

Peter ROTHDACH

Wohin mit unserem „Atommüll“?

Ein technisch gelöstes, aber politisch immer noch ungelöstes Problem.

Zu Beginn einige Motti und Vorbemerkungen:

*Elektrische Energie ist das „Blut der Wirtschaft“, je preiswerter, desto besser!
Eine gesunde Wirtschaft ist die Grundlage des Sozialstaats und allen Wohlstands.*

Hier 3 Zitate des deutschen Wirtschafts- und Energieministers Sigmar GABRIEL vom 17.04.2014 in Kassel vor der Firma SMA Solar:

„Die Wahrheit ist, dass die Energiewende kurz vor dem Scheitern steht.“

„Die Wahrheit ist, dass wir auf allen Feldern die Komplexität der Energiewende unterschätzt haben.“

„Für die meisten anderen Länder in Europa sind wir sowieso Bekloppte“

Dass die Verwertung und Lagerung von „Atommüll“ kein technisches, sondern ein politisches Problem ist, das beweist schlüssig ein Satz im Koalitionsvertrag 1990 der ersten Rot-Grünen Regierung in Niedersachsen unter Ministerpräsident Schröder:

Hier wurde festgelegt „eine Gesamtstrategie zu verfolgen, um über eine Blockade der Errichtung von Endlagern den Ausstieg aus der Kernenergie zu erzwingen.“

Man kann damit, auch wenn andere, rationale Argumente fehlen, immer noch sagen: „Wir sind gegen Atomkraftwerke, weil die Frage der Endlagerung ungelöst ist.“

Alle rot-grünen Regierungen haben sich in der Folgezeit stillschweigend daran gehalten, neuerdings ist auch die Union darauf eingeschwenkt. Viele der Entscheidungen auch in jüngster Zeit kann man nur dann verstehen, wenn man diese „Gesamtstrategie“ kennt.

Im Industriestaat Deutschland, in dem 70 % aller Arbeitsplätze, direkt oder indirekt, von der Industrie abhängen, glaubt man, eine bewährte, äußerst zuverlässige Energieversorgung abschaffen zu können und durch eine „Energiewende“ für den Preis einer Eiskugel pro Monat (Originalton Jürgen Trittin) ersetzen zu können. Das ursprüngliche Hauptargument war der „Klimaschutz“ (was auf die Atomenergie nicht zutreffen kann, weil sie CO₂-frei ist), später die Atomangst.

In einer Panikreaktion wurden nach der Tsunami-Katastrophe von Fukushima 2011 im gleichen Jahr 8 KKW (Kernkraftwerke) abgeschaltet, übrigens ohne Klärung der Entschädigungsfrage für die Besitzer (der erste Prozeß läuft derzeit in Hessen). Der Bund muß sich hier auf Milliarden-Summen einstellen. Die Vorentscheidung eines Verwaltungsgerichts zugunsten der KKW-Betreiber und ihrer Aktionäre ist schon gefallen.

Das gleiche gilt für die Aufgabe des Endlagers Gorleben, dessen bisherige Exploration die KKW-Betreiber schon über 1,6 Milliarden € gekostet hat. Alle diese Entscheidungen sind rational nicht begründbar.

Hier in tabellarischer Form **6 der 8 abgeschalteten Werke:**

Name	Eingespeiste Energie bis zur Stilllegung (In Mega-Watt-Sunden)
Biblis A	217.000
Biblis B	224.000
Brunsbüttel	120.000
Isar 1	176.000
Krümmel	201.000
Neckarwestheim	175.000
Summe	1.113.000 = 1.113.000.000.000 Watt-
Stunden	
=====	=====

Die einzige Begründung für diese Entscheidung war Angst vor radioaktiver Strahlung, obwohl es in Deutschland noch nie einen durch die Strahlung eines KKW bedingten Toten gegeben hat und obwohl es hier keine Tsunamis gibt. Ein **Sicherheitsgewinn ist nicht zu erwarten**, weil es in der deutschen Nachbarschaft zahlreiche KKW gibt, alleine in Frankreich 19 KKW mit 58 Reaktorblöcken. Sollte eines dies Blöcke „hochgehen“, würden die radioaktiven Wolken an unseren Grenzen kaum halt machen. Weltweit gibt es 440 KKW, 200 sind im Bau und 60 weitere in der Planung. Mit anderen Worten: **Mit dem Ausstieg aus der Kernenergie verlieren wir in D ein komplettes Industrie- und Wirtschaftssegment, während das Risikopotential bestehen bleibt.**

Die 18.000 Toten von Fukushima (bedingt durch ein verheerendes Erdbeben der Stärke 9 und den nachfolgenden Tsunami) waren keine Atomtoten, sondern Tsunami-Tote (Claudia Roth mußte sich für ihre irrtümliche (oder absichtliche?) Falsch-Behauptung öffentlich entschuldigen). Wie viele Spätschäden in Form von späteren Krebserkrankungen in Japan zu erwarten sind, darüber später.

In der folgenden Tabelle finden sich die noch laufenden KKW, die laut Gesetz bis spätestens 2022 abgeschaltet werden müssen.

Name	Leistung (in Mega-Watt)
Brokdorf	1.410
Emsland	1.329

Grafenrheinfeld	1.275
Grohnde	1.360
Gundremmingen B	1.284
Gundremmingen C	1.288
Isar 2	1.410
Neckarwestheim	785
Philippsburg 2	1.392

Summe **11.533 Mega-Watt = 11.533.000.000 Watt**
 =====

Auch hier wird die Entschädigungsfrage die Gerichte beschäftigen.
 Der Stilllegungsbeschluss der Regierung wurde von einem Gutachtergremium 7. Oktober 2014 mitgetragen, dem kein einziger Naturwissenschaftler oder Techniker angehörte, dafür aber Theologen (darunter 2 Bischöfe), Soziologen, Psychologen und Politologen.
 Man kann getrost sagen, dass der deutsche Atomausstieg mit Stilllegung und Rückbau hochtechnisierter Kraftwerke das größte Abriss-Projekt der gesamten deutschen Industriegeschichte ist. Das Demontage-Programm der Alliierten nach dem 2. Weltkrieg. (MORGENTHAU-Plan) war im Vergleich dazu eine Petitesse.

Was bleibt, wenn das letzte deutsche KKW abgeschaltet ist? Weil Wind- und Sonnenenergie nicht grundlastfähig sind (der Wind weht, wann er will, die Sonne scheint, wann die Wetterlage es will, in der Nacht überhaupt nicht) und weil Wechselstrom nicht mit einem vernünftigen, wirtschaftlichen Wirkungsgrad speicherbar ist, müssen wir wieder auf Steinkohle, Braunkohle und Gas zurück greifen. Dies erhöht natürlich wieder den CO2-Ausstoß, was ja den ursprünglichen angeblichen Zweck der Energiewende („Klimaschutz“) konterkariert. Deutschland gehört seit Beginn des Atomausstiegs wieder zu Ländern mit steigendem CO2-Ausstoß!

Ursprünglich wurde von unseren Politikern immer die „deutsche Vorbildfunktion“ beschworen.

Natürliche Umgebungs-radioaktivität

In Deutschland bewirkt die natürliche terrestrische radioaktive Strahlung eine Exposition von etwa 0,4 mSv/a (milli-Sievert pro Jahr) im Mittel, wobei Werte regional recht

Interessante Werte radioaktiver Belastung

- Langstreckenflug 10 h: 0,12 mSv
- Röntgen Thorax: 0,02 mSv
- CT Abdomen: 8 mSv
- CT Thorax: 11 mSv
- **Natürliche Belastung in D:** 2,4 mSv/Jahr (Durchschnittswert). Bad Gastein / Ortsmitte: 20-80 mSv/Jahr
- Zusätzliche industrielle Belastung (AKW, KohleKW u.a.) Grenzwert per Gesetz 1 mSv/Jahr
- Berufliche Exposition (Radiologie, Nuklearmedizin, KKW): Grenzwert per Gesetz: 20 mSv/Jahr, Berufslebensdosis 400 mSv
- Dzt. Strahlung am AKW Fukushima: 400 mSv/Stunde, entspr. 20 CT Thorax/Abdomen pro Mensch und Stunde

unterschiedlich ausfallen können. Die höchsten Werte findet man im Erzgebirge, im Bayerischen Wald und anderen Mittelgebirgen (bis 1,3 mSv/a), die niedrigsten in Norddeutschland (ca. 0,25 mSv/a). In anderen Regionen der Welt kann sie aber wesentlich höher liegen mit Spitzenwerten bis 200 mSv/a (in Ramsar, Iran).

Ein Bundesbürger ist pro Jahr typischerweise einer Strahlenmenge von 2,4 mSv ausgesetzt. In über Hundert Jahren hat kein Strahlenmediziner unter 100 mSv gesundheitliche Schäden nachweisen können. Gesetzliche Grenzwerte für beruflich Strahlen-exponierte Personen (Röntgen- und KKW-Personal): 20 mSv/a, in den USA gelten 50 mSv/a als zulässig. Im ganzen Berufsleben werden in D bis zu 400 mSv toleriert.

Bei der **Endlagersuche** ist die Vorgabe: Es muß ausgeschlossen werden, dass auch beim schlimmsten anzunehmenden Störfall irgend jemand aus den Abfällen einer höheren Jahresdosis als 0,1 mSv ausgesetzt ist; das ist ein Tausendstel von 100 mSv, eine Sicherheitsbestimmung, die geradezu absurd ist, weil unrealistisch überzogen. Es ist wohl eine Folge der (falschen) LNT-Regel.

Es ist wohl politische Absicht, anstelle von Fakten Angst zu produzieren.

Die deutsche Atomangst (von anderen Völkern spöttisch als „German-Angst“ bezeichnet):

Im November 2011 hielt ich auf der Medizinischen Woche Baden-Baden - nicht zuletzt unter dem Eindruck der nur kurz zurück liegenden Katastrophe von Fukushima - einen Vortrag über Radioaktivität und ihre biologischen Wirkungen. Mein Hauptanliegen war damals und ist es auch jetzt, das Thema nach dem Motto darzustellen **„Radioaktivität ernst nehmen, aber nicht dämonisieren“**. Meine Qualifikation, über dieses Thema zu reden, gründet sich auf ein schon früh beginnendes Interesse: In der Mittelstufe des Gymnasiums (etwa 1955) hielt ich einen mehrstündigen Klassenvortrag über das Thema „Atomspaltung“. In meiner Doktorarbeit in der Münchener Pathologie hatte ich die Aufgabe, radioaktives Phosphat in Tumor-Zellkulturen einzubauen, um ihren Stoffwechsel zu untersuchen. In meiner Facharztausbildung hatte ich auch eine pflichtgemäße „Röntgen-Ausbildung“, die mich unausweichlich ionisierender Strahlung aussetzte. Wie Sie sehen, lebe ich trotzdem immer noch ganz gut und gesund.

Mitten im Vortrag erschienen 2 „alternativ“ gekleidete Damen mit Birkenstock-Sandalen und ließen sich polternd und schwätzend im Vortragssaal nieder. Als ich gegen Ende meines Referats sagte, dass das Problem „Endlagerung“ eigentlich technisch gelöst sei, standen die beiden auf und fingen an, laut dazwischen zu rufen und zu polemisieren, sodaß sie vom Kongresspräsidenten zur Ordnung gerufen werden mußten. Ich konnte meinen Vortrag nur mit Mühe vollenden, bot aber trotzdem den Zwischenruferinnen an, in der bevor stehenden Mittagspause mit ihnen über das Thema zu diskutieren. Sie machten aber von diesem Angebot keinen Gebrauch, und ich habe sie nie wieder gesehen. Wahrscheinlich wollten sie ihre Vorurteile lieber behalten...

Dieses Erlebnis zeigt, dass bei manchen Zeitgenossen bei der bloßen Erwähnung der Worte „Atom“ oder „Radioaktivität“ ihr Gehirn in eine Art Panik-Modus umschaltet. Manche haben hier geradezu apokalyptische Vorstellungen, wenn nicht vom Ende der Welt, zumindest von Siechtum und über Jahrmillionen reichende „Verseuchung“ des Planeten.

Ein extremer Esoteriker sagte mir, es sei eine Sünde vor Gott, speziell auch der modernen Physik, überhaupt Atome zu spalten. Ich konnte ihn nicht davon überzeugen, dass **die Natur seit Jahr-Milliarden ständig Atome spaltet, seit es unsere Erde gibt und lange, bevor der Mensch überhaupt auf den Plan trat..**

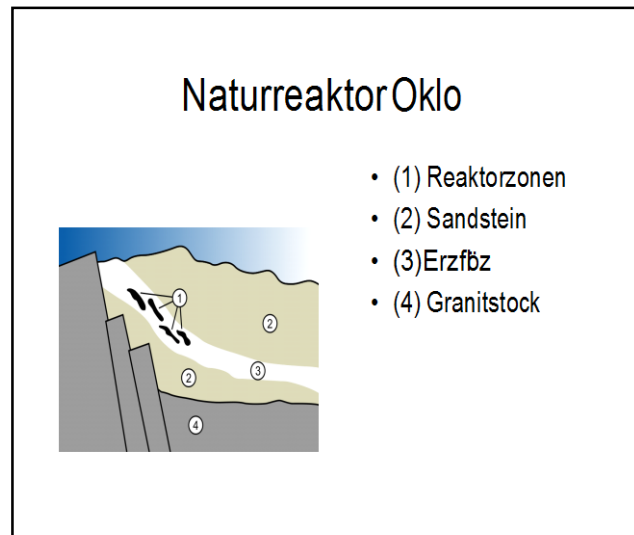
Ein prominentes Beispiel dafür ist der **Naturreaktor Oklo** in Mounana in Gabun/Afrika. (**Abb. nebenst, Lit. (1)**)

Dies ist eine Uranlagerstätte, in der durch natürlich entstandene Urankonzentration eine nukleare Kettenreaktion einsetzte. Mittlerweile sind die Überreste von insgesamt 17 solcher Naturreaktoren in Oklo und im 30 km entfernten Bangombe entdeckt worden. Die hohe Urankonzentration entstand vor ca. 2 Milliarden Jahren, also im Zeitalter des

Proterozoikum. Die Kernreaktoren waren etwa 500.000 Jahre aktiv und setzten während dieses Zeitraums Energie im Tera-Wattstunden-Bereich frei, was einer Energiemenge eines durchschnittlichen Kernkraftwerks in 4 Jahren entspricht. Dabei wurden etwa 10 Tonnen Uran-235 und aus Uran-238 etwa 4 Tonnen Plutonium-239 erzeugt. Ihre Aktivitäten kamen vor ca. 1,5 Milliarden Jahren zum Erliegen, da sich der natürliche Isotopenanteil von Uran-235 zu diesem Zeitpunkt so weit reduziert hatte, dass die Bedingungen für selbst erhaltende Spaltungsprozesse nicht mehr gegeben waren. Man kann heute aus den Überresten die Geschichte der Naturreaktoren meßtechnisch problemlos nachweisen. Neue Untersuchungen zeigen, dass diese Naturreaktoren durch Zufluß von Grundwasser moderiert wurden, was eine zyklische Aktivität nach sich zog: Etwa 30 Minuten bremste das Wasser die Neutronen auf die erforderliche Geschwindigkeit für die Kernspaltung ab, wobei sich das Wasser erhitzte und verdampfte. Nach einigen Stunden war das Wasser wieder nachgelaufen, so dass der Zyklus wieder erneut begann.

Vielfach wird eine ablehnende Haltung gegenüber der Atom-Technik mit der **Tschernobyl-Katastrophe** begründet. Die taugt aber nicht dazu. Ein Reaktor vom Tschernobyl-Typ wäre in Deutschland nie genehmigt worden. Er war ein militärischer Reaktor, dessen Hauptzweck darin bestand, **während des Betriebs** (also ohne Abschaltung) **Waffen-Plutonium zu entnehmen**.

Der Reaktor hatte keinen Stahlbetonmantel. Die Katastrophe kam durch eine unerlaubte Überlastung bei gleichzeitiger Abschaltung der Sicherungssysteme zustande. Ein eindeutiger Fehler der dortigen Administration war es, keine Jod-Tabletten an die Bevölkerung



auszugeben; dies hätte nach aller Erfahrung zu einer weitgehenden Verhinderung von Schilddrüsen-Carzinomen geführt. Jod wird vom Körper selektiv in die Schilddrüse eingebaut, mit nicht-radioaktivem Jod in Tablettenform kann man das radioaktive Jod 131 verdrängen, das bei Atomunfällen anfällt (Halbwertszeit etwa 1 Woche). In Japan wurde dieser Fehler vermieden, auch erfolgten dort schnellere Evakuierungen.

Andere Natürliche Quellen von Radioaktivität

- Mineralien und Gase, z.T. schon aus der Frühgeschichte der Erde:
- [Für den stärksten Anteil sorgen](#)
- 1) [Radon](#) (AG 222) alpha-Strahler (QF 10), HWZ 3,8 Tage → Polonium, Wismut, Blei.
- Stärke bis 2 mSv, 100 Bq / Kubik-m
- 2) [Kalium -40](#) (AG 39) beta-Strahlung (QF 1) → Calcium, gamma (QF 1) → Argon, HWZ 1,26 Mrd. Jahre. K kommt mit 2 g / kg im menschlichen Körper vor, radioaktiv ist aber nur ein Anteil von 0,0117 %. Dosis ~ 0,17 mSv / Jahr

Sonstige Quellen:

- Zerfallsreihen
- 1) Thorium -Reihe
- 2) Neptunium -Reihe
- 3) Uran-Radium -Reihe
- 4) Uran-Aktinium -Reihe
- Kosmische Ultrastrahlung
- 0,5-0,8 mSv / Jahr

Biologische Wirkungen von Radioaktivität/ionisierender Strahlung und Abwehrstrategien der Organismen, der Unsinn der LNT-Hypothese

Es dürfte klar sein, dass Radioaktivität ein Naturphänomen ist, das seit Beginn der Erdgeschichte besteht und auch das organische Leben schon seit jeher begleitet. Die lebenden Organismen haben schon früh Abwehrstrategien entwickelt, um radioaktive Schäden auszugleichen: So hat schon eine primitive Hefezelle mit 4000 Genen etwa 100 Reparaturgene, die nur dazu da sind, radioaktive oder auch toxische Schäden zu kompensieren. Wie die [Abb. nächste Seite](#) zeigt, besteht die Möglichkeit eines Strangbruchs

der DNS-Erbsubstanz und eines Basen-Schadens, die beide relativ leicht reparabel sind. Etwas schwieriger wird es bei einem Doppelstrang-Bruch der Erbspindel. Lässt sich der Schaden nicht reparieren, tritt bei mehrzelligen Organismen das Immunsystem auf den Plan, welches eine so geschädigte Zelle einfach eliminiert.

Maßeinheiten Radioaktivität

- **Becquerel (Bq): Zerfall / sek**
- **Gray (Gy) = 1 J / kg: Absorbierte Energiedosis D pro kg Organ.**
- **Qualitätsfaktor Q: 10 für alpha, 1 für beta u. gamma, 5 für langsame Neutronen, 10 für schnelle Neutronen**
- **Sievert (Sv) = 1 J / kg . Q**
- = **aufgenommene Strahlen-Energiedosis mal Qualitätsfaktor**
- **Rem (veraltete Einheit) = 0,01 Sv**

Die geschilderten Mechanismen können natürlich auch überfordert werden, wenn die Strahlung zu stark wird oder zu lange einwirkt. Auch hier gilt PARACELSUS: „Es ist die Dosis, die ein Gift macht“. Ein anderer Mechanismus radioaktiver Bestrahlung ist die **Erzeugung freier Radikale**: Das Strahlungsquant kann aus dem Atomverband ein Elektron heraus schlagen und so Ionen (elektisch geladene Atome und Moleküle) erzeugen. Man bezeichnet daher radioaktive auch als **ionisierende Strahlung**. Diese künstlich erzeugten Ionen

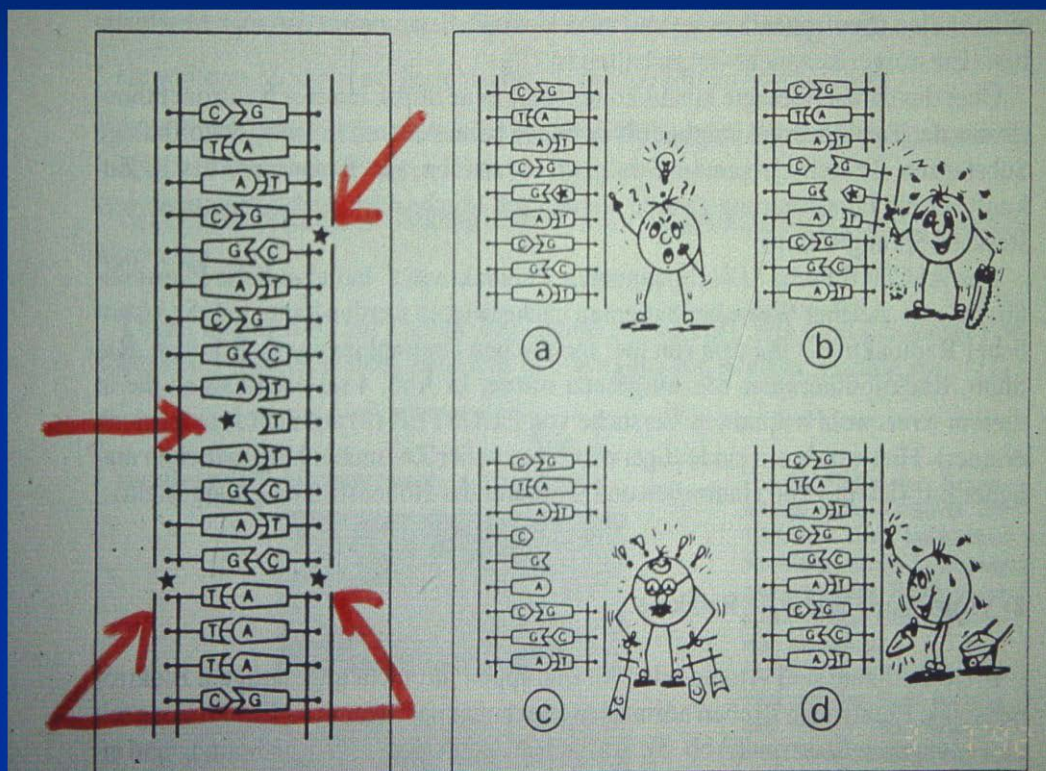
können Stoffwechselprozesse stören und ebenfalls molekulare Strukturen schädigen.

Ultraviolette (UV-)Strahlung ist übrigens ebenfalls ionisierend, deshalb können Sonnenbrände auch Hautkrebs provozieren. Aber auch hier kommen wir wieder auf PARACELSUS: Eine maßvolle Sonnenbestrahlung ist gesund, u.a. für das Immunsystem, eine zu starke kann krank machen. Eine schwache radioaktive Strahlung kann sogar das Immunsystem anregen, also positiv wirken: So erkranken oft Mitarbeiter in kerntechnischen Anlagen weniger an Krebs als der Bevölkerungsdurchschnitt (dieses Phänomen nennt man Hormesis), auch ist in Radonbädern wie Bad Gastein die Krebsrate der Bevölkerung eher niedriger. Andererseits ist es weitgehend gesichert, dass erhöhte Radonkonzentrationen in Kellern Lungenkrebs provozieren können.

Andererseits kann als gesichert gelten, dass über Wasseradern erhöhte ionisierende Strahlung (durch gebremste Neutronenstrahlung erzeugte Sekundärradioaktivität), über Erdverwerfungen erhöhte gamma-Strahlung auftritt mit jeweils erhöhten Krebsraten. Bisher haben leider keine genauen dosimetrischen Untersuchungen statt gefunden.

Eine dritte Eigenschaft ionisierender Strahlung ist die **entmagnetisierende Wirkung**. Wie man einen Permanentmagneten durch radioaktive Strahlung entmagnetisieren kann, verliert auch ein lebender Organismus durch sie seine „magnetische Ordnung“. Im

Genschäden, Gen-Reparatur (nur beim normalen Zellkerngenom, nicht beim Mitochondriengenom!)



elektromagnetischen Bluttest kann man diese Ordnung oder Unordnung messen.

Dieser von unserem Altmeister Dieter ASCHOFF geprägte Begriff ist identisch mit dem von F.A.POPP geprägten Begriff der „**Kohärenz**“. Magnetisch geordnete Organismen können Lichtstrahlung besser speichern als ungeordnete (Bio-Photonik).

Die LNT-Hypothese

Ein Dogma, mit dem man bei Diskussionen immer wieder konfrontiert wird, ist die **LNT-Hypothese** (Linear-Non Threshold = Linear, kein Schwellenwert): Sie ist eindeutig falsch und wird auch nicht wahrer durch ständige Wiederholung. Bei Diskussionen mit „Grünen“ und Kernkraftgegnern kann man mit absoluter Sicherheit damit rechnen, damit konfrontiert zu werden. Sie besagt, dass es für die schädliche Wirkung von Radioaktivität keine Schwellendosis gebe; d.h. dass etwa ein einziges Strahlungsquant schon einen Krebs auslösen könne. Schon aus der Tatsache, dass wir von Natur aus überall von Radioaktivität umgeben sind und dass sogar unser Körper natürlicher Weise das Radio-Isotop Kalium-40 enthält, kann man ersehen, dass an dieser Hypothese irgendwas nicht ganz stimmen kann.

Die LNT-Hypothese behauptet, dass die von hohen Strahlendosen her bekannten Zusammenhänge selbst dann gelten, wenn die Dosis so gering ist, dass sie im „Hintergrundrauschen“ der natürlichen Umgebungsstrahlung völlig untergeht. Man extrapoliert linear die Dosis-Wirkungskurve nach links bis auf Null und postuliert rein theoretisch noch schädliche Wirkungen in einem 1000 von 1000 Menschen töten, so müssten nach der „LNT-Logik“ 1 Liter Blutverlust 200 Menschen töten. 500 ml müssten 100 und 50 ml immer noch 10 Tote produzieren. Sogar mit 10 ml müssten immer noch 2 „daran glauben“. Dabei werden etwa beim Blutspenden üblicher Weise etwa 500 ml entnommen und bei einer Blutentnahme für Laboruntersuchungszwecke etwa 10 ml.

Oder: Wenn 5 Stunden Sonnenbad bei 1000 gesunden Menschen der hellhäutigen Rassen einen Sonnenbrand produzieren, dann müssten 5 Minuten bei 17 entsprechend wirken. Oder: Wenn sich ein Mensch einen Sonnenbrand bei 5 Stunden Sonnenexposition holt, dann müsste er nach der LNT-Regel auch einen bekommen, wenn er 2 Monate lang 5 Minuten pro Tag in der Sonne liegt.

Diese Beispiele demonstrieren den Unsinn der LNT-Hypothese und zeigen, dass viele Vorgänge in der Biologie „nicht-linear“ sind und dass meist ein deutlicher Unterschied besteht zwischen dem, was beobachtet oder gemessen wird und dem, was spekuliert wird.

Arten und Hauptwirkung von Radioaktivität

- **alpha-Strahlung**: positiv geladene Heliumkerne mit dem AG 4 (2 Protonen, 2 Neutronen), QF 10
- **beta-Strahlung**: Schnelle Elektronen, negativ geladen, QF 1
- **gamma-Strahlung**: Keine Teilchen-, sondern Photonenstrahlung, QF 1
- **Neutronen-Strahlung**: Wirkt nicht direkt, sondern nur sekundär. Wenn stark abgebremst („moderiert“) durch Einfang-Reaktionen → QF 5, sehr schnelle QF 10

Strahlenschäden

bei Belastung
in Millisievert (mSv)

ZUNEHMENE AUSWIRKUNGEN

5000 mSv

Jeder Zweite stirbt innerhalb kurzer
Zeit durch akute Strahlenschäden

2000 mSv

einer von 5 erkrankt
an Strahlenkrebs

1000 mSv

erste Anzeichen
akuter Strahlenkrankheit

100 mSv

einer von 100
erkrankt an
Strahlenkrebs

Unterhalb von 100 mSv lässt
sich durch Strahlung verursach-
ter Krebs statistisch nicht mehr
erfassen, weil mögliche Fälle in
der vielfach höheren, natürli-
chen Krebsrate der Bevölkerung
untergehen. Fachleute arbeiten
in diesem Bereich mit Modell-
kurven, bei denen das Rest-
risiko unterschiedlich schnell
absinkt.

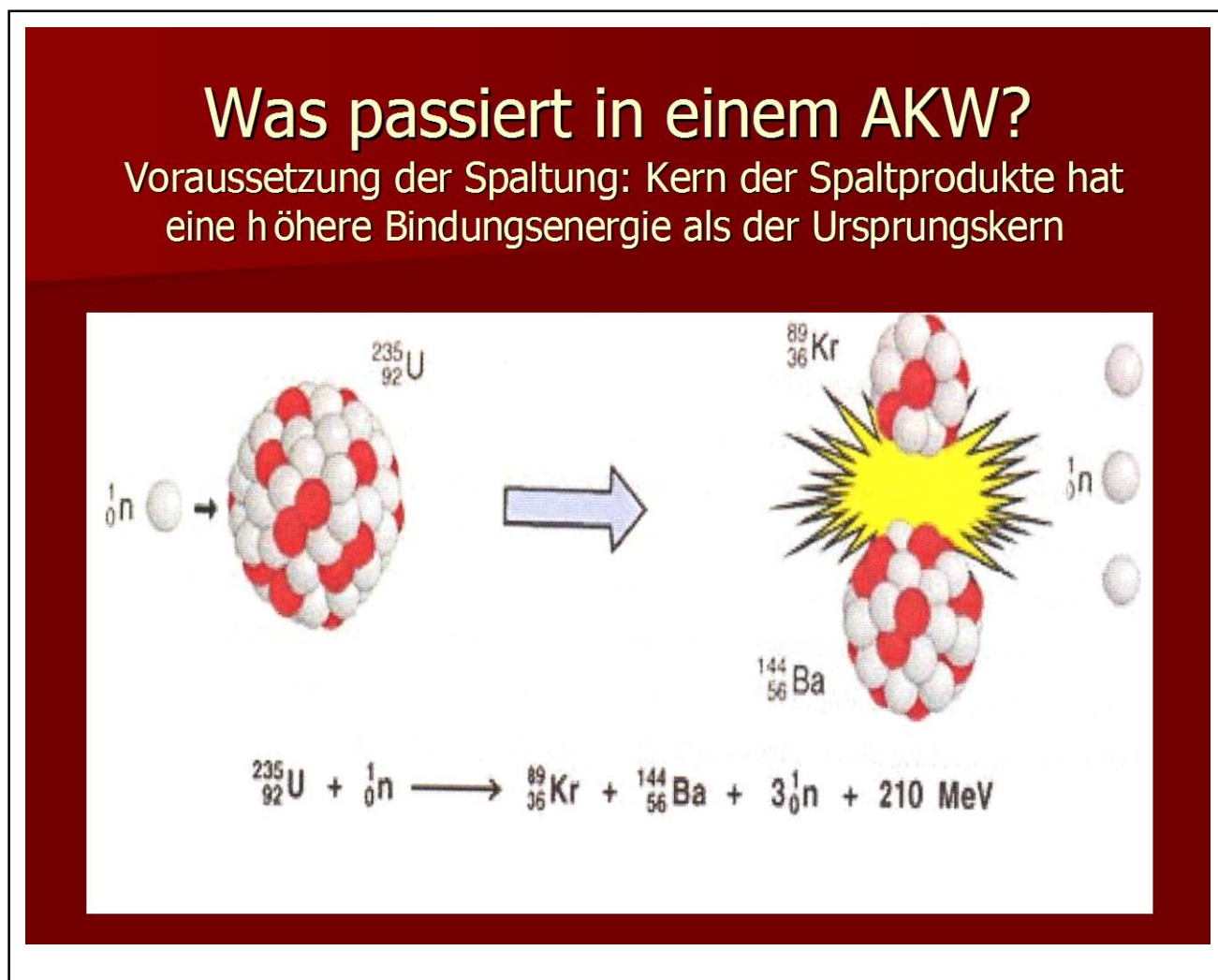
1 mSv

empfohlenes jährliches Strahlenlimit

ZUNEHMENE STRAHLUNG

Was spielt sich nun in einem Atomkraftwerk (Leichtwasserreaktor) ab und wie kommt es zu gefährlichen Spaltprodukten? Was sind Abfälle aus einem Kernkraftwerk?

In einem Kernkraftwerk werden die Kerne von Uran-235 in je zwei Kerne von etwa dem halben Gewicht oder im Verhältnis 1/3 zu 2/3 des Urans gespalten, es entstehen dadurch



1. **Energie** in gewaltigem Ausmaß:

Es handelt sich um die Bindungsenergie des Atomkerns, von den Physikern als „Starke Kraft“ bezeichnet, welche die Protonen und Neutronen im Kern zusammen hält.

2. **Spaltprodukte**. Das sind die Abfälle, die nicht mehr zu gebrauchen sind. Diese Spaltprodukte sind zwar radioaktiv, werden aber wegen ihrer kleinen Halbwertszeiten schnell zu stabilen Elementen und strahlen dann nicht mehr.

Zu einem geringen Anteil entstehen aus Uran-238 durch Einfang von Neutronen:

2. **Transurane.** Diese sind schwerer als Uran. Jedes zweite der Transurane ist ebenfalls spaltbar und liefert bei der Spaltung Energie, genau so wie es beim Urankern geschieht. Diesen Vorgang nennt man **brüten**. Die Transurane sind daher ebenfalls wichtige Energielieferanten. Allen bekannt ist **Plutonium**, es gibt aber weitere Transurane. Neben den Transuranen gibt es aber auch andere langlebige radioaktive Nuklide wie Chlor-36 mit einer HWZ (Halbwertszeit) von 300.000 Jahren.

Die ganz schweren Transurane spalten sich auch ganz von allein, sie spalten „spontan“. Gegen Ende der Einsatzzeit eines Brennelementes im Kernreaktor wird mehr Energie aus der Spaltung von erbrüteten Transuranen geliefert als aus der Spaltung vom Uran-235. Die Gesamtzahl der spaltbaren Kerne im Brennelement nimmt aber mit der Zeit ihres Einsatzes ab, schließlich ist keine sich erhaltende Kettenreaktion mehr möglich, das Brennelement ist abgebrannt.

Abgebrannte Brennelemente enthalten ca. 5% Spaltprodukte und nur noch 1 bis 2% direkt spaltbare Kerne (z.T. die schweren Transurane). Der Rest von 93 bis 94% ist nicht direkt spaltbares Material, **im wesentlichen Uran-238**, das aber in spaltbare Kerne überführt werden kann. Abgebrannte Brennelemente enthalten also sehr viele Wertstoffe, die nach Wiederaufarbeitung wieder in neuen Brennelementen eingesetzt werden können. Daher ist Wiederaufarbeitung zur Ressourcenschonung dringend erforderlich. Nach der Regierungsübernahme 1998 durch Rot-Grün unter Schröder wurde die Wiederaufarbeitung von Brennelementen aus deutschen Kernkraftwerken per Gesetz verboten, zuvor war das noch in La Hague (Frankreich) und Sellafield (England) möglich.

Wie ist das mit der Eignung von Gorleben?

Aus der neuen, offiziellen, vorläufigen, 424 Seiten langen, sehr detaillierten Sicherheits-Analyse der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) geht überzeugend hervor, dass es bis heute keine Erkenntnisse gibt, die gegen die Eignung von Gorleben als Endlager für radioaktive Abfälle aus KKW sprechen.(2)

In Gorleben stehen in dem großen Lager gut 100 Castoren mit Kokillen (runde Behälter, ca. 80cm hoch, ca. 40cm Durchmesser), darin befinden sich die in Glas eingeschmolzenen Spaltprodukte. Diese werden so hergestellt: In eine Glasschmelze werden die Spaltprodukte eingerührt, dann wird das ganze in Stahlblechbehälter eingegossen und abgekühlt --- fertig. Wegen der enthaltenen Spaltprodukte strahlen diese Kokillen, sie werden etwas warm. Eine Kokille hat heute eine Wärmeleistung von etwa 1kW, mit 5 solcher Kokillen könnte man in Dauerleistung sein Haus heizen (wenn es erlaubt wäre), aber die Strahlung müßte abgeschirmt werden. Die Spaltprodukte in den Glaskokillen haben **kurze Halbwertszeiten**, daher ist in etwa **300 Jahren** deren Radioaktivität auf diejenige des Natururans abgeklungen. **Natururan ist überall auf der Erde in einer Konzentration von ca. $3E-6$ (=0,0003%) vorhanden.**

Es geht in Gorleben darum, diese ca. 2500 Kokillen in den etwa 100 Castoren nach Untertage zu bringen. Aber die Regierenden sind offenbar der Meinung, daß diese Kokillen in der großen Halle besser aufgehoben sind als untertage. Ich bin da anderer Meinung. Zusätzlich stehen in der Halle in Gorleben noch 5 Castoren mit abgebrannten Brennelementen, also mit Wertstoffen.

Der Salzstock in Gorleben existiert seit 240 Millionen Jahren. Es gibt kein technisches Problem der Endlagerung in den Salzstock. Es gibt auch keine Gefahr, daß auf irgendeine Weise Wasser an den Salzstock gelangen und das Salz in dem Stock lösen könnte. Salz hat auch eine gute Wärmeleitfähigkeit. In den vergangenen 240 Millionen Jahren war die Norddeutsche Tiefebene oftmals vom Meer bedeckt, in der Zeit von vor ca. 20 Millionen Jahren sind die vielen Braunkohlenlager Norddeutschlands entstanden. **Die Existenz des Gorlebener Salzstockes über 240 Millionen (manche Quellen sprechen von 140 Millionen) Jahre lässt vermuten, daß er die zum Abklingen der Spaltprodukte erforderlichen 300 Jahre ebenfalls noch existieren wird.**

In einem neuen Gesetz der jetzigen Koalition soll nun, nachdem die Atomindustrie für die Exploration von Gorleben schon über eine Milliarde €ausgegeben hat, **nach weiteren Endlagerstandorten** gesucht werden. Meines Erachtens ist das wieder die Fortsetzung der bisherigen Taktik des „Auf-die-lange-Bank-Schiebens“. Man kann wieder für einige Jahrzehnte sagen, man sei gegen Atomenergie, „weil die Frage der Endlagerung noch nicht gelöst“ sei. Damit sind die heutigen Entscheidungsträger sowieso „aus dem Schneider“, weil sie das gar nicht mehr erleben werden.

Neben einem ausgedehnten Salzstock ist nur die Suche nach einem **Granitlager** (so wird es in Finnland und Schweden gemacht) sinnvoll. Granit ist zwar sehr hart, ist aber meist auch zerklüftet, was ein aufwändiges Verbetonieren erfordert. Unsere deutschen Granite finden sich vorwiegend in der Nähe von aktiven Gräben bzw. Störungszonen (Fichtelgebirge, Odenwald), sind oft kleiner von Volumen und weniger konsolidiert oder zu tief gelegen.

Was bedeutet direkte Endlagerung?

In Deutschland ist nur noch die direkte Endlagerung erlaubt. Das bedeutet, daß die abgebrannten Brennelemente (die seit etwa 1998 angefallen sind) **NICHT mehr aufgearbeitet** werden. Sie sollen in einer großen Presse zusammen gepresst werden (wegen Volumenverkleinerung) und dann direkt untertage gebracht werden. Diese Presse (Pilotkonditionierungsanlage) steht in Gorleben. Sie wurde laut Vereinbarung vom 14.6.2000 zwar fertig gebaut, aber es wurde gleichzeitig festgelegt, sie **NICHT** in Betrieb zu nehmen. Das ist natürlich eine gute und kluge Festlegung, obwohl man nicht weiß, was sich die Politiker dabei gedacht haben; denn die **direkte Endlagerung wäre eine Verschwendung von nützlichen Ressourcen**.

Die direkte Endlagerung ist auch in anderen Staaten der Welt zur Zeit die einzige gesetzlich erlaubte Form der „Entsorgung“ abgebrannter Brennelemente, aber sie wird noch nirgends durchgeführt bzw. auch nur in Angriff genommen, was zu begrüßen ist.

Es wurde mit dem 14.6.2000 festgelegt, zukünftig alle abgebrannten Brennelemente nach einer ersten Abklingzeit im Naßlager der Kernkraftwerke in Castoren zu packen und in diesen dann trocken in neu zu bauenden **Zwischenlagern** an den Standorten der Kernkraftwerke aufzubewahren. Diese Zwischenlager sind inzwischen alle gebaut worden und sie sind auf 40 Jahre genehmigt. Was nach diesen 40 Jahren geschehen wird, werden wir später sehen. Vielleicht wird man diese Wertstoffe dann nach Rußland verkaufen, weil dort der Brennstoffkreislauf mit der Entwicklung des Brütters weit fortgeschritten ist. Deutschland könnte dann den damit in russischen Kernkraftwerken erzeugten Strom kaufen, wenn es den dafür geforderten Preis bezahlen kann. Es lohnt sich heute nicht, über die Zeit in 40 Jahren zu spekulieren.

In einem Endlager mit direkt endgelagerten Brennelementen sinkt die Gefährlichkeit der darin enthaltenen Stoffe sehr langsam. Es gibt im Uran und in den Transuranen weiterhin Spaltungen, wenn auch in sehr geringer Anzahl. So entstehen immer neue radioaktive Spaltprodukte und durch die Spaltneutronen auch weitere Transurane, von denen einige sehr lange Halbwertszeiten besitzen. Das hat zur Folge, daß in einem derartigen Endlager die Radioaktivität des dort gelagerten Materials diejenige des Natururans erst nach etwa einer Million Jahre erreichen wird. Das ist wieder das bekannte Argument der grundsätzlichen Kernkraftgegner.

Wenn tatsächlich irgendwann auf der Erde abgebrannte Brennelemente in ein Tiefenlager kommen, dann wird damit untertage ein ideales Wertstofflager für Energie geschaffen. Und das wird auch irgendwann wieder an die Oberfläche geholt werden, vielleicht nach 1000 Jahren, oder nach 10 000 Jahren, oder nach 100 000 Jahren, niemand kann das heute wissen. **Daher sind Tiefenlager für abgebrannte**

Brennelemente unsinnig, man sollte die abgebrannten Brennelemente in oberflächlichen Lagern belassen, so wie es in Deutschland derzeit für 40 Jahre vorgesehen ist. Alles andere sollte man späteren Generationen überlassen.

Was könnte die Zukunft bringen?

Wie schon Eingangs erwähnt, besteht zwischen Rot-Grün und neuerdings auch bei der Union die Absicht, „eine Gesamtstrategie zu verfolgen, um über eine Blockade der Endlagerung den Ausstieg aus der Kernenergie zu erzwingen.“

Man findet diesen Hinweis beim Bundesamt für Strahlenschutz. Auch der Export abgebrannter Brennelemente wurde per Gesetz verboten. Zudem wurde durch Bundesgesetz in 2000 die **Forschung zur Endlagerung verboten** (wobei das Wort „verboten“ vermieden wurde und durch die harmloser klingende Bezeichnung „Moratorium“ ersetzt wurde).

Im Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD vom 11.11.2005 steht geschrieben: „**CDU, CSU und SPD bekennen sich zur nationalen Verantwortung für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle und gehen die Lösung dieser Frage zügig und ergebnisorientiert an. Wir beabsichtigen in dieser Legislaturperiode zu einer Lösung zu kommen.**“ Der damals verantwortliche SPD-Minister Gabriel tat nichts, und so konnte die Behauptung „Endlagerfrage nicht gelöst“ weiterhin benutzt werden. Es wäre Aufgabe der Kanzlerin gewesen, für ein Fortkommen in dieser Frage zu sorgen, aber Sie tat es nicht, offenbar hatte sie ebenfalls kein Interesse an der Lösung der Frage oder sie war einfach zu feige dazu, sich mit diesem unpopulären Thema zu befassen.

Heute ist die Bank, auf die man alle Aktivitäten rund um die Endlagerung geschoben hat, unendlich lang geworden: Man will die schwach aktiven Abfälle aus der ASSE wieder heraus holen, ein Termin für die Inbetriebnahme vom Schacht Konrad rückt in immer weitere Ferne, und mit der Suche nach einem Endlager für die hoch aktiven verglasten Spaltprodukte will man noch einmal von vorn beginnen. Vielleicht sind für die letzteren die erforderlichen 300 Jahre Abklingzeit schon um, wenn das Endlager gefunden sein wird?

Noch ein kurzes Wort zur ASSE: Bei Diskussionen stellt man immer wieder fest, dass die ASSE mit Gorleben verwechselt wird. Erstere enthält nur schwach radioaktive Abfälle vorwiegend aus der Nuklearmedizin und der Forschung. Es gab nie Pläne, dort abgebrannte Elemente direkt end-zulagern.

Gibt es eigentlich Alternativen zu unseren heutigen KKW ?

Ja, die gibt es. Hauptmerkmale müssen sein:

- 1) Inhärente Sicherheit, vor allem keine Kernschmelze (dies ist ja das, wovor wir am meisten Angst haben)
- 2) Möglichst wenige, kurzlebige radioaktive Abfallprodukte
- 3) Optimale Ausnutzung des Urans (die bisher gebräuchlichen nützen es nur zu etwa 2% aus)
- 3) Wirtschaftlichkeit.

Das Problem hierzulande ist, dass Deutschland per Gesetz aus der Atomenergie „ausgestiegen“ ist, nach den Worten von Jürgen TRITTIN „unumkehrbar“. Sogar eine Forschung ist gesetzlich verboten. Die Folge ist schon jetzt, dass unsere besten Kerntechniker in andere Länder abgewandert sind und dass Deutschland, das auf dem Gebiet einmal weltweit führend war, den Anschluss verloren hat. Die Ansicht TRITTIN's ist natürlich naiv; denn in der Politik gibt es nichts Unumkehrbares. Wenn auch unsere Politiker merken, was jetzt schon große Teile der Bevölkerung gemerkt haben, dass die Energiewende scheitern wird oder, besser gesagt, schon gescheitert ist, wird der Druck so groß, dass man sich wieder

zurück besinnen wird. Man kann nur hoffen, dass der volkswirtschaftliche Schaden inzwischen nicht unermeßlich geworden ist...

Im folgenden nun eine Übersicht über die Entwicklung (1., 2. und 3. Generation) und die neue, alternative Kerntechnik der 4. Generation

1. Generation:

Hier finden sich die vielfach in der 60-er-Jahren gebauten Reaktoren, die mehr die Machbarkeit untersuchen sollten. Leistungen einige 100 MWatt. Die meisten sind inzwischen wieder abgeschaltet.

2. Generation:

Seit Anfang der 70-er-Jahre entstanden diese (meist Druck- und Siedewasser-)Reaktoren mit einer elektr. Leistung von über 1000 MWatt pro Block. Die meisten weltweit in Betrieb befindlichen KKW's gehören noch dieser Generation an, auch die Werke in Fukushima.

Der schwere Störfall in Three Mile Island in Harrisburg 1978 mit einer weitgehenden Zerstörung des Reaktorkerns initiierte eine weltweite Reaktorsicherheitsforschung mit der Folge, die Nachrüstungen vorhandener Reaktoren und konstruktive Verbesserungen zur Folge hatte. Dadurch konnte die Eintrittswahrscheinlichkeit schwerer Störfälle erheblich reduziert werden, ferner übertraf die Zuverlässigkeit diejenige konventioneller Kraftwerke bei weitem. Selbst in dem unwahrscheinlichen Fall einer Kernzerstörung bestand keine Gefahr mehr für die umgebende Bevölkerung.

3. Generation: In deutsch-französischer Zusammenarbeit entstand so der europäische Druckwasserreaktor EPR mit einer elektrischen Nettoleistung von 1600 MWatt und einem Netto-Wirkungsgrad von 36%. Er wurde erstmals 2003 verkauft. Wirkungsgrad und Investitionskosten bedingen einen Strompreis von 3-4 Cent pro KW-Stunde. Typisch sind ein doppelwandiges Betonkontainment und ein 4-fach redundantes Notkühlsystem. Weitere Beispiele sind der SWR 1000 und der amerikanische AP 1000.

4. Generation:

Hier handelt es sich zum Teil noch um Forschungsprojekte, ein Teil wurde bereits praktisch verwirklicht im Sinne von Pilotanlagen.

Im Prinzip kommen hier in Frage:

a) Fortschrittliche Leichtwasser-Reaktoren mit überkritischen Dampfzuständen: Vorteil: Höhere Wirkungsgrade bei niedrigeren Anlagekosten als heutige Druckwasserreaktoren. Das Prinzip ist heute schon bei vielen fossil befeuerten Dampfkraftwerken gebräuchlich.

b) Helium-gekühlte Hochtemperatur-Reaktoren (900-1100 Grad C)

Sie können neben Strom auch Prozeßwärme bereit stellen können, z.B. für die Erzeugung von Benzin aus Stein- und Braunkohle.

Den Anfang machte der Deutsche Prof. Schulten mit dem von ihm erfundenen **Kugelhaufen-Reaktor** (3), Der „Brennstoff“ in Form von Uran-235- und Thorium wird in Form von Kugeln zugeführt, die im Zentrum 5 % Kernbrennstoff und peripher 95% Schichten von Pyro-Kohlenstoff, Siliciumcarbid und Graphit als Moderator enthalten. Es gab davon 2 Prototypen in Jülich und Hamm-Uentrup. Es gab 2 harmlose Störfälle (Einordnung INES 1 und 2), die keinerlei Sicherheitsprobleme bedingten. 2-mal wurde absichtlich ein GAU provoziert, auch der führte zu keinerlei Problemen. Typisch ist hier vor allem auch die Unmöglichkeit einer Kernschmelze. Die Reaktoren wurden nach 21-jähriger problemloser Laufzeit auf Anordnung von „Joschka“ FISCHER abgeschaltet. Der unvergeßlicher Kommentar dieses Ministers, der nicht einmal eine abgeschlossene Grundschulbildung hatte „Aus die Maus für die deutsche

Reaktorlinie“. Das Prinzip wird heute im nicht-europäischen Ausland, vor allem in China weiter verfolgt.

c) **Schnelle Reaktoren** für eine nachhaltige Nutzung von Kernbrennstoff. (Die Reaktoren der 2. und 3. Generation nützen den Brennstoff nur zu etwa 2-3 % aus). Schnell heißt „mit schnellem Neutronenspektrum“ im Gegensatz zu denen mit langsamen Neutronen, die durch Moderation mit Wasser oder Graphit abgebremst werden. Die schnellen werden mit Helium, flüssigem Blei, Blei-Wismut oder flüssigem Natrium gekühlt und **können auch Plutonium restlos verbrennen**. Es ist in Fachkreisen bekannt, dass Rußland in dieser Technologie relativ weit ist. Beispiel: Der russische BN800, der gerade vor kurzem seinen kritischen Betriebszustand erreicht hat (kritisch heißt, dass eine sich selbst erhaltende Kettenreaktion statt findet).

Spallation: (von engl. „Zersplittern“) (2)

J.CHADWICK hatte die Neutronen entdeckt, indem er Beryllium mit alpha-Strahlen behandelte. Er bekam aber nur langsame Teilchen.

Schnelle N. kann man z.B. mit einem kleinen Kernreaktor (Leichtwasser-R.) erzeugen oder durch

Spallation, dies 6 mal Energie-intensiver und mit 20-30-facher Neutronen-Ausbeute - indem man ein schweres Metall (etwa Blei oder Quecksilber) mit beschleunigten Protonen bestrahlt. Hierbei erhält man sehr schnelle Neutronen für Reaktoren der 4. Generation. Es entstehen aus einem Atom 20 - 40 Bruchstücke, z.T. nicht radioaktiv, z.T. radioaktiv mit kurzen Halbwertszeiten und für die

Transmutation:

Zweck ist die Verwandlung von Radionukliden langer Halbwertszeit in solche mit kurzer Halbwertszeit.

Die schnellen Neutronen können durch **Spallation** erzeugt werden (siehe Kasten!).

d) **Salzschmelzen-Reaktorkonzepte**

Hier werden die Brennstoffe Uran, Plutonium oder andere Transurane in flüssigem Salz gelöst. Hier ist der Brennstoff gleichzeitig Kühlmittel. Während des Betriebs wird die Salzschmelze kontinuierlich von Spaltstoffen gereinigt, während der Brennstoff im Kreislauf verbleibt. Bei diesem Konzept **entfällt eine Wiederaufbereitung**.

Auch der kürzlich von einem Berliner Konsortium vorgestellte **Dual-Fluid-Reaktor** (wir berichteten im GeoForum darüber) gehört ebenfalls diesem Konzept an. Ein Weltpatent ist erteilt.

Die schnellen Reaktor-Konzepte ermöglichen alleine mit dem bisher geförderten Uran und mit den heute

bereits vorhandenen abgebrannten Brennstäben eine Stromversorgung für mindestens 3000 Jahre. Man erinnere sich an das Argument der „Grünen“, das Uran reiche angeblich sowieso nur noch für 30-40 Jahre.

Mit der **Transmutation** kann man „Atommüll“ mit langen in Nuklide mit kurzen Halbwertszeiten umwandeln, vielfach mit Spallationstechniken..

Zusammenfassung

Wenn wir in D unsere grundsätzliche Anti-Haltung gegen Atomenergie aufgeben, die neuen Entwicklungen verfolgen und mitgestalten und alles wieder nach rationalen Gesichtspunkten beurteilen und entscheiden, brauchen wir weder ein Endlager noch die Landschafts-zerstörenden, extrem teuren und allen marktwirtschaftlichen Prinzipien widersprechenden „Erneuerbare-Energie-Erzeugungsmethoden“ (bis 2030 alleine in D geschätzte 1 Billion €). Die verbreitete Angst

vor Niedrig-Dosis-Radioaktivität ist wissenschaftlich nicht begründbar, die LNT-Hypothese ist falsch.

Vermutlich muß es aber in D noch weiter bergab gehen mit Verlagerung stromintensiver Industrie ins Ausland mit massenhaften Arbeitsplatzverlusten und für die kleinen Leute kaum mehr zu verkraftenden Strompreisen, bis sich die Rationalität wieder durchsetzt.

Ohne Politikwechsel geht das allerdings nicht, weil der Ausstieg derzeit gesetzlich fixiert ist. Unsere Nachbarn haben hier offenbar viel weniger Schwierigkeiten. Leider lassen sich gewisse Entwicklungen schwer rückgängig machen, weil schon zu viele Leute an der Energiewende gut verdienen und die Politiker Angst haben, ihr Gesicht zu verlieren. Es ist nicht auszuschließen, dass Deutschland in 10 Jahren Reaktoren der 4. Generation aus China kauft und in Betrieb setzt.

Literaturverzeichnis:

(Die Ziffern beziehen sich auf Texthinweise)

(1) http://de.wikipedia.org/wiki/Naturreaktor_Oklo

(2) FUCHS, Dr. Helmut: www.eike-klima-energie.eu/news/cache/gorleben-offizielle-vorläufige-sicherh...

(3) www.fz-juelich.de/portal/DE/Leistungen/WissenSchaffen/Schlueseltechnologien

Sonstige empfehlenswerte Literatur über die Probleme der Energiewende und über Kernkraft ist auf der Website

www.eike-klima-energie.eu am rechten unteren Rand zu finden.

Hier erscheinen auch immer wieder Einzelartikel über diese Themen.

Anschrift des Verfassers:

Dr.med.Peter Rothdach Fax: 089-2609935 E-Mail peter.rothdach@t-online.de

Traminer Str. 16

D 81547 München