inanspruchnahme von aufbereitetem oder erwärmtem Wasser ersetzt werden darf.

Unabhängig von der direkten bzw. unmittelbaren Nutzung von Tiefengrundwasser ist zu beachten, dass schon bei erheblicher Schwächung der Schutzfunktion der Deckschichten über dem Tiefengrundwasser die Möglichkeit einer schädlichen Gewässerveränderung zu besorgen ist, die das Wohl der Allgemeinheit gefährdet.

Aus den o. g. Grundsätzen leitet sich auch der im Merkblatt verwendete Begriff „Schonungsgebot“ ab. Zur Schonung von Tiefengrundwasser sind bereits genutzte, aber belastete Grundwasservorkommen nicht aufzugeben, sondern – soweit wirtschaftlich zumutbar – zu sanieren. Dabei ist nicht ausschließlich oder vorrangig der Nutzer aufgefordert, Sanierungsmaßnahmen zu ergreifen. Vielmehr dienen die staatlichen Anstrengungen, den guten Zustand zu erreichen (z. B. Maßnahmenprogramme der WRRL, Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie, Sanierung von Altlasten) zu den vorrangigen Maßnahmen dieser „Sanierung“. Öffentliche und private Wasserversorgungsunternehmen können dies z. B. durch freiwillige Kooperationsvereinbarungen unterstützen.

Weitere Grundsätze können auch aus den Bewirtschaftungszielen nach § 47 WHG (Verschlechterungsverbot) sowie § 48 WHG (Besorgnis einer nachteiligen Veränderung) abgeleitet werden, wozu dieses Merkblatt fachliche Hinweise gibt (Kap. 9).

## 7 Nutzungen

### 7.1 Öffentliche Wasserversorgung

Tiefengrundwasser kann bei unabdingbarer Notwendigkeit für die öffentliche Wasserversorgung genutzt werden. Der Nachweis muss über eine detaillierte Bewertung der Versorgungsalternativen unter Anwendung objektiver Kriterien erfolgen. Er ist immer bei wasserrechtlichen Neuzulassungen für bestehende Erschließungen (i. d. R. bei Ablauf wasserrechtlicher Gestattungen) sowie für Neuerschließungen (wasserrechtliche Erstzulassung) als Bestandteil der Antragsunterlagen durchzuführen.

Der Umfang der darzustellenden Versorgungsalternativen ist vom Einzelfall abhängig. Dieser kann z. B. vom wasserwirtschaftlichen und hydrogeologischen Kenntnisstand des Gewinnungsgebietes und dessen Umfeld oder von der Aktualität von ggf. bereits erfolgten Bewertungen abhängen. Es ist zu empfehlen, Art und Umfang der Bewertung der Versorgungsalternativen mit der zuständigen Fachbehörde und der Kreisverwaltungsbehörde abzustimmen.

#### Bewertung der Versorgungsalternativen

Die Bewertung der Versorgungsalternativen muss ausführliche und nachvollziehbare fachliche und wirtschaftliche Bewertungen enthalten, die zunächst eine eigene fachliche wasserwirtschaftliche Beurteilung (z. B. Dargebot, Versorgungssicherheit) durch den amtlichen Sachverständigen und im Weiteren die Abwägung unter Berücksichtigung aller übrigen relevanten Belange (z. B. wirtschaftliche Belange des Antragstellers) durch die Kreisverwaltungsbehörde ermöglicht.

Die Darstellung, Erläuterung und Bewertung der Versorgungsalternativen erfolgt durch den Antragsteller bzw. i. d. R. durch das von ihm beauftragte Fachbüro. Der grundsätzliche Ablauf der Bewertung ist in einem Ablaufschema in Anhang 2 dargestellt und wird im Folgenden näher beschrieben.

Es ist zunächst zu prüfen, ob oberflächennahes Grundwasser in schützbarer Lage – ggf. auch in Teilmengen – oder ortsnah vorhandenes, gesichert gewinnbares Uferfiltrat für eine Wasserversorgung zur Verfügung steht. Ist dies der Fall, ist zunächst zu prüfen, ob die Menge für eine Vollversorgung ausreicht. Falls ja, ist die Versorgung auf oberflächennahes Grundwasser umzustellen. Sind hier anthropogene qualitative Beeinträchtigungen (z. B. Nitrat, PSM) vorhanden und sind umzusetzende Maßnahmen im Hinblick auf das erschlossene Grundwasser zur Einhaltung der Trinkwasserverordnung erfolgversprechend, nehmen aber längere Zeit in Anspruch, kann eine gewisse Tiefengrundwassernutzung für eine Übergangszeit bis zur erfolgreichen Sanierung des Grundwassers befristet zugelassen werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die übergangsweise Tiefengrundwasserentnahme unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit vertretbar ist. Sie darf nicht dazu führen, die Beschaffenheit des Tiefengrundwassers

schon während dieser befristeten Entnahme wesentlich zu verschlechtern. Die Entnahme von Tiefengrundwasser ist hierbei auf ein Mindestmaß zu reduzieren (ggf. Mischung mit belastetem oberflächennahem Grundwasser).

Reicht vorhandenes oberflächennahes schützbare Grundwasser oder gesichert gewinnbares Uferfiltrat nicht für eine Vollversorgung aus, ist zunächst zu prüfen, ob der Wasserbedarf durch eine Kombination mit zusätzlichen Fremdbezug oder - falls nicht - durch vollständigen Fremdbezug gesichert werden kann.

Ist dies nicht möglich, ist zu klären, ob die Kombination einer Versorgung aus oberflächennahem schützbarem Grundwasser und Tiefengrundwasser oder – wenn auch dies ausscheidet – von Fremdbezug und Tiefengrundwasser umsetzbar ist.

Für einen vollständigen oder teilweisen Fremdbezug gilt, dass dieser mit vertretbarem Aufwand möglich sein soll (kein aufwändiger Leitungsbau für ein einzelnes Versorgungsgebiet).

Erst wenn auch die vorgenannten Kombinationslösungen ausscheiden, kann das Tiefengrundwasser zur Vollversorgung genutzt werden, ggf. mit Einschränkungen (s. u., Abschnitt „Schonungsgebot – Handlungsoptionen und Optimierungsmöglichkeiten“).

Insbesondere bei Neuerschließungen von Einzel-Trinkwasserversorgungsanlagen, bei denen in der Regel umfangreichen Vorerkundungen ausscheiden, soll versucht werden, zunächst oberflächennahes Grundwasser zu erschließen, dieses auch bei geringer Ergiebigkeit zu nutzen, und nur zur Deckung des Fehlbedarfs einen weiteren Brunnen im obersten Teil des Tiefengrundwasserleiters zuzulassen.

### **Schonungsgebot – Handlungsoptionen und Optimierungsmöglichkeiten**

Wird nach eingehender vertiefter Bewertung der Versorgungsalternativen nachgewiesen, dass ein Weiterbetrieb (Bestandsanlage) oder eine Neuerschließung trotz vorhandener oder zu besorgender nachteiliger Veränderung der natürlichen Tiefengrundwasserbeschaffenheit unabdingbar ist, gilt das Gebot einer besonders sparsamen und schonenden Nutzung (Schonungsgebot). Die Bewertung der Versorgungsalternativen soll regelmäßig wiederholt werden, mindestens bei jeder Antragstellung auf Entnahme von Tiefengrundwasser. Damit die Kreisverwaltungsbehörden zur Umsetzung dieses Schonungsgebotes einzelfallbezogene Auflagen und Nebenbestimmungen im Entnahmebescheid regeln können, sind fachlich begründete und für Laien verständliche Anforderungen in der Prüfung bzw. Beurteilung des amtlichen Sachverständigen aufzunehmen, dass eine weitere qualitative und / oder quantitative Verschlechterung verhindert und eine Stabilisierung sowie nach Möglichkeit eine Trendumkehr eingeleitet werden kann.

Die Möglichkeiten der Umsetzung des Schonungsgebots sind immer von den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Folgende Handlungsoptionen und Optimierungsmöglichkeiten sind denkbar (nicht abschließend):

- Reduzierung der Wasserverluste im Leitungssystem unter Beachtung der allgemein anerkannten Regeln der Technik, insbesondere DVGW Arbeitsblätter W 392 und W 400-3.
- Wassersparmaßnahmen bei den Abnehmern, Nutzung von Regenwasser für die Gartenbewässerung und von Grauwasser für Zwecke, für die keine Trinkwasserqualität erforderlich ist. Im Bereich des Haushalts kann z. B. Wasser für die Toilettenspülung durch Nicht-Trinkwasser, z. B. Regenwasser, ersetzt werden.
- Die Abgabe an Industrie, Großgewerbe und Landwirtschaft soll bei Neuanlagen unterbleiben. Bei bestehenden Zulassungen ist sie zu reduzieren oder einzustellen.
- Bei Fehlen einer Versorgungspflicht im kommunalen Bereich könnten Großabnehmer auf Eigenversorgungen verwiesen werden, sofern keine Trinkwasserqualität erforderlich ist.

- Anpassung des Wasserverteilungs- und speichersystems (z. B. Teilversorgung von Ortsteilen durch benachbarte Wasserversorgungsanlagen).
- Verringerung der hydraulischen Belastung einzelner Brunnen durch regelmäßige Regenerierung und durch gleichmäßige Verteilung der Entnahmen auf mehrere Brunnen.
- Sanierung von Brunnen bzw. Anpassung an die allgemein anerkannten Regeln der Technik (a. a. R. d. T.), z. B. Rückbau stockwerksübergreifender Erschließungen bzw. Mischverfilterungen hydraulisch und/oder hydrochemisch unterschiedlicher Grundwasserleiter.
- Erschließung nur im obersten Teil des Tiefengrundwasserleiters.

### Zweites Standbein

Wird auf Grundlage der Bewertung der Versorgungsalternativen das Tiefengrundwasser nicht mehr oder nur noch teilweise zur Wasserversorgung genutzt, soll stets die Verwendung als zweites Standbein bzw. Notfall-Reserve geprüft und die Tiefengrundwassererschließung nach Möglichkeit erhalten bleiben, mit auf das zwingende Maß minimierter Entnahme im Normalbetrieb zur Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft. Hierdurch kann die Versorgungssicherheit und Resilienz der öffentlichen Wasserversorgung gestärkt werden. Wenn das darüber liegende oberflächennahe Grundwasser genutzt wird, deckt das dafür erforderliche Wasserschutzgebiet wahrscheinlich in den meisten Fällen auch gleichzeitig die zu schützenden Flächen für die Tiefengrundwassergewinnung ab. Wo dies nicht der Fall ist, muss auch für die Tiefengrundwassergewinnung ein nach den a. a. R. d. T. (gem. § 51 Abs. 2 WHG) bemessenes WSG mit einer entsprechend angepassten Verordnung ausgewiesen werden. Soll ohnehin ein Teil des Bedarfs weiter aus dem Tiefengrundwasser gedeckt werden, könnte in vielen Fällen die Tiefengrundwassergewinnung bei Ausfall des Wasserbezugs aus oberflächennahem Grundwasser eine vorübergehende Vollversorgung gewährleisten. Hierfür wären Angaben zu differenzierten Höchstmengen und konkreten Betriebsplänen den Kreisverwaltungsbehörden (KVB) zur Verfügung zu stellen und fachlich nachvollziehbar zu begründen, damit diese ggfs. im Rahmen der wasserrechtlichen Gestattungen entsprechende Inhalts- und Nebenbestimmungen festlegen können.

### Wasserschutzgebiete

Die Abgrenzung von Wasserschutzgebieten für Anlagen zur Gewinnung von Trinkwasser erfolgt grundsätzlich nach dem LfU-Merkblatt Nr. 1.2/7. Demnach kann bei Grundwasservorkommen, für die ein hohes Alter (mind. mehrere Jahrzehnte) nachgewiesen ist, von geringer Schutzbedürftigkeit ausgegangen werden. Für diese Wasserfassungen ist lediglich ein minimales Wasserschutzgebiet erforderlich.

Allerdings sind bei Tiefengrundwasservorkommen des Systems 3 („Grundwasserschichtungs-Modell“) und dessen Kombination mit anderen Systemen (Anhang 1, Kap. 1), abweichende Verhältnisse möglich. Die Schutzbedürftigkeit ist hier als hoch einzustufen, da jüngeres Grundwasser und damit Stoffeinträge bei einer entnahmebedingten hydraulischen Belastung des Systems vergleichsweise schnell in das Tiefengrundwasservorkommen gelangen können. Dadurch wird auch die natürliche Beschaffenheit des Tiefengrundwassers stark verändert und anthropogen überprägt, bis hin zu Überschreitungen von Grenzwerten der Trinkwasserverordnung. In diesen Fällen kann das Wasserschutzgebiet erforderlichenfalls auf das gesamte Einzugsgebiet ausgedehnt werden. Die fachlichen Erfordernisse sind umfassend schriftlich in den Antragsunterlagen darzulegen und der KVB zur Verfügung zu stellen. Die Entscheidung obliegt der KVB.

## 7.2 Eigenwasserversorgungsanlagen

Für die Eigenwasserversorgung für Trinkwasserzwecke soll die Entnahme von Tiefengrundwasser nur im absoluten Ausnahmefall zugelassen werden. An die auch hier durchzuführende Bewertung von Versorgungsalternativen ist ein besonders strenger Maßstab anzulegen. Der Anschluss an die öffentliche Wasserversorgung ist grundsätzlich anzustreben. Sollte dies im Einzelfall unverhältnismäßig sein (abschließende Abwägung durch die Rechtsbehörde), ergibt sich aufgrund der in der Regel nur geringen

benötigten Entnahmemengen meist die Möglichkeit nur gering erziehbige oberflächennahe Grundwasserleiter zu nutzen. Bei der Betrachtung von Versorgungsalternativen ist auch der hohe Betriebs- und Unterhaltungsaufwand für einen sachgerechten und regelkonformen Brunnen im Tiefengrundwasser zu beachten.

### 7.3 Sonstige hochwertige Nutzungen

Für die Gewinnung von z. B. amtlich anerkannten Mineralwasser, Wasser aus einer staatlich anerkannten Heilquelle oder amtlich zugelassenen Heilwasser bestehen bestimmte zwingende rechtliche Vorgaben, die in der Regel objektiv nur von Tiefengrundwasser erfüllt werden. Für diese hochwertigen Nutzungen ist eine nachhaltige Gewinnung von Tiefengrundwasser grundsätzlich zulässig, soweit die allgemeinen Grundsätze der Gewässerbewirtschaftung (§ 6 WHG), der Besorgnisgrundsatz (§ 48 WHG), das Verschlechterungsverbot (§ 47 WHG) sowie die landesrechtlichen Konkretisierungen hierzu (bspw. VVWas und LEP Bayern) wie der Vorrang der öffentlichen Wasserversorgung und die fachlichen Konkretisierungen dieses Merkblattes berücksichtigt werden.

Eine Nutzung von Tiefengrundwasser kann grundsätzlich als hochwertiger Zweck begutachtet werden, wenn aufgrund bestimmter rechtlicher Vorgaben (z. B. MinTafVV) das Erfordernis besteht, dass das Tiefengrundwasser nicht durch Wasser anderer Herkunft – ggf. i. V. m. einer gezielten Aufbereitung – ersetzt werden kann. Eine Aufbereitung von für hochwertige Zwecke gewonnenem Tiefengrundwasser, um z. B. eine bestimmte Beschaffenheit für die Weiterverarbeitung zu erhalten, ist aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht zulässig. Hierdurch entfällt die Voraussetzung für die Anerkennung eines hochwertigen Zwecks. Ausnahmen können einfache Aufbereitungen mit naturnahen Verfahren darstellen (z. B. Enteisenung, Entmanganung, Entsäuerung, Belüftung).

Vor dem Hintergrund des Klimawandels ist verstärkt auf die Vorhaltung von Trinkwasserreserven zu achten, insbesondere aufgrund eines anhaltenden Rückgangs der Grundwasserneubildung. Eine wasserrechtliche Gestattung für über die öffentliche Wasserversorgung hinausgehende sonstige hochwertige Tiefengrundwassernutzungen ist nur nach besonders strengen Beurteilungskriterien möglich.

Auch im Falle zulässiger Entnahmen sind an den Nachweis der gebotenen, besonders sparsamen und schonenden Nutzung (Schonungsgebot) hohe Anforderungen zu stellen. Eine betriebsinterne Differenzierung der Verwendung des Tiefengrundwassers im Rahmen des Bedarfsnachweises ist zu präzisieren und darzulegen. Eine Verwendung zu Spül- und Reinigungszwecken ist beispielsweise grundsätzlich nicht zulässig, da hierfür die Verwendung von Wasser mit Trinkwasserqualität ausreichend ist.

Wenn bergrechtlich betriebsplanpflichtige Tiefbohrungen für Förder- und Schluckbrunnen bei geothermischen Thermalwassernutzungen über eine zuverlässige Abdichtung gegen oberflächennahe Grundwasservorkommen oder andere z. B. zur Wasserversorgung genutzten Tiefengrundwasservorkommen verfügen und beim Betrieb grundsätzlich keine chemischen Zusätze verwendet werden, ist eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit und des mengenmäßigen Zustands des Tiefengrundwassers nicht zu besorgen.

### 7.4 Notwasserversorgung

Unabhängig vom Vorhandensein von gewinnbarem schnell regenerierbarem Grundwasser kann Tiefengrundwasser für die Notwasserversorgung nach Wassersicherungsgesetz (WasSiG) genutzt werden, da gerade in Krisensituationen optimal geschütztes Grundwasser von besonderer Bedeutung und die Verwendung nur vorübergehend ist. Voraussetzung hierfür ist ein den technischen und wasserwirtschaftlichen Vorgaben (a. a. R. d. T.) entsprechender Brunnenausbau und dessen regelmäßiger Überprüfung und Unterhalt gem. den a. a. R. d. T.

## 7.5 Andere Nutzungen

Die Entnahme von Tiefengrundwasser für andere, als die unter Kap. 7.1 bis 7.4 genannten Zwecke, ist grundsätzlich nicht vertretbar.

Für **Wasserentnahmen der nicht öffentlichen Wasserversorgung**, die aber Trinkwasserqualität erfordern (z. B. Lebensmittel- und Getränkeherstellung) oder bestimmte Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit stellen (z. B. Prozesswasser für besondere technische Verfahren), ist grundsätzlich Oberflächenwasser, Uferfiltrat oder oberflächennahes Grundwasser zu nutzen, welches ggf. durch entsprechende technische Maßnahmen aufzubereiten ist, um die qualitativen Anforderungen zu erreichen.

Wenn im Einzelfall begründet wird, dass für einen Betrieb zur Lebensmittel- und Getränkeherstellung keine Versorgungsalternative zur Tiefengrundwassergewinnung besteht (s. Kap. 7.1) und sie nachhaltig erfolgt, kann unter Beachtung des Vorrangs der öffentlichen Wasserversorgung sowie des Schonungsgebotes eine Nutzung von Tiefengrundwasser wasserwirtschaftlich vertretbar sein. Unabhängig davon obliegt das Bewirtschaftungsermessen der Kreisverwaltungsbehörde.

Für bestehende Tiefengrundwassergewinnungen kann übergangsweise eine befristete Nutzung während einer Sanierung des oberflächennahen Grundwassers unter den Maßgaben in Kap. 7.1 im Einzelfall wasserwirtschaftlich vertretbar sein.

**Bohrungen** in das Tiefengrundwasser sind grundsätzlich zu vermeiden. Sind sie im Ausnahmefall erforderlich (z. B. Errichtung von Brunnen und Grundwassermessstellen, Bohrungen zu Gewinnung von tiefer Geothermie oder von Kohlenwasserstoffen) sind zumeist besondere Anforderungen an die Ausführung und Abdichtung zu stellen. Bei Bohrungen zu Gewinnung von tiefer Geothermie oder von Kohlenwasserstoffen sind dies grundsätzlich die Regelbauweisen.

**Grundwasserwärmepumpen** zur Nutzung von oberflächennaher Geothermie erschließen in der Regel oberflächennahes Grundwasser bzw. Grundwasser mit kurzen Umsatzzeiten. Eine Nutzung von Tiefengrundwasser ist grundsätzlich nicht zulässig, stockwerkstrennende Schichten dürfen nicht durchteuft und in ihrer Schutzfunktion beeinträchtigt werden.

Hinsichtlich **Erdwärmesonden** wird auf das LfU-Merkblatt 3.7/2 „Planung und Erstellung von Erdwärmesonden“ verwiesen.

Mischsysteme mit Komponenten schnell und langsam regenerierender Grundwassersysteme sind im Einzelfall zu bewerten. Im Bereich von Abstrombereichen von Tiefengrundwasservorkommen ist die Nutzung oberflächennaher Geothermie i. d. R. unproblematisch.

Die **Gewinnungen von Rohstoffen** und sonstige **tiefe Bodeneingriffe**, bei denen Tiefengrundwasser aufgedeckt wird oder die schützende Deckschicht erheblich gemindert wird, sind nicht zulässig. Ein Vorhaben, bei dem nach Entfernung der Deckschicht noch eine mindestens hohe Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung verbleibt, ist grundsätzlich wasserwirtschaftlich vertretbar.

Andere Vorhaben, die sich auf andere Weise nachteilig auf das Tiefengrundwasser auswirken können und damit einen wasserrechtlichen Benutzungstatbestand erfüllen, sind mit dem besonderen Schutzbedürfnis der Tiefengrundwasservorkommen nicht vereinbar und damit grundsätzlich nicht zulässig.

## 8 Bewirtschaftung

Im Folgenden werden die Kriterien für die Bewertung und Beurteilung einer wasserwirtschaftlich vertretbaren Tiefengrundwassernutzung näher erläutert. Alle in dieser Bewertung und Beurteilung gewonnenen Erkenntnisse sind schriftlich und bezogen auf die örtlichen Begebenheiten umfassend begründet sowie für einen fachfremden aber verständigen Dritten festzuhalten. Die so gewonnenen Unterlagen sind der

Wasserrechtsbehörde zur Verfügung zu stellen, damit sie diese in ihrer wasserrechtlichen Einzelfallentscheidung über eine Nutzung von Tiefengrundwasser würdigen kann.

## 8.1 Allgemein

Im Vergleich zu schnell regenerierenden Grundwassersystemen sind bei langsam regenerierenden Grundwassersystemen der Schutz (qualitative Aspekte) und die Bewirtschaftung (quantitative Aspekte) sehr viel enger verwoben. Der qualitative und der quantitative Schutz sind stets im Zusammenhang zu betrachten. Begründet ist dies darin, dass durch die Entnahme aus langsam regenerierenden Grundwassersystemen grundsätzlich eine Veränderung der natürlichen Beschaffenheit zu erwarten ist. Gleichwohl ist dies im Einzelfall zu untersuchen, begründet darzustellen und zu bewerten.

Im Hinblick auf den qualitativen Schutz von Tiefengrundwasservorkommen sind daher nicht nur Eingriffe (z. B. Rohstoffabbau, Tiefbohrungen) zu berücksichtigen, sondern auch Tiefengrundwasserentnahmen selbst, die nicht nur als quantitatives, sondern mittelbar auch als qualitatives Gefährdungspotenzial zu werten sind. Insofern sind Vorgaben und Rahmenbedingungen zur mengenmäßigen Bewirtschaftung eines Tiefengrundwasservorkommens auch elementare Instrumente für den qualitativen Tiefengrundwasserschutz.

Bei Tiefengrundwasservorkommen sind insbesondere auch die weiträumigen hydraulischen und qualitativen Auswirkungen zu beurteilen, weil – je nach Tiefengrundwassersystem – das erstmalige Auftreten nachteiliger Veränderungen in sehr fassungsfernen Gebieten auftreten kann. Daher ist von besonderer Bedeutung, dass bei der wasserwirtschaftlichen Begutachtung nicht nur der lokale Maßstab der einzelnen Gewinnungsgebiete betrachtet wird, sondern immer auch der regionale Maßstab des gesamten Tiefengrundwasservorkommens.

### Abhängigkeit der Bewirtschaftung vom jeweiligen Tiefengrundwassersystem

Die Ableitung und Festlegung erforderlicher Maßgaben für den Schutz und die Bewirtschaftung von Tiefengrundwasservorkommen sind abhängig von dem Hydrogeologischen Modell<sup>1</sup>, da aus diesen grundsätzlich differierende Vulnerabilitäten und damit unterschiedliche Schutzerfordernisse resultieren. Die hydrogeologische Modellvorstellung muss in einem ersten Schritt individuell auf Grundlage der Tiefengrundwassersysteme (Anhang 1, Kap. 1) erarbeitet und der wasserwirtschaftlichen Begutachtung im nachfolgenden zweiten Schritt zugrunde gelegt werden (Kap. 9).

**Der Umfang zulässiger Nutzungen von Tiefengrundwässern kann daher regional sehr unterschiedlich sein.** Auch innerhalb eines großräumigen Tiefengrundwasservorkommens können Kombinationen der Tiefengrundwassersysteme auftreten, aus denen unterschiedliche Vulnerabilitäten und Schutzerfordernisse resultieren. Solche Verhältnisse sind z. B. in der Vorlandmolasse typisch (s. Kap. 10).

### Entlastungszonen

Für Entlastungszonen – also Abstrombereiche von Tiefengrundwasser z. B. in Vorflutnähe (s. Anhang 1, Kap. 2.3) – gelten grundsätzlich dieselben Bewirtschaftungskriterien, wie für die jeweiligen Tiefengrundwasservorkommen selbst. Nur in den wenigsten Fällen dürften die hydrogeologischen Verhältnisse soweit bekannt sein, dass im Ausnahmefall davon abgewichen werden kann (s. a. Kap. 9.2, Aspekt „Tiefengrundwasser-Mischwasser“).

### Tiefengrundwasser-Mischwasser

Für Tiefengrundwasser-Mischwasser gelten grundsätzlich dieselben Bewirtschaftungskriterien, wie für reines Tiefengrundwasser, wenn ein wesentlicher Anteil (ca. > 10 %) an Tiefengrundwasser vorhanden ist (siehe auch Kap. 9.2). In vielen Fällen ist die Förderung von Tiefengrundwasser-Mischwasser das Resultat langjähriger Entnahmen mit entsprechenden Auswirkungen auf die Grundwasserbeschaffenheit,

---

<sup>1</sup> Konzeptionelle, vereinfachte Beschreibung und Visualisierung der geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse (DGG 2002)

sodass hier Maßnahmen zur schonenden Bewirtschaftung, ein angepasstes Monitoring und Maßnahmen zu Verbesserung der Grundwasserqualität im Vordergrund stehen.

## 8.2 Qualitative Beurteilungskriterien

Grundsätzlich ist durch jede Tiefengrundwasserentnahme eine Veränderung der Tiefengrundwasserbeschaffenheit zu erwarten. Maßgebend ist jedoch, ob eine **vorliegende oder zu besorgende nachteilige Veränderung** wasserwirtschaftlich toleriert werden kann.

Beschreibungen typischer hydrochemischer Merkmale von Tiefengrundwasservorkommen sind dem Anhang 1, Kap. 2.4, 2.5 und 2.6 zu entnehmen.

### Natürliche Tiefengrundwasserbeschaffenheit („natürliche Reinheit“)

Typisches Merkmal für wasserwirtschaftlich ungenutzte bzw. ungestörte Tiefengrundwasservorkommen und **Leitlinie für den Tiefengrundwasserschutz** ist die „**natürliche Reinheit**“, die zu erhalten ist (s. Kap. 9.2 und Anhang 1, Kap. 2.4). Tiefengrundwasser ist natürlicherweise nicht durch Stoffe anthropogener Ursprungs beeinflusst und weist darüber hinaus aufgrund der langen Umsatzzeiträume im Zuge der Tiefengrundwasserneubildung eine sehr konstante hydrochemische Charakteristik auf (s. Anhang 1, Kap. 2.5). Die Charakteristika der natürlichen Tiefengrundwasserbeschaffenheit sind im Grundsatz mit den Anforderungen an die „**ursprünglichen Reinheit**“ eines amtlich anerkannten Mineralwassers vergleichbar (Mineral- und Tafelwasserverordnung (MinTafVV) i. V. m. der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift über die Anerkennung und Nutzungsgenehmigung von natürlichem Mineralwasser (MinWANerkVV)). In Anlehnung daran sollen bei Tiefengrundwasser im Zustand der natürlichen Reinheit die physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Befunde keine Hinweise auf anthropogene Verunreinigungen bzw. Veränderungen geben.

Indikatorparameter für Anteile bzw. Einfluss von in der Regel anthropogen beeinflussten oberflächennahem Grundwassers sind z. B. organische Spurenstoffe wie FCKW, PFC, PSM und deren Metaboliten sowie Arzneimittel und Süßstoffe. Von den anorganischen Parametern können insbesondere Nitrat und Ammonium Hinweise auf diffuse, vorwiegend aus der landwirtschaftlichen Nutzung stammende Emissionen geben, wobei ggf. vorliegende Denitrifikationsprozesse bei der Beurteilung zu berücksichtigen sind (sowie als mögliche Folge ein Anstieg der Gehalte an Sulfat und Hydrogenkarbonat). Das Isotopenverhältnis  $\delta^{15}\text{N}$  zu  $\delta^{18}\text{O}$  kann Hinweise auf die Nitratquellen geben. Generell deuten erhöhte Sauerstoffgehalte ( $> 3 \text{ mg/l}$ ) auf den Einfluss von oberflächennahem Grundwasser hin.

Weiterhin können insbesondere aus Isotopen- und Umwelttraceruntersuchungen zur Bestimmung der Grundwasseraltersstruktur Rückschlüsse auf einen ggf. vorliegenden Anteil junger Grundwasserkomponenten gezogen und damit Bewertungen hinsichtlich der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit vorgenommen werden (Anhang 1, Kap. 2.6).

### Ermittlung der natürlichen Tiefengrundwasserbeschaffenheit

Für die Beurteilung einer möglichen nachteiligen Änderung der Tiefengrundwasserbeschaffenheit ist als Ausgangszustand eine vorherige objektbezogene Bestimmung bzw. Festlegung der natürlichen Tiefengrundwasserbeschaffenheit (hydrogeochemische Hintergrundwerte) erforderlich. Diese ist nicht nur für die Wassergewinnungsanlage selbst zu bestimmen, sondern auch für das Umfeld, insbesondere für vorhandene Vorfeldmessstellen.

Die Bestimmung der hydrochemischen Charakteristik erfolgt grundsätzlich auf Basis mehrerer repräsentativer Grundwasseruntersuchungen. Dabei sind zunächst die Hauptanionen und -kationen sowie der Parameterumfang der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) zugrunde zu legen. Geben diese Befunde Hinweise auf anthropogene Einflüsse oder sind nutzungsbezogene anthropogene Einflüsse im Einzugsgebiet zu vermuten, ist der vorgenannte Parameterumfang zu erweitern. Der tatsächliche Umfang der für

die Charakterisierung erforderlichen Analysen ist einzelfallbezogen festzulegen und fachlich zu begründen (Parameterumfang, Anzahl der Analysen). Eine zusätzliche Charakterisierung mit Isotopen und Umwelttracern ist unerlässlich.

Bei bestehenden Wassergewinnungen ist auf Grundlage von vorhandenen früheren Untersuchungen die natürliche Grundwasserbeschaffenheit zu ermitteln. Bei ungünstiger Datenlage kann diese u. U. nur näherungsweise bestimmt bzw. abgeleitet werden und ist als bestmöglicher Bezugsmaßstab für die wasserwirtschaftliche Beurteilung zugrunde zu legen.

### **Tolerierbare Änderung der natürlichen Tiefengrundwasserbeschaffenheit**

Trotz der grundsätzlich konstanten hydrochemischen Charakteristik von Tiefengrundwasservorkommen sind Schwankungen der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit in einem engen Bereich geogen bedingt typisch.

In Anlehnung an die MinWAnerkVwV gilt bei Konzentrationen der festen gelösten Bestandteile (d. h. Hauptkationen und -anionen) > 20 mg/l ein **Tiefengrundwasser** als unverändert und damit **natürlich rein**, wenn die **Konzentrationsschwankungen den Rahmen von  $\pm 20\%$  nicht übersteigt** – bei Abwesenheit anthropogener Schadstoffe. Diese Schwankungen können grundsätzlich auch entnahmeinduziert sein. Solange diese jedoch innerhalb des o. g. Schwankungsbereichs liegen, ist dies tolerabel. Bei Stoffkonzentrationen < 20 mg/l an festen gelösten Bestandteilen ist auf Grundlage von Trendanalysen zu beurteilen, ob es sich um tolerable Konzentrationsschwankungen geogenen Ursprungs handelt.

### **Nachteilige Änderung der Tiefengrundwasserbeschaffenheit**

Eine nachteilige Änderung der Tiefengrundwasserbeschaffenheit liegt vor, wenn diese, unter Berücksichtigung der tolerierbaren Änderung der natürlichen Beschaffenheit, durch anthropogen eingetragene Stoffe verändert ist.

Die Besorgnis einer nachteiligen Änderung der Tiefengrundwasserbeschaffenheit besteht, wenn signifikante und anhaltende Konzentrationstrends von Stoffen bzw. Stoffgruppen auf Grundlage der Überwachungsdaten festzustellen sind. In solchen Fällen sind Maßnahmen zur Trendumkehr erforderlich.

Insbesondere bei bestehenden langjährigen Tiefengrundwassernutzungen liegt bei Zugrundelegung der natürlichen Tiefengrundwasserbeschaffenheit oftmals eine nachteilige Änderung der Tiefengrundwasserbeschaffenheit vor. Dann ist im Rahmen der wasserwirtschaftlichen Begutachtung zu prüfen, unter welchen Randbedingungen bzw. Auflagen und Nebenbestimmungen bei unabdingbarer Notwendigkeit eine Fortsetzung der Gewinnung wasserwirtschaftlich vertretbar ist (s. Kap. 9). Grundsätzlich kann in solchen Ausnahmefällen für die wasserwirtschaftliche Beurteilung als zugrundeliegender Bewertungsmaßstab statt der natürlichen Tiefengrundwasserbeschaffenheit als „Status Quo“, eine davon abweichende Beschaffenheit – ggf. auch anthropogen beeinflusst – festgelegt werden.

## **8.3 Quantitative Beurteilungskriterien**

Für die quantitative Beurteilung von Tiefengrundwasservorkommen sind vor allem die Betrachtung von Grundwasserständen und entsprechende Trendauswertungen heranzuziehen.

Auch die Aufstellung von Wasserbilanzen kann ein wichtiges Beurteilungskriterium sein, allerdings sind die bewährten Methoden für Grundwasservorkommen mit schnellem Grundwasserumsatz bei Tiefengrundwasservorkommen nur bedingt anzuwenden. Aufgrund der typischerweise komplexen hydrogeologischen Verhältnisse und Strömungssysteme sind die Einzugsgebiete von Tiefengrundwassergewinnungen (s. Anhang 1, Kap. 2.1) und die Tiefengrundwasserneubildung (s. Anhang 1, Kap. 2.2) oft nur schwer zu ermitteln. Darüber hinaus reicht bei Tiefengrundwasservorkommen die Betrachtung und Bilanzierung der lokalen hydrogeologischen und hydrologischen Verhältnisse i. d. R. nicht aus. Meist muss eine regionale oder z. T. auch überregionale Bearbeitung mittels Grundwasserströmungsmodellen durchgeführt werden (s. Kap. 8.4), wenn die Datenlage dies zulässt.

Bei der Ermittlung oder Abschätzung der Tiefengrundwasserneubildung ist zu berücksichtigen, dass eine großräumige entnahmeinduzierte Absenkung des Grundwasserspiegels bzw. der Grundwasserdruckfläche meist mit einer Erhöhung der Grundwasserneubildungsrate durch Zufluss von jüngerem Grundwasser sowie einer Vergrößerung des Einzugsgebietes beispielsweise durch Ankoppelung anderer Einzugsgebiete einhergeht und damit Tiefengrundwasser zunehmend durch Grundwasser mit kurzen Umsatzzeiten ersetzt wird – verbunden mit einer ggf. nachteiligen Veränderung der natürlichen Tiefengrundwasserbeschaffenheit. Je nach Intensität der Tiefengrundwassergewinnung bzw. der hydrogeologischen Verhältnisse können unterschiedliche Phänomene beim quantitativen Monitoring auftreten. Zum einen ungefähr gleichbleibende Grundwasserstände bei den Systemen 2 und 3 (Anhang 1 Kap. 1.2 und 1.3; Grundwasserleiter-Modell, Grundwasserschichtungsmodell, insbesondere wenn diese durch Ankopplung ergiebiger oberflächennaher Grundwasservorkommen oder durch Infiltration von Oberflächengewässern gestützt werden. Zum anderen kontinuierlich fallende Grundwasserstände bei System 1 (Anhang 1 Kap. 1.1; Grundwasserstockwerks-Modell), insbesondere, wenn dieses gespannt ist, kaum noch eine Grundwasserneubildung erfolgt und eine o.g. Ankopplung allenfalls nach sehr langen Zeiträumen aktiviert werden kann.

Wenn kontinuierlich fallende Grundwasserstände beobachtet werden, kann es Jahrzehnte oder Jahrhunderte dauern, bis sich ein Beharrungszustand eingestellt hat. Dabei kommt es vor allem in gespannten Systemen zu einem irreversiblen „Abbau“ von Tiefengrundwasser. In diesem Fall ist eine weitmögliche Reduzierung der Grundwasserentnahmen zwingend erforderlich, mindestens um den Betrag der jährlichen Speicherentleerung.

Da die Tiefengrundwasserneubildung und damit das Grundwasserdargebot grundsätzlich nur näherungsweise abgeleitet bzw. deren Größenordnungen bestimmt werden können, ist neben dem „klassischen“ quantitativen Monitoring insbesondere das qualitative Monitoring mit seinen Beurteilungskriterien (s. Kap. 8.2) das wesentliche Instrument für die Beurteilung der mengenmäßig vertretbaren Gewinnung von Tiefengrundwasser.

#### **8.4 Erkundung, Untersuchung und Überwachung**

Im Vergleich zu Grundwasserleitern mit schnellen Umsatzzeiten sind bei Tiefengrundwasservorkommen eine höhere Erkundungs- und Untersuchungstiefe sowie ein größerer Überwachungsaufwand erforderlich. Dies betrifft sowohl geplante Neuerschließungen (wasserrechtliche Erstzulassung) als auch wasserrechtliche Neuzulassungen für bestehende Erschließungen sowie den laufenden Betrieb (Monitoring). Im Folgenden werden besonders bedeutsame Aspekte genannt, die zu berücksichtigen sind.

##### **Grundwassermessstellen**

Für Tiefengrundwassererschließungen muss zum Nachweis seiner nachhaltigen Nutzung ein repräsentatives Monitoring-Messnetz aufgestellt werden, für das i. d. R. die Errichtung mehrerer Grundwassermessstellen erforderlich ist (z. B. DVGW W 108). Diese müssen grundsätzlich als Kernbohrung ausgeführt werden, um eine korrekte Ausbauplanung für die Grundwassermessstelle zu ermöglichen. Die Grundwassermessstellen dienen hierbei auch der Abgrenzung des Einzugsgebietes, da großräumige Grundwassergleichenpläne hierfür meist nicht die erforderliche Detailschärfe bieten.

Grundsätzlich sind bei Überlagerung mit oberflächennahem Grundwasser die Grundwassermessstellen als Messstellengruppen auszuführen, um die unterschiedlichen hydraulischen und hydrochemischen Verhältnisse in den einzelnen Grundwasservorkommen überwachen zu können.

##### **Grundwasseraltersstruktur**

Im Rahmen der Erkundung für Neuerschließungen, aber auch während der Überwachung von bestehenden Anlagen ist die Bestimmung der Grundwasseraltersstruktur bzw. die Quantifizierung möglicher unterschiedlich alter Grundwasserkomponenten erforderlich. Hierfür ist die Analyse von Isotopen und Um-

welttracern Voraussetzung, die ggf. in Kombination betrachtet und bewertet werden müssen (siehe Anhang 1, Kap. 2.6). Mit diesem Instrument kann die Aquiferdynamik erfasst werden und hinsichtlich etwaiger Beschaffenheitsänderungen als Frühwarnsystem dienen.

Die Altersstruktur des Grundwassers ist nicht nur für die Entnahmebrunnen selbst zu bestimmen, sondern ebenso für die Grundwassermessstellen, um etwaige aus dem Brunnenbetrieb resultierende Veränderungen frühzeitig erkennen zu können. Für die Festlegung eines für das Tiefengrundwasservorkommen möglichst schonenden Brunnenbetriebs kann darüber hinaus die Kenntnis der Grundwasseraltersstruktur bei unterschiedlichen Last- bzw. Entnahmebedingungen hilfreich sein. Hierfür bieten sich tiefenzonierete Beprobungen und / oder Probennahmen bei unterschiedlichen Entnahmeraten an.

### **Zuflussbereiche**

Die Zuflussbereiche in Brunnen und Grundwassermessstellen sind geophysikalisch zu detektieren, zu quantifizieren sowie hydrochemisch und ggf. isopenhydrochemisch zu charakterisieren, um einen gezielten, die Auswirkungen auf das Tiefengrundwasser minimierenden Ausbau zu ermöglichen oder ggf. vorhandene hydraulische Kurzschlüsse bei bestehenden Anlagen zu erkennen.

### **Grundwasserströmungsmodelle**

Da quantitative Kriterien auch grundlegend für den qualitativen Schutz von Tiefengrundwasservorkommen sind, ist der Bilanzierung des nutzbaren Grundwasserdargebots besondere Bedeutung beizumessen. Dabei ist stets auch das weitere Umfeld einer Tiefengrundwasserentnahme zu betrachten. Aufgrund der großen Komplexität von Tiefengrundwasservorkommen und häufig weitreichender gegenseitiger Beeinflussungen von Entnahmen im Tiefengrundwasser ist hierfür i. d. R. ein hydrogeologisches Modell und bei ausreichender Datenlage ein numerisches Grundwasserströmungsmodell erforderlich. Gegebenenfalls ist zunächst die Datenlage auf Basis einer Defizitanalyse zu ergänzen. Dabei ist ein großmaßstäbliches Detailmodell oftmals allein nicht geeignet. Vielmehr muss dieses in ein kleinmaßstäbliches Großraummodell integriert sein, welches das gesamte Tiefengrundwasservorkommen oder – falls in größere Bereiche untergliederbar – die entsprechenden Teile des Tiefengrundwasservorkommens umfasst.

Im Hinblick auf die Umsetzung und Überwachung der wasserwirtschaftlichen Grundsätze wird vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) mittel- bis langfristig ein Tiefengrundwassermessnetz sowie die Aufstellung von Großraummodellen für die bedeutenden Tiefengrundwasservorkommen angestrebt, sofern die Datengrundlagen dafür dann hinreichend vorliegen. Diese sollen den WVU als Grundlage und zur Integration ihrer, auf einzelne Wassergewinnungsanlagen bezogenen Detailmodelle zur Verfügung stehen. Zu vorhandenen Großraummodellen wird auf Kap. 10 verwiesen. Eine Auflistung aller bekannten Grundwassermodelle (meist oberflächennahes Grundwasser) in Bayern findet sich hier: [Grundwassermodelle in Bayern](#).

Bis zum Vorliegen von Großraummodellen für alle bedeutenden Tiefengrundwasservorkommen ist von den WVU in Abstimmung mit dem jeweils zuständigen WWA und dem LfU zu prüfen, ob bzw. unter welchen Voraussetzungen ein Detailmodell erstellt werden kann. Eventuell sind zunächst ersatzweise anderweitige Voruntersuchungen durchzuführen (z. B. grundlegende hydrogeologische Studie, Messnetzausbau). Dabei kann es sinnvoll sein, diese Fachbearbeitungen, Messstellenerrichtungen oder auch die Entwicklung kleinmaßstäblicher Grundwasserströmungsmodelle im Rahmen von koordinierten Beauftragungen durch die betroffenen WVU zu veranlassen.

### **Stofftransportmodelle**

Grundsätzlich ist die Ergänzung der Grundwasserströmungsmodelle (Großraum- und Detailmodelle) um entsprechende Stofftransportmodelle anzustreben, insbesondere im Hinblick auf Nitrat, aber ggf. auch andere trinkwasserrelevante Stoffe (z. B. PFC). Allerdings sind hier sehr hohe fachliche Anforderungen an die Datengrundlagen und Erkunden vorhanden, die insbesondere bei einer großräumigen Skala oftmals nicht vorliegen.

Derzeit ist die Erstellung von Stofftransportmodellen aufgrund einer nicht ausreichenden Datengrundlage meist nicht leistbar und aufgrund der hohen Freiheitsgrade durch Modellannahmen meist auch nicht sinnvoll. Durch die sukzessive Verbesserung der Datenlage im Zuge der Erkundung und der Überwachung ist die Umsetzung dieses Ziels mittel- bis langfristig anzustreben.

### **Monitoring von Tiefengrundwassererschließungen**

Durch die Besorgnis einer nachteiligen Veränderung der natürlichen Reinheit des Tiefengrundwassers (Kap. 8.2) sind aus fachlicher Sicht grundsätzlich für alle Wassergewinnungsanlagen (unabhängig von der Entnahmemenge), die Tiefengrundwasser erschließen, die rechtlichen Vorgaben zur Überwachung von Wasserversorgungsanlagen für das Grundwassermonitoring zugrunde zu legen. Darüber hinaus sind die untenstehenden Aspekte bei der Erstellung des Monitoringkonzepts zu ergänzen.

Die begründeten Anforderungen an das Monitoring sind der Rechtsbehörde als Auflagenvorschläge im Gutachten des amtlichen Sachverständigen zu übermitteln.

Das Monitoring für Tiefengrundwassererschließungen ist grundsätzlich in drei Überwachungsbereiche zu differenzieren:

- **Überwachungsbereich 1**  
Zuständigkeit WVU: Entnahmehäuser und Vorfeldmessstellen im unmittelbaren Entnahme- und / oder Absenkbereich des Brunnens zur Detailüberwachung des hydraulisch hoch beanspruchten und damit besonders sensiblen Bereichs.  
(Tiefengrundwasser, oberflächennahes Grundwasser)
- **Überwachungsbereich 2**  
Zuständigkeit WVU: Einzugsgebiet des Brunnens zur lokalen Überwachung der weiträumigen Auswirkungen.  
(Tiefengrundwasser, oberflächennahes Grundwasser)
- **Überwachungsbereich 3**  
Zuständigkeit i. d. R. staatliches Grundwassermonitoring, ggf. ergänzend WVU: Außerhalb der Einzugsgebiete zur ergänzenden Überwachung der regionalen großräumigen Auswirkungen.  
(Tiefengrundwasser).

Regelmäßig sind für Tiefengrundwassererschließungen Messnetze für die Überwachungsbereiche 1 und 2 festzulegen, die auch vorhandene oberflächennahe Grundwasservorkommen überwachen. Die hierfür erforderliche Anzahl an Monitoringmessstellen muss im Einzelfall bestimmt werden. Sie ist abhängig von den bekannten oder zu erwartenden qualitativen und quantitativen Auswirkungen durch die Entnahme sowie der ggf. vorhandenen Belastung des oberflächennahen Grundwasservorkommens.

Das Erfordernis eines Überwachungsbereiches 3, d. h. außerhalb des Einzugsgebietes, kann bei besonders intensiv genutzten und sensiblen Tiefengrundwasservorkommen bestehen, insbesondere wenn bereits Übernutzungstendenzen festgestellt oder erwartet werden oder eine nachteilige Veränderung der natürlichen Tiefengrundwasserbeschaffenheit zu besorgen ist oder erkannt wurde.

Grundsätzlich sollte sich der Aufbau des Monitoringmessnetzes an der Ausdehnung des Untersuchungsgebietes orientieren. Eine repräsentative Überwachung des gesamten Einzugsgebietes muss gegeben sein. Sollte keine ausreichende Zahl an Messstellen für ein solches Messnetz vorhanden sein, sind diese vom Betreiber in Abstimmung mit dem WWA zu errichten.

Die Überwachung des Tiefengrundwassers muss in quantitativer Hinsicht in den Messstellen des Überwachungsbereiches 1, 2 und 3 kontinuierlich erfolgen. Das Intervall der qualitativen Überwachung kann grundsätzlich abnehmend vom Überwachungsbereich 1 bis zum Überwachungsbereich 3 abgestuft werden.

Die quantitative Überwachung des oberflächennahen Grundwassers soll in den Überwachungsbereichen 1 bis 3 ebenfalls kontinuierlich stattfinden. Die qualitative Überwachung sollte zumindest parallel zur Tiefengrundwasserüberwachung erfolgen, ggf. ist diese jedoch bei Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen zu verdichten.

In die qualitative Überwachung des Tiefengrundwassers müssen Untersuchungen von Isotopen und Umwelttracern integriert werden. Die Anzahl der zu untersuchenden Messstellen ist im Einzelfall festzulegen. Vorgabe hierfür ist, dass das Messnetz die individuellen hydrogeologischen Verhältnisse repräsentiert und etwaige Änderungen der Grundwasseraltersstruktur frühzeitig erkannt werden können. Der Parameterumfang sowie die Auswertung muss grundsätzlich auf einer Erstcharakterisierung basieren, um belastbare vergleichende Bewertungen vornehmen zu können. Das Untersuchungsintervall ist in Abhängigkeit des Kenntnisstandes über die Dynamik des Tiefengrundwassersystems festzulegen. Nach zunächst engmaschigen jährlichen Untersuchungen kann es ausreichend sein, diese stufenweise auf ein mehrjähriges Intervall zu reduzieren.

Je nach hydrogeologischen Verhältnissen, wasserwirtschaftlichen Fragestellungen und dem technischen Zustand von Brunnen kann das Erfordernis bestehen, in mehrjährigen Intervallen tiefenzonierete Beprobungen durchzuführen und hydrochemisch sowie isotopechemisch zu untersuchen.

### **Großräumige Veränderungen**

Werden beim Monitoring von Tiefengrundwasservorkommen signifikante Änderungen der Grundwasserqualität oder großräumige Änderungen in der Grundwasserhydraulik festgestellt (z. B. fallende Druckspiegel, wandernde Grundwasserscheiden), die nicht in direktem Bezug zu einzelnen Gewinnungsgebieten stehen, sind entsprechende Gegenmaßnahmen auf Grundlage eines regionalen Bewirtschaftungskonzepts einzuleiten (in der Regel Reduktion der Grundwasserentnahmen), wobei alle relevanten Grundwasserentnahmen zu berücksichtigen und Versorgungsprioritäten mit entsprechenden Gewichtungen festzulegen sind. In solchen Fällen können Wasserwirtschaftsamt- oder auch Regierungsbezirks-übergreifende Abstimmungen unter Einbeziehung des LfU erforderlich sein.

## **8.5 Errichtung, Ausbau und Betrieb von Brunnen und Grundwassermessstellen**

Um die hydraulischen Auswirkungen von Tiefengrundwasserentnahmen möglichst gering zu halten, sind die Brunnen entsprechend zu dimensionieren und schonend zu betreiben. Dies bedeutet, dass die Entnahme möglichst kontinuierlich, d. h. mit niedrigen Entnahmespitzen, und mit möglichst geringer Förderleistung je Einzelbrunnen erfolgen soll. Hierauf sind die Wasserspeicherung und -verteilung technisch anzupassen. Grundsätzlich sollten für Tiefengrundwasserentnahmen frequenzgesteuerte Pumpen verwendet werden.

Unter bestimmten hydrogeologischen Randbedingungen kann es sinnvoll sein, anstatt eines Brunnens mehrere Brunnen über eine größere Fläche zu verteilen, um die hydraulische Beeinflussung, d. h. vor allem die Absenkungen, in einem Gewinnungsgebiet möglichst gering zu halten.

Grundsätzlich gilt, dass durch den Brunnenausbau keine Vertikalströmung zwischen hydraulisch und/oder hydrochemisch zu unterscheidenden Grundwasserleitern oder Grundwasserstockwerken im Brunnen induziert werden darf (hydraulischer Kurzschluss). Dies ist durch einen entsprechenden Ausbau zu gewährleisten und durch geeignete Untersuchungen (z. B. Flowmetermessungen) nachzuweisen. Hierfür ist bei Neuerschließungen eine für hydraulische Tests geeignete vorausgehende Erkundungsbohrung erforderlich. Diese muss i. d. R. als Kernbohrung ausgeführt werden, um eine korrekte spätere Ausbauplanung für den Entnahmebrunnen zu ermöglichen. Fehlerhaft ausgebaute Brunnen und Grundwassermessstellen sind dementsprechend nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik rückzubauen oder zu sanieren.

Bei bestehenden Brunnen kann es im Zuge einer Sanierung oder Optimierung sinnvoll sein, die Verfiltration nur in den oberen Bereichen des Tiefengrundwasserleiters vorzunehmen, um eine weitere Verschleppung in die unteren Bereiche zu vermeiden.

Beim Bau oder bei der Sanierung von Brunnen sind bei Vorhandensein unterschiedlicher Grundwasserleiter bzw. -stockwerke für die nicht erschlossenen Abschnitte regelmäßig entsprechende Peilrohre (mind. DN 50) im Ringraum des Brunnens vorzusehen. Wenn dies aufgrund eines Sperrrohres nicht möglich ist, kann dies auch durch Grundwassermessstellen oder Messstellengruppen erfolgen. Hierdurch können etwaige hydraulische Auswirkungen der Entnahme auf hangende Grundwasserleiter bzw. -stockwerke oder aber das Versagen brunnenbautechnischer Abdichtungen erkannt werden.

Brunnen und Grundwassermessstellen in Tiefengrundwasservorkommen sind gemäß den a. a. R. d. T. in regelmäßigen Abständen auf deren technischen Zustand hin zu untersuchen (Kamerabefahrungen und Flowmetermessungen, Geophysik) und einzelfallbezogen zu bewerten. Hierauf basierend sind entsprechende Regelungen als Nebenbestimmungen für den Wasserrechtsbescheid der Rechtsbehörde vorzuschlagen.

## 8.6 Staatliche Messnetze

Die vom staatlichen Gewässerkundlichen Dienst betriebenen Messnetze (z. B. Messnetze nach EG-Wasserrahmenrichtlinie) berücksichtigen die Verhältnisse im oberflächennahen Grundwasser und im Tiefengrundwasser. Bei den Messstellen wird derzeit, entsprechend der Attribuierung in FAP GW (INFO-Was), zwischen der Lage im „Oberen Grundwasser-Stockwerk“ und in „Tieferen Grundwasser-Stockwerken“ unterschieden. Künftig soll die in Anhang 1, Kap. 3 beschriebene Kategorisierung in Bezug auf Tiefengrundwasser / Kein Tiefengrundwasser (oberflächennahes Grundwasser) verwendet werden, die im Bodeninformationssystem Bayer oder Gewässeratlas Bayern erfasst und in FAP GW (INFO-Was) lesend dargestellt wird. Solche Unterscheidungen sind vor allem im Hinblick auf die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie wichtig. Zum einen sind die Auswirkungen von Stoffeinträgen auf den chemischen Zustand der Grundwasserkörper zuerst im oberflächennahen Grundwasser zu erkennen. Messstellen, die Tiefengrundwasser oder Tiefengrundwasser-Mischwasser erschließen sind aufgrund niedrigerer Schadstoffgehalte oder entsprechender Verdünnung nicht dafür geeignet, die tatsächlichen Stoffeinträge über den Boden in das Grundwasser oder den Erfolg von Maßnahmen zu beurteilen. Zum anderen soll das landesweite Monitoring geeignet sein, langfristige quantitative und qualitative Veränderungen im Tiefengrundwasser erkennen zu können. Da für das Tiefengrundwasser vor allem auch ein Risiko für die Zielerreichung eines guten mengenmäßigen Zustandes besteht, sollen künftig Tiefengrundwasserkörper ausgewiesen sowie ein entsprechendes Messnetz festgelegt und betrieben werden.

## 9 Wasserwirtschaftliche Begutachtung

In diesem Kapitel wird die Anwendung der in Kap. 8 beschriebenen Bewirtschaftungskriterien bei der wasserwirtschaftlichen Begutachtung von Tiefengrundwasserentnahmen konkretisiert und erläutert.

Die bei der wasserwirtschaftlichen Begutachtung zu berücksichtigenden Grundsätze sind bei jeder wasserrechtlichen Prüfung (Erstzulassungen für Neuerschließungen, Neuzulassungen für bestehende Tiefengrundwasserentnahmen bei Ablauf wasserrechtlicher Erlaubnisse) anzuwenden. Wasserrechtliche Entscheidungen sind stets Einzelfallentscheidungen, sodass die Begutachtung immer wasserwirtschaftlich für den konkreten Einzelfall zu begründen ist. Die Begründung ist ausführlicher, je mehr Ausnahmen von den wasserwirtschaftlichen Grundsätzen in dem konkreten Einzelfall gemacht werden müssen. Besondere Auflagen und Nebenbestimmungen zum Schonungsgebot und zum Monitoring sind aus fachlicher Sicht notwendig, damit den Rechtsbehörden auch hier die erforderlichen Gründe und Erläuterungen zur Verfügung gestellt werden.

Aufgrund der fachlichen Komplexität von Tiefengrundwassersystemen kann es im Hinblick auf eine bayernweit einheitliche wasserwirtschaftliche Begutachtungspraxis in Einzelfällen für das zuständige WWA erforderlich sein, grundsätzliche Abstimmungen auch mit anderen betroffenen WWA und dem LfU vorzunehmen.

## 9.1 Antragsunterlagen

Für alle wasserrechtlichen Entnahmeverfahren (Erst- und Neuzulassungen) von Tiefengrundwassergewinnungen ist eine Antragskonferenz (Scoping) zu empfehlen. In diesem Rahmen werden – unter Berücksichtigung der in diesem Merkblatt dargelegten und erläuterten wasserwirtschaftlichen Vorgaben sowie auch des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes – der Untersuchungsrahmen und -umfang festgelegt. Unabhängig davon sind die grundlegenden Informationen und Unterlagen gemäß der Verordnung über Pläne und Beilagen in wasserrechtlichen Verfahren (WPBV) vom Vorhabensträger zu erstellen. Für die Erarbeitung der erforderlichen Fachgrundlagen ist ein Untersuchungszeitraum von 2 bis 3 Jahren zu erwarten.

Die Antragsunterlagen für eine Tiefengrundwassergewinnung müssen regelmäßig fachgutachterliche Aussagen zu Versorgungsalternativen enthalten, unter Berücksichtigung der in Kap. 7.1 angeführten Grundsätze und Schritte. Art und Umfang der Bewertung von Versorgungsalternativen sollten im Rahmen der Antragskonferenz konkretisiert und festgelegt werden.

Da bei Anträgen auf wasserrechtliche Neuzulassung von Tiefengrundwasserentnahmen im Vergleich zu bestehenden Erschließungen von schnell regenerierenden Grundwasservorkommen i. d. R. erheblich umfangreichere Fachgrundlagen erforderlich sind, ist mit deren Erstellung frühzeitig vor Ablauf der bestehenden Zulassung zu beginnen.

## 9.2 Wasserrechtliche Aspekte

Nachfolgend werden die Anknüpfungspunkte zwischen der fachlichen wasserwirtschaftlichen Bewertung in der Zuständigkeit des amtlichen Sachverständigen und der wasserrechtlichen Behandlung durch die Kreisverwaltungsbehörde dargestellt. Ziel ist, eine ausreichende Fachgrundlage für die wasserrechtliche Einordnung zur Verfügung zu stellen.

Bei der Beurteilung von Tiefengrundwasserentnahmen sind hierbei insbesondere der Besorgnisgrundsatz nach § 48 WHG sowie das Verschlechterungsverbot im Sinne von § 47 WHG von besonderer Bedeutung.

### Wasserrechtlicher Benutzungstatbestand

Der Benutzungstatbestand für das Entnehmen von Grundwasser – auch Tiefengrundwasser – ist § 9 Abs. 1 Nr. 5 WHG.

Alle damit verbundenen Auswirkungen sind im Rahmen der Prüfung der Zulassungsfähigkeit, ob ein Entnahmerecht gewährt werden kann, umfassend fachlich zu prüfen und abschließend von der Rechtsbehörde unter Berücksichtigung aller relevanten Belange abzuwägen.

### Grundzüge der wasserrechtlichen Prüfung einer Entnahme

Nach § 12 Abs. 1 WHG ist die wasserrechtliche Erlaubnis oder Bewilligung (§ 8 WHG) unter anderem zu versagen, wenn eine schädliche Veränderung des Grundwassers zu erwarten ist und diese durch Inhalts- und Nebenbestimmungen nicht ausgeglichen werden kann. Erst wenn kein Versagensgrund vorliegt, ist die Erteilung der Erlaubnis oder Bewilligung im Rahmen einer Ermessensentscheidung nach § 12 Abs. 2 WHG möglich. Die rechtliche Einordnung und Prüfung dieser Tatbestände wird von den Kreisverwaltungsbehörden vorgenommen. Hierfür sind fachlich begründete Erläuterungen unabdingbar mit der Folge, dass die fachlichen Unterlagen (vom Antragsteller und vom amtlichen Sachverständigen) für Fachfremde aufbereitet und ausreichend begründet sein müssen.

Die Kernfrage bei der Prüfung von wasserrechtlichen Zulassungen ist somit zunächst die Erwartung nach schädlicher Gewässerveränderungen. Schädliche Gewässerveränderungen sind in § 3 Nr. 10 WHG definiert. Dabei sind zunächst Veränderungen von Gewässereigenschaften (vgl. § 3 Nr. 7 WHG) festzustellen. Wenn diese Feststellung durch fachliche Angaben getroffen werden kann, ist zu prüfen, ob die Veränderung schädlich im Sinne des § 3 Nr. 10 WHG ist.

Hiernach kommen zwei Alternativen in Betracht, bei deren Vorliegen einer schädlichen Gewässerveränderung angenommen werden kann, nämlich einerseits Beeinträchtigungen des Allgemeinwohls (bspw. öffentliche Wasserversorgung) oder andererseits Veränderungen, die nicht den Anforderungen entsprechen, die sich aus dem WHG, aus auf Grund dieses Gesetzes erlassenen oder aus sonstigen wasserrechtlichen Vorschriften ergeben.

Die Beeinträchtigung ist „zu erwarten“, wenn sie (auf Grund der Sach- und Rechtslage beim Erlass rechtsbehördlichen Entscheidung nach allgemeiner Lebenserfahrung oder anerkannten fachlichen Regeln wahrscheinlich ist (eine überwiegende Mehrheit von Gründen spricht dafür, dass Nachteile eintreten können) und ihrer Natur nach auch annähernd voraussehbar ist. Dabei ist nicht an abstrakte, allgemein geltende Erwägungen anzuknüpfen, sondern von einer konkreten Betrachtungsweise auszugehen.

Sind demnach schädliche Gewässerveränderungen zu erwarten, ist zu prüfen, ob diese durch Inhalts- und Nebenbestimmungen vermieden werden können. Hier sind alle aus fachlicher Sicht erforderlichen Schutzvorkehrungen z. B. bei den Bohrungen, bei der Errichtung von Brunnenanlagen oder beim Betrieb etc. dazulegen und zu begründen. Diese Vorgaben werden dann als Inhalts- und Nebenbestimmung in den Bescheid aufgenommen. Können diese schädlichen Gewässerveränderungen nicht durch diese Bestimmungen ausgeglichen werden, ist die Gewässerbenutzung zu versagen. Auch dies ist fachlich darzulegen.

Können schädliche Gewässerveränderungen durch Inhalts- und Nebenbestimmungen mindestens ausgeglichen werden und stehen auch andere öffentlich-rechtliche Vorschriften der Benutzung nicht entgegen, können einer Erteilung der Zulassung noch Bewirtschaftungsermessensgründe (der Rechtsbehörden) entgegenstehen mit der Folge, dass dennoch eine Benutzung versagt werden kann. Bei der Ausübung des Bewirtschaftungsermessens hat die Rechtsbehörde alle in Betracht kommende Interessen bzw. Belange gegenseitig abzuwägen. Auch können hier die Ziele und Grundsätze des LEP, die Regelungen der VVWas eine Rolle spielen.

### **Fachlicher Vorschlag zur Befristung wasserrechtlicher Zulassungen**

Die Dauer der Zulassung ist generell abhängig von zu erwartenden Änderungen der zum Erlaubniszeitpunkt einschlägigen Randbedingungen und zu erwartender neuer Erkenntnisse (z. B. Monitoring-Ergebnisse, hydrogeologische Studien, Grundwasserströmungsmodelle). Dies betrifft sowohl neue Wassergewinnungsanlagen, wo es stationäre Zustände in der Regel erst nach vielen Jahren erreicht werden, als auch bestehende Wassergewinnungsanlagen, vor allem bei Entnahmeerhöhungen. Der Vorschlag des amtlichen Sachverständigen für eine Befristung ist einzelfallbezogen fachlich zu begründen und wird von der Kreisverwaltungsbehörde gegenüber anderen Belangen abgewogen.

Bei Erstzulassungen liegen in der Regel keine ausreichenden Langzeiterfahrungen und aussagekräftige Daten vor. Daher soll hier grundsätzlich die Befristung in Abhängigkeit des jeweiligen hydrogeologischen und wasserwirtschaftlichen Kenntnisstandes zeitlich gestaffelt erteilt werden. Im Hinblick auf die Auswertung von Betriebserfahrungen (z. B. Probetrieb, Brunnen im Umfeld) und noch durchzuführender Untersuchungen ergeben sich dabei folgende Optionen:

- Kürzere Befristungszeiträume, mit der Maßgabe die Ergebnisse bis zum Ende der Befristung vorzulegen

- Längere Befristungszeiträume, mit der Maßgabe, die Ergebnisse auf Basis eines detaillierten Zeitplans mit kürzerer Vorlagefrist bzw. Vorlageintervallen und entsprechendem Änderungs- und Aufgabenvorbehalt vorzulegen.

Bei Neuzulassung bestehender Anlagen ohne wesentliche Entnahmeerhöhungen sind grundsätzlich längere Befristungszeiträume möglich. Dies gilt ggf. auch für eine Ersatzbohrung (Erstzulassung), wenn für diese vergleichbare technische, hydrogeologische, hydraulische und hydrochemische Verhältnisse festgestellt sowie vergleichbare Entnahmemengen beantragt werden.

Sehr lange Befristungszeiträume – wie früher oft üblich von 30 Jahren – scheiden jedoch aus wasserwirtschaftlicher Sicht aufgrund der oft nicht abschätzbaren quantitativen und qualitativen Langzeitwirkungen der Entnahmen, insbesondere bei Erstzulassungen, aus.

Eine wasserrechtliche Bewilligung gem. §§ 8 und 10 WHG für Tiefengrundwassergewinnungen kann aus wasserwirtschaftlicher Sicht grundsätzlich nicht befürwortet werden. Eine Bewilligung kann nur in seltenen Ausnahmefällen in Betracht kommen, wenn z. B. durch das Ergebnis längerfristiger Beweissicherungsmaßnahmen sichergestellt ist, dass eine Übernutzung oder qualitative Gefährdung des genutzten Tiefengrundwasservorkommens auch auf Dauer nicht eintreten wird oder mögliche neue Alternativen (z. B. Anschluss an überregionale Versorgungssysteme) auch zukünftig ausgeschlossen werden können. Die Abwägung der wasserwirtschaftlichen Belange gegenüber anderen Interessen (z. B. Rechtsposition aufgrund hoher Investitionskosten) liegt im Bewirtschaftungsermessen der Rechtsbehörde.

### **Fachliche Einordnung der Gewässerbenutzung**

Vorrang der Gewässerbenutzung gilt der öffentlichen Wasserversorgung. Besonders hochwertige Nutzungen, für die Wasser von besonderer Reinheit oder von besonderer Temperatur erforderlich ist und das nicht durch gezielte Aufbereitung oder Erwärmung von Wasser anderer Herkunft erzeugt werden kann und darf (z. B. als Mineralwasser), sind nicht nur unter dem Aspekt des Vorrangs der öffentlichen Wasserversorgung, sondern auch im Hinblick auf die Vorhaltung von Trinkwasserreserven, insbesondere aufgrund der Besorgnis eines anhaltenden Rückgangs der Grundwasserneubildung durch den Klimawandel zu beurteilen.

Für andere, über den Zweck der öffentlichen Wasserversorgung hinausgehende Nutzungen von Tiefengrundwasser (s. Kap. 7.3) sind ebenfalls besonders strenge Beurteilungskriterien anzulegen. Hierbei ist z. B. vom Antragsteller zu belegen, dass die erforderlichen konkreten Eigenschaften zwingend erforderlich sind und das Tiefengrundwasser auch nicht für die Weiterverarbeitung in der Zusammensetzung durch Aufbereitung verändert wird. Ausnahmen können naturnahe Aufbereitungsmethoden darstellen (z. B. Enteisung, Entmanganung, Entsäuerung, Belüftung).

Inwieweit einzelne bestehende andere Nutzungen aus fachlicher Sicht weiter zugelassen werden können, ist im Einzelfall zu beurteilen. Dies hängt im Wesentlichen davon ab, ob bereits nachteilige Auswirkungen eingetreten oder absehbar sind (z. B. fallende Grundwasserstände, nachteilige Veränderung der Tiefengrundwasserbeschaffenheit). Ziel ist die weitgehende Rückführung auf o. g. zulässige Nutzungen.

### **Tiefengrundwasser-Mischwasser**

Inwieweit bei Tiefengrundwasser-Mischwasser mit einem wesentlichen Anteil an Tiefengrundwasser (ca. > 10 %) dieselben Regelungen, wie für reines Tiefengrundwasser einschlägig sind (Kap. 8.1), ist im Einzelfall durch den amtlichen Sachverständigen zu prüfen. Der Anteil des Tiefengrundwassers ist auf Grundlage der hydrogeologischen Modellvorstellung begründet abzuschätzen, da dieser aufgrund der komplexen hydrogeologischen Verhältnisse i. V. mit einer oftmals geringen Datengrundlage meist nicht exakt bestimmt werden kann.

Es ergeben sich grundsätzlich folgende Fälle:

- Der Brunnen fördert Mischwasser durch Grundwasserleiter- bzw. –stockwerksübergreifenden Ausbau. In diesem Fall ist regelmäßig eine Sanierung erforderlich. Je nach der sich dann ergebenden Verteilung der Entnahme auf Tiefengrundwasser oder oberflächennahes Grundwasser sind auf Basis der Kriterien dieses Merkblatts entsprechend angepasste Anforderungen an den auf das Tiefengrundwasser entfallenden Anteil zu stellen.
- Bei dem System 3 (Grundwasserschichtungs-Modell, Anhang 1 Kap. 1.3) erfolgt bei größeren Entnahmen nahezu zwangsläufig die Förderung von Tiefengrundwasser-Mischwasser, da hier der Austausch mit dem schnell regenerierenden Grundwasser nicht durch geringer durchlässige Schichten behindert wird und gleichzeitig auch ein Zufluss aus tiefen Bereichen des Tiefengrundwasserleiters in Gang gesetzt werden kann. In diesem Fall sind die Möglichkeiten, Vermischungen und nachteilige Veränderungen der Tiefengrundwasserbeschaffenheit zu vermeiden, sehr begrenzt, wodurch die im Merkblatt dargestellten wasserwirtschaftlichen Anforderungen nur eingeschränkt anwendbar sind. Hier ist das Augenmerk auf eine möglichst schonende Nutzung und ein entsprechendes Monitoring zu legen. Typische Beispiele hierfür sind Bereiche des nicht überdeckten Malms und Sandsteinkeupers.
- Im Bereich aufsteigender Tiefengrundwässer (Entlastungszonen) kommt es auch häufig zu einer Vermischung, vor allem mit Grundwasser in quartären Talfüllungen. Hier angeordnete Brunnen fördern Tiefengrundwasser-Mischwasser mit zumeist hohen Anteilen an Tiefengrundwasser. Derartige Entnahmen sind grundsätzlich vertretbar, solange es hier durch die Entnahme zu keiner grundlegenden Änderung der hydraulischen Potenzialverhältnisse kommt und die Entnahme im Vergleich zur aufsteigenden Menge an Tiefengrundwasser gering ist.

### Zweites Standbein

Die Nutzung von Tiefengrundwasser als zweites Standbein bzw. Notfall-Reserve bei der öffentlichen Wasserversorgung ist grundsätzlich sinnvoll und zu empfehlen. Dies gilt auch und im Besonderen für Wasserversorgungsanlagen, deren Wassergewinnung von Tiefengrundwasser auf oberflächennahes Grundwasser umgestellt wurde. Die Einhaltung der a. a. R. d. T. sind auch bei Verwendung als zweites Standbein stets einzuhalten. Bauliche Mängel, insbesondere Mischverfilterungen, sind vor einer weiteren Verwendung als zweites Standbein zu sanieren. Um im Bedarfsfall sofort einsatzfähig zu sein, ist eine Nutzung in geringem Umfang, z. B. einmal in der Woche, vertretbar und zweckmäßig. Eine wasserrechtliche Erlaubnis und die Festsetzung eines angepassten Wasserschutzgebiets sind in diesem Fall erforderlich. Liegen eine Wassergewinnungslage von oberflächennahem Grundwasser und eine Tiefengrundwassergewinnung in enger räumlicher Nähe, sollte in der Regel das Wasserschutzgebiet für das oberflächennahe Grundwasser auch einen ausreichenden Schutz für das Tiefengrundwasser gewährleisten. Ob dies der Fall ist, muss in Einzelfall geprüft werden; ein gemeinsames Wasserschutzgebiet ist dann stets zweckmäßig.

### Überwachung

An die Überwachung von Tiefengrundwassergewinnungen sind regelmäßig Anforderungen zu stellen (siehe Kap. 8.4). Dies betrifft auch die Errichtung und den Betrieb eines in mehrere Überwachungsbereiche abgestuften Messnetzes. Zu überwachen sind dabei sowohl das Tiefengrundwasser, als auch das oberflächennahe Grundwasser, - sofern vorhanden und eine gegenseitige Beeinflussung nicht auszuschließen ist. Neben der quantitativen Überwachung von Grundwasserständen und –druckspiegelhöhen ist vor allem eine qualitative Grundwasserüberwachung erforderlich, die auf die besonderen Eigenschaften und Qualitätskriterien von Tiefengrundwasser abstellen. Der Parameterumfang im zu überwachenden oberflächennahen Grundwasser richtet sich grundsätzlich nach den gesetzlichen Vorgaben. Der Untersuchungsumfang ist darüber hinaus auch auf weitere Stoffe, insbesondere organische Spurenstoffe, zu erweitern, wenn aufgrund der Eintragsmöglichkeit und -situation im Einzugsgebiet der Tiefengrundwassergewinnung Auswirkungen auf die natürliche Reinheit des Tiefengrundwassers nicht ausgeschlossen werden können. Beim Parameterumfang für die Überwachung des Tiefengrundwassers sind die im

oberflächennahen Grundwasser nachgewiesenen Stoffe zu berücksichtigen. Die organischen Parameter PAK, LHKW und PFC sollten stets in das Messprogramm der Volluntersuchung aufgenommen werden. In Bezug auf PSM ist aufgrund der meist weitreichenden und nur näherungsweise bekannten Einzugsgebiete im Tiefengrundwasser die Erstellung des WGA-spezifischen Messprogramms entsprechend des von LfU und LGL herausgegebenen PSM-Konzepts nicht sinnvoll. Stattdessen ist jeweils die gesamte aktuelle Untersuchungsliste „Pflanzenschutzmittel – [Empfohlene Untersuchungsparameter](#)“ des LGL zu verwenden, wie dies auch allgemein für Roh- und Trinkwasseruntersuchungen empfohlen wird sowie ergänzend deren einschlägig bekannte Metabolite.

Im Hinblick auf den Untersuchungsturnus gelten die rechtlichen Vorgaben für Voll- und Kurzuntersuchungen. Für die Vorfeldmessstellen gelten hierbei die gleichen Anforderungen wie für Wasserversorgungsanlagen (d. h. mind. 5-jährliche Volluntersuchungen bei einer Eigengewinnung über 10.000 m<sup>3</sup> pro Jahr).

Neben der Überwachung der chemischen Parameter sind im Tiefengrundwasser regelmäßige Umwelt-traceruntersuchungen durchzuführen. Je nach Grundwasseraltersstruktur kommen neben Tritium noch weitere Isotopen, ggf. in Kombination mit Umwelttracern, in Frage (s. Anhang 1, Kap. 2.6).

### **Betrieb**

An den Betrieb von Tiefengrundwassergewinnungen sind besondere Anforderungen zu stellen (s. Kap. 8.5). Grundsätzlich gilt, dass Wasserrechte von Tiefengrundwassergewinnungen während der Laufzeit bestehenden wasserrechtlichen Zulassungen nicht widerrufen werden sollen, auch wenn nicht alle Vorgaben dieses Merkblatts beachtet werden (z. B. Bewertung von Versorgungsalternativen), soweit nicht z. B. durch mangelnde Einhaltung der a. a. R. d. T. die Versorgung mit einwandfreiem Trinkwasser gefährdet oder eine schädliche Gewässeränderung zu besorgen ist.

Sind bei bestehenden Anlagen Mischverfilterungen oder mangelhafte Abdichtungen vorhanden, die zu einer Verbindung zwischen oberflächennahem Grundwasser und Tiefengrundwasser führen, ist ein Sanierungskonzept zu erstellen und in angemessener Zeit umzusetzen. Die Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen innerhalb einer festzulegenden Frist ist explizit als auflösende Bedingung in die wasserrechtliche Gestattung bei Neuzulassungen aufzunehmen.

Die häufig erhöhten Eisen- und Mangankonzentrationen im Tiefengrundwasser machen in vielen Fällen eine Wasseraufbereitung mit Enteisenung und Entmanganung für die Nutzung als Trinkwasser erforderlich. Sie sind auch verantwortlich für eine teilweise starke Tendenz zur Verockerung der Brunnen und auch der zur Überwachung dienenden Grundwasserwassermessstellen. Insbesondere die Brunnen der öffentlichen Wasserversorgung sind daher regelmäßig auf ihren technischen Zustand zu überprüfen (Kamerabefahrungen, Flowmetermessungen, ggf. weitere geophysikalische Messungen) und erforderlichenfalls zu regenerieren. Die Aufstellung eines entsprechenden Überwachungsplans soll bereits Teil der Antragsunterlagen sein, er ist mit zunehmender Betriebserfahrung anzupassen. Eine entsprechende Verpflichtung sollte in den Bescheid aufgenommen werden.

Um die Regenerierfähigkeit und die Betriebsdauer der Brunnen zu erhöhen, wird empfohlen, beim Bau die Verwendung von Glaskugeln als Filterkiesmaterial zu prüfen. Gegebenenfalls lassen sich dadurch die Regenerationszyklen verlängern.

### **Abdrucke**

Gem. Ziff. 7.4.6.5 Buchst. b) und d) VVWas ist das LfU vom Sachverständigen über die Begutachtung von den Entnahmen von Tiefengrundwasser sowie Heil- und Mineralwasser durch Abdruck des Gutachtens zu unterrichten.

## 10 Besonderheiten einzelner Tiefengrundwasservorkommen

### Vorlandmolasse

In der Vorlandmolasse in Nieder- und Oberbayern sowie Schwaben sind die Sande und Kiese der Oberen Süßwassermolasse (OSM) ein wichtiger Tiefengrundwasserleiter (s. Karte Anhang 3), der jedoch je nach hydrogeologischen Verhältnissen auch Tiefengrundwasser-Mischwasser oder Grundwasser mit kurzen Umsatzzeiten („kein Tiefengrundwasser“) führen kann. Er wird von quartären Schottern und im Tertiärhügelland von weiteren Schichten des Tertiärs überlagert, die schwebende Grundwasserstockwerke enthalten können. Das Tiefengrundwasser im Tertiärhügelland, dort auch als Hauptgrundwasserstockwerk bezeichnet, stellt eine Kombination von System 1: Grundwasserstockwerks-Modell und System 2: Grundwasserschichtungs-Modell dar (vgl. Anhang 1 Kap. 1.4). Als Oberkante des Tiefengrundwasserleiters wird seine Grundwasserdruckfläche definiert und bei wasserwirtschaftlichen Begutachtungen zugrunde gelegt. Da im Tertiärhügelland meist kein oder nur gering ergiebiges oberflächennahes Grundwasser vorhanden ist, besteht für die Wasserversorgung selten eine Versorgungsalternative. Ein individueller Nachweis ist dennoch erforderlich.

Das Tiefengrundwasserstockwerk kann nochmals in einzelne Grundwasserleiter (bzw. -horizonte) aufgeteilt sein. Wenn die Voraussetzungen einer Nutzung gegeben sind, ist eine Verfilterung sowohl bei Neuerschließung als auch im Rahmen einer Sanierung möglichst im obersten Teil des Tiefengrundwasserstockwerks anzustreben.

Zur Bewirtschaftung des Tiefengrundwassers im Großraum Augsburg hat das WWA Donauwörth 2003 eine hydrogeologische Bilanzstudie in Auftrag gegeben, 2013 wurde diese bis zur Landesgrenze erweitert.

Ein großräumiges Grundwasserströmungs- und Stofftransportmodell wurde im Tertiärhügelland im Bereich zwischen Landshut, Straubing und Deggendorf im Auftrag des LfU im Jahr 2016 erstellt. Dabei handelte es sich um ein Pilotprojekt zur Ermittlung diffuser Nährstoffeinträge und -stoffströme, mit Schwerpunkt Nitrat.

### Überdeckter Sandsteinkeuper

Der Tiefengrundwasserleiter des überdeckten Sandsteinkeupers befindet sich im südlichen Mittelfranken und angrenzenden Gebieten (s. Karte Anhang 3). Er wird durch Anlagen der öffentlichen Wasserversorgung sowie örtlich zur Mineral- und Thermalwassergewinnung genutzt. Entlang der Donau zwischen Ingolstadt und Regensburg finden thermische Nutzungen statt. Die gering durchlässige Überdeckung besteht aus Feuerletten sowie darüber anstehenden Schichten des Oberen Keupers sowie Unteren Juras, die insgesamt als Grundwasserhemmer einzustufen sind.

Der überdeckte Sandsteinkeuper stellt ein System 1 – Grundwasserstockwerks-Modell – dar. Er weist in vielen Bereichen sinkende Grundwasserstände auf. Im Auftrag der Wasserwirtschaftsverwaltung wurde 2004 ein großräumiges Grundwasserströmungsmodell erstellt, das mehrfach fortgeschrieben wurde. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass das Grundwasservorkommen übernutzt wird. Dies widerspricht insbesondere den Vorgaben der EG-WRRL zum guten chemischen und mengenmäßiger Zustand des Grundwassers (Art. 4.1 WRRL) und damit § 47 WHG. Bei gleichbleibenden Entnahmen würde sich ein Beharungszustand erst in rd. 500 Jahren einstellen. Durch die vorhandenen Entnahmen kommt es zu einer Speicherentleerung des gespannten Grundwassersystems. Außerdem findet eine Verschiebung der Hauptgrundwasserscheiden nach Norden statt. Um das System zu stabilisieren, ist es das wasserwirtschaftliche Ziel, die Entnahmen in betroffenen Bilanzgebieten um den Betrag der Speicherentleerung zu reduzieren. Hierzu soll in den nächsten Jahren unter Federführung des LfU ein Bewirtschaftungskonzept aufgestellt werden. Zusätzliche Entnahmen im überdeckten Sandsteinkeuper sind insgesamt vor dem Hintergrund nicht vertretbar.

### **Offener, tiefer Malm und nicht überdeckter Sandsteinkeuper**

Die Grundwasservorkommen des nicht überdeckten Sandsteinkeuper in Mittelfranken und angrenzenden Gebieten sowie der offene, tiefe Malm der Fränkischen Alb sind im Gegensatz z. B. zum überdeckten Sandsteinkeuper oder Benker Sandstein (Gipskeuper) keine „klassischen“ Tiefengrundwasservorkommen, sondern Mischsysteme, mit unterschiedlich hohen Anteilen von Grundwasser mit kurzen und langen Umsatzzeiten. Der nicht überdeckte Sandsteinkeuper sowie der offene Malm, bei Ausbildung als tiefer Karst und entsprechend großer Mächtigkeit, sind grundsätzlich dem System 2 (Grundwasserschichtungs-Modell) zu zuordnen. Als erstes bzw. oberflächennächstes Grundwasserstockwerk sind diese für die öffentliche Wasserversorgung von großer Bedeutung.

Bei der Gewinnung von größeren Entnahmemengen aus größerer Tiefe, erfolgt nahezu zwangsläufig eine anteilige Förderung von Komponenten mit langen Umsatzzeiten, da hier der Austausch mit dem schnell regenerierenden Grundwasser nicht durch weiträumig verbreitete und hydraulisch wirksame geringer durchlässige Schichten behindert wird und damit gleichzeitig auch ein Zufluss aus tiefen Bereichen des Grundwasserstockwerkes in Gang gesetzt werden kann. Da hier die wasserwirtschaftlichen Anforderungen für Tiefengrundwasserentnahmen aufgrund der besonderen hydrogeologischen nur bedingt anwendbar sind, kann eine wasserwirtschaftlich vertretbare Bewirtschaftung meist nur auf eine möglichst schonende Nutzung und ein intensives Monitoring ausgerichtet sein.

### **Benker Sandstein**

Der Benker Sandstein (Gipskeuper) als Tiefengrundwasserleiter erstreckt sich südlich einer Linie Ansbach-Erlangen und wird vor allem regional im Bereich der Landkreise Ansbach, Fürth und Roth wasserwirtschaftlich genutzt. Er gehört grundsätzlich zum System 1 – Grundwasserstockwerk-Modell. Die Überdeckung besteht aus den in der Regel gering durchlässigen Estherienschiefern. Ausnahmen finden sich im Bereich Zirndorf, wo durch den Schilfsandstein in Rinnenfazies die Estherienschiefer ganz oder teilweise erodiert sind. Hier steht der Schilfsandstein direkt mit dem Benker Sandstein in Verbindung, sodass die Empfindlichkeit erhöht ist. Für den Benker Sandstein wurde im Auftrag der Wasserwirtschaftsverwaltung 1993 ein großräumiges Grundwasserströmungsmodell aufgebaut, das 1996 fortgeschrieben wurde.

### **Überdeckter Malm**

Im Malm (Oberer Jura) finden sich Tiefengrundwässer sowohl im überdeckten, als auch im offenen, tiefen Malm(karst) (s. o. und Karte Anhang 3). Während der überdeckte Malm dem System 1 – Grundwasserstockwerks-Modell – zuzuordnen ist, gehört der offene Malm, bei Ausbildung als tiefer Karst und entsprechend großer Mächtigkeit, zum System 2 - Grundwasserschichtungs-Modell. Beim überdeckten Malm kann noch zwischen dem zur Wasserversorgung genutzten sowie einem für thermale und balneologische Zwecke genutzten Bereich unterschieden werden.

Großräumige Untersuchungen für das zur Wasserversorgung genutzte Tiefengrundwasser im überdeckten Malm wurden in Nordschwaben durchgeführt (Bereich zwischen Nördlinger Ries und Donau). Hier wurde im Auftrag der Bayerischen Rieswasserversorgung (BRW) und weiterer Karstwasserversorger unter Beteiligung des WWA Donauwörth und des LfU ein hydrogeologisches Modell und ein Grundwasserströmungsmodell erstellt. Ziel ist die Ermittlung des gewinnbaren Grundwasserdargebotes im Karstgrundwasserleiter des Malms und im Donautal-Quartär sowie der geohydraulischen Zusammenhänge zwischen den Grundwasserleitern.

Für das Thermalwasservorkommen im niederbayerisch-oberösterreichischen Molassebecken ist seit 1992 eine grenzüberschreitende Expertengruppe Thermalwasser eingesetzt, um den Schutz des balneologisch und thermisch genutzten Grundwassers zu gewährleisten und es derart zu bewirtschaften, dass Wassermenge und -beschaffenheit möglichst unbeeinträchtigt erhalten bleiben. Der Expertengruppe obliegt auch die Beauftragung der Erstellung und Fortschreibung des vorhandenen thermisch-hydraulisch

gekoppelten Grundwasserströmungsmodells. Für das Thermalwasservorkommen wurde im Rahmen der Umsetzung der EG-WRRL ein Tiefengrundwasserkörper ausgewiesen.

### **Zechstein**

Der Tiefengrundwasserleiter im Zechstein ist in Unterfranken von der Untermainebene bis ins Rhönvorland anzutreffen (s. Karte Anhang 3). Der aus Kalken, Dolomiten sowie z. T. Gips- und Anhydritgesteinen bestehende, oft geringmächtige Karst- und/oder Kluftgrundwasserleiter wird von den grundwasserhemmenden Tonsteinen des ebenfalls stratigraphisch zum Zechstein gehörenden Bröckelschiefer überdeckt. Die vorhandenen Entnahmen erfolgen fast ausschließlich für Heil-, Thermal- und Mineralwassernutzungen. Das Tiefengrundwasser ist oft hoch mineralisiert und weist örtlich erhöhte Arsengehalte auf. Es ist dem System 1 – Grundwasserstockwerks-Modell – zuzuordnen. Örtlich treten Entlastungszonen entlang von Störungszonen auf (s. Anhang 1, Kap. 2.3).

## 11 Literatur

Andres, G., Egger, R (1983): Untersuchungen zum Grundwasserhaushalt des Tiefenwassers der Oberen Süßwassermolasse durch Grundwasseraltersbestimmungen.- Bayer. Landesamt f. Wasserwirtsch., Informationsbericht 8/83, München.

Andres, G., Egger, R. (1983): Untersuchungen zum Grundwasserhaushalt des 'Tiefenwassers der Oberen Süßwassermolasse durch Grundwasseraltersbestimmungen.- LfW, Schriftenreihe 8, 201 S., München.

Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt Nr. 1.2/7 Wasserschutzgebiete für die öffentliche Wasserversorgung.

Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt Nr. 3.7/2 Planung und Erstellung von Erdwärmesonden.

Bayerisches Wassergesetz (BayWG)

Beschluss des Bayerischen Landtags vom 01.07.1994 (Drs. 12/16495)

Burger, H. (2009): Vorkommen, Nutzung und Schutz von Thermalwässern und Mineralwässern im Kanton Aargau: eine Übersicht. - Swiss Bull. angew. Geol., 14/1+2, 13-27, Bern.

Cremer, N. (2007): die Nutzung tiefer Grundwasservorkommen aus der Hauptkiesserie am Niederrhein - Gründe, Vorteile und Probleme. - Bochumer Geowissenschaftl. Arbeiten, 11, 71-84, Bochum.

DGG: Hydrogeologische Beiträge der Fachsektion Hydrogeologie der Deutschen Geologischen Gesellschaft (Hrsg.), Hydrogeologische Modelle. Ein Leitfaden mit Fallbeispielen. Heft 24 (2002)

DIN 4049-1 (1992): Hydrologie, Grundbegriffe.- Deutsches Institut für Normung e.V, DIN 4049 Teil 1, Berlin (Beuth).

DIN 4049-2 (1990): Hydrologie, Begriffe der Gewässerbeschaffenheit.- Deutsches Institut für Normung e.V, DIN 4049 Teil 2, Berlin (Beuth).

DIN 4049-3 (1994): Hydrologie, Begriffe der quantitativen Hydrologie.- Deutsches Institut für Normung e.V., DIN 4049 Teil 3, Berlin (Beuth)

Domberger, G. (2006): NAUTIWA, Tiefengrundwasser nachhaltig bewirtschaften. - Wasserzeitschrift der Steiermark, 2/2006, 29-35, Graz.

DVWK (1983): Beiträge zu tiefen Grundwässern und zum Grundwasser-Wärmehaushalt I: Tiefe Grundwässer - Bedeutung, Begriffe, Eigenschaften, Erkundungsmethoden. - DVWK Schriften, 61, 166 S., Hamburg.

DVWK (1987): Erkundung tiefer Grundwasser- und Zirkulationssysteme - Grundlagen und Beispiele. - DVWK Schriften, 81, 223 S., Hamburg.

EG Grundwassertochterrichtlinie (2006): Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung.- Abl. 327 vom 27.12.2006.

EG Wasserrahmenrichtlinie (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.- Abl. L 327 vom 22.12.2000, (EG-WRRL)

Egger, R. (1978): Das Grundwasser in der Oberen Süßwassermolasse im Raum München und Augsburg.- Diss. Uni München, 110 S., München.

Eichinger, L., Heidinger, M., Heinrichs, G., Looslo, H. H., Deiglmayr, W (2000): Isotope Hydrological Investigations of a Deep Groundwater System Near Ingolstadt, Bavaria. *Isotopes Environ. Health Studies*, Vol. 36, S. 384-385

Eichinger, L., Rietzler, J. (1985): Vorkommen und Alter des tieferen Grundwasser südöstlich von Nürnberg. *Neue Deliwa-Zeitschrift* 8.85, S. 354-360.

Eichinger, L., Stichler W. (1997): Isotopenuntersuchungen in der Münchener Schotterebene.- Beiträge zur Hydrogeologie, Bd. 48/I, (Joanneum Research) Graz.

Einsiedl, F., Maloszewski, W, Srichler, W. (2002): Tracerhydrogeologische Studien im Karst der Frankenalb.- In: Institut für Hydrologie Jahresbericht 2001, 108-117, (GSF-Forschungszentrum) Neuherberg.

Fischer et al. (1991): Possible evidence for <sup>14</sup>C isotope exchange between groundwater an carbonate rocks in the Eastern Donau Ried, Bavaria, Germany. IAEA-SM-319/15. 14S.

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG)

Ghergut, I. (2003d): Altersbestimmung und numerische Simulation zu Möglichkeit und Grenzen einer prozessorientierten Kontrolle (Frühwarnsystem) der Bewirtschaftung tiefer Grundwässer.- Diss.LMU München Fakultät für Geowissenschaften, Februar 2003, München.

Ghergut, I., Maloszewski, P. (2003a): Umweltisotopenantwort auf tiefe Wasserentnahmen warnt vor langfristiger Gefährdung der Grundwasserqualität. GSF-IfH Jahresbericht 2002, 132-134.

Ghergut, I., Maloszewski, P., Seiler, K.-P. (2003b): Langfristiges Verhalten umweltisotopenbasierter Frühwarnsysteme zur Bewirtschaftung tiefer Grundwässer. GSF-IfH Jahresbericht 2002, 129-131.

Ghergut, I., Maloszewski, P., Seiler, K.-P., Stichler, W. (2003c): Zur theoretischen Grundlage einer prozessorientierten Kontrolle der Bewirtschaftung tiefer Grundwässer (Frühwarnsystem). - GSF-IfH Jahresbericht 2002, 126-128.

Goldbrunner, J. E. (1995): Vergleich von Isotopenuntersuchungen an Tiefengrundwässern des Steirischen Beckens und des Oberösterreichischen Molassebeckens. - *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 88 (1995), 31-39, Wien.

Grundwasserverordnung (GrwV)

Heinrichs, G., Hoque, E., Wolf, M., Stichler, W. (1999): Die Quelle "Irnising H<sub>2</sub>S": Hydrochemische, isotopische und mikrobiologische Untersuchungen an lokal auftretenden Schwefelwasserstoff-haltigen Wässern. GSF-Jahresbericht 1998, S. 137-150.

Herzberg, A. (2007): Holsterhausen/Üftermark - 185 km<sup>2</sup> Wasserschutzgebiet zur wasserwirtschaftlichen Nutzung der Halterner Sande im Südwestlichen Münsterland. - *Bochumer Geowissenschaftl. Arbeiten*, 11, 37-48, Bochum.

Land Steiermark (2004): Strategiepapier - Die Nutzung von Tiefengrundwasser aus Sicht der wasserwirtschaftlichen Planung.- Land Steiermark, Fachabteilung 19A - Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft. [http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10177435\\_4747937/67f7c8a0/Strategiepapier.pdf](http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10177435_4747937/67f7c8a0/Strategiepapier.pdf) (Abruf 2011-10-11)

Land Steiermark: Arteser Aktionsprogramm, Schutz von Tiefengrundwasser; Projekt: Sicherung von Trinkwasserressourcen durch Verschließen von Hausbrunnen.- Land Steiermark, Fachabteilung 19A - Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft. [http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10177435\\_4747937/f3305637/Arteser-Aktionsprogramm.pdf](http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10177435_4747937/f3305637/Arteser-Aktionsprogramm.pdf) (Abruf 2011-10-11)

Landesentwicklungsprogramm Bayern (LEP vom 16.05.2023)

Leuchs, W., Bergmann, S. (2007): Nutzung tiefer Grundwässer - Bedeutung und Problematik. - Bochumer Geowissenschaftl. Arbeiten, 11, 9-16. Bochum

LGRB-Fachbericht 1/2008 (2008): Verweilzeiten in oberflächennahen Grundwasserleitern in Baden-Württemberg - Regierungspräsidium Freiburg

Lodemann, M., Weise, S., Fritz, P., Forster, M, Rauert, W, Stichler, W & Trimborn, P (1989): Isotopenhydrologische Untersuchungen im Rahmen des Kontinentalen Tiefbohrprogrammes der Bundesrepublik Deutschland (KTB). GSF-Jahresbericht 1988, S. 123-134.

Mäurer, D., Wisotzky, F. (2007): Zukünftige Entwicklung des Tiefengrundwassers am Standort eines Wasserwerkes am Niederrhein. - Bochumer Geowissenschaftl. Arbeiten, 11, 60-70, Bochum

Mäurer, D., Wisotzky, F. (2008): Prognose zur Entwicklung der Nitrat- und Sulfatkonzentration in einem tiefen Grundwasserleiter durch hydrogeochemische Untersuchungen. - Grundwasser, 13-2008, 208-219.

Micke, D., Wisotzky, F. (2006): Untersuchungen der Grundwasserqualität bei Entnahme aus größerer Tiefe. - Schriftenreihe d. dt. Ges. für Geowissenschaften, 43, S. 153.

Mineral- und Tafelwasserverordnung (MinTafWV)

Nolte, C., Bergmann, A. (2007): Entwicklung der Grund- und Rohwasserbeschaffenheit am Beispiel ausgewählter Wassergewinnungsanlagen in NRW. - Bochumer Geowissenschaftl. Arbeiten, 11, 85-97. Bochum.

Oswald, T. (2007): Hydrogeologie der tiefen Liegendleiter im Rheinischen Revier. - Bochumer Geowissenschaftl. Arbeiten, 11, 26-36, Bochum.

ÖWAV (2000): Nutzung artesischer und gespannter Grundwässer. - ÖWAV Regelblatt, 211, 60 S. Wien.

ÖWAV (2010): Nutzung und Schutz von Thermalwasservorkommen. - ÖWAV Regelblatt, 215, 88 S. Wien.

ÖWAV (2015): Brunnen in gespannten Grundwässern – Neuerrichtung, Sanierung und Rückbau. - ÖWAV Regelblatt, 218, 48 S. Wien."

ÖWAV (2018): Tiefengrundwasserbewirtschaftung zum Zweck der Trinkwasserversorgung. - ÖWAV Regelblatt, 219, 60 S. Wien.

ÖWWV (1986): Tiefengrundwässer und Trinkwasserversorgung. - zurückgezogenes ÖWWV Regelblatt, 202, 61 S. Wien.

Schubert, A. (1996): Tiefengrundwasseruntersuchungen im Molassebecken westlich von Linz. - Dissertation TU Berlin, 127 S., Berlin.

Seiler, K.-P. (1983): Tiefe Grundwässer und Faktoren, die das Absenkverhalten in tiefen Grundwässern beeinflussen.- Z. d. dt. geol. Ges., 134, 845-855, Hannover.

Seiler, K.-P. (2001): Bewirtschaftung tiefer Grundwässer und die Folgen für ihre Schützbarkeit.- Zbl. Geol. Paläontol., Teil I, Heft 1/2, 65-75, Stuttgart.

Seiler, K.-P., Lindner, W. (1993): Oberflächennahe und tiefe Grundwässer - Vorkommen und Bedeutung. - DGM, 37, H 1/2, 2-7.

Seiler, K.-P., Lindner, W. (1995): Surface-near and dee ground water. J. Hydrol., 165, 33-44.

Stichler, W. (1997): Isotopengehalte in Tiefengrundwässern aus Erdöl- und Erdgasbohrungen im süd-deutschen Molassebecken. Beiträge zur Hydrogeologie, 48/I, S. 81-88, Graz.

Stichler, W. (1997): Isotopengehalte in Tiefengrundwässern aus Erdöl- und Erdgasbohrungen im süd-deutschen Molassebecken. -Beiträge zur Hydrologie, Joanneum Research, 48 (1997), 81-97, Graz.

Trinkwasserverordnung (TrinkwV)

UBA Österreich (2009): Pilotprojekt Grundwasseralter, Endbericht 2008. Umweltbundesamt Österreich. Wien.

Udluft, P. (1975): Das tiefere Grundwasser zwischen Vindelicischem Rücken und Alpenrand. - Geol. Jb., C 11, 3-29, Hannover.

Vasvári, V. (2001): Erfassung der Druckausbreitung in geklüfteten Grundwasserleitern. Impulsprojekt E30 gefördert durch den Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen forschung, AG Geoteam Technisches Büro für Hydrogeologie, Geothermie und Umwelt Ges.m.b.H.. 117S.

Verordnung zur Eigenüberwachung von Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen (Eigenüberwachungsverordnung – EÜV)

Verwaltungsvorschrift für der die Anerkennung und Nutzungsgenehmigung von natürlichen Mineralwasser (MinWAnerkVwV)

Verwaltungsvorschrift zum Vollzug des Wasserrechts (VWWas)

Wassersicherstellungsgesetz (WasSG)

Weise, S. M., Loosili, H. H., Honal, M. (2000): Qualitative Isotopenstudie an Tiefengrundwässern aus dem Bereich Augsburg-München. - GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit München, Jahresbericht 1999 / Institut für Hydrologie, 32-36. Neuherberg.

Weise, S. M., Stichler, W. (1997): Edelgasisotopen-Methoden als Werkzeug zur Untersuchung tiefreichender Grundwasser-Fließsysteme am Beispiel des süddeutschen Molassebeckens. Beiträge zur Hydrogeologie, 48/1, S. 69-80, Graz.

Wieland, S. (2004): Untersuchungen zur Genese von Tiefenwässern in Berlin und Brandenburg unter Einsatz multivarianter Statistik. Diplomarbeit, FU Berlin, 86 S., Berlin.

Wisotzky, F., Mäurer, D., Kraft, C. (2007): Angewandte Beispiele zur Hydrochemie tiefer Grundwässer. - Bochumer Geowissenschaftl. Arbeiten, 11, 17-25, Bochum.

Wohnlich, S. (2007): Definition tiefer Grundwässer. - Bochumer Geowissenschaftl. Arbeiten, 11, 4-8, Bochum.

Zötl, J.G. (1978): Tiefengrundwässer - Nutzung und Beherrschung. - Österreich. Wasserwirtsch., 30 (3/4), 46-52, Wien.

## Anhang 1

### Systemvorstellungen, Merkmale und Kategorien von Tiefengrundwasservorkommen in Bayern

#### 1 Hydrogeologische Modellvorstellungen von Tiefengrundwassersystemen

Allen Tiefengrundwasservorkommen gemeinsam sind die langen Umsatzzeiträume im Zuge von Neubildung und Abfluss, wodurch sie als langsam regenerierende Grundwassersysteme zu beschreiben sind (Kap. 3). Über diese integrale Eigenschaft können die Tiefengrundwasservorkommen in Bayern identifiziert werden, jedoch weisen sie im Hinblick auf hydrogeologische Verhältnisse und Vulnerabilität deutliche Unterschiede auf.

Basierend auf den unterschiedlichen hydrogeologischen Verhältnissen können **vereinfacht drei Tiefengrundwassersysteme** beschrieben werden, die einzeln oder in Kombination auftreten können:

System 1: Grundwasserstockwerks-Modell,

System 2: Grundwasserleiter-Modell,

System 3: Grundwasserschichtungs-Modell.

##### 1.1 System 1 – Grundwasserstockwerks-Modell

Bei dem „Grundwasserstockwerks-Modell“ handelt es sich um das „klassische“, der allgemeinen Vorstellung von Tiefengrundwasser entsprechenden Tiefengrundwassersystem. Die hydraulische Trennung von Tiefengrundwasser (hier 2. Grundwasserstockwerk) und oberflächennahem Grundwasser (1. Grundwasserstockwerk) erfolgt aufgrund der Stockwerkstrennung durch einen Grundwasserhemmer (Abb. 1 und Abb. 2), wobei der Grundwasserhemmer auch an der Oberfläche austreten und direkt anstehen kann. Typisch für das System 1 ist die vergleichsweise geringe und stark verzögerte Tiefengrundwasserneubildung, die zum einen über Leakage aus einem benachbarten Grundwasserstockwerk und zum anderen durch Zustrom aus ggf. räumlich weit entfernten Ausstrichbereichen des Tiefengrundwasserleiters erfolgen kann.

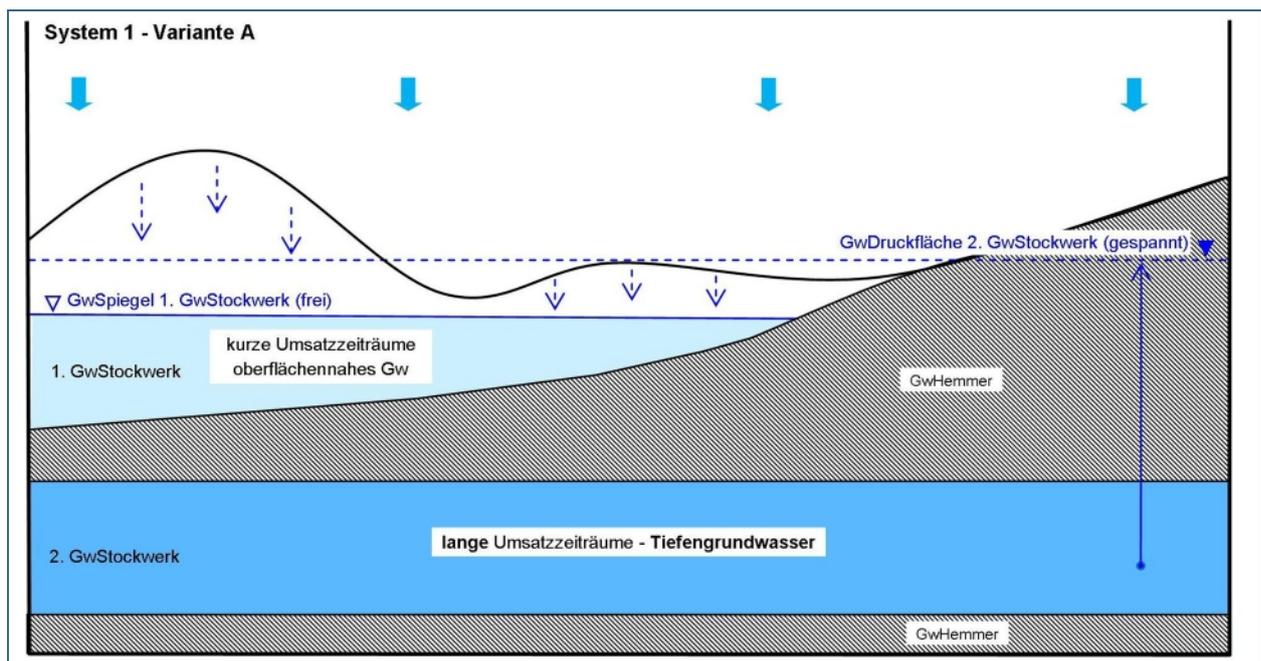


Abb. 1: System 1 (Grundwasserstockwerks-Modell) – Variante A

In Variante A (Abb. 1) liegt das hydraulische Potenzial des 2. Grundwasserstockwerkes oberhalb des 1. Grundwasserstockwerkes, d. h. es erfolgt im natürlichen, durch Entnahme unbeeinflussten Zustand eine Zusickeung vom 2. in das 1. Grundwasserstockwerk. Damit ist hier für das Tiefengrundwasservorkommen bei ungestörten hydraulischen Potenzialverhältnissen ein idealer Schutz gegenüber Stoffeinträgen aus dem darüber liegenden Grundwasserstockwerk vorhanden. Bei Wasserentnahme aus dem Tiefengrundwasserstockwerk können sich jedoch die Potenzialverhältnisse umkehren, z. B. durch lokale Absenktrichter einzelner Brunnen und/oder regionale Absenkung des Grundwasserspiegels durch großräumige intensive Nutzung. Die Potenzialumkehr erfolgt, wenn durch Entnahmen die Grundwasserdruckfläche des 2. Grundwasserstockwerkes (Tiefengrundwasser) unter den Grundwasserspiegel des 1. Grundwasserstockwerkes abgesenkt wird. Folge ist ein Leakage vom 1. (oberflächennahen) Grundwasserstockwerk in das 2. (Tiefen-)Grundwasserstockwerk.

In der dargestellten Variante B (Abb. 2) liegt das hydraulische Potenzial (Grundwasserdruckfläche) des 2. Grundwasserstockwerkes (Tiefengrundwasser) unter dem des 1. Grundwasserstockwerkes, d. h. es erfolgt im natürlichen, durch Entnahme unbeeinflussten Zustand eine Zusickeung vom 1. in das 2. Grundwasserstockwerk. Bei Verringerung des hydraulischen Potenzials im 2. Grundwasserstockwerk durch Entnahme resultiert ein verstärkter Leakage (Zusickeung) aus dem 1. Grundwasserstockwerk in das Tiefengrundwasserstockwerk. Dies kann durch den lokalen Absenktrichter eines Brunnen und / oder durch regionale Absenkungen des Grundwasserspiegels aufgrund weitere Entnahmebrunnen hervorgerufen sein. Dabei kann im 1. Grundwasserstockwerk vorhandenes anthropogenes Schadstoffpotenzial beschleunigt in das Tiefengrundwasservorkommen verlagert werden, vor dem es im natürlichen Zustand in hohem Maße geschützt ist.

In Bayern ist das Tiefengrundwasservorkommen im Benker Sandstein ein typisches Beispiel für das System 1.

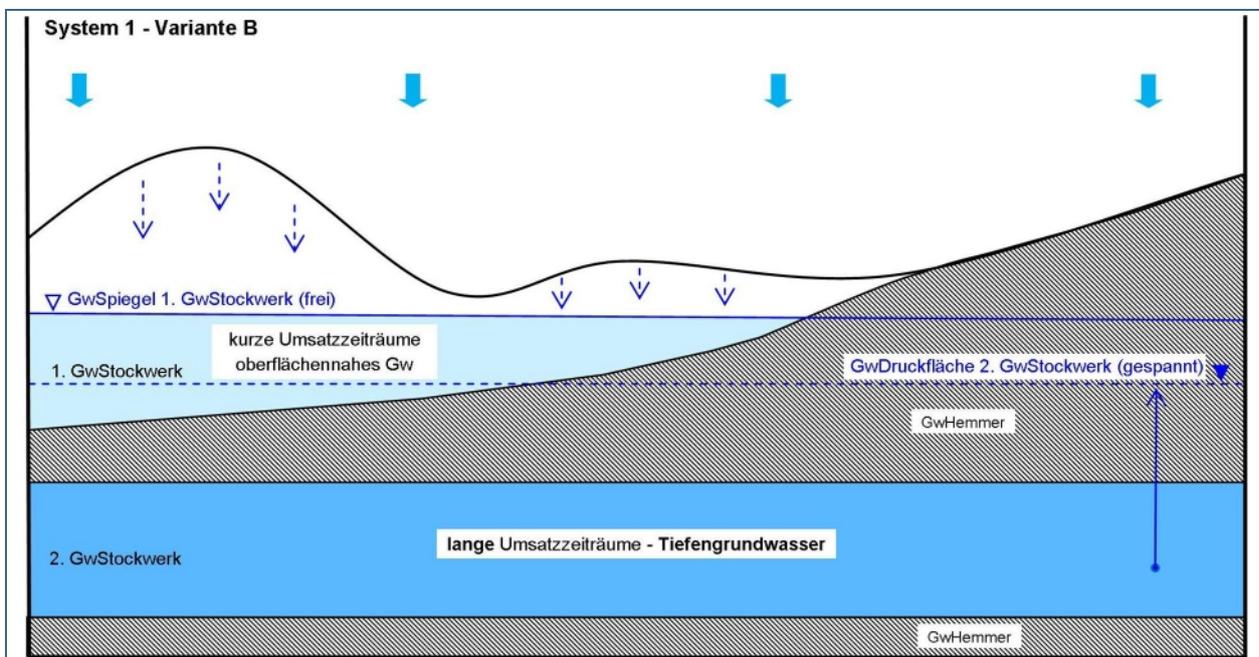


Abb. 2: System 1 (Grundwasserstockwerks-Modell) – Variante B

## 1.2 System 2 – Grundwasserleiter-Modell

Das System 2 „Grundwasserleiter-Modell“ (Abb. 3) besteht aus einem einzigen Grundwasserstockwerk, hier jedoch differenziert in zwei Grundwasserleiter mit deutlich unterschiedlicher hydraulischer Leitfähigkeit. Ein trennender Grundwasserhemmer fehlt. Bei stationären Grundwasserströmungsverhältnissen

herrschen innerhalb des Grundwasserstockwerkes grundsätzlich ausgeglichene hydraulische Potenzialverhältnisse, während bei instationären Grundwasserströmungsverhältnissen (z. B. bei Grundwasserentnahmen) Potenzialunterschiede zwischen den Grundwasserleitern typisch sind. Die hydraulische Abgrenzung zwischen Grundwasserleiter 1.1 und Grundwasserleiter 1.2 (in Abb. 3) resultiert im Wesentlichen auf einem signifikanten Unterschied der hydraulischen Leitfähigkeit der Grundwasserleiter. Aus der Differenz der hydraulischen Leitfähigkeit resultieren unterschiedlich lange Grundwasserneubildungszeiträume bzw. Umsatzraten und damit unterschiedliche mittlere Verweilzeiten des Grundwassers („Grundwasseralter“) im Grundwasserleiter. Das Tiefengrundwasser ist im Grundwasserleiter 1.2 anzutreffen. Im Vergleich zu System 1 reagiert das System 2 sensibler und verhältnismäßig schnell auf Entnahme induzierte Potenzialänderungen. Bei Entnahme aus Grundwasserleiter 1.2 kann eine vergleichsweise schnelle Verlagerung von Schadstoffen aus Grundwasserleiter 1.1 in 1.2 erfolgen.

Ein Beispiel für das System 2 ist die Münchner Schotterebene mit den unterlagernden Molassesedimenten.

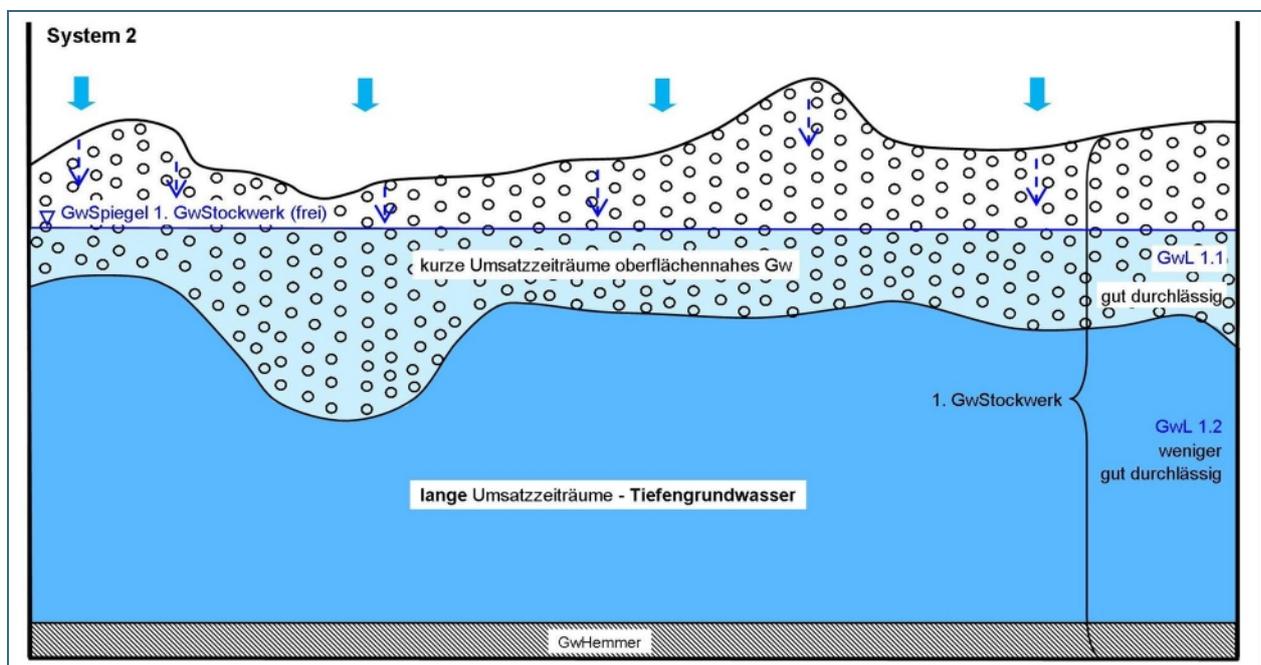


Abb. 3: System 2 (Grundwasserleiter-Modell)

### 1.3 System 3 – Grundwasserschichtungs-Modell

Das System 3 „Grundwasserschichtungs-Modell“ (Abb. 4) basiert ebenso wie System 2 auf einem zusammenhängenden ersten Grundwasserstockwerk, das jedoch nur aus einem einzigen eher mächtigen Grundwasserleiter besteht oder das durch lokal bis regional verbreitete Trennschichten in verschiedene Grundwasserhorizonte gegliedert ist. Die Änderung der Altersstruktur des Grundwassers innerhalb des Grundwasserstockwerks ergibt sich aus den mit der Tiefe zunehmend längeren Umsatzzeiträumen. Die langen Umsatzzeiträume können aus einer lang andauernden Passage des Sickertraums und / oder aus langen Durchmischungszeiträumen innerhalb der gesättigten Zone resultieren

Bei ungestörten hydraulischen Potenzialverhältnissen liegt grundsätzlich eine „Schichtung“ (bezogen auf die mittlere Verweilzeit) des Grundwassers im Grundwasserleiter vor. Das System 3 reagiert meist direkt, äußerst sensibel und verhältnismäßig schnell (insbesondere im Vergleich zu System 1) auf Entnahme induzierte Potenzialänderungen, wodurch bei Entnahme aus großer Tiefe eine relativ schnelle Verlagerung von oberflächennahem Schadstoffpotenzial in das Tiefengrundwasser und/oder durch die Potenzialentlastung ein verstärkter Zustrom von Tiefengrundwasser erfolgen kann.

Ein Beispiel für das System 3 sind die tieferen Bereiche des nicht überdeckten Malmes oder Bereiche des nicht überdeckten Sandsteinkeupers.

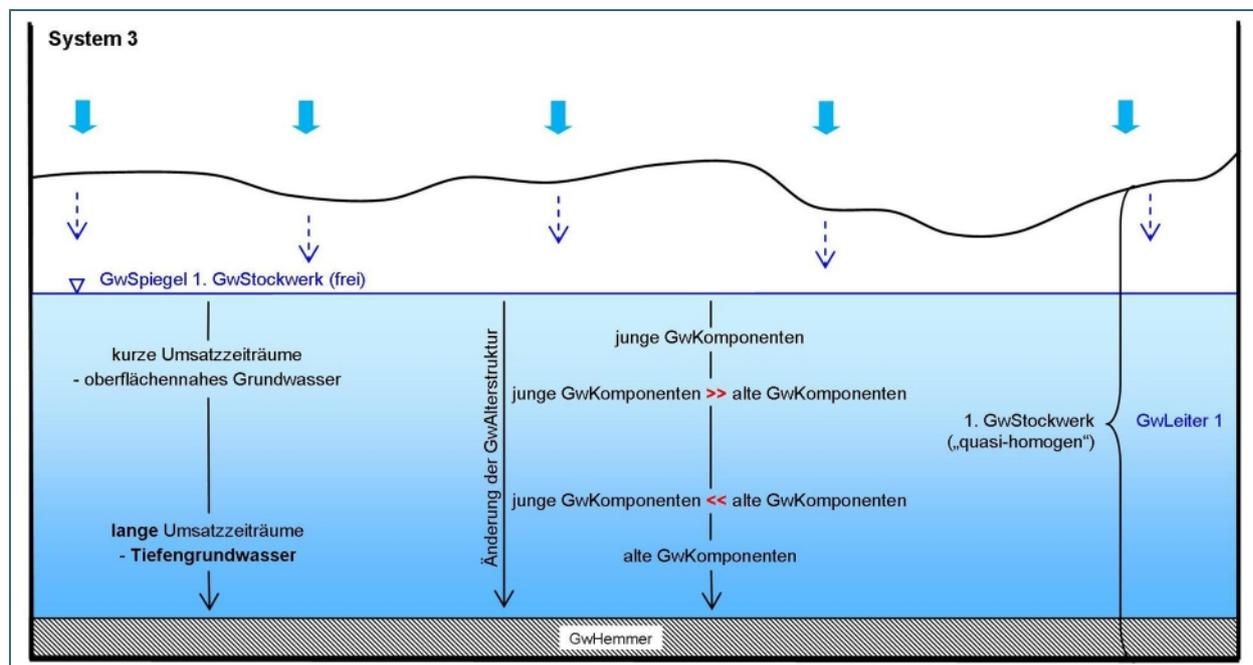


Abb. 4: System 3 (Grundwasserschichtungs-Modell mit einem Grundwasserleiter)

#### 1.4 Kombination der Systeme

Zwischen den Modellsystemen treten Übergänge und Kombinationen auf. Die Tiefengrundwasservorkommen in Bayern können zwar meist einem „maßgeblichen“ System zugeordnet werden, jedoch ist es z. T. erforderlich, die Systeme zu kombinieren, um die hydrogeologischen und hydraulischen Verhältnisse zu erfassen und zu beschreiben.

Ein typisches Beispiel für eine Systemkombination ist das in Abb. 5 dargestellte Tiefengrundwasservorkommen in den Sedimenten des Tertiärhügellandes (hier Kombination der Systeme 1 und 3).

In diesem Beispiel sind im 1. Grundwasserstockwerk schematisch verschiedene schwebende Grundwasserstockwerke (1.1 bis 1.3) oder „klassische“ Grundwasserstockwerke (1.4) vorhanden, die meist regional begrenzte Grundwasservorkommen darstellen. Sie weisen je nach Art und Mächtigkeit der ungesättigten Zone unterschiedlich lange Umsatzzeiträume auf. Es handelt sich hier i. d. R. um junges (oberflächennahes) Grundwasser und um kein Tiefengrundwasser.

Das 2. Grundwasserstockwerk, im Tertiärhügelland auch als Hauptgrundwasserstockwerk bezeichnet, stellt in diesem Fallbeispiel das Tiefengrundwasservorkommen dar. Hier sind im Vergleich zu den oberflächennahen Grundwasservorkommen lange Umsatzzeiträume und geringe Umsatzraten vorherrschend.

Im Grundwasserneubildungsgebiet des linken Teils der Abb. 5 (System 1+3) erfolgt nach Infiltration in den Sickerraum eine langsame Durchsickerung der ungesättigten Zone im 1. Grundwasserstockwerk (ggf. mit zwischenzeitlicher Grundwasserneubildung in schwebenden Grundwasserstockwerken 1.1 bis 1.3) bis zur Grundwasseroberfläche des 2. Grundwasserstockwerks (Tiefengrundwasserneubildung). Aus der langsamen Passage des Sickerwassers durch das 1. Grundwasserstockwerk resultiert das hohe Grundwasseralter bzw. die hohe mittlere Verweilzeit des Tiefengrundwassers. Im Grundwasserneubildungsgebiet im Abschnitt des Systems 3 (Abb. 5, Mitte) resultieren die Umsatzzeiträume des neu gebil-

deten Grundwassers aus der Mächtigkeit des Sickerraums und / oder der großen Grundwassermächtigkeit. Daher können bei dieser Systemkombination, lokal begrenzte Bereiche mit für oberflächennahes Grundwasser typischer Grundwasseraltersstruktur auftreten – in einem sonst grundsätzlich homogenen Tiefengrundwasservorkommen. Das Grundwasservorkommen im Bereich des Systems 1 (rechter Teil der Abb. 5) wird durch Leakage aus Grundwasserstockwerk 1.4 und ggf. Zustrom aus benachbarten Grundwasserabschnitten alimentiert.

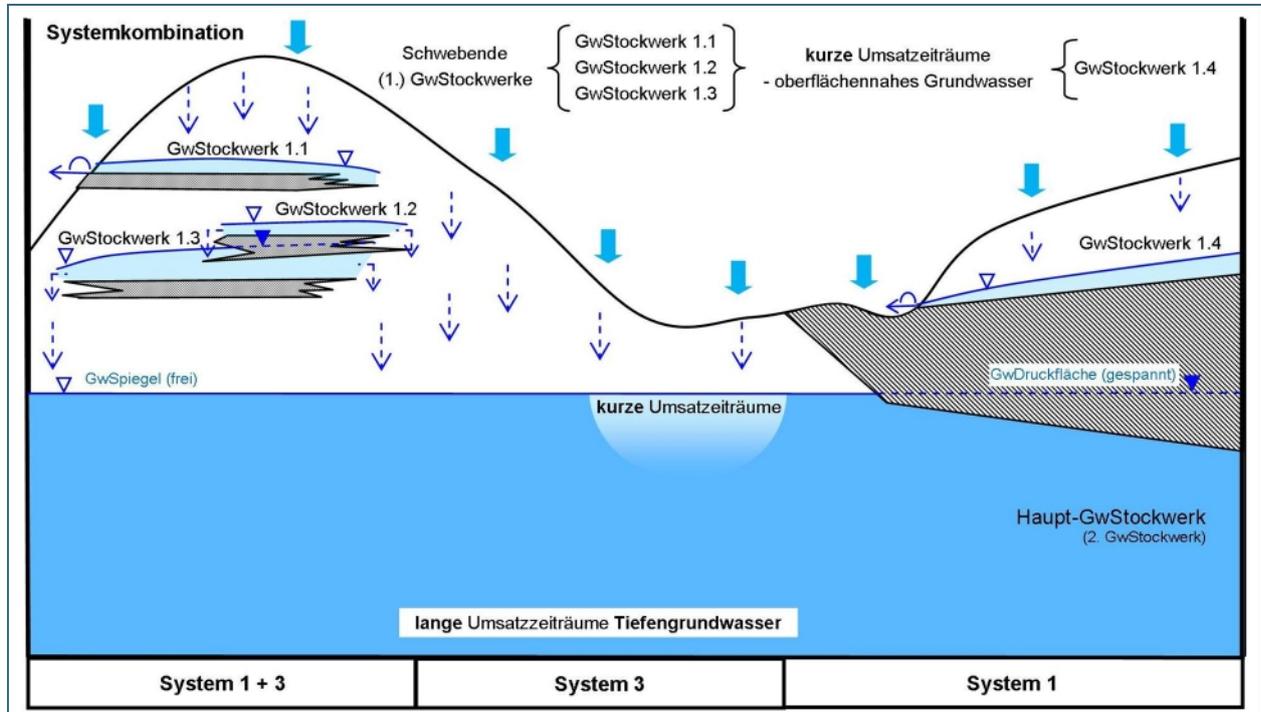


Abb. 5: Kombination der Systeme

## 2 Merkmale von Tiefengrundwasservorkommen

### 2.1 Einzugsgebiete von Tiefengrundwassererschließungen

Grundwassereinzugsgebiete von Tiefengrundwassererschließungen sind wegen der komplexen Strömungssysteme und hydrogeologischen Verhältnisse nur schwer zu ermitteln bzw. abzugrenzen. Bewährte Methoden bei der Abgrenzung von Einzugsgebieten oberflächennaher Grundwasservorkommen sind bei Tiefengrundwasser nur bedingt anzuwenden.

Entnahmeinduzierte Potenzialänderungen (Absenken des Grundwasserspiegels bzw. der Grundwasserdruckfläche) gehen meist einher mit einer Erhöhung der Grundwasserneubildungsrate durch Zuzug von jüngerem Grundwasser sowie einer Vergrößerung des Grundwassereinzugsgebietes. Hierbei können auch Grundwasservorkommen ohne Tiefengrundwasser-Charakteristik erstmalig angekoppelt werden.

Aufgrund der meist gespannten bzw. teilgespannten Grundwasserverhältnisse sowie des geringen Grundwasserumsatzes reagieren die hydraulischen Potenziale von Tiefengrundwasservorkommen oft sehr sensibel auf Entnahmen. Hieraus können signifikante Veränderungen der Einzugsgebiete von Tiefengrundwassererschließungen bei Entnahmeänderungen resultieren. Insbesondere in wasserwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten ist dabei der lokale Betrachtungsmaßstab nicht ausreichend, da hier regionale z. T. auch überregionale Änderungen der hydraulischen Verhältnisse typisch sind, die auch über das Tiefengrundwasservorkommen selbst hinausreichen können.

Aufgrund des geringen Grundwasserumsatzes sind bei Tiefengrundwasserentnahmen i. d. R. erst nach Jahren bzw. Jahrzehnten stationäre Strömungs- bzw. Potenzialverhältnisse („Quasibeharrung“) zu erwarten. Daher erfordert die Abgrenzung der Grundwassereinzugsgebiete umfangreiche Untersuchungen und Berechnungen zu den hydrogeologischen Randbedingungen, den hydraulischen Verhältnissen, zur Grundwasseraltersstruktur sowie zum Wasserhaushalt (Bilanzierung). Diese Anforderungen können meist nur mittels eines regionalen Grundwasserströmungsmodells – unter Berücksichtigung aller relevanten Entnahmen – mit hinreichender Genauigkeit erfüllt werden. Voraussetzung dafür ist jedoch eine ausreichende Datengrundlage.

Beispielhaft ist in Abb. 6 – anhand eines „worst-case“ Szenarios – die Auswirkung einer intensiven wasserwirtschaftlichen Nutzung von Tiefengrundwasser auf das Einzugsgebiet eines Brunnens (Br. 1) außerhalb des Tiefengrundwasservorkommens dargestellt (Fall A, Fall B). Während bei moderaten Tiefengrundwasserentnahmen (Fall A) der Grundwasseranstrom des Br. 1 aus Osten erfolgt, kehrt sich der Grundwasseranstrom am Br. 1 bei Entnahmeerhöhung an den Br. 2 bis 4 (Fall B) um, sodass das Einzugsgebiet des Br. 1 nunmehr im Westen liegt. Dies ist Folge der nach Westen „wandernden“ Grundwasserscheide in Verbindung mit sinkendem Grundwasserspiegel (bzw. Grundwasserruckfläche) im 2. Grundwasserstockwerk. Ein für den Br. 1 im Osten gelegenes festgesetztes Wasserschutzgebiet (Fall A) wäre im Fall B nicht mehr wirksam. Die Schützbarkeit des vom Br. 1 erschlossenen Grundwasservorkommens wäre unter Berücksichtigung der geänderten hydraulischen Verhältnisse erneut zu prüfen und zu beurteilen.

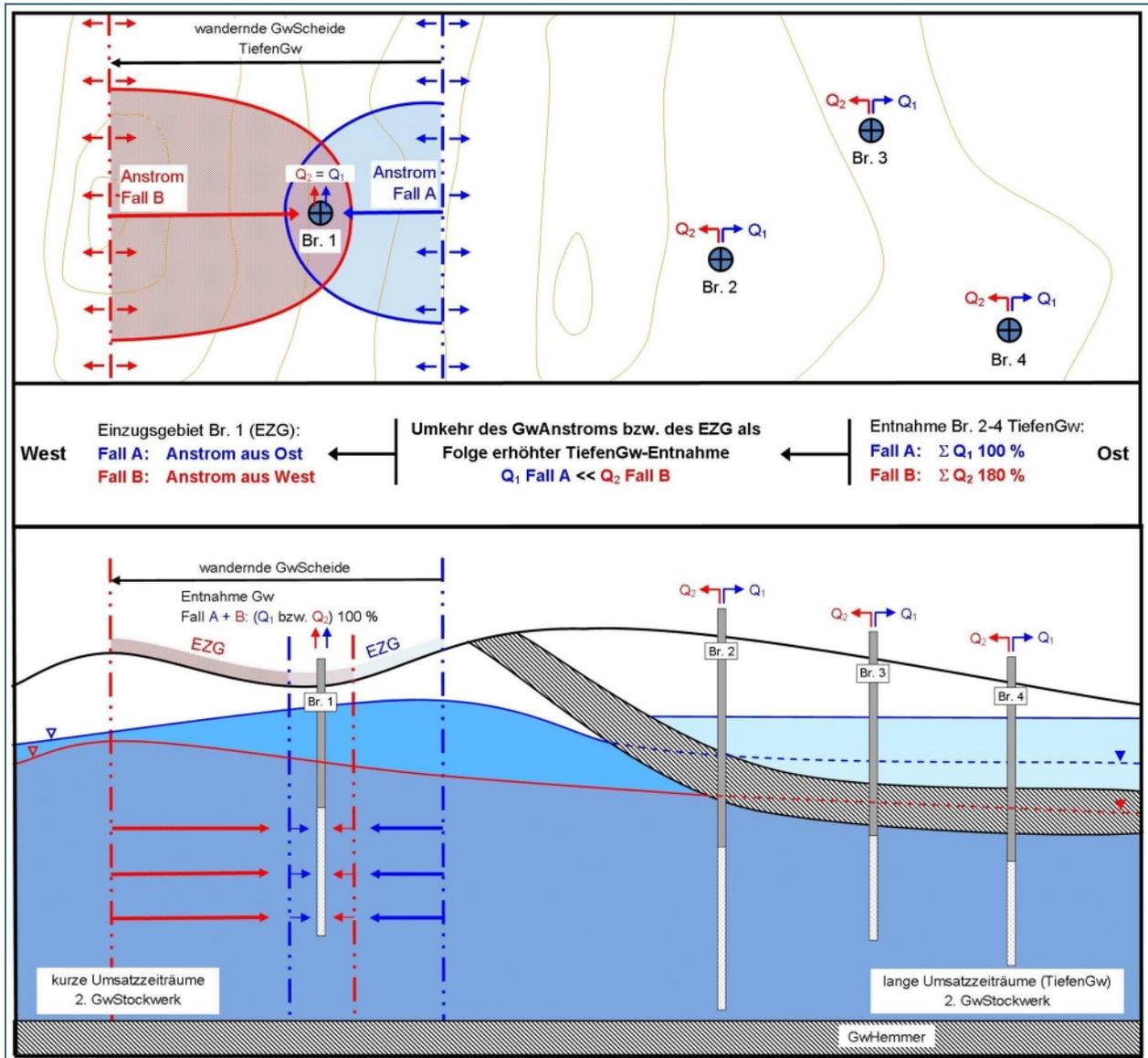


Abb. 6: Wandernde Grundwasserscheide, Richtungsumkehr des Einzugsgebiets

## 2.2 Grundwasserneubildung von Tiefengrundwasservorkommen

Um das wasserwirtschaftlich nachhaltig nutzbare Dargebot eines Grundwasservorkommens festzulegen, muss grundsätzlich dessen Regenerationsvermögen ermittelt werden. Hierfür ist die Grundwasserneubildung entscheidendes wasserwirtschaftliches Beurteilungskriterium. Jedoch ist im Vergleich zu schnell regenerierenden Grundwassersystemen mit kurzen Umsatzzeiträumen die Erfassung des Regenerationsvermögens von Tiefengrundwasservorkommen deutlich komplizierter, da bei der Neubildung von Tiefengrundwasser unterschiedliche Prozesse wirksam sein können.

Grundwasserneubildung ist gem. DIN 4049-3, Nr. 3.6.17 der Übertritt (Zugang) von infiltriertem Wasser (Infiltration) aus dem Sickerraum in das Grundwasser, wobei diese ein Spezialfall der Zusickerung ist.

Die Grundwasserneubildung in Tiefengrundwasservorkommen wird über komplexe, meist weiträumig wirksame Zirkulationssysteme gesteuert, wobei die Bilanzgröße Grundwasserneubildung gemäß DIN 4049-3 nur einen einzelnen Prozess bei der Regeneration eines Tiefengrundwasservorkommens darstellt. In diesem Merkblatt wird daher der weiter gefasste Begriff „Tiefengrundwasserneubildung“ eingeführt.

Bei langsam regenerierenden Grundwassersystemen (Tiefengrundwasser-Systeme) kann die Tiefengrundwasserneubildung vereinfacht in vier Prozesse differenziert werden, die einzeln oder in Kombination auftreten können:

Prozess 1: Austausch des Tiefengrundwasservorkommens mit hangenden (z. B. oberflächennahen) oder liegenden Grundwasserstockwerken bzw. Grundwasserleitern durch Leakage und die daraus resultierende Zusickerung aus einem (oder mehreren) benachbarten Grundwasserabschnitt(en) (Abb. 7, Fall A).

Prozess 2: Lang andauernde Durchsickerung von infiltriertem Wasser in eine mächtige ungesättigte Zone bzw. einen Sickerraum (hier Übereinstimmung mit Grundwasserneubildung gemäß DIN 4049-3) bis zur Grundwasseroberfläche (Abb. 7, Fall C).

Prozess 3: Grundwasserzustrom aus einem benachbarten Grundwasserabschnitt in das Tiefengrundwasservorkommen (Abb. 7, Fall A).

Prozess 4: Lang andauernde vertikale Strömungsprozesse innerhalb eines quasihomogenen Grundwasserleiters bzw. Grundwasserstockwerks, mit resultierender „Schichtung“ von Grundwasser unterschiedlicher Altersstruktur (Abb. 7, Fall B).

Während bei den Prozessen 1 und 2 der Ort der Tiefengrundwasserneubildung klar definiert ist (Schichtgrenzen, Grundwasseroberfläche) ist bei den Prozessen 3 und 4 die Festlegung einer konkreten Grenze nicht möglich, da in diesen Fällen keine eindeutigen hydraulischen oder hydrogeologischen Randbedingungen für die Abgrenzung des Tiefengrundwasservorkommens vorhanden sind. Grundsätzlich ist jedoch die Festlegung von Übergangsbereichen zwischen Grundwasser mit kurzen Umsatzzeiträumen und Tiefengrundwasser möglich (s. Abb. 7).

Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Fallbeispiele in Abb. 7 Zonen und Bereiche von Tiefengrundwasserneubildung bei stationären Grundwasserströmungs- und Grundwasserpotenzialverhältnissen zeigen. Aufgrund des geringen Grundwasserumsatzes stellen sich jedoch bei Tiefengrundwasserentnahmen stationäre Verhältnisse meist erst nach vielen Jahren bis Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten ein. Da während der instationären Phase auch die Neubildungsbereiche der Tiefengrundwasservorkommen variabel sind, können bei Tiefengrundwassererschließungen sukzessiv steigende junge Grundwasseranteile Folge sein. Die Neubildungsbereiche von Tiefengrundwasser sind typischerweise sehr groß und/oder räumlich weit entfernt vom eigentlichen Gewinnungsgebiet.

Die Quantifizierung der Tiefengrundwasserneubildung ist grundsätzlich sehr komplex, da im Vergleich zu Erschließungen in Grundwasservorkommen mit kurzen Umsatzzeiträumen die Betrachtung und Bilanzierung der lokalen hydrogeologischen und hydrologischen Verhältnisse meist nicht ausreicht. In diesen Fällen muss i. d. R. eine regionale oder z. T. auch überregionale Bearbeitung mittels Grundwasserströmungsmodellen durchgeführt werden. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Tiefengrundwasserneubildung oft direkt vom Umfang bzw. der Intensität der (bereits vorhandenen und zukünftigen) wasserwirtschaftlichen Nutzung abhängt. Daraus resultiert, dass die natürliche unbeeinflusste Tiefengrundwasserneubildung geringer ist bzw. war, als die entnahmeinduzierte Tiefengrundwasserneubildung. Dieser Umstand ist u. U. bei der Umsetzung eines Grundwasserströmungsmodells bzw. bei Wasserhaushaltsbilanzierungen zu berücksichtigen.

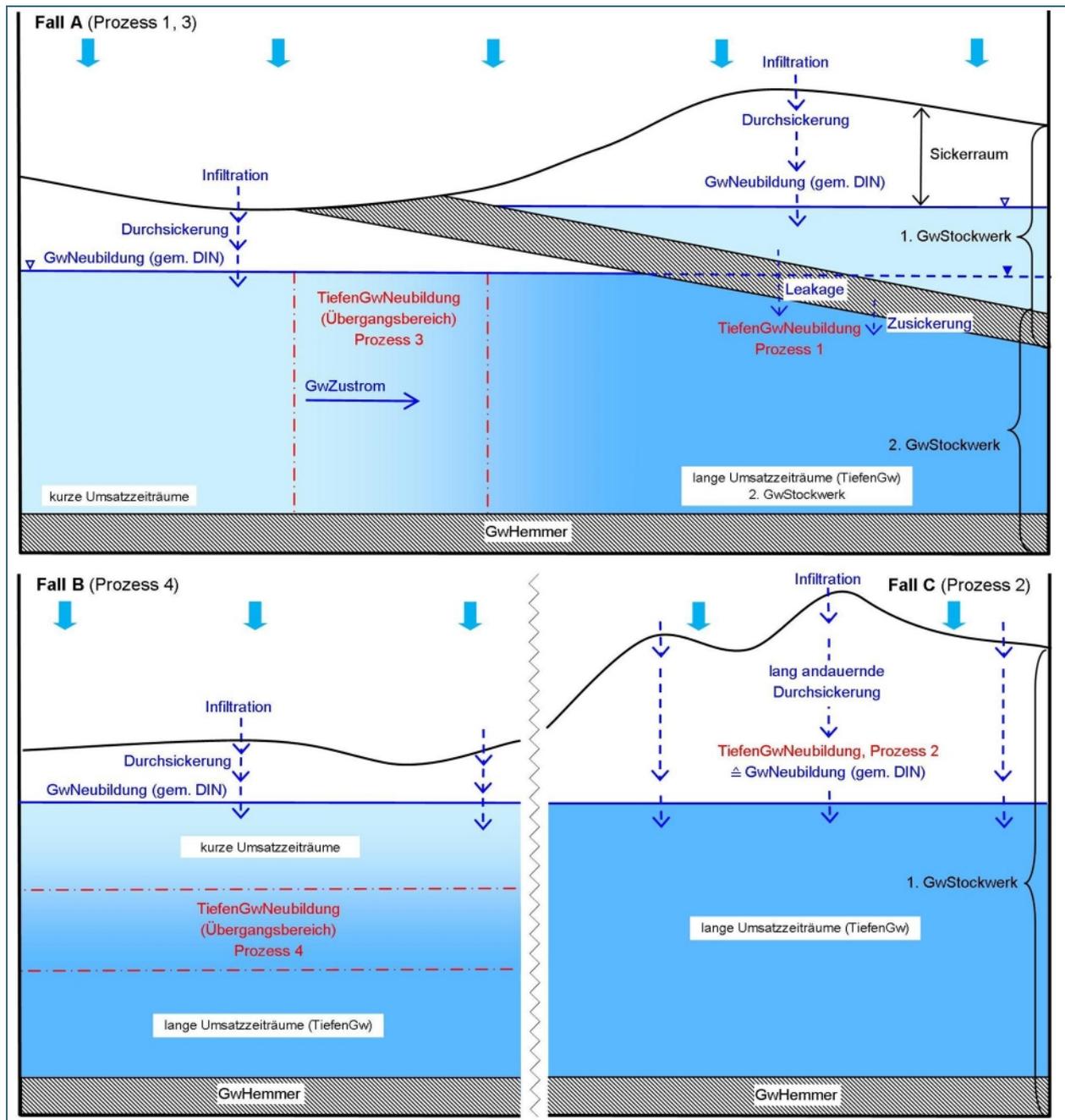


Abb. 7: Neubildung von Tiefengrundwasservorkommen

### 2.3 Entlastungszonen

Entlastungszonen von Tiefengrundwasservorkommen sind Bereiche, in denen großräumig vorherrschende Potenzialverhältnisse lokal oder regional signifikant entlastet werden. Die Entlastungszonen wirken hydraulisch als Abstrombereiche von Tiefengrundwasser in Grundwasservorkommen mit kürzeren Umsatzzeiträumen (oberflächennahe Grundwasservorkommen). Bedeutende Entlastungszonen sind meist an lineare, regional bedeutsame Strukturen gebunden, wie beispielsweise Vorfluter oder Störungszonen (Abb. 7 und Abb. 8). Grundsätzlich können aber auch punktuelle Entlastungszonen (z. B. hydraulische Fenster) vorhanden sein.

Abb. 8 zeigt schematisch eine Entlastungszone, die an einen regional bedeutsamen Vorfluter gebunden ist. In Vorflutnähe erfolgt die Zusickeung aus einem meist gespanntem oder teilgespanntem Tiefen-





Der Abbau von Pflanzenschutzmitteln nimmt nach der Passage der belebten Bodenzone signifikant ab, eine nennenswerte Elimination der Stoffe ist unterhalb der belebten Bodenzone aber meist nicht mehr zu erwarten. Auch für diese Stoffe ist die Filter- und Sorptionsfähigkeit des Untergrundes letztlich begrenzt.

Manche Schadstoffe (z. B. halogenierte Kohlewasserstoffe, PFAS) unterliegen im Grundwasser generell kaum oder keinen Abbauprozessen.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Wirksamkeit der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung zum einen von den besonderen hydrogeologischen Verhältnissen der einzelnen Tiefengrundwassersysteme abhängig ist (z. B. Grundwasserüberdeckung, Grundwassermächtigkeit, Potenzialverhältnisse, hydraulische Leitfähigkeit) und zum anderen von der Intensität der wasserwirtschaftlichen Nutzung. Die reine Verzögerung infolge langsamer Regeneration eines Tiefengrundwasservorkommens bedeutet keinen langfristigen, vollkommenen Schutz des Tiefengrundwassers.

Aus diesem Grund darf sich der Grundwasserschutz nicht nur auf Gebiete mit kurzfristig ersichtlicher Empfindlichkeit beschränken, sondern muss ungeteilt und flächendeckend umgesetzt werden.

## 2.5 Hydrochemie

Hydrochemisch unterscheiden sich Tiefengrundwässer i. d. R. von oberflächennahen Grundwässern. Die hydrochemische Zusammensetzung des originären vorerst oberflächennahen Grundwassers wird je nach Verweilzeit und Eigenschaften des durchströmten Gesteins sukzessive verändert und überprägt.

Beim Kontakt des Grundwassers mit dem durchströmten Gestein finden Lösungsprozesse statt, wobei die resultierende Höhe der Gesamtmineralisation des Grundwassers grundsätzlich von Druck, Temperatur, Löslichkeit des Grundwasserleiters sowie der Aufenthaltszeit im Grundwasserleiter abhängig ist. Neben Lösungsprozessen können darüber hinaus in Tiefengrundwasservorkommen bei langen Umsatzzeiträumen reversible Austauschprozesse ablaufen, sofern entsprechende Kationen- (seltener Anionen-) Austauschpartner im Gestein (z. B. bei tonigen Schichten) vorhanden sind.

Jede chemische Reaktion strebt einen Gleichgewichtszustand an. Im Tiefengrundwasser können – bedingt durch die langen Umsatzzeiträume – auch sehr langsam ablaufende chemische Gleichgewichtsreaktionen stattfinden. Dadurch sind Tiefengrundwässer und durchströmtes Gestein einem Gleichgewichtszustand näher als dies in einem oberflächennahen Grundwasserleiter möglich ist. Bei Mischungen mit Grundwässern anderer Zusammensetzung (z. B. oberflächennahe Grundwässer) können sich die Randbedingungen für hydrochemische Reaktionen fließend oder schlagartig ändern und andere Gleichgewichtsreaktionen ablaufen.

Tiefengrundwässer sind oft sauerstofffrei oder -arm, da durch mikrobielle Abbau- und Redoxprozesse der organischen Substanz der freie Sauerstoff nach und nach verbraucht wird. Bei Anwesenheit von organischem Kohlenstoff erfolgt eine charakteristische Abfolge von Redox-Reaktionen. Hierbei werden in einem geschlossenen System mit sinkendem Redox-Potenzial nacheinander freier Sauerstoff, Nitrat und Sulfat aus dem Wasser entfernt bzw. umgewandelt, Mangan und Eisen gelöst und Hydrogencarbonat sowie Methan gebildet. Kennzeichen eines solchen reduzierten Grundwassers können neben Sauerstoffarmut oder -freiheit, ein signifikant hoher Eisen- und Mangan-Gehalt, Gehalte an Schwefelwasserstoff, Nitrit und Ammonium sowie das Fehlen von Nitrat und Sulfat sein.

Insgesamt ist die typische Ionenzusammensetzung eines Tiefengrundwassers demnach vorrangig abhängig von der Petrographie des wirksamen Grundwasserleiters sowie der Verweildauer. Somit zeigen Tiefengrundwässer zumeist eine höhere Gesamtmineralisation, reduzierende Grundwasserverhältnisse und ggf. zunehmenden Austauschcharakter.

## 2.6 Bestimmung der Grundwasseraltersstruktur

Die Grundwasseraltersstruktur eines Tiefengrundwassersystems kann grundsätzlich mit Isotopen und Umwelttracern näher untersucht und bestimmt werden, wobei die Parameter, Untersuchungskonzept und Auswertungsmethoden individuell auf die konkrete Fragestellung und die vorliegenden hydrogeologischen Randbedingungen abgestimmt sein müssen. Allgemeingültige Hinweise im Hinblick auf die Auswahl von Isotopen und Umwelttracern, Methoden zur Auswertung, Möglichkeiten und Grenzen der Interpretation von Isotopenmessungen sind nicht möglich. Es wird empfohlen, bei derartigen Fragestellungen auf die Expertise einschlägiger Fachbüros (bzw. Laboratorien) oder ggf. Forschungseinrichtungen zurückzugreifen.

Zur Abschätzung der Grundwasseraltersstruktur werden meist Tritium (teils in Kombination mit Helium), Deuterium, Sauerstoff-18, Kohlenstoff-14, FCKW, SF<sub>6</sub> und Krypton-85 verwendet, wobei die Bestimmung von Tritium bislang in Bayern mit Abstand am häufigsten Anwendung fand. Eine aktuelle und umfassende Veröffentlichung zu den Methoden existiert im deutschsprachigen Raum derzeit nicht. Einen guten, immer noch aktuellen und verständlichen Überblick gibt der [LGRB-Fachbericht 1/2008](#). Nachfolgend werden einige grundsätzliche Hinweise zu den am häufigsten in Bayern angewendeten Tracern zur Bestimmung der Grundwasseraltersstruktur gegeben.

Ein Grundwasser mit einem Tritiumgehalt unterhalb der Nachweisgrenze von meist < 0,6 bis 0,7 TU ist grundsätzlich als Tiefengrundwasser zu charakterisieren, auch wenn ein geringer Anteil junger Grundwasserkomponenten (nach 1953 gebildet) bei heutigen Analysen unterhalb der Nachweisgrenze möglich ist. Im Umkehrschluss bedeutet der Nachweis von Tritium im Grundwasser jedoch nicht, dass es sich um kein Tiefengrundwasser handelt. Bei niedrigen Tritiumgehalten könnte es sich z. B. um ein Mischwasser mit einer alten Komponente (vor 1953 gebildet) und einer jungen Komponente (nach 1953 gebildet) handeln, bei hohen Tritiumgehalten um ein Tiefengrundwasser mit einer relativ hohen mittleren Verweilzeit von bis zu 60 Jahren handeln (in den 1950er bis 1970er Jahren gebildet).

Bestimmungen von Krypton-85, FCKW und SF<sub>6</sub> werden zumeist in Zusammenhang mit Tritiumanalysen ausgewertet. Deren Stoffgehalte in der Atmosphäre – und damit im neu gebildeten Grundwasser – sind anthropogen bedingt kontinuierlich angestiegen. Dabei wird der Beginn und Verlauf der jeweiligen atmosphärischen Eintragskurven der letzten Jahrzehnte berücksichtigt. Ein niedriger Kohlenstoff-14-Wert zeigt eine Komponente an, die oft Jahrtausende alt ist. Leichte δ<sup>18</sup>O- und δ<sup>2</sup>H- Werte geben Hinweise auf eine Neubildung bei kälteren klimatischen Bedingungen, z. B. während der Eiszeiten im Pleistozän.

Eine pauschale Angabe, ab welcher mittleren Verweilzeit oder welchem Anteil alter Grundwasserkomponente es sich um Tiefengrundwasser handelt, kann aus fachlicher Sicht nicht erfolgen. Für eine solche Charakterisierung ist immer eine zusammenfassende Bewertung aller geologischer, hydrogeologischer und hydrochemischer Aspekte und Informationen erforderlich – insbesondere auch des wirksamen Tiefengrundwassersystems (Anhang 1, Kap. 1). Grundsätzlich gilt, dass bei wesentlichem Anteil einer alten Grundwasserkomponente, das Grundwasservorkommen als Tiefengrundwasservorkommen zu charakterisieren und entsprechend zu bewirtschaften ist.

Generell müssen Mischwässer mit einer alten und jungen Grundwasserkomponente differenziert betrachtet werden. Die junge Grundwasserkomponente könnte im natürlichen unbeanspruchten Zustand nicht auftreten und nur durch Zuzug von oberflächennahem Grundwasser durch die Entnahme (z. B. Potenzialumkehr) hinzugetreten sein. Auch ein nicht fachgerecht ausgebauter oder sanierungsbedürftiger Brunnen mit unvollständiger Absperrung eines hangenden Grundwasserleiters oder Grundwasserstockwerks könnte Ursache für eine nicht erwartete junge Grundwasserkomponente sein.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass Auswertungen von Isotopenanalysen nur Hinweise auf die Plausibilität einer hydrogeologischen Systemvorstellung geben können und nicht als alleiniger Beweis geeignet sind.

### 3 Tiefengrundwasserkategorien

Nachfolgend werden Hinweise und Erläuterungen zur Tiefengrundwassereinstufung von Brunnen, Quellen und Grundwassermessstellen in den verwaltungsinternen Fachanwendungen Gewässeratlas Bayern (GWA) und Bodeninformationssystem Bayern (BIS) gegeben.

Das Mastersystem für die Kategorisierung ist GWA / BIS. Im Fachanwendungspaket GW wird das Attribut lesend zur Verfügung gestellt. Vom LfU (Ref. 94) wird die Kategorisierung des Datenbestands (Objekte „Bohrungen“ und „Quellen“) derzeit anlassbezogen und mit Priorität bei der öffentlichen Wasserversorgung bearbeitet.

Grundlage der Einstufung bildet die Experteneinschätzung über die Zuordnung zu einem Tiefengrundwassersystem (s. Anhang 1, Kap. 1). Weiterhin wurden die hydrochemische Charakteristik und ggf. vorhanden Isotopenuntersuchungen zur Bestimmung der Grundwasseraltersstruktur sowie die Bestimmung von Umwelttracern betrachtet.

Die Pflege soll künftig vorrangig von Wasserwirtschaftsämtern vorgenommen werden. Je nach Datenlage und Bearbeitungsstand sind Änderungen und Anpassungen möglich. Bei Datenbankabfragen ist daher zu berücksichtigen, dass das Ergebnis den aktuellsten Wissenstand zum Zeitpunkt einer Abfrage darstellt.

Folgende Kategorien werden für die o. g. Objekte erfasst:

- Kein Tiefengrundwasser
- Tiefengrundwasser / Mischwasser
  - Tiefengrundwasser-Mischwasser (belegt)
  - Tiefengrundwasser-Mischwasser (vermutet)
  - Tiefengrundwasser (belegt)
  - Tiefengrundwasser (vermutet)
- Derzeit keine Einstufung möglich.

#### **Kategorien „Tiefengrundwasser (vermutet)“ oder „Tiefengrundwasser (belegt)“**

Grundwasser mit ausschließlich langen Umsatzzeiten im Zuge der Grundwasserneubildung. Das Alter der Grundwasserkomponenten beträgt i. d. R. mehrere Jahrzehnte bis Jahrhunderte. Eine Besonderheit stellen die hydrogeologischen Verhältnisse im Tertiären Hügelland dar. Hier wird die Grundwasseroberfläche bzw. -druckfläche des sog. Hauptgrundwasserstockwerks (z. B. Grundwassergleichen der HK 500) in der Oberen Süßwassermolasse als Kriterium für die Grenze zum Tiefengrundwasser zugrunde gelegt. Die weitere Differenzierung „vermutet“ und „belegt“ stellt dar, mit welcher fachlichen Sicherheit die Kategorisierung erfolgte. „Tiefengrundwasser (vermutet)“ bedeutet, dass die Einstufung auf Grundlage der grundsätzlichen hydrogeologischen Modellvorstellung erfolgte, aber Messdaten zum Grundwasseralter fehlen oder unzureichend sind. Für Kategorie „Tiefengrundwasser (belegt)“ ist als letzter Nachweis entweder die Kenntnis über die Grundwasseraltersstruktur bzw. ggf. das Grundwassermischalter erforderlich oder aber die hydrogeologische Modellvorstellung ist zweifelsfrei zu argumentieren. Beispiele hierfür sind typischerweise die sog. „Tritiumfreiheit“ oder aber der tiefe Malmkarst unter der Molasse. Stehen Bohrungen in einem unmittelbaren Zusammenhang bzw. sind sie in Bezug auf hydrogeologische Verhältnisse und Ausbau vergleichbar, ist ein Analogieschluss zulässig.

### **Kategorien „Tiefengrundwasser-Mischwasser (vermutet)“ oder „Tiefengrundwasser-Mischwasser (belegt)“**

Grundwasser mit Anteilen aus schnell und langsam regenerierenden Grundwassersystemen. Hinweise auf den Einfluss von Grundwasser mit kurzen Umsatzzeiten auf ein Tiefengrundwasservorkommen geben neben der Grundwasseraltersstruktur z. B. anthropogene Spurenstoffe oder erhöhte Nitratkonzentrationen. Dabei ist es unerheblich, ob die Mischung der Komponenten auf natürliche oder entnahmebedingte Weise erfolgt. Maßgeblich für diese Kategorie ist ein signifikanter bzw. fachlich begründbarer Anteil von Tiefengrundwasser – unabhängig von der absoluten Höhe. Für die weitere Differenzierung „vermutet / belegt“ gelten dieselben Grundsätze wie bei der Kategorie „Tiefengrundwasser“. Für die Kategorie „Tiefengrundwasser-Mischwasser (belegt)“ sind Informationen über die Grundwasseraltersstruktur bzw. das Grundwassermischalter sowie ggf. über Zuflussbereiche erforderlich.

### **Kategorie „Kein Tiefengrundwasser“**

Grundwasser aus schnell regenerierenden Grundwassersystemen. Diese Vorkommen zeichnen sich durch kurze Umsatzzeiten im Zuge der Grundwasserneubildung aus. Das Alter einzelner Grundwasserkomponenten beträgt typischerweise wenige Monate bis Jahre. Die fachliche Begründung für diese Kategorisierung basiert auf der grundsätzlichen hydrogeologischen Modellvorstellung und den eingangs genannten Daten. Erschließungen ausschließlich im Quartär werden grundsätzlich als „kein Tiefengrundwasser“ kategorisiert, sofern nicht Hinweise oder Kenntnisse von Entlastungszonen vorliegen.

### **Kategorie „Derzeit keine Einstufung möglich“**

Dieser Kategorie werden die Objekte zugeordnet, bei denen derzeit entweder keine ausreichenden oder keine ausreichend belastbaren Daten vorliegen (z. B. Ausbaupläne, Schichtenverzeichnisse, Beschaffenheitsdaten) und / oder keine oder nur eine mehrdeutige hydrogeologische Modellvorstellung abgeleitet werden können. Eine weitere Datenrecherche und ggf. weiterführende Untersuchungen sind erforderlich.

## Anhang 2

### Flussbild Bewertung von Versorgungsalternativen für Tiefengrundwasser bei der öffentlichen Wasserversorgung

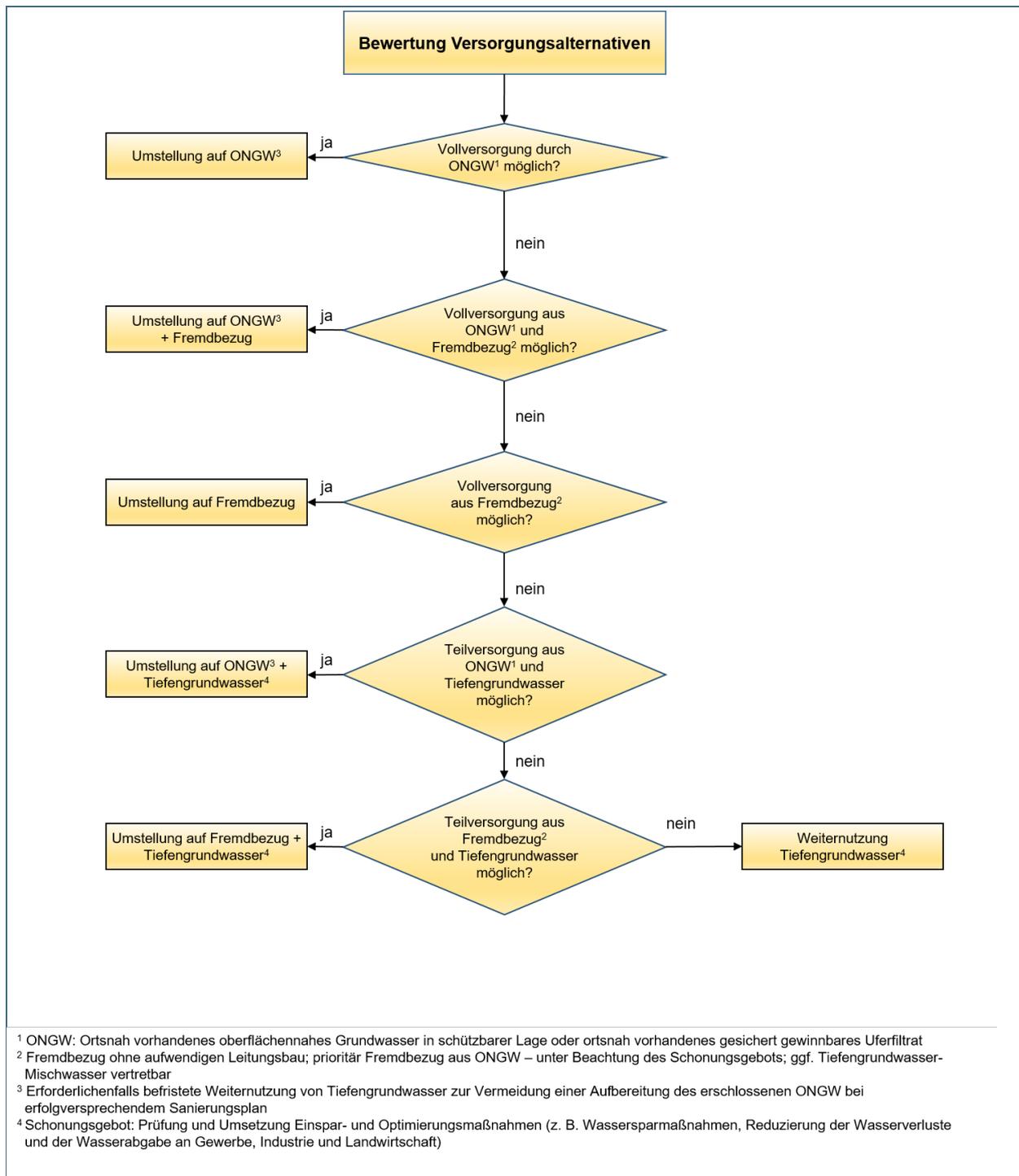


Abb. 10: Flussbild zur Bewertung von Versorgungsalternativen für Tiefengrundwasser

### Anhang 3

### Bedeutende Tiefengrundwasservorkommen in Bayern

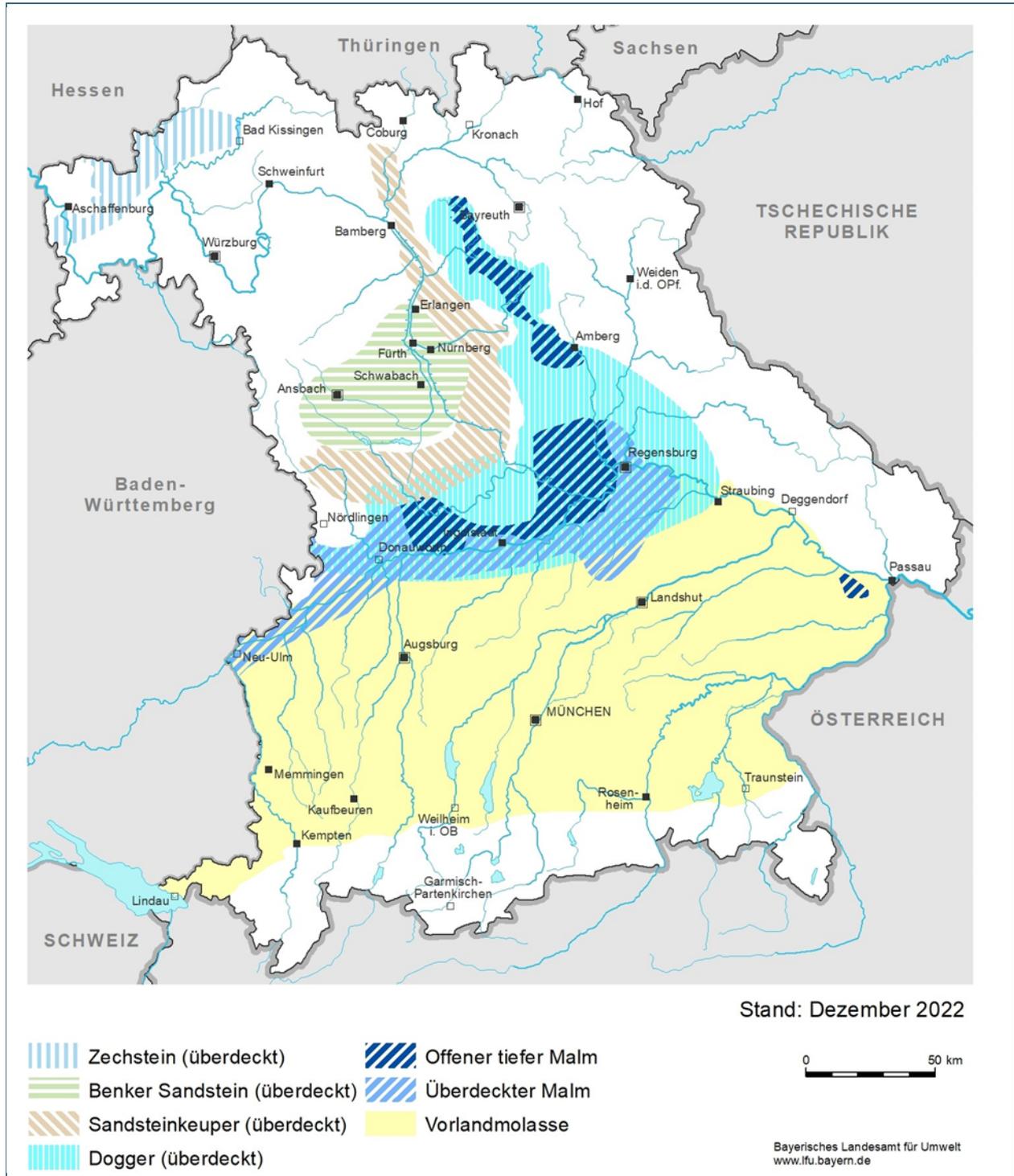


Abb. 11: Karte mit bedeutsamen Tiefengrundwasservorkommen in Bayern

---

## Impressum:

### Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg  
Telefon: 0821 9071-0  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

### Bearbeitung:

LfU, Referat 94

### Bildnachweis:

LfU

### Stand:

Dezember 2023

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 0 89 12 22 20 oder per E-Mail unter [direkt@bayern.de](mailto:direkt@bayern.de) erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.