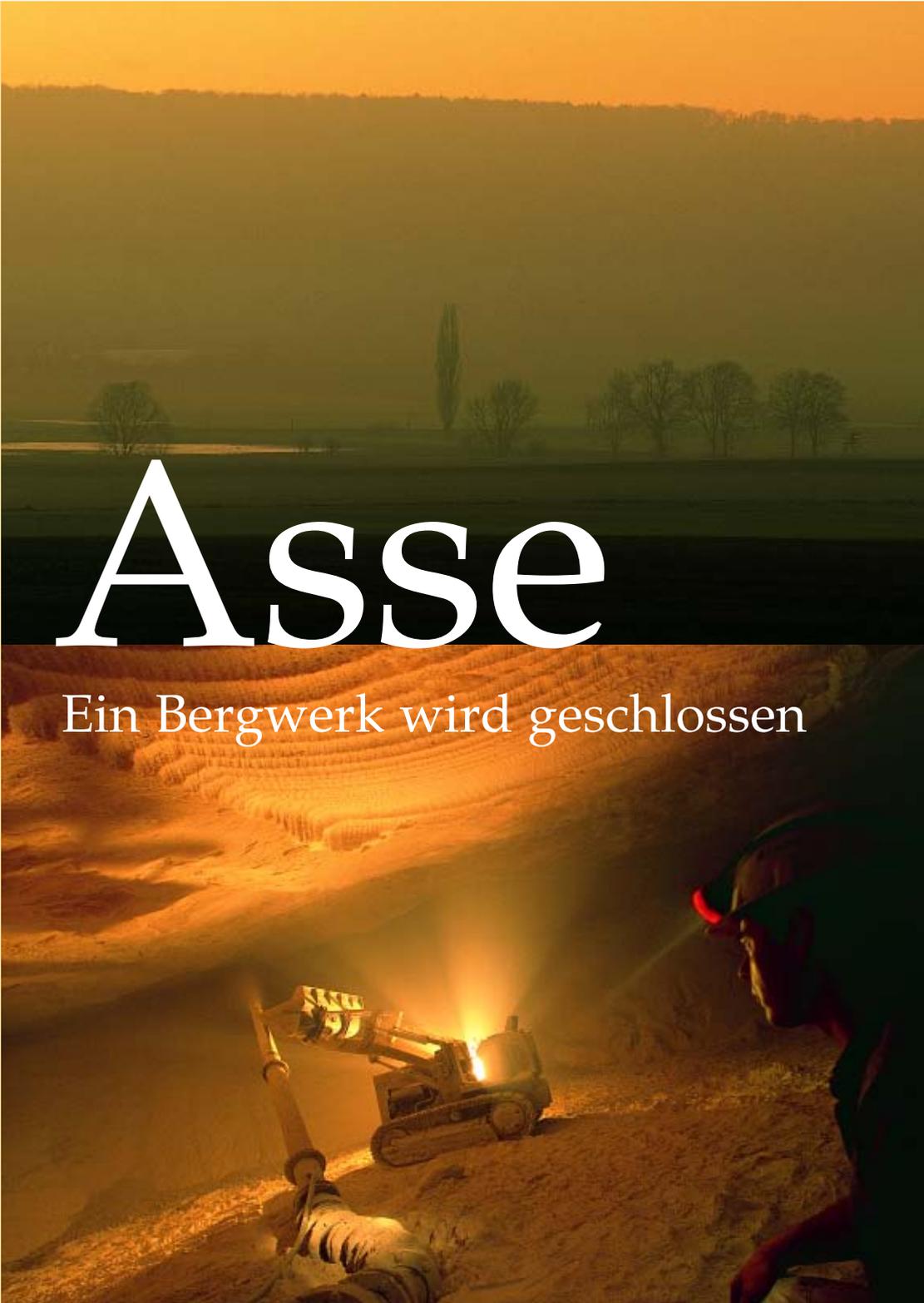




GSF – Forschungszentrum
für Umwelt und Gesundheit
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Asse

Ein Bergwerk wird geschlossen





Inhalt

Ein Bergwerk als Vorbild	3
Die Asse – eine Region mit Geschichte	4
Ein Salzstock entsteht	5
Salz – ein Stoff mit vielen Talenten	6
Die Schachthanlage Asse in räumlicher Darstellung	8
Salz über Kopf Ein Tag im Bergwerk	10
Sicherheit für Generationen	14
Radioaktive Abfälle in der Schachthanlage Asse	16
Für alle Fälle sicher	18
Was passiert, wenn... Fragen zur Zukunft der Asse	19
Fest unter Verschluss	24
Kein Kult um die Asse	25
Geballtes Know-how	26
Andere Länder, andere Lager	27
Offenheit bei der Schließung	28
Impressum Adressen und Links	30

Ein Bergwerk als Vorbild

Ende 2001 verabschiedete der Deutsche Bundestag das Gesetz zum Ausstieg aus der Kernenergie, das die schrittweise Abschaltung der deutschen Kernkraftwerke regelt. Eine der wichtigsten Fragen, die damals ausgeklammert blieben: Wohin mit dem radioaktiven Abfall, der beim Betrieb und Abriss der Kraftwerke anfällt? Dass dieses Thema den Menschen in Deutschland auf den Nägeln brennt, zeigt eine in der gleichen Zeit durchgeführte Umfrage des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse am Forschungszentrum Karlsruhe. Danach halten 73 Prozent der Befragten das Problem der Endlagerung für dringlich oder sehr dringlich. Die Hälfte glaubt, ein Endlager sei eine potenzielle Bedrohung für die Umwelt.

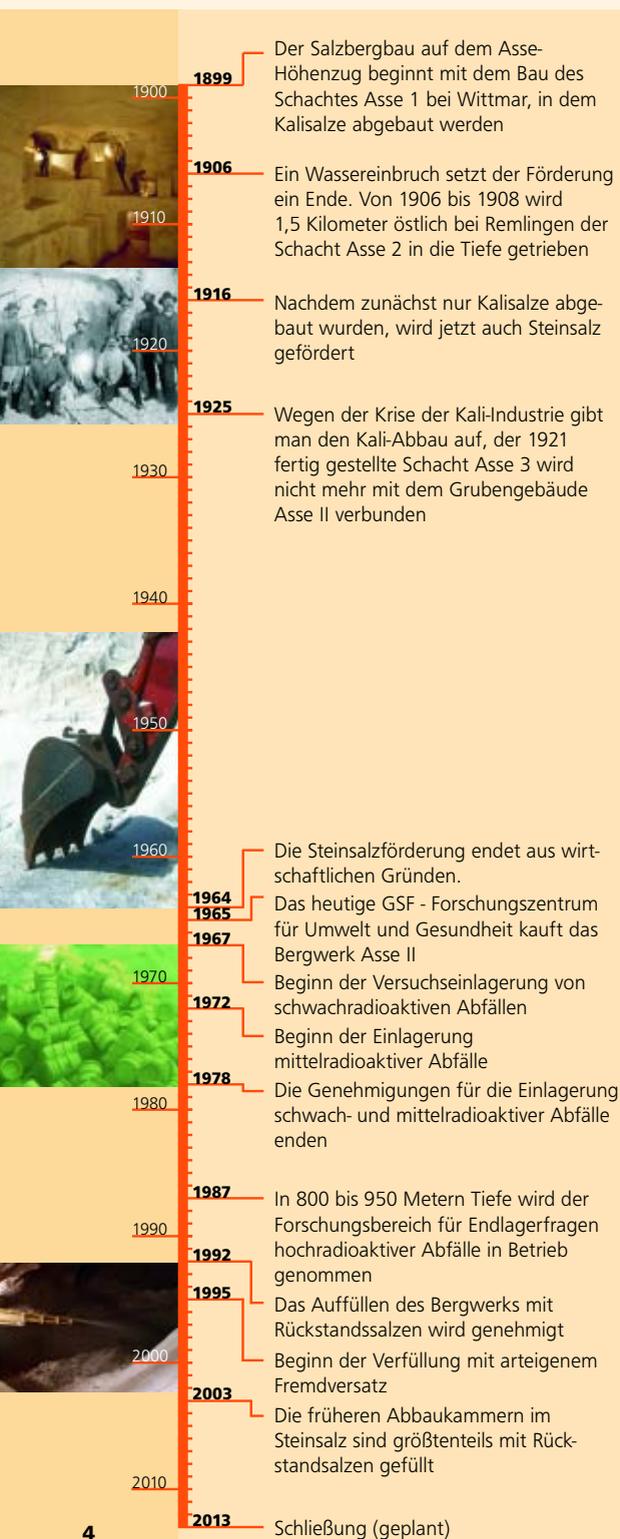
Durch die Arbeiten in der Schachanlage Asse II bietet sich für Deutschland die Chance, die Suche nach einem geeigneten Endlager auf eine sichere wissenschaftliche und gesellschaftlich akzeptierte Basis zu stellen. In dem Salzsattel südöstlich von Braunschweig wurden seit Mitte der sechziger Jahre die Bedingungen für eine sichere Endlagerung von radioaktiven Abfällen im Salz untersucht. Nirgendwo in der Welt ist das Know-how über die Geologie eines Salzstocks und dessen physikalische und chemische Wechselwirkung mit radioaktiven Stoffen so groß wie bei den Experten der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit und des GSF - Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit, welches das Bergwerk im Auftrag des Bundes betreibt.

Die Forschungsarbeiten in der Schachanlage Asse II sind inzwischen beendet und die Hohlräume unter Tage werden mit Rückstandssalz aus dem Kalibergbau gefüllt. Danach wird die Schachanlage verschlossen, um den im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten eingelagerten Abfall für sehr lange Zeiten von unserer Umwelt fernzuhalten: Ein Bergwerk wird geschlossen. Im Genehmigungsverfahren sind aufwendige Prüfungen zur Langzeitsicherheit vorgeschrieben. Die vorliegende Broschüre beschreibt, welche Voraussetzungen und Schritte dazu notwendig sind. Noch etwas haben die Teilnehmer der Karlsruher Umfrage der Politik ins Stammbuch geschrieben: 70 Prozent fordern eine intensive Beteiligung der Bevölkerung. Es ist daher bereits langjähriges Ziel der GSF, die Bewohner der Asse-Region von Anfang an in diesen Prozess der Schließung einzubinden.

Kurzportrait Forschungsbergwerk Asse II

Beginn Asse II:	1906
Schließung:	2013 (geplant)
Mitarbeiter:	ca. 110 (Nov. 2002)
Betreiber:	GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH Neuherberg bei München
Hohlraumvolumen:	131 Abbaukammern mit einem ursprünglichen Volumen von 3,35 Millionen Kubikmetern sowie zusätzliche Hohlräume (z.B. Tiefenaufschluss)
Max. Tiefe:	996 Meter (ohne Bohrlöcher)

Die Asse – eine Region mit Geschichte

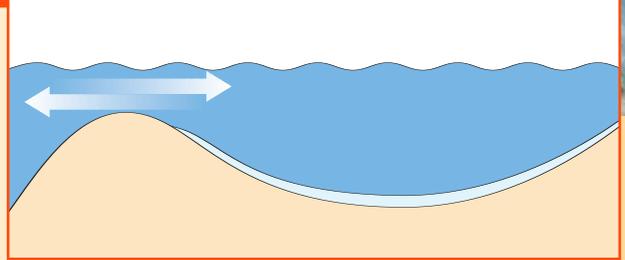


Zwischen Harz und Heide, zwischen Hildesheim und Halberstadt liegt Ostfalen und mittendrin die Asse, ein acht Kilometer langer Höhenzug in einer wunderschönen Landschaft. Durch die Teilung Deutschlands war sie einmal an den "Zonenrand" gedrängt. Heute liegt das Gebiet wieder im Herzen der Bundesrepublik. Steigende Bevölkerungszahlen belegen die Attraktivität der Asse-Region. In der Jungsteinzeit war die Asse-Region ein beliebtes Siedlungsgebiet. Die ersten Ackerbauern Mitteleuropas ließen sich hier nieder und bewirtschafteten die fruchtbaren Böden der Börde. An den eigentlichen Schatz Ostfalens kamen die Ureinwohner noch nicht heran, denn er liegt tief in der Erde verborgen. In mächtigen Salzschichten ruht das weiße Gold, das den Menschen in der Region während des letzten Jahrhunderts zu Wohlstand verhalf. Seinen Ursprung hat dieser Reichtum in der Zeit vor 240 Millionen Jahren, lange bevor die Dinosaurier die Welt beherrschten. Wo heute Wiesen und Wald liegen, befanden sich damals weitläufige Meere, deren Salz den Rohstoff lieferte. Zahlreiche Fossilien im Deckgebirge über dem Salzsattel zeugen von der interessanten geologischen Geschichte der Asse.

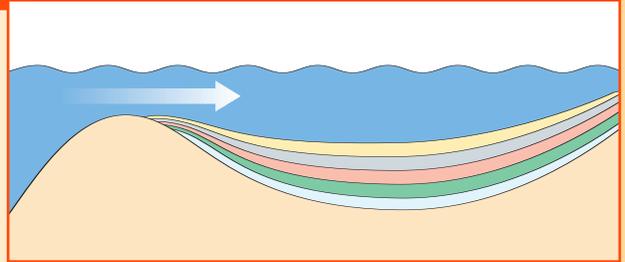
Ein Salzstock entsteht



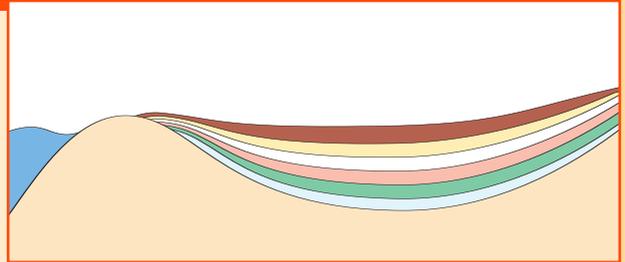
Vor 240 Millionen Jahren war das heutige Europa von einem flachen Schelfmeer bedeckt. Nur im Nordwesten, etwa im Gebiet der heutigen Nordsee, war dieses seichte Becken über eine Schwelle mit dem offenen Meer verbunden. Hier strömte Wasser aus dem Ozean in das Flachmeer und sorgte für Salzwassernachschub.



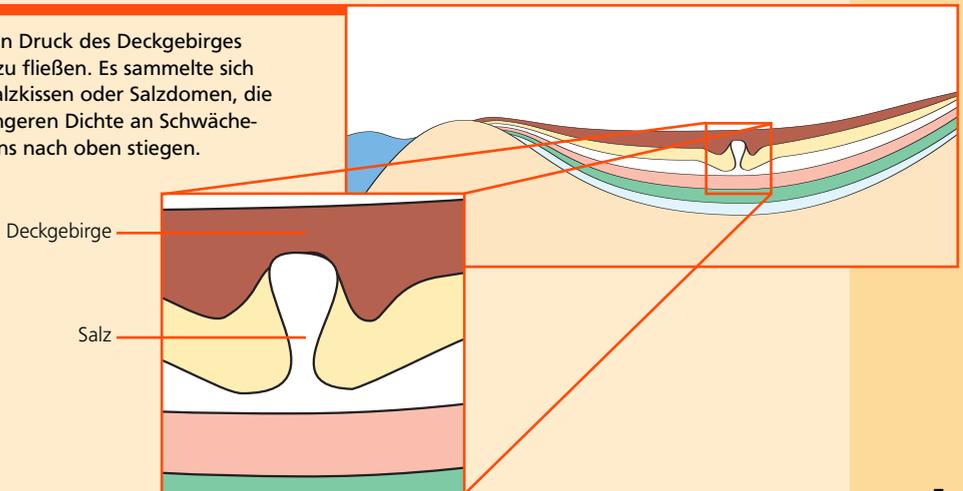
Im heißen Klima verdunstete das Wasser, und die Salzkonzentration erhöhte sich, bis die Sättigungsgrenze erreicht war. Zuerst setzten sich wegen ihrer geringeren Löslichkeit Kalk und Gips ab, später dann das Steinsalz und das Kalisalz. Deshalb findet man in Salzbergwerken meist klar getrennte, zum Teil viele hundert Meter dicke Schichten mit den unterschiedlichen Salzen.



Durch eine Hebung der Schwelle wurde das Schelfmeer abgeriegelt, der Wassernachschub versiegte und das Flachmeer trocknete aus. Heißes Wüstenklima wehte Staub und Ton an, in späteren Erdzeitaltern begruben Meere, Flüsse und Gletscher die Salzlager unter bis zu mehreren tausend Meter dicken Gesteinsschichten.

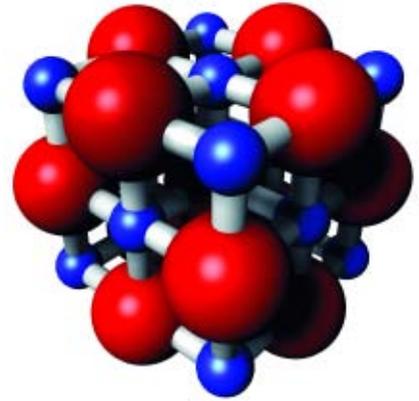


Unter dem starken Druck des Deckgebirges begann das Salz zu fließen. Es sammelte sich zum Beispiel in Salzkissen oder Salzdomen, die wegen ihrer geringeren Dichte an Schwächestellen des Gesteins nach oben stiegen.



Salz – ein Stoff mit vielen Talenten

Chemiker verstehen unter Salz eine Verbindung, die aus einem Kristallgitter von positiv und negativ geladenen Bausteinen, so genannten Ionen, aufgebaut ist. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird der Begriff Salz mit Kochsalz/Speisesalz gleichgesetzt, das als Steinsalz in Bergwerken abgebaut oder aus dem Meer gewonnen wird. Sein Kristallgitter besteht aus Natrium- und Chlor-Ionen (NaCl). Ein weiteres wichtiges Salz für die Industrie ist das Kalisalz, bei dem statt Natrium Kalium-Ionen mit Chlor-Ionen verbunden sind und das häufig in denselben Lagerstätten vorkommt.



Was aus Salz entsteht ...

Salz

Soda-Fabrik

Soda

- Glas
- Farbstoffe
- Entschwefelung von Eisen
- Wasserglas
- Wasch- und Reinigungsmittel

Natriumbicarbonat

- Backpulver
- Medikamente
- Feuerlöschpulver
- Mineralfutter für Tiere

Elektrolyse

Chlor

- Lösungsmittel
- Glycerin
- Epoxidharze
- Mittel zur Wasseraufbereitung
- PVC Kunststoff
- Feuerlöschmittel
- Desinfektionsmittel

Natronlauge

- Seife
- Reinigungsmittel
- Aluminium
- Neutralisation von Säuren
- Cellulose (Watte, Papier)



Zweite Karriere

Stillgelegte Salzbergwerke sind beliebte Ausflugsziele für Touristen. Es gibt aber noch andere Möglichkeiten, die riesigen Hohlräume unter der Erde zu nutzen. Steinsalz besitzt vorteilhafte chemische und physikalische Eigenschaften, die es für die sichere Aufbewahrung gesundheitsgefährdender Substanzen interessant macht.

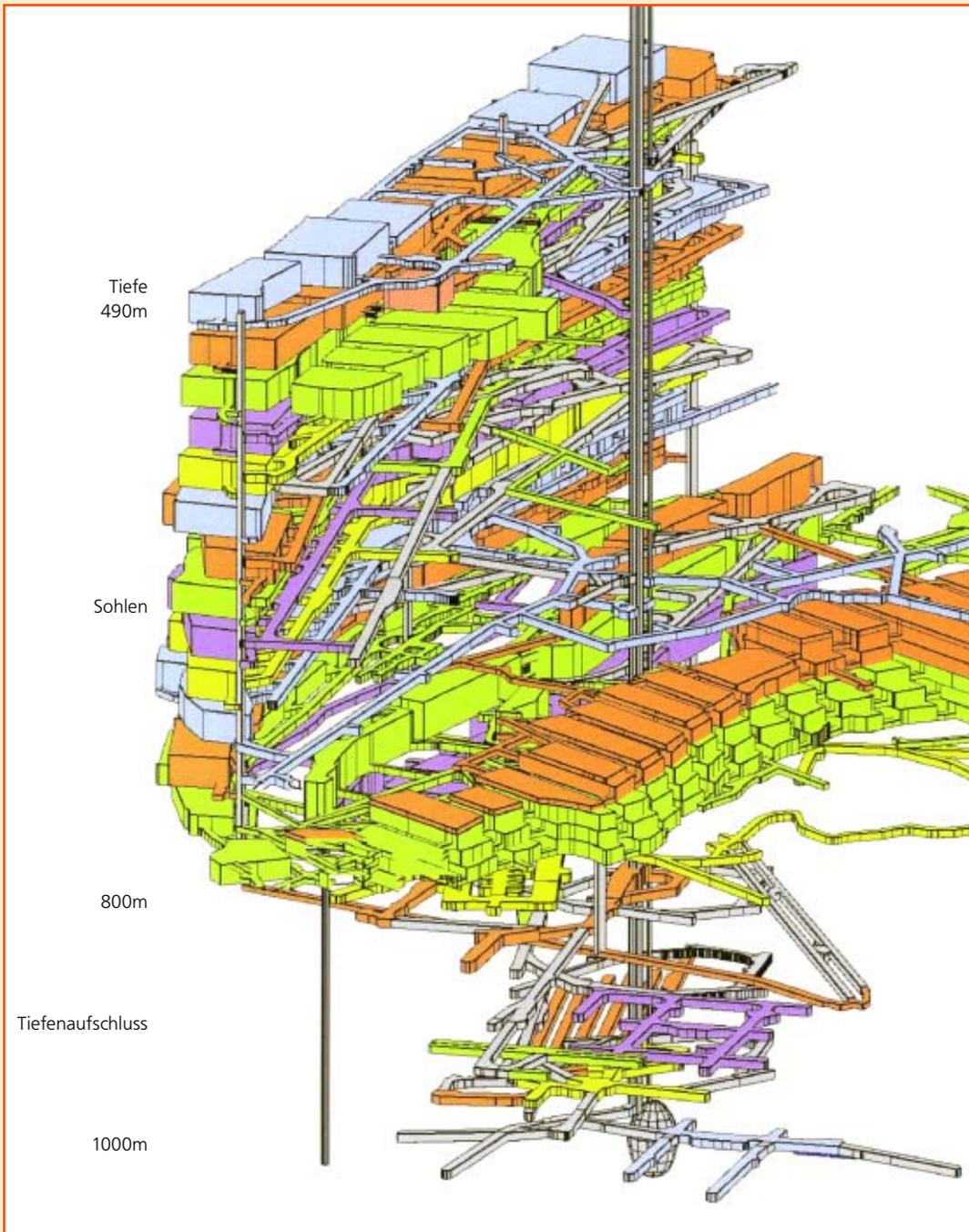
- Salzgestein hat eine gute Plastizität, unter Druck verformt es sich wie ein zäher Brei. Dadurch werden Risse schnell geschlossen. Große Kavernen im Salzgestein sind so dicht, dass sie als Lager für Öl oder Erdgas verwendet werden. Auch als Wirtsgestein für die Beseitigung von Abfallbehältern ist Salz ideal, weil die Fässer quasi im Gestein eingeschlossen werden.
- Salzgestein hat eine hohe Wärmeleitfähigkeit. Dadurch lässt sich ein Hitzestau in hochradioaktiven Abfällen und deren Umfeld vermeiden.
- Salzgestein kann leicht bearbeitet werden, Endlagerkammern lassen sich fast in beliebiger Größe herstellen. Mit mehr als 200 Salzstöcken gibt es in Deutschland genügend Möglichkeiten zum Bau solcher Einrichtungen.

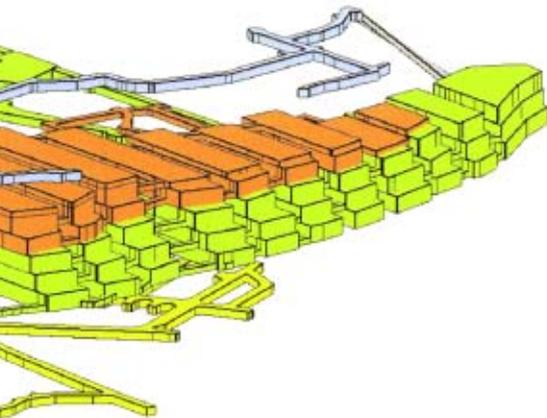
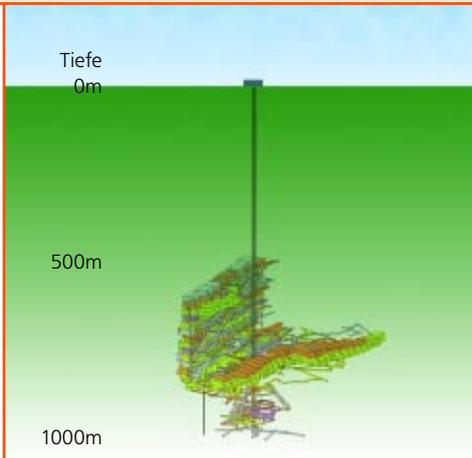


Wussten Sie ...

- ... dass der weltweite Salzverbrauch rund 200 Millionen Tonnen pro Jahr beträgt?
- ... dass der Organismus eines Erwachsenen täglich fünf bis sechs Gramm Kochsalz für den Mineralstoffwechsel benötigt? In Deutschland beträgt der tägliche Pro-Kopf-Verbrauch rund neun Gramm, die Deutsche Gesellschaft für Ernährung empfiehlt als Obergrenze zehn Gramm.
- ... dass nur drei Prozent des Salzes in Deutschland zum Würzen von Speisen verwendet werden? Fünf Prozent dienen als Auftausalz im Winter, alles andere kommt in der Industrie zum Einsatz, zum Beispiel bei der Soda-Herstellung.
- ... dass in den Ozeanen 50 Milliarden Tonnen (eine Zahl mit 16 Nullen) feste Stoffe gelöst sind, das meiste davon Kochsalz? Ein Kubikmeter Meerwasser enthält rund 35 Kilogramm Salz, im Atlantik etwas mehr als im Pazifik, im Toten Meer sogar 270 Kilogramm. Würde man das Salz der Ozeane gleichmäßig über die Landflächen verteilen, ergäbe das eine Schicht von über 160 Metern Dicke – so hoch wie ein 40-stöckiges Gebäude.
- ... dass es bis Ende 1992 eine Salzsteuer gab, die 1867 eingeführt wurde, in ihren Ursprüngen sogar bis auf die Römer zurückgeht? Sie betrug zuletzt 120 Mark pro Tonne Speisesalz, Industriesalze waren von der Steuer ausgenommen.

Die Schachtanlage Asse in räumlicher Darstellung





Wer an einer Führung durch die Schachtanlage Asse teilnimmt, wundert sich, wie sich die Bergleute unter Tage zurecht finden. Die dreidimensionale Grafik macht klar, wie kompliziert und verzweigt das Labyrinth im Salz ist. Das Grubengebäude besteht aus aneinander gereihten Abbaukammern, die auf gleicher Höhe liegen und zusammen eine so genannte Sohle bilden. Die Kammern einer Sohle und die zugehörigen Strecken sind jeweils gleich eingefärbt. Ein gutes Dutzend Sohlen sind in der Schachtanlage übereinander gestapelt – beginnend mit der obersten Sohle in 490 Metern Tiefe –, verbunden über ein feines Geäst von Verbindungsstrecken. Über den Schacht in der Mitte wird das Salzbergwerk mit Frischluft „bewettert“.

Die kleine Grafik zeigt maßstabsgetreu, wie tief die Schachtanlage unter der Erdoberfläche liegt.

Salz über Kopf

Ein Tag im Bergwerk

Eine alte Glocke schrillt durch die Halle. Sekunden später öffnet sich die schwere Gittertür des Förderkorbs zur Seite. Es ist 13:30 Uhr – Schichtwechsel auf der Schachtanlage Asse II. Ein Dutzend Bergleute der Frühschicht steigt aus, begrüßt von den Kollegen der Mittagsschicht. Ein vielstimmiges "Glückauf" macht die Runde, dann fährt die Ablösung 490 Meter tief in den Salzstock ein. Zu ihnen gehört Hans-Henning Gärtner, der mit seinen Bergleuten nochmals die Aufgaben des Tages durchgeht. Das Verfüllen von Abbaukammer 8 auf der 511-Meter-Sohle steht heute auf dem Programm. Vor einer halben Stunde war Gärtner noch in der Weißkaue. In dem Umkleideraum ziehen sich die Bergleute nackt aus und gehen vorbei an der Dusche, die erst nach der Schicht auf dem Rückweg benutzt wird. Dann gehts in die Schwarzkaue, wo die schmutzigen Arbeitskleider an Haken unter der Decke hängen. Weiß gleich sauber, schwarz gleich schmutzig – diese Gleichung aus dem Steinkohlenbergbau stimmt hier nicht: Wer aus dem Salzbergwerk wieder ans Tageslicht kommt, sieht aus wie weißgepudert. "Jeder Tag im Berg ist anders", sagt Gärtner, auch deshalb arbeite er so gerne auf der

Asse und das seit 15 Jahren. Der 47-Jährige hat eine Techniker Ausbildung an der Bergschule absolviert, sorgt als Grubensteiger und Fahrsteiger für die Einteilung und Sicherheit der Bergleute und koordiniert als stellvertretender Betriebsführer die Zusammenarbeit mit Elektro- und Maschinensteigern. Steiger nennt man die Aufsichtspersonen, die ihre Arbeiter im Berg befahren und früher dazu über viele Leitern oft hunderte Meter in die Tiefe steigen mussten.

Klettern muss in der Schachtanlage Asse keiner mehr – der Förderkorb fährt mit zehn Metern pro Sekunde in die Tiefe und bringt maximal 14 Personen in weniger als einer Minute auf die 490-Meter-Sohle. In 800 Metern Tiefe – der Bergmann spricht von Teufe – ist der zweite Halt. Weiter hinunter geht es mit Spezial-LKW, deren Ruß die endlos langen Gänge im Laufe der Zeit trotz eingebauter Filter dunkelgrau färbt. Nur wo kürzlich neue Strecken gefräst wurden, glitzert das Salz im schwachen Neonlicht. Bevor die gut 30 Bergleute und Techniker der Mittagsschicht aufsitzen und an ihren Einsatzort im Salzlabyrinth verschwinden, heißt es erstmal "Anbeißen": Die Männer verzehren nach altem Brauch ein Schärperfrühstück: eine Scheibe Brot und ein Stück mit dem Schärper (Messer) über den Daumen geschnittene Wurst – wie ihre Vorfahren, die hier schon vor beinahe hundert Jahren Salz gefördert haben und die sich nach dem langen Fußmarsch vom Schacht stärken mussten.



*Klamotten an der Kette
Vorarbeiter Bernd Strampe im Umkleideraum,
der so genannten Weißkaue*

Hunger leidet heute niemand mehr. Gefährlich ist es aber, den Durst zu ignorieren, warnt Gärtner. Wer in der trockenen, warmen Luft hier unten nichts zu Trinken dabei hat, laugt aus. Schon in 490 Metern Tiefe zeigt das Thermometer 29 Grad Celsius – pro hundert Meter kommen etwa 3 Grad Gebirgstemperatur hinzu. Deshalb ist der Griff zum kostenlosen Getränk vor der Grubenfahrt Pflicht – wie viele andere Sicherheitsmaßnahmen.

Bevor Gärtner in den Förderkorb steigt, hängt er seine Fahrmarke mit der Nummer 11 an einer Holztafel vom oberen Haken nach unten. So sieht jeder sofort, dass er unter Tage ist. Standard sind auch die Grubenlampe am Gürtel und der Sauerstoff-Selbstretter. Die schwere Metallbüchse enthält Kaliumdioxid, das bei Kontakt mit feuchter Atemluft für mehr als eine Stunde Sauerstoff freisetzt.

Das war aber bisher noch nicht nötig. Verknackste Füße oder eingeklemmte Finger waren die meisten nennenswerten Unfälle in den letzten Jahren. Steinfälle sind höchst selten, die Abgase der Fahrzeuge werden gereinigt und das Bergwerk wird "bewettert", das heißt, es wird mit Frischluft versorgt.



Schichtbeginn (oben)

Hans-Henning Gärtner (2. v. r.) fährt mit seinen Bergleuten in den Schacht

Pause im Salz (Mitte)

Vesperpause in 574 Metern Tiefe in einem kopfsicherem Bereich

Sauerstoff aus der Dose (unten)

Sauerstoff-Selbstretter liefern über eine Stunde Frischluft

Auf Nummer sicher (Hintergrund)

Die Plaketten zeigen an, wer sich im Berg befindet



Salz über Kopf...

Trotz der radioaktiven Abfälle, die in einigen Kammern lagern, ist die Strahlenbelastung im Bergwerk geringer als die natürliche Radioaktivität über Tage – das beweisen regelmäßige Messungen. So ist es auch möglich, Besuchergruppen sicher durchs Bergwerk zu führen – eine wichtige Aufgabe, bei der man, so Gärtner, Vorurteilen entgegenwirken könne, hier unten würde Atommüll illegal verscharrt. "Wir haben nichts zu verbergen", verspricht Gärtner. Sicherheit geht in der Asse über alles. "Schließlich habe ich selbst drei Kinder, denen ich eine saubere Umwelt hinterlassen möchte."

Sein Rundgang – der Bergmann sagt Befahrung, und ein Bergmann fährt immer, auch wenn er läuft – führt Hans-Henning Gärtner heute zu Abbaukammer 8 auf der 511-Meter-Sohle. Dort pustet ein großes Rohr bis zu 120 Tonnen Rückstandssalze pro Stunde in einen Hohlraum von der Größe eines Kirchenschiffs. Die Rückstandssalze stammen vom ehemaligen Kalibergwerk Ronnenberg in der Nähe von Hannover, wo sie auf einer Halde in die Landschaft gelagert wurden. 18 Eisenbahnwaggons bringen täglich 1200 Tonnen davon zur Asse. Ende 2003 sind alle früheren Abbaue im Steinsalz gefüllt, dann kommt das jüngere Grubengebäude an die Reihe.



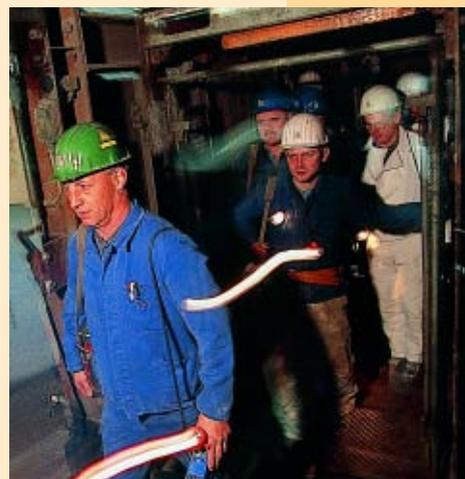
*Bahnsteig mit Trichter
Bergleute beim Entladen des Verfüllsalzes*

Auch danach gibt es noch genug zu tun: Die Einlagerungsbereiche werden mit Barrieren verschlossen, die Maschinen müssen zerlegt und an die Oberfläche geschafft werden, zuletzt wird der Schacht verfüllt. Voraussichtlich 2013 werden die Arbeiten abgeschlossen sein.



Nach einigen Stunden ist Gärtners Befahrung beendet, und der Transporter kämpft sich die steile Strecke hoch zurück zum Schacht. Einen halben Kilometer weiter oben wartet auf seinem Schreibtisch jede Menge Papierkram: Urlaubs- und Einsatzpläne, Kostenkalkulationen, Berichte ans Landesbergamt, daneben ein Telefon, das ihn direkt mit den Kollegen unter Tage verbindet.

Die Glocke schrillt, ein freundliches "Glückauf", dann fährt Hans-Henning Gärtner wieder nach oben.



*Volles Rohr (o.)
Kammer 8 auf der
511-Meter-Sohle wird
mit Rückstandssalz gefüllt*

*TÜV in der Tiefe (m.)
Hans-Henning Gärtner im
Mannschaftstransporter in der
Bremsenteststrecke*

*Tiefpunkt (u.)
Auf der 800-Meter-Sohle verlässt die
Mittagsschicht den Förderkorb*

Sicherheit für Generationen

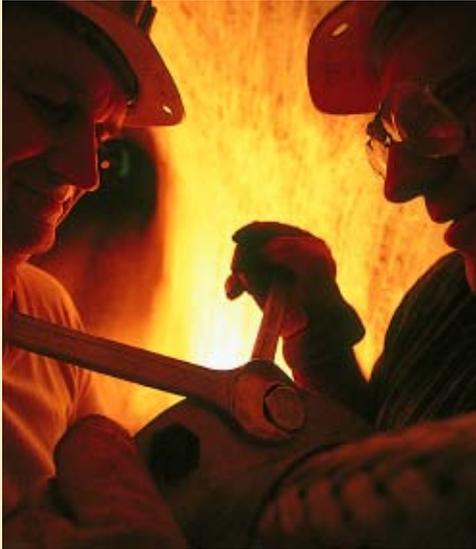
Die Schachanlage Asse ist ein Forschungsbergwerk, in dem die Einlagerung von radioaktiven Abfällen erprobt wurde. Deshalb gelten für sie dieselben Grundregeln, die auch für ein künftiges Endlager gelten: Die Abfälle müssen umweltverträglich, langzeit-sicher und nachsorgefrei aus der Umwelt entfernt werden. Das bedeutet zum einen, dass durch die eingelagerten Abfälle die Strahlungswerte über Tausende von Jahren in der Biosphäre nicht nennenswert ansteigen dürfen. Es bedeutet aber auch, dass künftigen Generationen nicht die Verantwortung für den Betrieb eines Bergwerkes mit eingelagerten radioaktiven Abfällen übertragen werden soll.

Die Einlagerung von radioaktiven Abfällen in die Schachanlage Asse wurde nach dem Betriebsplanverfahren unter strikter Beachtung des Atomgesetzes und anderer Gesetze durchgeführt. Die Schließung der Schachanlage Asse erfolgt nach Bundesberggesetz auf der Basis eines Abschlussbetriebsplans, dem ein umfangreicher Sicherheitsbericht beizufügen ist, der vom Landesbergamt in Clausthal-Zellerfeld und seinen Gutachtern unter Beteiligung zahlreicher weiterer Behörden geprüft und zugelassen wird. Ein integrierter Langzeitsicherheitsnachweis belegt, ob einschlägige Umweltgesetze eingehalten werden.

Zu beachten sind auch weitere Gesetze und Verordnungen wie das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, das Wasserhaushaltsgesetz sowie das Bundesimmissionsschutzgesetz.

Wenn die geplanten Maßnahmen nachweisbar Erfolg haben, als ein Beispiel sei der Einbau von Strömungsbarrieren genannt, bleibt die zusätzliche Radioaktivität in der Asse-Region deutlich unter der natürlichen Radioaktivität in der Umwelt. Der dafür maßgebliche Grenzwert ist die effektive Dosis: Sie gibt die Wirkung ionisierender Strahlung auf den Körper an. Der Grenzwert beträgt nach der Strahlenschutzverordnung 0,3 Millisievert pro Jahr. Zum Vergleich: Die durchschnittliche natürliche Strahlenbelastung für die Bevölkerung beträgt in Deutschland etwa 2,4 Millisievert pro Jahr, in einigen Gegenden liegt sie sogar bei über 10 Millisievert pro Jahr.





Schließung nach Plan

Der Zeitplan für die Schachtanlage Asse II sieht vor, dass ab 2006 komplett gefüllt wird. Zuvor steht beim Landesbergamt eine eingehende Prüfung des Sicherheitsberichts an, der dem Abschlussbetriebsplan beigelegt wird.



Radioaktive Abfälle in der Schachanlage Asse

Schwachradioaktive Abfälle

- Schwachradioaktive Abfälle: Verfestigte Konzentrate aus ehemals wasserhaltigen Abfällen, Asche aus Verbrennungsprozessen, Laborabfälle, Schrott, medizinische Präparate, kontaminierte Geräte, Kleidung und Luftfilter aus kerntechnischen Anlagen
- 124.494 Fässer mit einer Gesamtaktivität von ca. $1,9 \cdot 10^{15}$ Becquerel (1.1.2002). Sie stellen 60 Prozent der Gesamtaktivität in der Schachanlage Asse
- Ort: 11 Kammern auf der 750-Meter-Sohle, eine Kammer auf der 725-Meter-Sohle

Mittelradioaktive Abfälle:

- Sie stammen überwiegend aus der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
- 1.293 Fässer mit einer Gesamtaktivität von rund $1,2 \cdot 10^{15}$ Becquerel (1.1.2002). Sie stellen 40 Prozent der Gesamtaktivität in der Schachanlage Asse
- Ort: Kammer 8a auf der 511-Meter-Sohle
- Hochradioaktive Abfälle, zum Beispiel verglaste Abfälle oder verbrauchte Kernbrennstäbe, wurden in der Schachanlage Asse **nicht** eingelagert

Die wichtigsten Radionuklide in der Schachanlage Asse

Radionuklid	Halbwertszeit in Jahren	Aktivität in Becquerel (1.1.2002)
Jod-129	16 Millionen	$3,2 \cdot 10^8$
Kohlenstoff-14	5.700	$3,9 \cdot 10^{12}$
Plutonium-239	24.000	$1,9 \cdot 10^{13}$
Plutonium-241	14	$1,1 \cdot 10^{15}$
Radium-226	1.600	$2,0 \cdot 10^{11}$
Thorium-232	14 Milliarden	$3,5 \cdot 10^{11}$
Uran-235	700 Millionen	$5,2 \cdot 10^{10}$
Uran-236	23 Millionen	$1,3 \cdot 10^{10}$
Uran-238	4,5 Milliarden	$1,3 \cdot 10^{12}$
Wasserstoff-3	12	$1,3 \cdot 10^{12}$

1 Becquerel: 1 Zerfall pro Sekunde
 10^9 Becquerel: 1 Milliarde (1.000.000.000) Zerfälle pro Sekunde
 10^{12} Becquerel: 1 Billion (1.000.000.000.000) Zerfälle pro Sekunde
 10^{15} Becquerel: 1 Billion (1.000.000.000.000.000) Zerfälle pro Sekunde



Halbwertszeit...

... ist die Zeitspanne, in der die Hälfte der Atome eines radioaktiven Stoffes zerfällt. Ein Beispiel: Plutonium-241, das etwa ein Drittel zur Aktivität in der Schachanlage Asse beisteuert, besitzt eine Halbwertszeit von 14 Jahren. Nach dieser Zeit sind noch die Hälfte der Plutonium-Atome übrig, nach weiteren 14 Jahren ein Viertel, nach weiteren 14 Jahren nur noch ein Achtel usw.. Nach zehn Halbwertszeiten beträgt der Anteil der radioaktiven Plutonium-241-Atome weniger als ein Tausendstel.

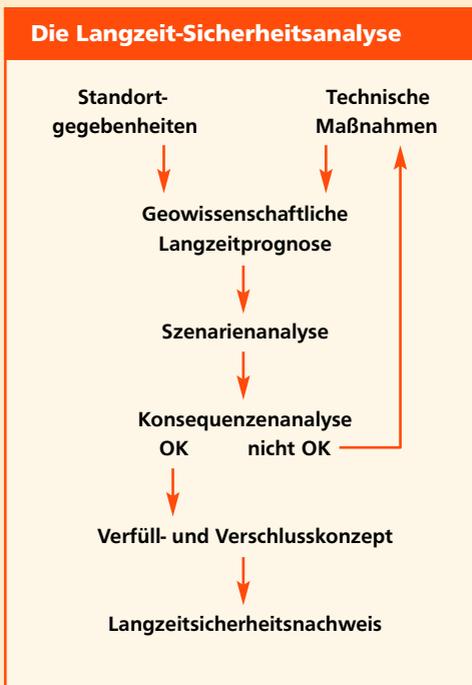


Für alle Fälle sicher

Seit den sechziger Jahren haben sich die "Asse-Forscher" ein weltweit einzigartiges Know-how über die geologischen Bedingungen in Salzstöcken und die Einlagerung von Abfällen erarbeitet – das belegen zahlreiche Forschungsk Kooperationen, unter anderem mit Institutionen aus den Niederlanden, Frankreich, Spanien, der Schweiz und den USA. Dabei musste man auch hinzu lernen: So glaubte man 1967, als die Versuchseinlagerung in der Schachanlage Asse begann, dass ein Salzbergwerk für radioaktive Abfälle absolut dicht sein müsse und dass dies technisch auch machbar sei. Heute weiß man, dass selbst ein Salzsattel, der wie die Asse seit über hundert Millionen Jahren stabil ist, nicht völlig dicht sein muss. Es existieren im Salzgestein immer eingeschlossene Flüssigkeiten oder auch Gase.

Die heutige Strategie bezieht solche Risiken von vornherein in die Modellrechnungen mit ein. Das Endlager wird ihnen gegenüber robust gemacht, auch gegenüber solchen Risiken, deren Auftreten man als wenig wahrscheinlich betrachtet.

Als Werkzeug dient die Szenarien-Konsequenzen-Analyse. Ein bestimmtes Szenario – beispielweise der Zutritt von Wasser ins Bergwerk – wird in physikalische, gebirgsmechanische, hydrogeologische und chemische Rechenmodelle eingespeist. Die Simulation zeigt Lösungen auf, die es im Langzeitsicherheitsnachweis zu erklären, zu berücksichtigen und zu bewerten gilt.



Was passiert, wenn...

Fragen zur Zukunft der Asse

Was passiert, wenn Wasser in das Bergwerk eindringt?

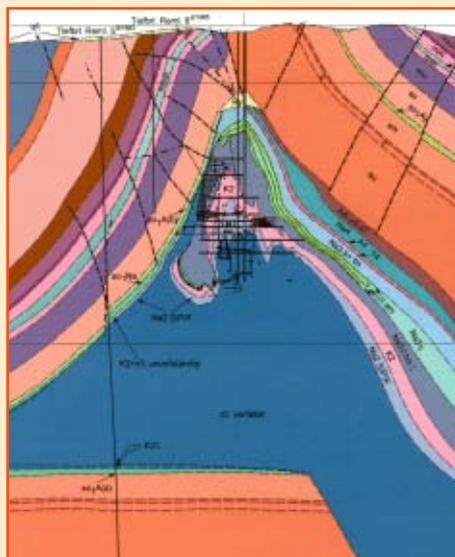
Wassereintrüche sind im Bergbau nichts Ungewöhnliches. In der Schachanlage Asse kam es 1906 zu einem Wassereinbruch, in dessen Folge die Grube volllief und aufgegeben wurde. Auch treten Zuflüsse von konzentrierten Salzlösungen in Salzbergwerken auf. Bis Mitte der siebziger Jahre dachte man, dass dies in der Asse II ausgeschlossen sei. Seit 1988 fließt jedoch an der Südflanke der Grube auf der 637- und der 658-Meter-Sohle eine gesättigte Steinsalzlösung in die Abbaukammern. Die Menge beträgt seit Jahren konstant rund 12 Kubikmeter pro Tag, die Herkunft der Steinsalzlösung ist unklar. Hält der Zufluss unverändert an, und würden keine weiteren Maßnahmen ergriffen werden, würde das mit Rückstandssalzen aufgefüllte Bergwerk in etwa 300 Jahren mit Salzlösung volllaufen.

Das hat bei den Fachleuten zu einem Umdenken geführt. Ziel ist es nicht mehr, das Grubengebäude für alle Zeiten trocken zu halten – was ohnehin nicht möglich wäre –, sondern Maßnahmen zu entwickeln, welche die Langzeitsicherheit des Bergwerks auch trotz eines Salzlösungszuflusses gewährleisten. Dazu gehen die Fachleute von einem Worst-case-Szenario aus: Sie berücksichtigen zum Beispiel, dass die Salzlösungsmenge in Zukunft sogar ansteigen und sich die chemische Zusammensetzung vielleicht sogar negativ verändern könnte.

*Blick in den Berg
Die Forscher kennen die geologische
Struktur des Asse-Sattels. Seit Jahrmillionen
ist der Untergrund hier stabil.*

Kann es in der Nähe der Schachanlage Asse ein Erdbeben geben?

Das ist praktisch ausgeschlossen. Der Asse-Höhenzug hat sich vor 110 Millionen Jahren aufgefaltet und ist seither geologisch sehr stabil. Aus der Umgebung der Schachanlage Asse sind aus den letzten rund 1.000 Jahren nur sehr wenige Erdbeben sowie durch Bergbau hervorgerufene Erschütterungen überliefert. Das größte Beben ereignete sich 1409 in etwa 50 Kilometer Entfernung nahe Magdeburg. Zeitzeugen berichten von leichten Gebäudeschäden. Diesen Beschreibungen zufolge handelte es sich um ein Beben der Intensität VI auf der heute gebräuchlichen zwölfteiligen Erdbeben-Intensitäts-Skala. Ein derartiges Beben kann sich dort zwar wiederholen, aber, selbst wenn sein Epizentrum nahe der Schachanlage Asse läge, für das Grubengebäude würde es keine Gefahr darstellen. Das Gebiet rings um die Asse taucht deshalb in der Liste der erdbebengefährdeten Gebiete Deutschlands gar nicht auf.



Was passiert, wenn...

Fragen zur Zukunft der Asse

Können im Salzsattel Grubenhohlräume einstürzen?

Die Fachleute sprechen dann von einem Gebirgsschlag. Er tritt ein, wenn tragende Elemente im Bergwerk dem Druck des darüber lastenden Gesteins nicht mehr standhalten und einzelne Abbaueinstürzen. Im schlimmsten Fall könnte sogar das gesamte Grubengebäude zusammenbrechen. Im 20. Jahrhundert hat es in Deutschland insgesamt neun Gebirgsschläge gegeben, die aber alle während des Abbaus von Kalisalzen passierten.

In der Schachanlage Asse II ruht der Steinsalzabbau seit 1964, der Kaliabbau schon seit 1925. Große gebirgsmechanische Ereignisse gab es in der Schachanlage Asse nicht. Allerdings senkt sich das Gelände über dem Bergwerk bis zu 15 Millimeter pro Jahr. Mit einem dichten Netz aus Sonden wird die Stabilität der Schachanlage Asse laufend überwacht. Dazu gehören zum Beispiel mikro-seismische Messungen, bei denen winzigste Erschütterungen im Berg erfasst werden, wie sie in einem Bergwerk ständig vorkommen. Spannungsmessungen in den tragenden Elementen lassen Rückschlüsse auf die Stabilität der Pfeiler oder Zwischendecken zu – in der Sprache der Bergleute Schweben genannt. An ausgewählten Stellen werden Probestücke entnommen. An daraus hergestellten Prüfkörpern werden im Labor die Materialsteifigkeiten bestimmt und die Tragfähigkeiten abgeschätzt.

Alle Abschätzungen ergaben, dass der vollständige Zusammenbruch eines Pfeilers sehr unwahrscheinlich ist, da im Zuge der Schließung der Schachanlage Asse Salz in die Hohlräume gefüllt wird. Dieses Salz verteilt die Last, die heute auf den zwölf Meter dicken Pfeilern ruht. Weil sich Salz unter Druck wie eine zähe plastische Masse verhält, fließt das Salzgestein im Lauf von Jahrzehnten in die Abbaukammern hinein und verdichtet das eingefüllte Salz so lange, bis wieder ein nahezu homogenes Salzgebirge entstanden ist – ähnlich wie es seit 110 Millionen Jahren unter dem Asse-Höhenzug verborgen war. Die letzten Messungen an der Asse zeigen, dass die Bewegungen im Salzstock seit Beginn der Verfüllung abnehmen.



*Zug aus Hannover
18 Waggons liefern täglich 1200 Tonnen Salz eines
ehemaligen Kalibergwerks*



*Kumpel mit Kanone
Ein Luftstrom bläst Salz in einen alten Abbau*

Kann die Salzlösung das Salzgestein angreifen ?

Reines Steinsalz (Natriumchlorid, NaCl) wird von der Steinsalzlösung nicht aufgelöst, da eine gesättigte Steinsalzlösung kein weiteres Natriumchlorid aufnehmen kann. Wichtig für die Stabilität des "Asse-Bergwerks" ist aber auch das Carnallit-Gestein, eine Mischung aus Kalium-, Magnesium- und Steinsalz. Tritt eine gesättigte Steinsalzlösung ins Bergwerk, so kann diese auch dann noch Magnesiumchlorid (MgCl_2) aufnehmen, wenn sie mit Natriumchlorid bereits gesättigt ist. Das bedeutet: Der Carnallit wird durch Umlösung zersetzt. Die Erfahrung zeigt, dass ein Kubikmeter reine Natriumchlorid-Lösung etwa drei Kubikmeter Carnallit beeinflussen kann.

Ein Ausweg könnte so aussehen: Beim Auffüllen des Grubengebäudes füllen die Bergleute mit einer Magnesiumchloridlösung als Schutzfluid alle verbliebenen Hohlräume. Dadurch kann die Natriumchlorid-Lösung kein weiteres Magnesiumsalz aus dem Carnallit herauslösen – der "chemische Austauschprozess" wird damit verhindert.

Was passiert, wenn...

Fragen zur Zukunft der Asse

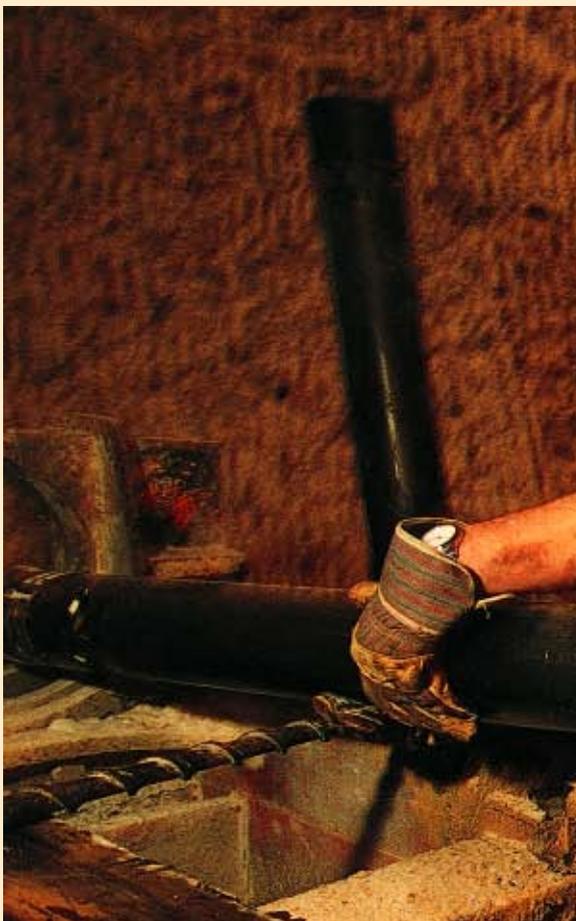
Kann sich das Salzgestein durch die Strahlung aufheizen?

Dies ist in der Schachtanlage Asse ausgeschlossen, weil sich in den Abfallfässern keine größeren Mengen an wärmefreisetzenden Nukliden befinden. Auch eine Kettenreaktion wie in einem Kernkraftwerk ist unmöglich, weil die Konzentration an spaltbarem Material so gering ist, dass keine sogenannte kritische Masse zustande kommt.

In der Schachtanlage Asse gab es in der Vergangenheit Forschungsprojekte, die sich mit hochradioaktiven Abfällen in künftigen Endlagern beschäftigten. So wurden zwischen 1983 und 1985 mit Quellen aus Kobalt-60 und zusätzlichen Erhitzern die Wirkung von Strahlung und Wärme auf das Salz untersucht. Ergebnis: Die Strahlung dringt etwa einen halben Meter in das Salz ein und verfärbt es blau, die Wärme wird wegen der hohen Wärmeleitfähigkeit des Salzes gut im Salzgestein aufgenommen und verteilt. Die Kobaltquellen wurden nach den Tests selbstverständlich wieder aus dem Bergwerk entfernt. Weitere geplante Experimente mit mittel- und hochradioaktiven Abfällen in Bohrlöchern wurden nie realisiert.

Was passiert, wenn Abfallfässer undicht werden und radioaktive Stoffe austreten?

Die Modellrechnungen zur Ausbreitung der Salzlösung berücksichtigen von vornherein, dass die Lösung die Fässer mit den radioaktiven Abfällen früher oder später angreifen und Schadstoffe langsam herauslösen wird. In Simulationsrechnungen wird geklärt, wie sich mit Mehrfachbarrieren aus Beton, Ton und Salz die Ausbreitung der Radionuklide über die Verbindungsstrecken und Schächte vermindern lässt.



*Probebohrung
Fahrsteiger Hans-Henning Gärtner (l.) und
Maschinenfahrer Harald Teege entnehmen mit
einer Hydraulikbohrmaschine (kleines Bild) eine
Salzprobe aus einer bereits gefüllten Kammer*

Kann ein Brand ausbrechen?



Alle hölzernen Einbauten im Schacht wurden schon vor Jahrzehnten durch Stahlteile ersetzt. Im Grubengebäude könnte der Treibstoff der Fahrzeuge und Maschinen in Brand geraten, doch das Sicherheitskonzept verhindert ein Übergreifen der Flammen auf andere Teile des Salzstocks. In den Fässern mit dem radioaktiven Abfall befinden sich keine entzündlichen oder reaktiven Stoffe, sodass von dort keine Brand- oder Explosionsgefahr ausgeht. Im Zuge der Schließung werden alle zugänglichen Materialien ans Tageslicht zurückgeschafft.



Fest unter Verschluss

Die radioaktiven Abfälle im Herzen des Asse-Höhenzugs sollen nie wieder ans Tageslicht gelangen. Dazu ist ein Verschlusskonzept aus verschiedenen Barrieren vorgesehen. Der Bau von Barrieren wird im Bergbau schon seit längerer Zeit durchgeführt, weil man im Untertagebau seit jeher mit Wasser zu kämpfen hat. Bei der Schachanlage Asse ist es noch wichtiger als bei anderen Bergwerken, dass jede Barriere auf die Umgebung abgestimmt ist. Beispiel: Befindet sich in einem ehemaligen Abbau radioaktives Material, dürfen die radioaktiven Stoffe von dort nicht in großen Mengen nach außen gelangen. Deshalb sollten die Zugangsstrecken zu den Einlagerungskammern mit Strömungsbarrieren verschlossen werden, die eine Bewegung von Flüssigkeiten und damit den Transport gelöster Radionuklide sehr stark behindern.

Mit dem Bau von Strömungsbarrieren allein gibt man sich heute nicht mehr zufrieden. Wirksamer als jede Mauer ist eine chemisch beeinflusste Umgebung, die eine Auslösung radioaktiver Stoffe aus den Abfallbehältern wenn möglich sogar unterbindet. Dazu werden geeignete Stoffe vor dem Einbringen der Magnesiumchloridlösung in die Resthohlräume der Einlagerungskammern eingebaut.

Die auf den ersten Blick "scheinbar" leichteste Übung bei der Schließung der Schachanlage Asse II ist der Verschluss der beiden Schächte, die das Bergwerk mit der Oberfläche verbinden. Sie werden nach dem Sandwichprinzip mit wechselnden Schichten aus Schotter, Beton und eventuell noch mit Bitumen, Asphalt oder anderen Materialien gefüllt. Diese Verschlüsse verhindern ein Hochsteigen von Flüssigkeiten und dichten die Schächte gegen Grundwasser führende Schichten ab, die über dem Salzsattel liegen.



*Asse-Impressionen
Ab 2013 soll über der Schachanlage die Natur zurückkehren. Eine lückenlose Dokumentation stellt sicher, dass auch künftige Generationen wissen, was sich hier im Berg verbirgt.*

Kein Kult um die Asse

Nachdem die Schachanlage Asse einmal wie vorgesehen gefüllt und abgedichtet ist, werden die Dokumente in mehrfacher Ausfertigung bei den zuständigen Genehmigungsbehörden hinterlegt, um sie für künftige Generationen zu bewahren. Darin sind die markscheiderischen Daten über die Schachanlage und die technischen Maßnahmen der Schließung enthalten sowie Angaben zu den eingelagerten radioaktiven Abfällen.

Manchen Anwohnern in der Asse-Region ist diese Art der Aufbewahrung jedoch nicht sicher genug. Sie haben Sorge, dass die Information über die Schachanlage künftigen Generationen verloren geht, und dass unsere ahnungslosen Nachkommen in das Gebirge bohren und der Radioaktivität ausgesetzt werden könnten.

So hat sich schon Mitte des letzten Jahrhunderts die Internationale Atomenergiebehörde in Wien darüber Gedanken gemacht, wie man das Wissen über künftige unterirdische Endlager über Jahrtausende für die Nachwelt konservieren kann. Dabei wurden neben realistischen auch bizarre Ideen diskutiert: Eine sah zum Beispiel vor, eine Religion zu gründen, die solche Orte zu Kultstätten erhebt. Immer wieder vorgeschlagen wird auch eine Markierung, etwa ein Obelisk, der über der Schachanlage verankert wird. Doch die Erdgeschichte hat gezeigt, dass eine Eiszeit keinen Stein auf dem anderen lässt. Die Eismassen würden jedes Bauwerk zerstören oder wegtransportieren und das Gelände umformen.

So bleibt wohl eine Sicherung des Know-hows auf Papier die praktikabelste Lösung. Denn Dokumente aus Papier lassen sich über hunderte von Jahren aufbewahren und auch lesen. Gesetzt den Fall, alle Akten gingen verloren oder das technische Know-how für den Bergbau, dann wäre eine solche Kultur wahrscheinlich nicht mehr in der Lage, hunderte Meter tief in ein Gebirge zu bohren.



Geballtes Know-how

Der Atomausstieg ist besiegelt, ein Endlager wird dennoch benötigt – das ist auch Kernenergiegegnern klar. Dennoch gibt es weltweit noch kein genehmigtes Endlager für hochradioaktive, wärmeentwickelnde Abfälle aus Kernkraftwerken. Die Kritiker der Kernenergie bemängeln, dies gleiche einem Flugzeug in der Luft, für das noch keine Landebahn gebaut wurde. Tatsache ist, dass in Deutschland nach dem Willen der derzeitigen Bundesregierung ab 2030 ein solches Endlager zur Verfügung stehen soll. Ausgediente Kernbrennstäbe müssen sowieso erst einige Jahrzehnte zwischengelagert werden, bis sie für eine Endlagerung genügend abgekühlt sind.

Deutschland hat sich bisher auf Salzgestein (Asse, Gorleben, Morsleben) und Eisenerz in Tongestein (Schacht Konrad) als Medien für Endlager konzentriert. Nach dem Abschlussbericht des Arbeitskreises Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd), der im Auftrag des Bundesumweltministeriums ein Prozedere zur Suche eines geeigneten Endlagerstandortes entwickelt hat, muss das nicht das letzte Wort sein. Für Salz spricht aber, dass es hier zu Lande genügend Salzstöcke gibt und weit mehr als hundert Jahre Erfahrungen aus dem Salzbergbau vorliegen. Außerdem sind die Eigenschaften von Salzgestein vor allem durch die fast 40 Jahre Forschungsarbeit in der Schachanlage Asse sehr gut bekannt.

So gaben Versuche mit elektrischen Erhitzern Aufschluss, wie sich Wärme im Salz ausbreitet. Diese Ergebnisse flossen in Computerprogramme ein, mit denen heute Temperaturverteilungen berechnet werden können. Ebenso gut bekannt ist der Einfluss von ionisierender Strahlung auf das Salz. Mit Kobalt-Quellen wurde nachgewiesen, dass die Strahlung keine Auswirkungen auf das Salz hat, die bei der Endlagerung zu sicherheitstechnischen Einschränkungen führen würde.

Aus diesen lückenlosen Messungen haben die Asse-Ingenieure ein weltweit einzigartiges technisches Know-how zur Einlagerung schwach-, mittel- und hochradioaktiver Abfälle in Salz entwickelt. Die Einlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen wurde zudem erfolgreich erprobt. Im Hinblick auf die bevorstehende Schließung der Schachanlage Asse lag in den letzten Jahren ein Schwerpunkt der Forschungsarbeiten auf der Konzeption von Dammbauwerken und Verschlüssen von Kammern, Strecken und Bohrlöchern. Insbesondere wurden auch Methoden ausgearbeitet, mit denen Aussagen über die Langzeitsicherheit von Endlagern in tiefen geologischen Formationen getroffen werden können. Während die Endlagerung radioaktiver Abfälle noch am Anfang steht, wird die Beseitigung giftiger chemischer Abfälle in tiefen Salzformationen schon länger praktiziert. Den Asse-Wissenschaftlern gelang es, ihr Wissen auch auf die Einlagerung solcher Abfälle zu übertragen.

Andere Länder, andere Lager

Viele Industrienationen betreiben Endlager für mittel- und schwachradioaktive Abfälle und sind auf der Suche nach Standorten für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Hier eine Auswahl zum Stand der Erkundungen:

- **USA**

Der US-Kongress hat sich für ein Endlager am Standort Yucca Mountain im Bundesstaat Nevada entschieden, das ab 2010 in Betrieb gehen soll. Das Bergmassiv besteht aus vulkanisch verschmolzenem Tuff. Es ist das weltweit einzige Endlager, das über dem Grundwasserspiegel liegen wird.

- **Frankreich**

Laut Gesetz sollen zwei Standorte untersucht werden. Am Standort Bure im lothringischen Tonschiefer wird gegenwärtig ein Erkundungsbergwerk erstellt. Ein zweiter Standort im Granit wird noch gesucht.

- **Schweiz**

Zur Zeit prüfen die zuständigen Behörden den Vorschlag, eine tiefliegende Tonschicht im Norden des Kantons Zürich als Endlagerformation zu benutzen. Granit gilt als Reserveoption.

- **Finnland und Schweden**

Beide Länder setzen auf ein tiefes Endlager in Granit. In Finnland ist die Entscheidung für den Standort gefallen, der Betrieb soll 2020 starten. In Schweden werden drei Standorte untersucht, der Start ist 2015 geplant. Schweden betreibt ein Untertage-labor im Granit, um die Bedingungen in einem Endlager zu simulieren.

- **Japan**

Die zuständige Endlagerorganisation hat alle japanischen Gemeinden aufgefordert, sich an einer Standortsuche zu beteiligen.

Rotierende Raspel

*Mächtige Fräsen schaben in den Hohlräumen
Salzgestein von Decken und Wänden*



Offenheit bei der Schließung

Die Kerntechnik hat in der Öffentlichkeit einen schweren Stand. Ihr haftet das Stigma einer unvorstellbaren Zerstörungskraft an; Radioaktivität sieht, hört und riecht man nicht, und doch kann sie krank machen. Dieses Gefahrenpotenzial, obgleich objektiv extrem gering, wird subjektiv höher eingestuft als beispielsweise vermeintlich beherrschbare Unfälle in anderen Großtechnologien.

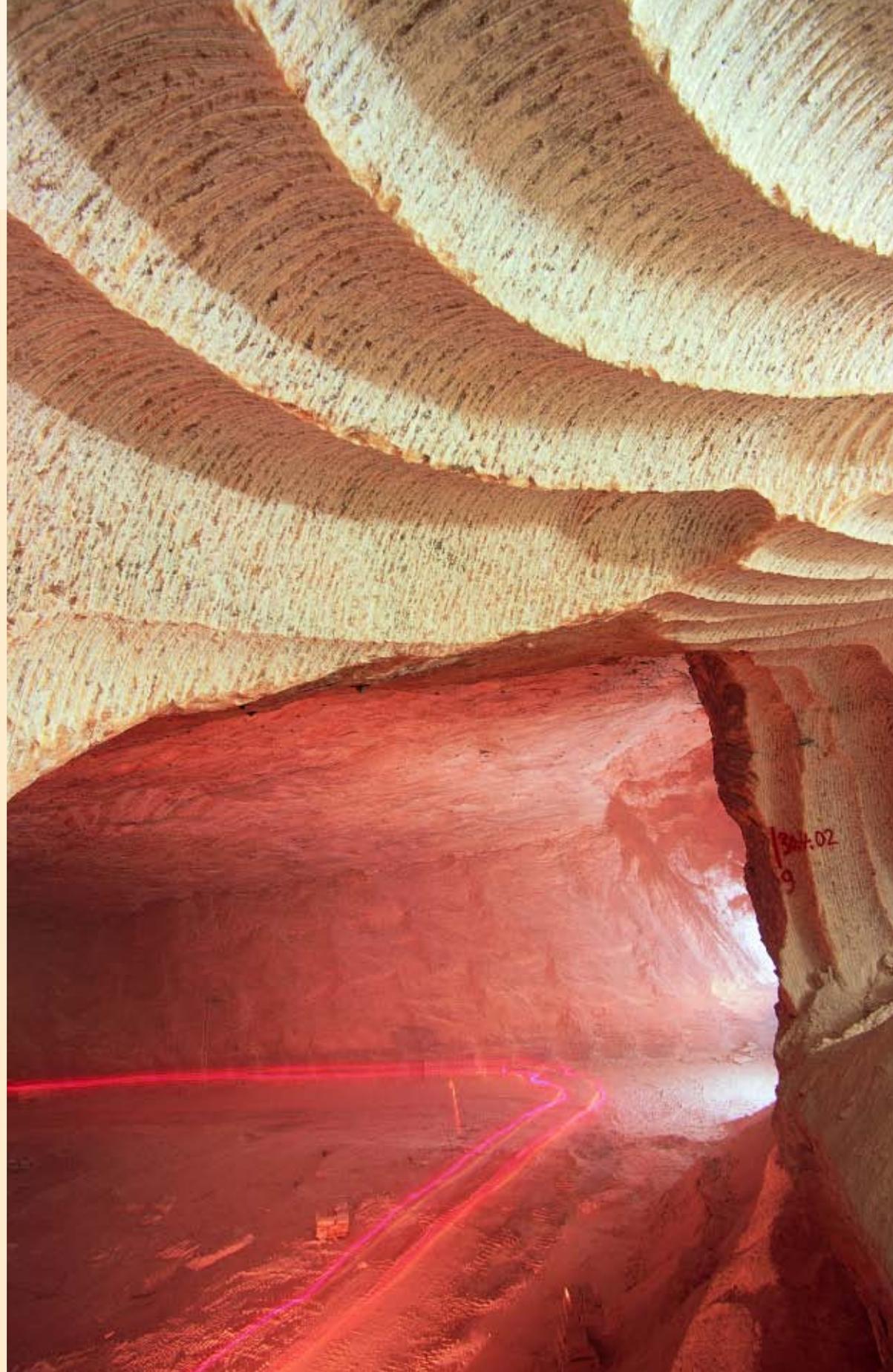
Bei der Schachanlage Asse, aber auch bei einem künftigen Endlager kommt erschwerend hinzu, dass wegen der langen Halbwertszeiten der radioaktiven Stoffe diese für viele tausend Jahre von der Umwelt ferngehalten werden müssen – was (dem menschlichen Vorstellungsvermögen zuwiderläuft und) dem Nichtfachmann unlösbar erscheint.

Erst mit In-Kraft-Treten der Vierten Novelle zum Atomgesetz ist ein Planfeststellungsverfahren für die Errichtung und den Betrieb von Endlagern des Bundes vorgeschrieben. Die Vorgehensweise, ohne Anhörung der Bevölkerung einfach Fakten zu schaffen, wäre heute undenkbar. Obwohl im Abschlussbetriebsplanverfahren nach dem Bergrecht nicht vorgeschrieben, sollen die Bürger bei der Schließung der Schachanlage Asse über alle Details des Verfahrens informiert werden. Dazu führt die GSF regelmäßig Informationsveranstaltungen durch und Mitarbeiter der GSF nehmen an öffentlichen Veranstaltungen teil, selbstverständlich auch, wenn diese von Kernenergiegegnern initiiert werden.

Die Diskussion zwischen dem Betreiber der Schachanlage Asse und den Bewohnern der Region kann Signalwirkung für ganz Deutschland und möglicherweise auch für das europäische Ausland haben.

Allerdings ist die Ausgangslage im Falle der Schachanlage Asse eine besondere. Viele Menschen in der Umgebung sind dem Bergwerk verbunden, weil sie selbst oder Verwandte dort arbeiten. Seit 1965 wurden zudem rund 300.000 Besucher durch die Schachanlage geführt. Das Angebot, das Bergwerk und die Arbeiten unter Tage kennen zu lernen, gilt noch, so lange größere Teile zugänglich sind. Mit der fortschreitenden Füllung der Hohlräume fällt diese Gelegenheit aber weg. Die Leitung der Schachanlage Asse ermuntert deshalb alle interessierten Bürger, an einer Führung unter Tage teilzunehmen, solange dies noch möglich ist.

*Schneeweiß mit Rosenrot
Die Struktur gibt Auskunft, wann die Salzfräse zuletzt ihre Furchen ins Gestein zog*



1304.02
9

Impressum

© GSF – Forschungszentrum
für Umwelt und Gesundheit

Schachtanlage Asse
Am Walde 2
38319 Remlingen

Telefon: 0 53 36/89-2 41
Telefax: 0 53 36/89-3 79

e-Mail: holste@gsf.de
Internet: www.gsf.de/asse

3. Auflage, 2006

Verantwortlich für den Inhalt:

Günther Kappei

(Leiter des Forschungsbergwerks Asse)

Rainer Gömmel

(Stabsstelle Information der Öffentlichkeit)

Heinz-J. Haury

(GSF – Öffentlichkeitsarbeit)

Konzeption und Realisation:

Science&Media

**Büro für Wissenschafts- und
Technikkommunikation, München**

Texte: Bernd Müller

Layout und Illustrationen: Vasco Kintzel

Bildredaktion: Carola Reinmuth

**Fotos: Marc Steinmetz / Visum
außer**

S. 2, S. 17 und S. 21: Archiv Asse

S. 4 von o. nach u.: Bilderberg, Archiv Asse,
Hartz/laif, Fischer/Bilderberg, Archiv Asse

S. 5: Ernsting/Bilderberg

S. 6: A. Syred/SPL/Agentur Focus

Impressum

Adressen und Links

Kontakte

GSF – Forschungszentrum
für Umwelt und Gesundheit

Telefon: 089/31 87 - 27 12

Telefax: 089/31 87 - 33 24

E-Mail: oea@gsf.de

Internet: www.gsf.de

Bundesministerium
für Bildung und Forschung (BMBF)

Telefon: 0 18 88/57 - 0

Telefax: 0 18 88/57 - 8 36 01

E-Mail: bmbf@bmbf.bund.de

Internet: www.bmbf.de

Internet

Interaktive Lerneinheit zur Entstehung
und Bedeutung von Salzlagerstätten

[www.eduvinet.de/autoren/geo/bauer/
salzla1.htm](http://www.eduvinet.de/autoren/geo/bauer/salzla1.htm)

Verein Deutsche Salzindustrie

www.salzindustrie.de

Dokumentation eines Fachgesprächs über
geologische, juristische und ethische Fragen
zur Asse. Organisiert von "Aktion Atommüll-
freie Asse" im Oktober 2001

home.t-online.de/home/ukleber/inhalt.htm

