

Strategiepapier



Die Nutzung von
Tiefengrundwasser
aus Sicht der wasserwirtschaftlichen Planung

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	.....3
2. Fachliche Grundlagen	.....4
2.1 Allgemein	.....4
2.2 Bedeutung von Tiefengrundwasser	.....5
2.2.1 Wasserversorgung	.....5
2.2.1.1 Wasserwirtschaftliche Fragestellungen	.....6
2.2.2 Wassertemperatur	.....8
2.3 Aufbau gespannter Grundwasserleiter	.....8
2.4 Brunnenausbau	.....10
2.4.1 Allgemein	.....10
2.4.2 Ergiebigkeitsrückgang	.....10
2.4.3 Verschluss	.....11
3. Gesetzliche Grundlagen	.....11
3.1 Allgemein	.....11
3.2 Wasserrecht	.....12
3.2.1 Reinjektion geothermisch genutzten Tiefengrundwassers	.....14
3.2.2 Ableitung abgebadeten Tiefengrundwassers	.....14
3.3 Abgrenzung Mineralrohstoffgesetz und Wasserrechtsgesetz	.....15
3.4 Mineralrohstoffgesetz	.....16
3.4.1 Allgemein	.....16
3.4.2 Anwendungsbereich	.....16
3.5 Weitere relevante Gesetze und Verordnungen	.....17
4. Wasserwirtschaftliche Interessen	.....17
5. Zusammenfassung	.....21
6. Literatur	.....23
7. Gesetze, Verordnungen und Normen	.....26

1. Einleitung

Auf Basis der EU-Wasserrahmenrichtlinie sowie aufgrund des Österreichischen Wasserrechtsgesetzes ergibt sich das Ziel einer nachhaltigen Bewirtschaftung von Tiefengrundwässern. Darunter wird sowohl die Nutzung von Tiefengrundwässern als Trinkwasser als auch für verschiedene Thermalwassernutzungszwecke (Balneologie, thermische Nutzung, ...) in der Art und Weise verstanden, dass auch für zukünftige Generationen eine Verwendung der Wasserressourcen in möglichst gleichem Ausmaß und Qualität wie heute möglich ist. Hinsichtlich der Nachhaltigkeit sind vor allem die Faktoren Quantität, Qualität, Stoff- und Energieeinsatz sowie die Gesamtkosten der Nutzung zu berücksichtigen. Eine Ausbeutung der vorhandenen Ressourcen steht in klarem Gegensatz zu dieser Forderung. Daraus resultiert in jedem Einzelfall die Festlegung einer bedarfsgerechten Entnahmemenge im Rahmen des nutzbaren Dargebotes. Vorrang hat natürlich die Versorgung mit qualitativ einwandfreiem Trinkwasser, die balneologische Nutzung wird aus wasserwirtschaftlicher Sicht gegenüber der geothermischen Nutzung als höherwertig eingestuft, da sie auch Heilzwecken dient. Um eine bestmögliche Nutzung sicherzustellen, sollte das balneologisch genutzte (abgebadete) Wasser wenn möglich auch noch energetisch verwendet werden.

Aufgrund der Tiefenlage der Grundwasserkörper sind Sanierungsmaßnahmen nach einem Schadensfall in der Regel nur schwer möglich. Die Erschließung von Tiefengrundwasser hat daher generell so zu erfolgen, dass Schadstoffeinträge mit Sicherheit vermieden werden können. Gefahrenquellen stellen z.B. ein mangelhafter Ausbau und Betrieb der Brunnen und Wärmegewinnungsanlagen sowie die Reinjektion verunreinigten Thermalwassers oder die durch Übernutzung der Grundwasservorkommen hervorgerufenen Druckspiegelabsenkungen dar.

Oberste wasserwirtschaftliche Zielsetzung muss daher ein umfassender Schutz der Tiefengrundwasservorkommen in quantitativer und qualitativer Hinsicht sowie die weitgehende Erhaltung der natürlichen Druckverhältnisse sein. Die Haltung der wasserwirtschaftlichen Planung des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung soll im folgenden Strategiepapier detailliert dargestellt werden.

2. Fachliche Grundlagen

2.1 Allgemein

Der Begriff Tiefengrundwasser wird folgendermaßen definiert: *„Unter Tiefengrundwässern werden Grundwässer verstanden, welche aufgrund einer weiträumigen Überdeckung durch minderdurchlässige Schichten nicht unmittelbar durch Infiltrationen von der Oberfläche alimentiert werden. Die Neubildung eines am Wasserkreislauf teilnehmenden Tiefengrundwassers erfolgt in einem vielfach nicht näher bekannten Regenerationsgebiet. Als Abgrenzung zu anderen Wässern werden der fehlende Gehalt an gelöstem Sauerstoff ($< 0,2 \text{ mg/l}$) und der Tritiumgehalt ($< 1 \text{ TU}$) im Wasser herangezogen“* (GOLDBRUNNER; 1984, 1987).

Tritium wird in der Atmosphäre auf natürliche Weise erzeugt und gelangte in den 50er und 60er Jahren durch Atombombentests auch künstlich in die Atmosphäre. Wässer, die schon länger als 50 Jahre im Untergrund lagern, sind tritiumfrei.

Tiefengrundwässer nehmen unter natürlichen Verhältnissen nur sehr langsam, oftmals nur in geologischen Zeiträumen, am Wasserkreislauf teil. Sie entziehen sich daher den üblicherweise angewandten hydrologischen Methoden zur Erfassung des Grundwasserhaushalts, da die den Wasserhaushalt bestimmenden Faktoren einer unmittelbaren Beobachtung meist nicht zugänglich sind und die Zeiträume für eine ausreichende Beobachtung wegen der langsamen Abläufe nicht zur Verfügung stehen.

Meistens handelt es sich dabei um gespannte Grundwässer, bei denen die Unterseite der dichten Deckschicht gleichzeitig die obere Grenzfläche des Grundwasserkörpers ist, sodass der Druckspiegel des Grundwassers über der Basis der Grundwasserdeckschicht liegt.

Liegt der Druckspiegel über der örtlichen Geländeoberkante, handelt es sich um ein „artesisch gespanntes“ Grundwasservorkommen.

Allen gespannten Tiefengrundwässern ist gemeinsam, dass ihr Infiltrationsgebiet meist nicht genau definiert werden kann und mehr oder minder weit vom Ort ihres Austrittes entfernt sein kann.

Ein besonderes Merkmal der Tiefengrundwässer ist – abgesehen vom Alter – die sehr langsame Grundwasserbewegung, die häufig nur einige Zentimeter bis Meter pro Jahr beträgt. Solche kleinen Grundwasserfließgeschwindigkeiten sind wasserwirtschaftlich dennoch dann interessant, wenn das Grundwasservorkommen an ein großes Sedimentationsbecken mit entsprechendem hydraulisch wirksamem Durchflussquerschnitt gebunden ist. Die Beschreibung des Wasserkreislaufs in solchen Sedimentationsbecken setzt u. a. die Kenntnis der hydraulischen Eigenschaften des Grundwasserleiters und das Wissen um die Umstände, die

bei der Grundwasserneubildung herrschten, voraus, was erst durch den Einsatz von isoto-
penhydrologischen Methoden möglich wurde.

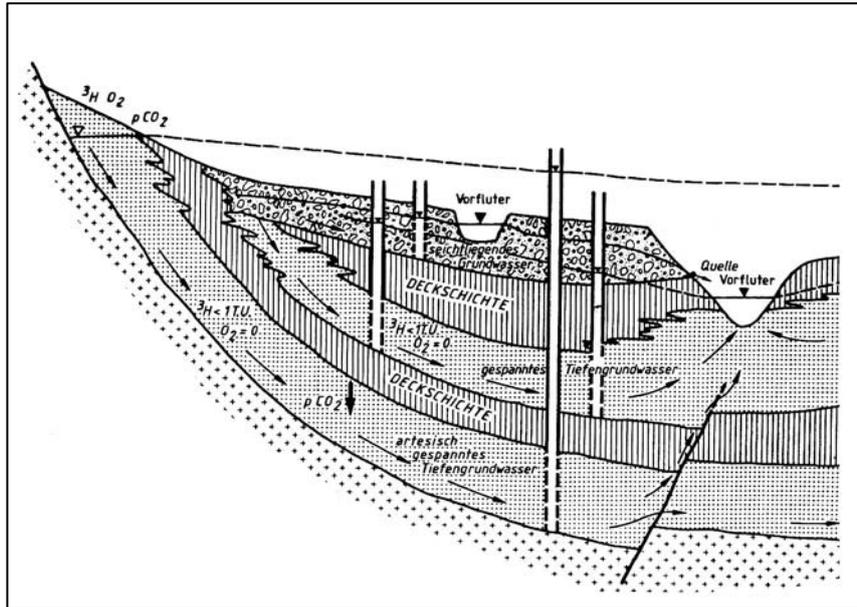


Abb. 1: Schematische Darstellung eines hydrologischen Profils zur Erläuterung des Begriffes „Tiefengrundwasser“ (aus ÖWWV, 1986)

2.2 Bedeutung von Tiefengrundwasser

2.2.1 Wasserversorgung

Tiefengrundwasser wird in vielen Gebieten der Erde für die Wasserversorgung genutzt. Voraussetzung dafür sind eine entsprechende chemisch-physikalische Beschaffenheit und eine ausreichende Entnahmekapazität, die nachhaltig genutzt werden kann. Bei einer langfristigen Nutzung muss die Regeneration der Entnahmemenge gewährleistet sein, ohne dass das hydrodynamische Gleichgewicht gestört wird.

Die Entnahme erfolgt heute durch Hausbrunnen, kommunale bzw. zentrale Wasserversorgungsanlagen und Brunnen für Industrie- und Gewerbebetriebe. Brunnen, aus denen Mineralwasser gefördert wird, sind vor allem im oststeirischen Becken im Bereich des miozänen und pliozänen Vulkanismus entlang der tektonischen Bruchzonen zu finden.

Durch die Möglichkeit einer Beeinträchtigung seicht liegender Grundwässer durch nukleare Störfälle (Kernkraftwerke) oder Kriege mit Anwendung von ABC-Waffen gewinnt Tiefengrundwasser zusätzliche Bedeutung für die Wasserversorgung. Denn Wässer mit einer Verweilzeit von über 50 Jahren im Untergrund sind von solchen Gefahren zunächst sicher nicht

betroffen. Sie sind daher die einzigen Vorkommen für eine im Ernstfall mögliche und erforderliche Notversorgung mit unverseuchtem Trinkwasser.

2.2.1.1 Wasserwirtschaftliche Fragestellungen

In durch menschliche Aktivitäten ungestörten Aquiferen steht die Grundwasserneubildung mit dem natürlichen Abfluss im Gleichgewicht. Das bedeutet, dass der Wasserspiegel bzw. das Druckniveau – abgesehen von jahreszeitlichen Schwankungen – stabil bleibt. Wenn dieser stationäre Zustand durch Entnahmen gestört wird, dann reagieren die Wasserspiegel- bzw. Druckspiegellagen entsprechend darauf. Als generelle Regel kann angesehen werden, dass der Aquifer immer wieder stationäre Verhältnisse anstreben wird, in welchen die Raten der Grundwasserneubildung und der Entnahmen wiederum gleich sind. Aus diesem Grund kann die nachhaltig entnehmbare Grundwassermenge aus einem Aquifer niemals größer als die durchschnittliche Grundwasserneubildung sein. Tatsächlich treten aber bereits bei weit darunter liegenden Entnahmen starke Beeinflussungen von Druckwasserspiegeln auf (HERLICKSKA, 2000). FETTER (1994) erläutert, dass bei Aquiferen, die nur sehr geringe natürliche Erneuerungsraten aufweisen, praktische Nutzungszwecke kaum in Frage kommen. Finden dennoch Entnahmen statt, so handelt es sich um „resource mining“.

Sofern Tiefengrundwässer als Trink- und Brauchwässer erschlossen bzw. genutzt werden, gelten für sie nach DVWK (1987) prinzipiell die gleichen Anforderungen wie für oberflächennahe Grundwasservorkommen. Zur Bewertung ihrer Nutzungsmöglichkeit müssen folgende Mengen- und Qualitätsaspekte sowie versorgungstechnische und wirtschaftliche Kriterien herangezogen werden:

- Überprüfung, ob für eine bedarfsgerechte langfristige Entnahme **ausreichend große Ressourcen** vorhanden sind.

Die Grundwasserneubildung ist bei tief liegenden Aquiferen relativ gering. Stärkere Wasserentnahmen können daher das Gleichgewicht des Grundwassersystems verändern. Insbesondere kommt es bei gespannten Vorkommen zu starken Druckabsenkungen. Da Tiefengrundwässer aber von kurz- und langfristigen Schwankungen der Grundwasserneubildungsrate nicht abhängig sind, sind für gewisse, abgegrenzte Zeiträume stärkere Förderraten durchaus vertretbar, solange das Grundwassersystem nicht auf lange Sicht überbeansprucht wird. Weiters ist die Veränderung des Grundwassersystems durch Verlagerung des Exfiltrationsgebietes vom natürlichen Vorfluter zu Entnahmebrunnen möglich. Dies ermöglicht in manchen Fällen aufgrund

eines wachsenden Grundwasserdargebots eine langfristig steigende Entnahmemenge.

Bezüglich der Ressourcen gespannter Tiefengrundwasserkörper gibt es aufgrund des nur schwer zu erfassenden Aufbaus des Aquifers beachtliche Unsicherheitsfaktoren. Höhere Erschließungskosten und Schwierigkeiten bei einer Integration tiefer Grundwasserkörper in die wasserwirtschaftliche Rahmenplanung sind die Folge.

- **Geeignete Aquifereigenschaften**, die einen wirtschaftlichen Bau und Betrieb von Wassergewinnungsanlagen ermöglichen.

Meist sind die Durchlässigkeiten und Speicherkoeffizienten tiefer Aquifere sehr gering, sodass die Wassergewinnung aus solchen Schichten verhältnismäßig aufwendig sein kann. Durch entsprechende Voruntersuchungen kann aber punktuell aus einem einzigen tiefen Bohrbrunnen eine erhebliche Wassermenge gefördert werden.

- Durch eine langfristige Grundwasserentnahme dürfen **andere Nutzer** von Grundwasser **nicht geschädigt** werden.
- Die **Grundwasserqualität** soll den Nutzungsanforderungen entsprechen und auch auf längere Sicht weder durch geogene noch anthropogene Einflüsse negativ beeinträchtigt werden. Tiefengrundwässer sind aufgrund der dichten Deckschichten in für eine Bewirtschaftung maßgeblichen Zeiträumen vor anthropogenen Verunreinigungen geschützt. Zwar ist die Mineralisierung meist höher als bei oberflächennahen Grundwässern, doch gelöste Stoffe wie zum Beispiel Eisen können in kommunalen Wasserversorgungsanlagen durch eine Wasseraufbereitung ohne Schwierigkeiten entfernt werden.
- Sofern **Schutzzonen** notwendig sind, müssen diese durchsetzbar sein. Der hygienische Schutz durch eine engere Schutzzone kann in der Regel aufgrund der langsamen und weiträumigen Zuströmung entfallen. Weiters ergeben sich bei der Dimensionierung von Schutzzonen häufig Vereinfachungen aufgrund des teilweise auftretenden hohen Druckspiegelniveaus gespannter Tiefengrundwasserleiter.

Wie aus den oben genannten Überlegungen zu entnehmen ist, wird Tiefengrundwasser besonders dann für die Wasserversorgung herangezogen, wenn oberflächennahes Grundwasser bzw. Quellwasser nicht in ausreichender Menge vorhanden oder qualitativ beeinträchtigt ist.

Der ständig steigende Wasserbedarf hat zur Folge, dass auch immer mehr Tiefengrundwasser gefördert wird. Eine stärkere Entnahme verursacht allerdings Reaktionen im Grundwassersystem, die sich in vielerlei Hinsicht negativ auswirken können. Daher sollte eine ungezügelter Grundwassernutzung unterbunden werden.

Über längere Zeiträume kann einem Aquifer nicht mehr Wasser entzogen werden als neu gebildet wird. Unter Neubildung versteht man bei Tiefengrundwässern den unterirdischen Zustrom aus einem Regenerationsgebiet innerhalb des Grundwassersystems, da bei einem gespannten Grundwasserleiter keine flächige Neubildung im Entnahmegebiet erfolgen kann. Da die Grundwasserneubildungsrate bei Tiefengrundwässern meist sehr gering ist, kann es durch große Entnahmemengen zu einer kontinuierlichen Druckspiegelabsenkung kommen. Generell kann der unterirdische Zustrom aus einem nicht näher bekannten Infiltrationsgebiet nur mithilfe des Druckspiegelgefälles und durch Ermittlung der Transmissivität bestimmt werden.

2.2.2 Wassertemperatur

Durch die Wassertemperatur können Tiefengrundwässer auch als Thermalwässer genutzt werden. Während die Verwendung für balneologische Zwecke bereits in der Antike erfolgte, werden die heißen Tiefengrundwässer heutzutage auch vielfach für Heizzwecke verwendet. Die erhöhten Wassertemperaturen sind nicht nur die Folge von vulkanischen oder postvulkanischen Erscheinungen (z.B. in Island, Japan, Neuseeland), sondern sind sehr oft auch als Folge der natürlichen geothermischen Tiefenstufe zu sehen. Im Allgemeinen wird die geothermische Tiefenstufe mit 1°C pro 33 m angegeben. Sie kann örtlich aber wesentlich über- oder unterschritten werden. Ein großer Temperaturanstieg mit zunehmender Tiefe ist vor allem dann zu bemerken, wenn ein hochreichender Erdmantel und eine dünne Erdkruste vorhanden sind, wie das v.a. in der Oststeiermark der Fall ist. So beschreibt z.B. GOLDBRUNNER (1987) einen Temperaturanstieg von 1°C pro 18 m im Raum Loipersdorf. Soll das Wasser für Trinkwasserzwecke verwendet werden, muss es auf etwa 10°C abgekühlt werden.

2.3 Aufbau gespannter Grundwasserleiter

Nach den Eigenschaften der Gesteine werden Aquifere im Allgemeinen und daher auch jene in tiefer gelegenen Grundwasserstockwerken in drei Hauptgruppen eingeteilt:

- Porengrundwasserleiter
- Klufftgrundwasserleiter
- Karstgrundwasserleiter

In den oberen Bereichen von Sedimentbecken (bis 500 m) dominieren naturgemäß die Lockersedimente, und es treten damit überwiegend reine Porengrundwasserleiter auf. Aufgrund der Diagenese der Lockergesteinsmassen treten in größeren Tiefen Kluftgrundwasserleiter auf. Die Sedimente werden verdichtet und zementiert, wodurch es auch in Kombination mit der größeren Überlagerung zu einer Reduktion des ursprünglich vorhandenen Porenraumes kommt. Folglich nehmen auch die Porosität und Permeabilität des Gesteines ab. Treten nun durch tektonische Ereignisse Kluftscharen auf und werden diese in Karbonatgestein durch die lösende Wirkung des Grundwassers erweitert, entsteht ein Karstgrundwasserleiter.

Porengrundwasserleiter finden aufgrund der geringeren Tiefenlage, der höheren Porosität und geringeren Mineralisation, speziell aber wegen der kostengünstigen Erschließung – vor allem, wenn sie gespannt sind – für die Trinkwasserversorgung bevorzugt Verwendung.

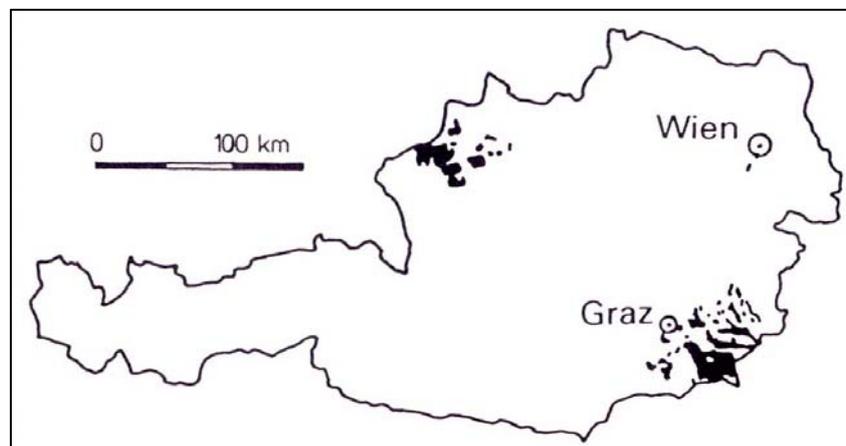


Abb. 2: Gespannte Grundwässer in Österreich (aus ÜBERWIMMER, 1992)

Für die Ausbildung gespannter Porengrundwasserleiter, wie sie bei Tiefengrundwasser gegeben sind, ist die schichtweise Ablagerung der Sedimentationsgesteine in Wechselfolgen unterschiedlicher Durchlässigkeit maßgebend. Die Sedimentation erfolgte meist gleichmäßig über größere Flächen hinweg und formte homogene, gespannte Grundwasserleiter. Durch tektonische Einwirkungen, die zu Brüchen, Faltungen etc. führen können, wurde vielerorts das ursprüngliche Bild vollkommen geändert. So entstanden eine Vielzahl eng begrenzter, kompliziert aufgebauter Grundwasserleiter, die eingehender gebietspezifischer, hydrogeologischer, hydraulischer und hydrologischer Analysen verlangen.

Die Neubildungsrate ist bei gespannten Grundwasserkörpern gegenüber dem Grundwasserbedarf und einer langfristig möglichen, zum Beispiel in Krisenfällen benötigten Fördermenge so gering, dass der Grundwasserleiter zum Teil als Lagerstätte gesehen oder behandelt werden muss. Damit ergibt sich für die Wassermengenvirtschaft nicht nur die Frage nach

der Neubildungsrate und damit nach dem nutzbaren Grundwasserdargebot, sondern auch die Frage nach der Größe der vorhandenen Grundwasserlagerstätten.

Bei den Begriffen „Grundwasserdargebot“ und „Grundwasserneubildung“ muss beachtet werden, dass das natürlich vorhandene Ausgleichsvermögen nicht den Grenzwert für diese Begriffe bildet. Vielmehr ist jenes Ausgleichsvermögen maßgebend, das sich bei einem bestimmten Ausmaß der Grundwassernutzung einstellt, wobei es in Abhängigkeit vom Infiltrationsprozess im Grundwassererneuerungsgebiet größer als das von Natur aus vorhandene werden kann.

2.4 Brunnenausbau

2.4.1 Allgemein

Beim Ausbau von artesischen Brunnen muss darauf geachtet werden, dass das Bohrloch durchgehend verrohrt wird. Als Rohrmaterial kommen nicht rostender oder kunststoffbeschichteter Stahl oder PVC in Frage. Durch Dichtungsmaßnahmen muss die Trennung unterschiedlicher Horizonte gewährleistet sein. Der Filterkies soll eine sandfreie Wasserförderung möglich machen, eine gewisse mechanische Festigkeit bewirken und Widerstand gegen Inkrustationen und Korrosionen bieten. Als Filtertypen eignen sich Stahlfilter- und PVC-Filterrohre (gängigste Variante), Wickeldrahtfilter, Schlitzbrückenfilter und Filter mit Rund- oder Langlochung. Der Abschluss zur Geländeoberkante hat mittels einer Abdichtung durch Zementation und Einbau einer Tonsperre zu erfolgen.

Da die Fassung nur eines einzigen wasserführenden Grundwasserstockwerkes zulässig ist, muss gegebenen Falles eine Trenndichtung durch Tonsperren eingebaut werden.

Der Brunnenkopf bildet den Abschluss des Brunnens zur Erdoberfläche. Er muss eine feste Verbindung mit dem Schachtboden aufweisen, wasserdicht sein und eine wasserdichte Durchleitung von Förderrohr, Stromzuleitung und Messapparaturen ermöglichen.

Da die Wasserentnahme nur bedarfsorientiert erfolgen darf und freies Auslaufen nicht zulässig ist, muss die Regelbarkeit des Brunnens gewährleistet sein.

2.4.2 Ergiebigkeitsrückgang

Abgesehen von einer Übernutzung des Grundwasserkörpers gibt es noch weitere Gründe für einen Ergiebigkeitsrückgang: Versandung, Verockerung, Versinterung, Verschleimung, Alu-

miniumausfällungen, Korrosion und Wegsamkeiten zwischen den Wasserleitern sind die Hauptursachen dafür.

Dagegen helfen mechanische, chemische und/oder hydromechanische Reinigungs- und Regenerierverfahren und hydraulische Maßnahmen wie Entsandung oder Entsäuerung. Eine Unterbindung von Fremdwasserzuflüssen kann durch eine Teilverfüllung von Ringräumen und Bohrlochstrecken erreicht werden. Einschubverrohrungen bieten Abhilfe bei korrodierten Brunnenrohrstrecken. Auch Neuverfilterungen, Ringraumabdichtungen durch Überbohren und die Sanierung von Abschlussbauwerken können die Ergiebigkeit wieder steigern.

2.4.3 Verschluss

Aus wasserwirtschaftlichen Aspekten muss auch die Verschließung von Artesern in Betracht gezogen werden.

Dabei kommt es zunächst zu einer Demontage obertägig zugängiger technischer Einrichtungen. Abgehende Rohrleitungen müssen verschlossen und der Brunnenkopf ausgebaut werden. Nach Reinigung des Brunnens ist die Auffüllung des Ausbaus entsprechend der geologischen Formationen in Kies- Sand- oder Tonschüttung sowie das Setzen einer Betonplombe vonnöten.

In speziellen Fällen müssen zusätzlich Wegsamkeiten zwischen den Grundwasserstockwerken durch Überbohr-, Perforations- oder Verpresstechniken unterbrochen werden. Anschließend wird der Ausbau- und Bohrquerschnitt in voller Höhe oder in Teilbereichen mit Beton verpresst.

Die Verschließungskosten belaufen sich auf je nach Tiefe auf ca. 3.000 bis 4.000 Euro pro Brunnen.

3. Gesetzliche Grundlagen

3.1 Allgemein

Von Vorhaben zur Nutzung von Tiefengrundwässern können verschiedene Rechtsmaterien wie das Wasserrecht und das Mineralrohstoffgesetz aber auch das Gewerberecht, das Forstrecht und das Naturschutzrecht betroffen sein. Darüber hinaus werden auch die entsprechenden Bestimmungen der Heil- und Kurortgesetze des Bundes und der Länder, das Bäderhygienegesetz und die Bäderhygieneverordnung u.a. mehr zu beachten sein.

3.2 Wasserrecht

Die gesetzlichen Grundlagen für die wasserrechtliche Bewilligung für das Abteufen von Sonden zur Förderung, die Nutzung, die Ableitung und den Schutz von Tiefengrundwässern finden sich im Wasserrechtsgesetz (WRG idF der Novelle 2011).

Tiefengrundwasser ist Grundwasser im Sinne des WRG. Wenn die Förderung von Tiefengrundwasser nur mittels spezieller Vorrichtungen erfolgen kann oder es sich um artesisch gespanntes Tiefengrundwasser handelt, unterliegt die Erschließung, Gewinnung und Nutzung der wasserrechtlichen Bewilligungspflicht gemäß § 10 WRG.

Die behördliche Zuständigkeit für wasserrechtliche Bewilligungsverfahren richtet sich gemäß §§ 98 und 99 WRG nach dem Ausmaß der höchstmöglich zu entnehmenden Wassermenge.

Gemäß § 12 und § 13 WRG sind Art und Maß der Wasserbenutzung festzulegen; dabei ist darauf Bedacht zu nehmen, dass das öffentliche Interesse gemäß § 105 WRG nicht beeinträchtigt wird und bestehende Rechte nicht verletzt werden. Das Wasser muss möglichst sparsam verwendet sowie der Stand der Technik eingehalten werden.

Gemäß § 12 (4) WRG steht die mit einer geplanten Wasserbenutzungsanlage verbundene Änderung des Grundwasserstandes einer Bewilligung nicht entgegen, wenn das betroffene Grundstück auf die bisher geübte Art benutzbar bleibt.

In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass sich das Grundeigentum unbegrenzt in die Tiefe erstreckt. Eine Parteistellung ergibt sich daher nicht nur für den Eigentümer des Grundstückes, auf dem der Aufschlagspunkt der Bohrung liegt, sondern auch für jene Grundeigentümer, deren Grundstücke durch die Abweichungen oder Ablenkung der Bohrung von der Lotrechten in Anspruch genommen werden.

Gemäß § 21 WRG ist die Bewilligung für eine Wasserbenutzungsanlage nach Abwägung des Bedarfes des Bewerbers und des wasserwirtschaftlichen Interesses, sowie der wirtschaftlichen und technischen Entwicklung auf die jeweils längste zu vertretende Zeitdauer zu befristen.

§ 37 WRG regelt den Schutz von natürlichen oder künstlich erschlossenen Heilquellen und Heilmooren gegen eine Beeinflussung ihrer Beschaffenheit und Ergiebigkeit. Dabei finden

die Bestimmungen des § 34 WRG (Schutz von Wasserversorgungsanlagen) sinngemäß Anwendung.

Vorübergehende Eingriffe in den Wasserhaushalt wie etwa Pumpversuche oder wasserwirtschaftliche Versuche in der freien Natur bedürfen gemäß § 56 WRG dann einer wasserrechtlichen Bewilligung, wenn eine Beeinträchtigung öffentlicher Interessen oder eine Verletzung fremder Rechte (§ 12 WRG) zu befürchten ist. Die Dauer eines Pumpversuches ist auf das wasserwirtschaftlich notwendige Maß zu beschränken.

Die Einleitung von Tiefengrundwasser in ein Fließgewässer oder in eine öffentliche Kanalisation fällt zwar nicht in den Geltungsbereich der Verordnung über die allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen (AAEV), BGBl. Nr. 186/1996, jedoch bedarf die Einleitung von auch im Rahmen von Pumpversuchen erschroten Tiefengrundwassers in ein Gewässer einer wasserrechtlichen Bewilligung gemäß § 32 WRG, wenn durch die Einleitung die Beschaffenheit des betroffenen Gewässers in mehr als geringfügiger Weise beeinträchtigt wird.

Ob, in welchem Ausmaß und unter welchen Voraussetzungen Tiefengrundwasser in Gewässer eingeleitet werden können, wird in jedem Einzelfall zu beurteilen sein. Dabei wird jedenfalls zu prüfen sein, ob die Wasserführung und die Qualität des Gewässers eine durch Einleitung bedingte Beeinträchtigung überhaupt zulässt. Gegebenfalls sind gemäß § 33 b WRG die nach dem Stand der Technik möglichen Auflagen zur Begrenzung von Frachten und Konzentrationen schädlicher Inhaltsstoffe (Sulfid, Chlorid usw.) sowie der Temperatur vorzuschreiben. Gleiches gilt für die Einleitung in eine öffentliche Kanalisation.

Gemäß § 50 WRG sind die Wasserberechtigten verpflichtet, ihre Wasserbenutzungsanlagen in dem der Bewilligung entsprechenden Zustand zu halten bzw., wenn dieser nicht nachweislich ist, derart zu erhalten und zu bedienen, dass keine Verletzung öffentlicher Interessen oder fremder Rechte stattfindet.

§ 103 WRG regelt in genereller Form, mit welchen Unterlagen ein Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Bewilligung zu versehen ist.

§ 105 WRG nennt öffentliche Interessen, aufgrund derer ein Antrag auf wasserrechtliche Bewilligung eines Vorhabens als unzulässig angesehen oder nur unter entsprechenden Auflagen und Nebenbestimmungen bewilligt werden kann.

Gemäß § 120 WRG kann die Wasserrechtsbehörde zur Überwachung der Baudurchführung einer bewilligungspflichtigen Wasseranlage geeignete Aufsichtsorgane (wasserrechtliche Bauaufsicht) bestellen. Die wasserrechtliche Bauaufsicht erstreckt sich auf die fach- und vorschriftsmäßige Ausführung der Bauarbeiten und auf die Einhaltung der einschlägigen Bestimmungen des Bewilligungsbescheides. Die Kosten der wasserrechtlichen Bauaufsicht hat der Konsensinhaber zu tragen.

Auf die Bestimmungen des § 134 WRG (Fremdüberwachung) wird hingewiesen.

3.2.1 Reinjektion geothermisch genutzten Tiefengrundwassers

Gemäß § 30c WRG ist Grundwasser derart zu schützen, zu verbessern und zu sanieren, dass eine Verschlechterung des jeweiligen Zustandes verhindert wird. Um den guten mengenmäßigen Zustand zu erhalten, ist aus wasserwirtschaftlicher Sicht eine Reinjektion geothermisch genutzten Wassers notwendig. Die Reinjektion stellt infolge Wiedereinleitens abgekühlten Wassers jedoch eine Einwirkung dar, die geeignet ist, die natürliche Beschaffenheit des Tiefengrundwassers (Temperatur, Chemismus) zu beeinträchtigen. Eine derartige Einwirkung auf ein Gewässer bedarf einer wasserrechtlichen Bewilligung gemäß § 32 WRG. Darüber hinaus finden bei Reinjektionen von Tiefengrundwässern die Bestimmungen des § 32a WRG (Einbringungsbeschränkungen und -verbote) und die Grundwasserschutzverordnung - GSV, BGBl. II Nr. 398/2000, Anwendung.

3.2.2 Ableitung abgebadeten Tiefengrundwassers

Die hygienischen Anforderungen an die Beschaffenheit des Badewassers richten sich nach den Bestimmungen des Bundesgesetzes über Hygiene in Bädern, Saunaanlagen, Warmluft- und Dampfbädern, Kleinbadeteichen und über die Wasserqualität von Badestellen (Bäderhygienegesetzes – BhygG, BGBl. Nr. 254/1976 idF BGBl. Nr. 16/2000) und der Verordnung des Bundesministers für Soziale Sicherheit und Generationen über Hygiene in Bädern, Saunaanlagen, Warmluft- und Dampfbädern, Kleinbadeteichen und über die Wasserqualität von Badestellen (Bäderhygieneverordnung - BHygV, BGBl. II Nr. 420/1998 idF BGBl. II Nr. 409/2000).

Die Ableitung des abgebadeten Wassers und sonstiger Abwässer aus einem Schwimmbad in ein Gewässer ist gemäß § 32 WRG bewilligungspflichtig. Erfolgt die Einleitung des abge-

badeten Wassers in eine wasserrechtlich bewilligte Kanalisation, dann sind gemäß § 32b WRG, die gemäß § 33b (3) WRG verordneten Emissionsbegrenzungen einzuhalten. Die Beurteilung, ob, unter welchen Voraussetzungen und in welchem Ausmaß derartige Wässer in ein Gewässer abgeleitet werden können, erfolgt wieder im Einzelfall.

Wird das abgebadete Wasser in einer entsprechenden Anlage aufbereitet, dann ist in Abhängigkeit vom Ort des Anfalles und von der Zusammensetzung des anfallenden Wassers im Einzelfall darüber zu entscheiden, ob dessen Einleitung gemäß den Bestimmungen der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung (AAEV, BGBl. Nr. 186/1996) oder der Verordnung über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Wasseraufbereitung (AEV – Wasseraufbereitung, BGBl. Nr. 892/1995) zu erfolgen hat.

Die Entsorgung des bei der Wasseraufbereitung anfallenden Schlammes (flüssiger Abfall) unterliegt den im Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002, BGBl. I Nr. 102/2002) normierten Regelungen. Wird der bei der Wasseraufbereitung anfallende Schlamm in eine öffentliche Kanalisation eingeleitet, gelten die Bestimmungen der AEV Wasseraufbereitung BGBl. Nr. 892/1995.

3.3 Abgrenzung zwischen Mineralrohstoffgesetz und Wasserrechtsgesetz

Mit Erlass des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft vom 16.08.1995 wurde mitgeteilt, dass mit der Obersten Bergbehörde hinsichtlich der Rückführung von Lagerstättenwässern in Kohlenwasserstoffbergbau, der Einbringung sonstiger Wässer und Geothermie eine einvernehmliche Auffassung bezüglich der Abgrenzung des damaligen Bergrechtes zum Wasserrechtsgesetz besteht.

Zum Thema Geothermie wurde festgehalten, dass für die Suche und Erforschung von geothermischer Energie – ausgenommen allenfalls § 56 WRG – keine wasserrechtliche Bewilligungspflicht zu sehen ist. Die bergbautechnischen Aspekte unterliegen laut § 2 Berggesetz der Beurteilung durch die Bergbehörde. Die Erschließung, Gewinnung und Nutzung von Geothermalwässern unterliegen hingegen der wasserrechtlichen Bewilligungspflicht nach § 10 WRG, da derartige Wässer als Grundwasser und nicht als Grubenwässer anzusehen sind. Die bergbaubehördliche Zuständigkeit endet jedenfalls mit den Anlagen und Einrichtungen am Sondenplatz. Die Rückführung genutzter Geothermalwässer unterliegt im Allgemeinen der Bewilligungspflicht nach § 32 WRG iVm § 98 (3) WRG, wenn dadurch z.B. durch

Beschaffenheit und Temperatur des niederzubringenden Wassers eine Einwirkung auf fremde Gewässer (Grundwasser) erfolgt.

Unabhängig von der Behördenzuständigkeit wird aber bei der Bohrung und Verrohrung darauf zu achten sein, dass bei Errichtung und Betrieb der Bohrungen und Sonden keine Verbindung verschiedener Grundwasserhorizonte auftritt und ein Austritt des Fördermediums zwischen Förderhorizont und Erdoberfläche wirksam verhindert wird.

Diese Rechtsansicht besitzt auch nach Inkrafttreten des Mineralrohstoffgesetzes und des § 32a (3) WRG Gültigkeit.

3.4 Mineralrohstoffgesetz

3.4.1 Allgemein

Die gesetzlichen Grundlagen, die den Bohrlochbergbau in Österreich regeln, finden sich im Wesentlichen im Mineralrohstoffgesetz - MinroG, BGBl. I Nr. 38/1999 idF BGBl. I Nr.21/2002 sowie den beiden Bergpolizeiverordnungen, Erdöl-Bergpolizeiverordnung aus 1937 und Bergpolizeiverordnung zur Verhütung einer Vergeudung der Energie von Erdöl- und Erdgaslagerstätten aus 1944. Beide Verordnungen traten aufgrund der Bestimmungen des Ersten Bundesrechtsbereinigungsgesetz, BGBl. I Nr. 191/1999, mit 31.12.2004 außer Kraft, werden derzeit überarbeitet und als Bohrlochbergbau-Verordnung neu gefasst.

3.4.2 Anwendungsbereich

Gemäß den Bestimmungen des § 2 Abs. 2 MinroG erstreckt sich der Anwendungsbereich dieses Gesetzes auch auf die bergbautechnischen Aspekte des Suchens und Erforschens von Vorkommen geothermischer Energie sowie des Gewinnens dieser Energie (Erdwärme, Wärmenutzung der Gewässer), wenn mehr als 300 m tiefe Bohrlöcher hergestellt oder benutzt werden.

Herstellungsbewilligung Bohrung: Die Herstellung (Errichtung) von Bohrungen mit Bohrlöchern über 300 m Tiefe bedarf gemäß § 119 MinroG einer Bewilligung der Behörde (Bundesminister für Wirtschaft und Arbeit).

Auflassung des Bohrloches: Bohrlöcher bzw. Bohrlochteile, die nicht mehr genutzt werden, müssen dem Stand der Technik entsprechend gas- und flüssigkeitsdicht verfüllt werden. Bohrlöcher sind derart zu verfüllen, dass ein Umsteigen von Gasen oder Flüssigkeiten im Bohrloch und insbesondere nachteilige Auswirkungen auf grundwasserführende Horizonte sowie die Oberfläche verhindert werden.

Die beabsichtigte Auflassung eines nichtfündigen Bohrloches sowie die Auflassung des Bohrloches einer Sonde nach Einstellung der Gewinnung hat der Inhaber der Bergbauanlage – sofern kein Abschlussbetriebsplan gem. § 114 MinroG zu legen ist – der Behörde vor Durchführung der Arbeiten anzuzeigen. Gemäß § 179 MinroG hat die Behörde sodann Erhebungen durchzuführen und, falls die getroffenen Maßnahmen nicht genügen, die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen anzuordnen.

3.5 Weitere relevante Gesetze und Verordnungen

- Heilvorkommen- und Kurortegesetze
- Heilvorkommen- und Kurortegesetze der Länder
- Verordnung der Bundesministerin für Frauenangelegenheiten und Verbraucherschutz über natürliche Mineralwässer und Quellwässer (Mineralwasser- und Quellwasserverordnung), BGBl. II Nr. 309/1999.

4. Wasserwirtschaftliche Interessen

Eine Bestandsaufnahme ergab eine Anzahl von ca. 3.500 artesischen Brunnen in der Steiermark. Eine Begutachtung vorort zeigt, dass sich zahlreiche Hausbrunnen in einem desolaten Zustand befinden. Freie Überläufe und Kurzschlüsse entlang des Bohrloches sind fast die Regel. Durch mangelnden Ausbau kommt es in Kombination mit unkontrollierten und unregelmäßigen Entnahmen seit Jahren zu einer Abnahme der Ergiebigkeit und Abminderung des Druckniveaus. Seitens der Wasserwirtschaft und der zuständigen Behörden stellt sich ein zweifaches Problem:

- Fehlende wasserrechtliche Bewilligungen
- Alter der artesischen Brunnenanlagen

Eine herausragende Position nimmt in jeglicher Hinsicht der Bezirk Feldbach ein: All die Probleme, die auch in den übrigen Bezirken auftreten, kommen hier aufgrund der großen Anzahl an Artesern verstärkt vor: Hier sind (in absoluten Zahlen) die meisten wasserrechtlichen Bewilligungen ausgelaufen, hier laufen auch in den nächsten Jahren die meisten aus, hier befinden sich die meisten unbewilligten Brunnenanlagen und hier sind auch die meisten alten und sanierungsbedürftigen situiert.

Im Bezirksvergleich fallen außerdem die Bezirke Deutschlandsberg, Fürstenfeld und Radkersburg auf: Hier werden ausgesprochen viele bewilligte Arteser genutzt, dafür sind es aber die ältesten.

Gegenteilig ist die Situation in den Bezirken Feldbach, Graz-Umgebung, Hartberg und Weiz: Fast ausschließlich unbewilligte Brunnenanlagen werden betrieben, dafür liegt das Errichtungsdatum noch nicht so weit zurück.

Eine Sonderposition nimmt in dieser Hinsicht der Bezirk Leibnitz ein, wo trotz einer großen Anzahl an relativ neu errichteten Brunnen fast 2 Drittel eine wasserrechtliche Bewilligung besitzen.

Für die folgende Analyse wurde aufgrund der vorliegenden Daten und unter Zuhilfenahmen von Fachmeinungen angenommen, dass nach dem Jahr 1980 errichtete artesische Brunnenanlagen dem Stand der Technik entsprechen. Davor niedergebrachte Bohrungen etc. werden entweder als mangelhaft errichtet oder aufgrund von Materialermüdung als sanierungsbedürftig betrachtet.

Das bedeutet, dass sich in den 8 steirischen Bezirken, wo artesische Grundwässer erschrotet werden können, laut Datenbank 2.361 artesische Brunnen befinden, die sanierungsbedürftig sind. 30 Prozent davon befinden sich im Bezirk Feldbach; in den Bezirken Deutschlandsberg, Fürstenfeld und Radkersburg muss fast jeder Arteser als sanierungsbedürftig angesehen werden.

Wollte man diese Arteser fachgerecht verschließen, würde das auf Basis des oben angeführten erhobenen Kostenaufwands von durchschnittlich 4.000 Euro pro Brunnen ungefähr 9,5 Mio Euro ausmachen, wobei auch bei einer Sanierung noch ca. 5 Mio Euro aufgebracht werden müssten.

ZETINIGG (1982) nennt die Zahl von 1.527 Artesern, bei denen nach seiner Schätzung ca. 100 l/s oberirdisch ungenutzt abfließen. Heute sind in der Datenbank fast 3.500 Arteser verzeichnet, wobei mit Sicherheit noch nicht alle erfasst sind. Man kann also davon ausgehen,

dass in Kombination mit dem Volumen an Wasser, das unterirdisch ausfließt, mindestens eine Menge von 200 l/s verschwendet wird.

Um der Problematik der Arteser Herr zu werden, sind rigorose Maßnahmen aus Sicht der wasserwirtschaftlichen Planung vonnöten. Die im Dezember 2003 in Kraft getretene Wasserrechtsgesetznovelle kann als Basis dafür dienen, da ein Verschlechterungsverbot für Grundwasserkörper in ihrem qualitativen und quantitativen Zustand vorgeschrieben wird. Weiters wird langfristig das Erreichen eines „guten Zustands“ als Ziel gesetzt. Das kann aber nur dann verwirklicht werden, wenn der Raubbau am (artesisch) gespannten Grundwasser unterbunden wird. **Eine Gleichstellung von gespanntem und ungespanntem Grundwasser scheint äußerst sinnvoll, da nur so ein Ressourcenschutz möglich ist!**

Daher wird seitens der wasserwirtschaftlichen Planung einer wasserrechtlichen Bewilligung nicht zugestimmt, wenn bei der Neuerrichtung einer artesischen Brunnenanlage

- der Stand der Technik nicht beachtet wird,
- es zu einer Beeinträchtigung fremder Rechte kommt,
- ein Anschluss an die öffentliche Wasserversorgung technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist,
- der gute Zustand des Grundwasserkörpers gefährdet bzw. mit einer Verschlechterung des Zustands in qualitativer und/oder quantitativer Hinsicht zu rechnen ist.

Nachträgliche Ansuchen um wasserrechtliche Bewilligung werden Neuerrichtungen gleichgestellt.

Wird um eine Verlängerung der wasserrechtlichen Bewilligung angesucht, wird bei Einhaltung oben genannter Punkte dem Antrag auch dann zugestimmt, wenn ein Anschluss an die öffentliche Wasserversorgung technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Jedoch muss in einem derartigen Fall jedenfalls der Stand der Technik eingehalten werden, was in den meisten Fällen höchstwahrscheinlich mit einem höheren Kostenaufwand als bei einer Verschließung des Brunnens verbunden ist. Hier sollte – wenn möglich – eine Kompromisslösung gefunden werden.

Weiters wird künftig der Grad der Wassernutzung nicht nur durch eine festgelegte Konsensmenge sondern auch durch eine festgelegte niederste Druckspiegellage limitiert. Im Gegensatz zu ungespannten Aquiferen, wo nur soviel Wasser gefördert werden kann, wie zufließt,

besteht durch Absenkung des Druckspiegels bei Tiefengrundwässern die Möglichkeit, den Grundwasserkörper zu übernutzen (s. Abb. 5). Daher wird im Vorfeld z.B. auf Basis von Pumpversuchsdaten eine Marke definiert werden, die unabhängig von der Konsensmenge nicht unterschritten werden darf.

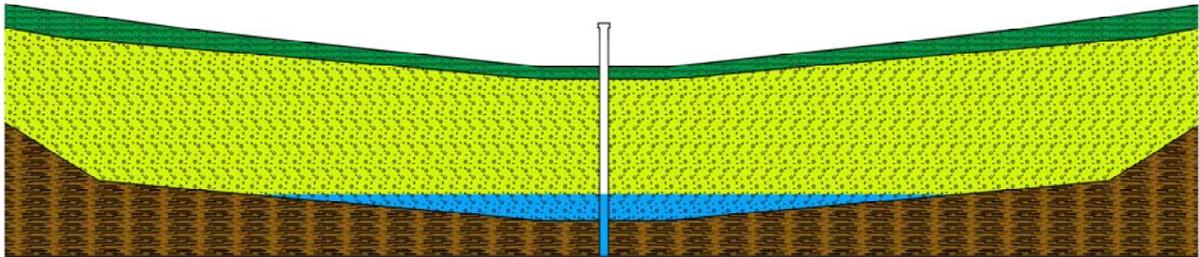


Abb. 3: Profil einer Brunnenanlage, durch die ungespanntes Grundwasser erschlossen wird

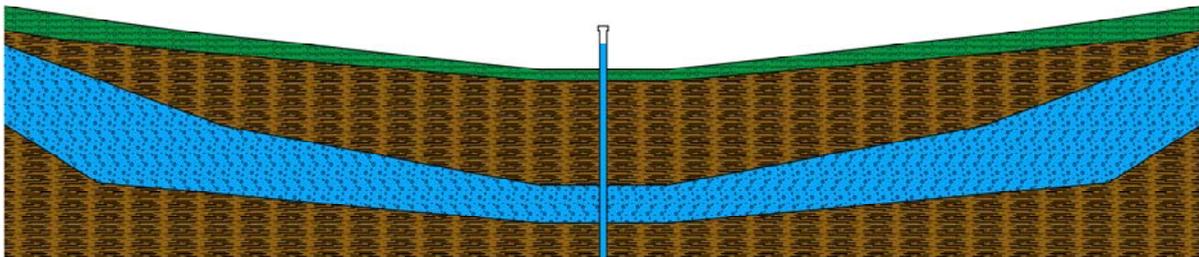


Abb. 4: Profil einer Brunnenanlage, durch die artesisch gespanntes Grundwasser erschlossen wird

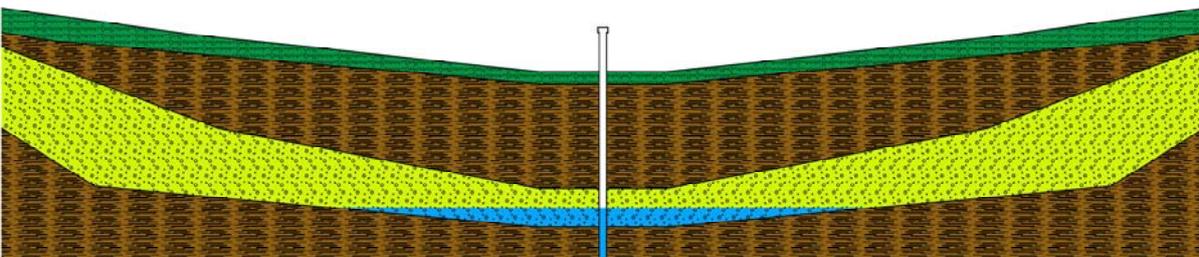


Abb. 5: Profil einer Brunnenanlage, durch die artesisch gespanntes Grundwasser erschlossen und übernutzt wird

5. Zusammenfassung

Da Tiefengrundwässer nur in begrenzter Menge verfügbar sind, muss eine dauerhafte Übernutzung der begrenzten Grundwasserressourcen verhindert werden. Zu große Entnahmen verursachen großräumige, flächige Druckspiegelabsenkungen und können die Wasserqualität mindern.

Ein besonderes Merkmal der Tiefengrundwässer ist die sehr langsame Grundwasserbewegung, die häufig nur einige Zentimeter bis Meter pro Jahr beträgt. In durch menschliche Aktivitäten ungestörten Aquiferen steht die Grundwasserneubildung mit dem natürlichen Abfluss im Gleichgewicht. Das bedeutet, dass der Wasserspiegel – abgesehen von jahreszeitlichen Schwankungen – stabil bleibt. Wenn dieser stationäre Zustand durch Entnahmen gestört wird, dann reagieren die Wasserspiegel- bzw. Druckspiegellagen entsprechend darauf. Als generelle Regel kann angesehen werden, dass der Aquifer immer wieder stationäre Verhältnisse anstreben wird, in welchen die Raten der Grundwasserneubildung und der Entnahmen wiederum gleich sind. Aus diesem Grund kann die nachhaltig entnehmbare Grundwassermenge aus einem Aquifer niemals größer als die durchschnittliche Grundwasserneubildung sein. Tatsächlich treten aber bereits bei weit darunter liegenden Entnahmen starke Beeinflussungen von Druckwasserspiegeln auf, sodass bei Aquiferen, die nur sehr geringe natürliche Erneuerungsraten aufweisen, praktische Nutzungszwecke kaum in Frage kommen.

Die Tiefengrundwasservorkommen der Steiermark unterliegen zunehmend einer intensiven Nutzung, was durch zahlreiche Untersuchungen belegt ist. Örtlich ist die Grenze der Entnahmemöglichkeit bereits überschritten, zusätzliche Entnahmen übersteigen die Neubildungsrate. Sinkende Druckwasserspiegel weisen also auf eine schon vorherrschende Übernutzung hin.

Zwar muss die Sinnhaftigkeit einer Neuerschließung prinzipiell in jedem Einzelfall hinterfragt werden, doch befinden sich neu errichtete Anlagen zumindest auf dem Stand der Technik. Das wahre Problem stellt der Altbestand von tausenden sanierungsbedürftigen Brunnen dar. Auch in der Diskussion, wie mit den unbewilligten artesischen Brunnenanlagen umgegangen werden soll, sollte eine gemeinsame Linie gefunden werden. Eine Anzeige der betroffenen Besitzer bei den zuständigen Behörden stellt dabei wahrscheinlich die härteste Vorgangsweise dar. Sie muss aber genauso in Betracht gezogen werden wie die Bereitstellung zusätzlicher finanzieller Mittel, durch die eine Sonderförderung zur Verschließung der Brunnen ermöglicht würde. Dass die Herstellung des gesetzmäßigen Zustands aus wasserwirtschaft-

licher Sicht langfristig die einzige Lösung sein kann, um eine nachhaltige Bewirtschaftung in diesem Raum zu gewährleisten, steht außer Frage.

6. Literatur

ARCHIMANDRITIS, A. & VASVARI V. (2000): Hydraulische Untersuchungen gespannter Grundwässer in der zentralen Oststeiermark; Wasserland Steiermark, 3, S. 13 – 16, Umweltdachverband ÖGNU Wasserland Steiermark, Graz

BERGMANN, H. (1998): Dynamik gespannter Grundwässer; Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, ÖWAV-Seminar Grundwasserdynamik, 148, Wien

BERGMANN, H., LETTOWSKY, A., NIESNER, E., SCHMID, C., SCHÖN, J., ÜBERWIMMER, F. (1993): Untersuchungen der gespannten Grundwasservorkommen im Feistritz- und Safental, Oststeiermark; Berichte der wasserwirtschaftlichen Planung, 75, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz

DVWK (1983): Beiträge zu tiefen Grundwässern und zum Grundwasser-Wärmehaushalt; DVWK – Schriften, 61, Hamburg-Berlin (Verlag Paul Parey)

DVWK (1987): Erkundung tiefer Grundwasser- und Zirkulationssysteme – Grundlagen und Beispiele; DVWK – Schriften, 81, Hamburg-Berlin (Verlag Paul Parey)

FETTER, C. W. (1994): Applied Hydrogeology; Prentice – Hall International (UK), London

GOLDBRUNNER, J. E. (1984): Zur Hydrogeologie des oberösterreichischen Molassebeckens; Steir. Beitr. z. Hydrogeologie, 36, Graz

GOLDBRUNNER, J. E. (1987): Tiefengrundwasseruntersuchungen im oberösterreichischen Molassebecken und im oststeirischen Becken; Habilitationsschrift – Technische Universität Graz

HERLICSKA, H. (2000): Wasserwirtschaftliche Aspekte zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Tiefengrundwasservorkommen unter besonderer Berücksichtigung von Fallbeispielen des Burgenlandes; Dissertation – Universität für Bodenkultur, Wien

ÖWAV (2000): Nutzung artesischer und gespannter Grundwässer; ÖWAV – Regelblatt, 211, Wien

ÖWAV (2009): Nutzung und Schutz von Thermalwasservorkommen; ÖWAV – Regelblatt 215, Wien

ÖWAV (2009): Thermische Nutzung des Grundwassers und des Untergrunds – Heizen und Kühlen; ÖWAV – Regelblatt 207-2, Wien

ÖWWV (1986): Tiefengrundwässer und Trinkwasserversorgung; ÖWWV – Regelblatt, 202, Wien

ÜBERWIMMER, F. (1992): Untersuchung der Ressourcen gespannter Grundwassersysteme mit hydraulischen und hydrologischen Modellen; Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, 3, TU-Graz

VASVÁRI, V: (1996): Ein numerisches Modell zur Bewirtschaftung gespannter Grundwasservorkommen am Beispiel des Mittleren Safentales; Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, 22, TU-Graz

VASVÁRI, V. & ARCHIMANDRITIS, A. (1998): Systematische Beobachtung, Auswertung und Analyse langfristiger Druckspiegelzeichnungen an Versuchsbohrungen in der zentralen Oststeiermark; Mitteilungsblatt des hydrographischen Dienstes in Österreich, 78, S. 1 – 29, Wien

ZETINIGG, H. (1983): Die Erschließung von gespanntem und artesischem Grundwasser; Gas/Wasser/Wärme, 37, 5, S. 153 – 164

ZETINIGG, H. (1988): Die nutzbaren Wasservorkommen der Steiermark; Steiermark Information, 8, Graz

ZETINIGG, H. (1982): Die artesischen Brunnen im steirischen Becken; Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, 34, Graz

ZOJER, H. (1977): Untersuchung der geothermischen Tiefenstufe mittels Temperaturmessungen bei artesischen Brunnen in der Oststeiermark und im südlichen Burgenland; Verh. Geol. B.-A., 3, Wien

ZÖTL, J. G. (1978): Tiefengrundwasser – Nutzung und Beherrschung; Österr. Wasserwirtschaft, 30, 3/4, S. 46 – 52, Graz

ZÖTL, J. G. (1983): Tiefengrundwässer im oststeirischen Becken (Österreich); Z. dt. geol. Gesellschaft, 134, S. 857 – 870, Hannover

7. Gesetze, Verordnungen und Normen

Bundesgesetz über natürliche Heilvorkommen und Kurorte, BGBl. Nr. 272/1958

Bäderhygienegesetzes - BhygG, BGBl. Nr. 254/1976 idF. BGBl. Nr. 16/2000

Mineralrohstoffgesetz - MinroG 1999, idF BGBl. I Nr.21/2002

Abfallwirtschaftsgesetz - AWG 2002, BGBl. I Nr. 102/2002

Wasserrechtsgesetz - WRG 1959 idF BGBl. I Nr. 82/2003

Abwasseremissionen aus der Wasseraufbereitung - AEW – Wasseraufbereitung BGBl. Nr. 892/1995

Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung - AAEV, BGBl. Nr. 186/1996

Mineralwasser- und Quellwasserverordnung, BGBl. Nr. II 309/1999

Grundwasserschutzverordnung - GSV, BGBl. II Nr. 398/2000

Bäderhygieneverordnung - BHygV, BGBl. II Nr. 420/1998 idF. BGBl. II, Nr. 409/2000

ÖNORM G 1041: Lagerstättenkundliche Begriffe, Allgemeine Begriffe für feste mineralische Rohstoffe, Wien 1984

ÖNORM G 1044: Begriffe des Kohlenwasserstoff-Bergbaus, Wien 1998

ÖNORM B 2400, Hydrologie - Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen, Ergänzende Bestimmungen zu ÖNORM EN ISO 772, Wien 2003

ÖNORM M 6215: Physikalische, chemische und mikrobiologische Beschaffenheit des Wassers

ÖNORM M 6230-1: Badegewässer – Anforderung an die Wasserbeschaffenheit, Wien 1998

ÖNORM M 6230-2: Badegewässer – Richtlinien für die Entnahme von Proben aus natürlichen und künstlichen Gewässern für mikrobiologische Untersuchungen zur Feststellung der Badeeignung, Wien 1998