



KIT
Karlsruhe Institute of Technology

76. Jahrestagung der DPG
28.03.2012 - Berlin

Wie Fukushima die Energiepolitik und Energieforschung in Deutschland und international verändert

Dr.-Ing. Joachim U. Knebel, Chief Science Officer Bereich 4



KIT – University of the State of Baden-Wuerttemberg and
National Research Center of the Helmholtz Association

www.kit.edu

Wie Fukushima die Energiepolitik und Energieforschung in Deutschland und international verändert



KIT
Karlsruhe Institute of Technology

**Reprint or dissemination of this contribution is
only permitted with written approval of
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)
and citation of the author.
Sending of the reprint to the author is
requested.**

The spoken word is valid only.



2 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin

Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Inhalt



- Fukushima
- Energiepolitik und Energieforschung nach Fukushima in D
- Kernenergie international
 - Reaktorentwicklung
 - Partitioning & Transmutation
 - Endlagerung
- Fazit

Fukushima: Ereignisse, KIT-Aktivitäten, Status und Medien



**Katastrophe in Japan –
Folgen für Nuklearanlagen**
Expertengruppen des KIT
bewerten die Vorgänge in
Fukushima. Info-Seite wird
zeitnah aktualisiert.

<http://www.kit.edu/besuchen/6042.php>

Drei Ereignisse: Erdbeben, Tsunami, Havarie von vier Kernkraftwerken



- 15.800 Todesopfer, mehr als 3.000 vermisste Menschen
- 115.000 Gebäude zerstört
- 340.000 Menschen verließen Heimat
- 87.000 Menschen flohen vor freigesetzter Radioaktivität
- 53.000 Containerwohnungen noch heute



Quelle Fotos: <http://www.stern.de/panorama/japan-am-jahrestag-der-tsunami-katastrophe-ein-land-haelt-inne-1798333>

Aktivitäten zu Fukushima am KIT



- Hintergrund-Informationen auf KIT-Homepage zu 'Japan'
<http://www.kit.edu/besuchen/6042.php>
- Bisher 31 wiss.-techn. Informationen sowie tägliche Updates der Dosisabschätzung für potentielle Freisetzungen aus Fukushima I (aktuell bei Nr. 56 vom 08.03.2012)
- Direkte Zusammenarbeit mit und Beratung von japanischen Behörden und Forschungseinrichtungen
- Enge Kooperation mit GRS, AREVA, VGB PowerTec, ...



Katastrophe in Japan – Folgen für Nuklearanlagen
Expertengruppen des KIT bewerten die Vorgänge in Fukushima. Info-Seite wird zeitnah aktualisiert.

► Mehr

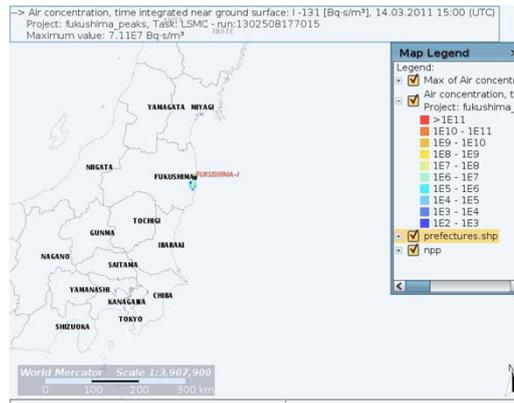


RODOS Prognosen für potentielle Freisetzungen



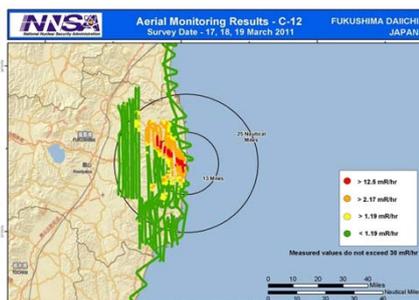
- Tägliche Durchführung von Ausbreitungsrechnungen – bis 21.4.'11 (24h Vorausschau)
- Unterstützung von anderen Notfallschutzzentren in Europa
- Vergleichsrechnungen mit Messdaten und mit anderen deutschen Institutionen ergeben gute Übereinstimmung
- RODOS ist heute in Europa in mehr als 10 Ländern installiert

Beispiel: I-131 Luftkonzentration für den 14.03-16.03, berechnet mit JRODOS



Quelle: Wolfgang Raskob, KIT-IKET

Vergleich Messdaten und Rechnung

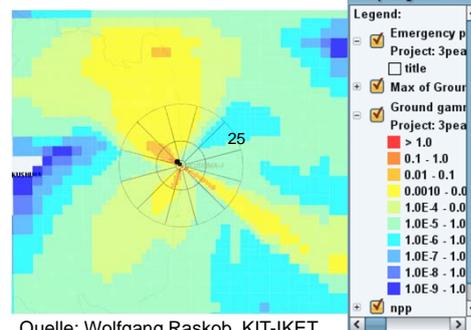


Quelle: <http://energy.gov/news/10194.htm>

U.S. Department of Energy
Messungen 17.-19. März 2011

Max. ~ 100 – 300 mikroSv/h

- In den Kraftwerken (heute): Teilweise über 4Sv/h ODL im Kühlwasser im Gebäudesumpf.



Quelle: Wolfgang Raskob, KIT-IKET

Abschätzung mit RODOS
Quellterm: ~ 2.0E17 Bq I-131

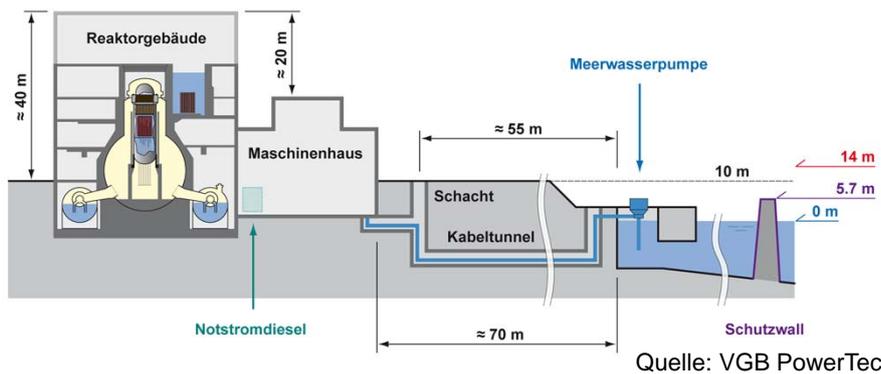
Max. einige 100 mikroSv/h

Fukushima: Ortstermin am 15. März 2012 Status der Sicherungs- und Aufräumarbeiten



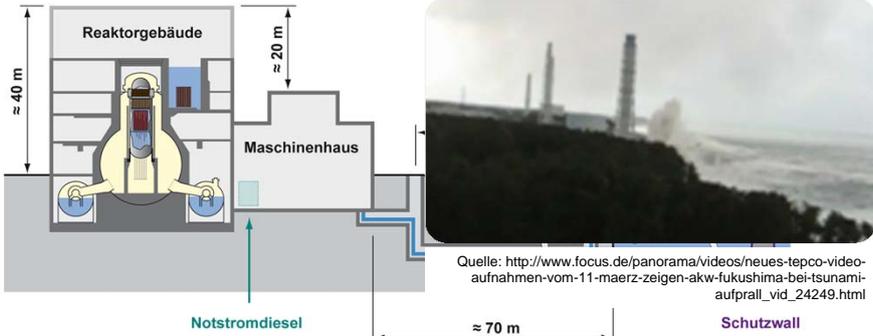
Provisorische Schaltwarte Fukushima I
Quelle: KIT

Fukushima Daiichi – Höhenprofil



- **Tsunami-Schutzwall**
 - Ursprüngliche Auslegung für maximale Wellenhöhen von **3,1 m**.
 - Nachbesserung 2002 für maximale Wellenhöhen von **5,7 m**.
- **Sicherheitsreserve**
 - **4,3 m** durch Fundamenthöhe von **10 m**.
- **Frage: Warum wurde Böschung um 25 m abgetragen?**

Fukushima Daiichi – Höhenprofil

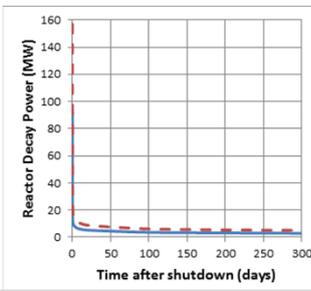


Quelle: http://www.focus.de/panorama/videos/neues-tepco-video-aufnahmen-vom-11-maerz-zeigen-akw-fukushima-bei-tsunami-aufprall_vid_24249.html
Quelle: VGB PowerTec

- **Tsunami-Schutzwall**
 - Ursprüngliche Auslegung für maximale Wellenhöhen von **3,1 m**.
 - Nachbesserung 2002 für maximale Wellenhöhen von **5,7 m**.
- **Sicherheitsreserve**
 - **4,3 m** durch Fundamenthöhe von **10 m**.
- **Frage: Warum wurde Böschung um 25 m abgetragen?**

11 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Nachzerfallswärme vs Zeit

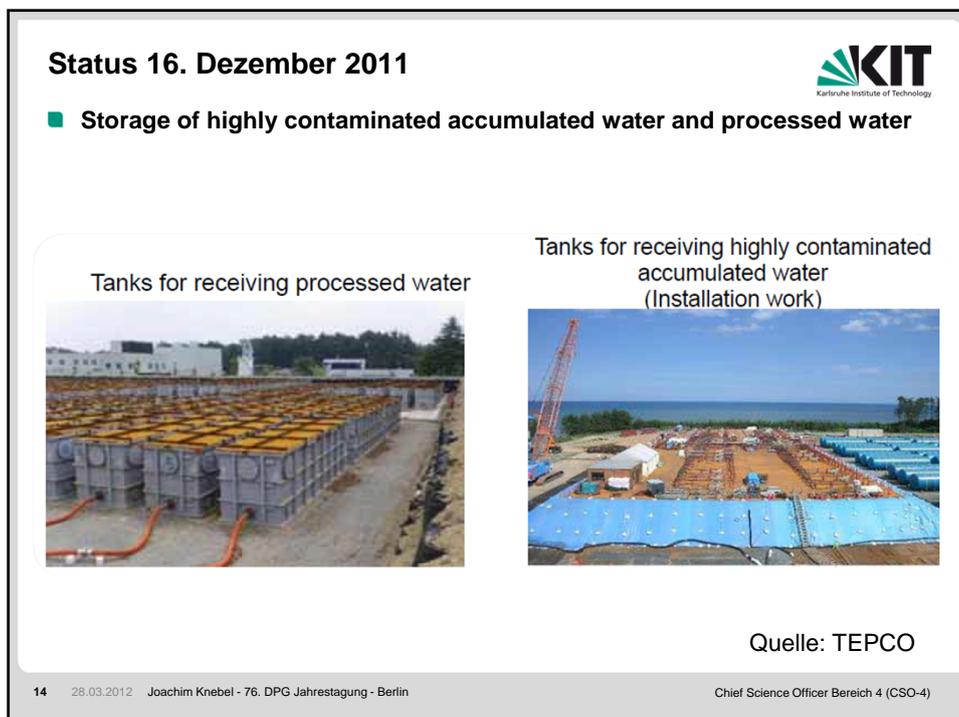
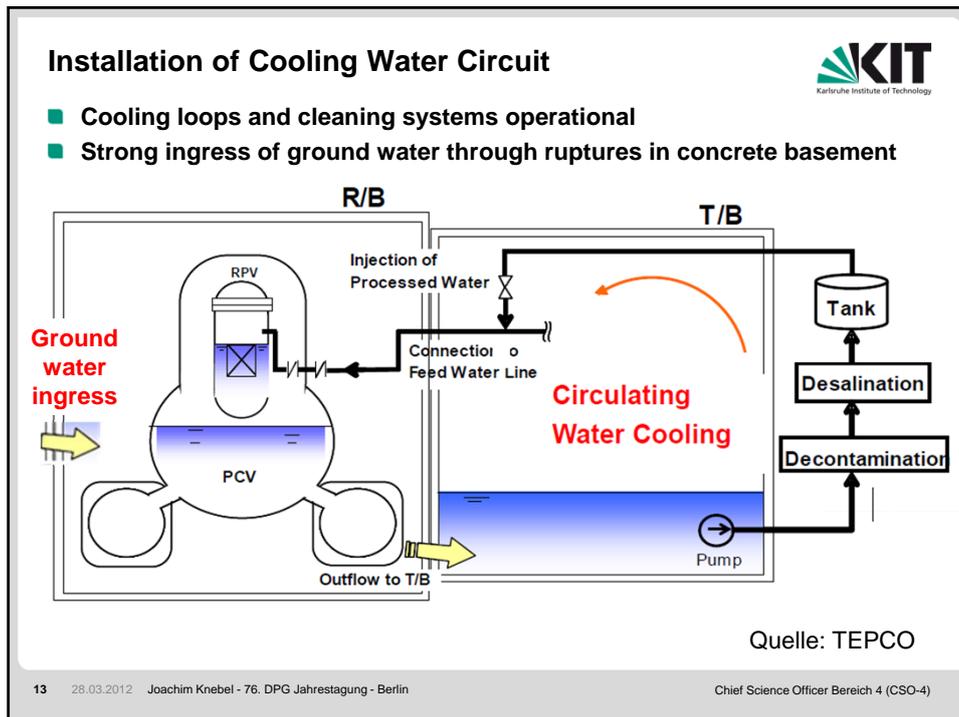


- Nachzerfallswärme bei Scram: etwa 7% der thermischen Leistung
- Nachzerfallswärme am 11.03.2012: 0,21%
Block 1: 2,9MWth
Block 2&3: je 5,0MWth
- **Fazit:**
Kühlung muss über Jahre aufrechterhalten bleiben

Date/Time (Fukushima Time)	Fukushima Daiichi-1 Decay Heat (MWth)	Fukushima Daiichi-2&3 Decay Heat (MWth)	Percent of Full Thermal Power
11.03.11, 14:46	92.0	156.8	6.60
11.03.11, 14:47	44.7	76.2	3.21
11.03.11, 14:48	36.9	62.8	2.64
11.03.11, 14:50	31.4	53.5	2.25
11.03.11, 15:00	24.1	41.0	1.73
11.03.11, 15:30	19.1	32.5	1.37
11.03.11, 20:00	12.8	21.9	0.92
12.03.11, 08:00	10.1	17.3	0.73
12.03.11, 20:00	9.1	15.5	0.65
13.03.11	8.5	14.5	0.61
14.03.11	7.8	13.2	0.53
16.03.11	6.9	11.8	0.50
20.03.11	6.1	10.5	0.44
01.04.11	5.2	8.8	0.37
01.07.11	3.7	6.3	0.26
01.10.11	3.3	5.6	0.23
11.03.12	2.9	5.0	0.21

Quelle: INR-KIT

12 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)



Status 16. Dezember 2011



- Storage of highly contaminated accumulated water and processed water

Concentrated sea water tank



Concentrated waste liquid tank



Quelle: TEPCO

March 15, 2012: Reactor Feed Pumps



Quelle: KIT

Treibstofftanks und provisorische Schaltwarte



Quelle: KIT

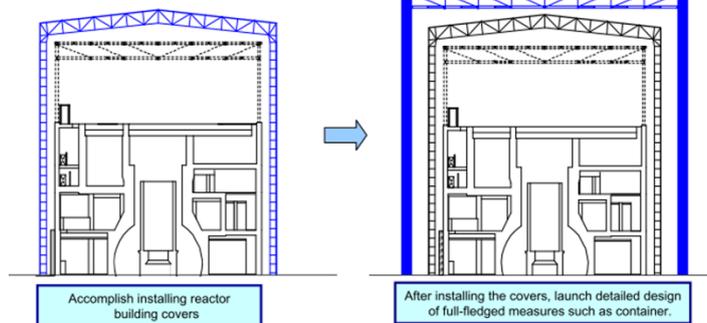
17 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin

Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Errichtung eines Schutzgebäudes über Block 1



- Schritt 1: Leichte Schutzhülle
- Schritt 2: Stahlbeton-Schutzgebäude



Quelle: TEPCO

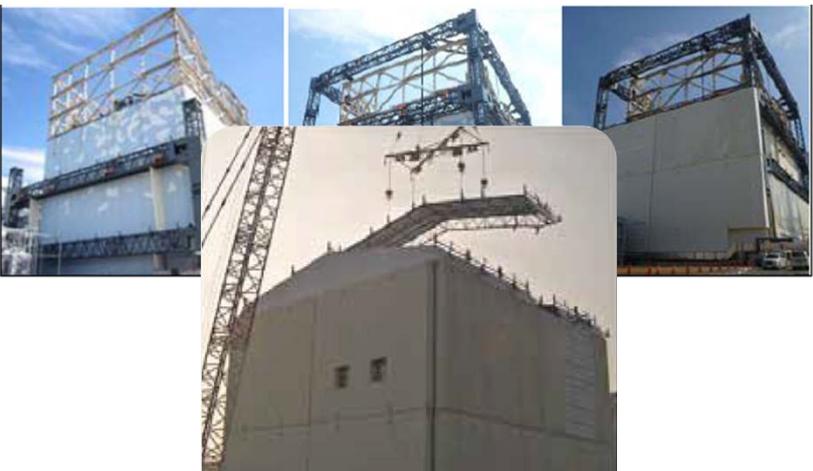
18 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin

Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Status Oktober 2011



- 28.10.2011: Vollendung des Stahlgerüsts mit Umhausung für Block 1.



Quelle: TEPCO

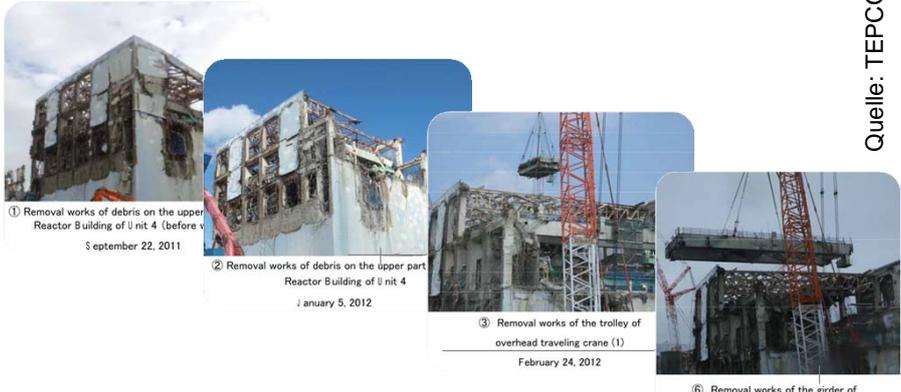
Installation of roof panel on Oct. 14

19 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Status März 2012



- Rückbau der zerstörten Stahlbetonstrukturen und Entfernung von Großkomponenten des Schutts an Block 4, oftmals fernhantiert.



Quelle: TEPCO

- ① Removal works of debris on the upper part of Reactor Building of Unit 4 (before v September 22, 2011
- ② Removal works of debris on the upper part of Reactor Building of Unit 4 January 5, 2012
- ③ Removal works of the trolley of overhead traveling crane (1) February 24, 2012
- ④ Removal works of the girder of overhead traveling crane (2) March 5, 2012

- Vollständiger Rückbau: 30 bis 40 Jahre.

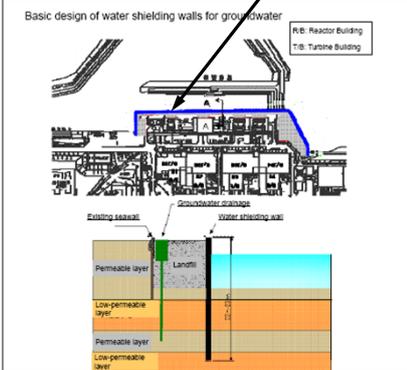
20 Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Status Oktober 2011



- Design für eine Grundwasser-Schutzwand (tiefer als 23m) von den Blöcken 1 bis 4 (blaue Linie)

Basic design of water shielding walls for groundwater



RB: Reactor Building
TB: Turbine Building

Permeable layer
Landfill
Water shielding wall

Status of placing steel pipe sheet pile



Quelle: TEPCO

21 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Vergessene Tsunami-Warnsteine oder Zwischen-Fazit



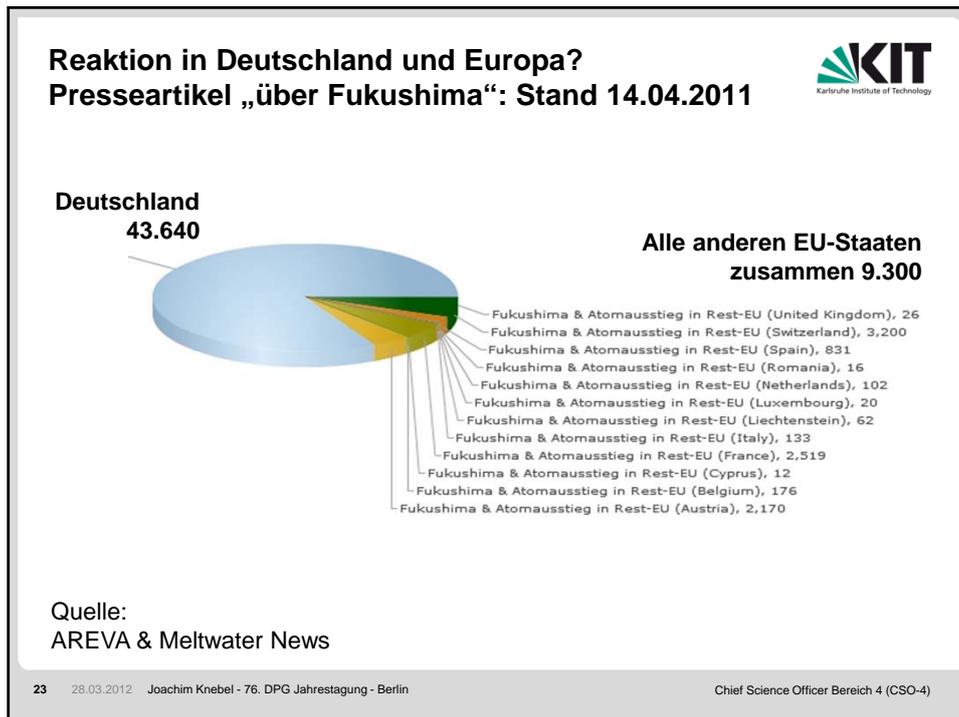
Inschrift:

- „Baue nicht unterhalb dieses Steins!“
- „Bei Erdbeben, achte auf Tsunamis!“



Foto:
<http://www.spiegel.de/fotostrecke/fotostrecke-66796.html>

22 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)



Inhalt

- Fukushima
- Energiepolitik und Energieforschung nach Fukushima in D
- Kernenergie international
 - Reaktorentwicklung
 - Partitioning & Transmutation
 - Endlagerung
- Fazit

24 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Energiekonzept der BR in Kürze




Die Bundesregierung



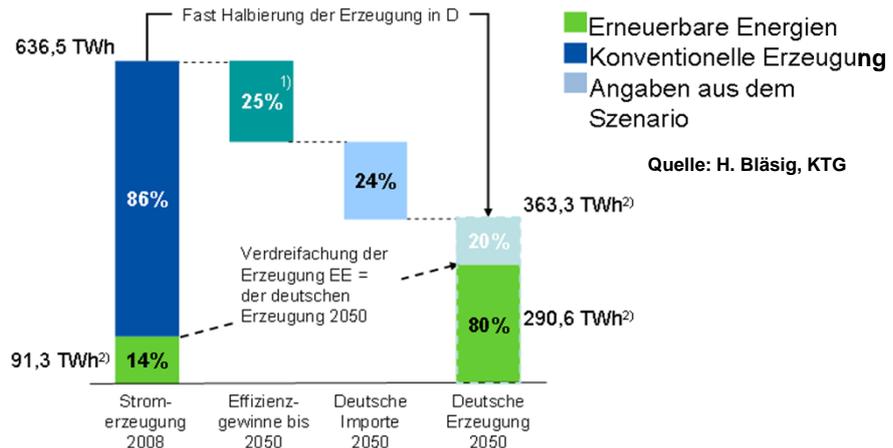
ENERGIEKONZEPT 2050

Energiewende kommt

Quelle:
<http://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Energiekonzept/energiekonzept.html>

25 Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Energiekonzept der Bundesregierung 2010 (Basis-Szenario)

636,5 TWh

Fast Halbierung der Erzeugung in D

25%¹⁾

24%

363,3 TWh²⁾

20%

80%

290,6 TWh²⁾

91,3 TWh²⁾ 14%

86%

Verdreifachung der Erzeugung EE = der deutschen Erzeugung 2050

Stromerzeugung 2008

Effizienzgewinne bis 2050

Deutsche Importe 2050

Deutsche Erzeugung 2050

Erneuerbare Energien

Konventionelle Erzeugung

Angaben aus dem Szenario

Quelle: H. Bläsig, KTG

■ **BM Röttgen BMU am 30.8.2011. „20% Erneuerbare im Strom!“**

■ **Aber: Von 2009 auf 2010 plus 3.6% Zuwachs im Stromverbrauch in D.**

26 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Wie verhält sich der Kunde? Stromverbrauch D nach Kundengruppen

Kundengruppen	2009	2010*	Änderung in Prozent
	Mrd. kWh		
Produzierendes Gewerbe	208,9	223,0	+ 6,7
Haushalt	139,2	141,0	+ 1,3
Handel und Gewerbe	73,7	74,8	+ 1,5
Öffentliche Einrichtungen	44,8	45,0	+ 0,4
Landwirtschaft	8,6	8,7	+ 1,2
Verkehr	15,9	16,5	+ 3,8
Insgesamt	491,1	509,0	+ 3,6

Quelle: BDEW

11.3.2011: Fukushima



www.n-tv.de - ap, dpa

- Sofortige Abschaltung der älteren KKW in Deutschland
- Stresstests in Deutschland und Europa
- Ethikkommission in Deutschland
- Ausstieg aus der Kernenergie in Deutschland bis 2022


 Die
Bundesregierung

Neue Energie für Deutschland (10/2011)

www.bundesregierung.de (1/2)


Karlsruhe Institute of Technology

Deutschland wird eine der energieeffizientesten und umweltschonendsten Volkswirtschaften der Welt.

- Von 2009 bis 2011: Stromanteil aus EE steigt von 17 auf 20 Prozent.
Sowie Ziel 2020: 35%, Ziel 2050: 80%.
- Ende 2022 geht das letzte deutsche Kernkraftwerk vom Netz.
Übergangsweise mehr Strom aus Kohle und Gas, damit
Stromversorgung sicher und bezahlbar bleibt. Modernisierung
vorhandener Kraftwerke, schnelle Fertigstellung neuer Kraftwerke.
- Bau großer Windkraftanlagen,
Förderung der Biomasse.

Quelle:
http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Offshore-Windparks



29 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin
Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)


 Die
Bundesregierung

Neue Energie für Deutschland (10/2011)

www.bundesregierung.de (2/2)


Karlsruhe Institute of Technology

Deutschland wird eine der energieeffizientesten und umweltschonendsten Volkswirtschaften der Welt.

- Um Strom aus erneuerbaren Energien (EE) speichern zu können, sind
weitere Pumpspeicherkraftwerke nötig.
Gleichzeitig werden neue Speichertechnologien gefördert.
- Zügiger Ausbau des Stromnetzes, um Strom aus Windkraft zu
verteilen. Anhörung betroffener Bürger bei neuen Trassen.
- Energetische Sanierung von Gebäuden:
Aufstockung des Programms zur CO₂-
Gebäudesanierung.

Quelle:
<http://hallo.news352.lu/edito-77382-rieseninvest-in-die-stromautobahn.html>



30 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin
Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: „Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“



- 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung (Juli 2011) definiert strategisch wichtige Themen:
 - Energieeffizienz,
 - Erneuerbare Energien,
 - Energiespeicherung,
 - Netze.

- Nukleare Sicherheitsforschung und Fusionsforschung werden grundsätzlich genannt.



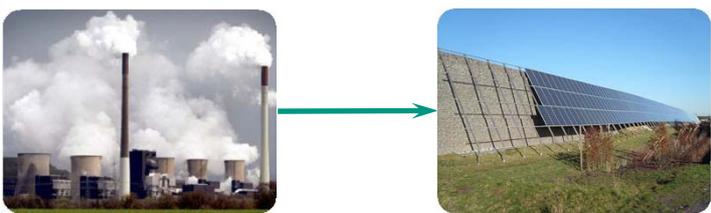
Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung
Das 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung

31 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin
Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Grundsätzliche, neue Herausforderungen an unser Energiesystem:



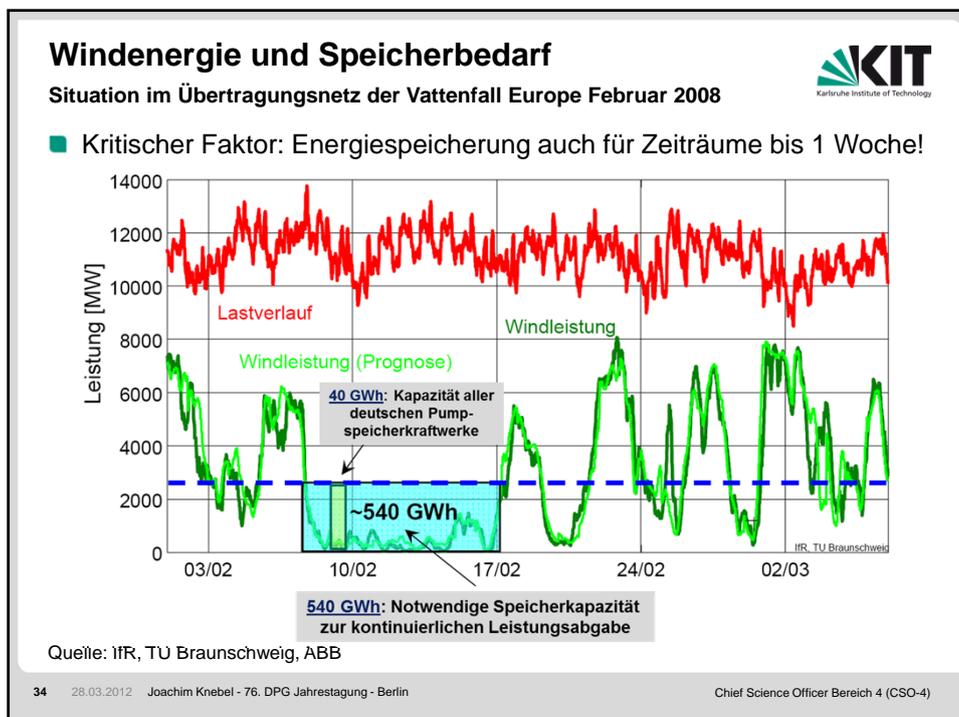
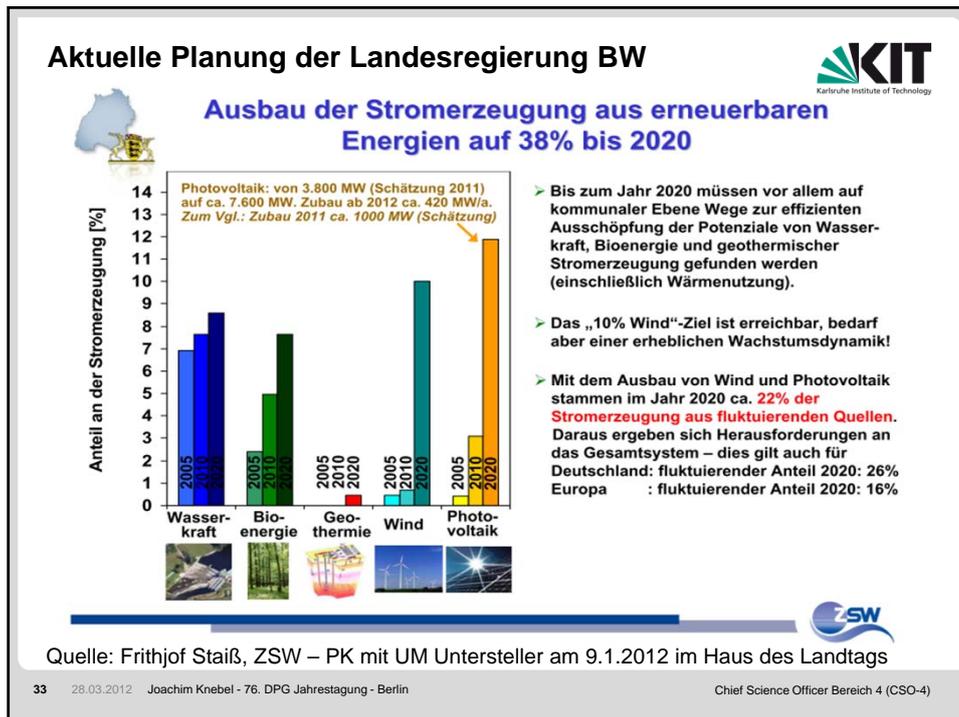
- Vom Punkt zur Fläche
- Von zentral zu dezentral
- Von direktem Verbrauch zu Speicherung, Nutzerverhalten folgt Energieangebot
- Energieverbraucher nimmt an Steuerung und Erstellung von Energiedienstleistungen teil



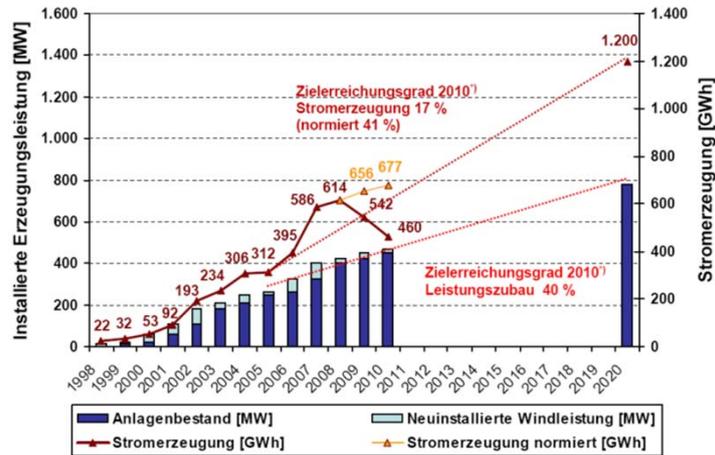
32 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin
Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Quelle:
<http://www.solar-energie-boden.de>
<http://www.sonnenfluesterer.de>



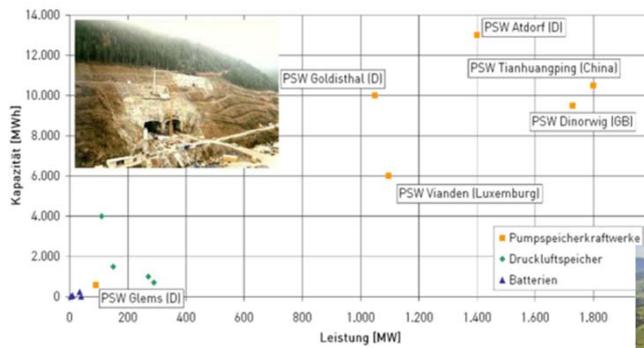


Entwicklung der Windenergie in Baden-Württemberg von 1998 bis 2010 unter Einbeziehung der Zielsetzung des Energiekonzepts 2020



¹⁾ Der Zielerreichungsgrad drückt ausgehend vom Basiswert 2005 das Verhältnis des zum Betrachtungszeitpunkt (2010) erreichten Ausbaus zum Zielwert 2020 in Prozent aus.
[Formel: $((\text{Istwert 2010} - \text{Basiswert 2005}) / (\text{Zielwert 2020} - \text{Basiswert 2005})) * 100$]

Pumpspeicherkraftwerk: Speicherkapazität vs Leistung



■ Beispiel Atdorf (Schwarzwald)

- Leistung 1400 MW
- Fallhöhe 600 m
- Kapazität 12.5 GWh
- Beckeninhalte je 9 Mio m³



Quelle: EnBW

Können Elektroautos einen Beitrag zur Energiespeicherung leisten?

- Vergleich von Speicherkapazitäten



Elektroautos	Pumpspeicherkraftwerke
<p>Annahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Mio Fahrzeuge (Ziel 2020 in D) als Speicher im Netzverbund je 20 kWh Speicherkapazität der Batterie 70% Verfügbarkeit zur Speicherung 50% mittlerer freier Speicher <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  <p>Quelle: www.think.no</p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  <p>7.000 MWh Kapazität</p> </div>	<p>Annahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> Alle Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland summarisch betrachtet <i>Atdorf: plus 12.5 GWh</i> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  <p>Quelle: Schluchseewerk AG</p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  <p>40.000 MWh Kapazität</p> </div>

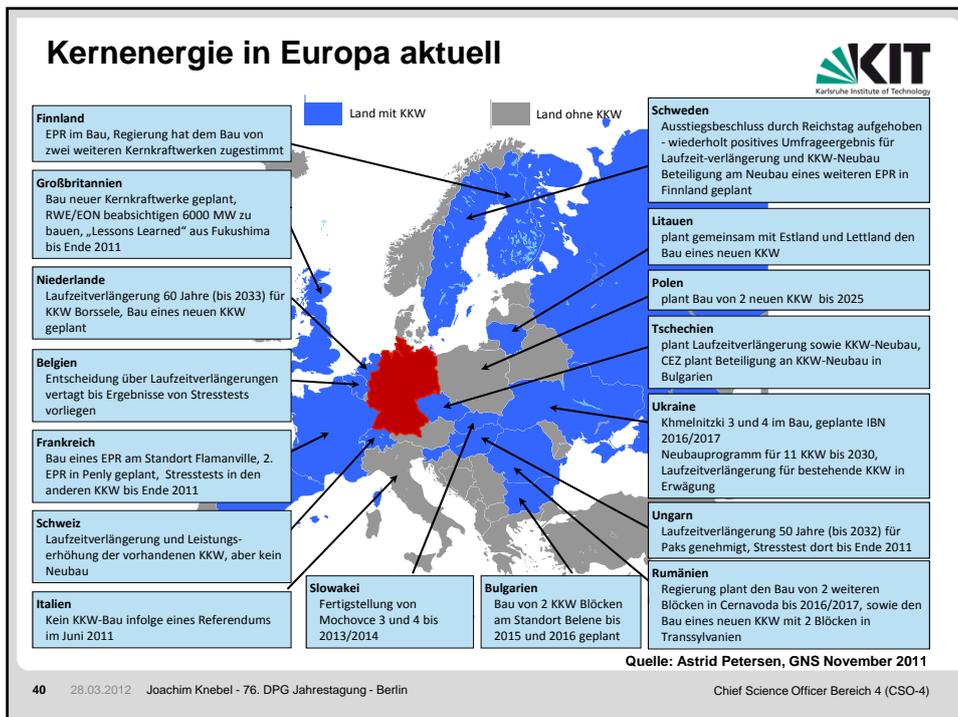
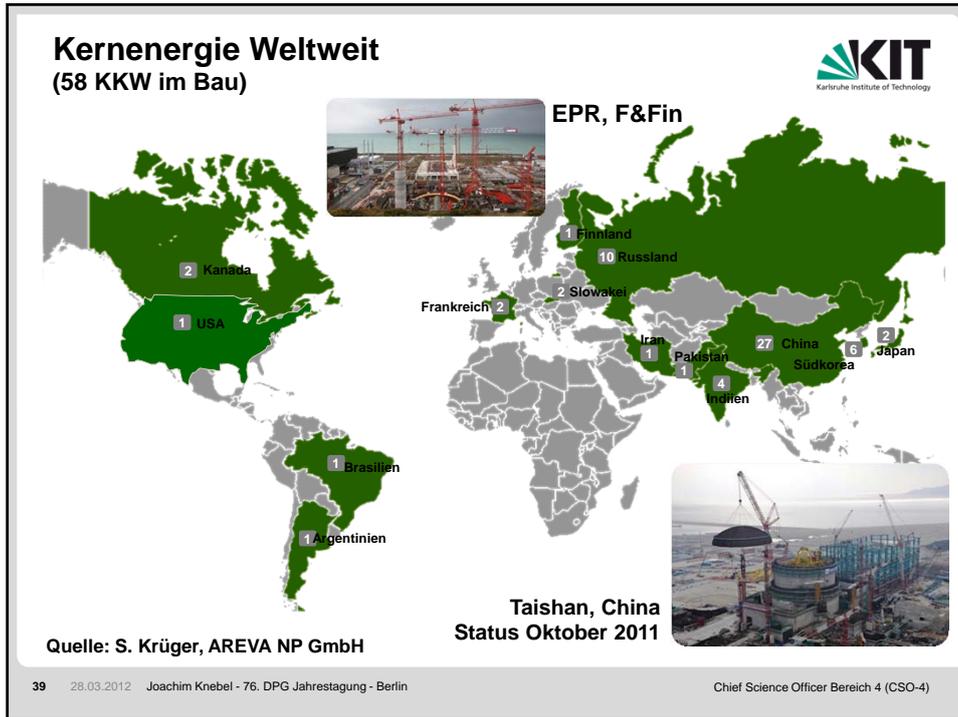
37 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin
Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Inhalt

- Fukushima
- Energiepolitik und Energieforschung nach Fukushima in D
- Kernenergie international
 - Reaktorentwicklung
 - Partitioning & Transmutation
 - Endlagerung
- Persönliches Fazit



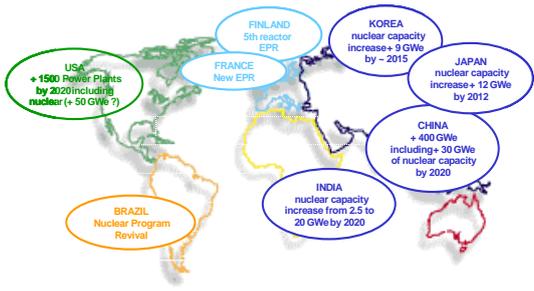
38 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin
Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)



Internationale Strategien



- Frankreich
- VR China
- USA

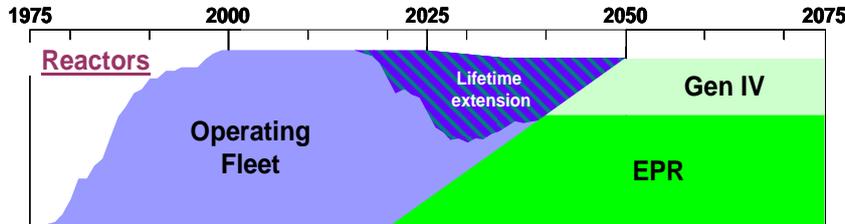


41 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Kerntechnik-Strategie in Frankreich



- Laufzeitverlängerung
- Ersatz alter Anlagen durch Anlagen der Generation III+
- Stromerzeugung und Transmutation von hochradioaktivem Abfall in Schnellen Reaktoren
- ‚Law Bataille‘ vom 28. Juni 2006: Nachhaltiges Management des radioaktiven Abfalls



From:
EdF, France

42 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

French Energy Policy




■ France follows the European Climate-Energy Package in 2020

Reduction by 20%
of the overall consumption
of primary energy

Reduction by 20%
of emissions of greenhouse
gases (compared to 1990)

With a 23% share
of renewable energy
in the energy mix

Efficiency/Sobriety

in industrial processes
in housing
in transport
...

Nuclear and Renewables

two pillars of the 2020 French energy mix

But: 50% of the primary energy consumption still rely on fossil fuels

Source (2012):
Bernard Bigot, Administrateur Général, Alternative Energies and Atomic Energy Commission

43 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin
Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

CEA European Involvement - ESNII



2010 2015 2020 2025



SFR

Pre-conceptual studies → 2012- Design → SFR Prototype ASTRID → 2017- Construction → 2022- Operation, Coupling to the grid



LFR

2010- Design → LFR Demonstration Plant MYRROR → 2014- Construction → 2020- Operation

Pre-conceptual studies → 2014- Design → LFR Demonstration ALFRED → 2017- Construction → 2025- Operation



GFR

Pre-conceptual studies → 2014- Design → GFR Demonstrator ALLEGRO → 2018- Construction → 2025- Operation



Supporting infrastructures, research facilities - loops, testing and qualification benches, Irradiation facilities incl. fast spectrum facility (Myrrha) and fuel manufacturing facilities

44 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin
Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

These EPR Developments are Realized Today





Flamanville, France



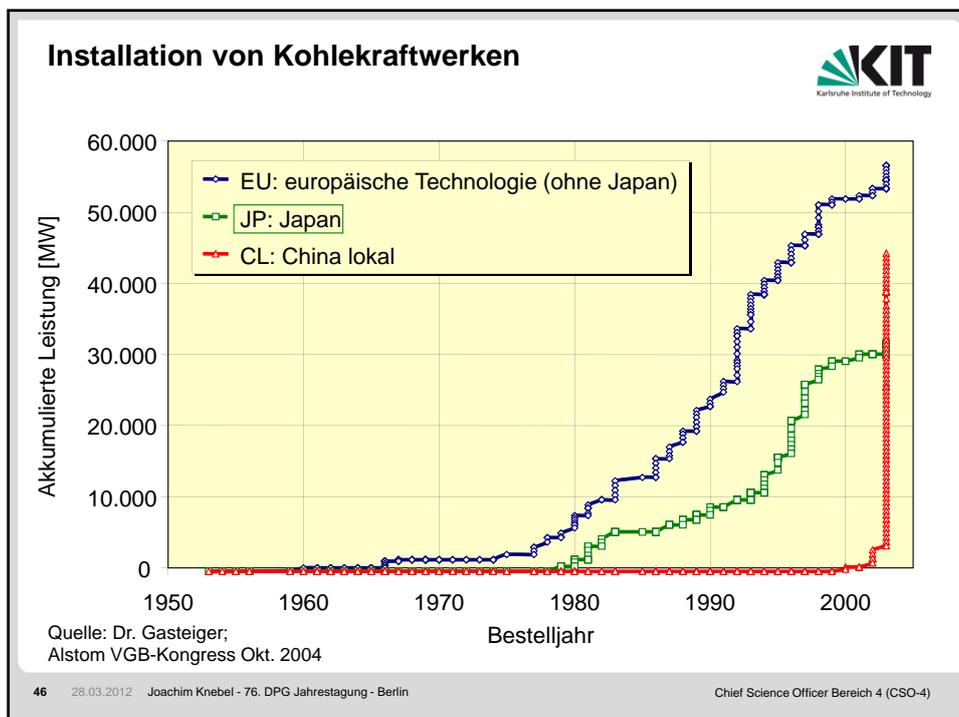
Taishan 1, China (10/2011)

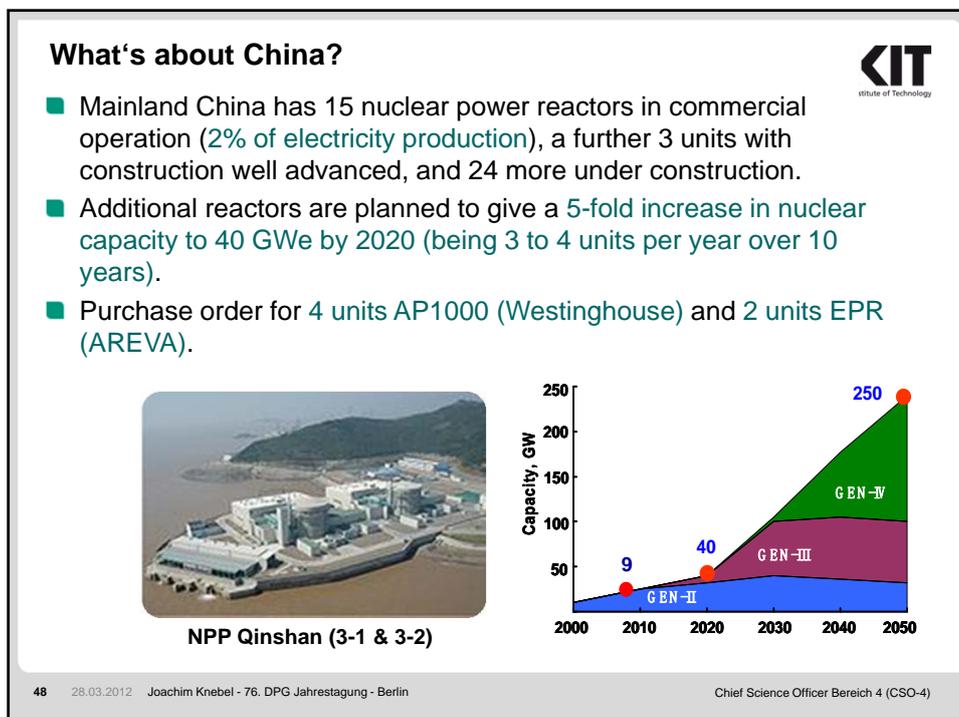
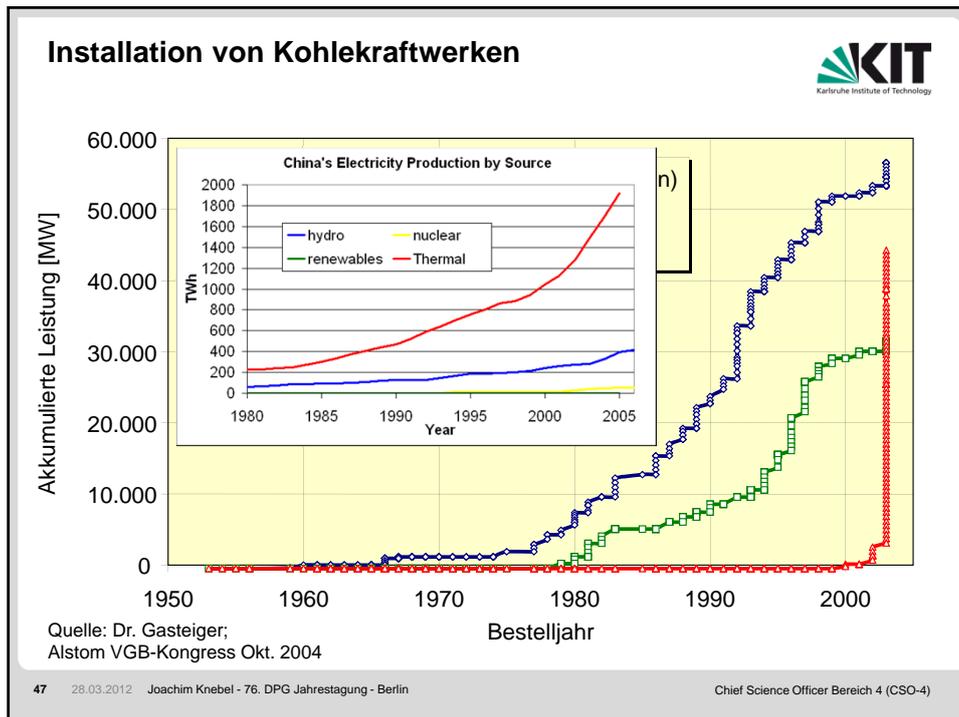


Bidding starts for Olkiluoto 4, Finland (26/03/2012)

Quelle: AREVA

45 Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

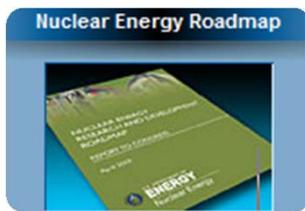




USA



- Life time extension of NPPs for 60 years.
- 16.03.2012: The latest pictures from the Vogtle 3 and 4 nuclear build project show workers preparing the simulator and installing rebar ahead of first concrete.
- Strong research programme: Idaho National Laboratory is the Department of Energy's lead nuclear energy research and development facility.



Source: Idaho National Lab and
<http://www.world-nuclear-news.org>

Inhalt



- Fukushima
- Energiepolitik und Energieforschung nach Fukushima in D
- Kernenergie international
 - Reaktorentwicklung
 - Partitioning & Transmutation
 - Endlagerung
- Fazit

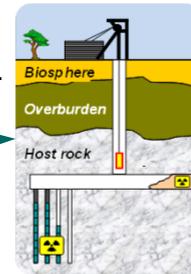
Context and P&T Objectives



- To comply with the increase of energy demand, climate change and environmental protection, a **holistic approach** is needed, which should include nuclear energy and advanced nuclear fuel cycles.
- Advanced nuclear fuel cycles are required to meet the new goals, e.g.: **sustainability, waste minimisation, enhanced proliferation resistance.**
- In this context the P&T strategy allows in principle a combined **reduction of the radionuclide masses** to be stored, their associated **residual heat**, and, as a potential consequence, the **repository volume and cost.**
- P&T could enhance the **acceptability** of a final repository.



P&T



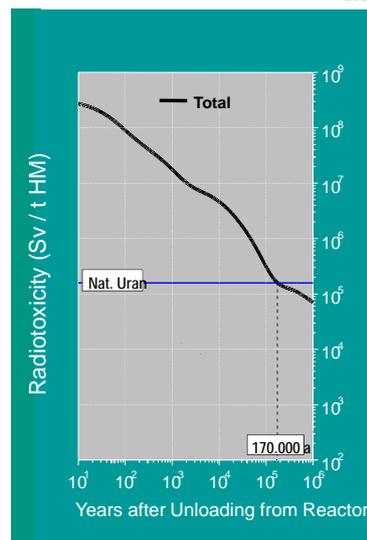
51 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin

Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Reduction of Radiotoxicity (1/4)

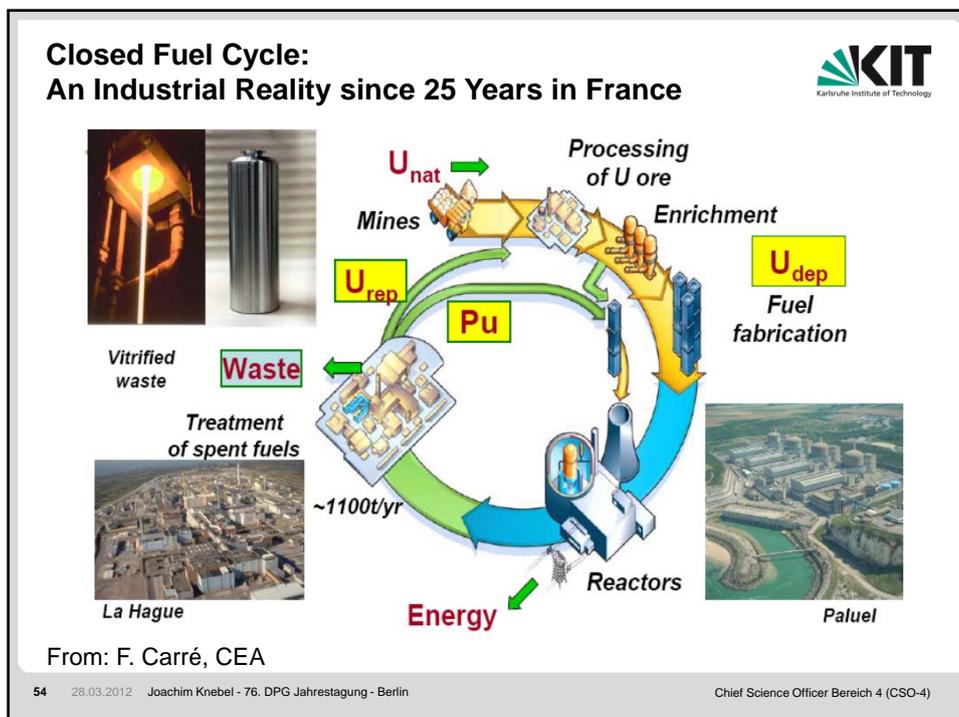
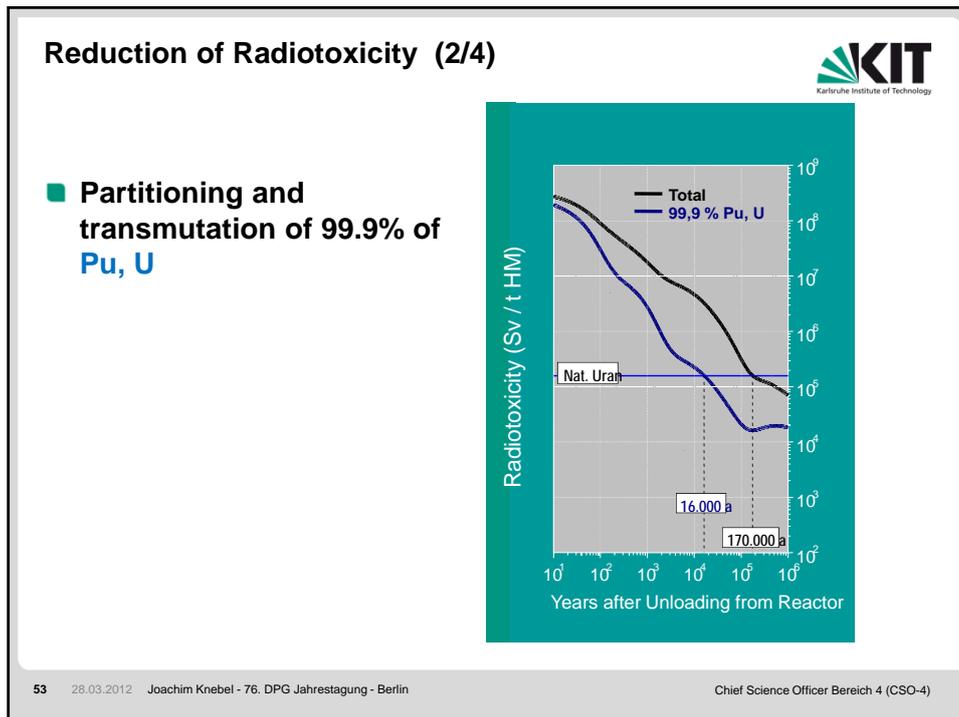


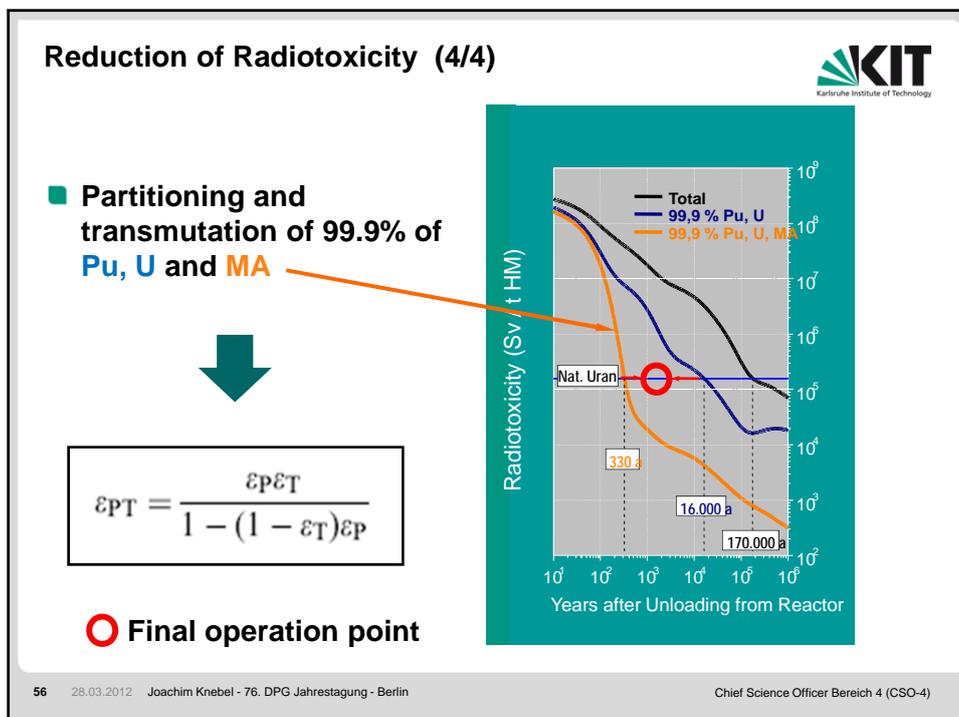
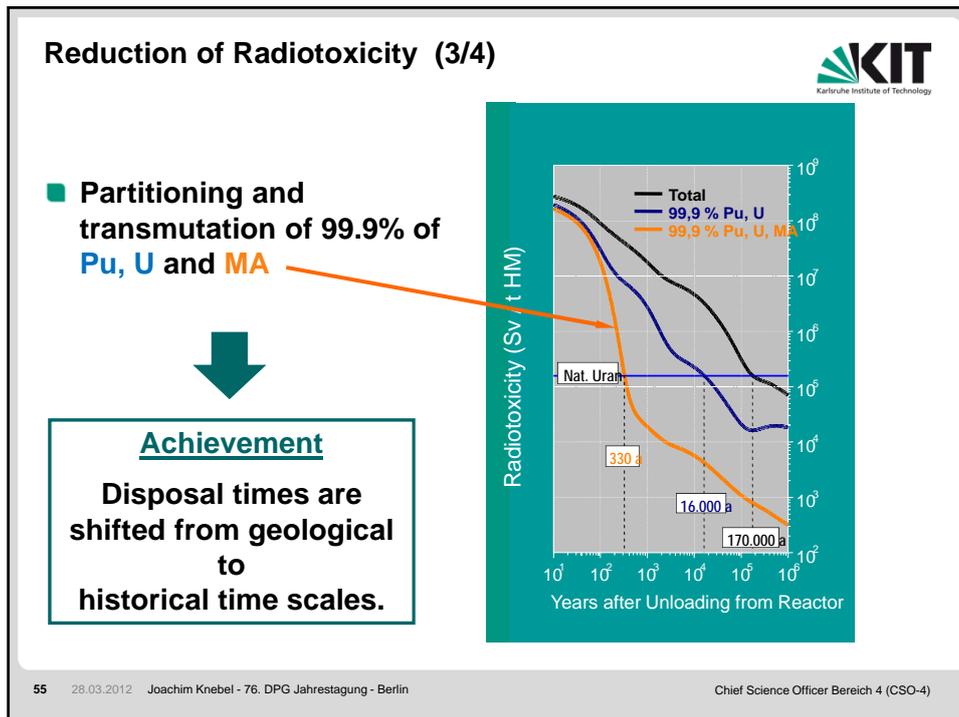
- **Direct disposal of overall nuclear wastes**



52 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin

Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

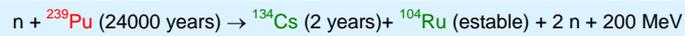




Examples of Transmutation



- **Transmutation is the conversion of one element to another and by extension one isotope to another, thus transforming long-lived isotopes to short-lived or even stable ones. Sometimes several captures and decays must take place.**
- **Three examples:**



From: Enrique Gonzalez CIEMAT

57 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin

Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

International Community



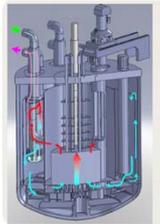
Some supporters:



58 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin

Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Sodium Cooled Fast Reactors

ASTRID (by AREVA)



BN 800 (construction initiated in July 2006)



CEFR (First connection to the grid: 21.6.2011)



PFBR (construction initiated in October 2004)

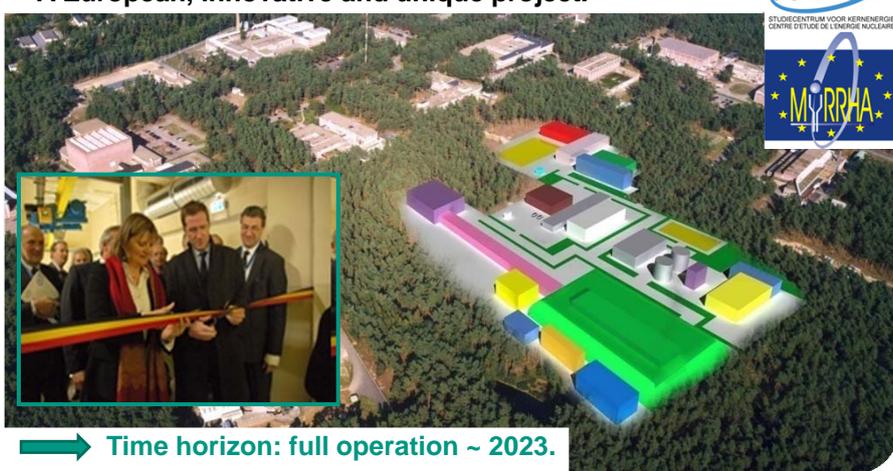
Quelle: <http://www.iaea.org/NuclearPower/FR/>

59 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Realisation of ADS-based Transmutation in Belgium



■ **MYRRHA: Experimental Accelerator Driven System : A European, innovative and unique project.**






➔ **Time horizon: full operation ~ 2023.**

➔ **Costs: ~ EUR 1 Billion.**

Source: Belgian Nuclear Research Centre (Mol)

60 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Inhalt



- Fukushima
- Energiepolitik und Energieforschung nach Fukushima in D
- Kernenergie international
 - Reaktorentwicklung
 - Partitioning & Transmutation
 - Endlagerung
- Persönliches Fazit

Radioaktive Abfälle



- Radioaktive Abfälle entstehen bei der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung sowie in Industrie, Forschung und Medizin
- In Deutschland werden alle Arten radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen endgelagert.

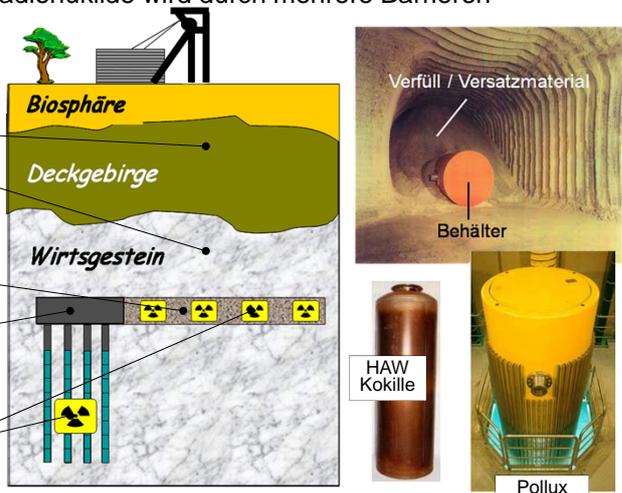
- Hochradioaktive wärmeentwickelnde Abfälle:

- Schwach- und mittelradioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung



Endlagerung radioaktiver Abfälle Multibarrierenkonzept

Die Rückhaltung der Radionuklide wird durch mehrere Barrieren gewährleistet.

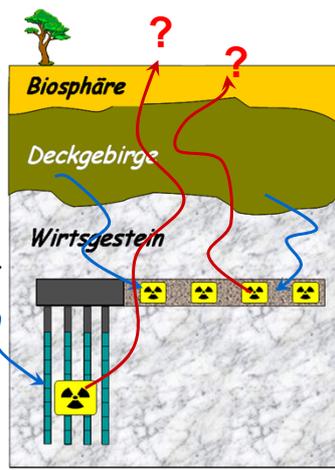


- geologische Barriere
 - Deckgebirge
 - Wirtsgestein
- geotechnische Barriere
 - -Verfüllung/Versatz
 - Strecken-/Bohrloch-verschlüsse
- technische Barriere
 - Abfallprodukt
 - Behälter

Quelle: KIT-INE Endlager für hochradioaktive Abfälle (schematisch)

63 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Endlagerung radioaktiver Abfälle Störfallszenario: Wasserzutritt



- Wasser/Laugenzutritt zu den eingelagerten Abfällen
- Korrosion von Behälter und Abfallprodukt
- Freisetzung oder Rückhaltung der Radionuklide?

- Aussage zur Langzeitsicherheit: das Verhalten der Radionuklide unter den geochemischen Bedingungen entlang der verschiedenen Barrieren in einem Endlager muss bekannt, verstanden und prognostizierbar sein

Quelle: KIT-INE

64 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland





Asse





Gorleben (?)



Konrad



Morsleben

65 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

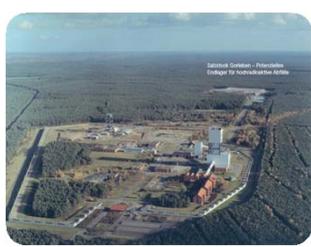
Endlagerung



- **Technisch ist die Endlagerung bereits heute gelöst.**
- **Deutschland setzt auf die sicherheitstechnisch vorteilhafte getrennte Endlagerung der Abfallarten.**
- **Deutschland verfügt im internationalen Vergleich über ein weit vorangeschrittenes Entsorgungskonzept. Dieses bewährte Zwei-Endlager-Konzept besteht aus den Standorten:**
 - **Schacht Konrad:** Genehmigtes Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle.
 - **Salzstock Gorleben:** Potenzielles Endlager für hochradioaktive Abfälle.
 - **Überlegung:** Ergebnisoffene, bundesweite Endlager-Suche für hochradioaktive Abfälle (Deutschland ist Weiße Landkarte).

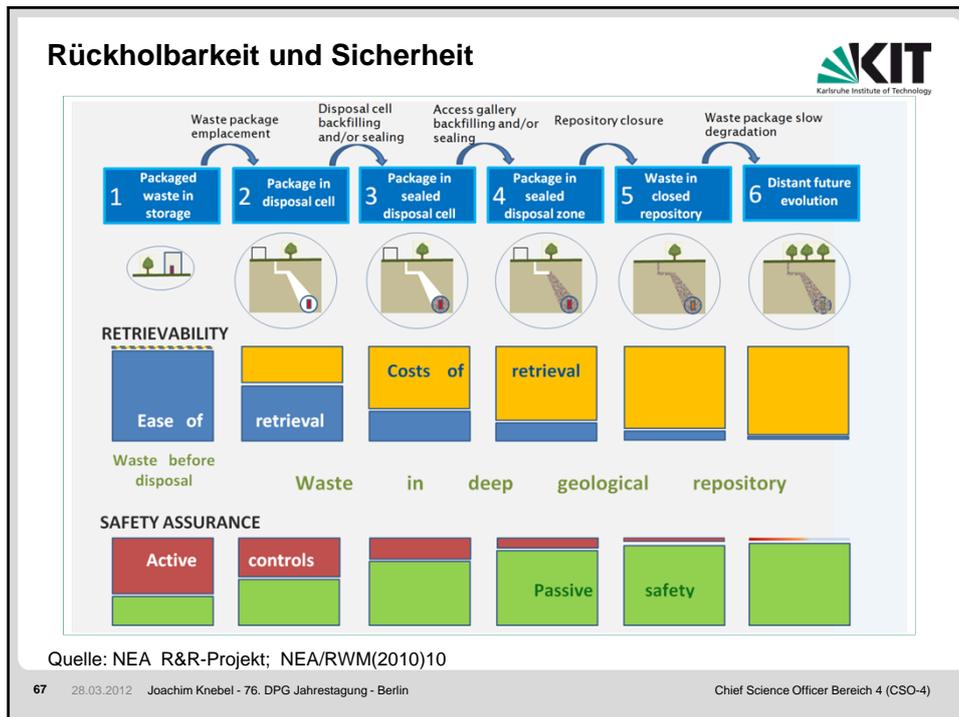


Schacht Konrad



Salzstock Gorleben

66 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)



Inhalt

- Fukushima
- Energiepolitik und Energieforschung nach Fukushima in D
- Kernenergie international
 - Reaktorentwicklung
 - Partitioning & Transmutation
 - Endlagerung
- Fazit

68 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)

Neuorientierung der Energieforschung in Helmholtz: Skizze der Forschungspolitischen Vorgaben für POFIII



Energie
für Deutschland

Übergeordnete Themen:

- (1) Basistechnologien für eine nachhaltige Energieversorgung
- (2) Energiespeicher für eine auf erneuerbaren Energien aufbauende Energieversorgung
- (3) Erneuerbare Energien der nächsten Generation
- (4) Nukleare Sicherheits- und Entsorgungsforschung sowie Strahlenforschung unter den Rahmendaten eines Verzichts Deutschlands auf die Kernenergie
- (5) Kernfusion als Langfristoption
- (6) Transformationsprozesse und Systemanalyse



Persönliches Fazit zur Energiewende



- Unstrittige Zielrichtungen:
 - Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien
 - Steigerung der Energieeffizienz
- Kein gesellschaftlicher Konsens zum Umbau:
 - Wie schnell? Wie teuer?
 - Bis zu welchem Grad umzusetzen?
 - Welche persönlichen Einschränkungen?
- **Politik kann Physik nicht außer Kraft setzen!**
- Falsche Versprechungen / Erwartungen schaden der Sache.
- Wahrscheinlich keine ‚magische‘ Energielösung, sondern ein **Konzert kleiner Lösungen.**
- Investition in Bildung und Forschung schafft Wissen, Kreativität und neue Lösungen. Ohne Bildung und Forschung schaffen wir keinen Erkenntnisgewinn.



KIT-Kammerorchester

Rosenstolz





„Hast du alles probiert?
Hast du alles versucht?
Hast du alles getan?
Wenn nicht, fang an!“



Fotos: KIT-Zentrum Energie

71 28.03.2012 Joachim Knebel - 76. DPG Jahrestagung - Berlin Chief Science Officer Bereich 4 (CSO-4)


Karlsruhe Institute of Technology

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

www.kit.edu/eps/cso-4
joachim.knebel@kit.edu & Kolleg(inn)en

Dr.-Ing. Joachim U. Knebel, Chief Science Officer Bereich 4



KIT – University of the State of Baden-Wuerttemberg and
National Research Center of the Helmholtz Association

www.kit.edu