



**Kanton Zürich  
Baudirektion  
Amt für  
Abfall, Wasser, Energie und Luft**

# **Tiefenbeschränkung von Erdwärmesonden zum Schutz der Felsaquifere Obere Meeresmolasse und Malm (Mineralwasservorkommen)**

**Bericht April 2015**



## 1. Einleitung

In der Publikation "Energienutzung aus Untergrund und Grundwasser" (AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, 2010) sind die grundsätzlichen Möglichkeiten und Auflagen bei der Nutzung von Erdwärme aus dem Untergrund dargelegt.

Mit der zunehmend intensiveren Nutzung geothermischer Ressourcen mittels Erdwärmesonden (EWS) nimmt deren Dichte innerhalb der Agglomerationen stetig zu. Bis Ende 2013 wurden im Kanton Zürich über 18'000 Bewilligungen für Erdwärmesonden-Anlagen erteilt. In Zukunft könnte diese Zahl in wenigen Jahrzehnten bei einer jährlichen Bewilligungsrate von derzeit rund 1500 Stück auf grössenordnungsmässig 100'000 steigen. Die Zahl der einzelnen EWS-Bohrungen ist noch wesentlich höher, da pro Bewilligung in der Regel mehrere, eng benachbarte Bohrungen ausgeführt werden. Weil eine einwandfreie Verfüllung der Bohrlöcher nicht sichergestellt werden kann, steigen mit zunehmender Anzahl EWS-Bohrungen auch die Risiken für eine unzulässige, nicht reversible Beeinflussung von nutzbaren öffentlichen Felsgrundwasservorkommen (vielfach Mineralwasservorkommen).

## 2. Vorsorgeprinzip

Die anhaltende Entwicklung zu immer tiefer reichenden Erdwärmesonden, die zu erwartende hohe Anzahl an Sonden sowie die bedenklichen Erkenntnisse der Untersuchung zu den Bohrloch-Ringraumverfüllungen veranlasste das AWEL, die Gefährdung für die tiefliegenden Felsgrundwasservorkommen abschätzen zu lassen. Mit der Beurteilung dieser Problemstellung wurde eine Fachgemeinschaft aus vier geologischen Büros (Dr. U. Schärli Geologie+Geophysik, Dr. Heinrich Jäckli AG, Dr. von Moos AG, alle Zürich, und Geologisches Büro Dr. Lorenz Wyssling AG, Pfaffhausen) beauftragt, die zum Schluss kam, dass diese Risiken im Falle der Felsgrundwasserleiter in der Oberen Meeresmolasse (OMM) und in den Kalken des Malm beim heutigen Stand der EWS-Bohrtechnik durchaus gegeben sind und zudem auch hydraulische Verbindungen zu über den Felsgrundwasserleitern liegenden Lockergesteins-Grundwasservorkommen entstehen können. Deshalb wurden entsprechend dem gesetzlich geforderten Vorsorgeprinzip Bohrtiefenbeschränkungen und Auflagen zum Schutze dieser Fels-Grundwasservorkommen erlassen. Damit können – nebst den oberflächennahen – neu auch die tiefliegenden, nutzbaren unterirdischen Gewässer (Mineral- und Thermalwasservorkommen) für künftige Generationen erhalten werden. Im Kanton Zürich stammt zum Beispiel das Mineralwasser in Eglisau und das Wasser für das Thermalbad auf dem Areal der ehemaligen Brauerei Hürlimann in Zürich (Aquibrunnen) aus solch tiefen Felsgrundwasservorkommen. Dem Schutz derartiger Mineral- und Thermalwasservorkommen wird selbstverständlich nicht nur im Kanton Zürich Rechnung getragen, sondern ebenfalls in anderen Kantonen. Auch in deutschen Bundesländern gelten entsprechende Regelungen.

Der Erhalt der in den Felsgrundwasserleitern vorhandenen öffentlichen Grundwasservorkommen wird von den Artikeln 3 und 43 des Gewässerschutzgesetzes sowie § 2 Wasserwirtschaftsgesetz verlangt und entspricht der Empfehlung der Vollzugshilfe "Wärmenutzung aus Boden und Untergrund", Kapitel 3.2.2, Ziffer 5, und Kapitel 3.2.3, Ziffer 1, des Bundesamtes für Umwelt BAFU (2009).

### **3. Geologische und hydrogeologische Unterlagen**

Die Bestimmung der Tiefenlage der kritischen Felsformationen basiert auf vier unterschiedlichen, z.T. sehr umfangreichen Datensätzen:

- Geologischer Atlas der Schweiz mit Erläuterungen und Profilschnitten etc. (total 10 Karten 1:25'000)
- Untersuchungen der Nagra im nördlichen Kantonsteil (sehr umfangreiche Berichte zum geologischen Untergrund und zu den Fels-Grundwasser-Verhältnissen etc.)
- Bohrchive des AWEL, der EKZ und der beteiligten Geologiebüros
- Publikationen und unpublizierte Berichte zu einzelnen Tiefbohrungen sowie zur Geothermie im Kanton Zürich

Diese Daten wurden zu zwei Grundkarten aufbereitet, die als Basis für die Definition der zulässigen Bohrtiefe dienen.

#### **3.1. Tiefenlage Obergrenze der Oberen Meeresmolasse ("Top OMM")**

Die Karte "Top OMM" wurde im nördlichen Kantonsteil ausgehend von den Bohrdaten entworfen, wobei digitale Interpolationsverfahren zum Einsatz kamen; im südlichen Kantonsteil wurde die Karte aus der Strukturkarte der Oberen Süswassermolasse (OSM, Leithorizont Küssnachter Bentonit) abgeleitet, da dort nur wenige Bohrdaten vorliegen. Das definitive Höhenmodell wurde am Schluss geologisch interpretiert und bereinigt.

#### **3.2. Tiefenlage Obergrenze der Malm-Kalke ("Top Malm")**

Die Karte "Top Malm" basiert auf den Datenauswertungen der Nagra, die dem Kanton zur Verfügung gestellt wurden (mehrere Seismikkampagnen im Zusammenhang mit der Suche nach einem geologischen Tiefenlager für radioaktive Abfälle).

### **4. Charakterisierung der Felsgrundwasservorkommen**

#### **4.1. Obere Meeresmolasse (OMM)**

Die im Kanton Zürich rund 50 m (Thurtal, Weinland) bis 520 m (Erdöltiefbohrung Küssnacht) mächtige Obere Meeresmolasse (OMM) ist gekennzeichnet durch einen hohen Anteil an Sandsteinen, zum Teil auch Konglomeraten (sog. "Nagelfluh"), die bekanntermassen als Poren-Grundwasserleiter dienen können (Abb. 2). Die Durchlässigkeiten sind abhängig von der Zementation, also der Verfestigung der Sande im Laufe der Gesteinsbildung. Die Datenlage ist diesbezüglich vor allem im südlichen Kantonsgebiet schlecht, doch darf angenommen werden, dass in Richtung des Alpenrands die Zementation stärker wird.



Im nördlichen Kantonsteil ist die OMM deutlich geringmächtiger ausgebildet und steigt zudem bis an die Terrainoberfläche. Die Gesteine sind gemäss den heute vorliegenden Daten mehrheitlich schlecht durchlässig und/oder das Risiko von hydraulischen Kurzschlüssen ist angesichts der relativ oberflächennahen Lage gering.

Im mittleren Kantonsgebiet, d.h. südöstlich einer Linie Dietikon – Lufingen – Thalheim an der Thur, trafen einzelne EWS-Bohrungen eine starke Wasserführung der OMM und deutlich gespannte Wasserdrücke an, was zu technischen Problemen führte (Nichterreichen der geplanten Bohrtiefe, Schwierigkeiten bei der Zementation der Sonden etc.). In dieser Zone wird einerseits das OMM-Grundwasser geothermisch genutzt (Kloten, Bassersdorf, Lufingen-Augwil und Zürich-Tiefenbrunnen), andererseits stammt aus diesem Bereich auch das bekannte Mineralwasser Aqi.

#### **4.2. Malm**

Der zweite wichtige Felsaquifer im Untersuchungsgebiet ist die Kalkserie des Oberen Malm (Plattenkalke und Massenkalk). Dabei handelt es sich um eine etwa 100 bis 150 m mächtige Abfolge von Kalken, die verkarstet und geklüftet sein können. Sie stellt daher einen regionalen Grundwasserleiter dar, wobei die lokale Wasserführung vom Vorhandensein von Karsthohlräumen und Klüften respektive deren Versiegelung im obersten Teil der Kalkserie mit Boluston (dichter Tonstein, entstanden aus der Jahrmillionen dauernden, subaerischen Verwitterung) abhängt. Im Kanton Zürich kommen diese Malmkalke in weniger als 400 m Tiefe unter Terrain nur im Bereich der Lägern sowie im nördlichsten Kantonsteil vor, wo sie am Rheinfluss anstehen. Generell tauchen die Schichten von Norden gegen Südosten mit geringer Neigung in grössere Tiefen ab. In der Lägernfalte kommen die dort steil geneigten Schichten wieder an die Oberfläche. Das Grundwasser der Malmkalke tritt im Bereich der Lägernstruktur meist in Form von Quellen zu Tage, und zwar dort, wo die Kalke auf einer gering durchlässigen Schicht aufliegen. Im Weinland muss generell davon ausgegangen werden, dass die Hohlräume in den Malmkalken wassergesättigt sind, da sie unter dem Niveau von Rhein und Thur liegen. Die Gesamtdurchlässigkeit der Kalke ist jedoch nicht sehr gross. Im Bereich der Lägern hingegen wurden in mehreren Bohrungen artesisch gespannte Druckverhältnisse angetroffen.

### **5. Tiefenbeschränkungen**

Die beiden Felsaquifere OMM und Malm sollen – wie unter Abschnitt 2 erwähnt – vor gewässerschutzrechtlich unzulässigen Eingriffen geschützt werden. Deren Schichtobergrenze wurde als Ebenen erfasst und mit dem digitalen Höhenmodell des Kantons Zürich verschnitten. Daraus ergaben sich für jeden Punkt im Kanton (2 x 2 m Rasterzellen) die jeweiligen Abstände von der Terrainoberfläche bis zur Oberfläche der OMM respektive des Malm. Aus Sicherheitsgründen und wegen der sehr unterschiedlichen Informationsdichte (gebietsweise nur Seismikinterpretationen vorhanden) wurde diese Grenzfläche mit einem Sicherheitsabstand von 20 m versehen (vgl. Abb. 2). Daher liegt die im Wärmenutzungsatlas des Kantons Zürich angezeigte, maximal zulässige Bohrtiefe 20 m über der prognostizierten Lage der entsprechenden Grenzfläche.

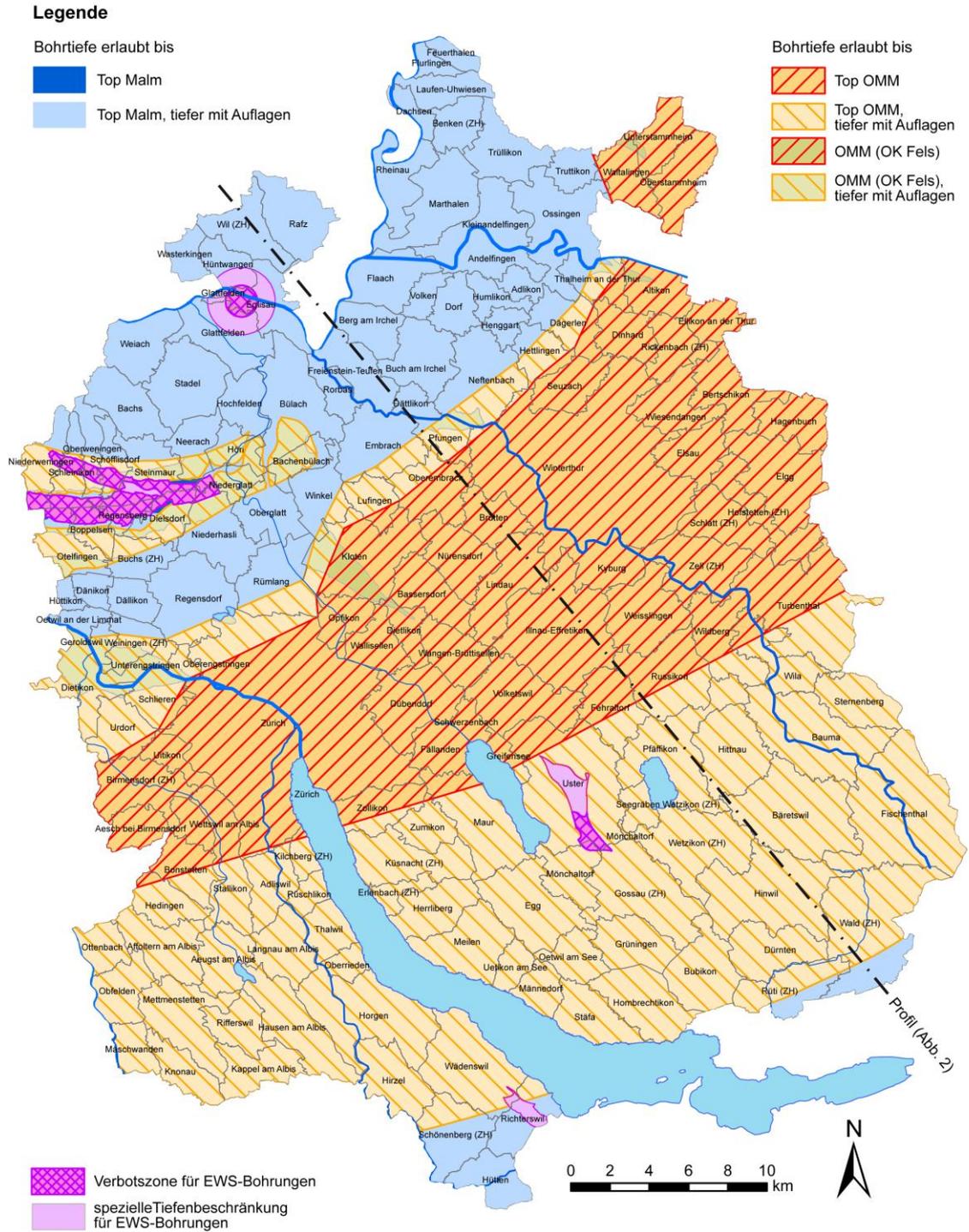


Abb. 1: Karte Bewilligungsauflagen (Erläuterungen vgl. Text).

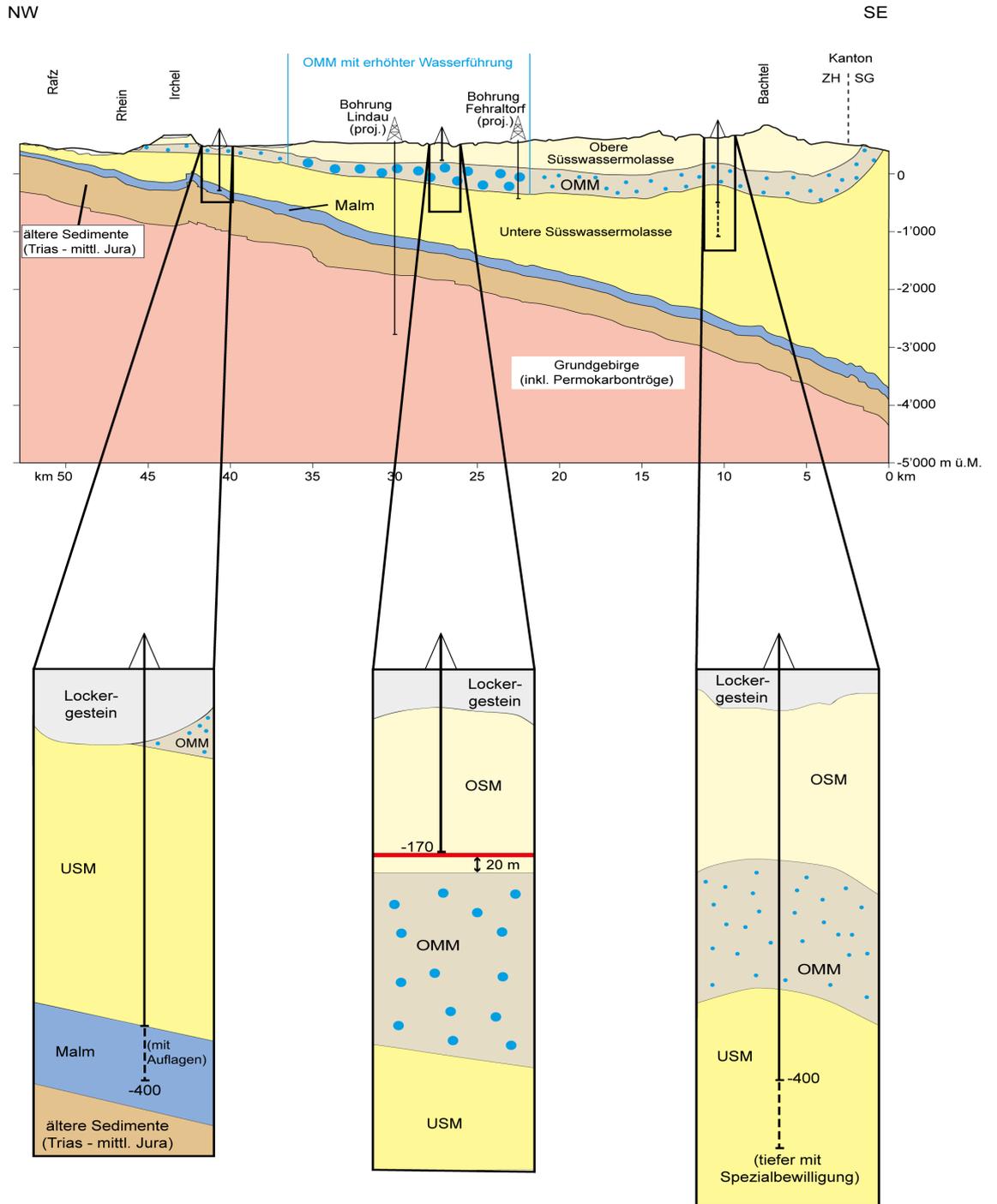


Abb. 2: Oben: Geologisches Profil durch den Kanton Zürich (nach Naef+Merz in Bolliger 1999, vereinfacht, 4-fach überhöht) mit Lage der Felsaquifere Obere Meeresmolasse (OMM) und Malm. Unten: Schematische Erläuterung der Bohrtiefenbeschränkungen.



## **6. Auflagen und Bewilligungspraxis**

### **6.1. Obere Meeresmolasse (OMM)**

Im mittleren Kantonsteil darf die zulässige Bohrtiefe (Obergrenze OMM) nicht überschritten werden, da hier ergiebigere Wasservorkommen (vgl. Abb. 2) erwartet werden respektive nachgewiesen sind (z.B. Zürich-Tiefenbrunnen, Aquibrunnen).

Nördlich daran anschliessend folgt eine hydrogeologisch vergleichbare Zone, wo jedoch unter Auflagen (Beobachtung der Wasserverhältnisse während des Bohrvorgangs und vor Sondeneinbau) Bohrungen in die OMM zugelassen werden, da hier angesichts der oberflächennäheren Lage der OMM und bisheriger Erfahrungen die Risiken beherrschbar scheinen.

Ähnlich wird die Situation im südlichen Kantonsteil eingeschätzt, weil hier aus geologischen Gründen eine schlechtere Durchlässigkeit erwartet wird.

### **6.2. Malm**

Die Lage der Malm-Oberfläche ist für Erdwärmesondenbohrungen nur im nördlichen Kantonsteil und im Bereich der Lägern relevant. In diesen Gebieten werden Bohrungen nur mit Auflagen bewilligt. Die Auflagen bestehen darin, dass beim Antreffen von Hohlräumen oder bei deutlicher Wasserführung die Bohrung gestoppt und der betreffende Bohrlochanteil von unten zementiert werden muss. Die Erdwärmesonde muss entsprechend gekürzt werden, und weitere Bohrungen dieses Sondenfeldes dürfen die neu festgelegte, reduzierte Bohrtiefe nicht überschreiten.

Im zentralen Teil der Lägernstruktur sind schon mehrfach artesische Verhältnisse (Wasser steigt beim Anbohren über die Terrainoberfläche) bekannt geworden, so dass hier eine Verbotszone (auch zum Schutz von genutzten Quellen) erlassen wurde.

### **6.3. Weitere Auflagen und Hinweise**

In den zwei den Kanton Zürich betreffenden Gebieten, welche für potentielle Tiefenlager für radioaktive Abfälle ausgeschieden worden sind ("Nördlich Lägern" und "Zürich Nordost"), hat das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI gemäss dem Sachplan geologische Tiefenlager eine vorsorgliche Bohrtiefenbeschränkung erlassen, um die allfälligen künftigen Lagerperimeterbereiche und deren Umgebung nicht zu verletzen.

Neue Erkenntnisse können in Zukunft zu Anpassungen der vorstehend erläuterten Bewilligungspraxis führen.