

ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft  
Geotechnik und Bergbau mbH  
Arnstädter Straße 28  
99096 Erfurt  
Deutschland

Telefon: +49 361 3810 500  
Telefax: +49 361 3810 505  
E-Mail: mining@ercosplan.com  
Web: www.ercosplan.com

Geschäftsführung:  
Dr. Henry Rauche  
Thomas Kießling

**An** Knauf Gips KG  
**Kopie** ---  
**Von** ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft  
Geotechnik und Bergbau mbH  
**Projekt** Abbauplanung „Altertheimer Mulde“ **Projektnr.** 23-007N01  
**Betreff** Glossar häufig verwendeter Fachbegriffe

## 1 Glossar grundlegender bergmännische Begriffe

<b>Abbau</b>	Ein Abbau ist ein planmäßig, bergmännisch hergestellter Hohlraum
<b>Abwetter</b>	Wetterstrom hinter einem untertägigen Betriebspunkt bis zur Abgabe in die Umgebung an der Tagesoberfläche
<b>Auffahren</b>	Herstellen einer söhligem oder geneigten Strecke oder eines anderen Grubenbaues
<b>Deckgebirge</b>	Gesamtheit der anstehenden Schichten im Hangenden der Lagerstätte bis zur Tagesoberfläche
<b>Firste</b>	Obere Begrenzung eines Grubenbaues
<b>Hangendes</b>	Gebirgsbereich oberhalb der Firste
<b>Grubengebäude</b>	Planmäßig bergmännisch hergestellte oder entstandene Hohlräume unter Tage (z. B. Strecken, Schächte, Kavernen, Abbaue, Schwebendurchbrüche)
<b>Grubenbau</b>	Planmäßig bergmännisch hergestellte Hohlräume unter Tage (z. B. Strecken, Schächte, Kavernen, Abbaue)
<b>Gebirgsmechanik</b>	Lehre vom mechanischen Verhalten des Gebirges auf anthropogene Einwirkungen (Bergbau und Hohlraumprobleme)
<b>Haufwerk</b>	Aus dem Gebirgsverband herausgelöstes Gestein
<b>Konvergenz</b>	Natürlicher Prozess der Volumenreduzierung von untertägigen Hohlräumen infolge Verformung bzw. Auflockerung aufgrund des Gebirgsdruck
<b>Liegendes</b>	Gebirgsbereich unterhalb der Sohle
<b>Schonendes Sprengen</b>	Durch Verringerung der Bohrlochabstände und Verwendung von Sprengschnur in diesen Bohrlöchern wird nach der Zündung ein

	Riss auf direkter Verbindung zwischen den Bohrlöchern hergestellt. Der Anteil der Sprengenergie, die in das umgebene Gebirge eingeleitet wird, ist minimal.
<b>Seiger</b>	Vertikal
<b>Sohle</b>	Gesamtheit der annähernd in einem Höhenniveau aufgefahrenen Grubenbaue; auch untere Grenzfläche eines Grubenbaues
<b>Söhlilig</b>	Horizontal
<b>Stoß</b>	Seitliche Begrenzung eines Grubenbaues (z. B. Strecken-Stoß, Schacht-Stoß); auch jede Angriffsfläche für die Gewinnung (Abbau-Stoß)
<b>Störung</b>	Bruchhafte Verwerfung, entlang der Gesteinsblöcke versetzt werden
<b>Strecke</b>	Tunnelartiger Grubenbau, der nahezu söhlilig aufgefahren ist
<b>Sumpf</b>	Begrenzter untertägiger Bereich der Grube zum Sammeln von Wasser
<b>Wetter</b>	Bergmännischer Begriff für Luft im Bergwerk
<b>Wetterführung</b>	Planmäßige Lenkung der Wetter durch das Grubengebäude

## 2 Glossar häufig verwendeter Fachbegriffe

### 2.1 Barriereintegrität

Schutzschichten, die die Evaporitlagerstätte vor dem Einfluss ungesättigter Wässer über geologische Zeiträume geschützt haben, stellen die geologische Barriere dar. Schutzschichten sind z. B. tonreiche, hydraulisch abdichtende Tonschichten im Hangenden der Evaporite. Die Barriere behält auch unter den Einflussbedingungen des Bergbaus ihre Funktion (Integrität).

### 2.2 Auflockerungszone

Die Auflockerungszone ist der Bereich des Gebirges an der Hohlraumkontur eines Abbaus oder einer Strecke, der durch die Bergbautätigkeiten beeinflusst ist und eine höhere Permeabilität aufweisen kann. Die Erstreckung dieser Zone von der Hohlraumkontur ins Gebirge beträgt wenige Zentimeter bis einige Dezimeter. Durch spezielle Wahl der

Sprengmittel kann auch bei Verwendung der Bohr- und Sprengtechnologie der Einfluss auf die Abbaukontur minimiert werden (sog. schonendes Sprengen).

## 2.3 Deformationsverhalten von Gestein z. B. bei Spannungsänderungen

Beim Deformationsverhalten von Gesteinen werden elastische, plastische, viskose<sup>1</sup> und bruchhafte Verformungen und verschiedene Übergänge zwischen diesen Verhalten beschrieben. Grundsätzlich geht bei einer elastischen Verformung der Werkstoff nach der Verformung wieder in den ursprünglichen Zustand zurück, bei plastischen Verformungen kommt es zu einer dauerhaften Formänderung, welche bis zum Bruch führen kann.

Beispiele: Granitgestein zeigt elastisch-sprödes Verhalten, Tongestein ist ein elastisch-(visko)plastisches Gestein; Salzgestein ein elastisch-viskoses Gestein.

## 2.4 Festigkeitsreduktion

Ist eine bei den gebirgsmechanischen Berechnungen unterstellte theoretische Annahme, um neben den realistischen Werten Sicherheitsreserven abschätzen zu können.

## 2.5 Wölbung der Firste

Durch die bergbauliche Hohlraumerstellung erfolgt eine Spannungsumverteilung im Gebirge.

Durch das Abrunden der Übergänge zwischen Firste und Stoß wird dem geänderten Verlauf der Gebirgsspannungen Rechnung getragen und im Vergleich zu einem rechteckigen Hohlraumprofil eine stabilere Firste des Hohlraumes erstellt. Dementsprechend sind auch Streckenkreuze mit gewölbten Firsten (Kreuzgewölbe) sehr standfest, vgl. Kirchengewölbe.

## 2.6 Permeabilität

Bezeichnet in der Bodenkunde und Geotechnik die Durchlässigkeit von Böden und Festgestein für Flüssigkeiten oder Gase. Die SI-Einheit ist  $m^2$ .

Die Permeabilität ist richtungsabhängig, z. B. bei geschichtetem Gestein kann diese horizontal größer oder kleiner sein als bei vertikaler Durchströmung (siehe auch Isotropie und Anisotropie).

---

<sup>1</sup> Temperatur- und spannungsabhängiges Maß für die Viskosität bei Gesteinen

## 2.7 Durchlässigkeitsbeiwert ( $k_f$ -Wert)

Der Durchlässigkeitsbeiwert wird zur Quantifizierung der Permeabilität verwendet und ist von den Eigenschaften des Fluids und einer Potential-/Druckdifferenz abhängig. Üblicherweise wird mit den Eigenschaften von Wasser gerechnet. Die Einheit des Durchlässigkeitsbeiwertes ist m/s, also die Geschwindigkeit der Durchströmung. Wie bei der Permeabilität kann auch hier eine Richtungsabhängigkeit der Durchströmung vorliegen.

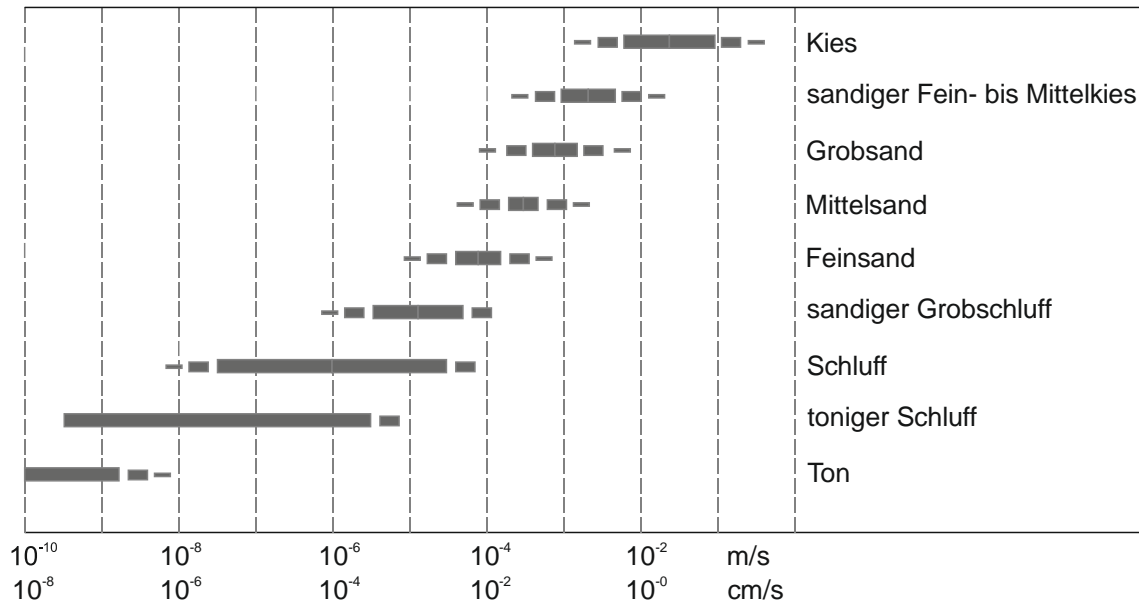


Abbildung 1 Beispiele für  $k_f$ -Werte von Sedimenten<sup>2</sup>

## 2.8 Isotropie und Anisotropie

Bezogen z. B. auf die Durchlässigkeit ist die Eigenschaft im Gebirge in allen Raumrichtungen gleich (isotrop) oder es bestehen Unterschiede in vertikaler und horizontaler Richtung (anisotrop).

Bei Laborversuchen an Probekörpern wird im Allgemeinen die vertikale Gesteinsdurchlässigkeit bestimmt. Bei Bohrlochversuchen ist die horizontale Gebirgsdurchlässigkeit dominant.

## 2.9 Potentialdifferenz, Druckgradient

Beschreibt den Druckunterschied (Unterschied in der Höhe der Wassersäule) zwischen dem Ein- und Ausströmbereich.

<sup>2</sup> <https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/kf-wert/4102>

## 2.10 Residuat

Geraten Gesteine, die ein Lösepotential gegenüber Grundwasser haben, in Kontakt mit diesem Wasser, werden die leichtlöslichen Bestandteile (Salz, Gips, Kalk) herausgelöst; unlösliche oder unvollständig aufgelöste Bestandteile verbleiben als Residuat. Ein aus Residuaten aufgebautes Gestein wird als Residuatgestein, Rückstandsgestein oder Hutgestein bezeichnet. Zu beachten sind die unterschiedlichen Löslichkeiten der o. g. leichtlöslichen Gesteinsanteile und damit die unterschiedlichen Lösegeschwindigkeiten. Diese sind auch sehr stark von der Verfügbarkeit und der Mineralisation des Lösemediums (Wasser) abhängig. Die hydraulischen Bedingungen im Gebirge haben ebenfalls einen starken Einfluss. Eine hohe Durchströmungsrate bedingt auch ein hohes Lösepotential.

## 2.11 Verkarstung

Beschreibt die lokale Auflösung leichtlöslicher Gesteine im Untergrund z. B. an wasserwegsamem Klüften und den Abtransport der gelösten Massen. Eine Verkarstung führt zur Bildung von Hohlräumen im Untergrund, die bei Erreichen einer mechanisch instabilen Größe zum Einbruch des Hangenden führen und lokale Erdfälle oder kleinräumige Einsenkungen an der Erdoberfläche verursachen, sog. Erdfälle.

## 2.12 Subrosion

Subrosion beschreibt allgemein die Auflösung leichtlöslicher Gesteine im Untergrund und den Abtransport der gelösten Massen (vgl. Verkarstung als lokales Subrosionsphänomen). Bei flächiger Subrosion führt diese zur Absenkung der Erdoberfläche. Subrosion an den Rändern von leichtlöslichen Gesteinspaketen führt zu einer geneigten Ablösefläche zwischen völlig intaktem leichtlöslichem Gebirge und vollständig aufgelöstem Gebirge (z. B. als Salzhang bezeichnet). Die Subrosion hinterlässt unlösliche Gesteinsanteile, als Residuat bezeichnet. Ein spezielles Residuatgestein ist z. B. das Hutgestein bei Salzlagerstätten, das aus tonigen und sulfatischen (=schwerer löslich als Salz) Rückständen besteht.

## 2.13 Feinklastische Lösungsrückstände

Bezeichnet tonig-/schluffige Anteile in Evaporitgesteinen, die bei der Auflösung der leichtlöslichen Gesteinsanteile zurückbleiben (siehe Residuat).

## 3 Fachliche Exkurse wesentlicher projektrelevanter Themen

### 3.1 Exkurs Genese der Lagerstätte, Vergipsung, Subrosion

Bei warmem Klima entstanden im Flachmeer des Unteren Muschelkalks karbonatische, oft fossilreiche Gesteine, häufig mit typisch wellig-flaserigen Sediment- bzw. Diagenesestrukturen. Im darauffolgenden Mittleren Muschelkalk war das sogenannte Germanische Becken weitgehend vom offenen Meer abgeschnürt. So konnten sich Dolomit, Gips, Anhydrit und im Zentrum des Beckens Steinsalz ablagern. Zur Zeit des Oberen Muschelkalks setzte sich in dem nun wieder offenen, an der kontinentalen Randzone liegenden Flachmeer die Ablagerung von Kalk-, Mergel- und Tonlagen durch.<sup>3</sup>

Die sulfatischen Sedimente wurden zunächst als Gips ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ) abgelagert. Im Zuge der nachfolgenden Diagenese und Ablagerung von weiteren Sedimenten erfolgte eine Dehydratation des Gipses und eine Umwandlung in Anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ ).

Gerät der Anhydrit im weiteren Verlauf der geologischen Entwicklung in Kontakt mit Wasser beginnt eine Vergipsung. In Altertheim ist diese sehr weit fortgeschritten, aber nicht vollständig abgeschlossen. Es findet sich kein aus anderen Lagerstätten bekannter Anhydritspiegel (flächige Grenze Anhydrit zu Gips innerhalb der Sulfatlagerstätte), aber Anhydrit wurde in einem Anteil von deutlich grösser 2% (bis >65%) im unteren Teil der Bohrungen UA11, H4, IW9, (in der Bohrung UA16 3,3%) angetroffen.

Einhergehend mit der Vergipsung beginnt eine Subrosion der leichtlöslichen Gesteinsanteile (Steinsalz, Gips). In Altertheim ist sowohl die Vergipsung als auch die flächige Subrosion von oben bzw. lateral erfolgt. Darauf weisen die Residualgesteine im Hangenden des Gipses und am Rand der Lagerstätte, sowie die Anhydritanteile im unteren Teil einiger Bohrungen und das Fehlen von Subrosionsresiduen an der Basis der Lagerstätte hin.

Diese Vorgänge verlaufen über geologische Zeiträume sehr langsam, da u. a. die Umwandlung von Anhydrit in Gips mit einer Volumenzunahme von ca. 60 % verbunden ist und dadurch Wegsamkeiten zunächst wieder verschlossen werden, aber auch Mikrorisse entstehen können, die eine weitere Vergipsung ermöglichen. Die Vergipsung ist kein Umkristallisationsvorgang, sondern ein Lösungs-/Fällungsprozess der Sulfate. Weiterhin bewirkt die Anreicherung feinklastischer Lösungsrückstände bei der Subrosion eine gewisse Abdichtung („selbstabdichtende Vorgänge“).

Eine irreguläre Subrosion kann grundsätzlich entlang von Klüften erfolgen, die die ansonsten ungestörte Lagerstätte durchschneiden. Dabei entstehen Subrosionssenken und Karstschloten innerhalb der ansonsten „intakten“ Lagerstätte. Solche Strukturen sind in Altertheim nicht bekannt.

---

<sup>3</sup> Quelle: Ifu-bayern

Tabelle 1 Vergleich Vergipsung, Subrosion, Verkarstung

**Interaktion Sulfatlagerstätte mit Grundwasser**

**HAUPTPROZESSE**

Vergipsung von Anhydrit	Subrosion	Verkarstung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr langsam (geologische Zeiten)</li> <li>• flächig einwirkend</li> <li>• Interaktion Quellverhalten Tonminerale (Mikrorisse)</li> <li>• Lösungs-Fällungs-Prozess  <math>\text{CaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}</math></li> <li>• sehr untergeordneter Abtransport</li> <li>• Mikrowegsamkeiten</li> <li>• Volumenzunahme (theor. 60%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• langsamer Prozess</li> <li>• eher flächig einwirkend</li> <li>• gewisse Selbstabdichtung (tonige Residuen)</li> <li>• Abtransport gelöster Substanz</li> <li>• +/- Wegsamkeiten (Nebengebirge)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• schneller Prozess</li> <li>• Klüfte aus Nebengebirge ins Sulfat reichend</li> <li>• lokale Auswirkungen</li> <li>• Abtransport gelöster Substanz</li> <li>• relativ gute Wegsamkeiten</li> </ul>

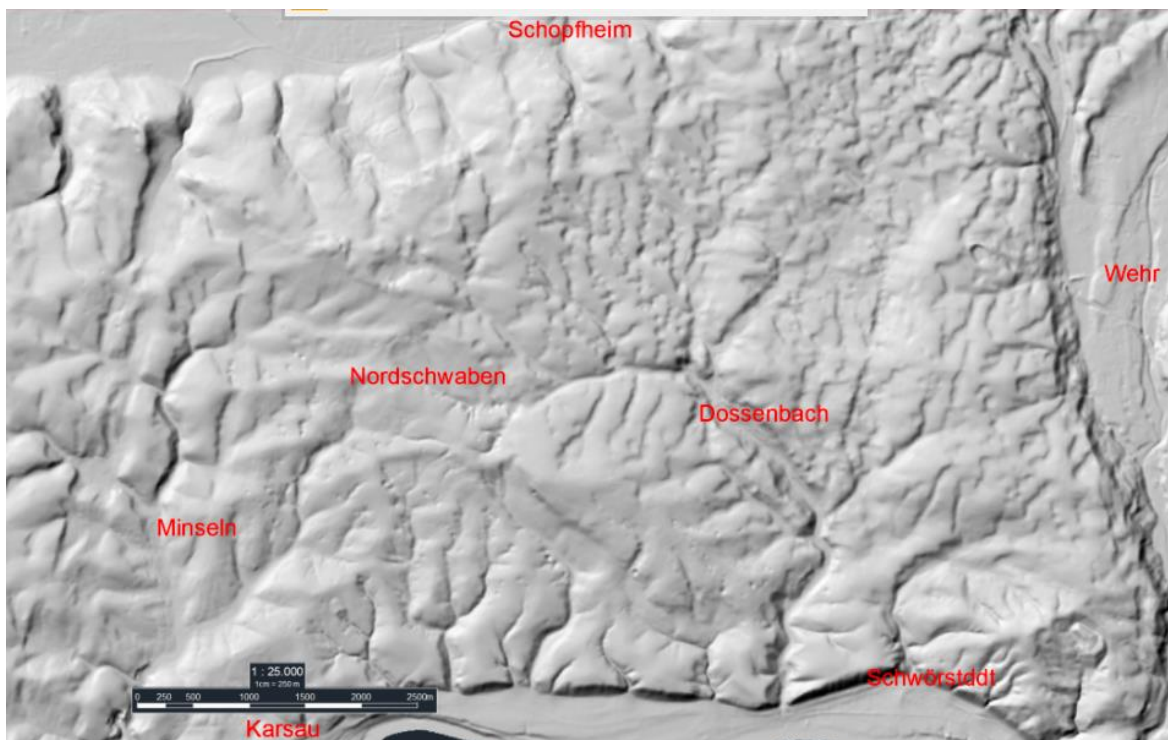


Abbildung 2 Exemplarisches digitales Geländemodell, Typisches morphologisches Abbild einer Verkarstung, Hier: Oberer Muschelkalk östlich von Lörrach, BW. (Geo-Portal BW, Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg). Entsprechende Strukturen werden in Altertheim nicht beobachtet, siehe Abbildung 3.

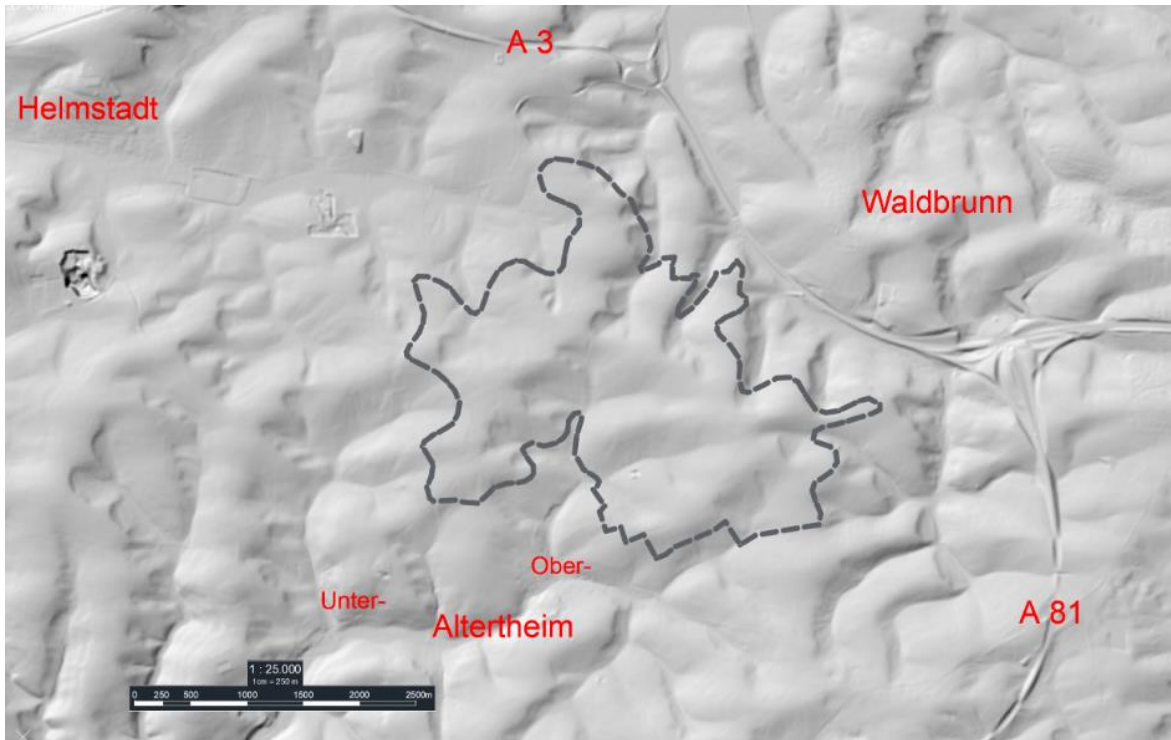


Abbildung 3 DGM Altertheimer Mulde mit Umriss der geplanten Abbaugrenze. (WMS Dienst, <https://geodatenonline.bayern.de/>)

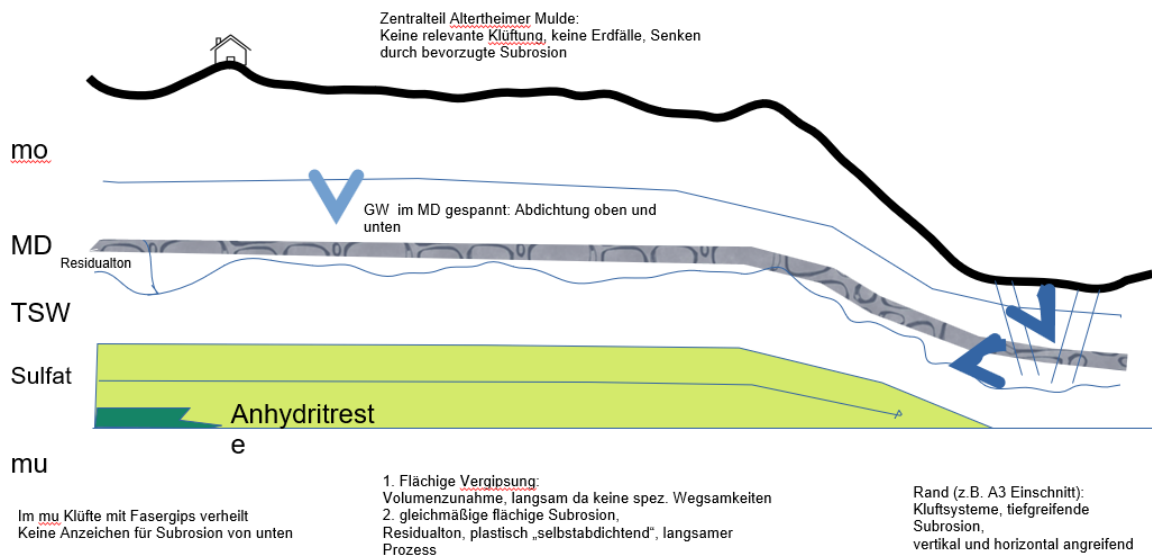


Abbildung 4 Schematisches Profil Altertheimer Mulde, nicht maßstäblich, Pfeile deuten Angreifen der Subrosion an



## 3.2 Exkurs hydraulische Tests, $k_f$ Werte, Probenahme

Die Permeabilität und der Durchlässigkeitsbeiwert beschreiben die Durchlässigkeit eines porösen Mediums gegenüber einem Fluid (z. B. Wasser), wobei sich die Permeabilität allein auf die Gesteinseigenschaften beschränkt und der Durchlässigkeitsbeiwert die Eigenschaften des Fluids zusätzlich einbezieht.

### Permeabilität

$$K = \frac{Q \cdot \eta \cdot l}{A \cdot \Delta p}$$

Hierbei bedeuten:

$K$	Permeabilität in $\text{m}^2$
$Q$	Fließrate in $\text{m}^3/\text{s}$
$\eta$	Dynamische Viskosität des Fließmediums in $\text{Ns}/\text{m}^2$
$l$	durchströmte Länge des porösen Körpers in $\text{m}$
$A$	durchströmte Querschnittsfläche des porösen Körpers in $\text{m}^2$
$\Delta p$	Druckdifferenz in $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$ , die sich nach dem Strömen einstellt.

### Durchlässigkeitsbeiwert

$$k_f = \frac{K \cdot p \cdot g}{\eta} = \frac{Q \cdot l \cdot p \cdot g}{A \cdot \Delta p}$$

Hierbei bedeuten:

$k_f$	Durchlässigkeitsbeiwert in $\text{m}/\text{s}$
$p$	Dichte des Fluids, bei Wasser $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$
$g$	Erdbeschleunigung = $9,81 \text{ m}/\text{s}^2$
$\eta$	Dynamische Viskosität des Fluids, bei Wasser $10^{-3} \text{ Ns}/\text{m}^2$

Zur Bestimmung hydraulischer Gesteinsparameter stehen zahlreiche Testmethoden in-situ (z. B. Packertests in Bohrungen, Pumpversuche) und im Labor an Probekörpern zur Verfügung. Zu beachten ist, dass zahlreiche Faktoren Einfluss auf die gemessenen Werte haben. Diese sind z. B.:

- Repräsentativität für die Mächtigkeit des erfassten Schichtabschnitts
- Gesteinszusammensetzung
- wechselnde Lithologien
- Gefügestörungen (Klüfte, Störungszonen)
- Teufe der Untersuchung (mit zunehmender Teufe i. allg. zunehmender Salzgehalt und Temperatur)
- Orientierung des Testintervalls in Bezug auf Trennfugen
- Reichweite des Verfahrens (Pumpversuche vs. Kernuntersuchungen\Länge des Testintervalls)
- Vergleichbarkeit verschiedener Verfahren (Gesteins- vs. Gebirgsdurchlässigkeit)

- Reproduzierbarkeit (besonders bei rel. geringen Durchlässigkeiten)

Probekörperuntersuchungen im Labor und daraus abgeleitete Rückschlüsse auf die hydraulischen Eigenschaften einer Schichtenfolge sind schon zwangsläufig durch die Auswahl der Proben determiniert. Weiche plastische Materialien im Gebirge verursachen oftmals Kernverluste, sind also per se nicht zu beproben. Vorkommen dieser Materialien in Kernproben unterliegen starken Einschränkungen bei der Probeaufbereitung für nachfolgende Laboruntersuchungen. Aus diesen beiden Gründen sind weiche, plastische Gesteine bei Untersuchungen einer Schichtenfolge daher zwangsläufig zumeist unterrepräsentiert.

Dies gilt insbesondere auch für weiche, plastisch-tonige Proben, die eine gewisse Lagerzeit erfahren haben und damit mehr oder weniger ausgetrocknet sind. Die Originalkonsistenz dieser Proben lässt sich im Labor nicht wiederherstellen und damit lassen sich auch die originalen Parameter nicht bestimmen.

Für die Betrachtung der Gebirgsdurchlässigkeit sind diese Materialien aber von besonderer Bedeutung, da sie stark dichtende und mechanisch ausgleichende Eigenschaften haben. Bei der Bewertung der Gebirgsdurchlässigkeit einer Schichtenfolge sind sie entsprechend zu berücksichtigen.

Bei der Bewertung von Durchlässigkeiten muss beachtet werden, dass z. B. ein Wert von  $3 \cdot 10^{-10}$  mathematisch zwar nur halb so groß ist wie ein Wert von  $6 \cdot 10^{-10}$ , in der praktischen Relevanz/Bewertung dies aber aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren auf die Bestimmung der Werte keine Rolle spielt und beide als die gleiche Größenordnung betrachtet werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass bei Gesteinseinheiten unterschiedlicher Lithologie und Durchlässigkeiten der größte gemessene Wert keineswegs der bestimmende Faktor für das Gesamtsystem ist. Die nachfolgende Skizze zeigt eine höher durchlässige Schicht eingebettet zwischen geringer durchlässigen Gesteinsschichten. Hier bestimmen die gering durchlässigen Schichten die vertikale Gesamtdurchlässigkeit.

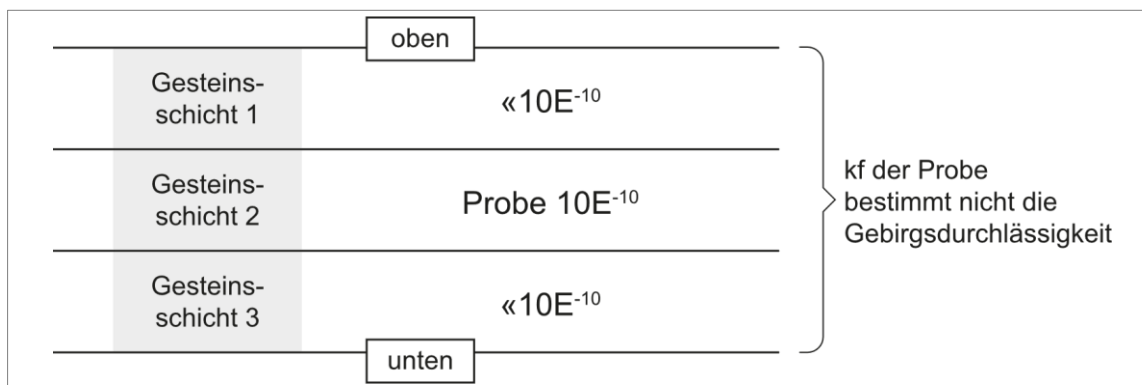


Abbildung 5 Vertikale Abfolge von  $k_f$  Werten → die durchlässigere Schicht, in der eine Probe genommen werden konnte, bestimmt nicht die vertikale Gesamtdurchlässigkeit des Gebirges

Aus einem bei Testarbeiten bestimmten  $k_f$  Wert allein lässt sich in der Praxis noch nicht ein Durchströmen einer Gesteinseinheit ableiten. Weiter nötige Randbedingungen sind die in der Definition schon erwähnte Potentialdifferenz, also ein Druckgradient, und ein hydraulischer Anschluss an ein „Fluidreservoir“. Nachfolgende Tabellen zeigen die „Übersetzung“

von  $k_f$  Werten in Bezeichnungen zur Durchlässigkeit, wie sie in der DIN 18130, Teil 1 und bei Pregl, definiert sind.

Tabelle 2 Durchlässigkeitsbeiwerte und -bereiche nach DIN 18130, Teil 1

Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ [m/s]	Durchlässigkeitsbereich nach DIN 18130, Teil 1
$> 10^{-2}$	sehr stark durchlässig
$10^{-2} - 10^{-4}$	stark durchlässig
$10^{-4} - 10^{-6}$	durchlässig
$10^{-6} - 10^{-8}$	schwach durchlässig
$< 10^{-8}$	sehr schwach durchlässig

Tabelle 3 Durchlässigkeitsbeiwerte und -bereiche nach Pregl<sup>4</sup>

$K_f$ – Wert (m/s)	Bezeichnung
$K_f > 10^{-2}$	sehr stark durchlässig
$10^{-2} > K_f > 10^{-4}$	stark durchlässig
$10^{-4} > K_f > 10^{-6}$	mittel durchlässig
$10^{-6} > K_f > 10^{-8}$	gering durchlässig
$10^{-8} > K_f > 10^{-9}$	sehr gering durchlässig
$10^{-9} > K_f$	undurchlässig

Tabelle 3-3: Bezeichnung von Böden in Bezug auf die Durchlässigkeit (vgl. PREGL, 1999)

Zur Bewertung der  $k_f$  Werte im technisch/wissenschaftlichen Umfeld sind nachfolgend einige Beispiele (12) aufgeführt, die zeigen, welche Größenordnungen von  $k_f$  Werten in anderen Projekten relevant sind und welche Anforderungen sich in anderen Anwendungen ergeben.

<sup>4</sup> PREGL O. (2002): Handbuch der Geotechnik, Band 9, Wasser im Untergrund  
<https://boku.ac.at/baunat/igt/otto-pregl-stiftung/handbuch-der-geotechnik>

Tabelle 4 Beispiele für  $k_f$  Werte in anderen Projekten

Beispiel	Eigenschaft	$K_f$ Wert, bei dem die Eigenschaft erfüllt wird
Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO)	Vertikale Abdichtung bei Einmassen-Schlitzwänden	$1 \times 10^{-9}$ m/s
Leistungsbuch Altlasten und Flächenentwicklung <i>Quelle: <a href="https://www.labo-deutschland.de">https://www.labo-deutschland.de</a></i>	Oberflächenabdeckung Verdämmung und Kanalsstilllegung	$1 \times 10^{-8}$ m/s $1 \times 10^{-8}$ bis $1 \times 10^{-10}$ m/s
Stilllegungsmethodik Alt-Deponien <i>Quelle: <a href="file:///home/lu/Downloads/3609_1.pdf">file:///home/lu/Downloads/3609_1.pdf</a></i>	mineralische Dichtungen	$1 \times 10^{-7}$ m/s
Versickerungsanlagen für Oberflächenwasser <i>Quelle: <a href="https://www.burgwedel.de/portal/seiten/planung-von-versickerungsanlagen-906000221-20520.html">https://www.burgwedel.de/portal/seiten/planung-von-versickerungsanlagen-906000221-20520.html</a></i>	Versickerung	$5 \times 10^{-3}$ m/s = schnelle Versickerung, $5 \times 10^{-6}$ m/s = langsame Versickerung
Deponieverordnung-DepV Anhang 1 Anforderungen an den Standort, die geologische Barriere, Basis- und Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien der Klasse 0, I, II und III	Geologische Barriere	$1 \times 10^{-7}$ m/s (DK0; $d \geq 1$ m) $1 \times 10^{-9}$ m/s (DKI; $d \geq 1$ m) $1 \times 10^{-9}$ m/s (DKII; $d \geq 1$ m) $1 \times 10^{-9}$ m/s (DKIII; $d \geq 5$ m)
Bohrlochabdichtungen Bergbau <i>Quelle: <a href="https://mwu.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MW_U/Umwelt/Strahlenschutz/Endlager_Morsleben/PK_7_-_IHU_Streckenverschluesse_Phase-1_Plausibilitaet_und_Konsistenz_26.04.2010.pdf">https://mwu.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MW_U/Umwelt/Strahlenschutz/Endlager_Morsleben/PK_7_-_IHU_Streckenverschluesse_Phase-1_Plausibilitaet_und_Konsistenz_26.04.2010.pdf</a></i>	Abdichtungen von Bohrungen Anforderung an Verfüllmörtel	$1 \times 10^{-11}$ m/s ( $10^{-8}$ – $10^{-12}$ m/s nach DIN 18130 E Teil 1: 3,01)

### 3.3 Exkurs Definition von Schutzschichten bei Evaporitlagerstätten

Als Schutzschichten werden beim Abbau von Lagerstätten leichtlöslicher Gesteinsformationen (Salz, Gips, Karbonate etc.) solche Gebirgsformationen bezeichnet, die zwischen einem Grubengebäude eines Bergwerkes in diesen Formationen und wasserführenden Schichten lokalisiert sind.

Im Allgemeinen kann unterschieden werden zwischen

1. im Zusammenhang mit, bzw. im Nachgang der Entstehung (Ablagerung) der leichtlöslichen Gesteine abgelagerten Schutzschichten. Hierbei handelt es sich um tonige Sedimente, die am Ende eines Evaporations- bzw. Ablagerungszyklusses die leichtlöslichen Sedimente vor erneuter Auflösung unmittelbar nach der

Sedimentation, bei der Diagenese und in der späteren geologischen Entwicklung schützen.

2. im Laufe der geologischen Entwicklung des Gebirges sich entwickelnde und heute wirksame Schutzschichten.

Bei Schutzschichten vom zweiten Typ erfolgt durch die Subrosion der leichtlöslichen Anteile der Sedimente eine Anreicherung von (i. d. R. feinklastischen) unlöslichen Anteilen, im Wesentlichen Ton. Das Residualgebirge schützt die Evaporite (z. B. Salze oder Sulfate) vor weiterer Subrosion und bildet eine hydraulische Schutzschicht. Diese Schicht kann, muss aber nicht ein homogenes Gebirge mit durchgängigen Eigenschaften darstellen. Von gering beeinflusster Originalstruktur/-zusammensetzung bis zu vollständig ausgelaugten, leichtlöslichen Anteilen ist alles möglich. Schutzschichten dieses zweiten Typs finden sich für Evaporitlagerstätten z. B.

- Im Hangenden (z. B. toniges Hutgestein),
- an den Rändern (z. B. Salzhang),
- in irregulären Auflösungsstrukturen (tonig verfüllte Karststrukturen und Subrosionssenken, oftmals auch mit tonigen Sedimenten jüngerer Ablagerungen) und
- seltener im Liegenden von Evaporiten.

Mit zunehmender Auflösung der leichtlöslichen Anteile reichern sich die dichtenden feinklastische Rückstände an und führen zu einer zunehmenden Dichtwirkung. Residualtone sind oft weich und plastisch verformbar, womit die dichtenden Eigenschaften begünstigt werden. Diese sind auch durch die Geschwindigkeit der Auflösung bestimmt; ein langsamer flächiger Prozess führt zu gleichmäßiger Anreicherung der Lösungsrückstände, ein schneller Verkarstungsprozess kann unter Umständen nicht zu einer Ausbildung einer schützenden Residualschicht führen.

Die Aufgaben von und Anforderungen an Schutzschichten für Bergwerke sind

- die Gewährleistung der mechanischen Stabilität der Grubenbaue und der Schutzschicht selbst,
- hydraulische Trennung des Grubengebäudes von grundwasserführenden Schichten.

Damit ergeben sich Anforderungen hinsichtlich der gebirgsmechanischen Eigenschaften, die durch die Auffahrung der Grubenbaue nicht wesentlich negativ beeinflusst werden dürfen. Hierzu erfolgen geomechanische Untersuchungen der Gesteine und Modellierungen, um das Verhalten des Gebirges zu beschreiben, vorherzuberechnen und ausreichende Schutzschichtmächtigkeiten zu ermitteln, sowie die Abbaudimensionierung festzulegen.

Die hydraulischen Eigenschaften, im Wesentlichen die Gebirgsdurchlässigkeit werden durch in-situ und Laborversuche ermittelt und in Bezug auf ihre abdichtende/trennenden Eigenschaften bewertet.