

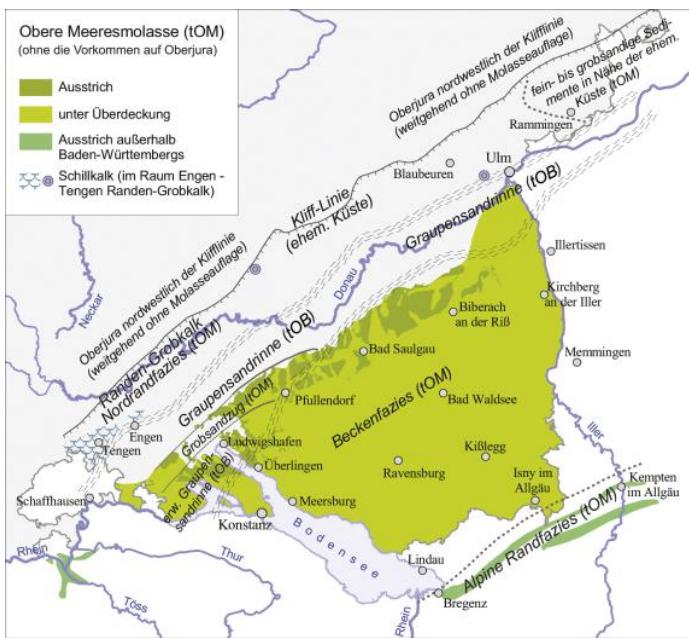
## Obere Meeresmolasse



## Geologie

In Baden-Württemberg werden in der Oberen Meeresmolasse von Nordwesten nach Südosten vier Faziestypen unterschieden. Ihre Verbreitungsgrenzen verlaufen etwa parallel zu ihrem Ausstrich:

- Randen-Grobkalk (Nordrandfazies) am Nord- bzw. Nordwestrand des Molassebeckens
- Grobsandzug im nördlichen Beckenbereich zwischen Hegau und Illergebiet (Raum Stockach-Pfullendorf)
- Beckenfazies im zentralen Molassebecken
- Alpine Randfazies am Alpennordrand



Verbreitung (farbig, Ausstrich dunkel) und Faziesverteilung der Oberen Meeresmolasse (tOM) sowie Verbreitung der Graupensandrinne (Grimmelfingen-Formation und Kirchberg-Formation) der Oberen Brackwassermolasse (tOB) im Alpenvorland, gezahnte Linie: Klifflinie der Steilküste des burdigalen Meeres. Von Nordwesten nach Südosten folgen: Randen-Grobkalk, Grobsandzug im Bereich der Graupensandrinne, Beckenfazies und Alpine Randfazies (außerhalb Baden-Württembergs). (Stand: Plum et al., 2008: reliktische Vorkommen nördlich der Donau wurden als Deckschichten eingestuft; Kartengrundlage: Hydrogeologische Übersichtskarte 1 : 350 000)

Der Randen-Grobkalk (tRG) am Nordrand des Molassebeckens besteht aus küstennah abgelagerten, geringmächtigen, teilweise sandigen Schillkalksteinen und Sandsteinen. Im Nordosten (Raum Ulm, Höchsträß) wird der Randen-Grobkalk von schillreichen Grobsandsteinen mit Massenvorkommen von *Turritella turris* (Ermingen-Turritellenplatte, tET) vertreten.

Nach Süden schließt der Grobsandzug (tGSZ) an. Dessen Grobsandsteine und Feinkiese überlagern im Bereich der erweiterten Graupensandrinne zwischen Hegau und Illerberg die Sedimente der Beckenfazies der Oberen Meeresmolasse. Sie werden von den Ablagerungen der Graupensandrinne überdeckt, die zur Zeit der Oberen Brackwassermolasse (tOB) erosiv in die Sedimente der Oberen Meeresmolasse eingetieft wurde.

Der Grobsandzug verzahnt sich nach Süden mit der Beckenfazies. Die Beckenfazies besteht aus zwei aufeinander folgenden marinen Sedimentationszyklen. Sie beginnen jeweils mit groben Lagen und gehen in feingeschichtete Sand-Ton-Wechsellagen über.

## 1. Sedimentationszyklus (~ 100 bis > 300 m mächtig)

- Heidenlöcherschichten (tHE)

Die Heidenlöcherschichten bestehen aus mittel- bis feinkörnigen Glaukonitsandsteinen, die überwiegend wenig, gebietsweise auch karbonatisch verfestigt sind. Lokal können sie schluffig und an der Basis konglomeratisch sein.

- Kalkofen-Formation (Sandschiefer, tKO)

Die Kalkofen-Formation besteht aus einer Wechselfolge von Schluffsteinen, schluffigen Sandsteinen, Feinsandsteinen und Mergelsteinen. Örtlich sind inselartig Muschelsteinlagen in unterschiedlichen Niveaus eingeschaltet.

## 2. Sedimentationszyklus (~ 10 bis > 40 m mächtig)

- Baltringen-Formation (tBA)

Die Baltringen-Formation besteht überwiegend aus glaukonitführenden Grobsand- und Geröllsandsteinen.

- Steinhöfe-Formation (tSH)

Die Steinhöfe-Formation besteht aus Sandsteinen, Mergelsteinen und Krustenkalken, die eine zunehmend terrestrische Entwicklung mit Bodenbildung (Albstein, tA) anzeigen.



Obere Meeresmolasse (tOM): Sandgrube bei Rammingen/Alb-Donau-Kreis

Im Bereich der Vorlandmolasse fallen die Schichten flach nach Südosten ein, im Osten mit 1–1,5° und im Westen mit 2–3°. Im Beckentiefsten im Raum Lindau–Isny sind die Schichten in einer rund 10 km breiten Zone annähernd flach gelagert. Südöstlich davon sind die konglomeratischen Gesteine der Alpinen Randfazies der Oberen Meeresmolasse steil aufgestellt. Sie streichen außerhalb von Baden-Württemberg im Allgäu aus (Geyer & Gwinner, 1991; Mall, 1968). Die Schichtlagerung ist von zahlreichen tektonischen Störungen mit Versatzbeträgen von z. T. über 100 m betroffen. Die Überdeckung der Oberen Meeresmolasse durch jüngere tertiäre Sedimente nimmt zum Beckenzentrum (Raum Lindau–Isny) stetig zu.

Die Sedimente der Oberen Meeresmolasse stehen auf einer Fläche von ca. 140 km<sup>2</sup> an, wobei sie bereichsweise von quartären Deckschichten überlagert werden. Sie sind im gesamten Molassebecken bis zur Klifflinie der ehemaligen Steilküste (vgl. Heldenfinger Kliff) des burdigalen Meeres verbreitet. Vorkommen, welche nördlich des gekennzeichneten Ausstrichbereichs dem Oberjura lückenhaft aufliegen, zählen zu den Deckschichten.

Die Mächtigkeit der Oberen Meeresmolasse nimmt von 100–125 m im nördlichen Ausstrichbereich auf über 350 m am Alpennordrand zu. Bereiche mit lokal erhöhter Mächtigkeit sind die Gebiete zwischen Überlingen und Konstanz, nordwestlich von Bad Waldsee sowie westlich von Memmingen.

Die Heidenlöcherschichten sind entlang der Linie Ludwigshafen–Pfullendorf, nördlich von Biberach–Kirchberg etwa 10 m mächtig. Nach Süden nimmt die Mächtigkeit zu und erreicht im Gebiet zwischen Überlinger See und Bad Waldsee–Kißlegg mehr als 50 m. Die maximalen Mächtigkeiten mit 90 m kommen am westlichen Bodensee zwischen Konstanz und Überlingen vor. Von dort nimmt die Mächtigkeit nach Süden wieder auf etwa 30 m ab.

Die Baltringen-Formation ist im größten Teil des Molassebeckens 5 bis 15 m mächtig. Westlich von Ravensburg und im Raum Bad Waldsee kann die Baltringen-Formation die doppelte Mächtigkeit erreichen. Die größte Mächtigkeit wurde mit 35 m in Ravensburg gemessen. Am östlichen Bodensee liegt die Mächtigkeit bei 30 m.

Der Albstein ist im Beckeninneren nördlich der Linie Meersburg–Bad Waldsee–Illertissen verbreitet. In der rund 10 km breiten Graupensandrinne wurde der Albstein vor der Ablagerung der Oberen Süßwassermolasse erodiert und ist deshalb nicht mehr vorhanden. Der Krustenkalk (Exsudationskalk) ist 1–2 m mächtig (Plum et al., 2008).

## Hydrogeologische Charakteristik

In der Oberen Meeressolasse gibt es zwei bedeutende Grundwasserleiter: die Heidenlöcherschichten und die Baltringen-Formation. Die beiden sandigen Folgen der Beckenfazies bilden zwei getrennte, mäßig bis gering ergiebige Kluft- / Porengrundwasserleiter mit mäßiger Durchlässigkeit. Sie sind durch den Grundwassergeringleiter der Kalkofen-Formation voneinander getrennt. Im Hangenden und Liegenden sind sie ebenfalls durch Grundwassergeringleiter hydraulisch begrenzt.

Auch der Albstein in der Steinhöfe-Formation besitzt eine geringe Grundwasserführung, die an Poren und Klüfte gebunden ist. Er hat eine mäßige Durchlässigkeit und eine mittlere bis mäßige Ergiebigkeit. Der Albstein wird häufig zusammen mit der Baltringen-Formation erschlossen.

In der Nordrandfazies ist der Randen-Grobkalk lokal grundwasserführend. Er hat eine mäßige Durchlässigkeit und eine mittlere bis mäßige Ergiebigkeit.

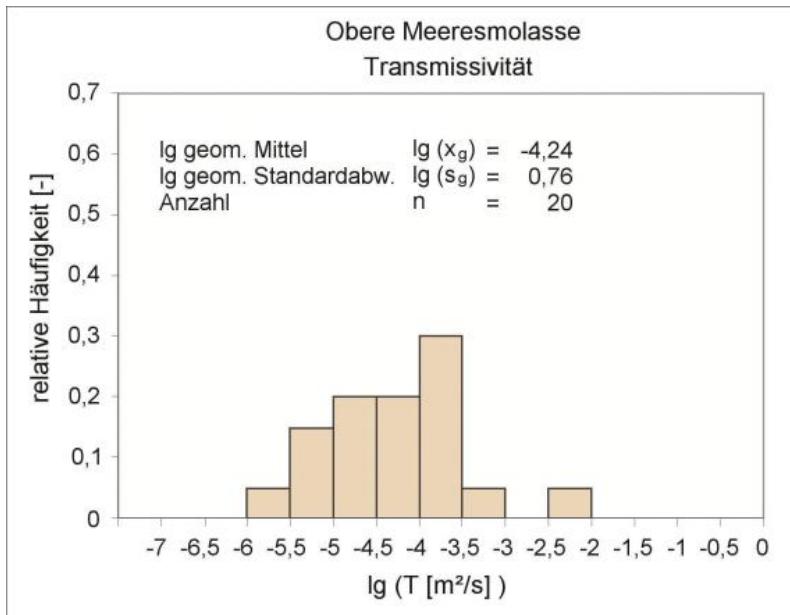
Im Ausbiss der Oberen Meeressolasse können die grundwasserführenden Horizonte mit quartären Grundwasserleitern in direktem Kontakt stehen. Entlang von Störungen ist ein vertikaler, stockwerkübergreifender Grundwasseraustausch zwischen den Grundwasserleitern der Oberen Meeressolasse möglich. Grundsätzlich sind im Molassebecken die hydraulischen Auswirkungen großer bzw. tief reichender Störungen auf die Grundwasserbewegung in der Oberen Meeressolasse noch nicht näher untersucht.

## Hydraulische Eigenschaften

Die grundwasserleitenden Schichten der Oberen Meeressolasse sind nahezu gleichförmig über weite Gebiete des Molassebeckens ausgebildet. Durch eine Reihe von Tiefbrunnen zur Erschließung von sub- bis niederthermalem Mineralwasser sind sie gut untersucht.

Generell nehmen die Durchlässigkeit und die Transmissivität der Oberen Meeressolasse vom nordwestlichen Beckenrand zum Beckeninneren im Südosten ab. Dies ist möglicherweise auf die zunehmende Kompaktion der Sedimente in Richtung des zentralen Molassebeckens zurückzuführen. Pumpversuchsergebnisse weisen auf einen ausgedehnten, relativ homogenen und isotropen Aquifer hin.

Der geometrische Mittelwert der Transmissivität liegt bei  $5,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  bei einer Schwankungsbreite von rund vier Zehnerpotenzen. Der Stichprobenumfang der Untersuchung beträgt  $n = 20$  (Armbruster et al., 2002).



Häufigkeitsverteilung der Transmissivitätswerte für die Obere Meeresmolasse: landesweite Auswertung (geometrisches Mittel  $T = 5,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ )

Während im Ausstrichbereich im Norden (Dietenheim, westlich Illertissen) Werte um  $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  und darunter bestimmt wurden, sinkt die Transmissivität im Süden auf  $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  (Bad Waldsee) und  $8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  (Kißlegg).

Bei getrennter Auswertung der Transmissivität beider Grundwasserleiter der Oberen Meeresmolasse wurden in Bad Waldsee und Kißlegg für die Baltringen-Formation Werte von  $4,4 \cdot 10^{-5}$  bzw.  $5,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  und für die Heidenlöcherschichten Werte von  $1,4 \cdot 10^{-4}$  bzw.  $3,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  ermittelt.

Im nördlichen Verbreitungsgebiet sind die Ablagerungen der Oberen Meeresmolasse nur kleinräumig verbreitet. Sie wirken dort als Deckschichten mit stark wechselnder Porendurchlässigkeit.

## Hydrologie

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag beträgt im Ausstrichbereich der Oberen Meeresmolasse im langjährigen Mittel (Periode 1981 bis 2010)  $G_m = 4,5 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ . Bezogen auf die Ausstrichfläche von ca.  $140 \text{ km}^2$  sind das ca.  $G_f = 635 \text{ l}/\text{s}$ . Unter Quartärüberdeckung kann die Grundwasserneubildung je nach petrographischer Zusammensetzung der Moränen- oder Beckensedimente, stark reduziert sein und verzögert erfolgen. Im Beckeninneren erfolgt eine Grundwasserneubildung unter zunehmend mächtigerer Oberer Süßwassermolasse (tOS) durch eine äußerst geringe, vertikale Zusickerung. Sie ist auf die nördlichen Gebiete mit abwärts gerichtetem Potenzialgefälle beschränkt. Die Neubildungsrate wird für den Raum Bad Waldsee auf  $0,2 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$  geschätzt (Bertleff et al., 1988).

Im überdeckten Bereich ist das Grundwasser in der Oberen Meeresmolasse gespannt, im Raum Überlingen-Konstanz artesisch gespannt. Auch in Ravensburg wurde ein Überdruck von 32 bar gemessen. Meist wurden in Bohrungen und Tiefbrunnen die beiden Teilaquifere der Oberen Meeresmolasse übergreifend verfiltert. Deshalb liegen für die beiden grundwasserführenden Horizonte in der Oberen Meeresmolasse keine getrennten Druckhöhenpläne vor. Es ist jedoch bekannt, dass zwischen ihnen Potenzialunterschiede bestehen. Im nördlichen und zentralen Verbreitungsgebiet (Bad Waldsee) ist der piezometrische Druck in der Baltringen-Formation größer als in den Heidenlöcherschichten, d. h. das Potenzialgefälle ist abwärts gerichtet. Im südlichen Bereich (Kißlegg) ist es aufwärts gerichtet.

Die Grundwasservorkommen der Oberen Meeresmolasse entwässern im Ausstrichbereich bei entsprechend tief eingeschnittener Vorflut zum Teil über geringschüttende Quellen oder unterirdisch in angrenzende quartäre Kiesgrundwasserleiter. Außerdem findet im Norden eine geringe flächenhafte Aussickerung durch die unterlagernde Untere Süßwassermolasse (tUS) hindurch in den Oberjura-Grundwasserleiter statt. Auf der Linie Bad Saulgau–Memmingen zeichnet sich in der Grundwasserdrukfläche der Oberen Meeresmolasse eine Grundwasserscheide ab. Südlich der Grundwasserscheide strömt das Grundwasser nach Süden bis Südsüdwesten. Im westlichen Beckenteil ist das Grundwassergefälle mit rund 12 % mehr als doppelt so groß ist wie im östlichen Teil (0,8–5 %). Der Bodensee wirkt in den Gebieten Überlingen und Bregenz für einen Teil des Grundwassers als Vorflut, er wird jedoch auch unterströmt. Die Vorflut für diesen Grundwasserstrom findet sich im Schweizer Mittelland, wo die Obere Meeresmolasse in den Tälern von Thur und Töss ausstreckt. Nördlich der Grundwasserscheide zwischen Bad Saulgau und Memmingen fließt das Grundwasser vermutlich nach Nordosten.

## Geogene Grundwasserbeschaffenheit

Im nördlichen Randbereich führt die Obere Meeresmolasse im oder nahe an ihrem Ausstrich ein Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-Süßwasser. Weiter nach Süden geht dieser Wassertyp als Folge von Ionenaustauschprozessen in ein Na-HCO<sub>3</sub>-Süßwasser über. Im Übergangsbereich kommen Wässer vom Typ Ca-Na-Mg-HCO<sub>3</sub>-Süßwasser (Nußdorf, südöstlich Überlingen) bzw. Mg-Na-Ca-HCO<sub>3</sub>-Süßwasser (Dreieck zwischen Biberach, Bad Saulgau und Bad Waldsee) vor. Nur im Beckeninnern wurde in den Heidenlöcherschichten eine erhöhte Chloridkonzentration gemessen (Kißlegg). Eine Zunahme ist hier ebenfalls bei Sulfat und Fluorid festzustellen. Bezüglich der Redoxverhältnisse entwickelt sich das Grundwasser der Oberen Meeresmolasse mit zunehmender Fließstrecke von einem sauerstoffhaltigen zu einem sauerstoffreichen, reduziertem Grundwasser (Bertleff & Watzel, 2002). Gründe hierfür sind die geringe Durchlässigkeit des Gebirges und die dadurch bedingte große Verweilzeit des Wassers im Untergrund.

Das Grundwasser aus den Heidenlöcherschichten ist höher mineralisiert als das aus den Baltringen-Schichten (Bertleff et al., 1988). In den tiefer liegenden Heidenlöcherschichten wird die 1000 mg/l-Mineralisationsgrenze im Beckeninnern überschritten (Kißlegg: 1450 mg/l, Friedrichshafen: 1600 mg/l). Der gelöste Feststoffgehalt der Grundwässer in der Baltringen-Formation liegt im Norden bei 300 mg/l und erreicht im Raum südlich Kißlegg über 700 mg/l und in Friedrichshafen 890 mg/l (Schloz & Stober, 2006).

Auch die Ergebnisse der Isotopengehaltsmessungen erlauben eine Unterscheidung in einen nördlichen, beckenrandnahen und einen südlichen, beckeninneren Aquiferbereich. Im beckenrandnahen Bereich treten Grundwässer mit mittleren Verweilzeiten von einigen Jahren bis maximal 11 000 Jahren auf. Sie wurden demnach im Holozän unter ähnlichen klimatischen Bedingungen wie heute neugebildet. Dagegen kommen im beckeninneren Aquiferbereich ältere Grundwässer vor, die unter klimatischen Bedingungen einer Kaltzeit bzw. des Pleistozäns neugebildet wurden. Eine Ausnahme hiervon bilden die Grundwässer aus der Bohrung Kißlegg 13 (Heidenlöcherschichten), deren Isotopengehalte auf eine Neubildung unter wärmeren klimatischen Bedingungen als heute hinweisen. Wahrscheinlich handelt es sich noch um Anteile von Formationswasser (RVBO, 2005).

Die Gebirgstemperatur an der Basis der Baltringen-Formation steigt von 10 °C im Ausbiss auf 35 °C im Raum Lindau–Kißlegg–Isny an und nimmt weiter nach Süden wieder ab. In den Heidenlöcherschichten werden die höchsten Temperaturen mit 50 °C im Raum Isny erreicht (RVBO, 2005).

## Geschütztheit des Grundwassers

Das Grundwasser in der Oberen Meeresmolasse ist in weiten Teilen durch überlagernde Schichten gut gegen Einflüsse von der Erdoberfläche geschützt. Insbesondere im Süden, wo die geringdurchlässige Obere Süßwassermolasse verbreitet ist, ist der Schutz besonders wirksam. Aber auch geringdurchlässige Sedimente des Quartärs (Moränen- und Beckensedimente) können eine gute Schutzfunktion ausüben. Stehen die Grundwasserleiter der Oberen Meeresmolasse an der Erdoberfläche an oder kommunizieren sie hydraulisch mit quartären Grundwasserleitern, kann oberflächennahes Grundwasser bzw. Niederschlagswasser vergleichsweise schnell in die Obere Meeresmolasse einsickern. Damit geht eine geringere Schutzfunktion für die Molassewässer einher.

## Grundwassernutzung

Die zahlreichen Schichtquellen, die aus den höher durchlässigen Schichten der Oberen Meeresmolasse austreten, sind wegen ihrer oft kleinen Einzugsgebiete nur wenig ergiebig.

Die Schüttungen liegen meist unter 0,5 l/s. Sie sind deshalb wasserwirtschaftlich nur von lokaler Bedeutung. Stärker schüttende Quellen mit bis zu 5 l/s sind aus der Baltringen-Formation bekannt. Brunnenbohrungen erbringen Förderleistungen bis maximal 10 l/s (HGK, 1985).

## Tiefe Grundwässer

Die Obere Meeresmolasse beinhaltet nach dem Oberjura die bedeutendsten tiefen Grundwasservorkommen Oberschwabens. Die Thermalwasserbohrung der Bodenseetherme in Konstanz erschließt in einer Tiefe von 500–625 m rund 30 °C warmes Wasser aus der Oberen Meeresmolasse. Ebenfalls aus einer Tiefe von 500 m fördert die Therme in Meersburg 26 °C warmes Tiefenwasser (Schloz & Stober, 2006). Thermalwässer aus der Oberen Meeresmolasse werden außerdem in Friedrichshafen, Kißlegg, Kreuzlingen, Bad Waldsee und Bad Wurzach genutzt. In Ravensburg tritt aus einer Bohrung artesisch gespanntes Thermalwasser aus der Oberen Meeresmolasse frei aus. In Kißlegg werden Grundwässer der Oberen Meeresmolasse auch als Mineralwasser genutzt.

## Literatur

- Armbruster, V., Plum, H., Schmid, G. & Wirsing, G. (2002). *Hydrogeologische Einheiten in Baden-Württemberg*. – LGRB-Bericht i. A. des UVM, S. 1–30, 5 Tab., 15 Kt., 11 Anl., Freiburg i. Br. [unveröff.]
- Bertleff, B. & Watzel, R. (2002). *Tiefe Aquifersysteme im südwestdeutschen Molassebecken – Eine umfassende hydrogeologische Analyse als Grundlage eines zukünftigen Quantitäts- und Qualitätsmanagements*. – Abhandlungen LGRB, 15, S. 75–90.
- Bertleff, B., Joachim, H., Koziorowski, G., Leiber, J., Ohmert, W., Prestel, R., Stober, I., Strayle, G., Villinger, E. & Werner, J. (1988). *Ergebnisse der Hydrogeothermalbohrungen in Baden-Württemberg*. – Jahreshefte des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg, 30, S. 27–116, 1 Taf., 2 Beil.
- Geyer, O. F. & Gwinner, M. P. (1991). *Geologie von Baden-Württemberg*. 4. Aufl., 482 S., Stuttgart (Schweizerbart). [255 Abb., 26 Tab.]
- HGK (1985). *Grundwasserlandschaften*. – Hydrogeologische Karte Baden-Württemberg, 12 S., 8 Anlagen, Freiburg i. Br. (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg).
- Mall, W. (1968). *Die Geologie der Blätter Dettingen am Albbuch und Giengen an der Brenz 1 : 25 000 (Schwäbische Alb)*. – Arbeiten aus dem Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Stuttgart, N. F. 54, 210 S., Stuttgart (Dissertation Universität Stuttgart).
- Plum, H., Ondreka, J. & Armbruster, V. (2008). *Hydrogeologische Einheiten in Baden-Württemberg*. – LGRB-Informationen, 20, S. 1–106.
- Plum, H., Wirsing, G. & Bölke, A. (1996). *Fortschreibung des Landschaftsrahmenplans Baden-Württemberg – Erstellung landesweiter Grundlagenkarten*. – Abschlußbericht zum Teilprojekt Hydrogeologie, AZ 4458.01 / 95-4763, 1–14 S., 5 Abb., 7 Tab.; 6 Karten, Freiburg i. Br. – [unveröff.]
- Regionalverband Bodensee-Oberschwaben (2005). *Die Nutzung der Erdwärme in der Region Bodensee-Oberschwaben*. – Karte und Erläuterungen, CD-ROM, Ravensburg.
- Schloz, W. & Stober, I. (2006). *Mineral-, Heil- und Thermalwässer, Soleen und Säuerlinge 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](https://produkte.lgrb-bw.de/docPool/c99_data.pdf).

### Datenschutz

Cookie-Einstellungen

### Barrierefreiheit

Quell-URL (zuletzt geändert am 28.04.23 - 12:10):<https://lrbwissen.lrbw.de/hydrogeologie/molasse/hydrogeologischer-ueberblick/obere-meeresmolasse>