



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

**Stand: 28. Juni 1995**

**alte Nummer: 1.6-12**

Ansprechpartner: Referat 92

### **Nutzung tiefer Grundwässer**

#### **Inhalt**

<b>1</b>	<b>Begriffsbestimmung – Merkmale</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Vorkommen in Bayern</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Neubildung</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Einzugsgebiete</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Funktionen der Grundwasserüberdeckung</b>	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung der Eigenschaften</b>	<b>4</b>
<b>7</b>	<b>Grundsätze der Nutzung</b>	<b>5</b>
7.1	Problematik der Entnahme von tiefen Grundwässern	5
7.2	Grundwasserbewirtschaftung	6
7.3	Brunnenausbau	7
7.4	Rechtliche Würdigung	7

## 1 Begriffsbestimmung – Merkmale

"Tiefengrundwasser" wird hier das Grundwasser (Gw) genannt, welches im zweiten oder einem tiefer liegenden Grundwasserstockwerk zirkuliert. Es unterscheidet sich in vieler Hinsicht vom sog. oberflächennahen Grundwasser. Die reine Tiefenlage ist kein begriffsbestimmendes Kriterium<sup>1</sup>. Gemeint sind hier all jene Grundwässer, deren Zirkulation und damit auch die *Neubildung nur sehr langsam* erfolgt. Ihre Strömung orientiert sich nicht an lokalen Vorflutern, sondern an überregionalen Entwässerungssystemen. Aufgrund der geringen Regenerationsrate sind sie *mindestens mehrere Jahrzehnte bis Jahrtausende alt*.

Rückschlüsse auf das Alter erlaubt der Gehalt an bestimmten Isotopen, die ausschließlich mit dem Niederschlag ins Grundwasser gelangen: Zum einen läßt sich aufgrund der Halbwertszeit von Radionukliden wie z. B. Tritium (<sup>3</sup>H; 12,3 Jahre) oder Kohlenstoff 14 (<sup>14</sup>C; 5730 Jahre) der Neubildungszeitpunkt errechnen. Zum andern kann auch der Gehalt an stabilen Isotopen wie Deuterium (<sup>2</sup>H) oder Sauerstoff 18 (<sup>18</sup>O) Hinweise auf die Neubildungsumstände geben (z. B. eiszeitliche Verhältnisse).

<sup>14</sup>C wird natürlicherweise mit dem im Niederschlag gelösten Kohlendioxid aus der Bodenluft eingetragen und zerfällt dann. Die Restgehalte nehmen mit wachsender Tiefe ab, aufgrund einer geohydrologisch bedingten Altersschichtung oft stufenweise. Anhand von <sup>14</sup>C sind Grundwasser-Datierungen bis über 30 000 Jahre möglich. Tritium stammt dagegen aus atmosphärischen Kernwaffentests seit den fünfziger Jahren und ist daher ab einer bestimmten Tiefe schon primär nicht vorhanden; diese Tritium-Null-Marke bietet sich als Abgrenzung zu den "tiefen Grundwässern" an.

Bei "tiefen Grundwässern" kommt im ungestörten Zustand wegen der geringen Regeneration aus dem darüberliegenden, rascher umgesetzten Grundwasser auch die anthropogene Belastung wesentlich weniger zum Tragen als bei oberflächennahen Grundwässern. Allerdings ist in der Regel auch der Sauerstoffgehalt erheblich reduziert und dafür der Eisen- und Mangangehalt erhöht, so daß Trinkwasserqualität im Allgemeinen erst durch Aufbereitung zu erreichen ist. Ionenaustauschvorgänge beim Durchsickern toniger Schichten können zu einer Betonung von Natrium zu Lasten von Calcium und Magnesium führen (Natrium-Hydrogenkarbonat-Wässer im Tertiär); höhere Mineralisationen sind auch durch Zustrom salz- oder gipshaltiger Grundwasserkomponenten durch Druckentlastung möglich (natürlich: durch Tallage; künstlich: durch Grundwasserentnahme). Insofern kann auch hier die chemische Analyse Hinweise zur Entstehungsgeschichte liefern.

## 2 Vorkommen in Bayern

"Tiefe", d. h. langsam zirkulierende Grundwasservorkommen gibt es in Bayern in nahezu allen geologischen Formationen. Die bedeutendsten Beispiele von Grundwasserleitern mit "Tiefengrundwasser" sind in Tab. 1 dargestellt. Im Einzelfall kann eine hydrogeologische Begutachtung zusammen mit isotopehydrologischen Befunden notwendig sein, um zu entscheiden, ob es sich um ein langsam zirkulierendes Grundwasservorkommen handelt.

## 3 Neubildung

Tiefengrundwasser-Vorkommen sind in der Regel von einem oder mehreren Grundwasserstockwerken überdeckt und meist gegen die trennende Grundwasserhemmschicht gespannt (Druckspiegel). Die Grundwasserneubildung erfolgt über komplexe, oft weiträumig wirksame Zirkulationssysteme in

---

<sup>1</sup> Ein 150 m tiefer Brunnen im Buntsandstein des Spessarts oder im Weißjura-Karst der fränkischen Alb kann noch das oberste Grundwasserstockwerk erschließen. Dagegen durchteuft schon ein 30 m tiefer Brunnen in der Münchener Schotterebene das ergiebige junge, oberflächennahe Grundwasservorkommen in quartären Schottern und erschließt darunter deutlich älteres Tiefen-Grundwasser im zweiten Grundwasserstockwerk (Sande und Kiese der Oberen Süßwassermolasse, Jungtertiär).

Wechselwirkung mit oberflächennahen Grundwasserleitern; an der dortigen Neubildungsrate hat sie aber aufgrund der hemmenden Trennschichten, der Potentialverhältnisse und der langsamen natürlichen Grundwasserbewegung nur geringen Anteil. In Deutschland erfolgen im Durchschnitt rund 85 % der Grundwasserneubildung im oberflächennahen Bereich; lediglich 15 % erreichen tiefere Grundwässer. Eine vermehrte Grundwasserneubildung wird allerdings durch Grundwasserentnahmen hervorgerufen, weil diese die ursprüngliche Potentialdifferenz zwischen dem oberflächennahen Grundwasser und dem "Tiefengrundwasser" erhöhen.

Tab. 1: Beispiele für Grundwasserleiter mit „Tiefengrundwasser“ in verschiedenen geologischen Formationen Bayerns

Formation	GwLeiter mit „TiefenGw“	Überdeckung
Tertiär	Sande und Kiese der Oberen Süßwassermolasse (OSM)	Quartär-Schotter (Alpenvorland bis zur Linie Dachau-Mühlendorf) 1. Tertiär-Grundwasserstockwerk (Tertiär-Hügelland)
Jura	Malmkarst im süddeutschen Molassebecken Dogger-Eisensandstein	Tertiär, örtlich Kreide (Donaugebiet und südlich) Ornatenton, Malm (schwäbischer und fränkischer Jura)
Trias	Keuper-Sandsteine, z. B. Burgsandstein Benker Sandstein Muschelkalk Buntsandstein	Feuerletten, Rhät-Lias-Sandstein höhere Abschnitte des Mittleren Keupers Keuper Röttone, Muschelkalk
Perm	Rotliegend-Sandsteine und - Arkosen	Buntsandstein/Permotrias (Obermainisch-oberpfälzisches Bruchschollenland)

#### 4 Einzugsgebiete

Die Grundwassereinzugsgebiete, die durch die Erschließung "tiefer Grundwässer" aktiviert werden, sind wegen der komplexen Strömungssysteme nur schwer feststellbar. Generell erstrecken sie sich umso weiträumiger, je geringer die Grundwasserneubildung ist - meist also mit zunehmender Tiefe – und je mehr Grundwasser künstlich entnommen wird. Eine Abgrenzung erfordert eingehende und aufwendige Untersuchungen zu den Grundwasserströmungsverhältnissen und ihrer künstlich beeinflussten Entwicklung (u. a. Tiefe Grundwasser-Meßstellen, Geohydraulik, Hydrogeochemie, Isotopenhydrologie, Rechenmodelle).

#### 5 Funktionen der Grundwasserüberdeckung

Die meist mächtige und größtenteils schwerdurchlässige Grundwasserüberdeckung stellt in Zusammenarbeit mit der eingeschränkten Grundwasserneubildung grundsätzlich einen guten natürlichen Schutz vor begrenzten Belastungsereignissen dar. Aber selbst flächenhafte Dauerbelastungen (Nitrat, Pestizide) bleiben durch die Verzögerungswirkung zunächst latent. Ungestörte Tiefenwässer sind

deshalb bislang meist nur gering oder überhaupt nicht durch menschliche Einwirkung kontaminiert. Dies suggeriert fälschlicherweise einen nachhaltigen Schutz und weckt die Begehrlichkeit, Tiefenwasser als Ersatz für bereits anthropogen belastete Grundwässer der oberen Grundwasserleiter zu erschließen.

Ein nachhaltiger Schutz gegenüber flächenhaften, anhaltenden Belastungen ist aber nur dann gegeben, wenn über den vorsorgenden Grundwasserschutz hinaus in der Überdeckung des oberflächennahen Grundwassers ein ausreichender Abbau oder dauerhafter Rückhalt grundwasserschädlicher Stoffe stattfinden kann. Die wirksamste Möglichkeit hierzu besteht allerdings nur im belebten Boden (im bodenkundlichen Sinne), namentlich für Nitrat und etliche Pestizide bzw. deren Abbauprodukte, doch ist selbst diese letztlich begrenzt.

Nitrat kann zwar unter bestimmten Voraussetzungen auch in der darunterliegenden ungesättigten Grundwasserüberdeckung sowie im Grundwasserleiter selbst noch in gewissem Umfang durch Denitrifikation abgebaut werden. Mit dieser Umsetzung darf aber nicht dauerhaft gerechnet werden, da die hierzu notwendigen Substanzen (Kohlenstoff und sulfidische Verbindungen wie z. B. Pyrit) nur begrenzt vorhanden sind und nicht ergänzt werden können.

Der Abbau von Pestiziden nimmt nach der Passage der stark belebten Bodenzone signifikant ab. Mit einer nennenswerten Elimination ist unterhalb dieser Bodenzone nicht mehr zu rechnen. Auch für diese Stoffe ist die Filter- und Sorptionsfähigkeit des Untergrundes letztlich begrenzt und damit erschöpfbar.

Manche Schadstoffe (z. B. halogenierte Kohlenwasserstoffe) unterliegen im Grundwasser generell keinen Abbauprozessen.

Die reine Verzögerung infolge langsamer Durchsickerung gering durchlässiger Grundwasserdeckschichten bedeutet ebenfalls keinen langfristigen Schutz des Grundwassers. Sie hat im Gegenteil zur Folge, daß Belastungen erst spät erkannt werden und eine Sanierung, falls dann überhaupt noch möglich, entsprechend lange dauert. Dies ist ein wesentlicher Grund, warum Grundwasserschutz sich nicht auf Gebiete mit kurzfristig ersichtlicher Empfindlichkeit beschränken darf, sondern ungeteilt und flächendeckend sein muß.

## **6 Zusammenfassung der Eigenschaften**

Am Beispiel der Grundwasserstockwerke im Bereich der Münchner Schotterebene werden in nachstehender Tabelle 2 die Eigenschaften langsam zirkulierender, "tiefer" Grundwasservorkommen im Vergleich mit rasch zirkulierenden, oberflächennahen Grundwässern zusammenfassend dargestellt.

Tab. 2: Vergleich "tiefer" Grundwasservorkommen zu rasch zirkulierenden, oberflächennahen Grundwässern.

Eigenschaft	schnelles System	langsameres System („tief“)
Grundwasserleiter	quartäre Schotter	Obere Süßwassermolasse
Grundwasseralter	bis zu einigen Jahren	bis zu Jahrzehntausenden
relevante Isotope	$^2\text{H}$ , $^{18}\text{O}$ ; $^3\text{H}$ (Tritium)	$^2\text{H}$ , $^{18}\text{O}$ ; $^{14}\text{C}$ , ggf. $^{36}\text{Cl}$
Chemismus	sauerstoffhaltig, vorwiegend Ca, Mg; kein Fe, Mn	sauerstoffarm bis -frei, da (teil-) reduziert;  Fe- und Mn-haltig, mit Tiefe zunehmend Na und K (Ionenaustausch);
Grundwasser- Neubildungsrate	hoch 5 - 20 l/s · km <sup>2</sup>	niedrig (je tiefer, desto geringer) 0,6 l/s · km <sup>2</sup>
Grundwasserhydraulik	weitgehend überschaubar	sehr komplex: Leakage-Effekte, Koppe- lung verschiedener Grundwasserstock- werke
Grundwasser - Einzugsgebiet Grundwasserhaushalt	prinzipiell mit gängigen Mitteln erfassbar	nur sehr schwer abzuschätzen; langfristi- ge Auswirkungen nur qualitativ prognos- tizierbar
Verschmutzungs- Empfindlichkeit	hoch, da gut durchlässige Grundwasserüberdeckung; gegebenenfalls Verdünnung durch hohe Grundwasser- neubildungsrate	<i>gering</i> gegenüber begrenzten Ereignis- sen, jedoch <i>relevant</i> hinsichtlich Dauerbe- lastungen (hier nur vermeintlich gering wegen Verzögerung bzw. vorübergehen- der Pufferung in der Grundwasser- Überdeckung)
Reaktion auf Ver- schmutzung	kurzfristig	langfristig
Sanierbarkeit	absehbar	sehr langwierig bis unmöglich

## 7 Grundsätze der Nutzung

### 7.1 Problematik der Entnahme von tiefen Grundwässern

Jede Entnahme von "tiefem Grundwasser" erhöht dessen Fließgeschwindigkeit zum Entnahmebereich hin und damit auch die Grundwasserneubildung. Durch den Zutritt jüngeren Grundwassers kann die Beschaffenheit des "tiefen Grundwassers" zwangsläufig verändert, d. h. seine Qualität beeinträchtigt werden.

Je größer die Tiefengrundwasser-Entnahme ist, desto stärker verändert sich auch das ursprüngliche Druck- und Strömungssystem. Absenkungen des Druckspiegels initiieren einen verstärkten Grund-

wasserzutritt aus darüberliegenden Stockwerken oder setzen ihn z. B. durch Potentialumkehr überhaupt erst in Gang (Leakage-Effekt). Dadurch gelangen in wesentlich kürzerer Zeit als natürlich vorgesehen jüngere Grundwässer mit deren eventuellen anthropogenen Belastungen in die tiefen Grundwassersysteme. Dieser Vorgang setzt bevorzugt in sog. geohydraulischen Fenstern ein, wo die Stockwerkstrennung vornehmlich auf strömungsbedingten Druckunterschieden beruht (unmittelbar aufeinanderliegende Grundwasserleiter mit unterschiedlicher Durchlässigkeit) und nicht durch hydrogeologisch wirksame Trennschichten bedingt ist. Durch entsprechenden Druckabbau infolge der Tiefenwasserentnahme können diese Fenster aktiviert bzw. deren natürliche Durchströmung verstärkt werden. Wegen der oft relativ geringen Durchlässigkeit tiefer Grundwasserleiter entstehen selbst bei niedriger Entnahme schon so starke Absenkungen und Potentialgefälle, daß ein Schadstoffeintrag wesentlich beschleunigt wird.

Die Förderung von zunächst unbelastetem "tiefen Grundwasser" ist damit keine Lösung, um anthropogen belastetes Grundwasser aus höheren Grundwasserstockwerken zu ersetzen. Ist Tiefenwasser

erst einmal durch jüngeres anthropogen verunreinigtes Grundwasser geschädigt, so sind die Sanierungsaussichten überaus gering. Sie setzen in jedem Fall die qualitative Sanierung der oberen Grundwasserstockwerke voraus und können in den tiefen Zonen erst nach langen Zeiträumen wirksam werden. Um eine anthropogene Belastung tiefer Grundwasservorkommen zu vermeiden, müssen die genannten Komplexzusammenhänge beachtet werden. Eine dauerhafte Nutzung "tiefer Grundwässer" soll daher nur auf Ausnahmefälle beschränkt bleiben, die nachfolgenden Grundsätze sind dabei zu beachten.

## 7.2 Grundwasserbewirtschaftung

Die Entnahme "tiefer Grundwässer" muß mengenmäßig auf die geringe natürliche Grundwasserneubildung abgestimmt sein, damit keine tiefgreifende Änderung der beteiligten Grundwasser-Zirkulationssysteme mit den geschilderten negativen Folgen eintritt.

Die bei Pumpversuchen festgestellte Ergiebigkeit stellt insbesondere bei langsamen Grundwassersystemen kein Maß für die dauerhaft mögliche Entnahmemenge dar, weil eine erzielte Quasibeharrung hier noch nicht den wirklichen Stationärzustand wiedergibt, der sich erst nach sehr langer Zeit einstellen kann. Maßgebend sind vielmehr die Ermittlung der Grundwassereinzugsgebiete und der natürlichen anteiligen Grundwasserneubildung.

Wird dieser Grundsatz beachtet, so zeigt sich, daß Tiefenwässer wegen ihrer vergleichsweise geringen Neubildung auch schon mengenmäßig kein ausreichender Ersatz für die Nutzung oberflächennaher Grundwässer sein können.

Die Nutzung oberflächennaher Grundwasservorkommen ist stets anzustreben, soweit die natürliche Grundwasserbeschaffenheit dies zuläßt. Bei anthropogenen Belastungen sind die nötigen Sanierungsmaßnahmen mit Nachdruck zu betreiben. Entspricht das oberflächennahe Grundwasser aufgrund anthropogener Belastungen nicht mehr der Trinkwasserverordnung, und erfordert seine Sanierung längere Zeit, so ist seine vorübergehende Aufbereitung (bis zum Sanierungserfolg) einer Nutzung von Tiefenwasser entschieden vorzuziehen.

Bei mäßiger Ergiebigkeit des oberflächennahen Grundwasserleiters ist eine flächige Aufteilung auf mehrere Entnahmestellen grundwasserhaushaltlich sinnvoller als die Erschließung tieferer Grundwasserstockwerke.

Eine Beimischung von Tiefenwasser kann im Einzelfall ausnahmsweise die Aufbereitung ersetzen. Dies kann als Übergangslösung jedoch nur dann erlaubt werden, wenn gleichzeitig sowohl die Sanierung des Grundwassereinzugsgebietes des oberflächennahen Grundwasser betrieben wird als auch die Nutzung des Tiefenwasservorkommens maßvoll nach den oben genannten Grundsätzen erfolgt.

### 7.3 Brunnenausbau

Bereits die Brunnenbohrung für die Nutzung tiefer Grundwässer ist erlaubnispflichtig. Die Entnahme von "tiefem Grundwasser" muß sich auf ein definiertes Grundwasserstockwerk beschränken.

Die Verfilterung mehrerer Grundwasserstockwerke in einem Brunnen, die von Natur aus durch horizontale Grundwasser-Hemmschichten voneinander getrennt sind, ist aus folgenden Gründen abzulehnen:

- Sie verursacht einen hydraulischen Kurzschluß verschiedener Grundwasserstockwerke und ermöglicht so einen direkten Schadstofftransport in ursprünglich besser geschützte Grundwasserstockwerke.
- Die Mischung hydrochemisch verschiedener Grundwässer kann zu technischen Problemen an der Wassergewinnungsanlage (z.B. Brunnenverockerung) oder im Leitungsnetz führen.
- Eine quantitativ differenzierte Zuordnung des geförderten Mischwassers zu den jeweiligen Entnahmestockwerken kann nicht durchgeführt werden;
- damit ist eine gezielte mengenmäßige Bewirtschaftung der Grundwasserstockwerke unmöglich. Die nicht genutzten Grundwasserstockwerke sind daher durch ein entsprechend tief gezogenes Sperrohr abzudichten (siehe auch Merkblatt Slg LfW Nr. 1.6-11 alt, bzw. Nr. 1.4/5 neu).

### 7.4 Rechtliche Würdigung

Für die Nutzung von Tiefenwässern soll i. d. R. keine Bewilligung erteilt werden, da zum Zeitpunkt der Begutachtung wegen der sehr langsamen Grundwasserneubildung meist noch nicht alle Auswirkungen der Entnahme abschließend beurteilt werden können. Vielmehr ist die zeitlich befristete Erlaubnis zu wählen, die an entsprechende Auflagen zu knüpfen ist; sie kann entschädigungslos an sich ändernde Umstände angepaßt werden. Die Entnahmemenge ist unter Berücksichtigung der verfügbaren oberflächennahen Gewinnungsmöglichkeiten auf das unabdingbare Maß zu beschränken.

Im Allgemeinen ist zu verlangen:

- Eingehende Untersuchungen zur Möglichkeit der Erschließung von oberflächennahem Grundwasser (vgl. 7.2).
- Der Einbau ausreichend tiefer Grundwassermeßstellen und die regelmäßige Auswertung von Grundwassermessungen im genutzten tiefen Grundwasserstockwerk.
- Die Festlegung der Entnahmen ( $m^3/a$  und  $l/s$ ).
- Die Festlegung einer Grundwasserhöhe, unter die eine Absenkung nicht erfolgen darf.
- Wiederkehrende isotopenhydrologische sowie qualitative Untersuchungen des geförderten Tiefenwassers auf geogene und anthropogene Schadstoffe.

Im Einzelfall können noch folgende Auflagen notwendig werden:

- Sanierungsmaßnahmen für Grundwassereinzugsgebiete der Brunnen, für die das Tiefenwasser als Ersatz- oder Zusatzwasser gefördert werden soll.
- Wiedereinleiten des Tiefenwassers in das Entnahme-Grundwasserstockwerk, soweit es nur zur Wärme Gewinnung genutzt wurde und sonst keinen Verunreinigungen ausgesetzt war.

Eine Bewilligung kann nur in Sonderfällen begutachtet werden, wenn folgende Voraussetzungen zusammen gegeben sind:

- Der Nutzungszweck dient dem Gemeinwohl oder ist von gleichwertiger besonderer Bedeutung und es ist keine Alternative gegeben (z. B. Heilquelle, Thermalwassernutzung).
- Der Betreiber bedarf wegen der hohen Investitionen einer gesicherten Rechtsposition.
- Es muß z. B. durch das Ergebnis längerfristiger Beweissicherungsmaßnahmen sichergestellt sein, daß eine Übernutzung oder qualitative Gefährdung auch auf Dauer nicht eintreten wird.

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Köhler  
Dipl.-Geol. Dr. Koschel

---

**Impressum:**

Herausgeber:  
Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg

Postanschrift:  
Bayerisches Landesamt für Umwelt  
86177 Augsburg

Bildnachweis:

Telefon: (08 21) 90 71-0  
Telefax: (08 21) 90 71-55 56  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Bearbeitung:  
Dipl.-Ing. Köhler  
Dipl.-Geol. Dr. Koschel  
Stand:  
28.06.1995