

**Infoveranstaltung Endlagersuche „Wirtsgesteine“:  
Die Rolle der Wirtsgesteine bei der Endlagersuche für  
hochradioaktive Abfälle aus der Nutzung der  
Atomenergie**

## **Die Wirtsgesteine bei der Standortsuche für ein Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle**

Nicole Schubarth-Engelschall & Lukas Pollok

**Infoveranstaltung Landkreis Harburg, Winsen (Luhe)**

**03.07.2023**

1. Einführung

2. Wirtsgestein Kristallin

3. Wirtsgestein Tongestein

4. Wirtsgestein Steinsalz

5. Fazit

Definition, Entstehung, Vorkommen, Eigenschaften

# Einführung

## Was macht die BGR?



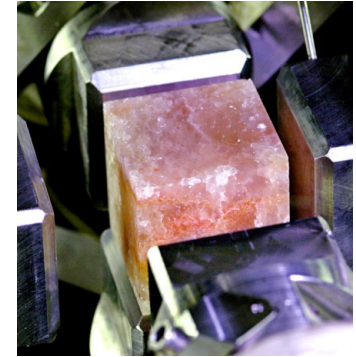
- Die **Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)** ist eine Ressortforschungseinrichtung im Geschäftsbereich des **Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)**.
- Die BGR ist die **zentrale Forschungs- und Beratungseinrichtung der Bundesregierung** auf dem Gebiet der **Geowissenschaften und Rohstoffe**. Sie erbringt hoheitliche und öffentliche Leistungen
- Ihre **Aufgaben** umfassen u.a.:
  - die rohstoffwirtschaftliche und **geowissenschaftliche Beratung der Bundesregierung** und der deutschen Wirtschaft insbesondere zur langfristigen Sicherung der Rohstoff- und Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland, der **Endlagerung hochradioaktiver Abfälle** und dem nachhaltigen Georessourcenmanagement;
  - die **nationale und internationale** geowissenschaftliche und technische **Zusammenarbeit** in den Bereichen Geowissenschaften, Rohstoffe, Boden und Grundwasser sowie Georisiken und **Endlagerung radioaktiver Abfälle**.

# Einführung

## Rolle der BGR bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle



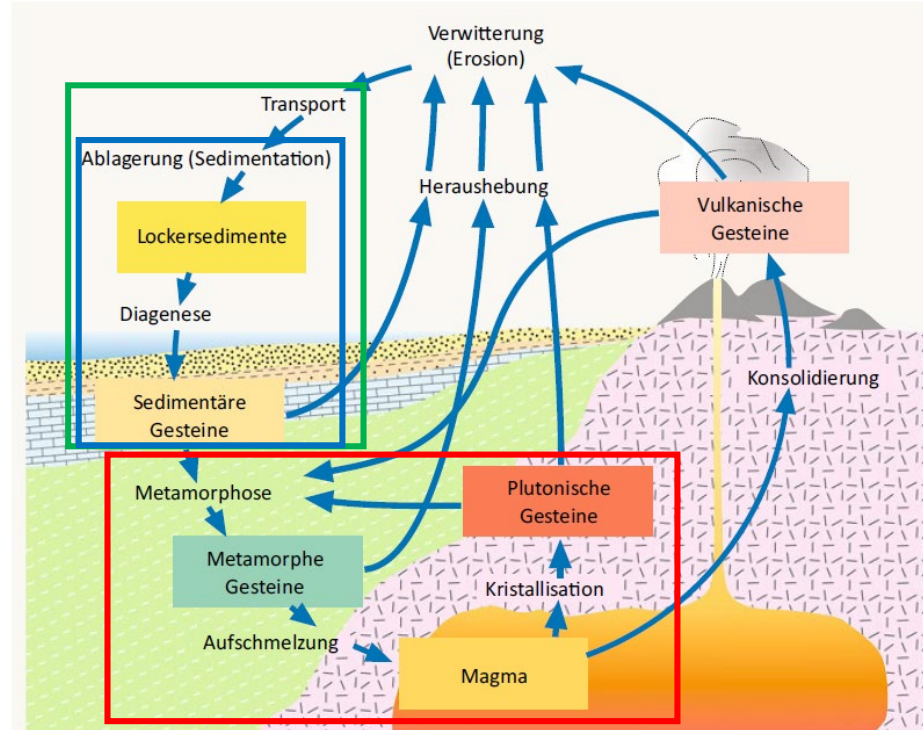
- anwendungsorientierte Forschung zu Endlagerfragen
- Untersuchungen zur Standortauswahl
- geologisch-geotechnische Standorterkundung
- gesteinsphysikalische Charakterisierung der Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein
- Modellierung der geologischen Gesamtsituation
- Analyse von zukünftigen (geologischen) Szenarien für die Langzeitsicherheit



Quelle: BGR

# Einführung Wirtsgesteine

1. **Kristallingestein**
2. **Tongestein**
3. **Steinsalz**



▲ **Kreislauf der Gesteine**

Quelle: Meschede, 2015

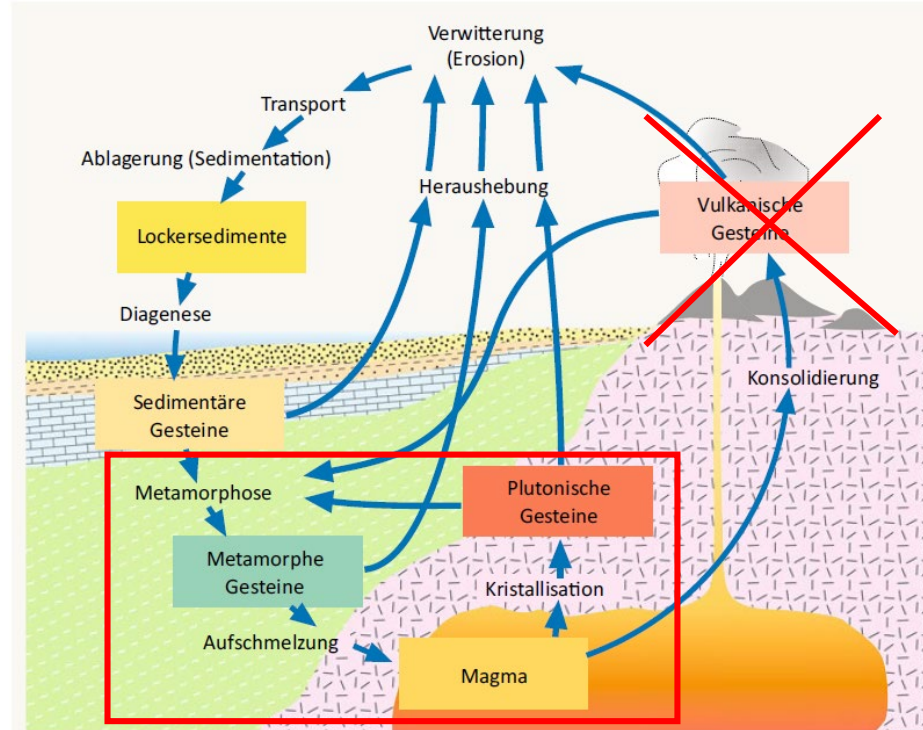
# Kristallingestein

## Definition & Bildung

### Welche Gesteine?

Laut BGE (2020) gelten als kristalline Wirtsgesteine:

- Plutonite
- Hochgradig regional-metamorphe Gesteine



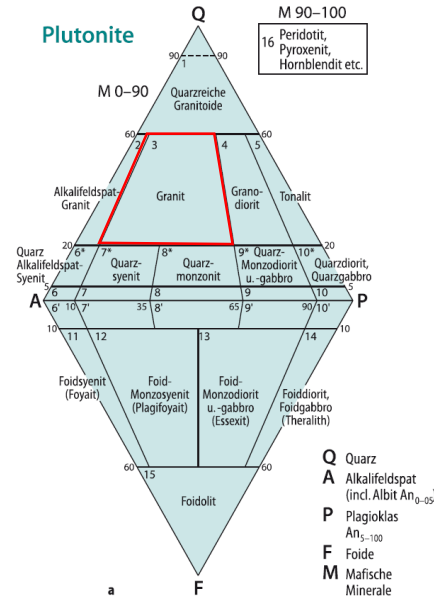
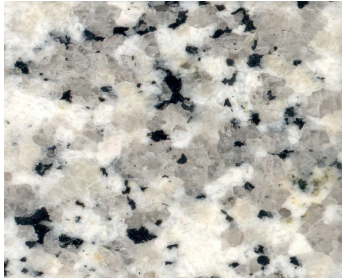
### ▲ Kreislauf der Gesteine

Quelle: Meschede, 2015

# Kristallingestein

## Definition & Bildung

**Plutonite:** z.B. Granit

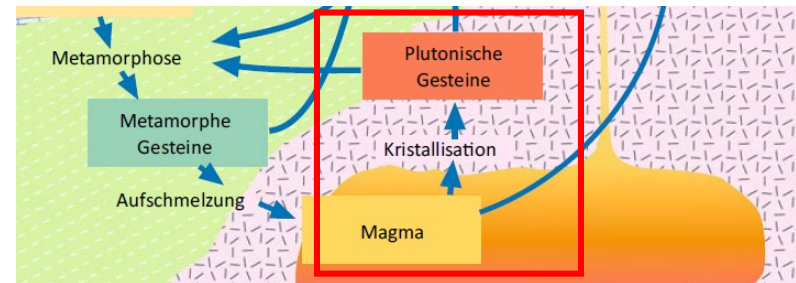


◀ **Klassifikation der Plutonite im Q-A-P-F Doppeldreieck**  
(nach Streckeisen, 1974, 1980); Quelle: Okrusch und Matthes, 2014

## Wie entstanden?

Durch Kristallisation von Magma in der Erdkruste

→ Intrusivgesteine



## ▲ Kreislauf der Gesteine

Quelle: Meschede, 2015

# Kristallingestein

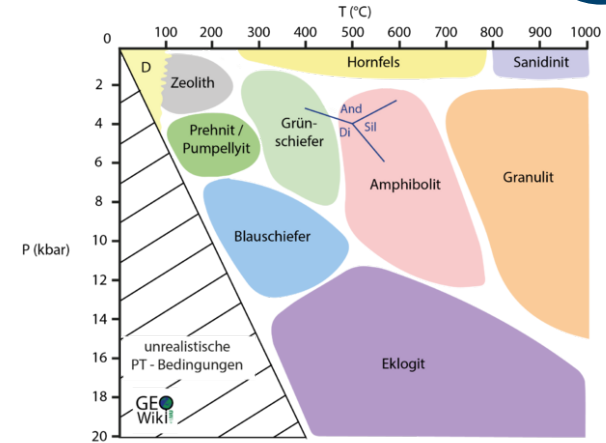
## Definition & Bildung

**Hochgradig regional-metamorphe Gesteine:** z.B. Gneis

**Wie entstanden?**

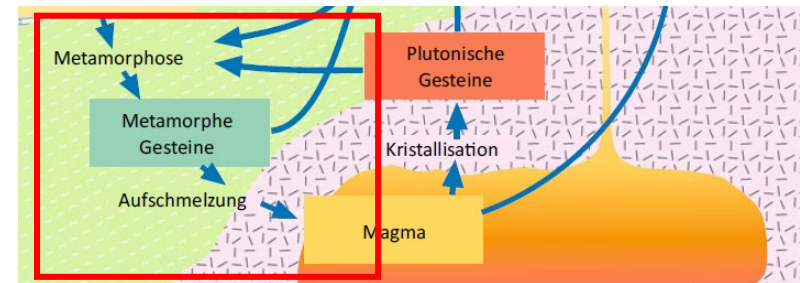
z.B. aus Granit, welcher hohen Drücken und Temperaturen ausgesetzt war

→ Ortho-Gneis (= überprägter Granit)



### ▲ Entstehung metamorpher Gesteine

Quelle: modifiziert nach Sebastian, 2013



### ▲ Kreislauf der Gesteine

Quelle: Meschede, 2015



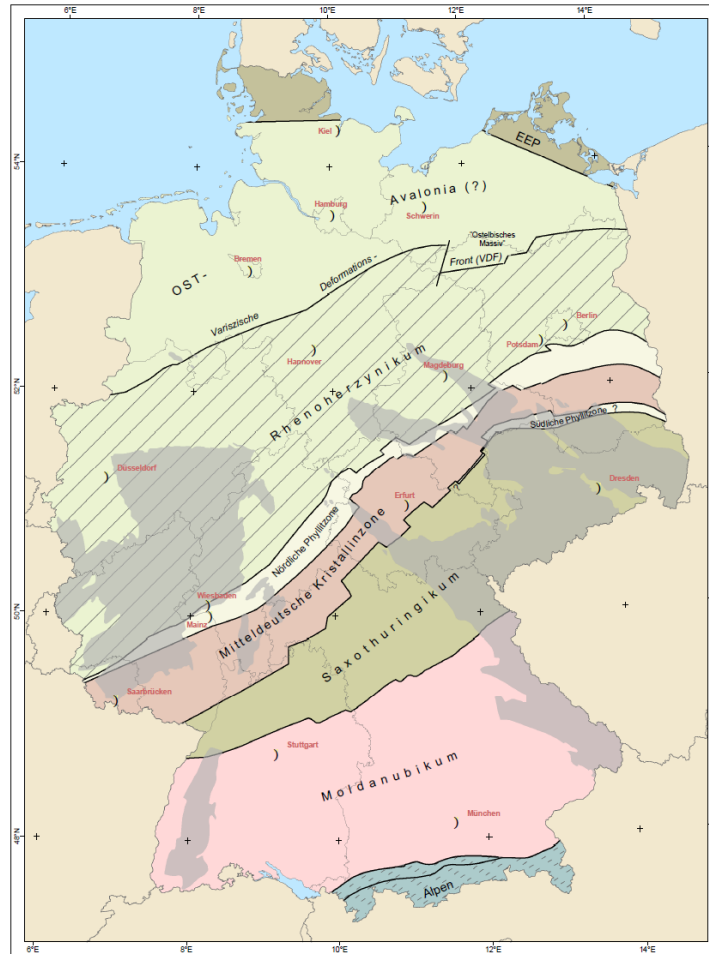
# Kristallingestein

## Vorkommen

### Wo kommt kristallines Gestein vor?

Einteilung in tektonostratigraphische Einheiten

→ Jede Einheit hat die gleiche Deformationsgeschichte, enthält aber verschiedene Gesteinstypen



#### Tektonostratigraphische Einheiten des Grundgebirges

- Osteuropäische Plattform (EEP)
  - kristallines Fundament\* überlagert vom kaledonischem Grundgebirgsstockwerk
- Ost - Avalonia
  - Unklarheit über den geologischen Stockwerksbau
- Ost - Avalonia / Rhenoharzynikum (RHZ)
  - gefaltete, geschieferte und sehr schwach metamorphosierte Gesteine
- Nördliche Phyllit Zone / Südliche Phyllit Zone
  - mehrfach deformierte, schwach bis grünschieferfazili metamorphe Gesteine
- Mitteldeutsche Kristallinzone
  - verschiedenartige Plutonite und hochmetamorphe Gesteine
- Saxothuringikum
  - verschiedenartige Magmatite und Metamorphite, zum Teil auch nur schwach deformierte Gesteine
- Moldanubikum
  - polyorogenetisch überprägtes kristallines Fundament\*
- Alpen
  - Känozoische Deformationsstruktur
- anstehendes Grundgebirge
  - inklusive anstehendes Rotliegend (z.T. unter känozoischer Bedeckung)

Quelle: Reinhold, 2005

# Kristallingestein

## Vorkommen

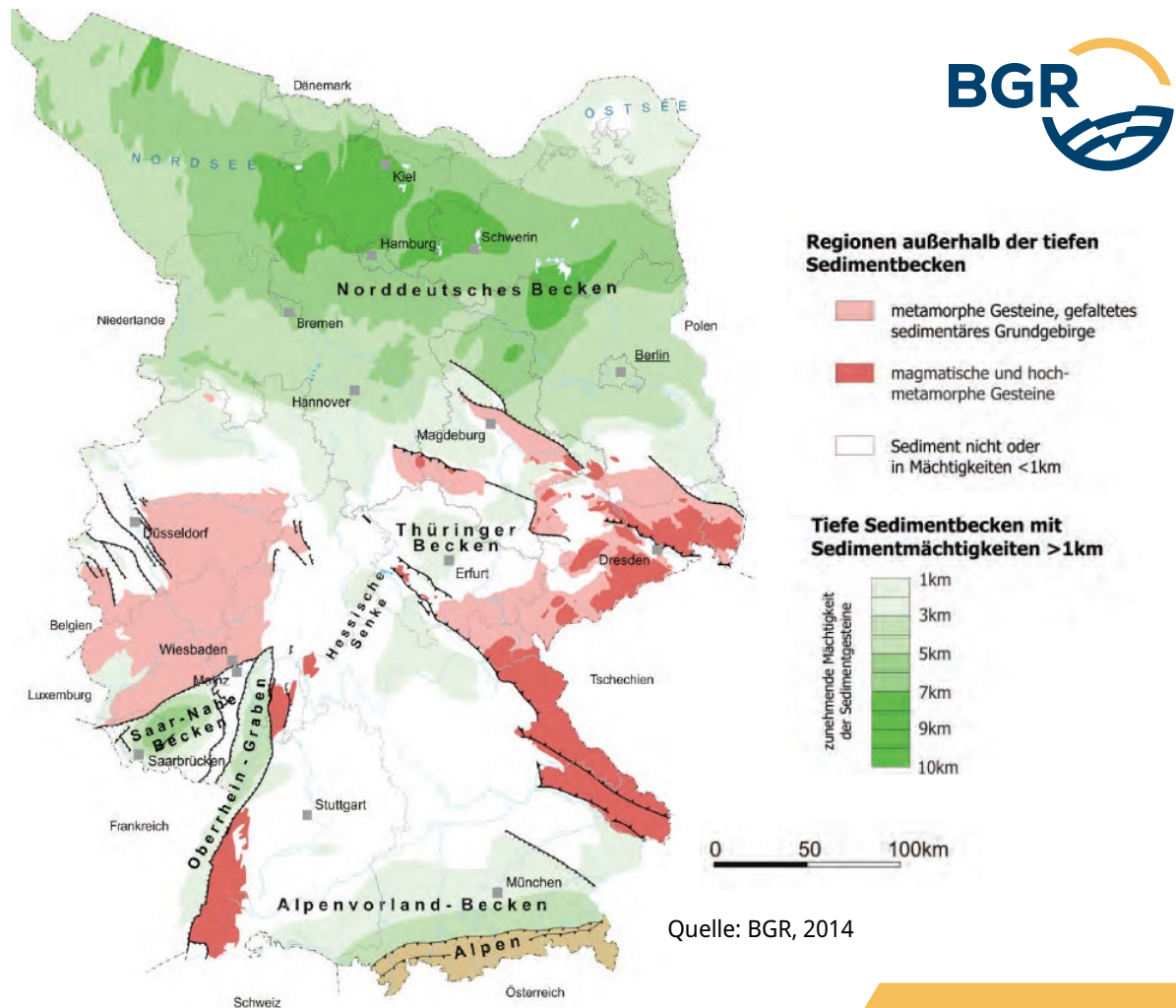
### Wie kommt kristallines Gestein vor?

*An der Oberfläche aufgeschlossen (anstehend):*

z.B. im Bayerischen Wald, Schwarzwald oder Harz

*Mit sedimentärer Überdeckung (<1km):*

Bspw. in Bayern / Ba-Wü



# Kristallingestein

## Gesteinseigenschaften

<i>Eigenschaft</i>
<b>Temperaturleitfähigkeit</b>
<b>Durchlässigkeit</b>
<b>Festigkeit</b>
<b>Verformungsverhalten</b>
<b>Hohlraumstabilität</b>
<b>In-situ Spannungen</b>
<b>Lösungsverhalten</b>
<b>Sorptionsverhalten</b>
<b>Temperaturbelastbarkeit</b>

# Kristallingestein

## Gesteinseigenschaften

<b>Eigenschaft</b>	<b>Kristallingestein (z. B. Granit)</b>
<b>Temperaturleitfähigkeit</b>	mittel
<b>Durchlässigkeit</b>	sehr gering (ungeklüftet) bis durchlässig (geklüftet)
<b>Festigkeit</b>	hoch
<b>Verformungsverhalten</b>	spröde
<b>Hohlraumstabilität</b>	hoch (ungeklüftet) bis gering (stark geklüftet)
<b>In-situ Spannungen</b>	anisotrop
<b>Lösungsverhalten</b>	sehr gering
<b>Sorptionsverhalten</b>	mittel bis hoch
<b>Temperaturbelastbarkeit</b>	hoch

Quelle: verändert nach BGR, 2007

günstig
  bedingt günstig
  ungünstig

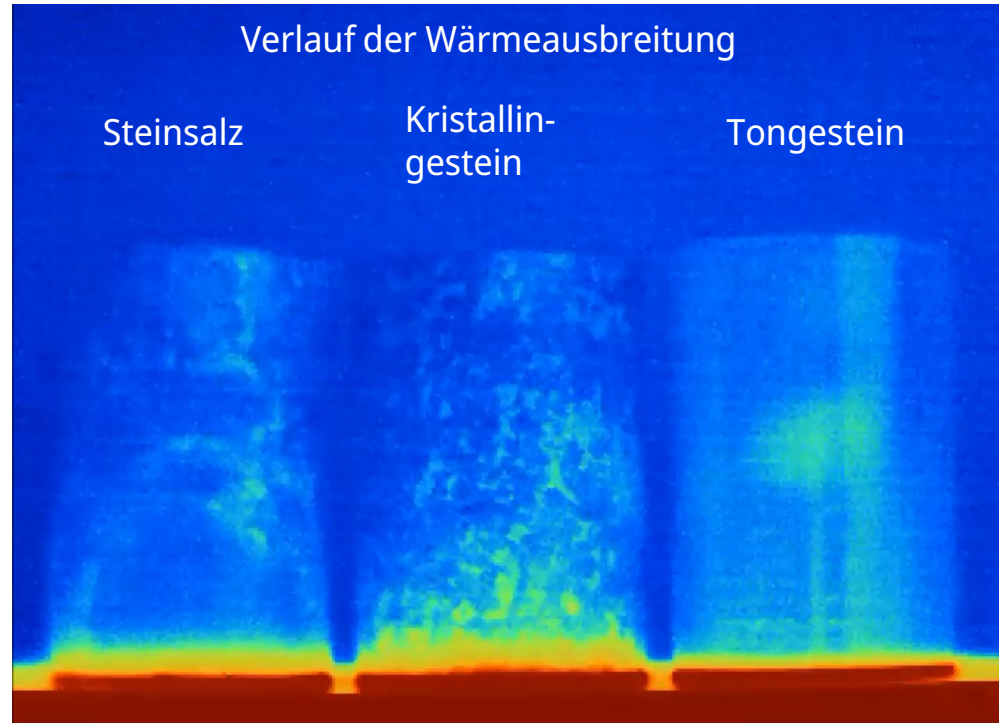
# Kristallingestein

Gesteinseigenschaft: Temperaturleitfähigkeit



**Experiment zur Wärmeausbreitung** ▲▶

Quelle: BGR



# Kristallingestein

## Gesteinseigenschaft: Hohlraumstabilität und Festigkeit

- Hohe Festigkeit und Hohlraumstabilität
- Kein Ausbau der Tunnel notwendig



▲ Tunnel im Granit (Felslabor Grimsel, Schweiz)

Quelle: BGR

# Kristallingestein

Gesteinseigenschaft: Durchlässigkeit (Wasserwegsamkeiten)

→ Sehr gering für  
**ungeklüftetes**  
Kristallingestein  
(Lausitzer Granodiorit)

Intakte,  
ungeklüftete  
Bohrkerne  
(10 cm Ø)



Quelle: BGR

→ Durchlässig für  
**geklüftetes**  
Kristallingestein

Klüfte im  
Steinbruch des  
Seebach-Granits  
(Nordschwarz-  
wald)

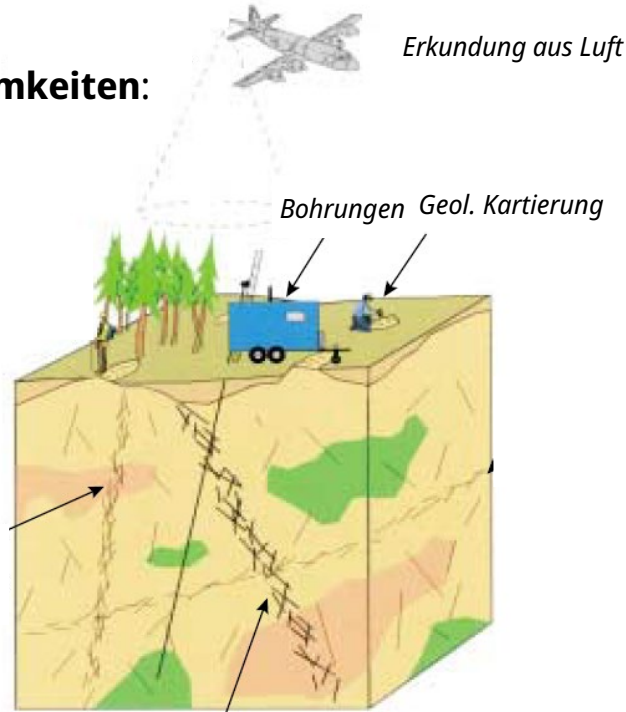


Quelle: LGRB, 2013

# Kristallingestein

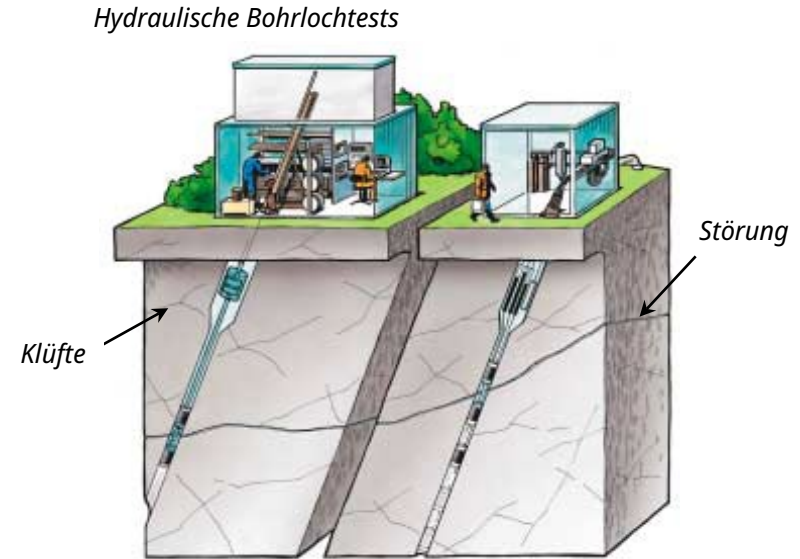
Ein Ziel für die übertägige Erkundung

**Auffinden von Wasserwegsamkeiten:**



Quelle: SKB, 2001

**Konnektivität von Wasserwegsamkeiten:**



Quelle: SKB, 2001

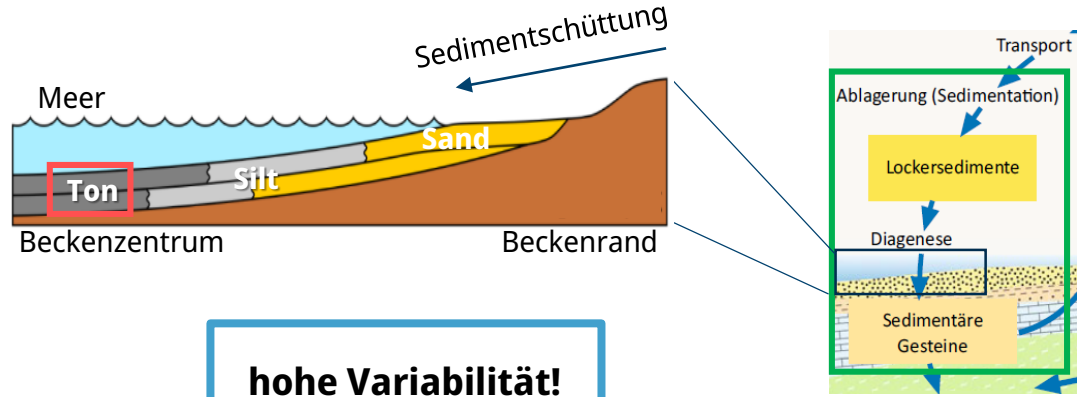


# Tongestein

## Definition & Bildung



Quelle: BGR



**hohe Variabilität!**

Quelle: Meschede (2015)



Foto: Adobe Stock

- Ton: feinkörniges, plastisches Sediment; überwiegend aus Partikeln < 0,002 mm aufgebaut (Tonfraktion)
- Entsteht in Beckenzentren durch Ablagerung von feinkörnigen Gesteinspartikeln
- Richtung Beckenrand: Silt- und Sand

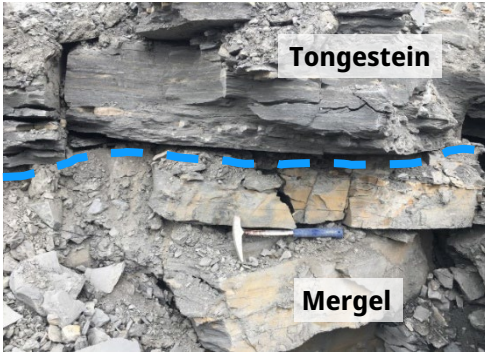
Ton	Silt	Sand
< 0,002 mm	0,002 – 0,063 mm	0,063 – 2 mm

# Tongestein

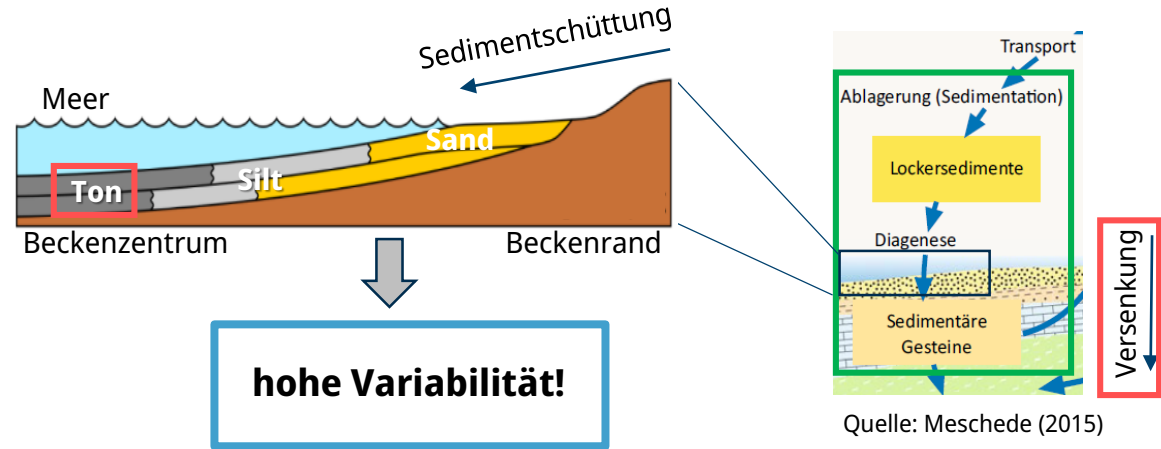
## Definition & Bildung



Quelle: BGR



Quelle: BGR



- Nach Kompaktion und Verfestigung durch Versenkung entsteht Tongestein
- Quarzreich = Siltstein / Sandstein
- Karbonatreich = Mergel
- Zusammensetzung & Entstehungsgeschichte der Tone begründen unterschiedliche Materialeigenschaften (Fazies)

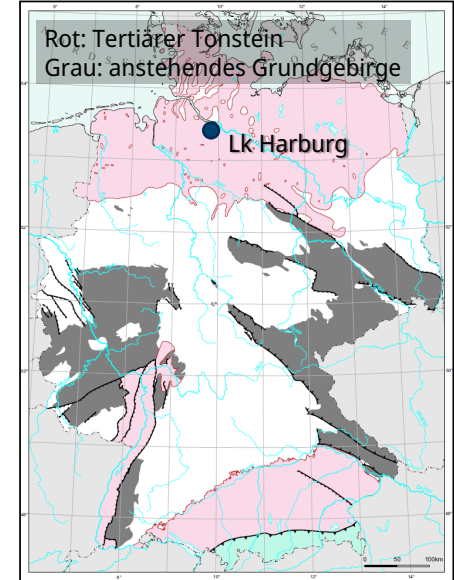
# Tongestein

## Vorkommen

System / Abteilung		Norddeutschland		Süddeutschland	
		W	E	W	E
Tertiär	Quartär	ca. 1,8			
	Neogen				
	Paläogen				
Kreide	Oberkreide				
	Unterkreide				
Jura	Oberjura (Malm)				
	Mitteljura (Dogger)				
	Unterjura (Lias)	ca. 205			

- Die Ablagerung von Tongesteinen ist an Sedimentbecken gebunden
- Tongesteinsformationen treten geologisch bedingt großflächig in N- und in Teilen von S-Deutschland auf
- Bedeutende Ablagerungen treten in den Zeitaltern Unter- & Mitteljura, Unterkreide sowie Tertiär auf

- Formation mit hohem Ton-/Tonsteinanteil
- regionale/lokale Verbreitung von Tongesteinen mit guter räumlicher Charakterisierbarkeit - besonders endlagerrelevant
- regionale/lokale Verbreitung von Tongesteinen mit stark eingeschränkter räumlicher Charakterisierbarkeit
- Formation mit höherem grobklastischen Anteil (Sandsteine, Siltsteine)



Quelle: Tonstudie BGR, 2007

# Tongestein

## Gesteinseigenschaften

<i>Eigenschaft</i>	<i>Ton/Tongestein</i>
Temperaturleitfähigkeit	gering
Durchlässigkeit	sehr gering bis gering
Festigkeit	gering bis mittel
Verformungsverhalten	plastisch bis spröde
Hohlraumstabilität	Ausbau notwendig
In-situ Spannungen	anisotrop
Lösungsverhalten	sehr gering
Sorptionsverhalten	sehr hoch
Temperaturbelastbarkeit	gering

Quelle: verändert nach BGR, 2007

günstig
  bedingt günstig
  ungünstig

# Tongestein

## Gesteinseigenschaft: Festigkeit

- Hohlraumstabilität:  
Ausbildung einer  
stollennahen entfestigten  
Auflockerungszone
- Sicherungsmaßnahmen  
(Spritzbeton und Ausbau)  
notwendig



▲ **Spritzbetonauskleidung im Felslabor  
Mont Terri, Schweiz**

Quelle: Swisstopo



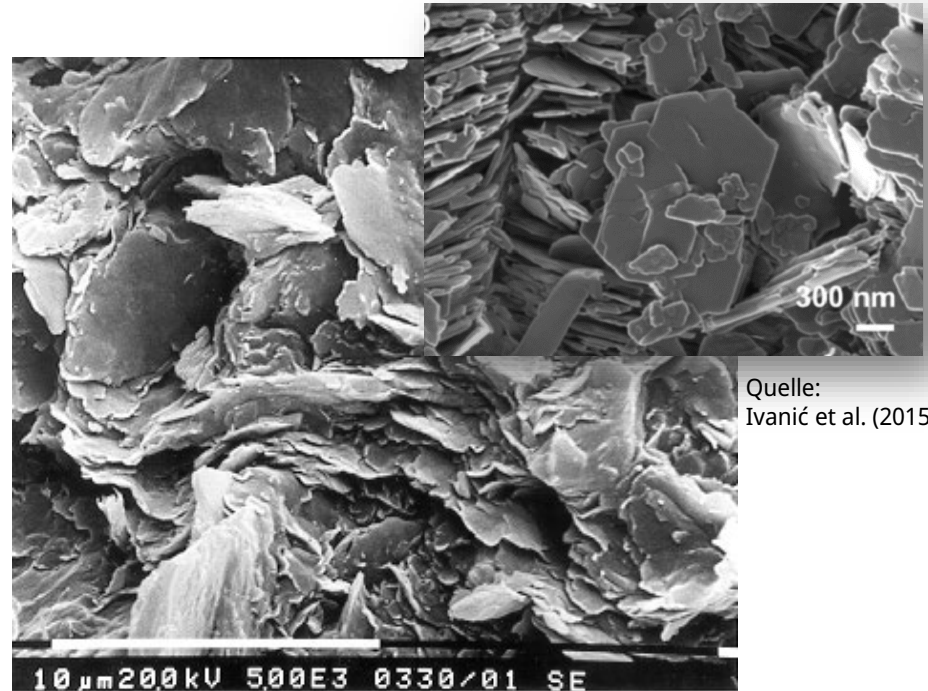
▲ **Anker und Ausbau im Untertagelabor  
Meuse/Haute-Marne, Frankreich**

Quelle: BGR

# Tongestein

## Gesteinseigenschaft: Rückhaltevermögen

- Tonminerale: Mineralphasen mit großer, reaktionsfreudiger Oberfläche
- Bedingt gute Rückhalteigenschaften (z.B. Bindung von Zerfallsprodukten des radioaktiven Abfalls)



Quelle:  
Ivanić et al. (2015)

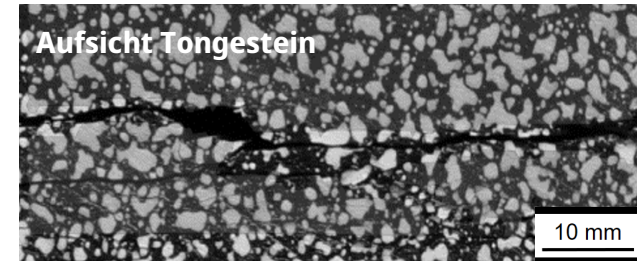
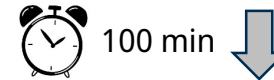
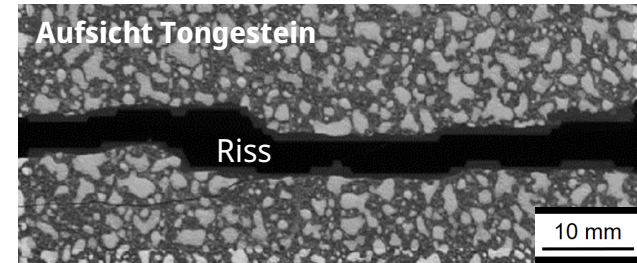
▲ Tongestein unter dem Rasterelektronenmikroskop

Quelle: BGR

# Tongestein

## Gesteinseigenschaft: Durchlässigkeit

- Rückbildung von Durchlässigkeit durch „Risschließung“
- U.a. zurückzuführen auf Quellfähigkeit eines Teils der Tonminerale, d. h. sie können bei Befeuchtung anschwellen.



▲ **Experiment: Langsame, kontrollierte Befeuchtung schließt offenen Riss**

Quelle: BGR, B. Laurich

# Tongestein

Ein Ziel für die übertägige Erkundung

## Vertikale & horizontale Variabilität der Tongesteinsabfolgen

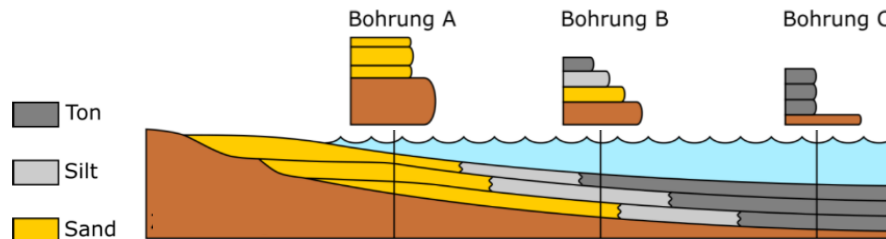
Variabilität beeinflusst u. a.:

- Festigkeit, Durchlässigkeit
- Rückhaltevermögen, Quellfähigkeit (Tongehalt)

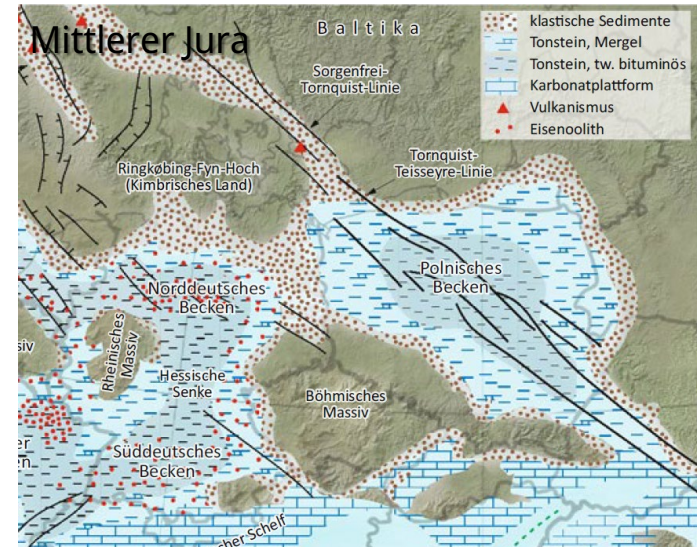
Untersuchung erlaubt Vorhersagen zu u. a.:

- Verbreitung, beckenweite Mindestmächtigkeiten
- Verteilung potentiell geeigneter / ungeeigneter Abschnitte

Geol. Bohrungen, Seismik → Profilschnitte



Entwicklung geologischer Modelle  
→ Faziesverteilungskarten

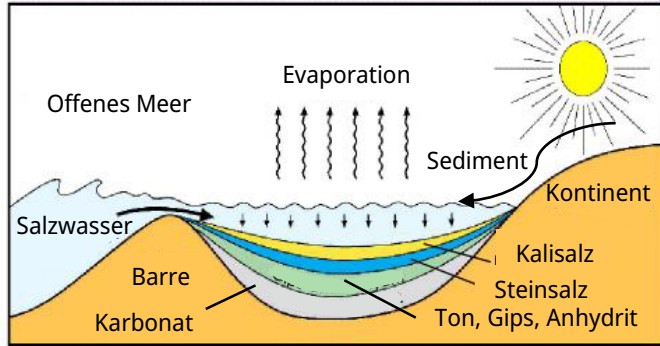


Quelle: Meschede, 2018



# Steinsalz

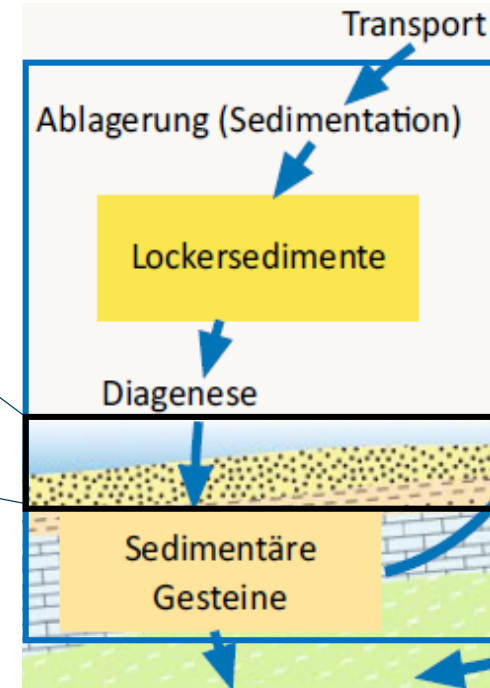
## Definition & Bildung



### ▲ Bildung von Salzlagern

Quelle: verändert nach Ochseneius, 1877

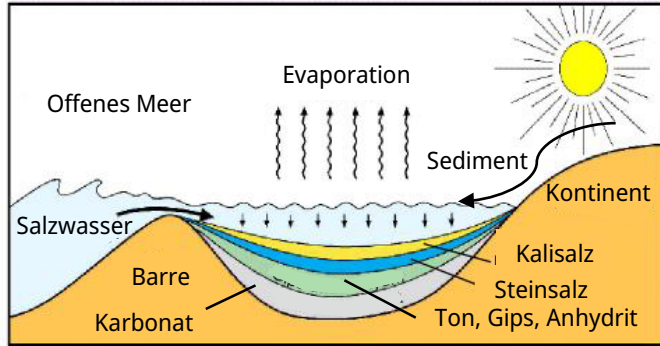
- Chemisches Sedimentgestein, durch Ausfällung aus verdunstendem Meerwasser entstanden („Evaporit“)
- Besteht überwiegend aus dem Mineral Halit (NaCl)



Quelle: Meschede, 2015

# Steinsalz

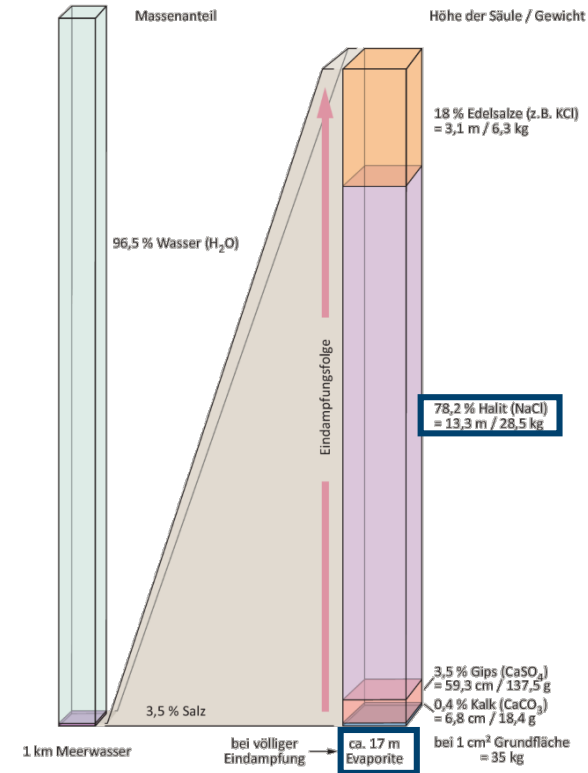
## Definition & Bildung



### ▲ Bildung von Salzlagerstätten

Quelle: verändert nach Ochseneus, 1877

- Chemisches Sedimentgestein, durch Ausfällung aus verdunstendem Meerwasser entstanden („Evaporit“)
- Besteht überwiegend aus dem Mineral Halit (NaCl)



Quelle: Meschede, 2018

# Steinsalz

## Definition & Bildung



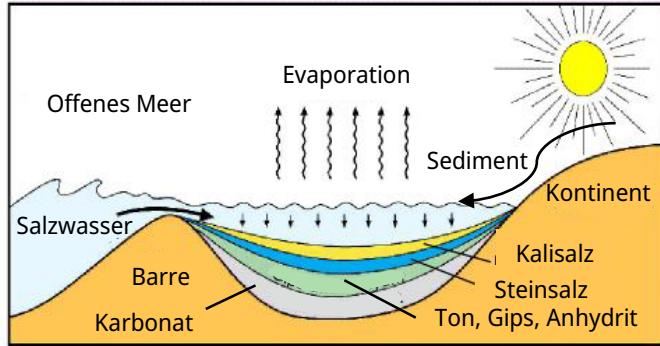
▲ Salar de Uyuni, Bolivien



▲ Totes Meer, Israel

# Steinsalz

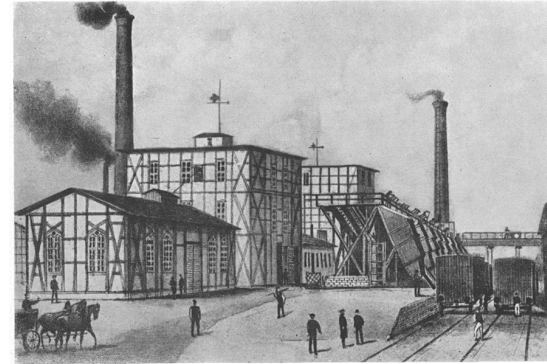
## Definition & Bildung



### ▲ Bildung von Salzlagern

Quelle: verändert nach Ochsenius, 1877

- Chemisches Sedimentgestein, durch Ausfällung aus verdunstendem Meerwasser entstanden („Evaporit“)
- Besteht überwiegend aus dem Mineral Halit (NaCl)
- Rohstoff, Gewinnung durch Bergbau oder Aussolung



### ▲ Erste Kalischächte der Welt (1852)

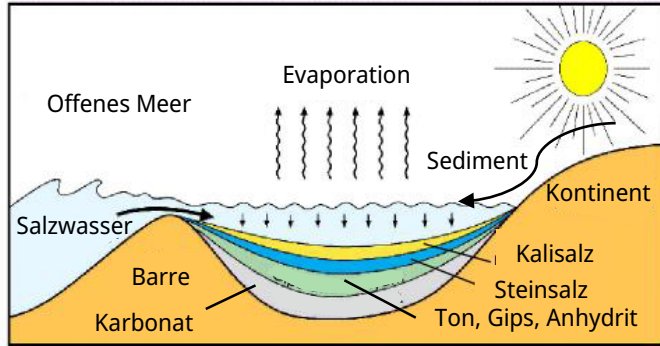


### ▲ Moderner Salzbergbau

Quelle: K+S

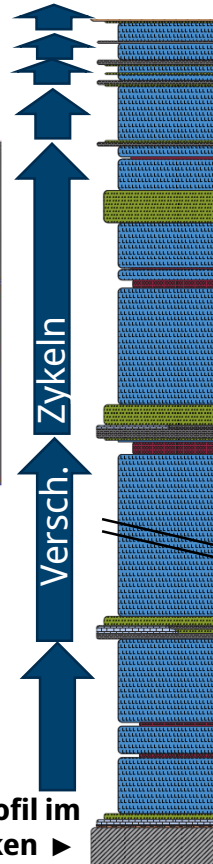
# Steinsalz

## Definition & Bildung



### ▲ Bildung von Salzlagerstätten

Quelle: verändert nach Ochseneus, 1877

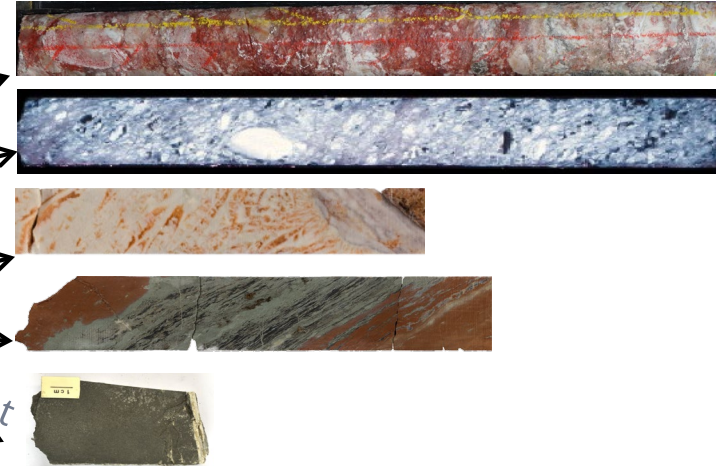


### Zechstein-Normalprofil im Norddeutschen Becken ▶

Quelle: BGR

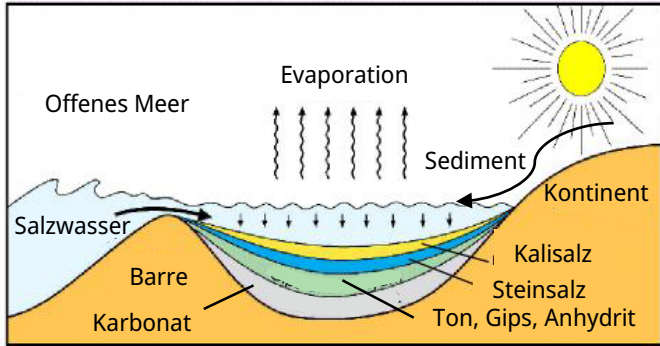
**Salzlagerstätten bestehen nicht nur aus Steinsalz!**

Kalisalz  
Steinsalz  
Anhydrit  
Salzton  
Karbonat



### ▲ Bohrkern aus verschiedenen Gesteinseinheiten

# Steinsalz Vorkommen

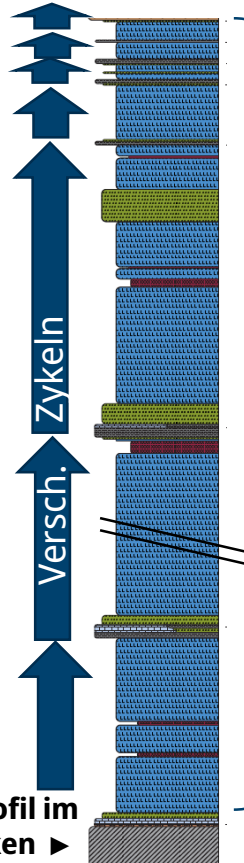


## ▲ Bildung von Salzlagerstätten

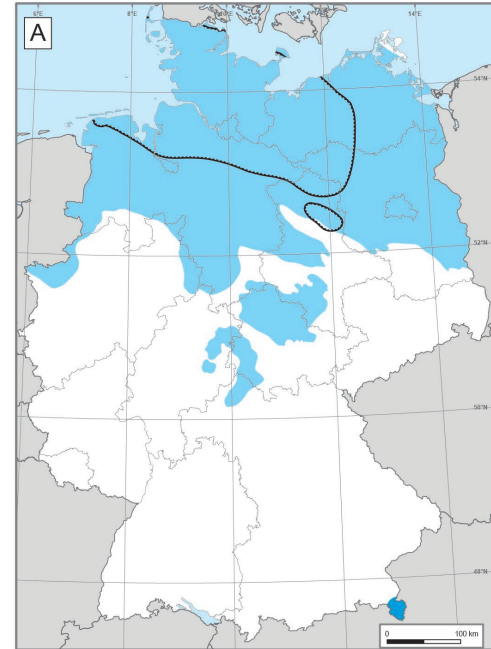
Quelle: verändert nach Ochseneus, 1877

## Zechstein-Normalprofil im Norddeutschen Becken ▶

Quelle: BGR



400 m bis  
> 1200 m



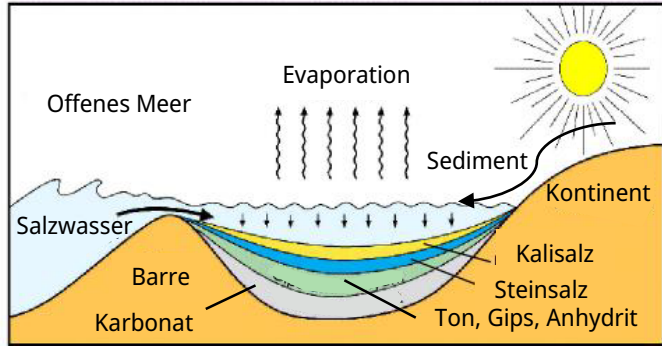
■ Zechstein-Salinare     ■ Alpines Salinar  
 Rotliegend-Salinare

## ▲ Verbreitung permischer (ca. 252-260 Mio. Jahre alter) Salzablagerungen

Quelle: Reinhold et al. 2014

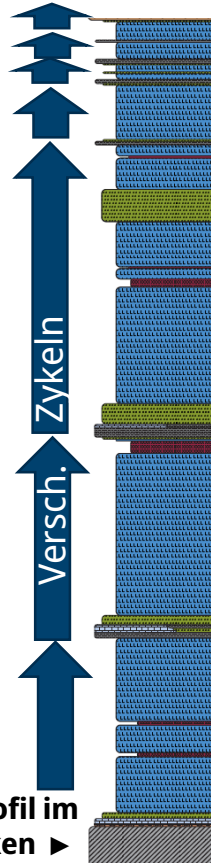
# Wirtsgestein: Steinsalz

## Flache und steile Lagerung



### ▲ Bildung von Salzlagerstätten

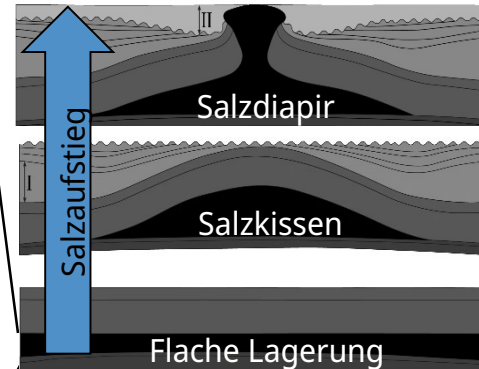
Quelle: verändert nach Ochseneus, 1877



### Zechstein-Normalprofil im Norddeutschen Becken ▶

Quelle: BGR

**Salzlagerstätten bestehen nicht nur aus Steinsalz!**



### ▲ Entstehung von "steiler Lagerung", Salzstrukturbildung, "Halokinese"

Quelle: verändert nach Trusheim, 1960



### ▲ Komplex verfalteter Internbau; Bsp.: Marmor Kuchen

Quelle: gutekueche.at

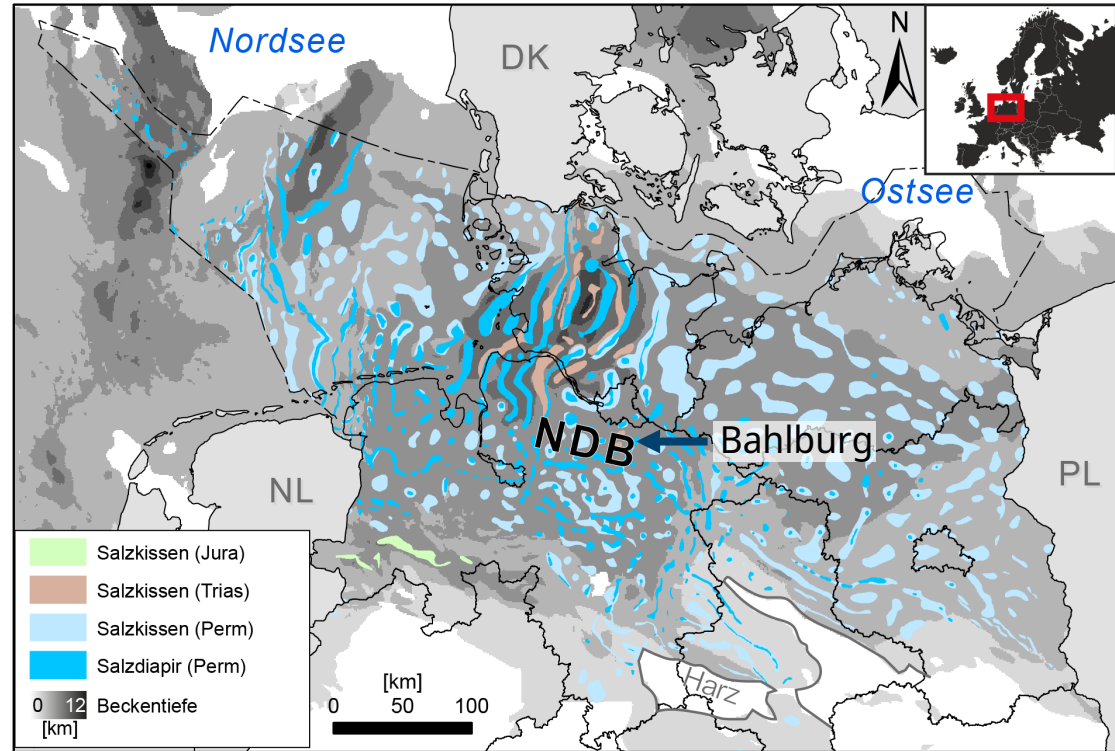
# Wirtsgestein: Steinsalz

## Verbreitung Salzstrukturen

- Ca. 700 Salzstrukturen im Norddeutschen Becken
- Große Variabilität (Verbreitung, Größe und äußere Form)



▲ **Verschiedene Salzstrukturformen**  
Quelle: Trusheim (1957)



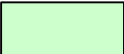
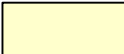
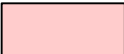
▲ **Verbreitung von Salzstrukturen**  
Quelle: verändert nach Reinhold et al. 2008, Doornenbal & Stevenson, 2010



# Steinsalz

## Gesteinseigenschaften

<i>Eigenschaft</i>	<i>Steinsalz</i>
Temperaturleitfähigkeit	Hoch
Durchlässigkeit	praktisch undurchlässig
Festigkeit	mittel
Verformungsverhalten	viskos (Kriechen)
Hohlraumstabilität	Eigenstabilität
In-situ Spannungen	lithostatisch isotrop (steil)
	Lithostatisch anisotrop (flach)
Lösungsverhalten	hoch
Sorptionsverhalten	sehr gering
Temperaturbelastbarkeit	hoch

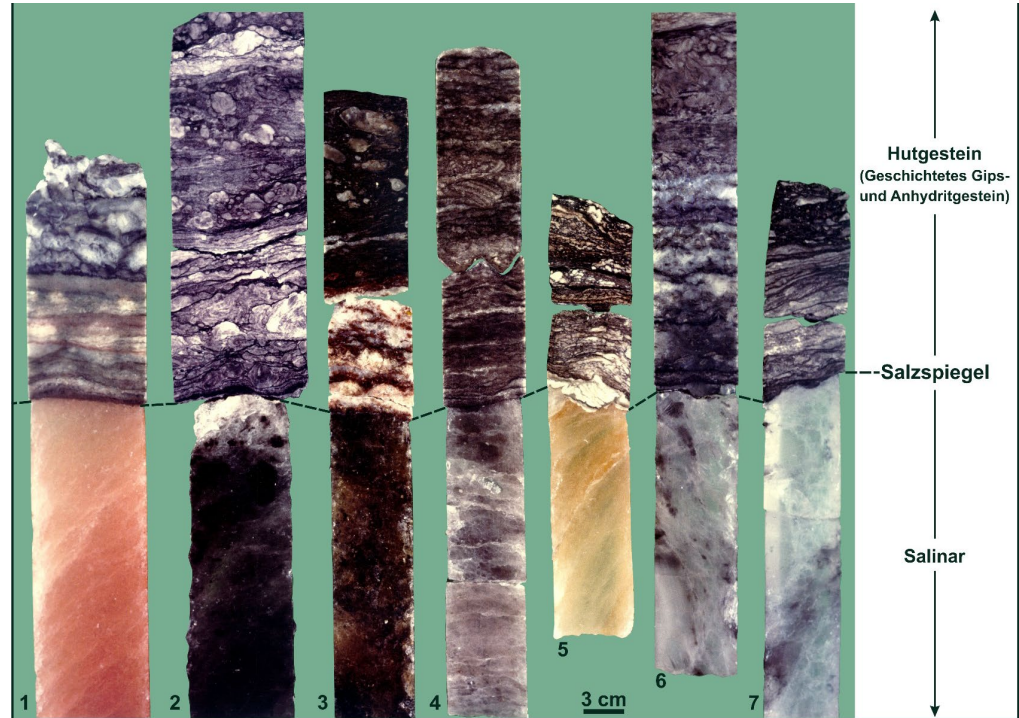
 günstig    bedingt günstig    ungünstig

Quelle: verändert nach BGR, 2007

# Steinsalz

## Gesteinseigenschaft: Lösungsverhalten

- Hohe Wasserlöslichkeit gegenüber ungesättigten Wässern (z. B. Grundwasser)

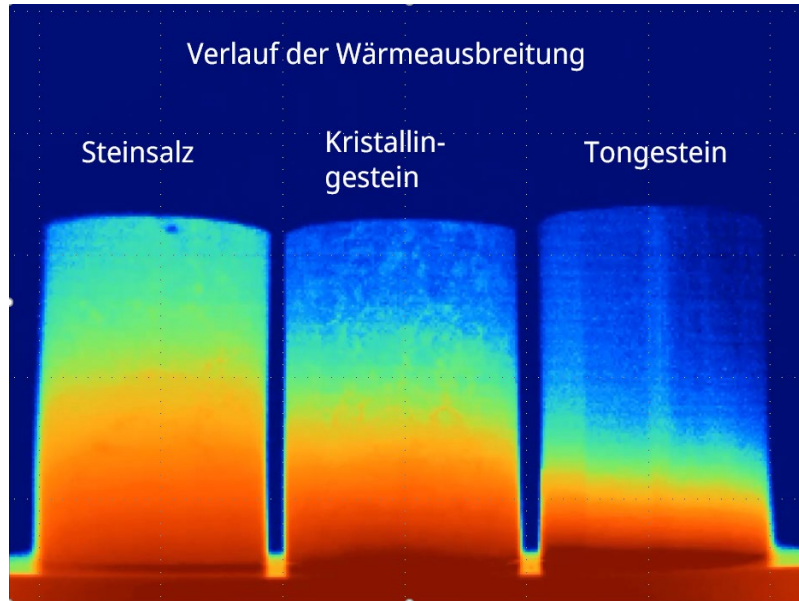


▲ Bildung von Hutgestein am Beispiel verschiedener Bohrkerne

Quelle: Bornemann et al., 2008

# Steinsalz

## Gesteinseigenschaften: Temperaturleitfähigkeit & Durchlässigkeit



### ▲ Experiment zur Wärmeausbreitung

Quelle: BGR

- Sehr hohe Temperaturleitfähigkeit



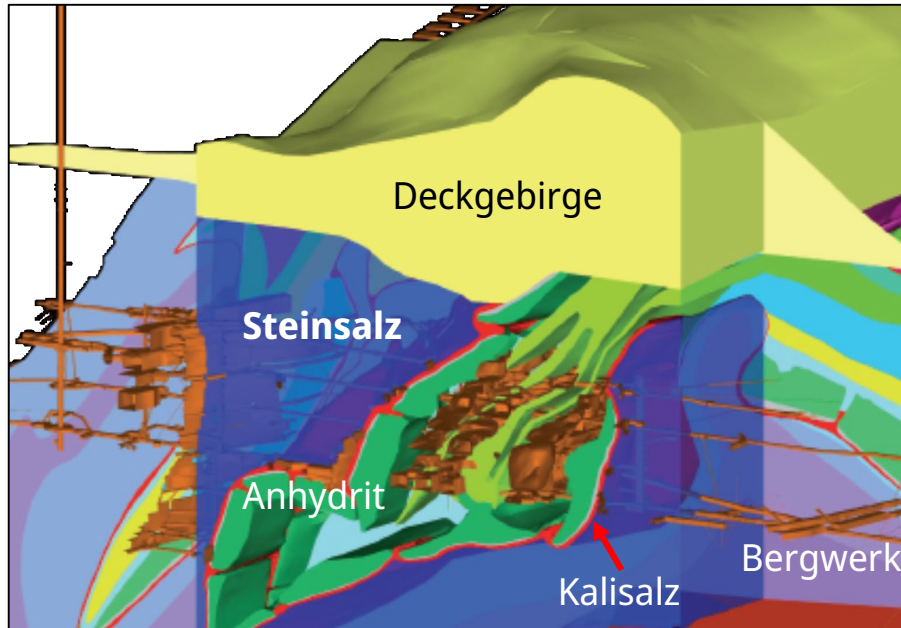
### ▲ Speicherkavernen im Salz

Quelle: DEEP.KBB

- Undurchlässig, dicht

# Steinsalz

Ein Ziel für die übertägige Erkundung



▲ 3D-Modell einer beispielhaften Salzstruktur („steile Lagerung“)

Quelle: BGR



▲ Komplex verfalteter Internbau;  
Bsp.: Marmorkuchen

Quelle: gutekueche.at

# Fazit

## Vergleich der Wirtsgesteinseigenschaften

<i>Eigenschaft</i>	<i>Steinsalz</i>	<i>Ton/Tonstein</i>	<i>Kristallingestein (z. B. Granit)</i>
Temperaturleitfähigkeit	hoch	gering	mittel
Durchlässigkeit	praktisch undurchlässig	sehr gering bis gering	sehr gering (ungeklüftet) bis durchlässig (geklüftet)
Festigkeit	mittel	gering bis mittel	hoch
Verformungsverhalten	viskos (Kriechen)	plastisch bis spröde	spröde
Hohlraumstabilität	Eigenstabilität	Ausbau notwendig	hoch (ungeklüftet) bis gering (stark geklüftet)
In-situ Spannungen	lithostatisch isotrop (steil)	anisotrop	anisotrop
	lithostatisch anisotrop (flach)		
Lösungsverhalten	hoch	sehr gering	sehr gering
Sorptionsverhalten	sehr gering	sehr hoch	mittel bis hoch
Temperaturbelastbarkeit	hoch	gering	hoch

günstig
  bedingt günstig
  ungünstig

Quelle: verändert nach BGR, 2007

# Fazit

## Vergleich der Wirtsgesteinseigenschaften

Eigenschaft	Steinsalz	Ton/Tonstein	Kristallingestein (z. B. Granit)
Temperaturleitfähigkeit	hoch	gering	mittel
Durchlässigkeit	praktisch undurchlässig	sehr gering bis gering	sehr gering (ungeklüftet) bis durchlässig (geklüftet)
Beständigkeit	mittel	gering bis mittel	hoch
<b>Standortauswahlgesetz (2017):</b> (5) Die Mindestanforderungen sind: 1. <u>Gebirgsdurchlässigkeit</u> in einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich muss die <u>Gebirgsdurchlässigkeit <math>k_f</math> weniger als <math>10^{-10}</math> m/s betragen</u> ; sofern ein direkter Nachweis in den Begründungen für die Vorschläge nach den §§ 14 und 16 noch nicht möglich ist, muss nachgewiesen werden, dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich aus Gesteinstypen besteht, denen eine Gebirgsdurchlässigkeit kleiner als $10^{-10}$ m/s zugeordnet werden kann; die Erfüllung des Kriteriums kann auch durch den Einlagerungsbereich überlagernde Schichten nachgewiesen werden;	risikos (Kriechen)	plastisch bis spröde	spröde
	Eigenstabilität	Ausbau notwendig	hoch (ungeklüftet) bis gering (stark geklüftet)

günstig
  bedingt günstig
  ungünstig

Quelle: BGR

# Fazit

## Wirtsgesteine für die Endlagerung von radioaktivem Abfall in Deutschland



- Deutschland ist in der günstigen (?) Ausgangslage, dass drei Wirtsgesteine für die Endlagerung von radioaktivem Abfall in Betracht kommen und diese großflächig in Deutschland verbreitet sind.
- Ein ideales Wirtsgestein mit ausschließlich günstigen endlagerrelevanten Gesteinseigenschaften existiert nicht.
- Die drei Wirtsgesteine haben unterschiedliche Vor- und Nachteile.

- BGE (2020): Begriffsbestimmung Kristallines Wirtsgestein. Geschäftszeichen: SG02103/8/1-2020#3.
- BGE (2020): Begriffsbestimmung Wirtsgestein Tonstein/ Tongestein. Geschäftszeichen: SG02102/8/2-2020#8.
- BGR (2007): Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands. Untersuchung und Bewertung von Tongesteinsformationen („Tonstudie“). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR): 118 S.; Berlin/Hannover.
- BGR (2014): Der tiefere geologische Untergrund von Deutschland Kurzübersicht über Verteilung und Dichte geowissenschaftlicher Daten und Informationen. Vorlage für die Kommission „Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe“, Hannover.
- Bornemann, O., Behlau, J., Fischbeck, R., Hammer, J., Jaritz, W., Keller, S., Mingerzahn, G. & Schramm, M. (2008): Standortbeschreibung Gorleben - Teil 3: Ergebnisse der über- und untertägigen Erkundung des Salinars. Geologisches Jahrbuch, C, 73: 1-211.
- Doornenbal, J.C. & Stevenson, A.G. (2010): Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area. 342 S.; Houten (EAGE Publications b.v.).
- Ivanić, M. et al. (2015): Mineralogy, surface properties and electrokinetic behaviour of kaolin clays. Geologia Croatica, 68, 139-145.
- LGRB (2013): Buch der Naturwerksteine aus Baden-Württemberg. <https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/printpdf/23408>
- Meschede, M. (2015): Geologie Deutschlands. Ein prozessorientierter Ansatz. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015.
- Meschede, M. (2018): Geologie Deutschlands: Ein prozessorientierter Ansatz, in: 2nd Edn., 253 S.; (Berlin) Springer Spektrum.
- Ochsenius, C. (1877): Die Bildung der Steinsalzlager und ihrer Mutterlaugensalze unter spezieller Berücksichtigung der Flötze von Douglashall in der Egelnschen Mulde. 173 S.; Halle (Pfeffer).
- Reinhold, K. (2005): Tiefenlage der Kristallin-Oberfläche in Deutschland. BGR Abschlussbericht.
- Reinhold, K., Krull, P. & Kockel, F. (2008): Salzstrukturen Norddeutschlands 1: 500 000. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Berlin/Hannover.
- Reinhold, K., Hammer, J. & Pusch, M. (2014): Verbreitung, Zusammensetzung und geologische Lagerungsverhältnisse flach lagernder Steinsalzfolgen in Deutschland (BASAL). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Bericht: 98 S.; Hannover.
- Sebastian, U. (2013): Die Geologie des Erzgebirges. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.
- SKB (2001): Site investigations Investigation methods and general execution programme. Technical Report TR-01-29, Svensk Kärnbränslehantering AB, Sweden.
- Trusheim, F. (1957): Über Halokinese und ihre Bedeutung für die strukturelle Entwicklung Norddeutschlands. Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, 109: 111-151.
- Trusheim, F. (1960): Mechanism of Salt Migration in Northern Germany. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 44, 9: 1519-1540.



## **Herausgeber:**

Bundesanstalt für Geowissenschaften und  
Rohstoffe  
Stilleweg 2  
30655 Hannover

## **Kontakt:**

Nicole Schubarth-Engelschall,  
Lukas Pollok  
[Postfach-B32@bgr.de](mailto:Postfach-B32@bgr.de)

## **Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



Quelle: BGR