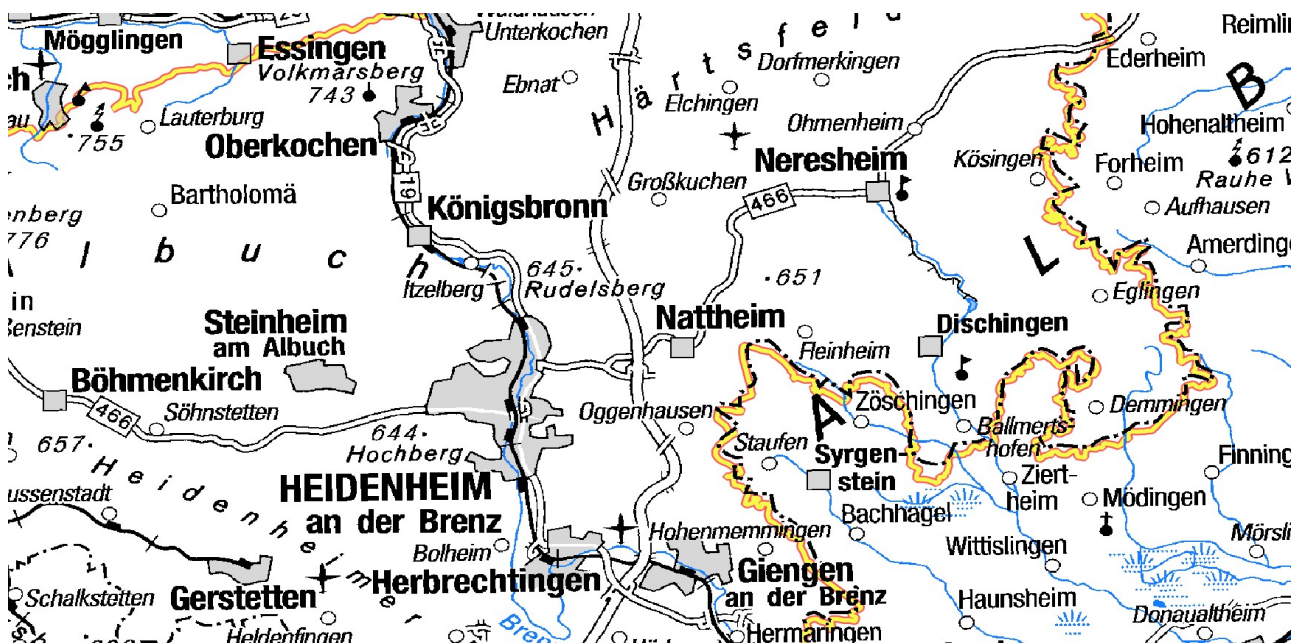


Grundwasservorkommen und Aquiferkennwerte

In der Hydrogeologischen Region Ostalb gibt es sowohl Festgesteins- als auch Lockergesteinsgrundwasserleiter, in denen Grundwasser in unterschiedlicher Menge und hydrochemischer Beschaffenheit vorkommen kann. Die Aquiferkennwerte charakterisieren die hydraulischen Eigenschaften dieser Gesteine.

Verbreitung des obersten Grundwasserleiters



Überblick

Das wasserwirtschaftlich bedeutendste Grundwasservorkommen der Ostalb befindet sich im großräumig verbreiteten Oberjura-Karstaquifer. Daneben gibt es im Oberjura Grundwasser als kleinere, schwebende Vorkommen. In den quartären Talaquifern und untergeordnet schichtgebunden in den tertiären und quartären Deckschichten tritt ebenfalls Grundwasser auf. Diese Vorkommen sind von geringerer Bedeutung ebenso wie die Grundwasservorkommen in tiefer liegenden Grundwasserleitern.

Die hydraulischen Eigenschaften eines Grundwasserleiters werden beschrieben durch die Aquiferkennwerte

- Speicherwirksamer Hohlraumanteil (n_e) und durchflusswirksamer Hohlraumanteil (n_f),
- Gebirgsdurchlässigkeit bzw. Transmissivität und
- Dispersivität.

Die Abflussrate und die Fließgeschwindigkeit im Aquifer werden zusätzlich durch den hydraulischen Gradienten (Grundwassergefälle) bestimmt.



Versuchsaufbau während eines Pumpversuchs zur Bestimmung von Aquiferkennwerten

Die Brunnenergiebigkeit beschreibt für einen Brunnen den gemessenen Absenkbetrag in Bezug auf die jeweilige Entnahmerate. Die Brunnenergiebigkeit ist nicht nur von den Aquifereigenschaften, sondern auch vom Anschluss des Bohrlochs an die durchlässigen Kluft- und Karstsysteme und vom hydraulischen Widerstand des Brunnenbauwerks abhängig. Idealerweise wird die entnahmebedingte Absenkung bei Beharrungszustand der Grundwasseroberfläche angegeben. Mitunter wird der Absenkbetrag nach einer bestimmten Pumpzeit (z. B. 6 Stunden) für verschiedene Entnahmeraten verwendet, auch wenn die Grundwasseroberfläche noch keine Stationarität erreicht hat.

Die Parameter werden durch Pump- und Markierungsversuche ermittelt. Bei ausgeprägter Heterogenität des Grundwasserleiters, wie sie für den Oberjura-Karstaquifer vorliegt, ist die Parameterermittlung nur eingeschränkt möglich.

Eine Zusammenstellung der hydraulischen Parameter der grundwasserführenden Hydrogeologischen Einheiten der Ostalb findet sich in den beiden folgenden Tabellen.

Hydraulische Kennwerte der Grundwasserleiter der Ostalb (HGK, 2002)

Grundwasserleiter		Hohlraumanteil n_e und Speicherkoeffizient S		Transmissivität	Grundwasser- sermächtigkeit	Durchlässigkeit	Ergiebigkeit
		n_e [-]	S [-]	T [m^2/s]	H [m]	k_f [m/s]	Q [l/s]
Porengrundwasserleiter, Quartärer Kies		0,08 bis > 0,15		bis $3,4 \cdot 10^{-2}$	bis 50	$1,2 \cdot 10^{-3}$	bis 25
Oberjura-Karstgrundwasserleiter		0,02 bis 0,04*	$5 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$ (gespannt)	$3,7 \cdot 10^{-3}$ (bis $1,3 \cdot 10^{-1}$)	bis 200		bis 500
Löwenstein-Formation (Stubensandstein)-Kluft- und Porengrundwasserleiter			$1,0 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$ bis $1,2 \cdot 10^{-4}$	90 bis 110		bis 2
Muschelkalk-Kluftgrundwasserleiter	Bad Überkingen		$1,6 \cdot 10^{-3}$ (?)	$1,0 \cdot 10^{-3}$	53 bis 97 (tektonisch gestört)		bis 10
	Aalen		$1,0 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	60		
	Neu-Ulm			$3,5 \cdot 10^{-5}$	73		

* unter Berücksichtigung von S-Werten bei ungespannten Verhältnissen

Transportparameter der Grundwasserleiter der Ostalb (HGK, 2002)

Grundwasserleiter	Abstandsgeschwindigkeit		longitudinale Dispersivität
	maximal	modal	α_L
	v_{\max} [m/h]	$v_{C\max}$ [m/h]	[m]
Porengrundwasserleiter, Quartärer Kies	bis 3,1	bis 0,53	
Oberjura-Karstgrundwasserleiter	bis 315	bis 224	1 bis 500

Oberjura-Karstaquifer

Aufgrund der petrographischen und lithofaziellen Unterschiede sowie der Verkarstung handelt es sich beim Oberjura-Karstaquifer um einen ausgesprochen inhomogenen und anisotropen Grundwasserleiter. Dies beruht u. a. auf der unterschiedlich starken Klüftung in den Bank- und Massenkalken sowie deren unterschiedlicher Verkarstungsintensität. Dabei zeigen die Ergebnisse zahlreicher Wassererschließungen, dass die Massenkalken höhere Ergiebigkeiten aufweisen. Dies geht auf die höhere Verkarstungsanfälligkeit und damit auf größere Hohlräume in den Massenkalken zurück.

Markierungsversuche

Für die Erkundung der Grundwasserverhältnisse auf der Schwäbischen Alb sind Markierungsversuche von besonderer Bedeutung. Sie dienen dazu, wichtige Erkenntnisse über die Fließrichtung und Fließgeschwindigkeit des Wassers im Untergrund zu gewinnen.



Mit dem Markierungsstoff Uranin eingefärbtes
Oberflächengewässer

Hierzu gibt man in der Regel an einer, seltener an mehreren Eingabestellen ein oder mehrere Markierungsstoffe (meist Uranin, Eosin oder Steinsalz) in den Untergrund ein und untersucht ihren Austritt an meist mehreren Beobachtungsstellen (Quellen, Brunnen, Grundwassermessstellen). Dabei sind sowohl die zeitliche Verteilung, als auch die Konzentration, in der der Markierungsstoff nachgewiesen wird, von Bedeutung. Im günstigsten Fall werden alle theoretisch möglichen Austrittsstellen beobachtet. Dies war aber bei den Markierungsversuchen auf der Schwäbischen Alb eher die Ausnahme.



Übertritt des mit Uranin markierten Wassers in einen Erdfall

Im Oberjura der Schwäbischen Alb wurden mehrere Hundert Markierungsversuche durchgeführt, die meisten im Zeitraum 1955 bis 1970 (HGE, 2010). Die große Anzahl an Versuchen ist in der Verkarstung des Oberjura-Karstgrundwasserleiters begründet. Die hohen Fließgeschwindigkeiten in den Karststrukturen erlauben die Durchführung dieser Versuche trotz großer Einzugsgebiete in einem vertretbaren Zeitraum. Bei rund 90 % der Versuche erfolgte die Eingabe des Tracers an der Erdoberfläche. Oft wurden hierfür Dolinen genutzt, in anderen Fällen waren es Trockentäler mit Sickerstellen, Karstspalten, Schürfgruben oder flache Bohrlöcher. Daneben erfolgten Farbeingaben auch in Kläranlagenausläufen, die in Dolinen versickerten oder kleinen, über dem Grundwasser schwebenden Oberflächengewässer mit Versickerungsstellen. Eine Farbeingabe erfolgte direkt im Blautopf-Höhlensystem (Lauber et al., 2013a; Lauber

et al., 2013b; Lauber et al., 2014).

Da die Eingabe des Markierungsstoffs im Oberjura der Schwäbischen Alb meist in der vadosen Zone erfolgt, muss er zunächst eine bis über hundert Meter mächtige ungesättigte Zone durchsickern. Um dies zu erreichen, wurde der Markierungsstoff in gelöster Form eingegeben. Daneben wurde die Eingabe immer von einer Vor- und Nachspülung mit Leitungswasser begleitet. Üblicherweise wurde die Eingabestelle zuvor auf ihre Eignung, d. h. auf eine ausreichende Schluckfähigkeit getestet. Die lange Sickerstrecke durch die vadosen Zone fällt bei der Auswertung der Markierungsversuche bei einer großen Entfernung zur Austrittsstelle in der Regel nicht allzu sehr ins Gewicht (HGE, 2010). Bei geringen Entfernungen kann die lange Passage durch die ungesättigte Zone für die Auswertung jedoch bedeutsam sein. Welche Auswirkungen die Intensität der Spülung auf die Sickergeschwindigkeit in der ungesättigten Zone und damit auf die Ergebnisse des Markierungsversuches haben kann, ist nicht bekannt. Allerdings gibt es auch keine Möglichkeit, das Fließregime der ungesättigten und gesättigten Zone getrennt voneinander zu untersuchen.

Die Versuche sind ausschließlich für das Karstsystem repräsentativ. Sie erlauben keine Rückschlüsse auf die Klüfte, die ein weiteres Zirkulationssystem im Grundwasserleiter bilden.

Markierungsversuche wurden auf der Schwäbischen Alb meist durchgeführt, um den Verbleib von versickerndem Abwasser zu untersuchen oder unterirdische Einzugsgebiete von Quellen und Brunnen abzugrenzen. Dies ist z. B. auch im Zusammenhang mit der Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten wichtig. Bis in die 1970er Jahre orientierten sich die meisten Versuche ausschließlich daran, hydraulische Verbindungen zwischen Eingabe- und Beobachtungsstelle zu erkunden. Deshalb wurden die Versuche oft nach dem Nachweis des Markierungsstoffes beendet und der Farbdurchgang nicht vollständig beobachtet.

Markierungsversuche sind immer Momentaufnahmen. Grundwasserstand und Niederschlagsverhältnisse während des Versuchs sind maßgebliche, aber nicht immer kontrollierbare Einflussgrößen. Bleibt eine Beobachtungsstelle ohne Farbdurchgang, kann eine hydraulische Verbindung zur Eingabestelle nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden.

Markierungsversuche, die in Baden-Württemberg durchgeführt werden, werden in der Markierungsversuchsdatenbank des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau dokumentiert.

Für das Gebiet der Ostalb sind in der HGK (2002) 106 Pumpversuche und 150 Markierungsversuche dokumentiert. Weitere Beschreibungen von Markierungsversuchsergebnissen finden sich u. a. bei Schall (2002) und Reiff (2004).

Hohlraumanteil

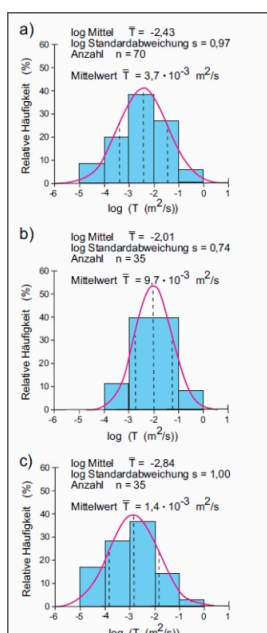
In Festgesteinsgrundwasserleitern besteht der Hohlraumanteil einerseits aus den Gesteinsporen, wobei der Lochfels als Besonderheit im Oberjura gilt (Matrixporosität). Andererseits, und weit bedeutsamer, besteht der Hohlraumanteil aus Trennfugen (Schichtfugen, Klüfte, Störungen) und unterschiedlich großen Lösungs- bzw. Karsthohlräumen. Hinzu kommt die Porosität der Kluft- und Karstfüllungen, die nur von untergeordneter Bedeutung ist. Für den Oberjura-Karstgrundwasserleiter wurde der Hohlraumanteil an Bohrkernen aus der Frankenalb ermittelt (HGK, 2002). Für die Gesteine in Massenkalkfazies liegen die Werte zwischen $n = 0,02$ und $0,3$ bei einem Mittelwert von $n = 0,06$. Für die Gesteine in gebankter Fazies sind keine gesicherten Daten verfügbar. Nach visuellen Befunden sind jedoch für größere Betrachtungsräume Durchschnittswerte $< 0,02$ zu erwarten.

Der speichernutzbare Hohlraumanteil n_e wurde aus dem Entleerungsverhalten ausgedehnter Quelleinzugsgebiete mit ausreichender Grundwassermessstellendichte abgeschätzt (Strayle, 1970; Villinger, 1977). Nach Strayle (1970) beträgt das nutzbare Hohlraumvolumen auf der Mittleren Alb zwischen Schmiecha-, Fehla- und Laucherttal zwischen 1,8 % und 3,3 % des Gesteinsvolumens.

Villinger (1977) kam für das Gebiet auf einen mittleren Wert von 2 %. Dasselbe Verfahren liefert für das Einzugsgebiet der Buchbrunnenquelle im Egauwasserwerk der Ostalb, wie auch für andere Einzugsgebiete auf der Schwäbischen Alb einheitlich Werte um $n_e = 2 \%$ (Schloz, 1984b). Aus Großpumpversuchen (Pumpwerk Siebter Fuß, Pumpwerk Burgberg) wurden im ungespannten Tiefen Karst Speicherkoeffizienten von $S = 0,037$ bis $S = 0,039$ ermittelt. Bei gespannten Verhältnissen ergaben sich erwartungsgemäß sehr viel kleinere Werte von $S = 1 \cdot 10^{-5}$ bis $S = 5 \cdot 10^{-3}$ (Schloz, 1993). Der durchflusswirksame Hohlraumanteil des Gebirges n_f , der für das Transportverhalten im Aquifer maßgeblich ist, wird im Allgemeinen aus Markierungsversuchen ermittelt. Wegen der langen Fließstrecken mit wechselnden und generell heterogenen Verhältnissen ist dies jedoch für den Karstgrundwasserleiter der Ostalb meist nicht möglich.

Transmissivität, Gebirgsdurchlässigkeit

Die Gebirgsdurchlässigkeit wird insbesondere von der Durchlässigkeit der Trennfugen und der Karsthohlräume und zusätzlich von der Gesteinsdurchlässigkeit bestimmt. Aus Pumpversuchen wird die auf die Aquifermächtigkeit bezogene Profildurchlässigkeit, die Transmissivität T , ermittelt.



Statistische Verteilung der Transmissivitäts-Werte für den Oberjura-Karstgrundwasserleiter (Grafik: HGK, 2002)

Daraus wird indirekt über die beim Pumpversuch hydraulisch wirksame Teststrecke H der Durchlässigkeitsbeiwert k_f berechnet. Wegen der ausgeprägten Inhomogenitäten ist die Festlegung von H besonders bei verkarsteten Festgesteinen problematisch.

Zur Charakterisierung der Leitereigenschaften von Festgesteinen wird deshalb vorrangig der T -Wert verwendet.

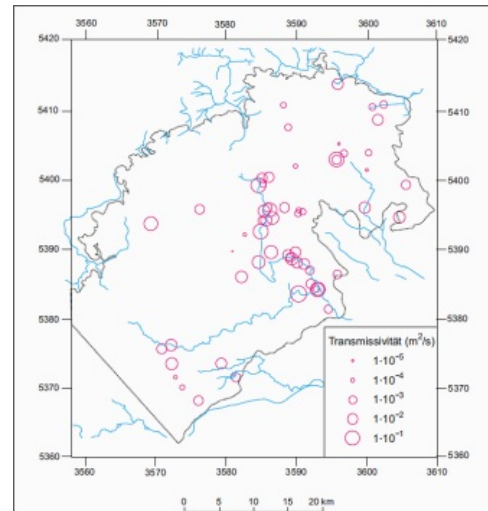
Für den Oberjura der Ostalb wurde aus den T -Werten von 70 Pumpversuchen ein geometrischer Mittelwert von $T = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnet. Differenziert in vorflutnahe Brunnen (Abstand zum Vorfluter unter 1 km) und vorflutferne Brunnen (Abstand zum Vorfluter über 1 km) ergeben sich geometrische Mittelwerte von $T = 9,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ bzw. $T = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Die Variationsweite der T -Werte überdeckt dabei vier bis fünf Zehnerpotenzen (s. Abb. unten). Für das Gebiet der GK25 Blatt 7326 Heidenheim an der Brenz ergab die Auswertung von acht Pumpversuchen eine mittlere Transmissivität von $0,046 \text{ m}^2/\text{s}$ (Schloz in: Reiff, 2004). Für den Zustrombereich des Buchbrunnen-Quellsystems nimmt Schloz (1984b) eine Transmissivität von $T = 0,08 \text{ m}^2/\text{s}$ an. Zu berücksichtigen ist, dass die Versuchsanordnungen und die jeweils angewendeten Auswertverfahren von sehr unterschiedlicher Qualität sind.

Zonen besonders hoher Transmissivität gibt es im Brenz- und im Hürbetal. Dort ist der Karstaquifer durch Tiefbrunnen erschlossen.

Zu den Erschließungen gehören

- die Pumpwerke Siebter Fuß der Stadtwerke Heidenheim,
- Burgberg des Zweckverbands Landeswasserversorgung und
- Brenztal der Stadtwerke Giengen (Schloz, 1993).

Großpumpversuche in diesen Fassungsanlagen ergaben repräsentative Transmissivitäten bis $T = 1,3 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ bei sehr hohen Entnahmeraten. Außerdem wurden durch Pumpversuche sehr hohe Ergiebigkeiten des Tiefen Karsts im westlichen Zustrombereich des Brenztales nachgewiesen (Hirschtal, Ugental, Dettingen am Albuch) (Schloz in: Reiff, 2004).



Regionale Verteilung der Transmissivität im Oberjura-Karstgrundwasserleiter (Grafik: HGK, 2002)

Die mittlere Gebirgsdurchlässigkeit, ermittelt aus Pumpversuchen und dem Querschnittsanstrom zu Karstquellen, variiert im gesamten Oberjura zwischen etwa $T/H = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ und $T/H = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ (Villinger, 1977; Sauter 1992). Bei kleinräumlicher Betrachtung ist die Spannweite allerdings wesentlich größer ($> 10^{-1}$ bis 10^{-9} m/s). Villinger (1977) schätzt für das Einzugsgebiet der Buchbrunnenquelle und der Gallengehrenquelle die mittlere Durchlässigkeit des Karstaquifers auf näherungsweise $2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ ab. Allerdings ist im Zustrombereich der Quellen von einer extremen Anisotropie des Aquifers in Form von Karstgerinnen auszugehen.

Deutlich höher liegen die Durchlässigkeitsbeiwerte für die beim Transport wirksamen hochdurchlässigen Zonen. Für die Ostalb gibt Jakowski (1995) aus Markierungsversuchen einen Mittelwert von $T/H = 1,4 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$ an, bei einer Spannweite von $9,1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ bis $2,7 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$.

Fließgeschwindigkeit

Die Fließgeschwindigkeit des Karstgrundwassers kann entweder aus Markierungsversuchen bestimmt oder aus der Mittleren Verweilzeit der Karstwässer abgeleitet werden. Charakteristisch für den Oberjura-Karstgrundwasserleiter sind hohe Abstandsgeschwindigkeiten bei Markierungsversuchen.

Für das Gebiet der Ostalb sind in der HGK (2002) 150 Markierungsversuche dokumentiert. Die modalen oder dominanten Abstandsgeschwindigkeiten v_{cmax} werden für den Zeitpunkt des Konzentrationsmaximums an der Beobachtungsstelle ermittelt. Sie reichen bei Fließstrecken bis 20 km bis etwa 120 m/h, Einzelwerte liegen auch darüber. Die maximale Abstandsgeschwindigkeit v_{max} , die durch den Ersteinsatz des Markierungsstoffs bestimmt wird, ist bei 38 Wiederaustritten mit modalen Abstandsgeschwindigkeiten $\geq 40 \text{ m/h}$ um den Faktor 1,0 bis 2,2, im Mittel um das 1,25-fache höher als die modale oder dominante Abstandsgeschwindigkeit v_{cmax} .

Hohe Abstandsgeschwindigkeiten und hohe Wiederfindungsraten für den eingegebenen Tracer sind charakteristisch für die Einzugsgebiete großer Karstquellen (z. B. Brunnenmühlenquelle, Brenzquelle, Pfefferquelle, Weiße Kocherquelle), in denen die schnellen Fließsysteme sehr ausgeprägt entwickelt sind. Im Zustrom der Brenzquelle wurden maximale Abstandsgeschwindigkeiten v_{\max} von 20,6 bis 122 m/h und dominante Abstandsgeschwindigkeiten $v_{c\max}$ von 7,4 bis 98,5 m/h bestimmt. Im Zustrom der Pfefferquelle beträgt v_{\max} zwischen 39,6 und 115 m/h und $v_{c\max}$ zwischen 32,7 und 104 m/h (Schloz, 1999). In beiden Fällen ist eine Tendenz zunehmender Geschwindigkeiten mit wachsendem Abstand zwischen Eingabe und Austritt erkennbar. In der Buchbrunnenquelle (Egawasserwerk) sind die Abstandsgeschwindigkeiten ebenfalls hoch, die Wiederfindungsraten aber gering, was durch langfristige Speicherung von Anteilen des Tracers erklärt werden kann. Markierungsversuche mit geringen Abstandsgeschwindigkeiten oder ohne Austritt finden sich in Gebieten mit diffusem Grundwasserabstrom und unklaren Vorflutverhältnissen, u. a. auch im Umfeld tiefer Karstbrunnen (z. B. nördlich und östlich der Egau, westlich der unteren Brenz sowie bei den Pumpwerken Siebter Fuß, Burgberg und Giengen).

Dispersivität

Die Dispersivität α beschreibt die Ausbreitung einer gelösten Substanz beim Transport im Grundwasser. Sie ist eine gesteinspezifische Kenngröße für den Ausbreitungsvorgang unabhängig von der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers. Aus Markierungsversuchen im Festgestein kann meist nur die longitudinale Dispersivität α_L ermittelt werden (Makrodispersivität infolge heterogener Verkarstung).

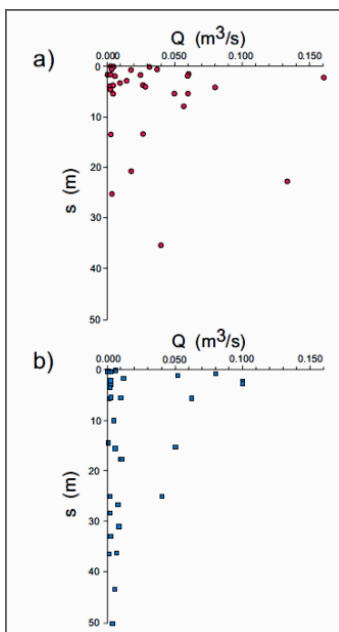
Die für den Oberjura der Schwäbischen Alb aus Markierungsversuchen ermittelten longitudinalen Dispersivitäten schwanken etwa zwischen $\alpha_L = 1$ m und $\alpha_L = 500$ m. Eine Zuordnung der Versuche zu bestimmten Faziesbereichen ergab deutlich größere longitudinale Dispersivitäten in Gebieten mit überwiegend Massenkalk (Mittelwert $\alpha_L = 175$ m) im Vergleich zu Gebieten mit überwiegend Bankkalken (Mittelwert $\alpha_L = 49$ m) (Jakowski, 1995).

Ergiebigkeit

Die große Variationsweite der spezifischen Ergiebigkeiten Q/s von Karstgrundwasseraufschlüssen im Oberjura (s. Abb. unten) ist in erster Linie Ausdruck eines unterschiedlich guten Anschlusses der Bohrungen an die durchlässigen Zonen im Aquifer. Sie spiegelt damit die Inhomogenität des Oberjura-Karstgrundwasserleiters wider. Daneben wirken sich noch eine vollkommene bzw. unvollkommene Erschließungstiefe des Aquifers und unterschiedliche Eintrittswiderstände aus. In den vorflutfernen Bereichen überwiegen im Vergleich zu den vorflutnahen Zonen sehr geringe Ergiebigkeiten, u. a. bedingt durch geringere Aquifermächtigkeiten und eine Position der Hauptverkarstung im heute nicht mehr grundwassererfüllten oberen Bereich des Grundwasserleiters.

Für das Gebiet der Geologischen Karte 1 : 25 000 Blatt 7326 Heidenheim wurden aus zehn Pumpversuchen für nahezu stationäre Verhältnisse spezifische Ergiebigkeiten von $Q/s = 0,0012$ bis $0,062$ m²/s bestimmt. Der Mittelwert aller Versuche liegt bei $Q/s = 0,021$ m²/s. Dies entspricht einer durchschnittlichen Absenkung von 2,4 m bei 50 l/s Entnahme (Schloz in: Reiff, 2004). Obwohl auch diese Tiefbrunnen meist nicht den gesamten Karstaquifer durchteufen, d. h. hydraulisch unvollkommen sind, bestätigen die Versuchsergebnisse die sehr hohe Ergiebigkeit des Tiefen Karsts im Brenztal sowie im westlichen Zustrombereich (Hirschtal, Ugental, Dettingen).

Die Ergiebigkeiten der Brunnen in der Oberjura-Massenkalk-Formation im Pumpwerk Siebter Fuß bei Heidenheim-Aufhausen und in der Oberjura-Massenkalk-Formation im Pumpwerk Burgberg sind bei Schloz (1993) beschrieben.



Leistungsdiagramme für Entnahmekunnen im
Oberjura-Karstgrundwasserleiter der Ostalb (Grafik:
HGK, 2002)

Quartäre Kiesgrundwasserleiter

Die quartären Kiesgrundwasserleiter in den Taleinschnitten der Albtafel führen überwiegend Grundwasser, das aus dem umgebenden Karstaquifer zutritt und im Tiefen Karst mit diesem häufig in hydraulischem Kontakt steht (HGK, 2002). Sie können aufgrund ihrer zeitweiligen Lage über dem Karstgrundwasserspiegel trockenfallen oder nur bei Hochwasserverhältnissen grundwasserführend sein (u. a. Kiesablagerungen im Egautal, Lonetal und Stubental).

Sofern die Rinnen eine ausreichend hohe Durchlässigkeit aufweisen, üben sie für das Karstgrundwasser eine Vorflutfunktion aus und eignen sich bei ausreichender Wasserführung gut für eine indirekte Karstgrundwassererschließung (Brenztal, Kochertal, Rohrbachtal u. a.).

Da im Brenztal die Talschotter im Vergleich zu den hoch durchlässigen Kluft- und Hohlraumzonen des Karstaquifers weniger gut durchlässig sind kann das Karstgrundwasser unter der bis zu 40 m mächtigen Talfüllung gespannt sein.

Potenzialdifferenzen zwischen dem Karstgrundwasser und dem Grundwasser im Kiesaquifer sind selten eindeutig belegt. Ein Beispiel für eine derartige Situation ist der Bereich um die Brunnen Mergelstetten der Stadt Heidenheim (LGRB-Archiv-Nr. BO7326/133) in unmittelbarer Nähe der Pflusterbachquelle (LGRB-Archiv-Nr. QU7326/8) (Villinger, 1977).

In Abhängigkeit vom örtlich und zeitlich wechselnden hydraulischen Gefälle und von den Fließverhältnissen ist das Kiesgrundwasser in unterschiedlichem Maße an die oberirdischen Gewässer angebunden. Abschnitte mit optimaler hydraulischer Kommunikation wechseln mit weitgehend abgedichteten Strecken ab (s. Oberflächengewässer).

Grobkörnige Abschnitte innerhalb der Brenzschotter bilden z. B. einen ergiebigen Porengrundwasserleiter mit einem eigenen, die Brenz begleitenden Grundwasserstrom. Er steht, bei saisonal wechselnden In- und Exfiltrationsverhältnissen, in unterschiedlichem Maße sowohl mit der Brenz als auch mit dem unterlagernden und seitlich anschließenden Karstgrundwasserleiter hydraulisch in Verbindung (Schloz, 1999).

Von besonderer wasserwirtschaftlicher Bedeutung sind die eiszeitlichen Schotter im Donautal südlich von Langenau und Niederstotzingen bis zur Landesgrenze. Dort gewinnt die Landeswasserversorgung indirektes Karstgrundwasser für die überregionale Trinkwasserversorgung.

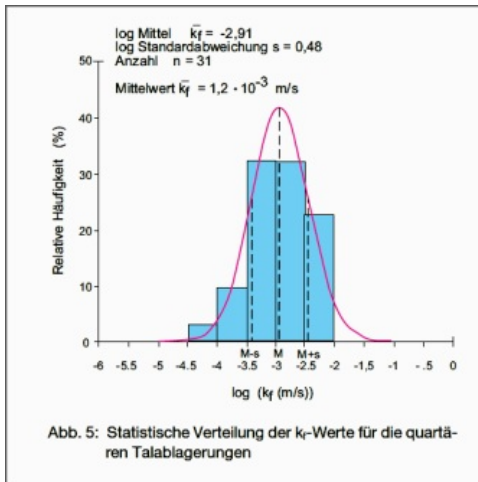
Hohlraumanteil

Der für die Entleerung und Auffüllung relevante effektive oder speichernutzbare Hohlraumanteil n_e kann bei ungespannten Grundwasserverhältnissen mittels Pumpversuchen ermittelt werden. Er schwankt für die Porengrundwasserleiter in der Ostalb zwischen ca. 0,08 und über 0,15 (HGK, 2002).

Transmissivität, Gebirgsdurchlässigkeit, Fließgeschwindigkeit

In Porengrundwasserleitern entspricht die Gebirgsdurchlässigkeit der Porendurchlässigkeit. Für die Ermittlung der Durchlässigkeit der Porengrundwasserleiter in der Ostalb liegen die Ergebnisse von 31 Pumpversuchen vor.

Der Mittelwert der logarithmierten k_f -Werte beträgt -2,91, die zugehörige Standardabweichung 0,48 (s. Abb. unten). Das geometrische Mittel der k_f -Werte liegt entsprechend bei $1,2 \cdot 10^{-3}$ m/s (s. Abb. unten). Die Pumpversuche wurden meist in gut durchlässigen Bereichen durchgeführt. Insgesamt bestehen in den Talablagerungen flussgeschichtlich bedingt große Durchlässigkeitsunterschiede.



Statistische Verteilung der k_f -Werte für die quartären Talablagerungen (Grafik: HGK, 2002)

Nach Schloz (in: Reiff, 2004) variieren im Brenztal die ermittelten Durchlässigkeitswerte von $k_f = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ bis $k_f = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$. Der Mittelwert liegt bei $k_f = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$. Die Durchlässigkeitsbeiwerte im Stuben- und Lerztal dürften bereichsweise bis zu $k_f = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ betragen. Die Fließgeschwindigkeiten im Porengrundwasserleiter des Brenztales liegen zwischen 1 m/Tag und über 10 m/Tag (Schloz in: Reiff, 2004).

Ergiebigkeit

Die technische Ergiebigkeit erreicht bei Brunnen im Quartär etwa 25 l/s (HGK, 2002).

Schwebende Grundwasservorkommen im Oberjura

Neben dem großflächig zusammenhängenden Karstgrundwasser gibt es über stauenden Zwischenschichten lokal schwebendes Schichtgrundwasser. Dies ist z. B. in der Mergelstetten-Formation und besonders in Verbindung mit Zwischenkalken als Kluftgrundwasserleiter der Fall und kommt in größerer Verbreitung im Bereich Oggenhausen – Nattheim – Fleinheim – Staufen zwischen Brenz und Egau vor. Je nach Lage und Ausdehnung der stauenden Zwischenschicht entwässert das Schichtgrundwasser unterirdisch in das tiefere Karstgrundwasser oder tritt in meist nur schwach oder saisonal schüttenden Schichtquellen zutage.

Der Abfluss dieser Quellen versinkt oft nach kurzer Fließstrecke in den unterlagernden Karst. Diese schwebenden Grundwasservorkommen werden örtlich zur Wasserversorgung genutzt, z. B. die Kohlhausquelle bei Nattheim-Fleinheim (LGRB-Archiv-Nr. QU7227/4) oder die früheren Wasserversorgungen in Nattheim und Giengen-Sachsenhausen.

Daneben sind in den Brenztal-Trümmerkalken (joBTK) und im Bereich umgelagerter Gesteine auf anstehendem Oberjura am Rand des Steinheimer Beckens lokal schwebende Grundwasservorkommen und Quellaustritte entwickelt (Schloz in: Reiff, 2004). Sie wurden früher z. T. durch flache Schachtbrunnen und Fassungen erschlossen und genutzt. Die Quellschüttungen betragen selten und nur zeitweise über 1 l/s. Beispiele hierfür sind

- die Türkenbrunnenquelle (LGRB-Archiv-Nr. QU7326/13),
- die Rohrbrunnenquelle (LGRB-Archiv-Nr. QU7218/23) und die
- Linsenbrunnenquelle am Ostrand bzw. östlich des Steinheimer Beckens,
- die Reiserbrunnenquelle südöstlich von Heuchstetten,
- die Eschentalquelle (LGRB-Archiv-Nr. QU7326/16) nordöstlich von Küpfendorf,
- die Eschenbrunnenquelle westnordwestlich von Bolheim und
- die Brunnenhausquelle beim Ugenhof.

Schichtgrundwasser in tertiären und quartären Deckschichten

Neben schwebenden Grundwasservorkommen im Oberjura gibt es auch lokal Schichtgrundwässer in der oberflächennahen Auflockerungszone der ansonsten meist grundwasserstauenden Deckschichten über dem Karstgrundwasserleiter. Die Abflüsse versinken entweder breitflächig, randlich in den Karstgrundwasserleiter oder treten in zeitweise oder ständig fließenden Quellen geringer Schüttung zu Tage (Q meist unter 1 l/s). Die Quellschächte versickern häufig ebenfalls nach kurzer Fließstrecke im Karst. Die Vorkommen wurden früher häufiger und werden heute nur noch vereinzelt für die lokale Wasserversorgung genutzt:

- Obere Meeresmolasse (tOM): Quellen und Brunnen relativ geringer Schüttung oder Ergiebigkeit, z. B. die Rohrwiesenquelle bei Dettingen am Albuch (LGRB-Archiv-Nr. QU7326/9), der Schratenhofbrunnen im oberen Hölltal bei Giengen (LGRB-Archiv-Nr. BO7327/213) oder die Baumbrunnenquellen bei Öllingen (LGRB-Archiv-Nr. QU7426/7, QU7426/8).
- Obere Süßwassermolasse (tOS): Kleinere Quellen, z. B. bei Heidenheim-Oggenhausen (LGRB-Archiv-Nr. QU7327/2, QU7327/20, QU7327/21), bei den Ziegelhütten südlich Nattheim (LGRB-Archiv-Nr. QU7327/22) und die Pfaffenlohnquellen am Scheuenberg nördlich Giengen-Hohenmemmingen (LGRB-Archiv-Nr. QU7327/19 und QU7327/15).
- Impaktgestein (tX), Bunte Brekzie (tXB): Meist schwach schüttende Quellen, z. B. Karlsbrunnen bei Dischingen-Trugenhofen, Dettingen am Albuch (LGRB-Archiv-Nr. QU7328/5), Fürstenquelle bei Dischingen-Eglingen, Quellsfassung Spitziger Berg bei Bopfingen-Härtsfeldhausen und Kleiner Eger-Ursprung bei Neresheim-Dorfmerkingen (LGRB-Archiv-Nr. QU7227/7).
- Feuersteinlehm (tFL): Zeitweise geringe oberflächennahe Grundwasserführung mit Quellaustritten, z. B. Quelltopf der Weiherwiesenquelle bei Essingen-Tauchenweiler (LGRB-Archiv-Nr. QU7226/5).

Eine hydrogeologische Besonderheit sind Grundwasservorkommen in den tertiären Süßwasserkalken im Steinheimer Becken bei Steinheim-Sontheim und in den darüber lagernden quartären Kiesen.

Tiefe Grundwasservorkommen

In der Hydrogeologischen Region Ostalb werden keine tiefen Grundwässer als Mineral- oder Thermalwässer genutzt. Außerhalb des Untersuchungsgebiets wird in Bopfingen, Lauchheim, Westhausen, Aalen und Bad Überkingen in Tiefbrunnen und Quellsfassungen Grundwasser aus dem Eisensandstein des Mitteljura gewonnen (Schloz & Stober, 2006). Es enthält z. T. Anteile von Abflüssen aus dem Oberjura (HGK, 2002). Das Einzugsgebiet des Bad Überkingen Mineralwassers aus dem Eisensandstein kann schichtgebunden bis in die Hydrogeologische Region Ostalb reichen.

Mineral- und Thermalwässer

Der Mineral- und Thermalwasseraquifer der Löwenstein-Formation (früher Stubensandstein) im Mittelkeuper ist nur in Bad Überkingen eingehend erkundet und genutzt (Ufrecht, 1988). Außerhalb tektonischer Störungszonen und unter mächtiger Überdeckung wie im Gebiet der Ostalb dürfte die Löwenstein-Formation nur eine geringe Durchlässigkeit aufweisen.

Dagegen belegen die Erschließungen von Mineral- und Thermalwasser im Oberen Muschelkalk von Neu-Ulm, Bad Überkingen und Aalen, jeweils am Rand der Ostalb gelegen, einen großflächig zusammenhängenden, tiefliegenden Kluftgrundwasserleiter mit beträchtlicher Ergiebigkeit. Das Fließsystem ist auf den mittleren Neckar oder seine östlichen Nebenflüsse ausgerichtet. Unter der südöstlichen Ostalb ist mit einer Verschlechterung der Grundwasserleitereigenschaften und einem Auskeilen des Muschelkalks zu rechnen.

Hohlraumanteil, Transmissivität

Die hydraulischen Kennwerte für die tiefen Grundwasserleiter sind in dieser Tabelle zusammengestellt. Die Angaben für die Löwenstein-Formation beschreiben die Verhältnisse in einem Niveau rd. 300 bis 400 m unter dem Filstal. Der Obere Muschelkalk liegt in Bad Überkingen 480 m unter der Talsohle, in Aalen rd. 500 m unter Gelände und in Neu-Ulm 890 m unter dem Niveau der Donau.

Ergiebigkeit

Die Ergiebigkeit der Tiefbrunnen in der Löwenstein-Formation unter dem Filstal bei Bad Überkingen ist meist gering und beträgt unter 2 l/s. Im Oberen Muschelkalk ließ sich der Grundwasseranschluss z. T. durch technische Maßnahmen (Drucksäuerung) wesentlich verbessern und die Ergiebigkeit dadurch bis auf etwa 10 l/s steigern.

Literatur

- HGE (2010). *Mittlere Alb – Mappe 4. Markierungsversuche, Abwassereinleitungen*. – Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg, 71 S., 2 Karten, 1 CD-ROM, Tübingen (Regierungspräsidium Tübingen; Regierungspräsidium Freiburg – Abteilung 9 Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau; Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg).
- HGK (2002). *Ostalb*. – Hydrogeologische Karte Baden-Württemberg, 131 S., 10 Karten, 1 CD-ROM, Freiburg i. Br. (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg).
- Jakowski, A. E. (1995). *Ermittlung der Dispersion und anderer geohydraulischer Parameter aus Markierungsversuchen in Karst und Kluftgrundwasserleitern Baden-Württembergs*. – Diss. TH Darmstadt, 153 S., Darmstadt.
- Lauber, U., Goldscheider, N. & Ufrecht, W. (2013a). *Bericht zur Markierung von Ur-Blau und Nord-Blau – Neue Ergebnisse zur Karsthydrogeologie und Karsthydrographie im Einzugsgebiet des Blautopfs (Mittlere Schwäbische Alb)*. – Laichinger Höhlenfreund, 48, S. 3–38.
- Lauber, U., Ufrecht, W. & Goldscheider, N. (2013b). *Neue Erkenntnisse zur Struktur der Karstentwässerung im aktiven Höhlensystem des Blautopfs*. – Grundwasser, 18, S. 247–257, verfügbar unter <https://doi.org/10.1007/s00767-013-0239-z>.
- Lauber, U., Ufrecht, W. & Goldscheider, N. (2014). *Spatially resolved information on karst conduit flow from in-cave dye tracing*. – Hydrology and Earth System Sciences, 18, S. 435–445, verfügbar unter <https://doi.org/10.5194/hess-18-435-2014>.
- Reiff, W. (2004). *Erläuterungen zu Blatt 7326 Heidenheim*. – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., 223 S., 3 Beil., Freiburg i. Br. (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg).
- Sauter, M. (1992). *Quantification and Forecasting of Regional Groundwater Flow and Transport in a Karst Aquifer (Gallusquelle, Malm, SW Germany)*. – Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe C, 13, S. 1–150.
- Schall, W. (2002). *Erläuterungen zu Blatt 7425 Lonsee*. – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., 125 S., 1 Beil., Freiburg i. Br. (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg).
- Schloz, W. (1984b). *Zur Geologie und Hydrogeologie der im Egauwasserwerk der Landeswasserversorgung genutzten Buchbrunnenquelle – Weißjura-Karst der östlichen Schwäbischen Alb*. – LW-Schriftenreihe, 4, S. 20–33.
- Schloz, W. (1993). *Zur Karsthydrologie der Ostalb*. – Binder, H. (Hrsg.). Karstlandschaft Schwäbische Ostalb (Karst und Höhle, 1993), S. 119–134, München (Verband der deutschen Höhlen- und Karstforscher e. V.).
- Schloz, W. (1999). *Hydrogeologie des Einzugsgebiets der oberen Brenz*. – Manuskript zum Vortrag beim Symposium „Die Brenz – eine gute Adresse“ am 19.07.1999 in Heidenheim, 14 S. [unveröff.]
- Schloz, W. & Stober, I. (2006). *Mineral-, Heil- und Thermalwässer, Solen und Sauerlinge in Baden-Württemberg (überarbeitete Fassung)*. – LGRB-Fachbericht, 02/06, S. 1–20, Freiburg i. Br. (Regierungspräsidium Freiburg – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau), verfügbar unter https://produkte.lgrb-bw.de/docPool/c99_data.pdf.
- Strayle, G. (1970). *Karsthydrologische Untersuchungen auf der Ebinger Alb (Schwäbischer Jura)*. – Jahreshefte des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg, 12, S. 109–206.
- Ufrecht, W. (1988). *Das Tiefengrundwasser im Sandsteinkeuper des Albvorlandes*. – Jahreshefte des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg, 30, S. 511–541.
- Villinger, E. (1977). *Über Potentialverteilung und Strömungssysteme im Karstwasser der Schwäbischen Alb (Oberer Jura, SW-Deutschland)*. – Geologisches Jahrbuch, Reihe C, 18, S. 3–93.

Datenschutz

Quell-URL (zuletzt geändert am 20.10.25 - 13:46): <https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/hydrogeologie/regionalbeschreibung-ostalb/grundwasservorkommen-aquiferkennwerte>