

559 medium Wasser (Flüsse, Seen, Meere). Daher lagern sich Tone vorwiegend in Meeren
560 und Seen ab, aber auch an beruhigten Stellen in Flüssen. Die hier betrachteten Ablagerungen fanden erdgeschichtlich vor vielen Millionen Jahren statt. Damals befand sich
561 in den heutigen Ablagerungsbereichen über mehrere Millionen Jahre ein stehender
562 Wasserkörper bzw. stehendes Gewässer. Durch Ablagerung großer Mengen dieser
563 Sedimente übereinander entsteht ein Auflagerungsdruck der die Sedimente verfestigt.
564 Es entstehen Sedimentgesteine. Verfestigungsprozesse, die unter verhältnismäßig
565 geringen Drücken und Temperaturen stattfinden, nennt man Diagenese.
566

567 Die BGE subsumiert unter dem Wirtsgesteinsbegriff Tongestein sowohl plastische To-
568 ne als auch Tonsteine, welche wie oben beschrieben diagenetisch verfestigt sind. Ge-
569 gemäß § 23 Abs. 5 Nr. 1 StandAG, muss der ewG eines Endlagersystems eine geringe
570 Gebirgsdurchlässigkeit mit k_f -Werten von kleiner als 10^{-10} m/s aufweisen. Des Weiteren dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche den Erhalt der Barriere-
571 wirkung gemäß § 23 Abs. 5 Nr. 5 StandAG zweifelhaft erscheinen lassen.
572

573 Tongesteine weisen als potentiell Wirtsgestein für die Endlagerung radioaktiver Ab-
574 fälle eine Reihe von günstigen Eigenschaften auf, die im Wesentlichen auf die fein-
575 bzw. feinstkörnige Textur der Tongesteine sowie auf deren mineralogische Zusam-
576 mensetzung zurückzuführen sind. Besonders hervorzuheben sind hier die geringe
577 Durchlässigkeit gegenüber Gasen und Flüssigkeiten und das hohe Rückhaltevermögen
578 langzeitsicherheitsrelevanter Radionuklide. Tongesteine eignen sich daher als langfris-
579 tige geologische Barriere.

580 Zu den weniger günstigen Eigenschaften von Tongestein als potentiell Wirtsgestein
581 gehört der irreversible Verlust des Rückhaltevermögens bei zu hohen Temperaturen.

582 Als Tongesteinsformation werden im Folgenden Gesteinsformationen bezeichnet, die
583 überwiegend aus Tongesteinen bestehen, aber noch zusätzlich untergeordnet andere
584 Gesteine wie z. B. Sandsteine oder Karbonatgesteine enthalten. Tongesteinsformatio-
585 nen werden somit nicht ausschließlich durch Tongesteine charakterisiert; eingeschlos-
586 sen werden damit auch Ton-Mergel- und Mergel-Tongesteine als die Ton-dominierten
587 Vertreter aus der kontinuierlichen Reihe Kalkstein-Mergel-Tonstein. Nicht zu den end-
588 lagerrelevanten Tongesteinen zählen die Tonschiefer, bei denen es sich um metamor-
589 phe, nicht um sedimentäre Tonsteine handelt, die nicht die o. g. günstigen Eigenschaf-
590 ten besitzen.

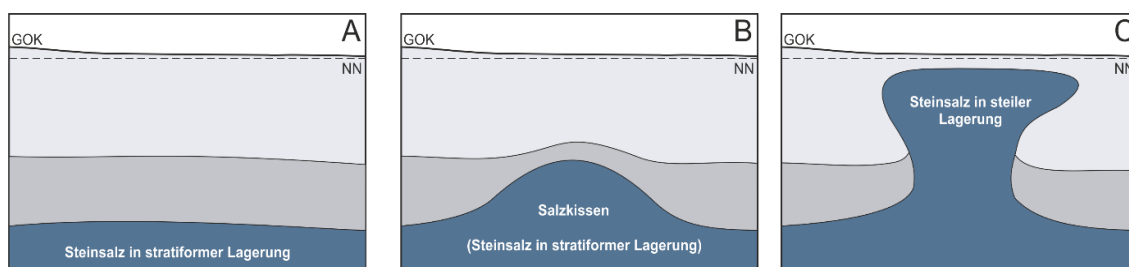
591 **4.1.3 Wirtsgestein Steinsalz**

592 Das Wirtsgestein Steinsalz ist ein in der Erdgeschichte durch Verdunstung von Meer-
593 wasser oder Binnenwasser entstandenes Sedimentgestein. Dieses, hauptsächlich aus
594 Natriumchlorid (NaCl) bestehende Wirtsgestein weist eine Reihe von Eigenschaften
595 auf, die eine Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen ermöglichen oder begünsti-
596 gen. Zu den Eigenschaften von Steinsalz als potentiell Wirtsgestein gehört die hohe
597 Wärmeleitfähigkeit. Diese ermöglicht es, die von den hochradioaktiven Abfällen ausge-
598 hende Nachzerfallswärme schnell abzuleiten. Des Weiteren weist Steinsalz unter

599 Druck plastische Eigenschaften auf, die es ermöglichen, entstandene Risse und Hohl-
600 räume im Gestein durch sogenanntes „Kriechen“ zu verschließen und horizontale
601 und/oder vertikale Bewegungen des umgebenden Gebirges ohne zu brechen auszu-
602 halten. Weiterhin ist Steinsalz hydraulisch dicht und somit undurchlässig gegenüber
603 Gasen und Flüssigkeiten.

604 Zu den weniger günstigen Eigenschaften von Steinsalz als potentielles Wirtsgestein
605 gehören die hohe Wasserlöslichkeit und das geringe Rückhaltevermögen langzeitsi-
606 cherheitsrelevanter Radionuklide.

607 Das Wirtsgestein Steinsalz ist zum einen in einer stratiformen, also flachen Lagerungs-
608 form, zum anderen in einer steilen Lagerungsform, z. B. in Form von Salzstöcken, zu
609 finden. Die stratiforme Lagerung geht auf die ursprüngliche Form in Folge von Ver-
610 dunstungen von Meerwasser (Evaporation) vor mehreren Millionen Jahren zurück. Vor
611 allem im Norden Deutschlands wurden u.a. mächtige Steinsalzvorkommen im Zech-
612 stein abgelagert. Zechstein ist ein geologisches Zeitalter, welches vor ca. 257 Millionen
613 Jahren begann und ca. 6 Millionen Jahre dauerte. In dieser Zeit wurden lokal über
614 1 000 m mächtige Steinsalzsichten durch Evaporation gebildet. Auch in anderen
615 Zeitaltern wurden stratiforme Steinsalzablagerungen durch Evaporation gebildet. In der
616 weiteren geologischen Abfolge wurden diese Ablagerungen wiederum durch andere,
617 bis zu mehrere 1 000 m mächtige Sedimente überlagert. Es entstand ein hoher Über-
618 lagerungsdruck auf die Salzablagerungen durch das Gewicht der darauf liegenden
619 Sedimente. Dieser Druck ist jedoch nicht gleichmäßig ausgebildet, es gibt Zonen ge-
620 ringerer Lagerungsdichte, die verschiedene Ursachen haben. Auf Grund des höheren
621 Drucks neben diesen Zonen und der plastischen (duktilen) Eigenschaften des Salzes,
622 kann das Salz in diesen „Schwächezonen“ aufsteigen. Es bilden sich Salzdiapire bzw.
623 Salzstöcke. Dieser Vorgang wird als Salztektonik oder auch Halokinese bezeichnet
624 (vgl. Abbildung 7).



625

626 **Abbildung 7:** Stufen der Halokinese: Steinsalz in stratiformer Lagerung (A), Salz-
627 kissen (B), Steinsalz in steiler Lagerung, sogenannte Salzdiapire oder
628 Salzstöcke (C)

629 In der ersten Stufe der Halokinese bilden sich sogenannte Salzissen (B). Diese wer-
630 den im Standortauswahlverfahren dem Wirtsgestein „Steinsalz in stratiformer Lage-
631 rung“ zugeordnet. Im weiteren Verlauf der Halokinese werden die über dem Steinsalz
632 lagernden Schichten durchbrochen. Es kommt zur Bildung von Salzdiapiren (Salzstö-
633 cken oder Salzmauern). Diese Bildungen werden in der Standortauswahl dem Wirtsges-
634 tein „Steinsalz in steiler Lagerung“ zugeordnet. Gleichzeitig werden beim weiteren

635 Aufstieg die darüber lagernden Schichten teilweise mit nach oben geschleppt sowie
636 auch die unterschiedlichen Salzlagen im Salzdiapir selbst verfaltet.

637 Für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen ist im Salzstock das Steinsalz von Be-
638 deutung, wie in § 1 Abs. 3 StandAG geregelt wird. Durch das Verfallen der abgelager-
639 ten Schichten ist ohne genaue Kenntnisse des inneren Aufbaus der Salzstruktur nicht
640 bekannt, wo genau und in welcher Ausprägung sich die bevorzugten Steinsalzschich-
641 ten im Salzstock befinden. Das ist nur bei wenigen gut erkundeten Salzstöcken in
642 Deutschland derzeit der Fall.

643 **4.1.4 Kristallines Wirtsgestein**

644 Die in § 23 StandAG aufgeführten Begriffe „Kristallin“ und „Kristallingestein“ werden im
645 Folgenden durch den Begriff „kristallines Wirtsgestein“ ersetzt. Die BGE subsumiert
646 unter kristallinen Wirtsgesteinen sowohl Plutonite, auch Tiefengesteine genannt, als
647 auch hochgradig regionalmetamorphe Gesteine, welche günstige Eigenschaften für die
648 Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen erwarten lassen.

649 Bei den Plutoniten handelt es sich um magmatische Gesteine, welche in Folge der
650 Abkühlung von Magma in großer Tiefe durch langsame Kristallisation (Erstarrung, bei
651 der die Minerale ihre Kristallform annehmen) entstehen. Auf Grund der langsamen Ab-
652 kühlung kristallisiert das Magma fast vollständig aus. Die gebildeten Gesteine besitzen
653 eine charakteristische vollkristalline Struktur, wobei die Kristalle der unterschiedlichen
654 Mineralphasen meist mit bloßem Auge zu erkennen sind. Bekannte Beispiele plutoni-
655 scher Gesteine sind Granite, Diorite und Gabbro. An die Erdoberfläche gelangen Plu-
656 tonite durch spätere tektonische Hebungen und Abtragung der überlagernden Schich-
657 ten durch Erosion.

658 Bei metamorphen Gesteinen handelt es sich um Gesteine, welche in Folge einer Me-
659 tamorphose (Umwandlung) anderer Gesteine durch die Einwirkung erhöhter Drücke
660 und Temperaturen entstehen. Dies geschieht durch unterschiedliche Prozesse wie
661 beispielsweise regionale tektonische Vorgänge oder Aufdringen von Magma. Hochgra-
662 dig regionalmetamorphe Gesteine sind relativ hohen Drücken und Temperaturen aus-
663 gesetzt gewesen. Es kommt zu Mineralumwandlungen (Entstehung neuer Mineralpha-
664 sen), ohne dabei das Ausgangsgestein gänzlich aufzuschmelzen.

665 Zu den günstigen Eigenschaften dieser beiden kristallinen Wirtsgesteinstypen im Sinne
666 der Endlagerung zählen u. a. deren hohe Festigkeiten, geringe Wasserlöslichkeit und
667 hohe Temperaturbelastbarkeit mit Blick auf die Nachzerfallswärme, die von den Endla-
668 gergebinden ausgeht. Sofern diese ein kompaktes, ungestörtes und daher nicht geklüf-
669 tetes Gestein bilden, ist auch das Rückhaltevermögen für langzeitsicherheitsrelevante
670 Radionuklide eine positive Eigenschaft dieses Wirtsgesteins.

671 Kompakte, ungestörte Gesteinskomplexe bestehend aus Plutoniten oder hochgradig
672 regionalmetamorphen Gesteinen besitzen die o. g. günstigen Eigenschaften im Sinne
673 einer Eignung als Wirtsgestein für ein Endlager gemäß StandAG und erfüllen damit die
674 Mindestanforderungen nach § 23 Abs. 5 StandAG. Mikrorisse und Klufnetze in den

675 Gesteinen können die Gebirgsdurchlässigkeit erhöhen und die Barrierewirkung herab-
676 setzen und sind weniger günstig für die Endlagerung. Eine Bewertung der Gebiete hin-
677 sichtlich dieser Aspekte kann erst mit Hilfe standortspezifischer Untersuchungen erfol-
678 gen. Zum derzeitigen Stand des Standortauswahlverfahrens werden jene Mindestan-
679 forderungen als erfüllt angesehen.

680 Vulkanite, gering bis mittelgradig regionalmetamorph beanspruchte Gesteine sowie
681 Hochdruck- und Kontaktmetamorphite zählt die BGE nicht zu den kristallinen Wirtsge-
682 steinen gemäß § 23 Abs. 1S. 1 StandAG. Dies begründet sich darin, dass diese Ge-
683 steine die als günstig für die Endlagerung radioaktiver Abfälle geforderten Eigenschaf-
684 ten größtenteils nicht umfänglich erfüllen. Vulkanite sind z. B. aufgrund ihres Glasan-
685 teils verwitterungsanfällig und verfügen häufig über Porenräume, welche sich bei der
686 Gesteinsverwitterung verbinden und somit als Wegsamkeiten für Gase und Flüssigkei-
687 ten dienen können.

688 **4.1.5 Maximale Suchteufe**

689 In der gegenwärtigen Phase des Standortauswahlverfahrens führt die BGE den Begriff
690 der maximalen Suchteufe ein. Das ist eine Teufe, die aus Sicht der Langzeitsicherheit
691 und der technischen Realisierbarkeit eingeführt wird.

692 Einerseits sind mit zunehmender Teufe des Einlagerungsbereichs tendenziell eher
693 günstigere Bedingungen für den langfristig sicheren Einschluss der endgelagerten ra-
694 dioaktiven Abfälle zu vermuten. Hierfür sprechen u. a. die mit größerem Abstand zur
695 Tagesoberfläche geringere Relevanz möglicher exogener Einwirkungen auf den ewG
696 bzw. auf den Einlagerungsbereich sowie eine stärkere Entkopplung von oberflächen-
697 nahen Grundwasserleitern.

698 Andererseits stößt mit zunehmender Teufe des Einlagerungsbereichs die technische
699 Realisierbarkeit des Endlagers wegen der mit der Teufe zunehmenden Gebirgstempe-
700 ratur und des Gebirgsdruckes an Grenzen. Dieser Effekt wird verstärkt durch den
701 Wärmeeintrag der Endlagergebände.

702 Ohne Festlegung einer maximalen Teufe wäre zu besorgen, dass bei der formalen
703 Anwendung der Kriterien und Mindestanforderungen im Abwägungsprozess günstige
704 Teilgebiete durch scheinbar günstigere verdrängt werden, bei denen eine Endlagerrea-
705 lisierung nicht möglich ist.

706 Die maximale Suchteufe wird daher auf 1 500 m festgelegt.