

Energiewende: Verzicht auf Nutzung von Kernenergie und Substitution durch alternative Energien?

Alois Haas

Fukushima und die Konsequenzen danach

Am 11.3.2011 ereignete sich im 9000 km entfernten Japan ein noch nicht da gewesenes Naturereignis: die Fukushima Katastrophe ausgelöst durch das stärkste, je in Japan gemessene Erdbeben der Stärke (9). Die während 1995 bis 2011 registrierten drei Beben: 2mal in Kobe und in Tōhoku erreichten Stufe (7). Im Vergleich dazu ereigneten sich die stärksten globale Beben 1960 in Chile (9.5), 1964 in Alaska (9.2) und 2004 an der Westküste Nord Sumatra (9,1).

Das Beben löste einen der größten Tsunamis mit 10m hohen Wellen, die partiell bis auf 30m anstiegen. Er zerstörte das Hinterland und verursachte den Tod von ca. 28.000 Menschen. Zusätzlich wurden die Kernkraftwerke Fukushima I und II mit 7 aktiven Reaktorblöcken derart beschädigt, dass Störstufe 7 (Super GAU) ausgerufen werden musste.

Die Kühlanlagen der küstennahen Reaktorblöcke, die das Erdbeben schadlos überstanden, erlitten irreparable Schäden.

Mangels Stabilisatoren im Reaktorraum konnte der sich sekundär gebildete Wasserstoff unter dem Dach sammeln und als Knallgas explodieren. (Stabilisatoren/Katalysatoren werden in der BRD gesetzlich gefordert). Zu Strahlentöten und Folgewirkungen wurden keine verlässlichen Zahlen veröffentlicht. Zögerlich wurde Gegenmaßnahmen nach ca. 6 Wochen am 20.04.2011 unternommen. Eine 20 km breite Evakuierungszone um das KKW Fukushima wurde zum Sperrgebiet erklärt und ca. 80 000 Menschen evakuiert. Am 12.07.2011 mussten innerhalb von 24 Stunden weitere 200 000 Menschen die 20 Kilometer-Zone um das KKW verlassen. Die Sperrzone wurde auf 30 und partiell auf 60 km erweitert.

Die Betreiberfirma Tepco hat mit nicht ausreichend geschultem Personal die Wartung vernachlässigt. falsche Informationen von im Bericht für den Premier.

Die damalige Regierung machte sich zum Vorreiter diffuser Ängste, und schaltete ohne nachweisbare Mängel 8 Reaktoren inklusive Krümmel sofort ab. Mit stark reduzierten Laufzeiten blieben 9 KKW am Netz.

Wahlversprechen wurden gebrochen und bereits erlassene, juristisch wirksame Gesetze annulliert, gestützt auf fast einstimmig verabschiedeten Entscheidungen in „Expertenkommissionen“ bzw. im Ethikrat. Sie waren Basis für die Formulierung der sechs Ausstiegsgesetze. Eine breit angelegte Diskussion mit Energieexperten wurde gemieden. Involvierte Industrien, Inhaber kerntechnischer Lehrstühlen an unseren Universitäten und führenden Kernforschungszentren in Jülich, Karlsruhe sowie Rossendorf wurden nicht involviert. Gegner dieser abrupten Energiewende wurden bespöttelt bis verunglimpft. Wissenschaftlich fundierte Argumente, Bedenken, kritische Warnungen, notwendige Kostenkalkulationen und Machbarkeitsstudien wurden damals völlig ignoriert. Vereinzelt wagten es Einige, Stellung gegen diesen Trend zu beziehen wie z.B. in Leserbriefen:

„Wozu quält man Studenten mit den Hauptsätzen der Thermodynamik und den Grundlagen der Energietechnik, wenn letztendlich die Entscheidung über die künftige¹⁾ Energieversorgung von Juristen, Soziologen, Germanisten und Theologen getroffen werden“ wie praktiziert? Die im Lande praktizierte Ängstlichkeit im Umgang mit

moderner Technik wie: „Fracking, Drohnen, Kern-, Gentechnologie usw.“ ist unfassbar. Man darf es: „nur noch als Museum der sozialen Gerechtigkeit gestalten“.²⁾

Im Bericht der Ethik-Kommission (S. 4, Abs. 5) werden risikoärmere Alternativen vorgeschlagen: „...wenn diese die Natur respektieren und als Grundlage der Schöpfung dienen, um so Gefahren der Kernkraft, in Zukunft auszuschließen.“ Kirchenvertreter ignorierten, dass Kernspaltung die mit Abstand älteste, von Gott geschaffene konventionelle Energieerzeugung ist.

Vor 1,8 Milliarden Jahren wurden in Oklo/Gabun ca. 6 Reaktoren kritisch. Ihr Leistungsvermögen betrug 10 bis 100 kW entspr. ca. 100 Milliarden kWh. Sie verbrauchten 4-6 To. ²³⁵U, liefen eine Million Jahre und sind zweifelsfrei die Vorläufer unserer 17 Leichtwasser Reaktoren und Teil göttlicher Schöpfung. Dieendlagerung ist bis heute problemlos.³⁾

Der Hinweis auf die ethische Verantwortung der Regierenden für alle Bürger einschließlich sozialer Randgruppen, wird vom Papst Benedict der XVI ausdrücklich angemahnt und am 30.7.2007 verkündet: nukleare Abrüstung voranzutreiben, und friedliche, sichere Nutzung der Kerntechnik für echte Entwicklung zu fördern im Einklang mit Umwelt sowie im Respekt für die Benachteiligten“.

Warum arbeiten naturbetriebene Leichtwasserreaktoren . eine Million Jahre unfallfrei? Weil Sie Naturgesetzen gehorchend, ungestört, ineffizient und diskontinuierlich Energie erzeugen, ohne Kosten/Nutzen Auflagen. Unsere LWR sind systembedingt mit Auflagen überfrachtet.

- Sie müssen: 1. In der Natur vorhandene fossile Ressourcen schonen.
- 2. Eine wachsende Weltbevölkerung preiswert bei steigendem Verbrauch dauerhaft und ausreichend mit Energie versorgen
- 3. Sie müssen effizient, preiswert, leistungsfähig und störungsfrei arbeiten.

Dennoch ist die Sicherheit hier gebauter und betriebener Reaktoren dank stringenter Kontrollen während 30 Jahren (1980/2009) global einmalig.

Sie nahmen 26 mal Stufe 1; 24 mal Stufe 2 und, 21 mal Stufe 3 ein; d.h. 79% der ersten drei Plätze und zusätzlich 51% der Positionen 4 bis 10 ein.⁴⁾
Auch von 2009 bis 2012 waren sie vergleichbar platziert.

Leichtwasserreaktoren sind systembedingt nach dem Abschalten mit Nachwärme, erzeugt durch Zerfall von Spaltprodukten wie z. B. Pu, belastet und nur durch Kühlung beherrschbar. Diese fiel, aus unterschiedlichen Gründen in Harrisburg und Fukushima, aus. Zum störungsfreien, technischen Ablauf gehören ein geschultes, zuverlässiges, fortlaufend nach geschultes Personal, Meldepflicht von Störfällen an zuständige Kontrollbehörden, Ursachenforschung mit notwendiger effizienter Nachrüstung. Staat und Öffentlichkeit einschließlich Betreiber werden den Auflagen gerecht.

Der erste Störfall ereignete sich am 13.01.1977 im Reaktor Grundremmingen, ohne dass radioaktive Strahlung nach außen trat. Der Schaden wurde nicht behoben, sondern als erzwungener Totalschaden rückgebaut.

Internationale gültige gesetzliche Regelungen zur Beurteilung eines Störfalls gab es noch nicht. Die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA) begann ab 1990 probeweise eine Bewertungsskala zu erstellen, die heute Norm ist. Meldepflichtige Ereignisse werden nach 3 Aspekten bewertet und nach diesen Kriterien sind acht Stufen definiert worden.

Die INES-Bewertungskala der IAEA beurteilt radiologische Auswirkungen gemäß:
a) außerhalb - b) innerhalb der Anlage- c. Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen
und definiert mit fallender Schwere acht Störfälle:

7 Katastrophaler Unfall (GAU),	6 Schwerer Unfall,	5 Ernster Unfall,
4 Unfall,	3 Ernster Störfall,	2 Störfall d.h.
Auswirkungen innerhalb der Anlage; erhebliche Kontamination, unzulässig hohe Strahlenexposition für Personal. Begrenzter Ausfall gestaffelter Sicherheitsvorkehrungen.		
1 Störung, Abweichungen vom normalen Betrieb der Anlage		
0, Störung Ereignis ohne bzw. geringer sicherheitstechnischer Bedeutung.		

Ab 2000 gab es drei registrierte Störfälle in Stufe 2. Störfall: a) 1998 im KKU Unterweser; b) 2001 **zwei** im KKP Philippsburg

Der Störfall Grundremmingen wäre demnach auch in Stufe 2 einzuordnen. Weitere Meldungen wurden von den Behörden ausnahmslos niedriger eingestuft.

Die meisten Störfälle entfielen auf Stufe 0.

Die pauschalen Forderungen, unsere KKW abzuschalten, sind aus den genannten Gründen nicht nachvollziehbar. Fukushima ist kein Kronzeugen für die Behauptung: die Technologie sei nicht beherrschbar

II Entwicklung und Bau des European Pressurized Reactor (EPR) von Siemens und Framatom

Siemens hatte die schwerwiegende Unsicherheit der Kühlung früh erkannt und entwickelte in Kooperation mit Framatom (im Konzern Areva, Frankreich) entstand der European Pressurized Reactor (EPR). Er ist leistungsfähiger (1600 MW), effektiver ($15 \cdot 10^9 \text{ kWh a}^{-1}$) als zuvor gebauter Reaktoren und wird allen geforderten Sicherheitsmaßnahmen gerecht. Bau eines EPR in Olkiluoto / Finnland: Baubeginn seit 03.12.2007, geplante Fertigstellung: 2012; kommerzielle Betriebsaufnahme vorgesehen für 2016? Analog verliefen die Korrekturen der Baukosten von anfänglich 3 auf jetzt mehr als 8 Milliarden Euro. Der Streit zwischen der finnischen Firma Teollisuuden Voima Oyj (TVO) mit dem Baukonsortium, wer für Verzögerungen und zusätzlichen Kosten aufkommen soll, ist Anfang Juli vom Internationale Schiedsgerichtshof entschieden worden. Siemens trägt keine Verantwortung für die Verzögerungen und erhielt 125 Mio. € zugesprochen. In Olkiluoto waren die deutschen Ingenieure für die konventionellen, technischen Arbeiten zuständig. Nach der Fukushima Katastrophe hat sich Siemens gänzlich vom AKW-Bau verabschiedet.

Trotz der erdrückenden Schwierigkeiten und aufgetretenen Turbulenzen beim Bau des EPR Reaktors in Olkiluoto (Finnland) sind Bedarf und Nachfrage dieses Reaktortyps weltweit ungebrochen.

Als neue Version, baut Frankreich einen EPR Reaktor (Kernkraftwerk Flamanville) Block 3: Baubeginn 2007, geplante Inbetriebnahme 2016.

Großbritanien: Kernkraftwerk Hinkley Point C; Block 1: Baubeginn unbekannt, geplante Inbetriebnahme 2023. Block 2: Baubeginn ?, geplante Inbetriebnahme 2023.

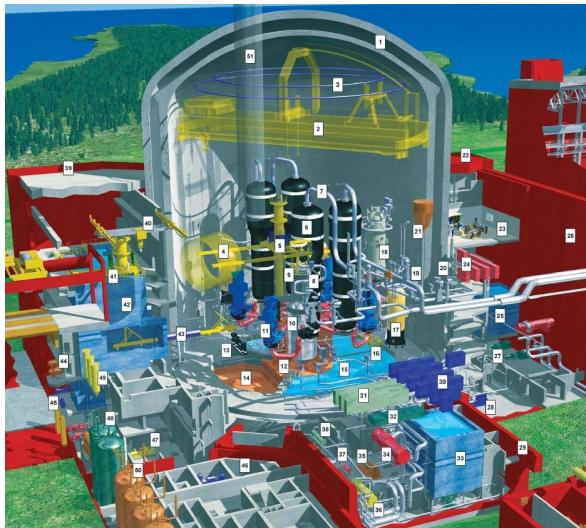
Kernkraftwerk Sizewell C; Block 3: Baubeginn ?, geplante Inbetriebnahme 2022.

Neueste Ankündigung: Bau eines Kernkraftwerks in Wylfa (Wales) Insel Anglesey. FAZ: 5.12.2013 Finnland: Kernkraftwerk Olkiluoto; Block 3: Baubeginn 2005, geplante Inbetriebnahme 2016.

China: Kernkraftwerk Taishan; Baubeginn 2009, geplante Inbetriebnahme 2014; Block 2: Baubeginn 2010, geplante Inbetriebnahme 2015.

Indien: Kernkraftwerk Jaitapur; Block 1: Baubeginn voraussichtlich 2013, geplante Inbetriebnahme 2018; Block 2: Baubeginn voraussichtlich 2013, geplante Inbetriebnahme 2019. **US-EPR: im planungs- und Genehmigungsverfahren.**

Das kann doch nur bedeuten, dass der EPR in der aktuellen Version, trotz aller Turbulenzen konkurrenzlos ist. Geforderte Sicherheitsauflagen werden erfüllt und zeichnen ihn zusätzlich besonders aus. Wesentlichen Korrekturen sind in den Abbildungen 3 bis 6 wurden am neu konzipierten European Pressurized Reactor (EPR) vorgenommen.



Quelle: Areva NP, 2007

Abbildung 1

Die Statik der 1,8 m starken äußeren Stahlbetonhülle soll vor dem Absturz eines großen Passagier- bzw. Militärflugzeuges schützen. Die innere Schale der doppelwandigen Containeranlage aus einem speziellen Stahlbeton mit einer Stärke von 0,8 m verhindert Gasaustritte



Abbildung 2

Das verbesserte Gebäudekonzept enthält eine Auffangwanne und in räumlicher Trennung vier sicherheitsrelevante Kühlsysteme mit vierfach redundanten Kühlanlagen, die um den Reaktorkern getrennt angeordnet werden.



Abbildung 3

Auffangbecken mit keramikverkleideter Wanne aus 6 m starken Betonwänden. Ausbreitungsfläche: 170 m² zur Aufnahme von 500 Tonnen Schmelze. Abbildung 6

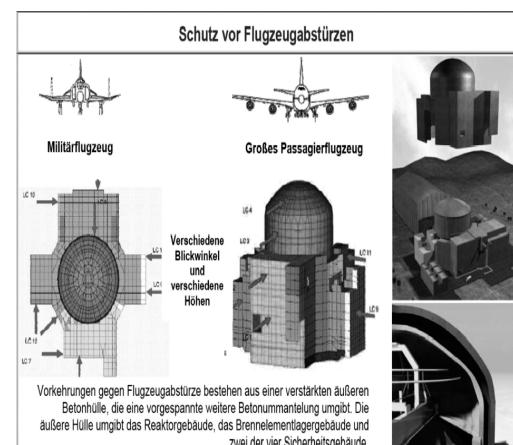


Abbildung 4

Schutzmassnahmen vor terroristischen Angriffen mit Militär- bzw. Passagierflugzeugen. Globalen Reaktionen auf die hier vollzogene Energiewende sind deprimierend. Die Gewissheit, dass der Rest der Welt sich unserer vorbildlicher Umwelt- und Energiepolitik anschließt, blieb unerfüllt, da Kernenergie weltweit eine Renaissance erlebt. Denn sie ist: zeitgemäß, sicher, preisgünstig, nachhaltig, CO₂ frei mit endlagerfähigen strahlenden Müll. Länder, die nach Fukushima ausdrücklich den Atomausstieg beschlossen, waren die Schweiz (Ausstieg 2034), Belgien und Spanien; Kernkraftfrei wollen Italien oder Irland bleiben. Dem gegenüber möchten EU - Länder, wie z.B. Großbritannien, Frankreich, Polen, Tschechien, Ungarn bzw. Litauen, die Atomenergie beibehalten, ausbauen bzw. neu einführen. Sie fordern von der EU-Kommission finanzielle Unterstützung für den Bau von Atomkraftwerken mit emissionsarmer Technologie.

Nach Stand vom 18. Januar 2013 betreiben 30 Länder weltweit 437 KKW's mit einer gesamten elektrischen Nettokapazität von rund 372 [Gigawatt](#).

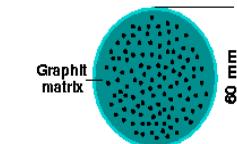
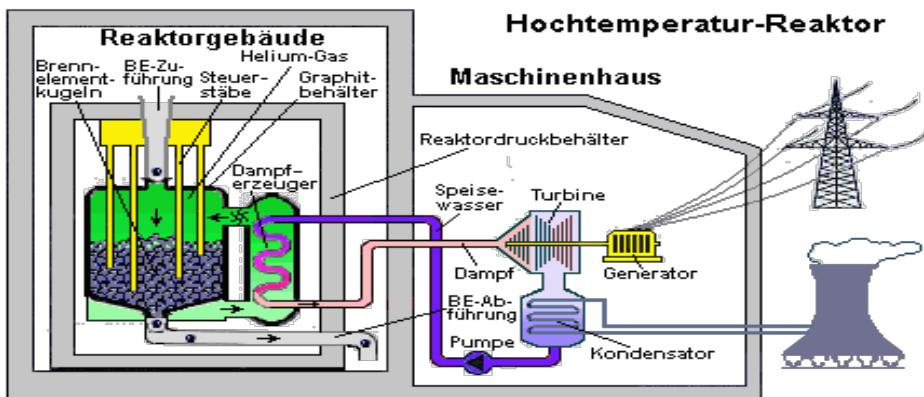
Gegenwärtig sind 438 in Betrieb, 71 im Bau und 170 in der Planung. Das sind 5, 8 bzw. 10 mehr im Vergleich zu Juli 2012. Am 3. Gedenktag der Fukushima Katastrophe hat Präsident Shinzo Abe⁵ angekündigt Kernenergie zu nutzen und von den *stillgelegten* 48 KKW erste zu reaktivieren und neue zu bauen.⁵⁾

III Reaktorentwicklungen und das Schicksal gebauter Prototypen

Hervorzuheben sind der

- a) **heliumgekühlte Hochtemperaturreaktor (HTR)**⁶⁾ und
- b) **der schnellen Brüter** mit LOOP Betriebssystem⁷⁾

Beide Reaktortypen sind vollends deutsche Entwicklungen. b) der Brutreaktor im Kernforschungszentrum Karlsruhe entwickelt.



25 bis 35.000 Teilchen
mp. > 2.100°C;
 $^{238}\text{U} / ^{232}\text{Th} = 1 : 10$

Abbildung 5

Hochtemperaturreaktor (HTR) THTR-300

Obiger Reaktortyp wurde in der Kernforschungsanstalt (KFA) Jülich unter Leitung von **Prof. Schulten**⁶⁾ als universell einsetzbare Energiequelle entwickelt zunächst als 30 MW

AVR 30 Jahre getestet und dann als Prototyp mit einer Leistung von $2 \times 10^9 \text{ kWh a}^{-1}$ in Hamm-Uentrop 1970 bis 1983 fertig gestellt, von 1983-1989 betrieben und in Abbildung 5 gezeigt.

Der Paradigmenwechsel bestand im Austausch der Brennelemente (Brennstäbe) durch Graphitkugeln. Die Kühlung erfolgte durch Helium. Die tennisballgroßen Kugeln enthalten 25 bis 35 000 (d = 0.5 bis 0.7 mm) Teilchen in einem $^{235}\text{Uran}$ $^{232}\text{Thorium}$ Verhältnis von 1:10 in Form von Graphit bzw. Siliziumcarbid beschichteten sphärischen Teilchen. Aus dem Thorium wird $^{233}\text{Uran}$ erbrütet, das ebenso wie $^{235}\text{Uran}$ durch langsame Neutronen gespalten wird.

Vorteile des THTR sind: Graphit sublimiert bei 3500°C ; eine Kernschmelze bei hohen Temperaturen ist wegen des negativen Temperaturkoeffizienten, der bei Temperaturanstieg zu sinkender Reaktorleistung führt, ausgeschlossen.

Auch wenn die Kühlung ausfällt, kann die Temperatur nicht über ca. 1600°C ansteigen. Die Nachzerfallswärme kann vollständig durch Strahlung und Wärmeleitung abgeführt werden. Dieser Tatbestand wurde durch eine und später wiederholte **Sicherheitsprüfung** in der Kernforschungsanstalt Jülich eindrucksvoll bewiesen.

In Anwesenheit der Reaktorsicherheitskommission und dem TÜV provozierte 1966 der leitende Oberingenieur Dr. Greve den „größte anzunehmender Unfall“ (**GAU**). Der 30 MW AVR Forschungsreaktor wurde auf die größtmögliche Leistung hochgefahren. Anschließend wurden alle Sicherheitseinrichtungen abgeschaltet.

Ergebnis: Der Reaktor erreichte ca. 1.600°C , schaltete sich dann von selbst ab und kühlte nach einigen Tagen aus. Er lief 30 Jahre störungsfrei. Der Versuch bewies das **inherente** Verhalten der Anlage.

Der nachfolgend, von 1970 bis 1983 in Hamm-Uentrop, gebaute Prototyp **THTR-300** mit einer Leistung von $2 \times 10^9 \text{ kWh a}^{-1}$ wurde von 1983 - 1989 betrieben. Die Kosten stiegen von geplanten 690 Millionen auf mehr als vier Milliarden DM, verursacht auch durch ständig neu geforderten Sicherheitsauflagen.

Nach dreijährigem Betrieb und einer Stromerzeugung von 2 Milliarden kWh/a 1989 wegen angeblicher „**technischer Defekte**“ stillgelegt.

Hauptgrund: mangelnde Akzeptanz der Kernenergie infolge Tschernobyl Katastrophe 3 Jahre zuvor und Wahlen.

Enttäuscht haben Siemens und ABB einen Lizenz- und Kooperationsvertrag (Mai 1999) für den Transfer von HTR-Technologien mit dem südafrikanischen Energieversorger ESKOM geschlossen. Mit Design-Verbesserungen wird der **Pebble Bed Modular Reactor (PBMR)** gebaut und erfolgreich betrieben.

Der **deutsche Brutreaktor** wurde im Kernforschungszentrum Karlsruhe⁷⁾ entsprechend, der in Frankreich praktizierten POOL-System Bauweise des Superphenix - siehe Abbildung 6 - entwickelt und in Kalkar seit 1985 gebaut.

Der fast fertig gestellte Reaktor musste nachgerüstet werden, da er den in der BRD geforderten höheren Sicherheitsbestimmungen nicht genügte.

Er wurde gemäß dem hier entwickelten LOOP System konzipiert, in Kalkar weiterentwickelt und seit 1985 gebaut. siehe Abbildung 7: Nach sechsjähriger behördlicher Prüfung wurde die Betriebsgenehmigung verweigert und 1991 die Inbetriebnahme aufgegeben. Neue Anlagen entstehen in Russland, Indien, USA, GB, China und Südafrika. Damit hat Deutschland sein globales Monopol und seine absolute Führungsposition in diesen Techniken im eigenen Land leichtfertig verschenkt. Andere Staaten, besonders Südafrika, China, aber auch Frankreich, USA, Südkorea, Japan sowie Holland haben unsere Technik angewandt und weiterentwickelt.

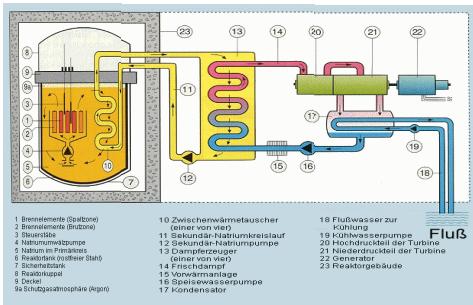


Abbildung 6 Das Pool-System im Superphénix Fr.)

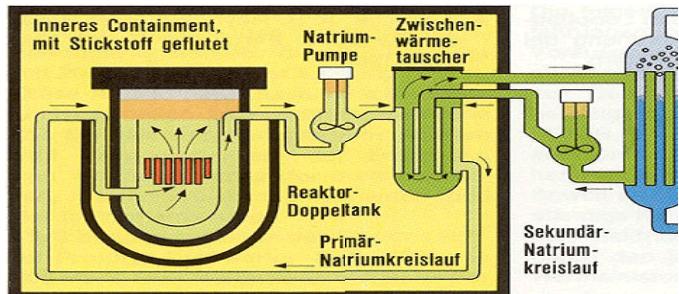


Abbildung 7 Loop-System im SNR 300 in Kalkar

IV Reaktoren der 4. Generation

Im Juli 2001 schlossen sich neun Nationen – Argentinien, Brasilien, Canada, Frankreich, Japan, Republik Korea, Süd-Afrika, England und die USA zum Generation IV International Forum (GIF) mit dem Ziel zusammen, die vierte Generation kerntechnischer Systeme für die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts in gemeinsamer Forschung vorzubereiten. Hinzu kamen 2002 die Schweiz, 2003 Euratom sowie 2006 China und Russland. Eine erste weltweite Umfrage ergab über 130 Rückmeldungen mit Vorschlägen für eine nachfolgende Bewertung. **Systeme sollten sicher, zuverlässig und Ressourcen schonend sein, eine wirtschaftliche Stromerzeugung ermöglichen sowie minimalen Abfall produzieren.**

Konzepte, die eine nachhaltige Nutzung des Brennstoffes Uran ermöglichen, genießen Priorität, der Brennstoffkreislauf soll proliferationssicher sein. Diesen strengen Kriterien genügten sechs Reaktortypen bzw. vier Technologielinien, die vom Forum gemeinsam untersucht werden. Es handelt sich um:

- a) eine zu Leichtwasserreaktoren mit überkritischen Dampfzuständen
- b) eine zum Höchsttemperaturreaktor
- c) drei zu schnellen Reaktoren und
- d) eine zu Salzschnmelzreaktoren

Unter der Federführung des US-Energieministeriums entstand eine Technology Roadmap, in der die Grundprinzipien und Forschungsziele dieser sechs Konzepte beschrieben wurden, die derzeit auch an unseren Instituten und kerntechnischen Lehrstühlen näher untersucht werden. Erwähnenswert sind: **Graphit moderierter und Helium gekühlter Höchsttemperatur Reaktoren (V-/HTR)⁸**, die Kernaustrittstemperaturen von etwa 900 bis 1 000°C erreichen sollen. Sie setzen die Entwicklung des deutschen Kugelhaufenreaktors (AVR, THTR) fort. **Ziel:** Wirkungsgrade bis zur 50 %-Marke und neben Strom auch Prozesswärme für chemische Prozesse bereitzustellen (Wasserstofferzeugung zur Nutzung im Verkehrssektor). Neue V-/HTR-Konzepte werden vor allem in China, England, Frankreich, Südafrika und den USA vorangetrieben.

In **schnellen Brutreaktoren** soll für eine nachhaltige Verwertung des Spaltmaterials Plutonium gesorgt werden, **ohne** waffentaugliches Spaltmaterial zu erzeugen. Konzepte zu schnellen Reaktoren werden derzeit vor allem in Frankreich, Japan, Korea, Russland und den USA verfolgt. **Im 6. Konzept**, möglicherweise das innovativste, wird ganz auf eine Verwendung von Brennelementen verzichtet. Es sieht vor, den Brennstoff Uran, Plutonium oder andere Transurane in flüssigem Salz zu lösen, kontinuierlich Spaltstoff zuführen und Spaltprodukte abziehen zu können.

Dieses Konzept ist heute deutlich weniger ausgereift als die anderen fünf. Abbildung 8

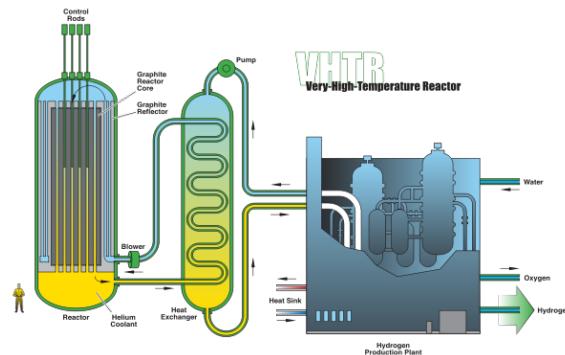


Abbildung 8 Reaktoren der 4. Generation

Uranvorkommen und Abbaukosten

Bedarf Weltweit: 68. 000; BRD:ca. 4.000 Tonnen/Jahr

	Gestehungskosten US \$/ kg Uran	Uranvorräte Weltweit Verfügbarkeit 2005
-		
Bekannte Erzvorräte	bis 80	4,6 Mill. t (67 Jahre)
Bekannte und vermutete Erzvorräte	bis 130	1 1,3 Mill. t 166 Jahre
Uranvorräte in Phosphaterze	60 – 100	22 Mill. t 490 Jahre
In Ozeanen	400- 500	4 bis 4,5 Milliarden Tonnen

Wissenschaftler am „Atomic Energy Research Institute“ in Takasaki, Japan haben ein Verfahren zur Gewinnung von Uran aus dem Meerwasser, das ca. 4,5 Milliarden Tonnen enthält, veröffentlicht⁹⁾. Geschätzter Preis 2001: 400 bis 500 \$/ kg Uran.

Sichere Preisvergleiche lassen sich aus offiziellen Baukosten für die Anlagen: Alpha Ventus, Baltik 1, Bard 1(off shore Wind), Lieberose (Solar) EPR (Kernenergie) und moderner Kohleanlagen auf der Basis gleicher Stromerzeugung bezogen auf Leistungsstärke vornehmen.

Kostenvergleich: Wind-, Solar-, Kohle- und Kernkraftanlagen

	Leistung ¹⁾ (MW)	Verfügbarkeit (h/a)	Stromerzeugung (kWh/a)	Kosten (€)
WKA ²⁾	60	3800	$228 \cdot 10^6$	$250 \cdot 10^6$
Baltik1	48,3	3830	$185 \cdot 10^6$	$300 \cdot 10^6$
Bard1	400	2500	$1 \cdot 10^9$	$2,9 \cdot 10^9$
SKA ³⁾	53	980	$52 \cdot 10^6$	$160 \cdot 10^6$
KKW	800	7000	$5,6 \cdot 10^9$	$850 \cdot 10^6$
EPR ⁴⁾	1630	~ 8000	$\sim 12,5 \cdot 10^9$	$\sim 5 \cdot 10^9$

¹⁾ netto, ²⁾ Alpha Ventus 12 WKA off shore, seit 27.4.2010 am Netz; Subvention 15 Cent / kWh; Stromkosten an Börse: 5 Cent/kWh, ³⁾ Lieberose, Flächenbedarf 162 Hektar = 1,62 km², ⁴⁾ [Flamanville 3](#)

Verhältnisse:	Kern	Kohle	WKA	Baltik 1	Bard 1	SKA
Leistung	1	2	27	33	4	30
Stromerzeugung	1	2.3	56,5	70	12.88	247,7 ²⁾

Baukosten ¹⁾	5	2,0	14,3	21	37,35	39,6
Lebensdauer ³⁾	60	40	~20	30	~20	~20

¹⁾ Aus den errechneten Faktoren für Leistung, Stromerzeugung und Baukosten ist zu entnehmen, dass Kohlekraftwerke um ca. 3,0 Milliarden € billiger sind als ein EPR-Kernkraftwerk.. Windkraft- bzw, Solaranlagen sind aber um 9,16, 32,4 bzw. 34,6 Milliarden € teurer als eine EPR-Anlage.

²⁾ Lieberose Flächenbedarf: 40.127 Hektar, oder 401,3 km²; (100 Hektar = 1km²); ³⁾ Jahre Weitere Belastungen sind: kürzere Lebensdauer, Flächenbedarf, mangelnde Nachhaltigkeit, Grundlastfähigkeit.

Gewinnern der Energiewende gehören daher Kohlekraftwerke, die von 2010 bis 2013 die Stromerzeugung um 4% steigern konnten, während Gaskraftwerke 4% verloren.

Die vom Bundestag eingesetzte Expertenkommission rät der Politik das EEG komplett abzuschaffen, da es

1. Kein kosteneffizientes Instrument für Klimaschutz 2. Keine messbare Technologie relevante Innovationswirkung. 3. Steigende Kosten zuletzt 22 Milliarden €, bewirkt.

FAZ 26.2.2014

Kommentar zur Misere der Energiewende: technologisch Rückschritt, ökologisch Illusion, finanziell und volkswirtschaftlich ruinös, beschäftigungspolitisch eine Pleite.

FAZ 14.3.2014

Ungewöhnlich heftige Kritik des Bundesrechnungshofes¹⁰⁾ zur Energiewende der Kanzlerin. In erster Linie monieren die Prüfer die ausufernden Kosten des Wandels im Energiesektor. Bis heute habe die Bundesregierung "keinen hinreichenden Überblick über die finanziellen Auswirkungen der Energiewende". Die Lasten für den Haushalt, inklusive aller möglichen Förderprogramme etwa für die Gebäudesanierung oder die Forschung, lägen "jährlich im zweistelligen Milliardenbereich".

Zeitabhängige CO₂ Menge bezogen auf $3,75 \cdot 10^{15}$ Tonnen Luft in der Troposphäre bekräftigen, dass die CO₂ Konzentration während der letzten 400.000 Jahre v. Chr. zwischen 180 und 280 Vol.-ppm bei mittleren globalen Temperaturen von 12 bis 15°C lagen. (Gew.-ppm x 0,6 = Vol.-ppm CO₂)

Der CO₂ Anstieg, beginnend 1760 bis 2014, mit der Industrialisierung, von 280 auf 390 betrug 110 Vol.-ppm, das sind ca. 0.43 ppm pro Jahr. Im vergleichbaren Zeitintervall stieg die Weltbevölkerung zwischen 1750 und 2014 von 0.791 auf ca. 7 Milliarden an.

Das 2010 verabschiedete [Energiekonzept der Bundesregierung](#) legt als Ziel für die Jahre nach 2020 folgende Anteile erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch von 2005 fest: 30 % bis 2030, 45 % bis 2040, 60 % bis 2050.

Bruttostromerzeugung BRD 1990 bis 2012 (10⁹ kWh)

1990, 1995, 2000, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012

545, 537, 577, 621, 637, 637, 592, 621, 610, 618

Bruttostromverbrauch Primärenergieverbrauch darunter:

Energieträger insgesamt in 10⁹ kWh

1991 1995 2000 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 a)

539,6 541,6 579,6 814,1 619,8 621,5 618,2 581,3 615,3 606,8 606,7

a) 2013 geschätzt 596,1

Auswirkungen der zusätzlichen regenerativen Energiegewinnung, bis 60% des Gesamtbedarfs in **2050**, mit entsprechendem globalen Zuwachs, auf mögliche weltweite Klimabeeinflussungen, wurden nicht diskutiert. Mit diesem Vermarktungsbegriff

„erneuerbare Energien“ für modernisierte Alttechnologien täuscht man die Bevölkerung über Kosten und Verfügbarkeit. Auch die Begriffe „globales Klima, - Temperatur und atmosphärischen Kohlendioxid-Treibhauseffekte suggerieren in einer gnadenlosen und hysterischen Klimadebatte den Weltuntergang.

Die Stromkosten stiegen von 3,5 Ct/kWh in 2003, auf 6,22 Ct/kWh in 2010.. Die Steigerung der Erzeugungskosten ist auf den Ausbau alternativer Energien sowie auf das im August 2004 in reduzierter Form in Kraft getretene EE- Gesetz zurückzuführen. Schon heute zahlt der Endverbraucher in Deutschland ca. 20 Cent/kWh und in Frankreich tagsüber 8 bzw. nachts 5 Cent/kWh. Anstieg der Stromkosten durchschnittlicher Privathaushalte seit 1998 bis 2003 von 49,8 auf 82,9 Cent. Industriestrompreise für 2012 im internationalen Vergleich: BRD 157 in USA 70 Dollar (FAZ Juni 2013)

V Aktualisierte Chronologie der Festlegung von Endlager Gorleben

Ein besonderes Thema in Verbindung mit friedlicher Nutzung von Kernkraft besteht in den Auswahlkriterien für die Festlegung von Endlagern. Sie wurden 1963 im Gutachten der Bundesanstalt für Bodenforschung, jetzt Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), bestimmt.

Die besondere Eignung von Salzlagerstätten für eine Endlagerung radioaktiver Abfälle aus Kernkraftwerken aber auch Forschungseinrichtungen wurden von international anerkannten Experten seit 1957 hervorgehoben und mit sachkundigen Argumenten begründet.

Die Deutsche Atomkommission beschließt zur Endlagergeologie am 4. Mai 1963 Kriterien zur Entsorgung radioaktiver Abfälle:

1. Tektonische Stabilität über große Zeiträume wegen der langen Halbwertszeit des radioaktiven Abfalls.

2. Thermische Stabilität des Gesteins wegen der auftretenden Abwärme vom Zerfall des radioaktiven Abfalls. (Problem für ca. hundert Jahre nach der Aufbereitung, danach klingt die Anfangsaktivität um einen Faktor von ca. 1000 ab).

3. Ausschluss von Kontamination verteilende Wassereinbrüche in das Endlager (Eindringen von Radioaktivität in Lebensräume).

Die besondere Eignung von Salzlagerstätten, neben Ton und Granit, für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen aus Forschungseinrichtungen und Kernkraftwerke wurden von anerkannten deutschen und schon seit 1957 auch von amerikanischen Wissenschaftlern hervorgehoben.

Am 21.02.2010 wurde der strahlende Abfall mit: „450 Tonnen (ca. 22,5 m³) pro Jahr beziffert“

Deutschland verfügt über keine brauchbaren monolytischen Ton- und Granitlagerstätten, aber über zahlreiche, geeignete Salzlager.

1. Steinsalz verhält sich unter Druck plastisch. Das Auftreten von Klüften und Spalten wird weitgehend verhindert und, falls Risse entstehen sollten, heilen sie schnell.

2. Die gebirgsmechanischen Eigenschaften ermöglichen die Herstellung großer Hohlräume ohne einen speziellen Ausbau.

3. Im Gegensatz zu Granit und Ton weist Steinsalz eine hohe

spezifische Wärme aus und eignet sich daher für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle, da die Nachwärme gut abgeführt werden kann.

4. Steinsalz Lagerstätten sind trotz der Wasserlöslichkeit der Evaporitminerale über 240 Millionen Jahre beständig geblieben und haben tief greifende geologische Ereignisse wie Überflutung der Norddeutschen Tiefebene, der Aufstieg der Alpen und Eiszeiten schadlos überdauert. Das Innere hatte keinen Kontakt zu Wasser führenden Schichten¹¹⁾

Innerhalb von ca. zehn Jahren wurden nachfolgende Salzstöcke vorgeschlagene und auf Realisierbarkeit diskutiert.

1967: Bunde, Lesum und Harsfeld scheiterten am Einspruch der Behörden. 1974: Aus 26 Standorten ermittelten zuständige Behörden für Bodenforschung (NS) in Zusammenarbeit mit Bundesbehörden drei Salzstöcke Lutterloh, Lichtenhorst und Waten als besonders geeignet. Sie wurden ebenfalls aber abgelehnt.

1972: wählte der Bund die Standorte Wahn, Weesen-Lutterloh und Lichtenhorst aus. Sie scheiterten an Protesten der Bevölkerung.

Im August 1976 stellten Matthöfer (SPD) und Leisler-Kiep (CDU) die Erkundungsarbeiten ein.

Bereits 1975 machte der Ministerpräsident Alfred Kubel (SPD) die Zusage, dass ein nukleares Entsorgungszentrum in Niedersachsen realisiert wird.

Parallel und unabhängig führte 1976 eine ministerielle Arbeitsgruppe der Niedersächsischen Landesregierung die Auswahl eines Standortes aus mehr als 140 norddeutschen Salzstöcken nach einem strengen Kriterienkatalog durch. Die Auswahl erfolgte in 4 Phasen.

Phase 1 Nach allgemeiner Beurteilung verblieben 23 Salzstöcke.

Phase 2 Die Berücksichtigung von Ausschlusskriterien wie Größe, Tiefenlagen Besiedlungsdichte und konkurrierenden Nutzungsansprüchen verbleiben 13.

Phase 3 Nach Berücksichtigung der Bewertungsrichtlinie des Bundesinnenministeriums wie z. B. Grundwasservorranggebiete, Landschafts- oder Naturschutzgebiete blieben von den 13 im letzten Prüfung vier übrig.

Phase 4 Wahn, Lichtenhorst, Gorleben und Höfer/ Mariaglück Drei der Standorte erfüllten mindestens eines der zusätzlichen Kriterien nicht und schieden aus: z.B. Wahn, Truppenübungsplatz; Lichtenhorst Grundwasservorranggebiet und Höfer/ Mariaglück mit 25 km² zu klein.

Auch wegen seiner Ausdehnung von 40 km² und Tiefenlage von 300 bis 3.500 Metern blieb im Feb. 1977 nur Gorleben als geeignet übrig.

Diese Entscheidung fiel in Kooperation des Bundes mit dem Land Niedersachsen und wurde durch öffentliche Anhörungen flankiert.

Wichtige Erkundungsarbeiten wurden von 1979-1985 ausgeführt.

Über Tage Erkundungsprogramm

geophysikalische Messungen mit insges. 549 Tiefensondierungen und 16 reflexionsseismischen Profilen längs und quer zum Salzstock mit einer Länge von insgesamt 150 km

2) Errichtung und Betrieb eines seismischen Stationsnetzes zur kontinuierlichen Überwachung des Standortes auf lokale Erdbebenerscheinungen ab Februar 1986

3) 44 Salzspiegelbohrungen zur Untersuchung der Kontakt- und Übergangszone zwischen Salzstock und Deckgebirge/Hutgestein

4) 4 Tiefbohrungen in die Salzstockflanken bis rund 2.000 m zur Klärung des

Stoffbestand und der Struktur des Salzstocks

5) 2 Schachtvorbohrungen bis ca. 1.000 m Teufe zur Vorbereitung des Schachtabteufens und damit der untertage Erkundung.

Untertägiges Erkundungsprogramm

Schacht Gorleben 1: 1986 -1997

11.9.86	Beginn der Teufarbeiten Tiefkälte-Gefrierverfahren
16.12.89	Salzspiegel bei Teufe 255,6 (258,0) m erreicht
13.12. 92	Beginn der Erstellung des Schachtinnenausbaus
12.8.93	Abschalten der Gefriermaschinen
11.8.93	Fertigstellung des Schachtinnenausbaus
18.4.94	Wiederaufnahme der Teufarbeiten im Salz
10.11.97	Erreichen der Endteufe bei 933 (840) m

Schacht Gorleben 2: 1989 -1995

8.5.89
2.1.92
30.6.93
24.3.94
29.3.94
29.4.94
18.11.95

Am 22.02.1977 wurde Gorleben als vorläufiger Standort zur möglichen Entsorgung von radioaktiven Abfällen benannt. Anfang Juli 1977 akzeptierte die Bundesregierung unter Bundeskanzler Schmidt den Vorschlag und beauftragte die Phys. - Tech. Bundesanstalt mit der Einleitung des Planfeststellungsverfahrens für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. Er formulierte aber Bedenken wegen der Nähe zur damaligen DDR Grenze. Nachfolgende Abbildung 9 veranschaulicht die vorbereitete Lagerstätte.

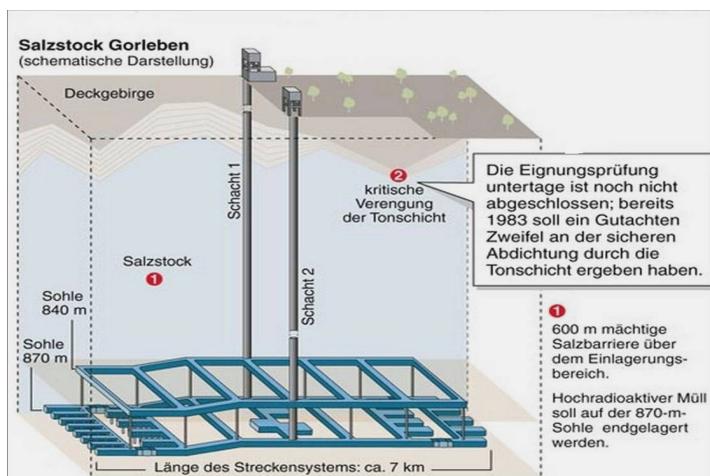


Abbildung 9 Endlager Gorleben

Deckgebirge: 250m, es folgen 600m Salzbarriere, Lagerung 870m.

Dr. H. Fuchs, Wiesbaden Privatmitteilung und FAZ 20.11.2011

Das Konzept sieht vor, die Abfälle in einer Tiefe (Teufe) von rund 900 Metern einzulagern. Bisherigen Erkundungskosten betrugen ca. 1,5 bis 1,6 Milliarden €.

Die Voraussetzungen für die Freigabe des Salzstocks als Endlager für hochradioaktive Wärme entwickelnde Abfälle sind vorhanden. Ein Genehmigungsverfahren wurde bisher nicht eingeleitet.

Zusätzliche Forderungen, mögliche Eiszeit- und Gletscherbedrohungen vor Inbetriebnahme des Endlagers auszuräumen, wurden angemahnt. Aus der Vergangenheit weiß man, dass derartige Prozesse während einer Eiszeit abliefen und somit bekannt sind.

Eine Beeinflussung der sehr tief gelegenen Einlagerungsbereiche, die bereits 250 Millionen Jahre ohne Veränderungen blieben, können demnach ausgeschlossen werden. Dies gilt auch für zukünftig mögliche oberflächennahe Ereignisse wie z.B. Eisüberdeckungen oder Gletscherwanderungen, die in über einer Million Jahren auftreten könnten.

Nach dem 1998 erfolgten Regierungswechsel von CDU/FDP zu SPD/ Grüne wollte die neu gewählte Regierung alles richten.

Schon im Februar 1999 setzte Umweltminister Trittin den Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) ein, der am 17. Dezember 2002 den Abschlussbericht „Auswahlverfahren für Endlager“ mit einem detaillierten Zeitplan veröffentlichte.

Abschlussbericht (AkEnd) und politische Entwicklung

Am 17. Dezember 2002 (nach fast 3 Jahren) veröffentlichte die von Minister Trittin eingesetzte Kommission („AkEnd“) den Abschlussbericht „Auswahlverfahren für Endlager“. Darin wird altbekanntes breit gewalzt. Erwähnenswert ist die Aussage auf Seite 22, Tab.4. Hier wird als bestes Endlagergestein Salz, Ton und Granit empfohlen was längst bekannt war. Neu ist die Formulierung: „Der Einschluss wirksame Gebirgsbereich muss über eine flächenmäßige Ausdehnung verfügen, die eine Realisierung des Endlagers zulässt (z.B. ca. 3 km² in Salz bzw. 10 km² in Ton oder Granit“.

Dies bestätigt, dass Steinsalz mit seiner hohen spezifischen Wärme die Wärmeentwicklung radioaktive Abfälle, und die Nachwärme gut abführen kann.

Das von der Berliner Morgenpost am 27.11.2006 kommentierte Strategiepapier „Verantwortung übernehmen - den Endlagerkonsens realisieren - verschwand in der Versenkung. Eine Einigung über die Finanzierung (geschätzte Kosten: 1,5 Mrd. €) einer neuerlichen Endlagersuche gab es im Koalitionsvertrag von 2002 nicht. Die Ergebnisse des AkEnd wurden bis heute nicht umgesetzt.

1) Im Erkundungsbereich 1 zeichnet sich das für eine Endlagerung nutzbare Hauptsalz der Staßfurt-Serie durch eine einfache Stratigraphie und eine beträchtliche horizontale Ausdehnung in der Querachse des Salzstockes von 500 m aus.

2) Der Hauptanhydrit liegt zerblockt vor, Die isolierten Laugenvorkommen in den Hauptanhydrit Stollen weisen keine Verbindung zum Salzspiegel oder zum Deckgebirge auf.

3) Diese positiven Erkundungsergebnisse belegen die Eignungshöufigkeit des Salzstockes Gorleben als Endlager insbesondere für hochradioaktive, wärme entwickelnde Abfälle.

4) Die Untersuchungsergebnisse für die Durchführung einer Sicherheitsanalyse zum Nachweis der Eignung des Standortes liegen vor. Der Eignungsnachweis ist noch offen. Das Oberverwaltungsgericht Niedersachsen hat in seinem letztinstanzlichen Urteil zum Endlager Schacht Konrad am 8. März 2006 festgestellt, dass ein Mangel auch nicht darin besteht,

„dass alternative Standorte nicht umfassend und vergleichend untersucht worden sind. Ein derartiges Standortsuchverfahren ist nach den geltenden atomrechtlichen Bestimmungen nicht vorgesehen.“

Auszüge aus dpa Interview mit Prof. Lüttig vom 07.08.2009

ddp: warum wurde Gorleben an Ihrer Empfehlung vorbei benannt?

Lüttig: Gorleben erschien uns als nur bedingt geeignet. Es wurde genannt, weil es ein relativ großer Salzstock ist. Und wir brauchten auf alle Fälle Raum, also einen Steinsalzkörper genügender Größe. ddp: Gorleben wurde dann bis zum Beginn des Moratoriums vor neun Jahren erkundet. Einige Wissenschaftler sagen, der Salzstock scheine geeignet. Andere haben Zweifel und verweisen auf ein nicht vollständig vorhandenes Deckgebirge.

Lüttig: Gorleben, so wie es sich bislang darstellt, halte ich durchaus für geeignet, wenn man in dem Steinsalzblock drin bleibt.

ddp: Endlagerungen in Salz halten Sie grundsätzlich für eine gute Möglichkeit?

Lüttig: Es ist für mich die beste Alternative. Als Berater der schwedischen Regierung habe ich dort die Einlagerung in Granit geprüft und beim Schacht Konrad bin ich wegen der Eignung von Ton befragt worden. Antwort: Salz erscheint mir als sicherer.

Überraschend kam dann am 26.03.2010 der Antrag der Bundestagsparteien SPD,

BÜNDNIS 90/Die GRÜNEN und DIE LINKE einen neuen Gorleben-

Untersuchungsausschuss einzusetzen. Begründung: „zu überprüfen, ob die Auswahl und Entscheidung zur alleinigen Erkundung des Standorts Gorleben am Stand von Wissenschaft und Technik orientiert war oder ob und gegebenenfalls in welcher Form es hierbei politische Einflussnahme auf die der Entscheidung zu Grunde liegende wissenschaftliche Expertisen gegeben hat und wer hierfür die Verantwortung trägt.“

Kurzfassung:

a. Akte frisiert, Gutachten geschönt, bedenken von Experten ignoriert?

b. Anfang der 1980er-Jahre Gorleben als Endlager für Reaktormüll ausgesucht?

c. keine anderen möglichen Standorte überprüft?

Er sollte u.a. bekanntgewordene Manipulationen aufdecken, die bei der Wahl Gorleben als Endlager verheimlicht blieben. Die ergebnisoffen geführte Untersuchung wurde am 8.11.2010 beendet. Eine kontrovers ausgetragene Auseinandersetzung führte zu keiner gemeinsamen Resolution. Beide Seiten brachten unterschiedliche Abschlussberichte ein (Die Welt 14.3.2013). Das Ergebnis der Konfrontation wird in der Drucksache (830 Seiten) 17/ 13700 vom 23.5.2013 dokumentiert.

A. Zusammenfassende Bewertung:- 30 Jahre Gorleben- Erkundung – Sicherheit stets an erster Stelle – Eignungshöufigkeit immer bestätigt z. B.

„Die rot-grüne Bundesregierung hat 2001 das Vorgehen der früheren Bundesregierung bei der Erkundung des Salzstocks Gorleben voll bestätigt“.

„Die Festlegung des Standortes Gorleben erfolgte nach dem primat der Sicherheit und nach dem damaligen Stand der Wissenschaft und Technik“.

Die derzeitige Regierungskoalition und die Mehrheit der Grünen haben am 10.4.2014 gegen die Stimmen der Linkspartei nach mehrmonatiger Verzögerung eine Atommüll Endlager Kommission, bestehend aus 33 Mitgliedern, die vom Parlament berufen und vom Bundesrat bestätigt, zur Endlagersuche eingesetzt. Die gewählten Mitglieder sollen in knapp zwei, maximal 2,5 Jahren, ein Verfahren zur Standortauswahl und Lagerung hochradioaktiver Abfallstoffe, vorbereiten. Der Forderung, verschiedener Umweltverbände, Gorleben unwiderruflich aus der Suche auszuschließen, wurde nicht entsprochen.

Die bisher getätigten Investitionen für Gorleben belaufen sich auf circa 1,6 Milliarden Euro. Über 90 Prozent des Betrages haben allein die Energieversorgungsunternehmen gezahlt. Auch von den zukünftigen Investitions- und Betriebskosten werden etwa 90 Prozent von den Energieversorgungsunternehmen getragen. Die vielfach vorgetragene Behauptung, der Staat subventioniere die Endlagerung, ist daher unzutreffend.

Vergleichsweise ist der sorglose Umgang mit hochtoxischem Müll unverständlich.

Seit 1895 bis heute wird in Heilbronn Salz gefördert. Das horizontale Salzlager ist 20m dick und liegt in einer Teufe von 150 bis 180m unter der Oberfläche einer 50m mächtigen wasserdichten Schicht. Darüber liegen stark Wasser führende Schichten. Im Vergleich hat Gorleben ein bei weitem stärker ausgeprägtes Barrièresystem als das Salzbergwerk direkt unter dem Neckar. Im Kalibergwerk Herfa-Neurode (Nord Hessen) und zusätzlich in Zielitz (Sachsen-Anhalt), Heilbronn (Baden-Württemberg) bzw. Borth (NRW). werden seit 1972 mit einer Kapazität von 200. 000 Tonnen pro Jahr hochgradig toxische Chemikalien unter der Voraussetzung eingelagert, dass sie nicht feucht, radioaktiv und keine Gase

bilden dürfen, das heißt keinen strahlenden Abfall. Bisher wurden über 2,5 Millionen Tonnen deponiert. Allein das vorhandene Arsengift reicht, um die gesamte Menschheit zu töten. Wo bleiben Proteste obwohl es das größte Untertage Giftendlager der Welt ist? Es stellt sich die Frage: warum konnten Giftmülldeponien dieser Ausmaße ohne Zustimmung der Bürger eingerichtet und betrieben werden?

Im Vergleich dazu bezifferte das Bundesumwelt Ministerium (BUM) am 21.02.2010 den radioaktiven Abfall mit „450 Tonnen (ca. 22,5 m³) pro Jahr“.

Somit wird bereits jetzt mehr als ein hundertfaches an chemisch-toxischen Abfall in den Boden versenkt als radioaktiver Abfall je anfallen wird.

Eingelagert werden:

1. arsen-, cyanid- oder quecksilberhaltige Abfälle;
2. Filterstäube aus der Rauchgasreinigung von Haus- und Sondermüllverbrennung (Dioxinhaltig);
3. Polychlordiphenyl- (PCB) haltige Transformatoren und Kondensatoren Abfälle aus der chemischen Industrie;
4. verfestigte Metallhydridschlämme. Dr. H. Fuchs, Wiesbaden Privatmitteilung

Fasst man die 50 jährige Diskussion auf die Festlegung eines Standorts zur Lagerung der Wärme strahlenden Spaltrückstände aus KKW zusammen, erkennt man, dass Grüne dieendlagerung, trotz größter Anstrengungen der Industrie (Wackersdorf, Gorleben), verhindert haben.

VI Fusionsreaktoren

Global intensiv finanzierte Forschungsarbeiten, basierend auf bislang erzielte Resultate, ermunterten die Wissenschaft, mit leistungsfähigeren Fusionsreaktoren fortzufahren. Als Energiequelle dienen die selteneren Wasserstoffisotope Deuterium (D) und Tritium (T). Letzteres ist hier nur in Spuren vorhanden und muss z.B. aus dem reichlich vorhandenen Lithium erbrütet werden.

Gemäß der Fusionsreaktion $T + D = 3H + 2H \rightarrow 4He + n + 17,6 \text{ MeV}$ Abbildung 10 wird der Ablauf der Umsetzung bildhaft. Der Energiegewinn setzt sich als Summe der Bildungswärme von Helium und kinetischer Energie der Neutronen zusammen. Mit Kernreaktoren der 4. Generation und den Fortschritten in der Fusionstechnik werden weltweit die Weichen für Energie in der 2. Hälfte des 21. Jahrhunderts gestellt. Dazu gehören auch die in der BRD entwickelten Fusionsreaktoren. Dank der Ergebnisse des EU-Fusionsreaktors „Joint European Torus (JET)“ in GB war es gelungen, in Pulsen von ca. 2 sek. eine Spitzenleistung von 16 MW (entspr. 60% der eingesetzten Leistung) zu erzeugen. Damit wurde eine Steigerung um das Milliardenfache erzielt.

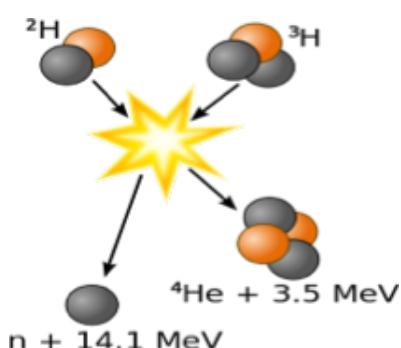


Abbildung 10 Beispiel für Fusionsreaktion¹²⁾



Abbildung 11 Dämpfung des 2 m hohen Reaktorgebäudes mit Schwingung

dämpfende Sockel

Am Bau des Nachfolge Fusionsreaktors -ITER- beteiligen sich EU, China, Indien, Japan, Russland, Südkorea und die USA. Der Vertragsabschluss war am 21.11.2006 in Paris. Der Testreaktor ITER vom Typ Tokamak wird in Cadarache / Südfrankreich gebaut. Bild 2 Inbetriebnahme geschätzt 2020. Geplante Kosten: 2006 5 Mrd., aktuell ca.13 Milliarden €.



Abbildung 12 erdbebensicheres Fundament zur Aufnahme des 360.000 to. schweren Fusionsreaktors

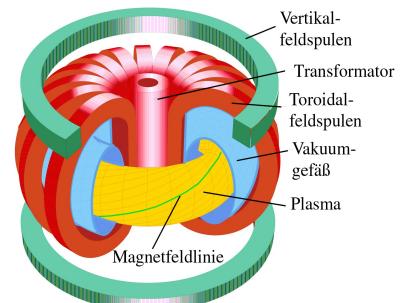


Abbildung 13 Tokamak
Magnetfeldkäfig mit einander überlagernden toroidalen und poloidalen Magnetfeldern

Ab 2014 wird auf den 2 m hohen, schwingungsdämpfenden Sockeln -Abbildung 2- die 1,5 m dicke Bodenplatte gegossen, die neben ITER das Reaktorgebäude und die nördlich und südlich angrenzenden Gebäude für das Tritium- Handling bzw. die Plasmadiagnostik erdbebensicher tragen wird -Abbildung 3. Tokamaks stellen das Magnetfeld z.T. mit Hilfe eines im Plasma fließenden elektrischen Stroms her - Abbildung 4.

Im Teilinstitut Greifswald wurde das Nachfolgemodell des Garching Stellarators WENDELSTEIN 7-AS, genannt WENDELSTEIN 7-X gebaut. Sein Magnetfeld soll überlegene Einschlusseigenschaften besitzen, die man früher in einem Stellarator noch für unmöglich hielt. Bei ca. 100 Millionen °C (im Sonnenkern 15,6 Mill. °C) darf sich das dünne, heiße Gas nicht abkühlen d.h., es darf mit dem einschließenden Gefäß nicht in Berührung kommen.

Plasma Teilchen tragen eine elektrische Ladung und können in einem Magnetfeldkäfig eingeschlossen und von den Wänden weggehalten werden. Für diesen Einschluss mit Magnetfeldern gibt es zwei Prinzipien: Tokamak mit toroidalen und poloidalen Magnetfeld Abbildung 4 bzw. Stellarator mit einschließendem helikalen Feld Abbildung 6. Das WENDELSTEIN-7X Plasma soll überzeugende Schlüsse auf die Kraftwerkseigenschaften der Stellaratoren ermöglichen.

Im Gegensatz zum Tokamak benötigen sie keinen Plasma Strom und können stationär als Grundlastkraftwerk eingesetzt werden. Informationen über das Verhalten eines brennenden Plasmas soll der in globaler Zusammenarbeit geplante Tokamak- Testreaktor ITER liefern.

Das MPI für Plasmaphysik in Garching ist weltweit das einzige Institut, in dem die beiden Haupttypen von Fusionsanlagen – Tokamaks und Stellaratoren - parallel zueinander entwickelt worden sind, was einen direkten Vergleich möglich macht.

Wendelstein 7-X strebt kein Energie lieferndes Plasma an, daher wird man nur mit Wasserstoff- (¹H Protium) und Deuteriumplasmen (²H) experimentieren.

Während Tokamaks das Magnetfeld z.T. mit Hilfe eines im Plasma fließenden elektrischen Stroms herstellen, benutzen Stellaratoren ausschließlich äußere Magnetspulen.

Wendelstein 7-X strebt kein Energie lieferndes Plasma an, daher wird man nur mit Wasserstoff- (¹H Protium) und Deuteriumplasmen (²H) experimentieren.

Abbildung 5 erlaubte Ende 2011 Einblicke in das Innere des Wendelstein 7-x, wo Plasmagefäß, Magnetspulen und das Außengefäß mit zahlreichen Kühlleitungen und Stromverteiler in der Bauendphase zu sehen sind. Für die Fertigstellung des Stellarators betragen die Gesamtkosten (Bauzeit 1997/2014) ca. 1.060 Milliarden €.

Das vereinfachte Schema veranschaulicht in welchen Zonen das WENDELSTEIN-7X Plasma generiert wird. Es soll überzeugende Schlüsse auf die Kraftwerkseigenschaften der Stellaratoren ermöglichen. Tritium wird aus Lithium in der Brutzone (braun) erbrütet und gelangt mit Deuterium in die Fusionszone (gelb), wo der Prozess stattfindet.

Neutronen gelangen in die Brutzone (braun) und werden abgebremst. Abbildung 18 Die entstehende Wärme wird über einen Wärmetauscher an die Turbine mit angekoppeltem Generator weitergegeben. Tokamaks bzw. Stellaratoren separat oder eine Kombination aus beiden könnten ab 2045/ 2050 Strom erzeugen. Abbildung 19

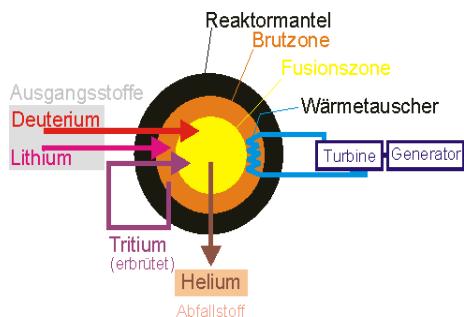


Abbildung 18 Vereinfachtes Schema Nutzung der eines Fusionsreaktors

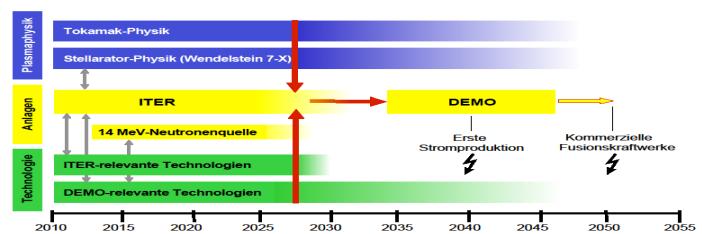


Abbildung 19 Der zeitabhängige Weg zur Nutzung der wirtschaftlichen Fusionsquelle

Ein Gramm Brennstoff liefert 90 000 kWh, entspr. der Verbrennungswärme von 8 To. Erdöl bzw. 11 To. Kohle. Wendelstein 7-X strebt kein Energie lieferndes Plasma an. Da sich diese Eigenschaften vom Tokamak zum großen Teil auf Stellaratoren übertragen lassen, bleibt dies dem Tokamak ITER überlassen.

Nach ca. zehnjähriger Arbeit gelang es der Gruppe „Stellerator -Theorie“ mit modernen Großcomputern, mögliche Stellarator-Konfigurationen derart zu optimieren, dass alle mit dem Plasmastrom der Tokamaks verbundenen Nachteile wegfallen.

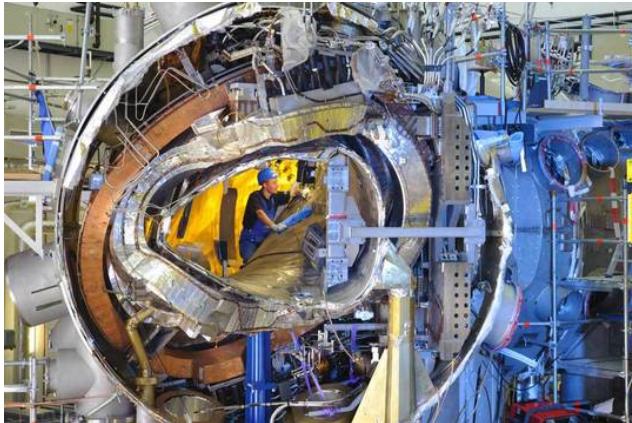


Abbildung 14 Stellarator Ende 2011:
Plasmagefäß, Magnetspulen mit zahlreichen
Kühlleitungen und Stromverteiler

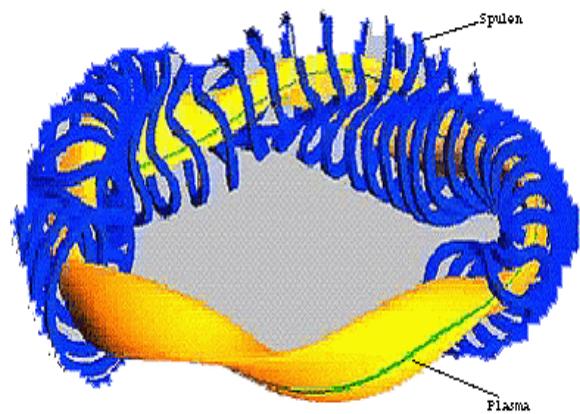


Abbildung 15 Plasma einschließendes
helikales Feld

Der fast vollständig hergestellt Fusionsreaktor Wendelstein 7x vor der Einweihungsfeier am 20.7. 214. Abbildung 16 . Ergänzende Ergebnisse von ITER und WENDELSTEIN 7-X könnten in einem Demonstrationskraftwerk gebündelt werden. Den mögliche Ausbau eines solchen Reaktors zeigt Abbildung 17.

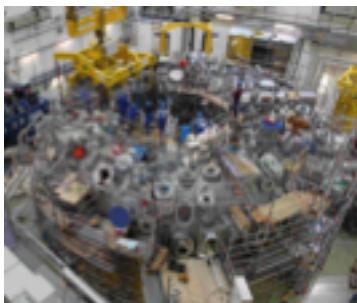


Abbildung 16 Endbauphase des
WENDELSTEIN 7-X März 2014

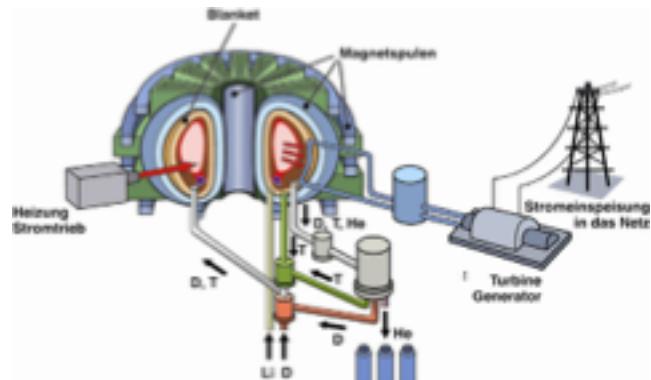


Abbildung 17 Endbauphase des
Fusionskraftwerks

¹ Leserbrief vom 1.6.2011: Prof. Dr.-Ing. Eckhard Wiederuh, Wettender

² Leserbrief vom FAZ 6.12.2013

³ Phänomen von französischen Wissenschaftler entdeckt und 1976 in Scientific American publiziert. 1984-95 in Lehrbücher der Anorganischen Chemie. Naturreaktor- pulsierender Betrieb in den Uranminen in Oklo FAZ 10.11.2004. Die Jahrmilliarden alte Endlagerung in der Natur FAZ 30.11.010.

Christopher Wesselmann, Walter Tromm, Thomas Linnemann und Marko W. Koch, Kernenergie Jahresrückblick 2009; BWK Bd. 62 Nr. 5 Tabelle 3, Seite 5

⁵ Shinzo Abe, FAZ 12.03.2014

⁶ Urban Cleve, Nuclear Report Winter 2010, p. 38-45; 21. Century

Science and Technology. W. Marth, Rudolf Schulten's High Temperature Reactor

⁷ Der Schnelle Brüter SNR 300 im Auf und Ab seiner Geschichte KfK-Berichte 4666, März 1992, online, PDF, abgerufen am 1. März 2013

- ⁸⁾ Wissenschaftlicher Bericht des Forschungszentrum Karlsruhe von 2004
- ⁹⁾ Hisashi Nobukawa, et al.: A Barge-Type System for Extracting Uranium from Seawater Using Pump Units. In: Bulletin of the Society of Sea Water Using Pump Units. In: Bulletin of the Society of Sea Water. Science. 55, Nr. 3, Japan 2001, [ISSN 0369-4550](#), S. 166/17
- ¹⁰⁾ Zitat aus der Stuttgarter Zeitung vom 20.8.2012
- ¹¹⁾ H. Bröskamp, K.-J. Brammer, H. Schlombs, atw 48 (2003), 307-314; Angaben 1bis 4. Gutachten der Bundesanstalt für Bodenforschung 1963
- ¹²⁾ A.M. Bradshaw „Die Zukunft der Energie“ Hrsgb. P. Gruss und F. Schüth, S. 296

;