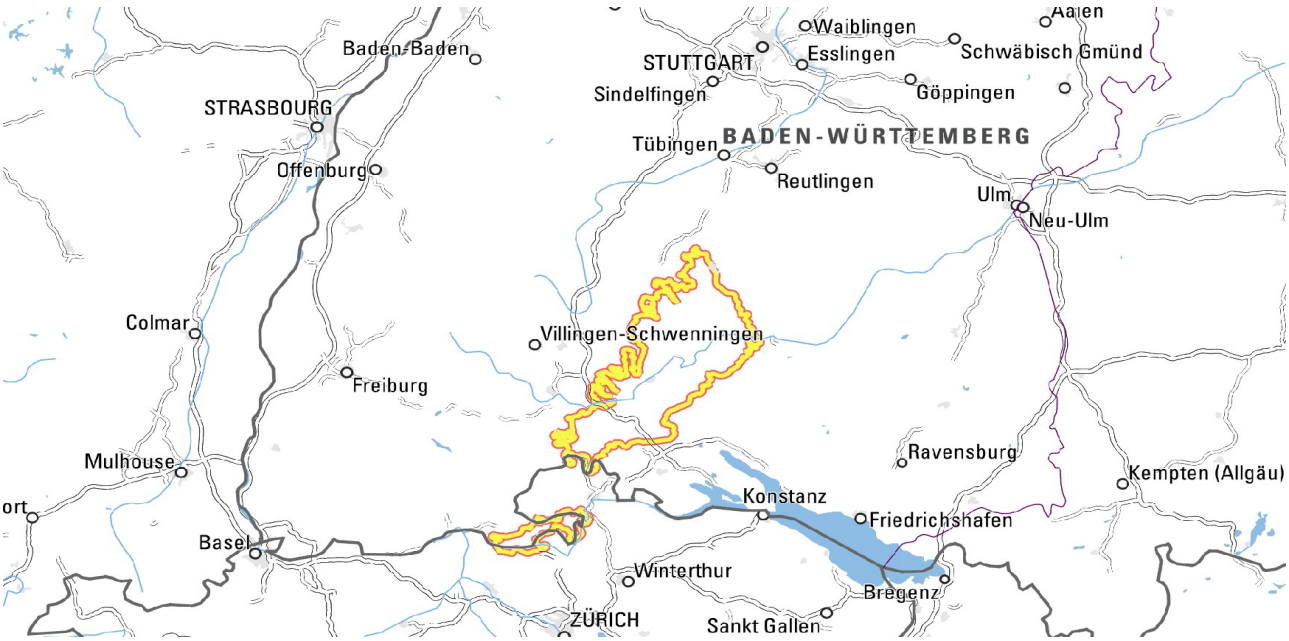
Hydrogeologische Gliederung und Stockwerksbau

Gesteine können anhand ihrer hydraulischen Eigenschaften in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter unterschieden werden. Die vertikale Abfolge dieser unterschiedlich grundwasserleitenden bzw. -führenden Gesteine bedingt den hydrogeologischen Stockwerksbau. Ein Grundwasserstockwerk ist eine grundwasserführende Schicht, die von einer weiteren, darüber oder darunter liegenden grundwasserführenden Schicht durch gering durchlässige Schichten hydraulisch getrennt wird.



Überblick

In der Hydrogeologischen Region Westalb, Hegaualb und Klettgaualb ist der Oberjura in der Schwäbischen Fazies weit verbreitet und die hydrogeologisch und wasserwirtschaftlich bedeutendste Gesteinseinheit.

Der Oberjura ist infolge der postjurassischen Erosion nur noch in Restmächtigkeiten vorhanden. Auf der Westalb und Hegaualb beträgt die Mächtigkeit im Osten bis zu ca. 250 m (Rupf & Nitsch, 2008). Nach Westen nimmt die Mächtigkeit zur Schweizer Grenze im Gebiet des Randen auf etwa 200 m ab. Südöstlich der Westalb und Hegaualb nimmt die Mächtigkeit des überdeckten Oberjuras von ca. 300 m am Nordrand des Molassebeckens auf ca. 550 m an dessen südöstlichem Rand zu.

Die quartären Sande und Kiese bilden im heutigen Donautal ergiebige Porengrundwasserleiter. Daneben gibt es noch quartäre Füllungen in den Tälern der Oberjura-Karstlandschaft und im Aitrachtal, die ebenfalls Grundwasser führen können. Die quartären Talfüllungen sind als Porengrundwasserleiter hydrogeologisch und wasserwirtschaftlich von Bedeutung.

Die tertiären Molassesedimente sind überwiegend gering durchlässig. Bei kleinräumiger Verbreitung sind sie als Deckschichten des Karstgrundwasserleiters ausgebildet. Sie sind nur lokal wasserwirtschaftlich bedeutend.

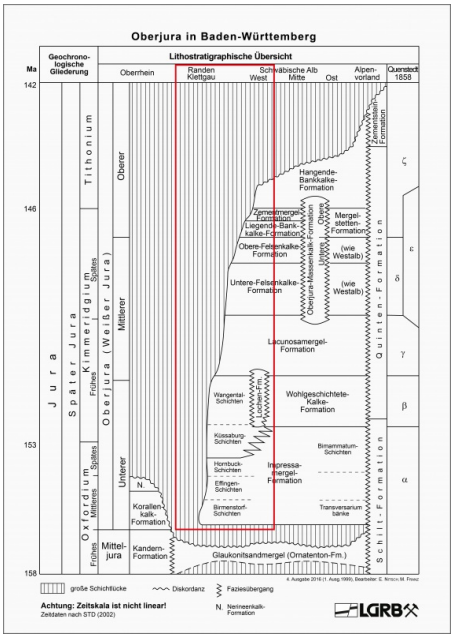
Ebenfalls gering durchlässig sind die Magmatite und Basalttuffe des Hegauer Vulkangebiets. Sie stellen jedoch aufgrund ihrer lokalen und vertikalen, schlotförmigen Geometrie keine Überdeckung des Kluft- und Karstgrundwasserleiters dar. Ihre Grundwasserführung ist gering.

© Regierungspräsidium Freiburg, Abteilung 9 LGRB — Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Oberjura

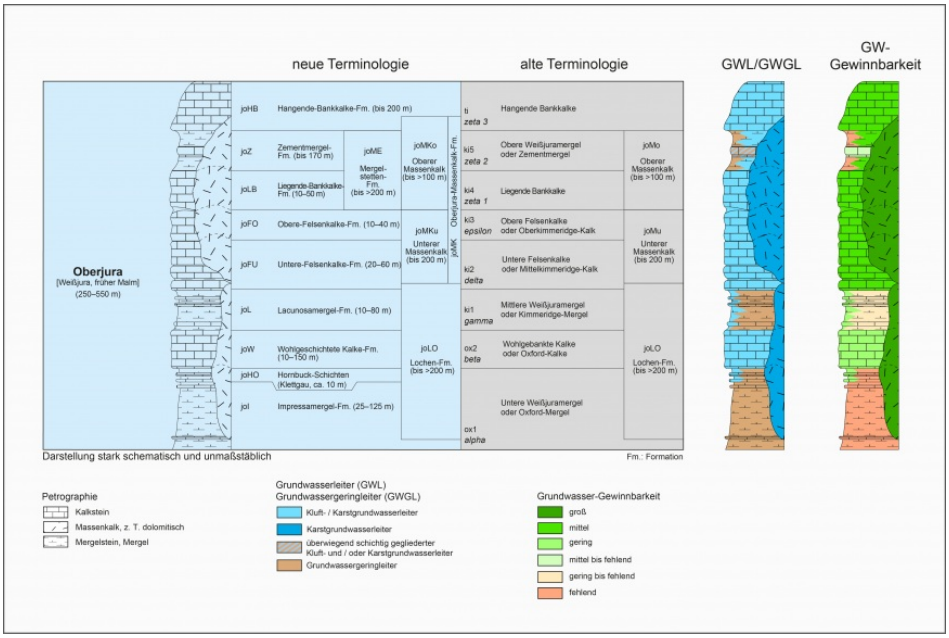
Die Schichtenfolge des Oberjuras der Westalb und der Hegaualb unterscheidet sich z. T. in der Gesteinsausbildung von den benachbarten Regionen der Mittleren Alb und des Alpenvorlandes.

- Die Lacunosamergel-Formation (joL) ist auf der Westalb und Hegaualb bereichsweise als Algen-Schwamm-Riffkalk ausgebildet. Sie ist dann i. d. R. geklüftet, häufig verkarstet und demzufolge als Grundwasserleiter ausgebildet. Dies ist vor allem durch die Ergebnisse zahlreicher Markierungsversuche belegt. Einige Quellaustritte an der Schichtgrenze Lacunosamergel-Formation (joL) zu Untere Felsenkalke-Formation (joFU) deuten allerdings darauf hin, dass die Lacunosamergel-Formation bereichsweise auch eine lokale Stauwirkung hat. Sie kann somit zur Ausbildung kleinräumiger „schwebender“ Grundwasservorkommen führen (Gwinner & Hafner, 1995).
- Die Lochen-Subformation (joLO) (Informationen zu Geologie und Rohstoffgeologie) vertritt auf der Westalb und Hegaualb im Gebiet der Hohen Schwabenalb bei Meßstetten/Hausen am Tann, Dotternhausen/Ratshausen und bei Lautlingen den oberen Abschnitt der Impressamergel-Formation. Sie wird als Grundwasserleiter eingestuft.
- Die Hornbuck-Schichten (joHO) bilden im Klettgau und Randen den oberen Abschnitt der Impressamergel-Formation. Die überwiegend aus Schwammkalk und untergeordnet aus Kalkmergelstein bestehende Abfolge wurde als Schwamm-Mikroben-Biostrome abgelagert. Die Hornbuck-Schichten werden als Grundwasserleiter eingestuft.
- Die Zementmergel-Formation (joZ) ist kalkiger ausgebildet als auf der Mittleren Alb und wird deshalb i. d. R. als Grundwasserleiter eingestuft. Quellaustritte aus der Zementmergel-Formation bzw. an ihrer Obergrenze belegen jedoch, dass sie lokal auch geringer durchlässig sein kann (Gwinner & Hafner, 1995).



Schichtenfolge des Oberjuras in der Hydrogeologischen Region Westalb, Hegaualb und Klettgaualb

Die Schichtenfolge des Oberjuras ist in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter gegliedert. Sie bildet einen großräumig zusammenhängenden Kluft- und Karstgrundwasserleiter. Sohlschicht des Oberjura-Karstaquifers ist die Impressamergel-Formation (joI), mit Ausnahme des kalkig ausgebildeten oberen Abschnittes, den Bimammatumschichten (joBM).



Gliederung des Oberjuras in schwäbischer Fazies in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter sowie Grundwassergewinnbarkeit

Grundwassergeringleiter sind die

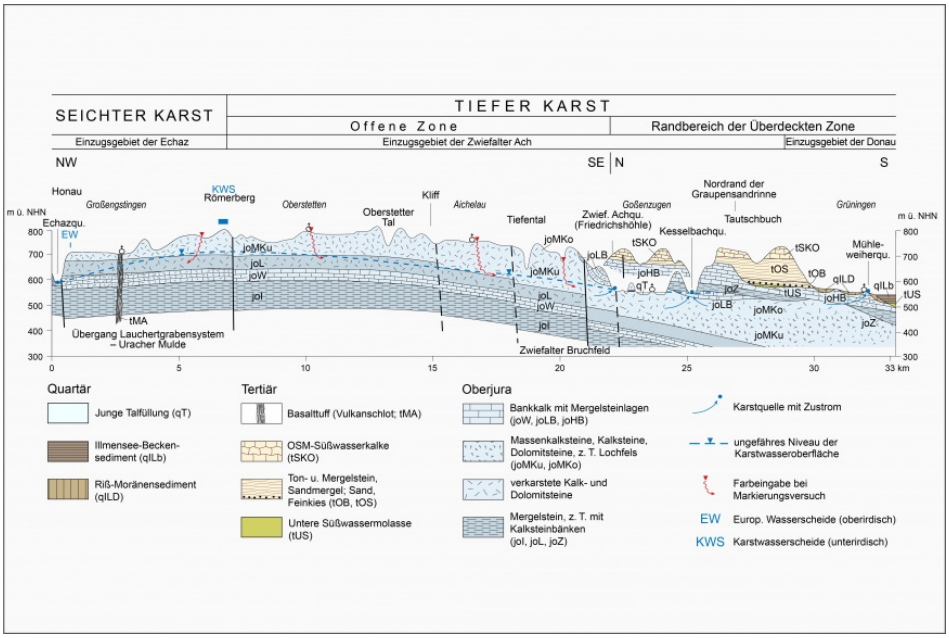
- Impressamergel-Formation (joI) mit Ausnahme des kalkig ausgebildeten oberen Abschnittes, den Bimammatumschichten (joBM). Sie bildet die Sohlschicht des Karstaquifers,
- Lacunosamergel-Formation (joL), überwiegend, außer im Seichten Karst am Albtrauf am Nordwestrand der Schwäbischen Alb. Bereichsweise ist sie aufgrund ihrer lokalen faziellen Ausbildung als Algen-Schwamm-Riffkalk geklüftet und verkarstet und dort demzufolge als Grundwasserleiter ausgebildet.

Grundwasserleiter sind die

- Lochen-Subformation (joLO): Kluft- und Karstgrundwasserleiter,
- Hornbuck-Schichten (joHO, Klettgau): Kluftgrundwasserleiter,
- Wohlgeschichtete-Kalke-Formation (joW), einschließlich des kalkig ausgebildeten oberen Abschnittes der Impressamergel-Formation, den Bimammatumschichten (joBM): Kluft- und Karstgrundwasserleiter,
- Lacunosamergel-Formation (joL), bereichsweise, wenn als Algen-Schwamm-Riffkalk ausgebildet: Kluft- und Karstgrundwasserleiter,
- Untere- und Obere-Felsenkalke-Formation (joFU, joFO): Kluft- und Karstgrundwasserleiter,
- Liegende-Bankkalke-Formation (joLB): Kluft- und Karstgrundwasserleiter,
- Oberjura-Massenkalk-Formation (joMK): Karstgrundwasserleiter,
- Zementmergel-Formation (joME, joZ): Kluft- und Karstgrundwasserleiter,
- Hangende-Bankkalke-Formation (joBH): überwiegend Kluftgrundwasserleiter.

Seichter und Tiefer Karst

Die Karstlandschaft der Schwäbischen Alb wird von Nordwesten nach Südosten in den Seichten Karst und den Tiefen Karst eingeteilt (u. a. Villinger, 1972; Villinger, 1977; Villinger, 2006a).



Gliederung der Karstzonen am Beispiel eines geologischen Schnittes durch die Mittlere Schwäbische Alb (Grafik: verändert nach Villinger, 2006a)

Als **Seichter Karst** wird der Bereich bezeichnet, in dem sich die Vorfluter bis auf die Sohlschicht des Karstgrundwasserleiters eingeschnitten haben, sowie das zugehörige unterirdische Einzugsgebiet.

Der **Tiefe Karst** ist der Bereich, in dem die Vorfluterbasis höher liegt als die Aquiferbasis. Er befindet sich generell südlich der Karstgrundwasserscheide Donau/Rhein, die oft nicht deckungsgleich mit der oberirdischen europäischen Hauptwasserscheide ist.

Der Tiefe Karst wird je nach der fehlenden bzw. (teilweise) vorhandenen Überdeckung durch geringer durchlässige, überwiegend tertiäre und bereichsweise quartäre Gesteinseinheiten von Nordwest nach Südost in die Offene Zone, den relativ schmalen Randbereich der Überdeckten Zone (Teilweise Überdeckte Zone) und den großen Zentralbereich (Überdeckte Zone) gegliedert.

In der Offenen Zone kann Niederschlagswasser in Bereichen fehlender Überdeckung meist ungehindert in den verkarsteten Untergrund versickern. Lediglich der oberflächennahe Epikarst führt möglicherweise zu einer verzögerten Durchsickerung (Sauter, 1995).

Die Hydrogeologische Region Westalb, Hegaualb und Klettgaualb erstreckt sich über den Seichten Karst im Nordwesten und den östlich bzw. südöstlich anschließenden Tiefen Karst. Der Tiefe Karst ist in der nördlichen Hälfte der Region wegen fehlender Überdeckung als Offene Zone ausgebildet. In der südlichen Hälfte der Region werden die Oberjura-Karbonate von geringer durchlässigen Molassesedimenten überlagert. Dieser Bereich fällt deshalb in den Randbereich der Überdeckten Zone. Die Grenze zwischen der Offenen Zone und dem Randbereich der Überdeckten Zone des Tiefen Karsts verläuft als geschwungene Linie etwa südlich von Immendingen über Emmingen-Liptingen an die Ostgrenze der Region. Der Zentralbereich der Überdeckten Zone liegt südöstlich der Hydrogeologischen Region.

Stockwerksgliederung

Die Gesteinsabfolge führt je nach der hydrogeologischen Position und ihrer Verkarstung zu einer unterschiedlichen Ausbildung von Grundwasserstockwerken (z. B. Villinger, 1988a).

Der **Seichte Karst** ist infolge der tief liegenden regionalen Vorfluter im Norden sowie des südöstlichen Schichteinfallens als relativ schmales Band entlang des Albtraufs am Nordrand der Schwäbischen Alb ausgebildet. Dort haben die Vorfluter die Impressamergel-Formation (joI) an der Basis der Wohlgeschichtete-Kalke-Formation (joW) angeschnitten. Dies führt dazu, dass die weiter im Süden in vielen Bereichen grundsätzlich als Grundwassergeringleiter wirkende Lacunosamergel-Formation durch offene Klüfte und bereichsweise durch Verkarstung stärker durchlässig ist.

In diesen Bereichen höherer Gebirgsdurchlässigkeit wirkt deshalb die Lacunosamergel-Formation durch den hydraulischen Kurzschluss zwischen der Wohlgeschichtete-Kalke-Formation und der Untere-Felsenkalke-Formation nicht stockwerkstrennend. Dies hat zur Folge, dass sich die Lacunosamergel-Formation in der ungesättigten Zone befindet und die Karstwasseroberfläche in der Wohlgeschichtete-Kalke-Formation zu liegen kommt. Folglich gibt es hier nur ein Karstgrundwasserstockwerk von der Wohlgeschichtete-Kalke-Formation bis zur Oberjura-Massenkalk-Formation. Sohlschicht des mächtigen Karstgrundwasserleiters ist die Impressamergel-Formation.

Im **Tiefen Karst** liegt die Lacunosamergel-Formation unter dem Vorflutniveau. Anders als in der Ostalb und in weiten Teilen der Mittleren Alb kann sie bereichweise geklüftet bzw. verkarstet sein und wirkt dort deshalb nicht als Grundwassergeringleiter. Die Impressamergel-Formation als Sohlschicht des Kluft- und Karstgrundwasserleiters wird nicht in Tälern angeschnitten, da sie nach Südosten immer tiefer abtaucht.

Liegende Bankkalke-Formation im Schotterwerk Baur, Veringenstadt-Jungnau

Die Abfolge Untere- und Obere-Felsenkalke-Formation, Liegende-Bankkalke-Formation und Oberjura-Massenkalk-Formation bildet das große, regionale Karstgrundwasserstockwerk. Zu diesem Stockwerk gehört auch die Hangende-Bankkalke-Formation, sofern sie unmittelbar der Liegende-Bankkalke-Formation aufliegt und keine Einschaltungen von Zementmergel-Formation hat.

Wirkt die Lacunosamergel-Formation als Trennschicht, bildet die klüftige, nicht verkarstete Wohlgeschichtete-Kalke-Formation ein eigenständiges, jedoch wesentlich geringer ergiebiges, unteres Grundwasserstockwerk. Die Bimammatum-Kalkbänke im oberen Teil der Impressamergel-Formation werden hydraulisch dem Grundwasserleiter der hangenden Wohlgeschichtete-Kalke-Formation zugeordnet. Die Sohlschicht des unteren Grundwasserstockwerks wird von der nicht verkarsteten Impressamergel-Formation als absolute Karstbasis gebildet. (Villinger, 1997; Villinger & Sauter, 1999).

Im Molassebecken südlich bzw. südöstlich der Hydrogeologischen Region Westalb, Hegaualb und Klettgaualb ist die Wohlgeschichtete-Kalke-Formation unter mächtiger tertiärer Überdeckung als Grundwassergeringleiter einzustufen.

Die beschriebene Stockwerksgliederung wurde auch im Interreg IIIA-Projekt „Hegau-Schaffhausen“ (Interreg IIIA, 2008) übernommen. Demnach ist die Aquiferbasis entlang dem Albtrauf unter Vernachlässigung der Bimammatum-Bänke, der Hangauflockerung sowie anderer, lokaler Ausprägungen identisch mit der Grenze Impressamergel-Formation zur Wohlgeschichtete Kalke-Formation. Weiter südlich wird die Lacunosamergel-Formation näherungsweise und modellhaft flächig als gering leitend eingestuft, da eine weitergehende, belastbare regionale Differenzierung aufgrund fehlender Daten nicht möglich erschien. Diese Modellvorstellung liegt auch der Konstruktion der Basis des Oberjura-Karstaquifers zugrunde.

Das Grundwasser tritt in der Regel in Abhängigkeit vom Niveau der Vorfluttäler an Überlaufquellen aus (Villinger, 1997; Villinger & Sauter, 1999).

Je weiter man in südliche Richtung geht, umso höher in der Schichtenfolge liegt die Untergrenze der Verkarstung und der starken Grundwasserführung. Sie befindet sich mit zunehmender Entfernung von der Karstgrundwasserscheide in immer größerem Abstand über der Sohlschicht in der Untere-Felsenkalke-Formation (joFU) oder im Unteren Massenkalk (joMKu) bzw. an deren Basis.

Im Molassebecken südlich der Hydrogeologischen Region Westalb, Hegaualb und Klettgaualb ist die Wohlgeschichtete-Kalke-Formation unter mächtiger tertiärer Überdeckung als Grundwassergeringleiter einzustufen.

Verkarstung und Hohlraumtypen

Die Verkarstung der Karbonatgesteine des Oberjuras hat vermutlich bereits während der Unterkreide vor ca. 140 Mio. Jahren eingesetzt (u. a. Villinger & Sauter, 1999).

Bis in das Alttertiär wurde die Mächtigkeit der an der Oberfläche anstehenden Oberjura-Schichten überwiegend durch Kalklösung erheblich verringert. Damit ging eine oberflächennahe, nur wenige Zehner Meter tief reichende Verkarstung einher. Dieser Prozess wurde möglicherweise durch die Überflutung des Gebietes in der Oberkreide (Franz et al., 1997; Franz et al., 1998) unterbrochen.

Verkarstete Oberjura-Gesteine im Steinbruch bei Buchheim (Kalksteinwerk Buchheim)

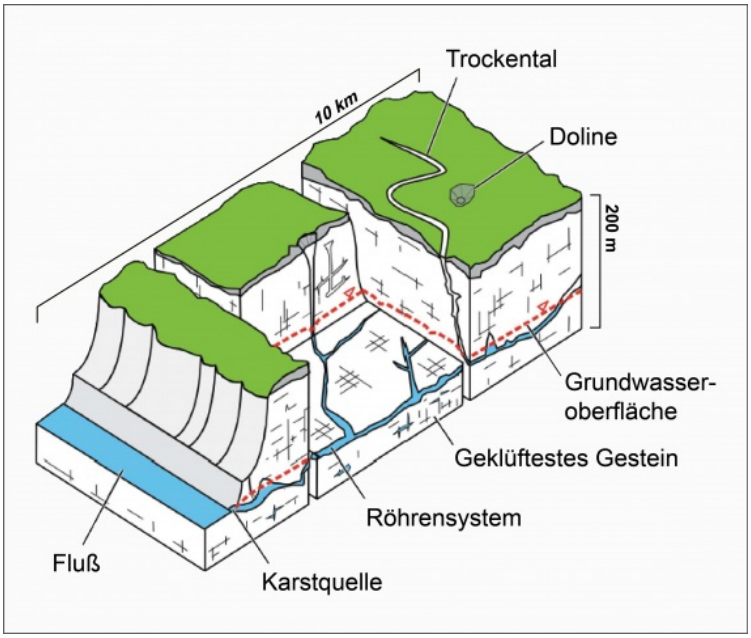
Mit dem Vordringen des Meeres im Tertiär (Obere Meeresmolasse) sowie der Ausbildung eines Flusssystems in der Oberen Süßwassermolasse war die Ablagerung geringer durchlässiger Molassesedimente verbunden. Die tertiäre Überdeckung wurde allerdings als Folge der Hebung der Albtafel im Obermiozän wieder bereichsweise durch flächenhafte Erosion entfernt. Die Abtragung reichte häufig bis in die Oberjuraschichten.

Die eigentliche tiefreichende und intensive Verkarstung des Oberjuras der Alb setzte erst ab dem Pliozän ein und reicht bis in das jüngere Quartär. Sie steht in engem Zusammenhang mit der Flussgeschichte der pleistozänen Ur-Donau sowie den Vereisungen im Alpenvorland (Villinger, 1986; Villinger, 1998).

Vor ca. 8 Mio. Jahren bildete die Ur-Donau mit ihren Quellflüssen sowie dem bei Ehingen einmündenden Alpenrhein die Vorflut für die Region zwischen Alpen und nördlich der heutigen Alb. Durch die anhaltende Hebung der Albtafel im Pliozän tieften sich die Ur-Donau und ihre nördlichen Zuflüsse zunehmend in die Oberjura-Schichten ein und entfernten gleichzeitig die tertiären Deckschichten. Damit waren die Voraussetzungen für eine tiefreichende Verkarstung und eine Verlagerung der Gebietsentwässerung von einem ursprünglich oberirdischen Flusssystem zu einem tiefliegenden Karstwassersystem geschaffen.

Die Verkarstungsprozesse wurden mehrmals in den hochglazialen Phasen der pleistozänen Vereisungen unterbrochen, da der Permafrost eine tiefreichende Entwässerung bis in das Karstsystem verhinderte. Dies führte dazu, dass ältere, zwischenzeitlich trocken gefallene Täler wieder als oberirdische Entwässerungswege reaktiviert wurden. Dabei wurden hoch durchlässige Kiese abgelagert. Gleichzeitig rückte der Rheingletscher mehrmals nach Norden bis zur Südabdachung der Albtafel vor. Dies führte zu beträchtlichen Verlagerungen des Donauverlaufs sowie zum zeitweiligen Aufstau der Ur-Donau und ihrer Nebenflüsse. In den aufgestauten Eisrandseen lagerten sich z. T. mächtige, gering durchlässige Seesedimente ab.

Der **Karbonatkarst** besteht sowohl aus oberirdischen Geländeformen als auch aus unterirdischen Karststrukturen.



Konzeptmodell eines Karstgrundwasserleiters (Grafik: verändert nach Geyer, 2008)

Die Harreser Erdfälle gehören zu den wenigen noch aktiven Erdfällen in Süddeutschland. Sie liegen im Einzugsgebiet der Aachquelle.

Dolinen, Trockentäler und abflusslose Senken gehören zu den typischen Oberflächenformen. Sie sind auch auf der Westalb und Hegaualb weit verbreitet.

Ein Beispiel hierfür sind die Harreser Erdfälle als ein größeres System schüsselförmiger Dolinen ca. 2,5 km östlich von Neuhausen ob Eck. In ihnen versinkt Oberflächen- und Drainagewasser aus einer mit Auelehm ausgefüllten Mulde des benachbarten Rieds. Sie liegen im Oberen Massenkalk (u. a. Schreiner 1979).

Vermutete Verkarstungsstrukturen können auf dem Kartenviewer des LGRB-BW abgerufen werden.

Höhlen sind großdimensionierte Karsthohlräume, die als schnelle Abflusswege für das Karstgrundwasser dienen können. Hinweise zu Höhlen im Gebiet Westalb und Hegaualb finden sich hier.

Hagentorhöhle bei Veringenstadt – Höhlen sind großdimensionierte Karsthohlräume. Sie können als schnelle Abflusswege für das Karstgrundwasser dienen.

Die Verkarstung des Karbonatgesteins läuft sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung in unterschiedlicher Intensität ab. Sie variiert lokal in Abhängigkeit von Klüftung, Lithologie, Exposition zur Oberfläche und Position zur Vorflut. Villinger (1977) nimmt an, dass die Verkarstungsuntergrenze im Tiefen Karst nördlich der Donau 50 Meter und mehr unter dem jeweiligen Vorfluterniveau liegt. Südlich der Donau sinkt sie infolge der prämiozänen Verkarstung auf weit über 200 m unter Vorfluterniveau ab. Darunter sind Kalk- und Mergelsteine kaum wasserdurchlässig, da sowohl die Kluftintensität als auch die Kluftweiten immer mehr abnehmen.

Massenkalke verkarsten im Allgemeinen wesentlich intensiver als Bankkalke, selbst wenn diese geklüftet sind. In ihnen weist die in verschiedenen Gebieten ausgebildete Lochfels-Fazies im Grenzbereich der Unteren- und Oberen-Felsenkalke-Formation bzw. im Unteren Massenkalk deutlich höhere Durchlässigkeiten auf.

Die diagenetisch entstandene Porosität des „Zuckerkörnigen Lochfels“ (bzw. Zuckerkornlochfels) setzt sich zusammen aus der Interkristallinporosität der Dolomite bzw. der Dedolomite und aus lösungsbedingten Makroporen im Zentimeterbereich (Gesteins- und Partikellösungsporen). Sie bildeten sich durch Rekalzitisation von Dolomit und anschließender korrosiver Erweiterung der dabei entstandenen Porosität.

Die Makroporosität des „Zuckerkörnigen Lochfels“ ist diagenetisch entstanden. Die Hohlräume bildeten sich nach der Rekalzitisierung von Dolomit und anschließender korrosiver Erweiterung der dabei entstandenen Porosität.

Bei den unterirdischen Karststrukturen gibt es drei Hohlraumtypen (u. a. Villinger, 1977; Teutsch, 1988; Selg, 2008; Hartmann et al., 2014):

- Mikroporen: sie entstehen während der Ablagerung und anschließenden Karbonatdiagenese,
- Kleinskalige Klüfte, Spalten, Schichtfugen und daraus entstehende Lösungshohlräume (geklüftetes Gestein),
- Großskalige Abflussbahnen (Röhrensysteme, Höhlen). Sie entstehen aus korrosiv erweiterten Kluftscharen, Großklüften, Gerinnen und anderen großdimensionierten Hohlräumen.

Abflussdynamik

Die Abflussdynamik im Karstgrundwasserleiter wird durch ein Zusammenwirken der drei Hohlraumtypen gesteuert (Sauter, 1992; Sauter, 1995; Lang, 1995; Geyer, 2008; Geyer et al., 2013).

Mikroporen und kleinskalige Klüfte enthalten das langfristige Karstwasser. Sie sind für das Speichervermögen verantwortlich. Die großskaligen Abflussbahnen drainieren den Speicher und das oberflächennah abfließende Niederschlagswasser. Diese Karstwasserkomponente tritt als kurzfristiges Karstwasser an Quellen oder anderen oberflächennahen Austrittstellen (z. B. Feuchtstellen) über Tage aus. Sie kann für die qualitative Gefährdung von Wasserfassungen von großer Bedeutung sein.

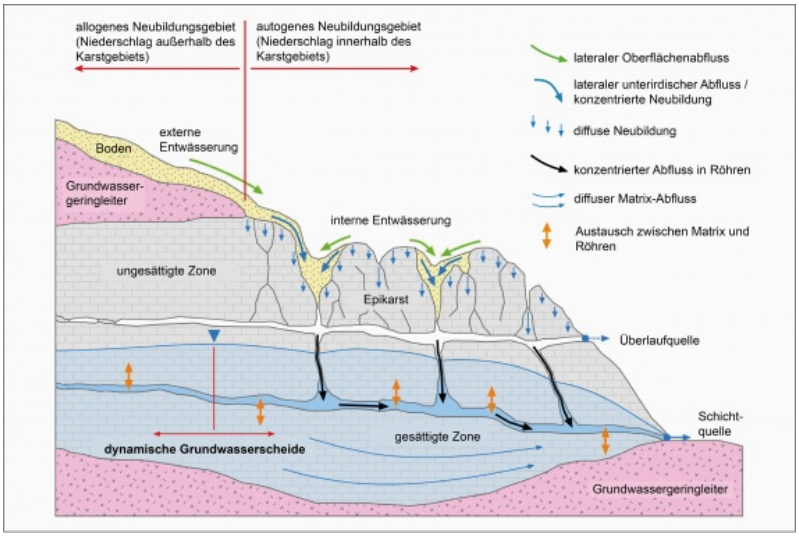
Hydrodynamisch handelt es sich beim Oberjurakarst um ein Doppelporositäts-Medium. Diese Modellvorstellung liegt auch der numerischen Grundwassermodellierung zugrunde (z. B. Teutsch, 1988; Lang, 1995). Sie geht in modelltechnisch idealisierter Form vereinfachend von zwei hydraulischen Systemen aus, denen jeweils eigene Durchlässigkeitsbeiwerte und Speicherkoeffizienten zugeordnet werden und die hydraulisch miteinander kommunizieren. Dabei entspricht das hoch durchlässige System den großdimensionierten Karststrukturen, das geringdurchlässige den Klüften. Die Matrixporosität (Mikroklüfte und Poren) ist je nach Ausbildung dem einen oder dem anderen System zuzuordnen.

Der oberflächennahe Epikarst folgt unter der geringmächtigen Bodenzone. Er wirkt vermutlich als oberflächennaher Speicherhorizont und wird von stark geklüftetem und verkarstetem Karbonatgestein unterlagert (Steinbruch Buchheim).

Für die Abflussdynamik kann auch der Epikarst von Bedeutung sein. Es handelt sich dabei um den oberflächennahen Bereich der vadosen Zone. Man geht davon aus, dass er als oberflächennaher Speicherhorizont von wenigen Metern bis etwa 10 m mit relativ geringer Durchlässigkeit an der Basis wirkt (Sauter, 1995). Wie ein schwebender Grundwasserleiter dient er als Zwischenspeicher für eingesickertes Niederschlagswasser. Innerhalb des Epikarsts erfolgt der Abstrom zu hochdurchlässigen Karstschlotten und Röhren bzw. Dolinen, die das infiltrierte Wasser zum Karstgrundwasser ableiten.

Die Ausprägung des Epikarsts wird wesentlich durch die Wasserbewegung, die Verweildauer des versickernden Niederschlags und die in dieser Zone ablaufenden, meist schnellen Lösungsprozesse bestimmt. Diese Prozesse wirken sich wiederum maßgebend auf die Ausbildung der Wasserwegsamkeiten aus.

Selg et al. (2006) betrachten das Konzept des Epikarsts für den gesamten Oberjura-Aquifer der Schwäbischen Alb allerdings aus verschiedenen Gründen als wenig plausibel bzw. messen ihm weniger Bedeutung bei. Selg (2008) nimmt an, dass daneben weitere Einzelspeicher das Abflussverhalten im Karst beeinflussen. Einer dieser Einzelspeicher ist die gesamte, sehr mächtige, ungesättigte Zone.



Konzeptionelles Modell eines Karstsystems mit den charakteristischen Karstprozessen (Grafik: Hartmann et al. 2014, verändert 2022)

Insgesamt sind für große Karstwassersysteme hohe Infiltrationsraten kennzeichnend. Zwischenabfluss konzentriert sich in Hohlformen und eventuell im Epikarst und gelangt von dort über großdimensionierte Abflussbahnen zur Karstwasseroberfläche.

Bereits in den 1970er und 1980er Jahren haben isotopenhydrologische Untersuchungen an Karstgrundwässern der Schwäbischen Alb gezeigt, dass ihre mittleren Verweilzeiten mehrere Jahre betragen können (Geyh & Groschopf, 1978; Geyh et al., 1984; Bertleff, 1986).

Die Pflanzenschutzmittel-Problematik gab dann Anfang der 2000er Jahre Anlass zu weiteren intensiven Untersuchungen des Grundwassers im Oberjuraaquifer der Mittleren Alb (u. a. Selg et al., 2005). Obwohl das im Maisanbau eingesetzte Pflanzenschutzmittel (PSM) Atrazin seit März 1991 verboten war, wurde es zusammen mit seinem Abbauprodukt Desethylatrazin auf der Schwäbischen Alb auch Anfang/Mitte der 2000er Jahre immer noch in Quellen und sogar in Brunnen mit Wasserzutritten tiefer als 200 m unter der Grundwasseroberfläche nachgewiesen (u. a. Selg et al., 2005).

Andererseits sind Karstquellen bei Niederschlagsereignissen häufig durch spontane Reaktionen im Schüttungsverhalten bzw. in der Trübungsentwicklung charakterisiert. Diese Befunde wurden oft als Belege für die hohe Abflussdynamik und für schnelle Stoffumsätze im Karstsystem der Schwäbischen Alb gesehen. Zudem lieferten Markierungsversuche oft sehr hohe maximale Abstandsgeschwindigkeiten des Grundwassers von im Mittel 100 m/h (Villinger, 1978a).

Insbesondere großräumige Isotopenuntersuchungen auf der Mittleren Alb lieferten neue Einblicke in die Altersstruktur des Kluft- und Karstgrundwassers (Bauer et al., 2002; Selg et al., 2005; Bauer & Selg, 2006; Selg & Schwarz, 2009). Sie wurden durch detaillierte Untersuchungen zur Kurzzeitdynamik und dem Direktabfluss ergänzt (Selg et al., 2006).

Die Untersuchungen von Bauer et al. (2002) an Quellen der Reutlinger Alb haben gezeigt, dass die Mittlere Verweilzeit der Grundwässer eine bedeutende Rolle beim anhaltenden Atrazin-Austrag spielt. Bauer et al. (2002) und Selg et al. (2005) konnten zeigen, dass überwiegend komplexe Mischwassersysteme vorliegen. Sie bestehen aus drei Komponenten, wobei die einzelnen Komponenten zu unterschiedlichen Anteilen an der Zusammensetzung der Wässer beteiligt sind:

- Schnell abfließende Komponente (Tage bis einige Wochen): vernachlässigbar, weniger als 8 % („kurzfristiges Karstgrundwasser“),
- Jungwasserkomponente: wenige Jahrzehnte (10–35 Jahre), („langfristiges Karstgrundwasser“),
- alte (> 50 Jahre) Grundwasserkomponenten mit Verweilzeiten bis mehrere tausend Jahre.

Quartäre Kiesgrundwasserleiter

Die überwiegend kiesigen Talablagerungen sind wegen ihrer guten Durchlässigkeit, ihres großen Speichervolumens und ihrer guten Filterwirkung gegen mikrobiologische Verunreinigungen vielfach regional bedeutende Grundwasserleiter.

In der Hydrogeologischen Region Westalb, Hegaualb und Klettgaualb bilden die Kiese im heutigen Donautal die ergiebigsten Porengrundwasserleiter.

In den Tälern von Bära, Lippach, Faulenbach, Elta und Weißenbach sind die quartären Talfüllungen bereichsweise ergiebig und von wasserwirtschaftlicher Bedeutung. Sie stehen nördlich der Donau meist mit dem unterlagernden Karstgrundwasserleiter in direktem hydraulischen Kontakt. So tritt z. B. das Talgrundwasser des Faulenbachtals und des Eltatals kurz nach der Einmündung in das Donautal in die Wohlgeschichtete-Kalke-Formation über, die in diesem Abschnitt unter den Donaukiesen liegt.

In den Talniederungen der südlichen Donauzuflüsse gibt es keine mächtigeren kiesigen Talfüllungen mit größeren Grundwasservorkommen. Eine Ausnahme bildet das Aitrachtal, das für die regionale Trinkwasserversorgung von Bedeutung ist.

Donautal

Die Donau verläuft in der Westalb und Hegaualb im so genannten Oberen Donautal. Im streckenweise sehr engen Tal liegen oft bis über 10 Meter mächtige quartäre Kiese. In aufgeweiteten Talabschnitten wie z. B. östlich von Tuttlingen sind die Kiese über 20 Meter mächtig (z. B. P10/88 WSG Riedgraben Tuttlingen, LGRB-Archiv-Nr. BO7919/15) wobei die Kiesmächtigkeit jedoch kleinräumig stark variieren kann. Die sandigen Kiese werden bereichsweise von bindigem Material überlagert.

Das Donautal ist in der Westalb und Hegaualb über längere Strecken Vorflut für das aus nördlicher Richtung im Oberjura anströmende Karstgrundwasser. Bereichsweise infiltriert aber auch Wasser aus der Donau bzw. der kiesigen Talfüllung in den Oberjura-Grundwasserleiter. Ein sehr bekanntes und gut untersuchtes Beispiel hierfür ist die Donauversinkung zwischen Immendingen und Fridingen.

Das Porengrundwasser in der quartären Donautalfüllung tritt über weite Strecken in die Donau über. Insgesamt besteht eine intensive Wechselwirkung zwischen Kiesgrundwasser und dem Vorfluter Donau (effluente und influente Verhältnisse). Der Grundwasserspiegel ist meist frei.

Täler der Oberjura-Karstlandschaft

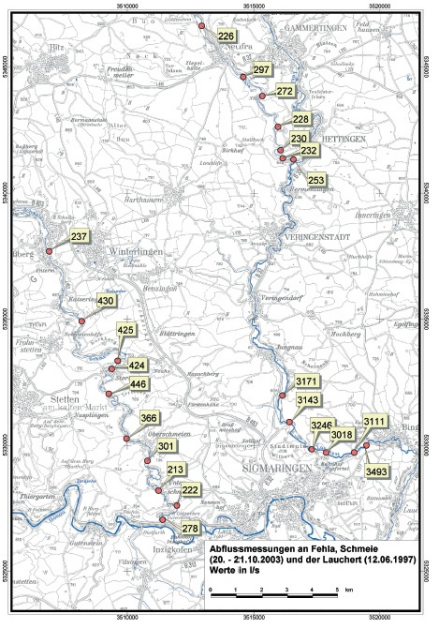
Die quartären Talablagerungen im Bereich der Oberjura-Karstlandschaft bestehen meist aus umgelagertem Weißjuramaterial (meist umgelagerter Hangschutt). Im Bäratal werden die Schotter von 0,5 bis 1,5 m mächtigen z. T. humosen bindigen Deckschichten überlagert. Bereichsweise liegen sie auch unter gering mächtigem Oberjura-Hangschutt und/oder Kalktuffen.

Im Bäratal zwischen Bärenthal und Fridingen schwankt die Mächtigkeit der Talfüllung zwischen 5,5 und 8 m, im Lippachtal beträgt sie stellenweise ca. 13 m (Gwinner & Hafner, 1995).

Die lokalen Vorfluter sind im Tiefen Karst meist hydraulisch voll an den Aquifer angebunden. Besonders bei jahreszeitlich schwankender Grundwasseroberfläche können in einigen Flussabschnitten Abweichungen hiervon auftreten. Bei niedrigen Karstgrundwasserständen kann es bereichsweise zur Versickerung von Grundwasser aus den Kiesen in den Oberjura-Grundwasserleiter kommen.

Einige Oberflächengewässer verlaufen zumindest abschnittsweise in gering durchlässigen Talablagerungen. Sie schweben dann über dem Poren- und Karstgrundwasser. Hier können bereichsweise Flusswasserversickerungen auftreten, wobei die Menge des versickernden Wassers von der Durchlässigkeit der Talablagerungen abhängt.

Derartige Verhältnisse sind für einige Oberflächengewässer bzw. einzelne Fließstrecken durch Messungen z. B. entlang der Schmeie belegt.



Ergebnisse der Stichtagsabflussmessungen an den Oberflächengewässern Fehla, Schmeie (20.–21.10.2003) und Lauchert (12.06.1997) (HGE, 2004a)

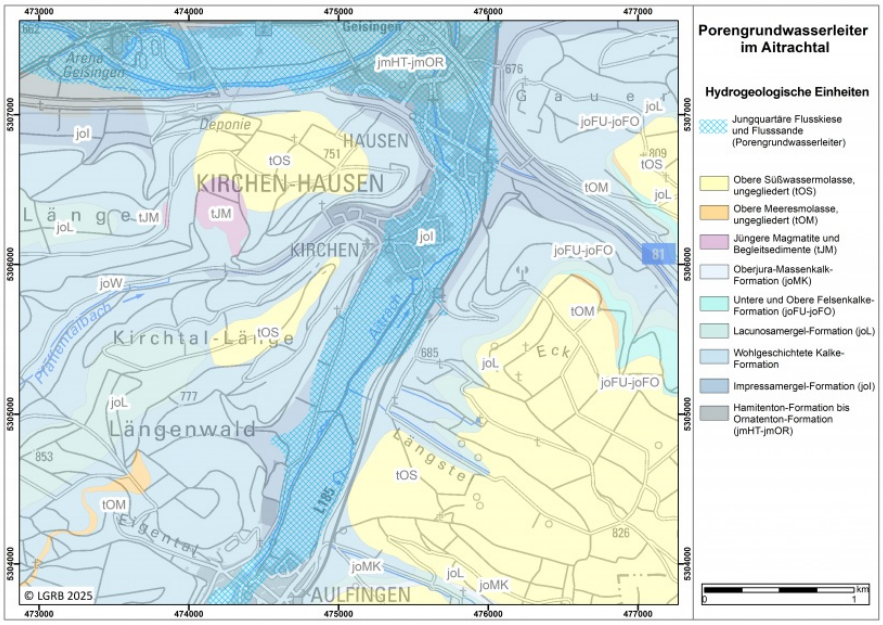
Entlang der Oberflächengewässer kann aufgrund der gemessenen ab- bzw. zunehmenden Abflüsse zwischen Abschnitten mit Versickerungsverlusten aus den Flüssen in den Karstaquifer (Versickerungsbereiche, Infiltration von Oberflächengewässern) bzw. Zuflüssen aus Karstquellen (Grundquelle) oder Übertritten aus dem Karstaquifer in die Flüsse (Exfiltration aus dem Grundwasser) unterschieden werden. Diese Messergebnisse wurden bei der Konstruktion des Karstgrundwassergleichenplans berücksichtigt.

Aitrachtal

Die Aitrach ist in der Hydrogeologischen Region Westalb, Hegaualb und Klettgaualb der bedeutendste südliche Zufluss zur Donau.

Die ca. 7 bis 12 Meter mächtige Lockergesteinsfüllung des Aitrachtals setzt sich aus zwei Kieskörpern zusammen. Sie werden durch geringer durchlässige Sedimente voneinander getrennt, sind jedoch hydraulisch miteinander verbunden. Sie werden von tonig-schluffigen Abschwemmmassen, Auenlehm und bereichsweise Torfbildungen überlagert (Franz & Rohn, 2004).

Der ergiebigere untere Abschnitt besteht aus ca. 3 bis 7 Meter mächtigen Wutachschottern. Die sandigen Kiese der pleistozänen Feldbergdonau setzen sich aus meist gut gerundeten Geröllen aus Schwarzwald-Kristallin bzw. aus Trias-Gesteinen zusammen.



Die kiesige Füllung des Aitrachtals bildet nach dem Donautal den bedeutendsten Porengrundwasserleiter der Region.

Die schluffig-sandigen Kiese des oberen Abschnittes bestehen aus Oberjura-Geröllen sowie weiteren Komponenten aus Trias- und Juragesteinen. Die Aitrachschotter wurden nach der Anzapfung der Feldbergdonau durch die Wutach im Spätwürm bis Holozän von der Aitrach abgelagert.

Die Basis des Kiesgrundwasserleiters wird von Gesteinen des oberen Mitteljuras bzw. des unteren Oberjuras gebildet.

Der Grundwasserflurabstand im Aitrachtal ist meist gering und erreicht maximal wenige Meter. Das Grundwasser in der kiesigen Talfüllung ist unter der lehmigen Überdeckung bereichsweise gespannt, zu Zeiten hoher Grundwasserneubildung und daraus resultierenden hohen Grundwasserständen kann es artesisch gespannt sein.

Die Aitrach wirkt abschnittsweise als Vorflut für das Grundwasser im Kiesaquifer (z. B. nördlich Aulfingen), abschnittsweise verliert sie Wasser in die Kiese.

Dem Porengrundwasserleiter des Aitrachtals strömt Grundwasser von Nordwesten und untergeordnet auch von Südosten zu. Der unterirdische Randzustrom aus dem Festgestein in den Porengrundwasserleiter wird auf ca. 50 l/s geschätzt. Über Quellen aus dem Oberjura-Karst treten insgesamt ca. 150 l/s in das Aitrachtal über (Franz & Rohn, 2004).

Hydrogeologische Einheiten (Deckschichten)

Deckschichten im hydrogeologischen Sinn sind definitionsgemäß überwiegend Grundwassergeringleiter mit geringer bis fehlender Porendurchlässigkeit.

Sie können z. T. auch Grundwasserleiter mit geringerer Durchlässigkeit als der unterlagernde Hauptgrundwasserleiter sein.

Deckschichten stehen oberflächlich oder oberflächennah an und können in stark wechselnden Mächtigkeiten vorkommen. Sie wirken sich in unterschiedlichem Maß auf die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung aus. Bereichsweise können unterschiedliche Deckschichten einander überlagern.

Art und Verbreitung der hydrogeologischen Deckschichten

Hydrogeologische Deckschichten kommen in der Hydrogeologischen Region Westalb, Hegaualb und Klettgaualb auf etwa 302 km^2 vor. Das entspricht ungefähr 35 % der Gesamtfläche. Am weitesten verbreitet ist Hangschutt (qu) mit einem Flächenanteil von ca. 19 %. Danach folgen mit jeweils ca. 5 Flächenprozent Verwitterungs-/Umlagerungsbildungen (qum) und Verschwemmungssedimente (qz). Altwasserablagerungen sind zu ca. 3 Flächenprozent vertreten.

In der Hydrogeologischen Region (HR) Westalb, Hegaualb und Klettgaualb vorkommende Hydrogeologische Deckschichten

Hydrogeologische Einheit	Verbreitung an der Geländeoberfläche [km^2], gerundet	Verbreitung an der Geländeoberfläche anteilig an der Gesamtfläche der HR [%], gerundet
Anthropogene Bildung (qYA)	2,7	0,2
Verwitterungs-/Umlagerungsbildung (qum)	63,1	5,3
Hangschutt (qu)	226,5	18,9
Massenverlagerung (qmv)	3,1	0,3
Lösssediment (qlos)	0,3	0,0
Moorbildung (Hm)	0,9	0,1
Quartärer und tertiärer Sinterkalk (qsk, tsk)	1,5	0,1
Verschwemmungssediment (qz)	64,5	5,4
Altwasserablagerung (qAa)	39,3	3,3
Glazialsedimente (qGS)	0,1	0,0
Sedimente der Schwarzwald-Vergletscherung (qpS)	11,7	1,0
Höhenschotter (tH)	4,8	0,4
Obere Süßwassermolasse, ungegliedert (tOS)	0,2	0,0
Obere Meeresmolasse, ungegliedert (tOM)	0,1	0,0
Untere Süßwassermolasse (tUS)	0,1	0,0
Bohnerz-Formation (tBO)	3,7	0,3

Verwitterungs-/Umlagerungsbildungen (qum)

Diesen Deckschichten werden hydrogeologisch auch die Fließerden zugeordnet. Sie liegen vor allem auf flach geneigten Höhenrücken und auf Verebnungen unterhalb der Höhenrücken.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier.

Hangschutt (qu)

Hangschutt besteht überwiegend aus umgelagerten Weißjura-Komponenten (Weißjura-Hangschutt) mit umgelagertem Kalkverwitterungslehm und wechselnden Lösslehmanteilen. Er ist örtlich zu Brekzien zementiert.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier.

Verschwemmungssedimente (qz)

Sie entstanden durch flächenhafte Massenverlagerung an Hängen und kommen in Tallagen vor.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier.

Quartäre und tertiäre Sinterkalke (qsk, tsk)

Sinterkalke bildeten sich unterhalb von Quellaustritten aus dem Oberjura-Karstaquifer sowie in anschließenden Tallagen. Sie treten häufig im Grenzbereich Impressamergel-Formation zu Wohlgeschichtete-Kalke-Formation auf.

Sinterkalke finden sich z. B.

- im Tal der Unteren und der Oberen Bära östlich von Königsheim,
- im Tal der Unteren Bära südöstlich Egesheim,
- nördlich von Mühlheim an der Donau-Altstadt (bis 12,5 m mächtig),
- nordwestlich von Bärenthal, mit einer Ausdehnung von ca. 600 m Länge und 120 m Breite und bis 28 m mächtig,
- bei Hausen im Tal am linken Talhang der Donau,
- östlich von Blumberg im Krebsbachtal,
- südlich von Riedöschingen im Kompromisbachtal,
- nördlich von Tengen im oberen Abschnitt des Breitentalbachs.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier.

Molassesedimente (tOS, tUM)

Sie sind nur in Bereichen kleinräumiger, inselartiger Vorkommen als Deckschichten klassifiziert. Ansonsten werden sie

nicht als Deckschicht eingestuft.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier (tOS; tUM). Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier (tOS; tUM).

Hydrogeologische Einheiten (ohne Deckschichten)

In der Hydrogeologischen Region Westalb, Hegaualb und Klettgaualb kommen an der Geländeoberfläche bzw. im tieferen Untergrund folgende Hydrogeologischen Einheiten (ohne Deckschichten) vor (Einheiten, die zu einem sehr geringen Flächenanteil vorkommen, wurden z. T. nicht berücksichtigt):

In der Region Westalb, Hegaualb und Klettgaualb vorkommende Hydrogeologische Kartiereinheiten (ohne Deckschichten)

Hydrogeologische Kartiereinheit	Grundwassergeringleiter (GWG) oder Grundwasserleiter (GWL)	Verbreitung an der Geländeoberfläche [km^2] / davon unter Überdeckung [km^2], gerundet	Verbreitung an der Geländeoberfläche anteilig an der Gesamtfläche der HR [%], gerundet
Rheingletscher-(Nieder)-Terrassen-schotter (qRTN, qRT)	GWL	22/11	2
Glazialsedimente (qGS)	GWL/GWG	47/0	4
Eiszeitliche Schotter im Alpenvorland (qES)	GWL	9/3	1
Jüngere Magmatite und Begleitsedimente (tJM)	GWL/GWG	2/ < 1	< 1
Obere Süßwassermolasse, ungegliedert (tOS)	GWG/(GWL)	133/13	11
Obere Brackwassermolasse, ungegliedert (tOB)	GWL/GWG	5/0,7	0,4
Obere Meeresmolasse, ungegliedert (tOM)	GWL/(GWG)	3/ < 1	< 1
Untere Süßwassermolasse (tUS)	GWG	35/12	3
Hangende-Bankkalke-Formation (joHB)	GWL	113/18	9
Zementmergel-Formation (joZ)	GWL	42/15	4
Liegende-Bankkalke-Formation (joLB)	GWL	44/11	4
Untere und Obere Felsenkalke-Formation (joFU-joFO)	GWL	45/19	4
Oberjura-Massenkalk-Formation (joMK)	GWL	345/100	29
Lacunosamergel-Formation (joL)	GWL	41/19	3
Wohlgeschichtete Kalke-Formation (joW)	GWL	162/76	14
Lochen-Subformation (joLO)	GWL	65/42	5
Impressamergel-Formation (joI)	GWG	77/72	6
Mitteljura (jm)	GWG	10/10	< 1

Verbreitung der Hydrogeologischen Einheiten ohne Deckschichten

Quartäre Talablagerungen (Porengrundwasserleiter)

Sandig-kiesige, quartäre Talfüllungen mit mehr als ca. 5 m Mächtigkeit werden als Porengrundwasserleiter eingestuft. Derartige Porengrundwasserleiter kommen im Donautal, in den Tälern der Oberjura-Karstlandschaft sowie im Tal der Aitrach vor. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Entstehungsgeschichte sind sie unterschiedlich aufgebaut und bestehen aus unterschiedlichen Gesteinskomponenten.

Verbreitung der quartären Porengrundwasserleiter

Die **Ablagerungen des Donautals** sind als Rheingletscher-Niederterrassenschotter (qRTN) zusammengefasst. Es handelt sich dabei um sandig kiesige Sedimente mit eingelagerten Schlufflinsen. Die Komponenten sind überwiegend alpinen Ursprungs. Die Ablagerungen bilden in der Regel einen zwar geringmächtigen, aber sehr gut durchlässigen Porengrundwasserleiter.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit qRTN finden Sie hier.

Die Lockergesteinsfüllungen in **den Tälern der Oberjura-Karstlandschaft** bestehen aus umgelagertem Kalkstein des Oberjuras, der zu Kiesgeröllen aufgearbeitet wurde. Die Ablagerungen sind der Hydrogeologischen Einheit „Bach- und Flussablagerungen“ (qbf) zugeordnet. Die Hydrogeologische Einheit ist in der Hydrogeologischen Karte ohne Deckschichten (HKoD) nicht enthalten, da sie für diese Darstellung „abgedeckt“ wurde. Sie wird von tonig-schluffigen, z. T. steinigen Schwemmlehmen und lokal Kalktuff, Wiesenkalk sowie Anmoor- und Niedermoortorf überlagert. Aufgrund dieser flächenhaften Überlagerung kommt die Hydrogeologische Einheit „Bach- und Flussablagerungen“ (qbf) auch nicht als Deckschicht in der Hydrogeologischen Karte vor.

Kiesige Talfüllungen kommen im unteren Talabschnitt der Schmeie sowie in den Tälern der Bära, der Lippach, des Faulenbachs und der Elta vor. Sie sind dort wasserwirtschaftlich von untergeordneter Bedeutung.

Von größerer wasserwirtschaftlicher Bedeutung ist die quartäre Füllung im **Aitrachtal**. Ihr Grundwasservorkommen wird mit mehreren Brunnen zur öffentlichen Trinkwasserversorgung genutzt. Es sind dies z. B. die Tiefbrunnen Köhre I und II der Stadt Blumberg (LGRB-Archiv-Nr. BO8117/ 335) oder die Brunnen I bis VI des Zweckverbandes Wasserversorgung Unteres Aitrachtal (LGRB-Archiv-Nr. BO8117/1, 2, 100 und 23 sowie BO8016/131 und 16).

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit „Bach- und Flussablagerungen“ (qbf) finden Sie hier.

Jüngere Magmatite und Begleitsedimente (tJM)

Die Hegau-Vulkane werden der Hydrogeologischen Einheit Jüngere Magmatite und Begleitsedimente zugeordnet. Sie kommen im Westen der Hydrogeologischen Region auf der Hegaualb vor.

Zu den vulkanischen Bildungen gehören in der Westalb und Hegaualb Basalt- und Phonolithstöcke, Deckentuffe, tertiäre Maarsedimente und Schlotfüllungen aus Tuffen und Lapillituffen.

Der Höwenegg gehört zu den Hegau-Vulkanen. Der See ist kein Kratersee, sondern entstand infolge des großflächigen Nephelinitabbaus (bis 1979).

In der Hydrogeologischen Region liegen die Hegauvulkane Höwenegg, Neuhewen und Hohenhewen (s. Geotourismus und Geologie). Sie sind bei Schreiner (1992) detailliert beschrieben.

Blick von der Hauserfohrenquelle Richtung Südosten auf den Hohenhewen und den Hohenstoffeln

Der Hohenhewen (links) und der Hohenstoffeln im Hintergrund (außerhalb der Hydrogeologischen Region) sind vulkanischen Ursprungs.

Die Basalt- und Phonolitstöcke bestehen aus Melilith-Nephelinit. Deckentuffe und tertiäre Maarsedimente gibt es nur in zwei sehr kleinräumigen Vorkommen.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier und zur Bodenkunde hier.

Obere Süßwassermolasse, ungegliedert (tOS)

Die Obere Süßwassermolasse ist die flächenmäßig am weitesten verbreitete tertiäre Hydrogeologische Einheit in der Hydrogeologischen Region Westalb, Hegaualb und Klettgaualb. Sie ist als Jüngere Juranagelfluh (tJN2) ausgebildet. Vereinzelt finden sich auch kleine Einschaltungen von Süßwasserkalken.

Größere Vorkommen gibt es auf der westlichen Hegaualb

- westlich von Emmingen-Liptingen,
- südlich der Aitrach bis Tengen bzw. Engen,
- im westlichen Teil des Kleinen Randen östlich vom Küssaberg.

Die Jüngere Juranagelfluh besteht aus Konglomeraten, Sanden und Mergeln. Sie wurden von Flüssen in Rinnen und großen Schuttfächern abgelagert. Der „Hegau-Fächer“ ist bei Leipferdingen etwa 100 Meter mächtig. Bis zum Hohenstoffeln südlich der Hydrogeologischen Region nimmt die Mächtigkeit auf über 300 Meter zu (Geyer et al., 2011). Gegenläufig nimmt der Anteil an grobklastischen Sedimenten von Süden nach Norden ab. Konglomeratbänke machen im Süden ca. ein Drittel der Abfolge aus, im Norden nur noch wenige Prozent. Am Kleinen Randen setzen einzelne Nagelfluhbänke bereits wenige Meter über der Basis der Oberen Süßwassermolasse ein; in den oberen zwei Dritteln der Schichtfolge sind sie häufig anzutreffen. Die regionale Verteilung der Sandstein- und Nagelfluhhorizonte ist uneinheitlich (Bausch & Schober, 1997).

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier.

Obere Brackwassermolasse (tOB), ungegliedert

Die Obere Brackwassermolasse (tOB) streicht nördlich von Hohentengen am Hochrhein in schmalen Streifen unter der Oberen Süßwassermolasse sowie nördlich von Dettighofen und nordwestlich von Jestetten aus.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier.

Obere Meeresmolasse, ungegliedert (tOM)

Die Obere Meeresmolasse tritt an zahlreichen Stellen inselartig und kleinräumig auf.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier.

Untere Süßwassermolasse (tUS)

Die Untere Süßwassermolasse tritt im Süden der Hydrogeologischen Region in größeren Flächen nördlich von Hohentengen am Hochrhein, bei Dettighofen und bei Jestetten auf. Daneben gibt es kleinere Vorkommen südlich und südöstlich von Emmingen-Liptingen sowie nördlich von Engen.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier.

Hangende-Bankkalke-Formation (joHB)

Die Hangende-Bankkalke-Formation ist südlich der Donau auf der mittleren und östlichen Hegaualb verbreitet.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Zementmergel-Formation (joZ)

Die Zementmergel-Formation ist in der Hydrogeologischen Region Westalb, Hegaualb und Klettgaualb wesentlich kalkiger ausgebildet als auf der mittleren und östlichen Schwäbischen Alb. Da sie zudem stärker geklüftet und verkarstet ist, wird sie als Grundwasserleiter eingestuft. Sie kommt auf der Hegaualb zwischen Engen und Tuttlingen in größeren Flächen vor. Südlich des Oberen Donautals ist sie in kleineren Flächen vorhanden.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Liegende-Bankkalke-Formation (joLB)

Die Liegende-Bankkalke-Formation streicht von etwa Immendingen bis Tuttlingen am südlichen Hang des Donautals aus und kommt nördlich von Tuttlingen in größeren Flächen vor. Weiter östlich ist sie nur noch inselartig verbreitet.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Untere- und Obere-Felsenkalke-Formation (joFU-joFO)

Ebenso wie die Liegende-Bankkalke-Formation streicht die Untere- und Obere-Felsenkalke-Formation von etwa Immendingen bis Tuttlingen am südlichen Hang des Donautals aus. Nördlich von Tuttlingen sowie weiter östlich kommt sie in kleineren Flächen vor.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier.

Oberjura-Massenkalk-Formation (joMK)

Die Oberjura-Massenkalk-Formation ist die flächenmäßig am weitesten verbreitete Festgesteinseinheit der Hydrogeologischen Region Westalb, Hegaualb und Klettgaualb. Sie nimmt auf der Hohen Schwabenalb und im Oberen Donautal im Osten der Hydrogeologischen Region große Flächen ein.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier.

Lacunosamergel-Formation (joL)

Die Lacunosamergel-Formation streicht oft an den Hängen größerer Flusstäler wie z. B. der Eyach im Norden oder entlang der Aitrach und Donau aus. Sie wird grundsätzlich als ein Grundwassergeringleiter eingestuft. Auf der Westalb und Hegaualb kann sie auch als Algen-Schwamm-Riffkalk ausgebildet sein. In diesem Fall ist sie ein Grundwasserleiter.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier.

Wohlgeschichtete-Kalke-Formation (joW)

Die Wohlgeschichtete-Kalke-Formation ist im Westteil der Westalb flächig verbreitet. Außerdem kommt sie weiter im Osten am Nordrand der Westalb vor.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier.

Lochen-Subformation (joLO)

Die Lochen-Subformation ist nördlich der Donau zwischen Tuttlingen und Beuron verbreitet. Das laterale Faziesäquivalent des oberen Abschnittes der Impressamergel-Formation ist aufgrund der zahlreichen kalkig erhaltenen Kieselschwämme kalkiger ausgebildet als die Impressamergel-Formation. Die Lochen-Subformation wird deshalb als Grundwasserleiter eingestuft.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Hornbuck-Schichten (joHO)

Die Hornbuck-Schichten bilden im Klettgau den oberen Abschnitt der Impressamergel-Formation. Sie treten in einem schmalen Streifen am Nordhang des Kleinen Randen bzw. am südlichen Talrand des Schwarzbachs auf. Die kalkig-mergeligen Schwamm-Mikroben-Bioherme wurden hydrogeologisch der Lochen-Subformation zugeordnet und demzufolge als Grundwasserleiter eingestuft.

Impressamergel-Formation (joI)

Die Impressamergel-Formation streicht oft am Hangfuß bzw. der Talsohle größerer Flüsse wie z. B. der Eyach, im Norden entlang der Aitrach und der Donau sowie am Fuß des Albtraufs am Nordrand der Hydrogeologischen Region aus.

Eine Beschreibung der hydrogeologischen Eigenschaften der Einheit finden Sie hier.

Weitere Informationen zur Geologie finden Sie hier.

Mitteljura (jm)

Mitteljurassische Gesteine kommen nur zu einem sehr geringen Anteil von unter einem Prozent an der Gesamtfläche der Hydrogeologischen Region Westalb, Hegaualb und Klettgaualb vor. Sie liegen in Tälern, die sich von Norden in die Albtafel eingeschnitten haben. Diese Talabschnitte wurden zur Arrondierung in die Hydrogeologische Region einbezogen.

Es handelt sich dabei um die Hydrogeologischen Einheiten

- Hamitenton-Formation bis Ornatenton-Formation (jmHT–jmOR),
- Ostreenkalk-Formation und Gosheim-Formation (jmOK, jmGOS),
- Wedelsandstein-Formation (jmWS).

Literatur

- Bauer, M. & Selg, M. (2006). *Altersstruktur und Mittlere Verweilzeit im Grundwasser des Blautopfs und anderer Quellen und Brunnen im Oberjura-Karst Süddeutschlands.* – Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe C, 98, S. 18–44.
- Bauer, M., Selg, M. & Eichinger, L. (2002). *Pflanzenschutzmittel im Kluft- und Karstgrundwasserleiter des Oberjuras in Baden-Württemberg.* – Abhandlungen LGRB, 15, S. 149–221.
- Bausch, W. & Schober, T. (1997). *Erläuterungen zum Blatt 8316/8416 Klettgau / Hohentengen am Hochrhein.* – Erl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, 287 S., Freiburg i. Br. (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg).
- Bertleff, B. (1986). *Das Strömungssystem der Grundwässer im Malm-Karst des West-Teils des süddeutschen Molassebeckens.* – Abhandlungen des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg, 12, S. 1–271, 8 Anl.
- Franz, M. & Rohn, J. (2004). *Erläuterungen zu Blatt 8117 Blumberg.* –3. Aufl., Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., VII+196 S., 2 Beil., Freiburg i. Br. (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg).
- Franz, M., Selg, M. & Hoffmann, F. (1998). *Limnisch-fluviatile Ablagerungen aus dem Untereozän vom Südrand der Schwäbischen Alb.* – Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins, N. F. 80, S. 279–296.
- Franz, M., Selg, M. & Maus, H. (1997). *Der Beuroner Sandstein: eine pliozäne Donauablagerung als Indiz kretazischer Sedimentation in SW-Deutschland.* – Jahreshefte des Geologischen Landesamts Baden-Württemberg, 36, S. 125–152.
- Geyer, M., Nitsch, E. & Simon, T. (2011). *Geologie von Baden-Württemberg.* 5. völlig neu bearb. Aufl., 627 S., Stuttgart (Schweizerbart).
- Geyer, T. (2008). *Process-based characterisation of flow and transport in karst aquifers at catchment scale.* – Diss. Georg-August-Universität Göttingen, 103 S., Göttingen.
- Geyer, T., Birk, S., Reimann, T., Dörflinger, N. & Sauter, M. (2013). *Differentiated characterization of karst aquifers: some contributions.* – Carbonates Evaporites, 28, S. 41–46.
- Geyh, M. A. & Groschopf, P. (1978). *Isotopenphysikalische Studie zur Karsthydrogeologie der Schwäbischen Alb.* – Abhandlungen des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg, 8, S. 7–58.
- Geyh, M. A., Groschopf, P. & Schloz, W. (1984). *Hydrogeologische Studie mit radioaktiven und stabilen Umwelt-Isotopen an Karstgrundwässern der östlichen Schwäbischen Alb und des Donaurieds.* – LW-Schriftenreihe, 4, S.

35–40.

- Gwinner, M. P. & Hafner, G. (1995). *Erläuterungen zu Blatt 7919 Mühlheim an der Donau.* – Erl. Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, 139 S., 4 Beil., Freiburg i. Br. (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg).
- HGE (2004a). *Mittlere Alb – Mappe 2. Grundwasserdynamik, Grundwassergleichen.* – Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg, 68 S., 2 Karten, 1 CD-ROM, Ulm (Gewässerdirektion Donau/Bodensee Bereich Ulm; Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Büro für Hydrogeologie E. Funk, Staufen i. Br.).
- Hartmann, A., Goldscheider, N., Wagener, T., Lange, J. & Weiler, M. (2014). *Karst water resources in a changing world: Review of hydrological modeling approaches.* – Reviews of Geophysics, 52, S. 218–242.
- Interreg IIIA (2008). *Grenzüberschreitende Bewirtschaftung des Grundwassers im Raum Hegau–Schaffhausen.* – Interreg IIIA Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein, Abschlussbericht, 85 S.
- Lang, U. (1995). *Simulation regionaler Strömungs- und Transportvorgänge in Karstaquiferen mit Hilfe des Doppelkontinuum-Ansatzes: Methodenentwicklung und Parameteridentifikation.* – Mitteilungen des Instituts für Wasserbau, Univ. Stuttgart, 85, 180 S., Stuttgart.
- Rupf, I. & Nitsch, E. (2008). *Das Geologische Landesmodell von Baden-Württemberg: Datengrundlagen, technische Umsetzung und erste geologische Ergebnisse.* – LGRB-Informationen, 21, S. 1–81, 10 Beil.
- 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.
- Sauter, M. (1995). *Die Rolle des Epikarsts für den Stofftransport durch Karstgrundwasserleiter – Quantifizierung des Eintrags und numerische Modellierung.* – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 146, S. 263–273.
- Schreiner, A. (1979a). *Erläuterungen zu Blatt 8019 Neuhausen ob Eck.* – Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., 86 S., 4 Taf., 3 Beil., Stuttgart (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg).
- Schreiner, A. (1992b). *Erläuterungen zu Blatt Hegau und westlicher Bodensee.* – 3. Aufl., Geologische Karte 1 : 50 000 von Baden-Württemberg, 290 S., Freiburg i. Br., Stuttgart (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg).
- Selg, M. (2008). *Speichereigenschaften des Oberjura in Süddeutschland am Beispiel des Blautopf-Einzugsgebiets.* – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 52(2), S. 56–65.
- Selg, M. & Schwarz, K. (2009). *Am Puls der Schönen Lau – zur Hydrogeologie des Blautopf-Einzugsgebietes.* – Laichinger Höhlenfreund, 44, S. 45–72.
- Selg, M., Bauer, M., Heinz, J. & Mair, C. (2005). *Die Altersstruktur des Kluft- und Karstgrundwassers im Oberjura der Schwäbischen Alb und ihre Bedeutung für den anhaltenden Atrazinaustrag.* – Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br., 95(1), S. 1–45.
- Selg, M., Schopper, M. & Straub, R. (2006). *Kurzzeitdynamik und Direktabfluss des Blautopfs (Oberjura-Karst, Süddeutschland).* – Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe C, 98, S. 45–72.
- Teutsch, G. (1988). *Grundwassermodelle im Karst: Praktische Ansätze am Beispiel zweier Einzugsgebiete im Tiefen und Seichten Malmkarst der Schwäbischen Alb.* – Diss. Univ. Tübingen, 205 S., Tübingen.
- Villinger, E. (1972). *Seichter Karst und Tiefer Karst in der Schwäbischen Alb.* – Geologisches Jahrbuch, Reihe C, 2, S. 153–188.
- Villinger, E. (1977). *Über Potentialverteilung und Strömungssysteme im Karstwasser der Schwäbischen Alb (Oberer Jura, SW-Deutschland).* – Geologisches Jahrbuch, Reihe C, 18, S. 3–93.
- Villinger, E. (1978a). *Zur Karsthydrologie des Blautopfs und seines Einzugsgebietes (Schwäbische Alb).* – Abhandlungen des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg, 8, S. 59–127.
- Villinger, E. (1986). *Untersuchungen zur Flußgeschichte von Aare-Donau/Alpenrhein und zur Entwicklung des Malm-Karsts in Südwestdeutschland.* – Jahreshefte des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg, 28, S. 297–362, 3 Beil. [10 Abb., 2 Tab.]
- Villinger, E. (1988a). *Bemerkungen zur Verkarstung des Malms unter dem westlichen süddeutschen Molassebecken.* – Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und –Ingenieure, 54, S. 41–59.
- Villinger, E. (1997). *Der Oberjura-Aquifer der Schwäbischen Alb und des baden-württembergischen Molassebeckens (SW-Deutschland).* – Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe C, 34, S. 77–108.
- Villinger, E. (1998). *Zur Flußgeschichte von Rhein und Donau in Südwestdeutschland.* –Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins, N. F. 80, S. 361–398.
- Villinger, E. (2006a). *Die Schwäbische Alb – eine geologische Bilderbuchlandschaft.*– Rosendahl, W., Junker, B., Megerle, A. & Vogt, J. (Hrsg.). Schwäbische Alb, S. 8–23, München (Wanderungen in die Erdgeschichte, 18).

- Villinger, E. (2006b). *Eine Landschaft löst sich auf. Die Karstlandschaft Blaubeurer Alb mit dem Blautopf.*– Look, E. R. & Feldmann, L. (Hrsg.). Faszination Geologie. Die bedeutendsten Geotope Deutschlands, S. 126–127, Stuttgart (Schweizerbart).
- Villinger, E. & Sauter, M. (1999). *Karsthydrogeologie der Schwäbischen Alb (Exkursion I am 9. April 1999).* – Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins, N. F. 81, S. 123–170.

Datenschutz

Cookie-Einstellungen

Barrierefreiheit

Quell-URL (zuletzt geändert am 06.07.26 - 08:23):https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/hydrogeologie/regionalbeschreibung-westalb-hegaualb-klettgaualb/hydrogeologische-gliederung-stockwerksbau