

8. Informationsveranstaltung am Donnerstag, den 17.11.2005
im Dorfgemeinschaftshaus Remlingen

„Auf dem Weg zur sicheren Schließung der Schachtanlage Asse“

Dr. Bernd Förster: Konzept zum Nachweis der Langzeitsicherheit am Standort Asse

In den bisherigen Öffentlichkeitsveranstaltungen wurde vorgestellt, welche Eigenschaften, Ereignisse und Prozesse – zusammengefasst Phänomene – für die Schließungsarbeiten am Standort Asse wichtig sind bzw. als relevant erachtet werden. Der Langzeitsicherheitsnachweis für die Schachtanlage Asse II verlangt nicht nur, diese Phänomene zu beschreiben und zu erläutern, sondern diese in das Konzept für den Nachweis der Langzeitsicherheit zu integrieren bzw. diese zusammenzuführen. Mit der heutigen Präsentation



soll – in der gegebenen Kürze – ein erster Einblick in die Führung des Langzeitsicherheitsnachweises am Standort Asse gegeben werden.

 Schachtanlage Asse

Inhalt der Präsentation



- Grundlagen des Nachweiskonzepts
- Vorgehensweise zur Führung des Langzeitsicherheitsnachweises
- Konzeptmodell für den Schadstofftransport
- Nachweiskonzepte

8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster 2

Der Inhalt meiner Präsentation ist wie folgt: ich werde Ihnen am Anfang die Grundlagen des Nachweiskonzeptes erläutern, anschließend werde ich auf die Vorgehensweise zur Führung des Langzeitsicherheitsnachweises eingehen. Daran anschließend werde ich Ihnen zeigen, wie das Konzeptmodell, das den Schadstofftransport abbildet, aussieht. Und zuletzt – als Kernpunkt meines Vortrages – möchte ich Ihnen die Nachweiskonzepte des Langzeitsicherheitsnachweises darlegen.

 Schachtanlage Asse
Grundlagen



- Bedingungen am Standort Asse
- Schließungskonzept für die Schachtanlage Asse II
- Schutzziele

8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster 3

Folie 3 benennt die Grundlagen des Langzeitsicherheitsnachweises. Dies sind zum einen die Standortbedingungen und das Schließungskonzept für die Schachtanlage Asse II; zum anderen muss der Langzeitsicherheitsnachweis die Einhaltung der gesetzlichen Schutzziele aufzeigen.

Schachtanlage Asse
gsf **Standortbedingungen**

- Biosphäre
- Hydrogeologie
- Geochemie
- Seismologie
- Gebirgsmechanik
- Geologie

- Geometrie Grubengebäude
- stoffliche Zusammensetzung der Abfälle und Versatzstoffe
- Radionuklidinventar



8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

4

Dies sind die im Sicherheitsnachweis zu berücksichtigenden Standortbedingungen.

Schachtanlage Asse
gsf **Standortbedingungen**

Salzbergwerk zur Mineralgewinnung

- 1 Entfestigung des Gebirges
Tragsystem im Grubengebäude nachgiebig
Auflockerungszonen
- 2 Salzlösungszutritt an der Südflanke des Salzsattels
- 3 aufgeschlossene Carnallitbereiche

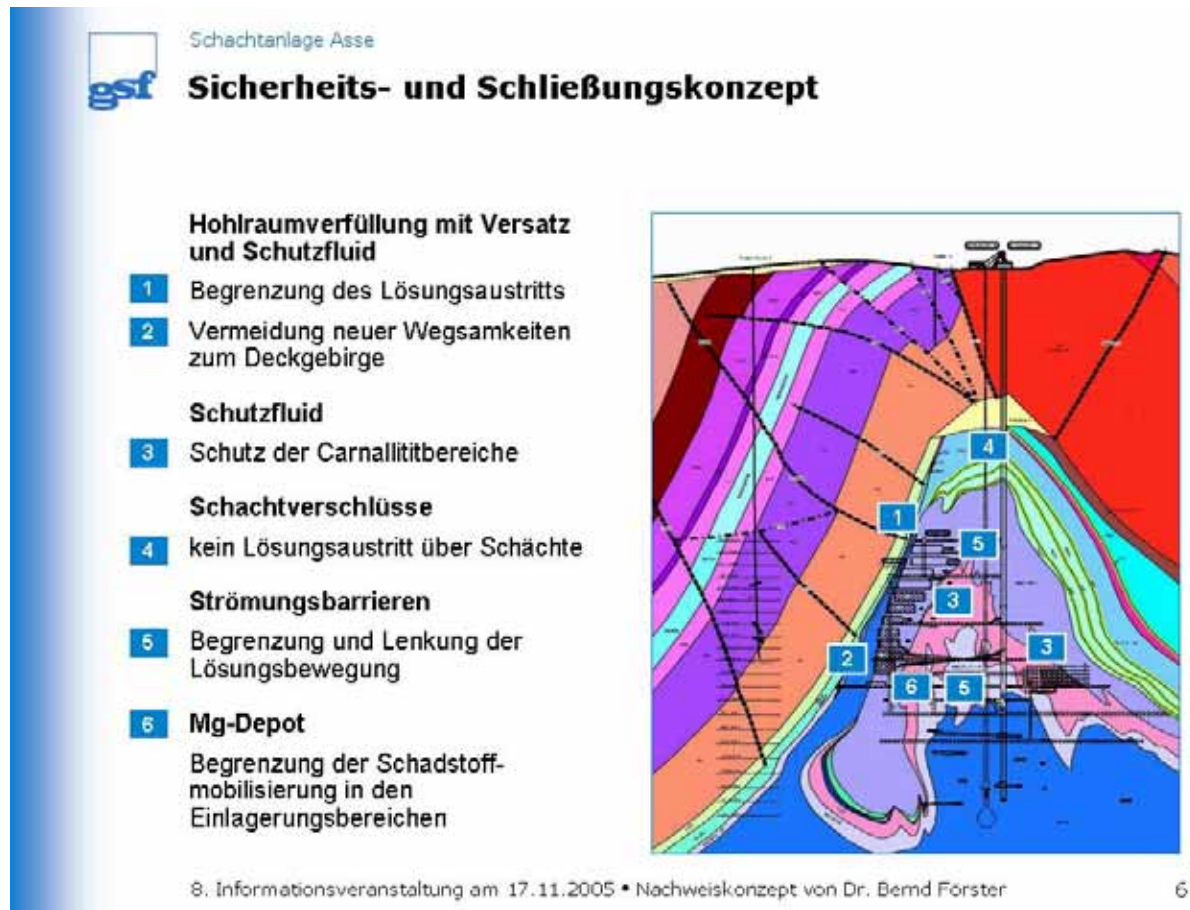
Voraussetzung für belastbare Langzeitprognosen:
Einleiten von Schutzfluid



8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

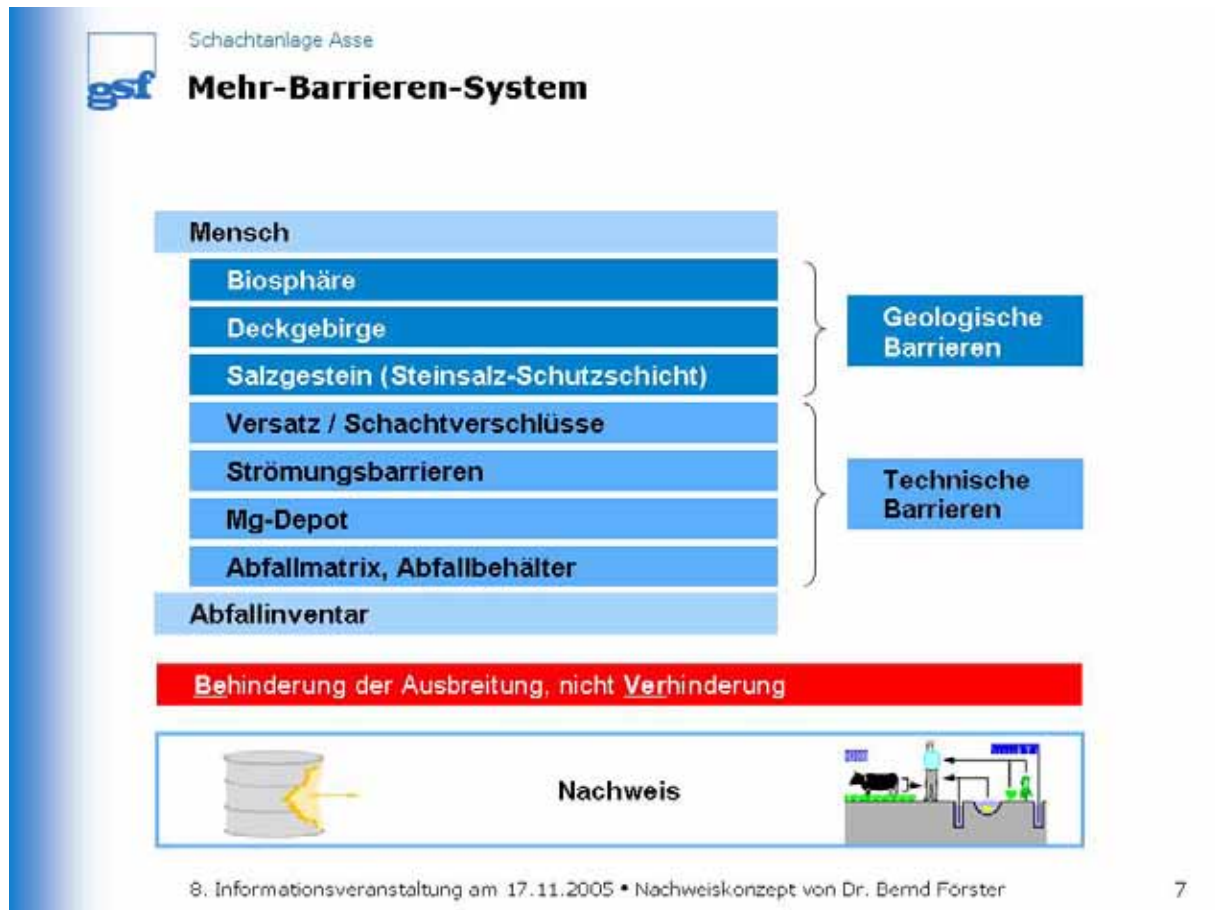
5

Drei sehr wichtige Besonderheiten am Standort der Schachtanlage Asse zeigt die Folie 5. Diese drei Phänomene unterscheiden die Schachtanlage Asse II von einem nach heutigen wissenschaftlichen Gesichtspunkten geplanten Endlager für radioaktive Abfälle in Salzformationen. Aufgrund dieser Standortbedingungen ist das Einleiten eines Schutzfluids in die Grube unverzichtbar und ist somit wesentlicher Bestandteil des Schließungskonzepts.



Hier sind die weiteren grundlegenden Elemente des Schließungskonzepts und die mit den technischen Maßnahmen verfolgten Ziele dargestellt.

Werden die technischen Barrieren und die natürlichen bzw. geologischen Barrieren zusammengefasst, ergibt sich ein Mehrbarrieren-System, welches das Abfallinventar von der Biosphäre bzw. vom Menschen gefahrlos abschirmt.



Am Standort Asse kann das Mehrbarrieren-System aus heutiger Sicht die Ausbreitung der Schadstoffe bis in die Biosphäre zwar nicht gänzlich verhindern, aber deutlich behindern. Der Langzeitsicherheitsnachweis wird u. a. aufzeigen, welcher Anteil der eingelagerten Schadstoffe überhaupt bis in die Biosphäre gelangen könnte.

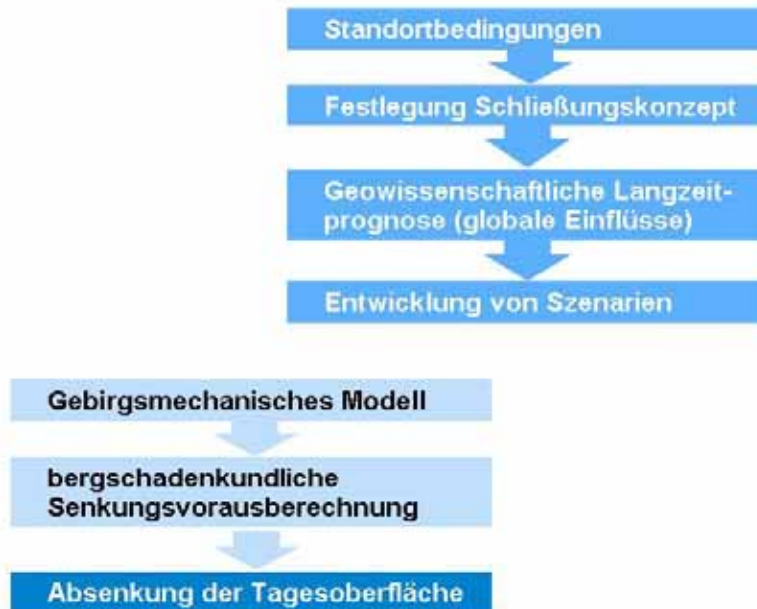


Dies sind die im Langzeitsicherheitsnachweis zu betrachtenden Schutzziele: der Schutz der Tagesoberfläche, der Schutz des oberflächennahen Grundwassers und der Schutz von Mensch und Umwelt vor Strahlenexposition. Die einzuhaltenden Richt- bzw. Grenzwerte der Schutzziele sind gesetzlich festgelegt. Alle Arbeiten in der Schachtanlage Asse II haben das Ziel, Mensch und Umwelt vor den möglichen Gefährdungen durch den Betrieb der Schachtanlage Asse II und durch die Einlagerung der Abfälle zu schützen.



Schachtanlage Asse

Nachweisführung – Absenkung der Tagesoberfläche



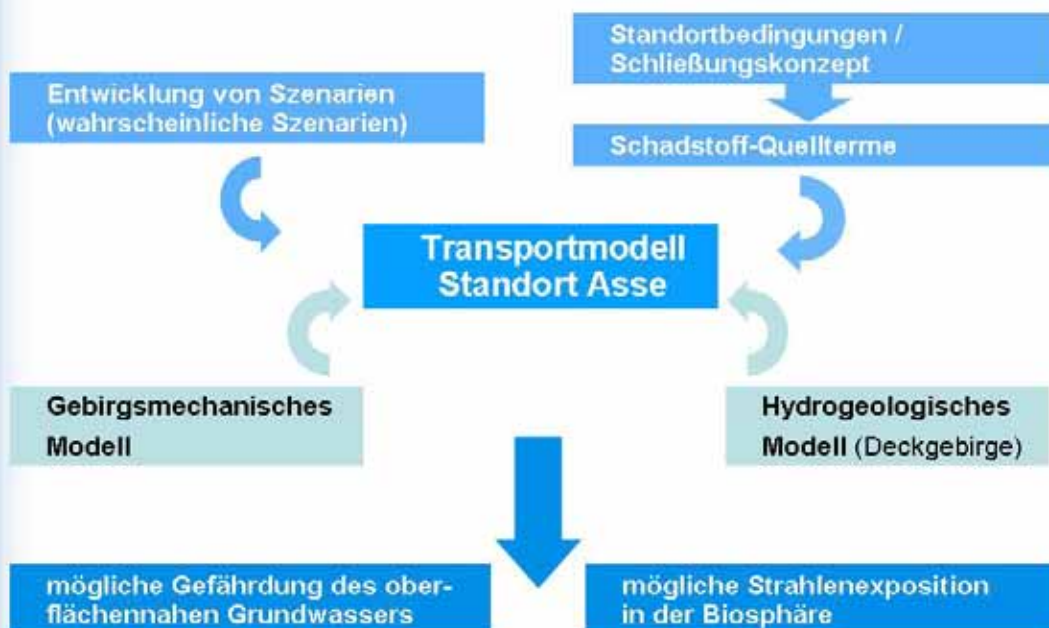
8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

9



Schachtanlage Asse

Nachweisführung – Schadstofftransport



8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

10

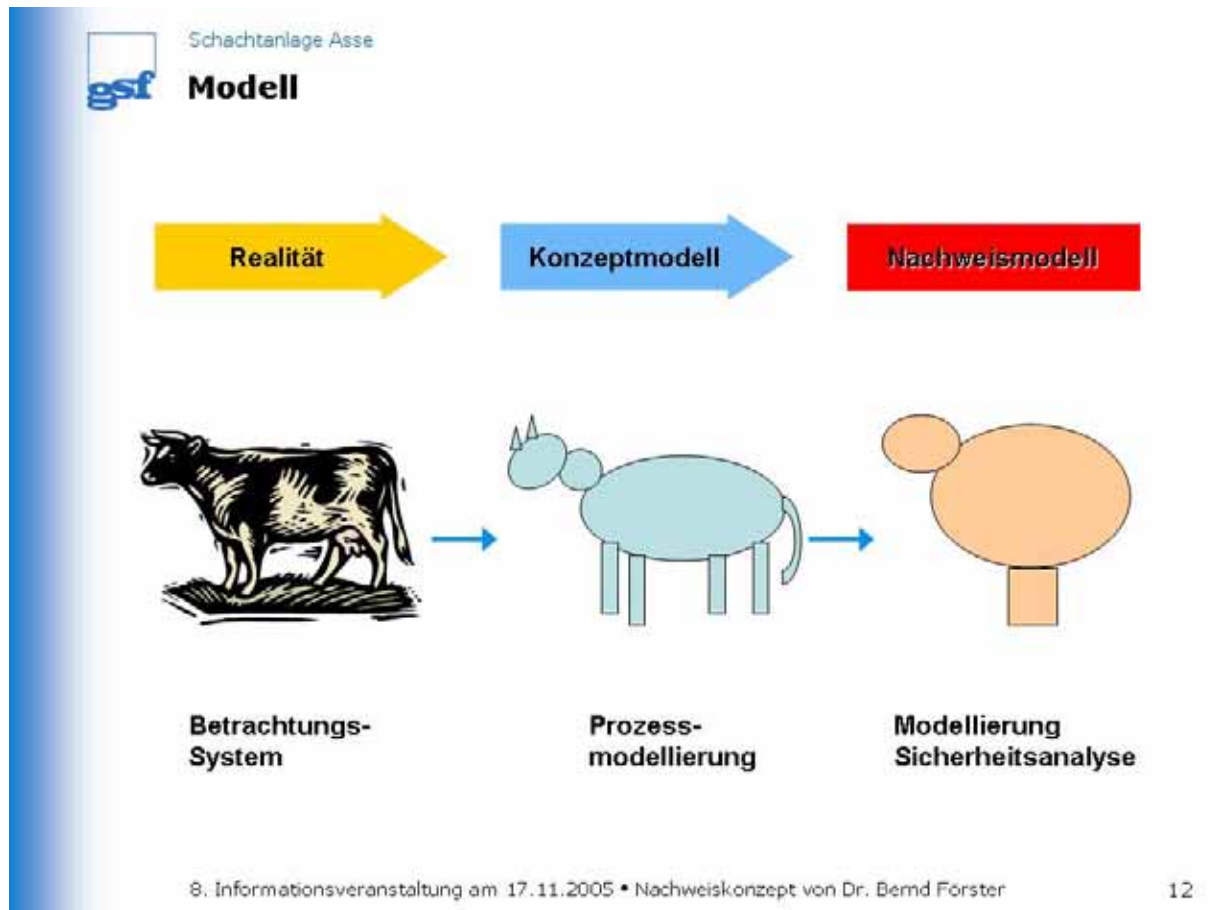
Die Folien 9 und 10 zeigen zusammen den methodischen Aufbau des Langzeitsicherheitsnachweises. Grundlagen für die Nachweisführung sind die Analyse der Standortbedingungen und das Schließungskonzept (siehe oben). Auf dieser Basis werden Langzeitprognosen für den Standort Asse durchgeführt. Die Langzeitprognosen schätzen den Einfluss von globalen geologischen Ereignissen auf den Standort Asse und von möglichen klimatischen Entwicklungen in der Nachbetriebsphase ein, wie z. B. die langzeitige Abtragung der Gesteine oder langfristig einwirkende klimatische Veränderungen im Zuge einer Eiszeit. Unter Berücksichtigung der Standortbedingungen und der Langzeitprognosen werden Szenarien entwickelt und die Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens eingeschätzt. Szenarien sind mögliche Entwicklungen des Gesamtsystems am Standort Asse, von denen selbst die mit einer geringen Eintrittswahrscheinlichkeit in den Langzeitsicherheitsnachweis einbezogen werden.

Diese Szenarien können nicht im Detail abgebildet werden, sondern es bedarf Vereinfachungen, die aber hinsichtlich Ihrer Auswirkungen begründet werden. Die vereinfachte Abbildung der zu betrachtenden Szenarien erfolgt mit Modellen. Das gebirgsmechanische Modell bildet die gebirgsmechanische Situation am Standort Asse, im Salzsattel und im Deckgebirge ab. Es wird zuerst die heutige Situation modelliert, danach wird die Entwicklung in der Zukunft prognostiziert. Mittels der Ergebnisse wird eine bergschadenkundliche Senkungs-Vorausberechnung durchgeführt, auf deren Grundlage die Senkung der Tagesoberfläche in der Zukunft abgeschätzt wird (Schutzziel 1, Folie 8).

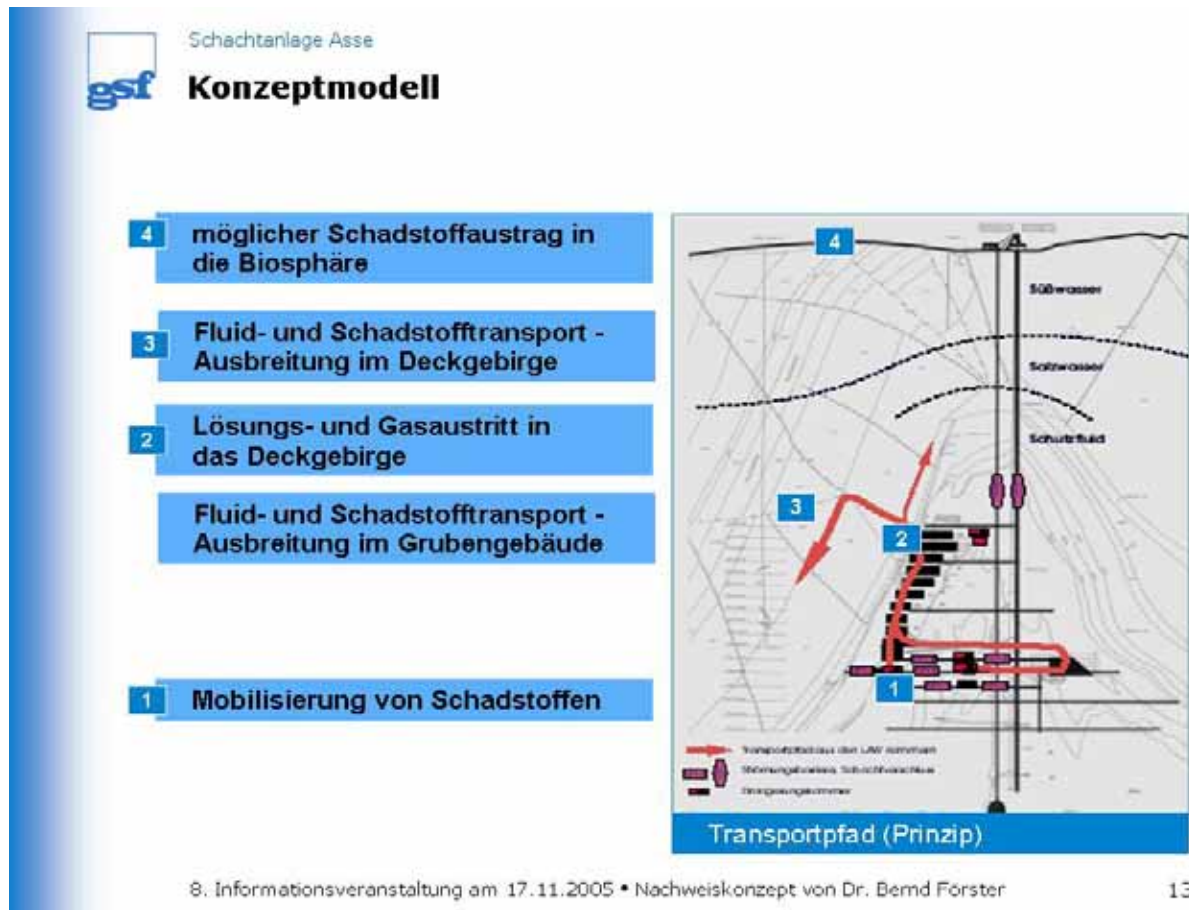
Ein Ergebnis der gebirgsmechanischen Modellierung – die Konvergenzprognose für das Grubengebäude – wird auch im Transportmodell berücksichtigt (Folie 10). Hier gehen auch die prognostizierten Strömungsverhältnisse in der Grube und im Deckgebirge (Hydrogeologisches Modell) ein. Außerdem werden die als relevant erachteten Phänomene, die den Schadstofftransport in irgendeiner Weise beeinflussen können, mittels Teilmodellen oder Parametern (siehe unten) einbezogen. Von besonderer Bedeutung sind die Schadstoff-Quellterme. Diese bestimmen, welcher Anteil der eingelagerten Schadstoffe für den Transport verfügbar ist. Die Ergebnisse des Transportmodells ermöglichen die Prognosen, zu eventuellen Gefährdungen des Grundwassers (Schutzziel 2, Folie 8), oder möglichen Strahlenexpositionen in der Biosphäre (Schutzziel 3, Folie 8).



Die Methodik des Langzeitsicherheitsnachweises unterliegt einem immer wiederkehrenden formalen Algorithmus. Der wissenschaftliche Kenntnisstand zu einem relevanten Phänomen wird durch Labor- oder Feldexperimente und durch Standortmessungen dokumentiert (gelb dargestellt); Sachverständige empfehlen die Methodik der Einbeziehung in den Langzeitsicherheitsnachweis. Aus den Kenntnissen wird ein Gedankenmodell – ein Konzeptmodell – für das Phänomen entwickelt, welches in ein mathematisches Modell umgesetzt wird (blauer Algorithmus). Dann wird geprüft, ob das mathematische Modell richtig rechnet und das Konzeptmodell hinreichend abbildet (Verifizierung). Ist die Verifizierung erfolgreich abgeschlossen, wird unter Einbeziehung standortspezifischer Daten geprüft, ob ein nachvollziehbares und plausibles Modellergebnis erreicht wird. Dieses wird in das Transportmodell übertragen (rot).

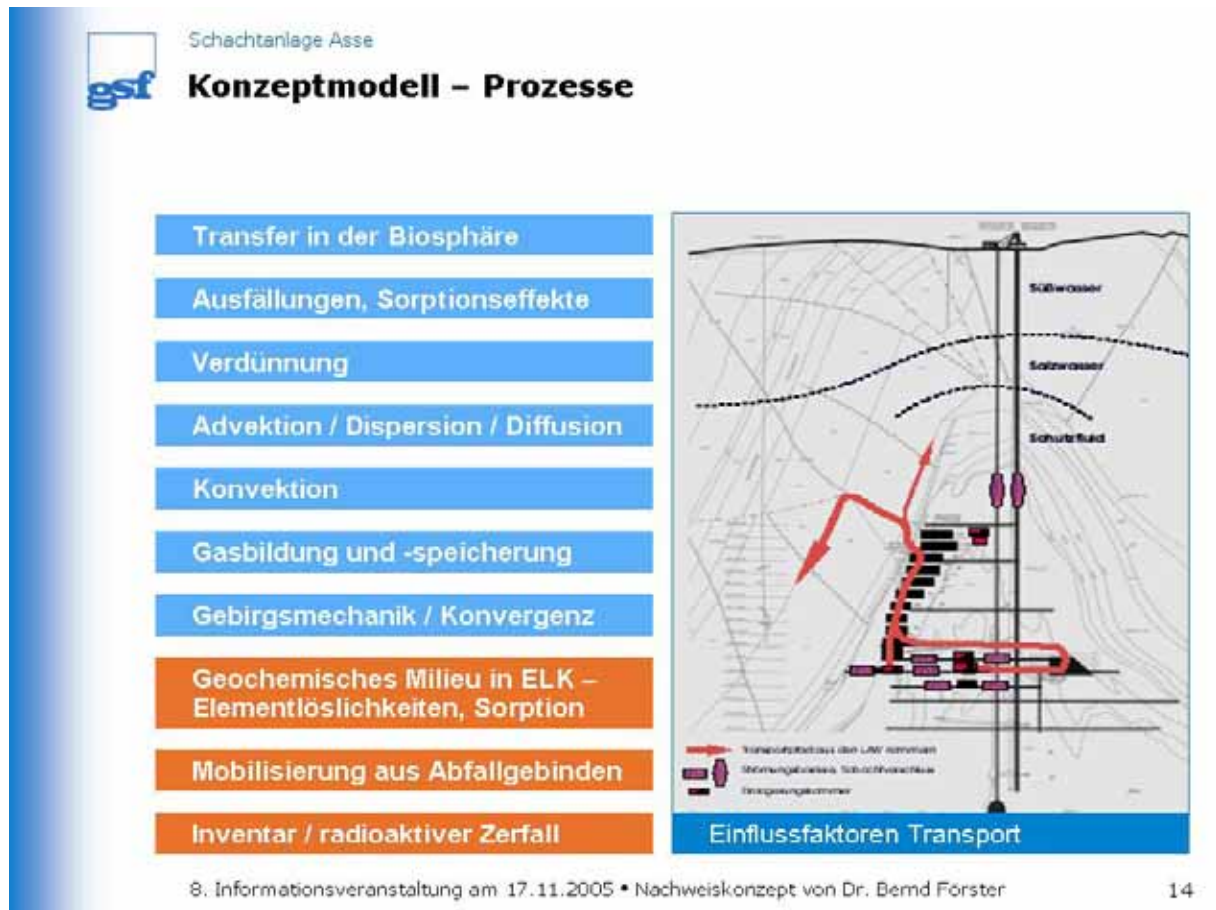


Die Folie zeigt anhand des visualisierten Beispiels einer Kuh, dass zwischen Kenntnisstand (gelb), Konzeptmodell (blau) und Nachweismodell (rot) eine teils deutliche, aber begründete Vereinfachung in der modellhaften Abbildung des relevanten Phänomens bzw. Prozesses vorliegt.



Dies ist das Konzeptmodell für den Schadstofftransport am Standort Asse, der im Sicherheitsnachweis auf dem Lösungspfad von den Einlagerungskammern, durch das Grubengebäude, bis in das Deckgebirge unterstellt wird. Die Wahrscheinlichkeit, dass Schadstoffe aus den Einlagerungskammern nach der Schließung der Schachtanlage Asse II oberflächennahe Wässer oder die Luft erreichen, ist gering. Diese Möglichkeit kann aber nicht ausgeschlossen werden.

Die Folien 14 bis 38 erläutern anhand weiterer relevanter Phänomene bzw. Prozesse beispielhaft, wie die in Folie 11 dargelegte Methodik der Nachweisführung im Langzeitsicherheitsnachweis angewendet wird. Mit den Folien „Konzeptmodell – Prozesse“ (Folien 14, 19, 30 und 35) werden für bestimmte Prozessgruppen die in der Sicherheitsanalyse berücksichtigten Prozesse genannt. Die in den nachfolgenden Folien behandelten Phänomene sind orange unterlegt.



Dargestellt ist auf dieser Folie das „Konzeptmodell – Prozesse“ für das Teilsystem Einlagerungskammer. Die berücksichtigten Prozesse sind hier das Inventar, einschließlich dem radioaktiven Zerfall, die Mobilisierung der Schadstoffe und das geochemische Milieu (jeweils rot markiert).

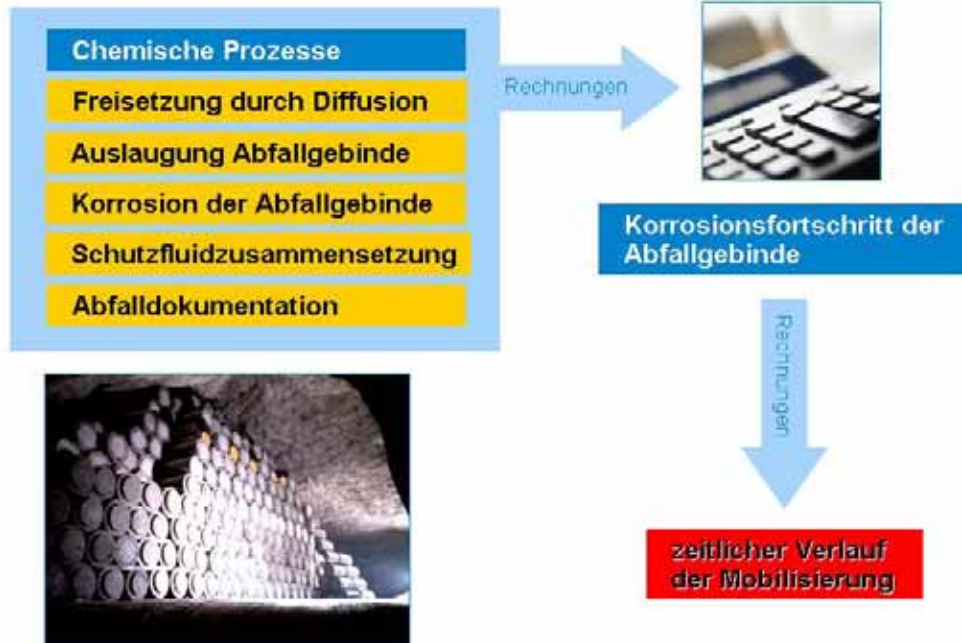
Auf den anschließenden Abbildungen





Schachtanlage Asse

Mobilisierung der Schadstoffe



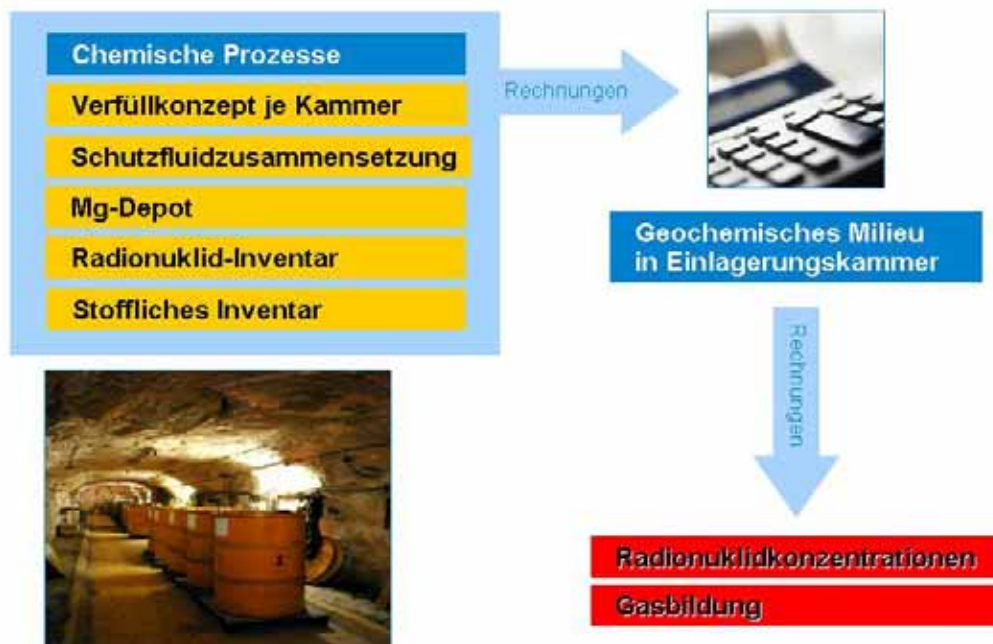
8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

16



Schachtanlage Asse

Geochemie in den Einlagerungskammern



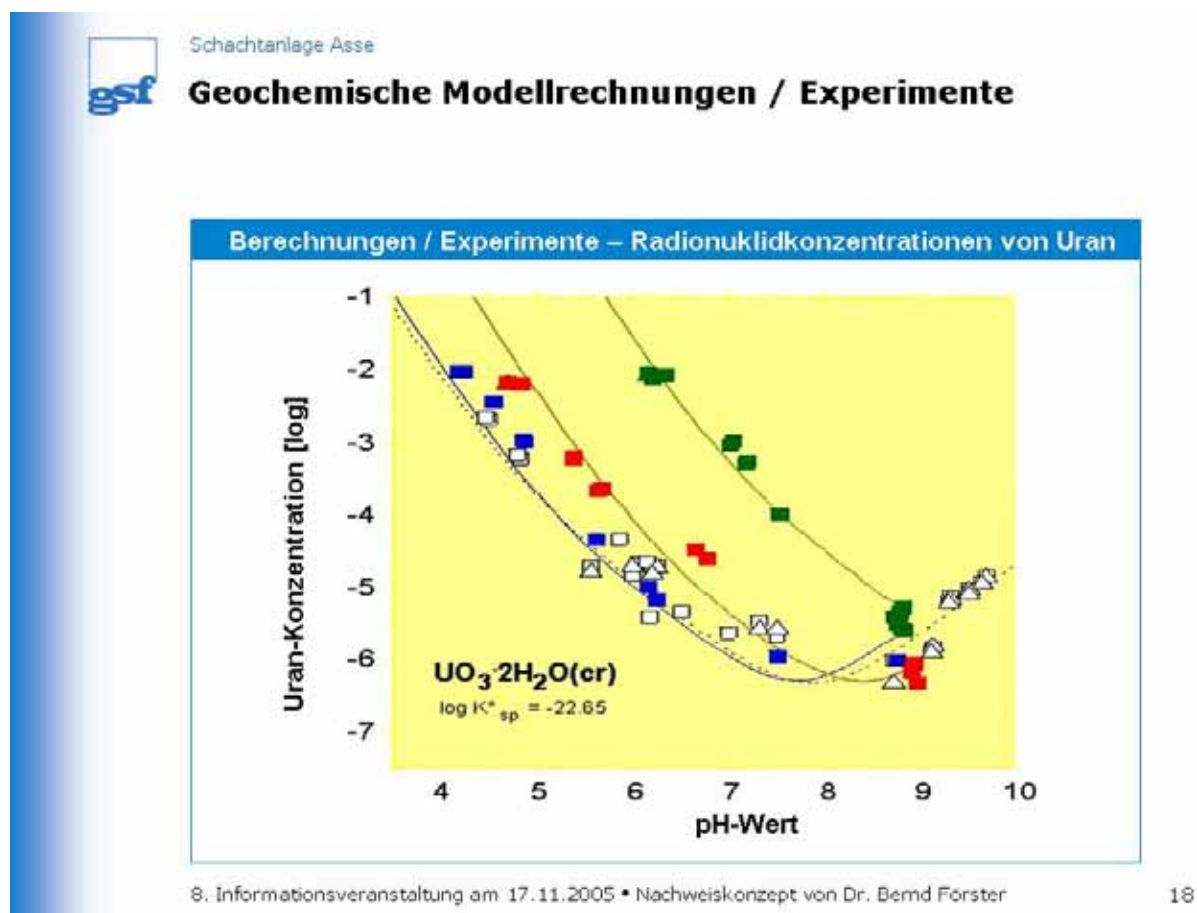
8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

17

wird für die genannten Phänomene bzw. Prozesse deren Einbeziehung in die Nachweisführung dargestellt – unter Berücksichtigung der in Folie 11 aufgezeigten Methodik und farblichen Unterlegung.

Auf diesen Folien sind die Informationen zum bestehenden Kenntnisstand für das erläuterte Phänomen jeweils gelb unterlegt, die konzeptionelle und mathematische (prozessspezifische) Modellierung jeweils blau gekennzeichnet und Effekte bzw. Ergebnisse, die aus den prozessspezifischen Teilmodellen in das Transportmodell übernommen werden, jeweils rot markiert.

Eines dieser Ergebnisse, das aus einem prozessspezifischen Teilmodell abgeleitet und in das Transportmodell übernommen wird, beschreibt die nächste Abbildung.



Untersuchungen und Modellierungen zum „geochemischen Milieu in den Einlagerungskammern“ ergaben, dass durch Beeinflussung und Stabilisierung des Milieus in den Einlagerungskammern – insbesondere des pH-Wertes im alkalischen Bereich zwischen pH 7 und pH 9 – eine langzeitige Herabsetzung bzw. Begrenzung der Radionuklidkonzentration in der Lösung erreicht wird. Folie 18 zeigt den Verlauf am Beispiel Uran.

Schachtanlage Asse

gsf **Konzeptmodell – Prozesse**

- Transfer in der Biosphäre
- Ausfällungen, Sorptionseffekte
- Verdünnung
- Advektion / Dispersion / Diffusion
- Konvektion
- Gasbildung und -speicherung
- Gebirgsmechanik / Konvergenz
- Geochemisches Milieu in ELK – Elementlöslichkeiten, Sorption
- Mobilisierung aus Abfallgebinden
- Inventar

Einflussfaktoren Transport

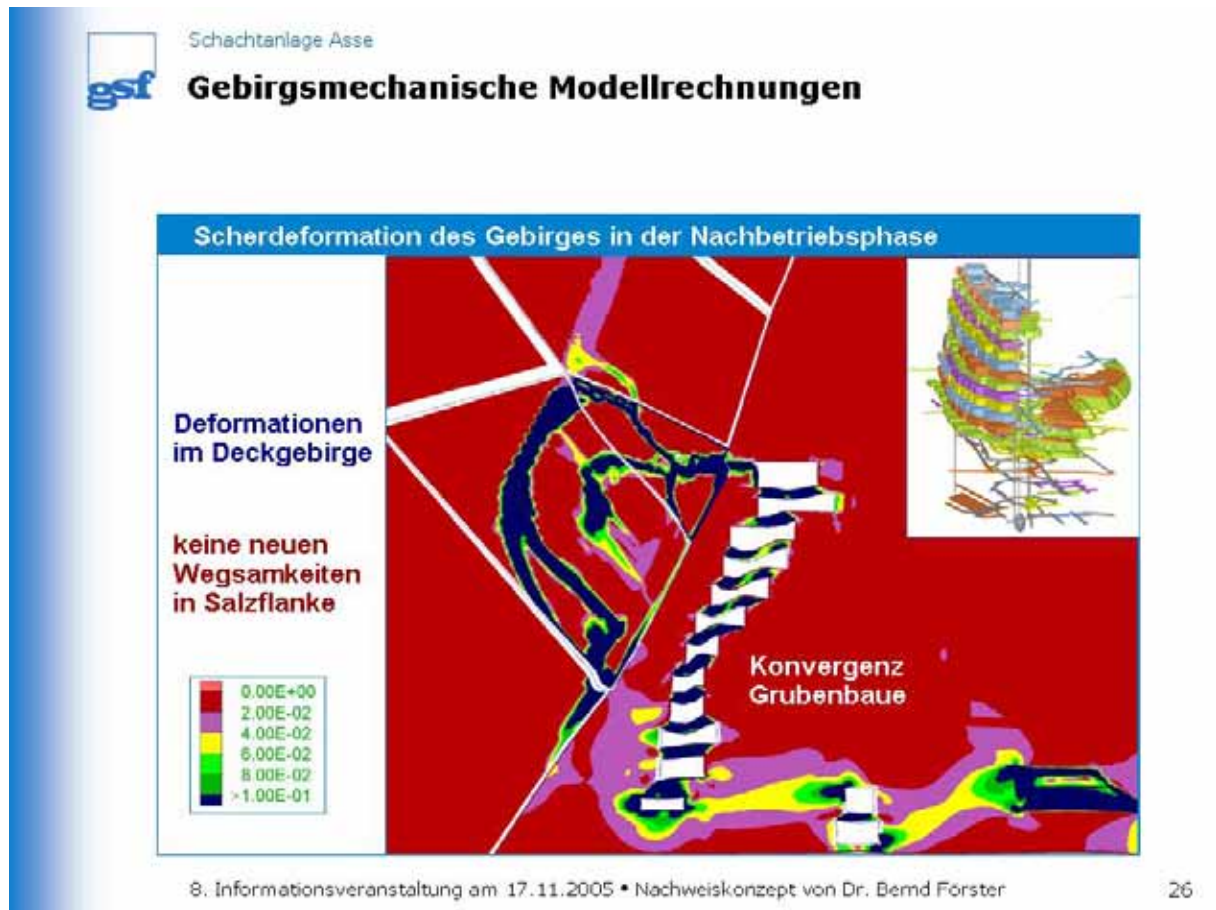
8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

erläutert eine Gruppe von Prozessen, die Lösungsbewegungen hervorrufen und den Schadstofftransport auf dem Lösungspfad bewirken. Dies sind die Konvergenz, Gasbildung und Gasspeicherung, Konvektion und Druckdifferenzen. Eine Definition zur Erklärung dieser transportrelevanten Prozesse zeigt die folgende Folie.



Die Prozesse wirken zusammen, beeinflussen sich gegenseitig und sind teilweise auch voneinander abhängig.

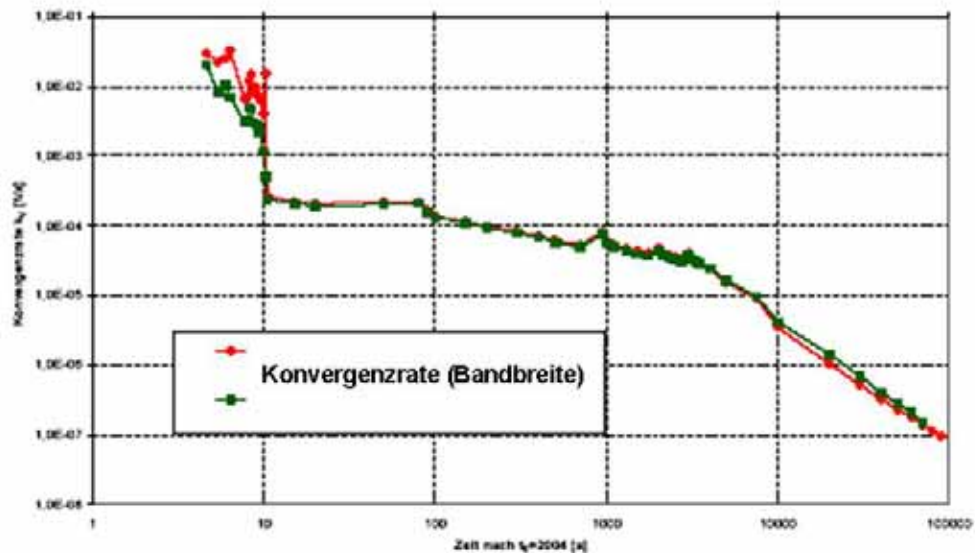
Die Konvergenz ist einer der wichtigsten Prozesse im Gesamtsystem am Standort Asse. Die Konvergenz ruft nicht nur Lösungsbewegungen hervor und beeinflusst diese über einen langen Zeitraum, sondern bestimmt maßgeblich die Absenkung der Tagesoberfläche, eines der Schutzziele (siehe oben). Auf den Folien 21 bis 28 wird dargelegt, wie der bestehende Kenntnisstand zur gebirgsmechanischen Situation am Standort Asse, abgeleitet aus einer Vielzahl von Standortmessungen (Folie 22) sowie Labor- und Feldexperimenten (Folien 23 und 24), sowohl in ein gebirgsmechanisches Modell (Folie 25) umgesetzt wurde, als auch geeignete Parameter für die Abbildung des Langzeitverhaltens der Gesteine – so genannte Stoffgesetze – abgeleitet worden sind.



Die Ergebnisse aus dem gebirgsmechanischen Modell, z. B. Grad sowie Art und Weise der Schädigung des anstehenden Gesteins

Gebirgsmechanische Auswirkung auf Grubengebäude

Konvergenzentwicklung auf der 618-m-Sohle

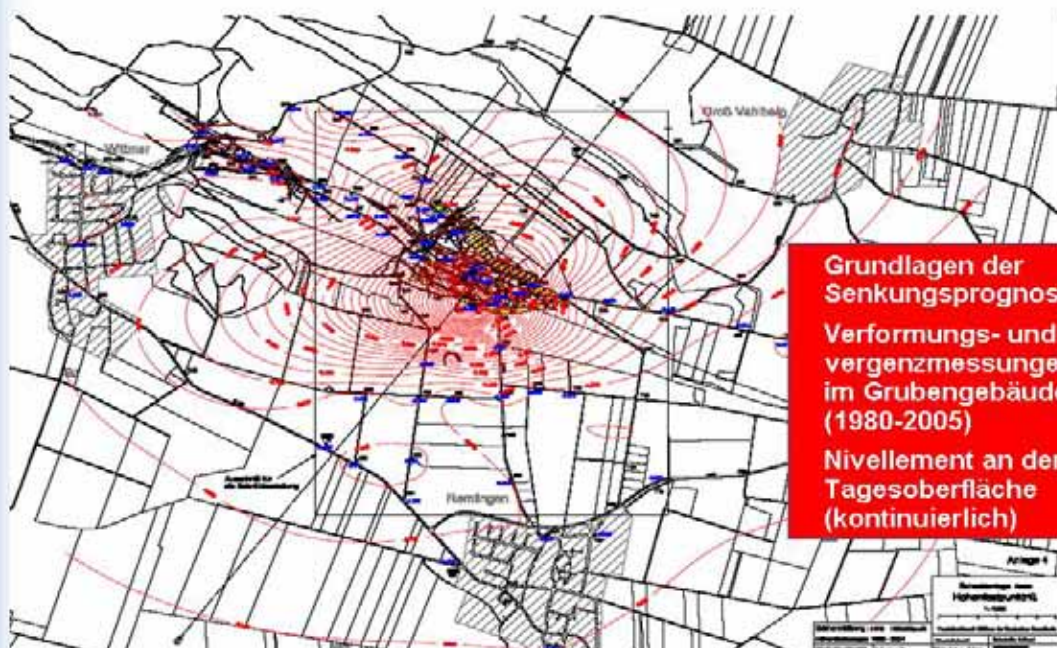


8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

27

sowie die langzeitige Entwicklung der Konvergenz im Grubengebäude

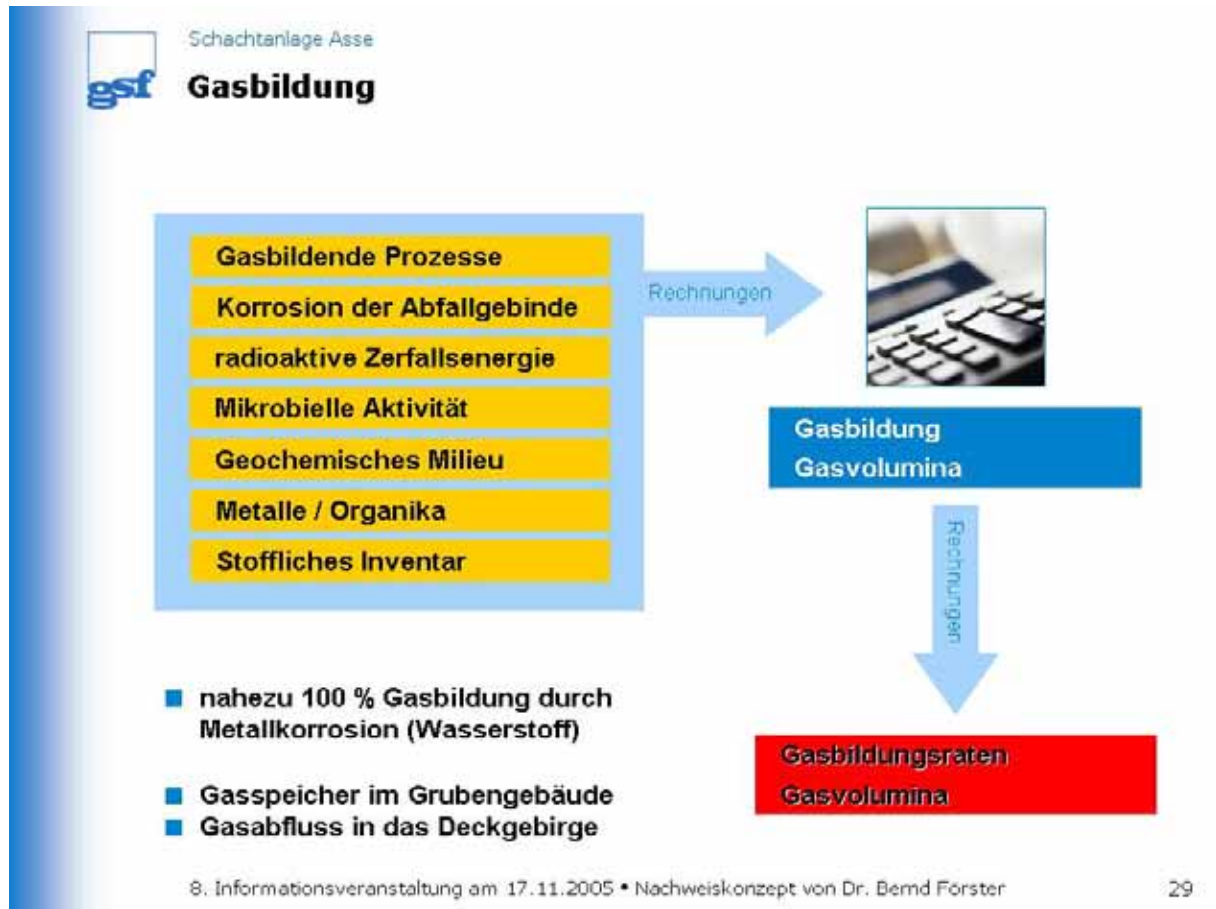
Senkungsprognose Tagesoberfläche



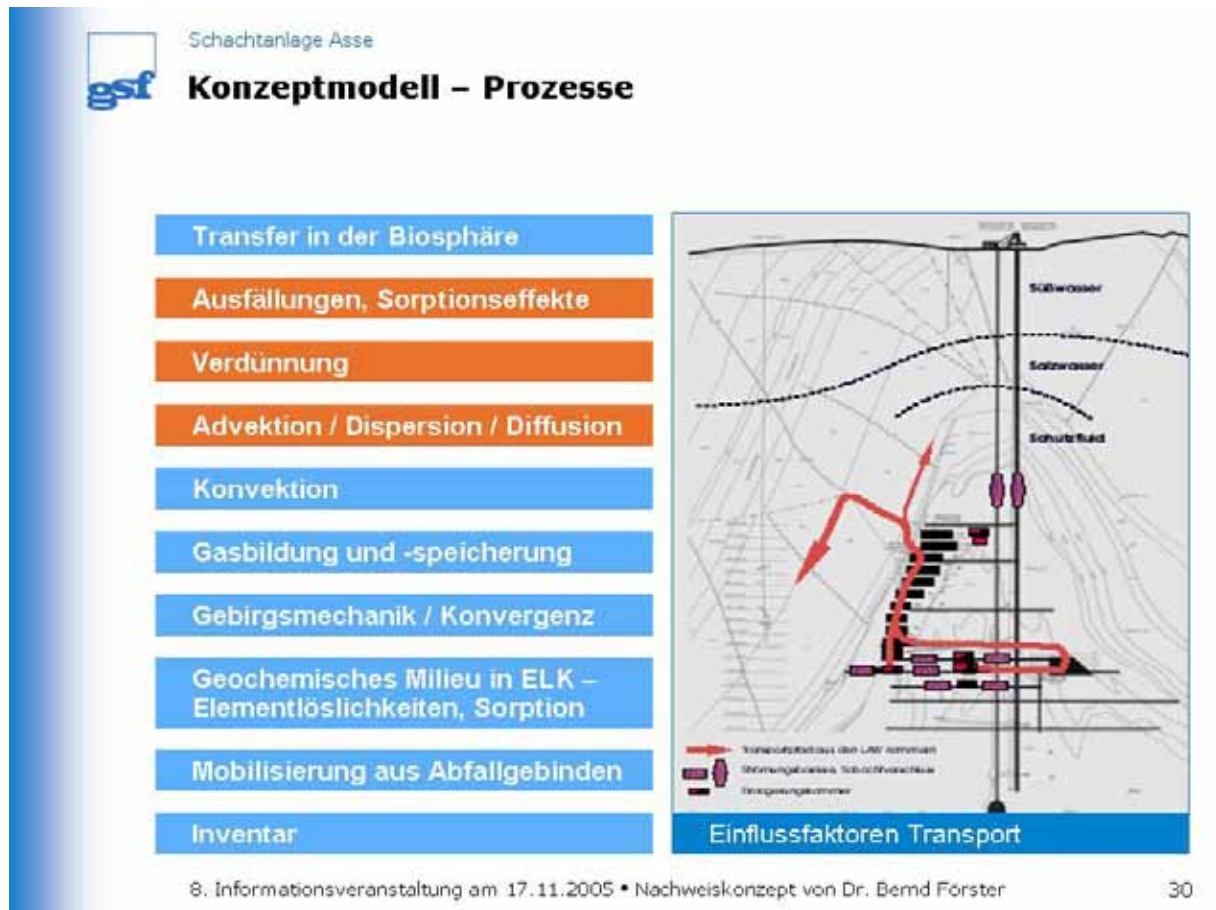
8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

28

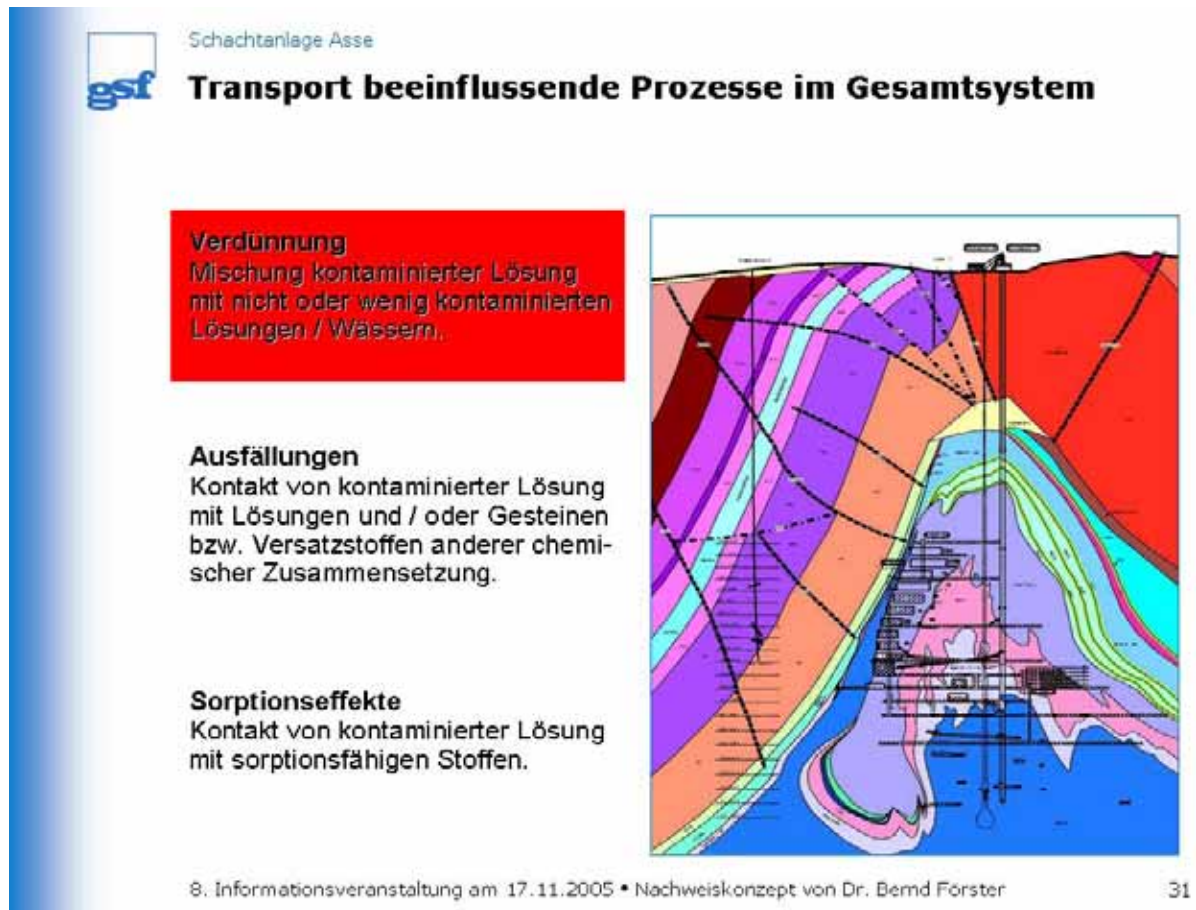
ermöglichen im Zusammenhang mit den Ergebnissen des Nivellements an der Tagesoberfläche oberhalb der Schachtanlage Asse II eine Senkungsprognose für die Tagesoberfläche in der Zukunft (Schutzziel 1, Folie 8).



Auf Folie 29 wird dargelegt, wie der bestehende Kenntnisstand zur Gasbildung und -speicherung im Grubengebäude in das Transportmodell für den gesamten Standort Asse integriert wird. Der entscheidende Gasbildungsprozess ist die Korrosion der eingelagerten Metalle unter reduzierenden Bedingungen, wobei sich Wasserstoff bildet. Ein Teil des Gases wird im Grubengebäude gespeichert, der größere Anteil fließt in das Deckgebirge ab.



erläutert eine Gruppe von Prozessen, die den Fluid- und Schadstofftransport beschreiben. Advektion, Dispersion und Diffusion sind die Transportprozesse im eigentlichen Sinne, Verdünnung sowie Ausfällungen und Sorption die beeinflussenden Prozesse für den Transport. Eine kurze Definition für die letztgenannten Prozesse zeigt die folgende Abbildung.



Die Verdünnung bewirkt eine Verringerung der Schadstoffkonzentrationen, Ausfällungen und Sorptionseffekte verhindern oder verzögern den Transport von Schadstoffen.

Für die Prognosen mit dem Transportmodell zu eventuellen Gefährdungen des Grundwassers (Schutzziel 2, Folie 8) oder möglichen Strahlenexpositionen in der Biosphäre (Schutzziel 3, Folie 8) wird für das Grubengebäude und Deckgebirge derzeit nur die Verdünnung berücksichtigt. Ausfällungen und Sorptionsprozesse verhindern oder verzögern den Transport im Grubengebäude und Deckgebirge mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit. Die spezifische Quantifizierung dieser Prozesse für bestimmte (relevante) Schadstoffe und Radionuklide ist schwierig und wird derzeit noch bearbeitet.

Für die Einlagerungskammern ist die Quantifizierung der Ausfällungen und Sorption für einige relevante Schadstoffe und Radionuklide bereits belastbar gelungen (siehe Folie 18).

Die Abbildung des Transports von Lösungen und Schadstoffen benötigt nicht nur geeignete Prozess- sondern auch geeignete Strukturmodelle, die die gegebenen Situationen vereinfacht wiedergeben.



Die Abbildung zeigt das vereinfachte Strukturmodell für die Auffahrungen im Grubengebäude.



Schachtanlage Asse

Deckgebirge



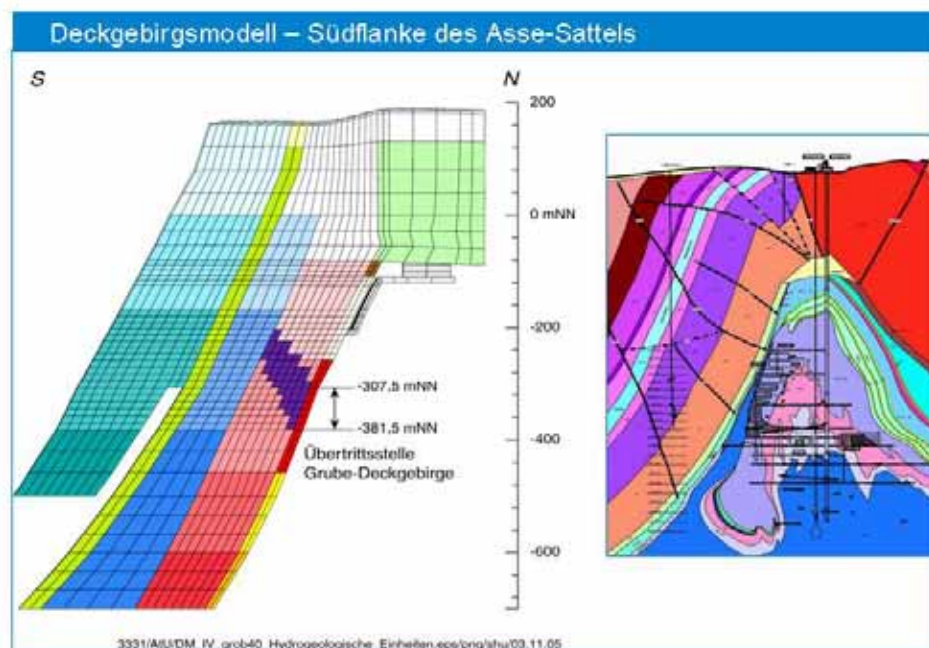
8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

33



Schachtanlage Asse

Deckgebirgsmodell



8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

34

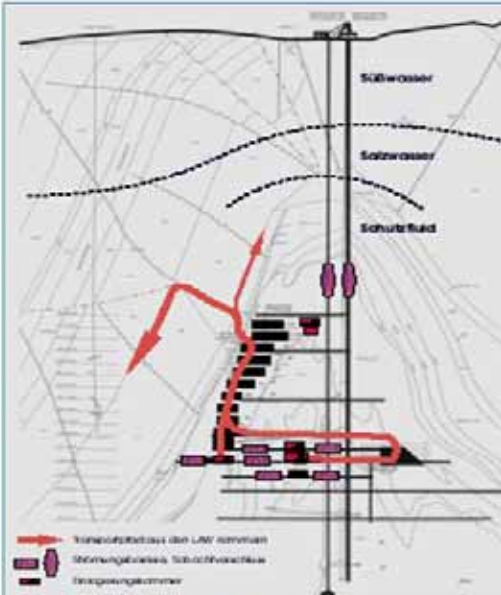
Unter Berücksichtigung der vorliegenden Kenntnisse, bestehend aus einer Vielzahl von Standortmessungen und Expertenschätzungen, wird in einem vereinfachten Strukturmodell für das Deckgebirge an der Südflanke des Salzsattels im Bereich der Schachthanlage Asse II die hydrogeologische Situation heute und die wahrscheinlichen Entwicklungen in der Zukunft abgebildet.



Schachthanlage Asse

Konzeptmodell – Prozesse

- Transfer in der Biosphäre
- Ausfällungen, Sorptionseffekte
- Verdünnung
- Advektion / Dispersion / Diffusion
- Konvektion
- Gasbildung und -speicherung
- Gebirgsmechanik / Konvergenz
- Geochemisches Milieu in ELK – Elementlöslichkeiten, Sorption
- Mobilisierung aus Abfallgebinden
- Inventar



Einflussfaktoren Transport

8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

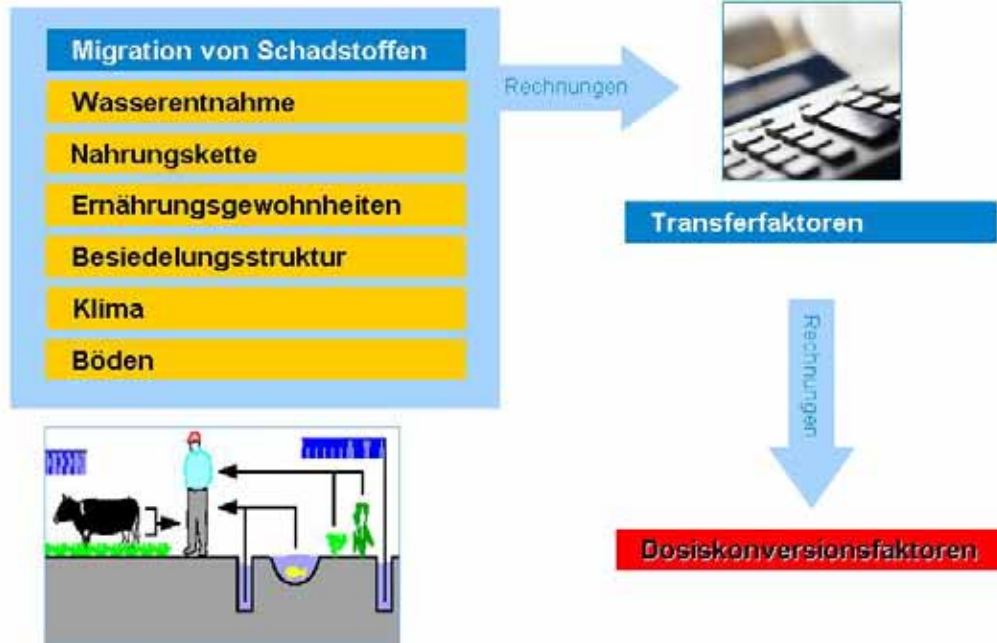
39

Um die potenzielle Strahlenexposition in der Biosphäre für einen nicht gänzlich auszuschließenden Eintritt von Radionukliden in die Biosphäre berechnen zu können, werden eine Vielzahl von möglichen Migrationspfaden berücksichtigt.



Schachtanlage Asse

Biosphäre



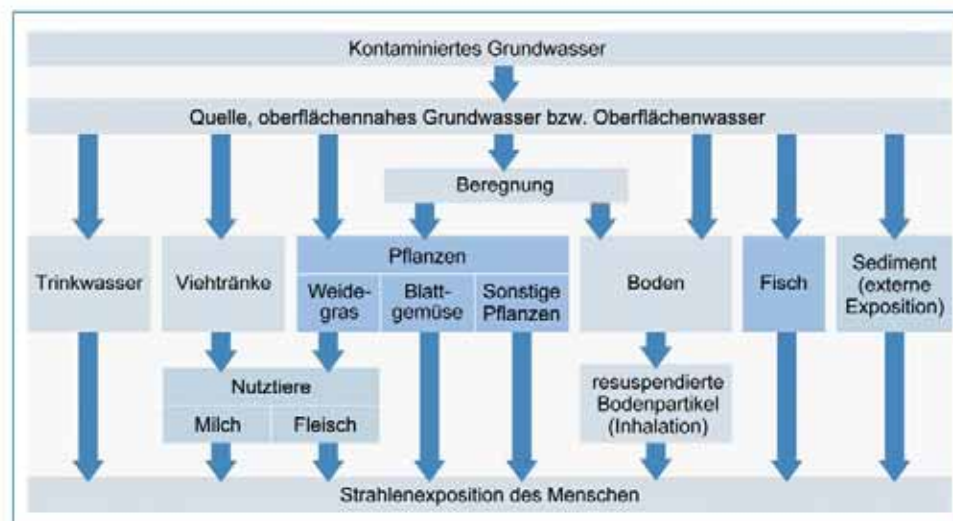
8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

36



Schachtanlage Asse

Biosphärenmodell



Berechnung der möglichen Strahlenexposition in der Biosphäre.

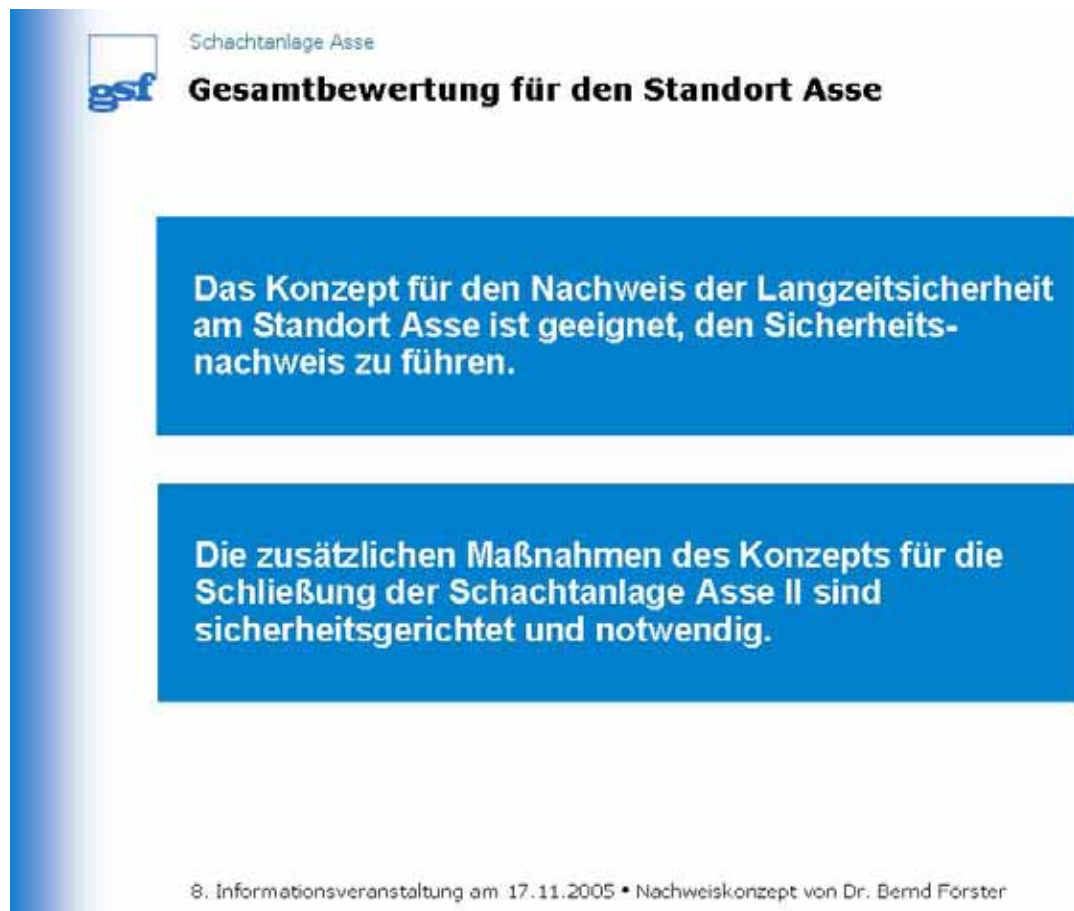
8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

37

Unter den Annahmen, dass

- a) die heutigen Besiedlungsstrukturen und Ernährungsgewohnheiten in der Zukunft bestehen werden,
- b) die Trink- und Brauchwasserentnahme ausschließlich aus von Schadstoffen beeinflussten Wasserreservoirien erfolgt und
- c) die verzehrten Nahrungsmittel ausschließlich im Umfeld des Standorts Asse produziert werden,

werden so genannte Transferfaktoren ausgewiesen. Diese beschreiben die Migration eines Radionuklids auf dem Weg vom oberflächennahen Wasserreservoir im Deckgebirge bis zum Menschen. Das Potenzial einer Gesundheitsschädigung für den Mensch wird über Dosiskonversionsfaktoren bestimmt; diese Berechnung der möglichen Strahlenexposition ermöglicht eine Einschätzung zur Einhaltung des radiologischen Schutzziels.



Schachtanlage Asse

GSF Gesamtbewertung für den Standort Asse

Das Konzept für den Nachweis der Langzeitsicherheit am Standort Asse ist geeignet, den Sicherheitsnachweis zu führen.

Die zusätzlichen Maßnahmen des Konzepts für die Schließung der Schachtanlage Asse II sind sicherheitsgerichtet und notwendig.

8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster 38

Die Gesamtbewertung für den Standort Asse hinsichtlich der Einhaltung der Schutzziele in der Nachbetriebsphase, d. h. der Nachweis der Langzeitsicherheit für die geplante Schließung der Schachtanlage Asse II, wird die auf der Folie 39 benannten Sachverhalte aufzeigen.

gsf Schachtanlage Asse



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

8. Informationsveranstaltung am 17.11.2005 • Nachweiskonzept von Dr. Bernd Förster

39

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.