

# Umbruch – Einbruch oder Aufbruch?

## Teil II

geschrieben von Admin | 30. August 2022

Umbruch ist ein starkes Wort, denn es meint hier: An die Stelle eines alten Systems, soll ein neues treten. Deutet sich etwa ein solcher Umbruch an – in Form eines Aufbruchs zu etwas Besserem?

**Von Dr. Helmut Böttiger**

**Teil II**

### Wie soll es weitergehen?

Um uns dieser Frage vom Grundsätzlichen her zu nähern, sei eine etwas ausholende Vorbemerkung erlaubt. Der erste zivilisatorische Umbruch, das heißt der Übergang vom Tier zum Menschen gelang einem Teil der Hominiden mit der Überwindung ihrer „tierischen Angst vor dem Feuer“ also mit der bewussten energetischen Nutzung molekularer Bindungskräfte außerhalb ihres biologischen Körpers. Diejenigen Hominiden, die diese Angst nicht überwinden konnten, verblieben im Bereich der Tierwelt.

Der Einsatz des Feuers blieb neben der möglichen Verwendung als Waffe zunächst auf den engen Wohnraum (z.B. Höhlen) beschränkt und half den Menschen ihre biologischen Schwächen (z.B. angesichts eingetretener Eiszeiten) zu überwinden. Daneben gelang dem Menschen im Laufe der zivilisatorischen Entwicklung die Nutzung anderer weniger prinzipiell neuer Energieformen, etwa der Körperkraft von Tieren, der Windstärke und des Strömungsdrucks von Gewässern. Mit Beginn der Industrialisierung lernte man die molekularen Bindungskräfte über Dampfmaschinen und Verbrennungsmotoren direkt in mechanische Arbeitsenergie umzuwandeln. Schließlich erschloss sich der Mensch mit Elektrogeneratoren eine neue Art der Energie, die Elektrizität, die bisher zur Nutzung der Kernenergie aber nur mit Hilfe molekularer Bindungsenergie erschlossen wurde.

Ein ähnlicher zivilisatorischer Umbruch wie durch die Nutzung der molekularen Bindungskräfte außerhalb biologischer Körper, kündigte sich am Ende des 19-Jahrhundert mit der Entdeckung der Kernbindungskräfte in besonderen Forscherkreisen an. Vor die Öffentlichkeit (oder das öffentliche Bewusstsein nein) trat die neue Energieform durch den Abwurf der beiden Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki in Japan, die eine „ungeheure“ Vernichtungswirkung zeigten. Die Gefährlichkeit einer Energieanwendung hängt von ihrer Energiedichte ab. Daher ist z.B. bei gleicher Muskelkraft ein scharfer Degen gefährlicher als eine stumpfe Keule. Die Spaltung eines Urankerns setzt rund 50 Millionen Mal mehr Energie frei als die Verbindung eines Kohlenstoffatoms mit zwei

Sauerstoffatomen zu CO<sub>2</sub>. Die demnach stärkere Energiedichte bedingt die Gefährlichkeit ihrer Nutzung.

## **Ist die Nutzung der Kernbindungsenergie zu gefährlich?**

Die friedliche Nutzung der Kernbindungskräfte, der „Atomenergie“ brachte ein wesentlich neues Moment in die Geschichte der Nachkriegszeit. Sie trat mit der ungeheuren Schrecklichkeit der neuen Waffe in Erscheinung, die alle „normalen“ Menschen fürchterlich verstören und beunruhigen musste. Gegen ihre Anwendung demonstrierten zahlreiche Bürger – in Deutschland in der Ostermarsch- und Friedens-Bewegung. Ein Widerstand gegen die Nutzung der Kernbindungskräfte als neuer Energiequelle zeigte sich in der breiteren Öffentlichkeit zunächst nicht.

In der Nachkriegszeit litten die meisten Menschen an den Kriegsfolgen unter Hunger und Brenn-stoffmangel, so dass sie sich wenig um fernerliegende Probleme kümmerten. Als Anfang der 1950er Jahre der Wohlstand in der Bundesrepublik spürbar zunahm, begann eine Phase des Optimismus mit viel Zuversicht in den technischen Fortschritt mit wachsendem Wohlstand. Die Nutzung der Kernenergie wurde nicht als etwas „ungeheuer“ Neues wahrgenommen, sondern in den allgemeinen technischen Fortschritt eingereiht, von dem man sich weiter wachsenden Wohlstand versprach.

1954 begann in der Sowjetunion das Kernkraftwerk Obninsk als erstes, aus Kernenergie elektrischen Strom für die zivile Nutzung zu produzieren. Dem folgte 1956 das Kernkraftwerk Calder Hall in England. Zuvor, bereits 1953, hatte US Präsident Eisenhower die Kampagne „Atoms for Peace“ angekündigt. In seiner Rede hatte er versprochen, mit der Kernenergie würde es möglich, die noch weltweit verbreitete Armut zu überwinden.<sup>[1]</sup> Im Anschluss an die Rede erörterten in den Vereinigten Staaten 1954 rund 1.500 Wissenschaftler auf einer Tagung, wie die zivile Nutzung der Kernenergie Abhilfe bei einer zu erwartenden Energieknappheit schaffen könnte, und trugen entsprechende Konzepte vor. Im Jahr danach, vom 8. bis zum 20. August 1955, fand in Genf zum gleichen Thema die erste internationale Atomkonferenz (*International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy*) unter der Federführung der Vereinten Nationen statt.<sup>[2]</sup> Sie führte zur Gründung der Internationalen Atomenergie Organisation (IAEO). Laut Satzung ist ihre Aufgabe: „den Beitrag der Kernenergie zu Frieden, Gesundheit und Wohlstand weltweit zu beschleunigen und zu vergrößern“.<sup>[3]</sup> Auf der Konferenz wurden vor allem Fragen der Wirtschaftlichkeit und des Kapitalbedarfs diskutiert aber kaum die zunächst wirklich brennenden Fragen der Sicherheit des Betriebs nuklearer Anlagen.<sup>[4]</sup>

In Deutschland wurde das Bundesministerium für Atomfragen (ab Oktober 1955 unter Franz Josef Strauß) eingerichtet und die Deutsche Atomkommission (1956) gegründet. Hier war es vor allem die SPD, die sich

bereits auf ihrem Parteitag 1956 dem Aufruf „Atoms for Peace“ anschloss und in einer EntschlieÙung die Nutzung der Kernenergie zur Überwindung von Not und Elend forderte.

Bis in die 1960er Jahren fanden kaum Proteste gegen die friedliche Nutzung der Kernenergie, weder gegen die Kernspaltung noch die inzwischen auch angegangene Kernfusion, statt. Allenfalls wollte man geplante Kraftwerke, die diese „unheimliche“ und in der Bevölkerung wenig verstandene Energie nutzten, nicht vor der eigenen Haustüre errichtet sehen.

Das änderte sich in Deutschland nach 1970 als bei Breisach, Esenshamm, Neckarwestheim und Bonn neue Kernkraftwerke geplant wurden. In Breisach kam es zu ersten öffentlichen Kundgebungen. Gegen den Plan wurden 65.000 Einsprüche eingereicht. Das führte zur Verlegung des Vorhabens nach Wyhl. Dort stieß es auf noch größeren Widerstand und wurde daher schließlich in Philippsburg gebaut. In Wyhl hatten die protestierenden Winzer sich nicht an der Unheimlichkeit der neuen Energiequelle gestoßen. Vielmehr befürchteten die Winzer, dass der aus dem Kühlsystem des Werkes aufsteigende Wasserdampf die Qualität ihrer Reben beeinträchtigen könnte.

Die Antikernkraftstoßrichtung in Wyhl kam ab Februar 1975 von außen. In den 1960er Jahren war es auf Initiative des Sozialistischen Deutschen Studentenbundes (SDS) zum Widerstand gegen den sich unter Einfluss der westlichen Siegermächte neu durchsetzenden, tendenziell neoliberalen Kapitalismus gekommen. Diese Bewegung breitete sich vor allem in der Jugend aus und wurde bald unter Ausnützung der „swarming adolescents“ und „rebellious hysteria“ der Jugend durch soziopsychologische Einflussnahme von außen<sup>[5]</sup> in eine vorwiegend antiautoritäre, antitraditionalistische Stoßrichtung gegen „die Etablierten“ umorientiert. Daraus bildete sich die sogenannte „Neue Linke“ oder „68er Bewegung“. Diese in den 1968er Jahren stark aufflammende Bewegung zerfiel rasch und flammte ab, so dass sich ihre Aktivisten nach neuen Aktionsmöglichkeiten umsahen. Solche entdeckten sie in den Kämpfen der Winzer bei Wyhl. So kam es, dass sich der Protest dort 1975 zahlenmäßig so stark ausweitete und unter den Slogan „Kampf gegen **Atomkraft und Großindustrie**“ gestellt wurde. In Wyhl ist die Antikernkraftbewegung aus dem Schatten der Bedeutungslosigkeit herausgetreten.<sup>[6]</sup> Ähnliches entwickelte sich auch in Frankreich um das Kernkraftwerks Fessenheim.

Allerdings schaffte es die Antikernkraftbewegung noch nicht zu einer zentralen Organisation. Statt dessen bildeten sich nach Wyhl eine Vielzahl von Gruppen und Bürgerinitiativen, die dieses Thema aufgriffen und mit vielerlei anderen Themen verbanden. Das änderte sich in gewisser Weise mit der Gründung der „Partei die Grünen“ im Jahr 1980. Sie wirkte zunächst als loses Wählerband für verschiedene Antikernkraft- und Umwelt-Gruppen. Der Widerstand blieb auf die Ablehnung der Kernspaltung beschränkt. Die Kernfusion, blieb daneben weitgehend unberücksichtigt.

Die Katastrophe von Tschernobyl 1986 verhalf der Antikernkraftbewegung nach einem gewissen Abklingen europaweiten wieder zum Aufschwung, weil die radioaktive Wolke nicht an Grenzen Halt machte. Das geschah dann noch einmal verstärkt mit dem Reaktorunfall im Kernkraftwerk Fukushima Daiichi in Japan. Ein starkes Erdbeben mit nachfolgendem Tsunami hatte im März 2011 dort große Schäden an dem bereits zur Abschaltung vorgesehen und daher technisch kaum noch modernisierten Kernkraftwerk geführt. Die Katastrophe von Fukushima und vor allem die Medienberichterstattung darüber erschütterten den Glauben an die Beherrschbarkeit der Atomkraft in weiten Kreisen Deutschlands. Die Bundesregierung unter Angela Merkel ließ die ältesten Atommeiler sofort abschalten und bereitete den endgültigen Ausstieg vor, nachdem sie gerade erst die Laufzeiten verlängert hatte.<sup>[7]</sup>

Die Themen und Schwerpunkte der Antikernkraftbewegung hatten sich über die Jahre verschoben. Zuerst fürchtete man vor allem den GAU, den größten anzunehmenden Unfall eines Kernkraftwerks. Dann rückten Fragen der Wiederaufbereitung und Endlagerung abgebrannter Brennelemente ins Zentrum der Ablehnung. Das geschah, als das niedersächsische Gorleben zur größten Wiederaufarbeitungsanlage der Welt und der nahe gelegene Salzstock zum Endlager des Atommülls werden sollten. Schließlich konzentrierte man sich auf das Problem der Radioaktivität. Durch die Aktivität vieler Gruppen und die breite Medienberichterstattung wuchs die Ablehnung der Kernergie in der deutschen Bevölkerung bis sie 2001 auch im Parlament eine Mehrheit fand, die schließlich den Ausstieg aus der Kernkraft in Deutschland beschloss.

## Tragen die wichtigsten „Antiatomängste“?

Eines der ersten Argumente, das vielleicht am ehesten das Gefühl der „Ungeheuerlichkeit“ dieser neu ins Leben der Menschen eintretenden Macht ausdrückt, ist der Vorwurf **Kernenergie sei widernatürlich**. Dieser emotionale Vorwurf ist leicht zu widerlegen. Schon Licht und Wärme der Sonnenstrahlung stammt vorwiegend von Kernfusionsprozessen in der Sonne (her?). Auch die Wärme im Erdinneren, die neuerdings mit Geothermiekraftwerken genutzt werden soll, wird durch nukleare Zerfalls- und Spaltungsprozesse im Erdkern aufrechterhalten.

Schließlich brannten auf der Erde lange bevor der Mensch dazu in der Lage war, Kernspaltungsreaktoren. Bei der Ortschaft Oklo in Gabun (Afrika) stieß man 1972 zum Beispiel auf sechs linsenförmige Taschen von je 10 bis 20 Metern Ausdehnung und rund einem Meter Dicke (später entdeckte man weitere). Sie bargen ungewöhnlich hoch angereichertes Uranerz, das aber ungewöhnlich wenig von dem spaltbaren Uranisotop U 235 enthielt. Dafür stieß man dort auf die üblichen Spaltprodukte des Urans. Es handelte sich demnach dort um natürliche Kernspaltungsreaktoren, die nach einschlägigen Berechnungen etwa 100 000 Jahre lang gearbeitet haben mussten. Interessant dabei ist die Beobachtung, dass die nicht gasförmigen Spaltprodukte nicht durch den porösen Sandsteinboden

hindurch ins Grundwasser geschwemmt wurden, sondern ungeschützt an der Stelle im Boden verblieben sind.<sup>[8]</sup>

Wichtiger ist das Argument, der **Betrieb von Kernreaktoren sei unbeherrschbar**. Die an die 50 Millionen Mal höhere Energiedichte der Kernbindung gegenüber der molekularen Bindungskraft sind ein hohes Sicherheitsrisiko. Doch die lange Erfahrung in der Forschung, Entwicklung und beim Betrieb von Kernkraftwerken und der globale Austausch der dabei gemachten Erfahrungen über die World Association of Nuclear Operators (WANO) hat mittlerweile zur weitestgehenden Lösung der Sicherheitsprobleme geführt. Dort fließen bei ständiger Überwachung der Reaktoren die Meldung aller Störfälle und die Untersuchung ihrer Entstehung und Vermeidbarkeit aus den inzwischen über 20.000 Jahren Betrieb aller Kernkraftwerke zusammen und werden an alle Betreiber weitergereicht. Das führt zu einer wachsenden Erfahrung und einer immer besseren Beherrschbarkeit möglicher Störfälle durch das Personal vor Ort. Auch werden ständig neue, denkbare Störfälle ausgedacht, simuliert und, wenn möglich, unter Laborbedingungen durchgespielt. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse fließen nicht nur in die Schulungs- und Trainingsunterlagen der Betreiber, des Wartungspersonals, der Aufsichts- und Überwachungsbehörden und sonstige Sachverständigen und deren ständige Überwachungsarbeit und Sicherheitsprüfungen ein. Sie dienen auch der ständigen Nachrüstung und Verbesserung der kerntechnischen Anlagen. Im veralteten Kernkraftwerk Fukushima war es trotz bereits eingeleiteter Stilllegungsabsichten und entsprechend mangelhafter Nachrüstung nicht aus Sicherheitsmängeln (obwohl es sie gab) zum Unfall gekommen, sondern durch einen ungewöhnlich starken, so nicht vorhergesehenen Tsunami. Allenfalls eine zu leichtfertige Standortwahl an der bedrohlichen Küste könnte haftbar gemacht werden, und dass Pumpen und Notstromaggregate für die Notkühlung der Brennstäbe nicht flutsicher im Keller untergebracht waren. Bei dem Unfall des RBMK-Reaktors (einem graphitmoderierten wassergekühlten Siedewasser-Druckröhrenreaktor) in Tschernobyl am 26.4.1986 handelte es sich um einen Reaktor ohne entsprechende Reaktorsicherheitshülle (Containment), an dem leichtfertig Versuche gemacht wurden, um das Brüten von Plutonium zu steigern. Die negative Wirkung dieser oder ähnlicher Störfälle und die teilweise agitatorische übertriebene Berichterstattung zeigten bald Wirkung.

Die Vertreter des „Unbeherrschbarkeit-Arguments“ vermeiden es, sich mit der technischen Wirklichkeit auseinanderzusetzen. Die ausgesprochen hohe Betriebssicherheit der Kernkraftwerke (und dass es nichts ohne Risiko gibt weglassen), wird bewusst nicht wahrgenommen. Den Hochtemperatur(-Kugelhaufen)reaktor in Jülich (HTR) hatte man versuchsweise, absichtlich ohne alle Sicherheitsvorkehrungen weiterbetrieben. Der Reaktor schaltete automatisch ab – ohne GAU /Kernschmelze. Jeder irgendwie denkbare Schadensfall wurde dabei selbsttätig, ohne menschliche Eingriffe, so eingegrenzt, dass die Auswirkungen innerhalb der Anlage quasi abgefangen und eventuelle Schadenswirkungen nicht über die Anlage hinaus gelangen konnten. Das wurde in Jülich experimentell nachgewiesen. Trotzdem und trotz dieses unwiderlegbaren Praxis-Nachweises und erheblicher

Investitionen wurden entsprechende Anlagen nicht in Betrieb genommen bzw. kurz nach Inbetriebnahme stillgelegt. Das lässt sich durch Sicherheitsbedenken nicht mehr begründen.

Liegt es am **Argument**, dass bei der Nutzung der Kernkraft **Radioaktivität** entsteht? Zunächst sollte man sich klarmachen, wie Radioaktivität zustande kommt. Werden Atomkerne gespalten oder fusioniert, treten Kernveränderungen auf, bei denen das zur Stabilisierung der Kerne erforderliche Verhältnis von Protonen zu Neutronen gestört ist. In den Kernen werden nun Kräfte wach, die zu ihrer Stabilisierung beitragen. Dazu stoßen sie subatomare Teilchen oder Energiequanten in Form von radioaktiver Strahlung ab. Diese ist ab einer bestimmten Intensität durchaus gesundheitsschädlich oder gar tödlich. Diese Form der Stabilisierung der Kerne fand auf der Erde seit ihrer Entstehung statt, klang mit der Zeit deutlich ab und sorgt noch heute für die jeweils natürliche radioaktive Hintergrundstrahlung vor Ort.

Die Intensität der Strahlung hängt von der sogenannten Halbwertszeit der Substanzen ab; das ist die Zeit in der die Hälfte der Kerne der vorliegenden Substanz sich stabilisiert hat oder zerfallen ist. Stark strahlende Elemente haben eine sehr kurze Halbwertszeit. Andere, wie z.B. Wismut, haben eine extrem lange Halbwertszeit von rund 2,5 Mrd. so dass Streit entstand, ob das Element den stabilen oder instabilen Elementen zu rechnen sei. Abgestoßen werden je nach der Kerneigenschaft (des Isotops) entweder Heliumkerne als Alphastrahlung oder Elektronen beziehungsweise Positronen (letzteres, wenn sich im Kern ein Neutron in ein Proton umwandelt und dabei ein Elektron freigesetzt wird) als Betastrahlung, und/oder Gammastrahlung. Diese besteht aus Energiequanten elektromagnetischer Strahlung mit einer Energie über 200 keV mit einer Wellenlänge kürzer als 0,005 nm. Schließlich können instabile Kerne sich durch das Abstoßen eines Neutrons oder weit seltener eines Protons stabilisieren. Die Stärke der jeweiligen Radioaktivität hängt von der Art und der Anzahl der Kernumwandlungen pro Zeiteinheit des jeweiligen instabilen Isotops ab. Ein Kernzerfall pro Sekunde entspricht der Strahlungsintensität von einem Becquerel (Bq – darum wirken die Zahlenwerte in Becquerel beängstigend groß). Die dabei übertragene Energie wird in Gray (Gy) gemessen. Die relative biologische Wirksamkeit wurde an entsprechenden biologischen Substanzen ermittelt und wird in Sievert (Sv) pro Zeiteinheit der Bestrahlung ermittelt und zum Beispiel durch Millisievert pro Jahr (mSv/a) angegeben.

Die Radioaktivität kann bei Lebewesen zu gefährlichen Verbrennungen führen. Noch gefährlicher ist, wenn es zur Ionisierung kommt, indem die Strahlung in der Atomhülle eines Kerns einen Elektronenüberschuss oder Elektronenmangel erzeugt. Dadurch kann die molekulare Bindungsfähigkeit des Atoms gestört werden, was zum Beispiel lebenswichtiger Molekülketten in Organismen zerstören kann. Aus lebenswichtigen Molekülen können somit sogar Giftstoffe werden. Bisherige, langanhaltende Untersuchungen führten zu folgenden Erfahrungswerten: Die Strahlung von über 50 Sv führt innerhalb weniger Wochen zum Tod, bei 4-5 Sv besteht eine

Überlebenschance von etwa 50%. Bei einer ständigen Strahlung von unter 0,5 Sv konnte das Kernforschungszentrum Karlsruhe in entsprechenden Untersuchungen keine nachteiligen Auswirkungen mehr erkennen. Das Bundesamt für Strahlenschutz hat den Grenzwert der Zumutbarkeit vorsichtshalber auf 0,02 Sv/a also 20 mSv/a festgelegt.<sup>[9]</sup>

Allerdings bemerkte man bald auch gesundheitsfördernde Wirkungen der ionisierenden Strahlung im relativ niedrigen Strahlungsbereich. Das erfuhr man zuerst anhand der Atombombentests. Im hohen Strahlungsbereich des Testgebietes erlosch alles Leben. Darum herum zeigte sich ein sogenannter Grüngürtel mit relativ hoher Strahlung, in dem der Pflanzenwuchs besonders stark wucherte, um schließlich ins übliche Wachstumsverhalten der weiteren Umgebung auszulaufen. Aufgrund dieser Beobachtung kam es zu zahlreichen Untersuchungen, die zu dem Ergebnis führten, dass eine um circa 5 bis 10 mSv/a erhöhte Strahlungsdisposition Wachstumsprozesse anregt und Stoffwechselprozesse tierischer Zellen sowie die Photosynthese der Pflanzenzellen beschleunigt. Die positiven Effekte radioaktiver Strahlung sind übrigens seit dem Mittelalter bekannt, als unter anderen der Arzt Parazelsus von Hohenheim (1493-1541) die Heilwirkung des Gasteiner Radonwassers erkannt hatte. Der Grund für eine positive Wirkung der Strahlung kann von dem Umstand herrühren, dass in der Zeit, als sich das Leben auf der Erde entwickelte, die natürliche radioaktive Umgebungsstrahlung wesentlich höher war als heute und die lebenden Zellen sich darauf eingestellt haben. Daraus erklärt sich, dass an manchen Orten mit einer natürlichen Strahlungsintensität, die deutlich höher als die in Deutschland erlaubte ist, die Menschen gesünder sind und Heilungsprozesse nachweislich rascher ablaufen als hierzulande. Das gilt insbesondere für die Gegenden um Ramasar im Iran oder am Strand von Guarapara in Brasilien.

Allerdings wird heute in den Medien und von zuständigen Behörden die Gefährdung durch Strahlungsintensität rein rechnerisch linear heruntergerechnet. Damit wird jede radioaktive Strahlung zu einem, wenn auch geringen Gesundheitsrisiko eingestuft. Die wenigsten derer, die sich vor Radioaktivität fürchten, wissen, dass ihr eigener Körper mit rund 0,25 mSv strahlt, Sex und Körpernähe demnach gesundheitsgefährdend wäre. Die um Kernkraftwerke ständig überwachte zugelassene Radioaktivität ist so gering, dass sie nicht einmal die Gesundheit fördern kann und von jeder natürlichen radioaktiven Bestrahlung bei Besteigung eines höheren Berges oder einer Flugreise überboten wird.

Wie zutreffend ist nun das Argument der Gefährlichkeit und der langen Strahlungsdauer der radioaktiven **Abfälle aus Kernkraftwerken**? Solche Abfälle treten in den Kernkraftwerken durchaus auf, wenn man sie unbehandelt ließe. Bei stark strahlenden Abfällen ist die Halbwertszeit kurz, so dass die Strahlung rasch unter den vorgeschriebenen niedrigen Grenzwert absinkt. Umgekehrt strahlen Stoffe mit einer sehr langen Halbwertszeit sehr schwach (Antiproportionalität). (Allerdings treten auch Spaltprodukte mit einer relativ hohen und länger dauernden Radioaktivität auf könnte dann wegbleiben). Die Instabilität solcher

Kerne kann im Schnellen Brüter, im Dual-Fluid-Reaktor (DFR) oder in anderen neuen Reaktortypen behandelt werden.<sup>[10]</sup> Bei diesen Kraftwerkstypen handelt es sich in der Regel nicht mehr um Meiler, in denen Brennstoff für eine lange Betriebsdauer eingelagert ist, sondern um „Öfen“ in die nur der jeweils aktuelle Bedarf an Brennstoff zugeführt wird. Die in den Anlagen herrschende Neutronenstrahlung sorgt für die Spaltbarkeit und weitere Spaltung der überschweren Kerne oder für eine Stabilisierung leichterer Kerne durch die Anbindung fehlender Neutronen. Rein wirtschaftlich betrachtet, ließe sich damit die Strahlungsaktivität aller Spaltprodukte auf eine erforderliche Sicherheitsfrist von 300 Jahren reduzieren.

Es bleibt noch ein letztes Argument: Die **begrenzte Verfügbarkeit von Kernbrennstoff**. Sie reicht nicht weit genug, – heißt es – damit sich eine Umstellung auf die Nutzung der Kernbindungskräfte wirtschaftlich lohnt. Ausgangsstoff für die Kernspaltung ist Uran 235, das nur zu 0,7% in Natururan enthalten ist. Für die Erzeugung einer Milliarde Kilowattstunden mit üblichen Leichtwasserreaktoren werden demnach 22 t Natururan gebraucht (beim Einsatz von Steinkohle wären es ca. 340 000 t). Natururan ist in der Erdkruste und in den Ozeanen reichlich vorhanden, allerdings nicht immer leicht zu gewinnen. Der Begriff „nachgewiesene Reserven“ bezieht sich auf die zu Marktpreisen derzeit zu fördernden Vorräte. Wenn behauptet wird, die Uranvorräte gingen in wenigen Jahrzehnten zur Neige, dann bezieht man sich auf die von den Urangesellschaften angegebenen „nachgewiesenen Reserven“. Bei dieser Behauptung wird die Möglichkeit der Rückgewinnung der Nuklearbrennstoffe durch die Wiederaufbereitung abgebrannter Brennstäbe und des Erbrütens neuer Brennstoffe in Reaktoren bewusst ignoriert.

Da in letzter Zeit viel Nuklearbrennstoff aus abgerüsteten Atomwaffen zur Verfügung stand, sanken die Uranpreise. Zahlreiche Bergwerke wurden deshalb stillgelegt. In Deutschland wurde zum Beispiel die Uranförderung 1990 völlig eingestellt. Entsprechend sanken die „nachgewiesenen Reserven“, und es wurde darauf verzichtet, weitere Lagerstätten zu prospektieren. Bei den derzeit üblichen Förderkosten kommt man auf nachgewiesene Reserven von 11,3 Mio. t. Diese würden rund 150 Jahre reichen. Hinzu kommen bekannte Uranlager von 22 Mio. t in Phosphaterzen, die etwa bei gleichen Kosten abgebaut werden könnten. Beides zusammen errechnet eine Verfügbarkeit von 490 Jahren. Schließlich sind rund 4 Mrd. t Uran im Meerwasser gelöst und könnten mit Kosten von rund 300 US \$/kg gewonnen werden.<sup>[11]</sup>

Doch Natururan ist nicht die wichtigste Quelle des Kernbrennstoffs. In den noch üblichen Kernreaktoren wird nur 1% des Uraninventars gespalten. Bei der Wiederaufbereitung der Brennelemente könnte rund ein Drittel der Abfälle wieder zur Energiegewinnung verwendet werden. Allerdings ist die Förderung von Natururan zurzeit noch billiger als die Wiederaufbereitung abgebrannter Brennstäbe aus Leichtwasserreaktoren.<sup>[12]</sup> Mit dem Schnellen Brüter kann nahezu das gesamte Natururan in Kernbrennstoff umgewandelt werden. Dadurch würde sich die Reichweite des bereits bekannten Urans um



das 60-fache steigern (490 x 60 Jahre). Das würde natürlich die Uran-Preise enorm drücken. Die Inbetriebnahme des 1985 für 7 Mrd. DM (3,6 Mrd. Euro) fertiggestellten Schnellen Brutreaktors SNR 300 in Kalkar wurde daher politisch verhindert, 1991 verboten und die Anlage in einen Vergnügungspark umgewandelt. Dieser Politik entsprechend wurde in Deutschland auch das für 2 Mrd. DM erbaute Mischoxid-Brennelemente-Werk in Hanau zur Umwandlung von Waffenplutonium in Kernbrennstoff sofort nach der Fertigstellung stillgelegt. Auf Nachfrage aus dem Ausland wurde sogar der Verkauf des Werks politisch unterbunden.

Ein weiterer in der Natur vorhandener Spaltbrennstoff ist Thorium (Th 232), das zu 3 – 11 Prozent im reichlich vorhandenen Monazit-Sand vorkommt. Seine Vorräte sind weit größer als die an Natururan. Die Stromerzeugung aus Thorium wurde in dem in Deutschland entwickelten Kugelhaufenreaktor, dessen gefahrloser Betrieb sich auch für Entwicklungsländer eignen würde, über Jahre gefahrlos erprobt und schließlich ebenfalls politisch verhindert. Inzwischen wurde die Anlage in China weiterentwickelt und arbeitet dort sicher. Thorium 233, das aus Th 232 gebrütet wird, eignet sich nicht nur wegen seines sehr hohen Schmelzpunktes (3300° C für Thoriumoxid) besser für die Stromerzeugung durch Kernspaltung als Uran. Bei seinem Brutprozess fallen weder waffenfähiges Plutonium noch andere „problematische“ Transurane an. Auch sind seine Spaltprodukte leichter und gefahrloser zu handhaben. <sup>[13]</sup>

Von einer absehbaren Knappheit von Kernspaltungsbrennstoffen kann also so wenig die Rede sein, wie von den meisten der angeblichen und medial hochgespielten Gefahren der „Atomenergie“, also der Energie aus Kernspaltung.

Auf ein bisher kaum beachtetes Argument ist noch knapp hinzuweisen. Erst die Kernenergie vermag die hohe Energiedichte zu liefern, mit der sich sehr harte Molekularbindungen gewisser, relativ häufiger „Schadstoffe“ brechen lassen. Denn im Plasmazustand lösen sich alle Moleküle in ihre Elemente auf und können anschließend wieder zu neuen Werkstoffen verbunden werden. Ein Plasmazustand lässt sich mit der üblicherweise genutzten molekularen Bindungsenergie, – geschweige denn mit den sogenannten alternativen Energien – kaum oder nur sehr aufwendig mit geringen Mengen erreichen. Denn dazu sind hohe Energiekonzentrationen nötig, die sich sinnvollerweise nur mit der Nutzung der rund 50 Millionen Mal stärkeren, nuklearen Bindungsenergie erreichen lassen.

Über die Nutzung der Kernbindungsenergie durch Kernfusion wird bisher in der Öffentlichkeit kaum diskutiert. Hierzu wurde auch noch kein spezifisches AngstszENARIO entwickelt. Das mag daran liegen, dass die gewinnbringende Realisierung der beiden wichtigsten Reaktorarten, der Tokamaks und Stellaratoren, auf welche die Fusionstechnologie-Forschung eingeeengt worden ist, noch nicht absehbar ist und diese sich möglicherweise auch nur als begrenzt einsetzbar erweisen werden. Zwar fällt die dabei auftretende Radioaktivität (bei Tritium – Superschwerer Wasserstoff) sehr gering aus, allerdings wird bei den herkömmlichen

Verfahren zur Verschmelzung von Wasserstoffisotopen rund drei Viertel der Energie in sehr schnellen Neutronen freigesetzt, was erhebliche Probleme bei der Nutzung dieser Energiequellen aufwirft. Die Stromerzeugung würde hierbei wie bei der Kernspaltung durch Erhitzen eines Fluids (z.B. Wasser) in einem Sekundärkreislauf und Antrieb einer Turbine erfolgen.

Inzwischen ist ein anderes Fusionsverfahren, das sogenannte Dens Plasma Focus Verfahren abseits der allgemeinen Wahrnehmung und des öffentlichen Interesses von rein privater Seite relativ weit fortgeschritten. Es kommt ohne jede Radioaktivität und Neutronenstrahlung aus. Hierbei werden in einer relativ kleinen Anlage je ein Bor<sup>11</sup>-Kern mit einem Wasserstoffkern verschmolzen, dabei entstehen je 3 Helium Kerne, welche die freigesetzte Energie in einem dichten Strahl ausstößt. Dieser Strahl lässt sich wie bei einem Transformator durch Spulen abbremsen, wodurch unmittelbar elektrischer Strom induziert wird. Schließlich trifft der Strahl auf eine Kondensator-artige Platte, auf der sich die Heliumkerne ihre Elektronenhülle beschaffen, so dass wieder elektrischen Strom fließt. Diese vielversprechende Lösung ist an anderer Stelle ausführlicher beschrieben worden.<sup>[14]</sup>

## **Fazit:**

Unsere moderne industrielle Gesellschaft ist in sehr hohem Maße abhängig von einer gesicherten Energie- und Stromversorgung. Ohne eine solche bricht viel mehr zusammen als nur das Internet. Daher ist die Entscheidung für Kernenergie, Kohle und Gas – oder dagegen, also für eine unsichere und derzeit im benötigten großen Umfang kaum speicherbare „Erneuerbare Energien“ nicht nur eine ideelle. Eine solche Entscheidung hätte sehr weitreichende Folgen für unsere Gesellschaft – (ähnlich wie die mit dem Beginn der Nutzung des Feuers vor 100.000 Jahren. Nur sind diesmal wie die damals aus Angst vor dem Feuer Zurückgebliebenen die Affen?

**Umbruch – Einbruch oder Aufbruch:** Es scheint, als wollten sich einige wenige Machthaber mit einem „Great Rest“ (Zurücksetzung) ihre Pfründen in einem zusammenbrechenden Finanzsystem retten und ihre Macht konzentriert ausbauen. Sie versprechen eine angeblich bessere Welt, in der normale Bürger nichts mehr besitzen und damit angeblich glücklich seien, weil sie meinen, das Klima gerettet und den Schritt in eine neue Gesellschaft auf der Grundlage zu nutzender Kernbindungskräfte vermieden haben.

Denn sollte den heutigen Menschen die Nutzung der Kernbindungskräfte so umfänglich gelingen wie den ersten Menschen schließlich die Nutzung der molekularen Bindungskräfte, ist eine Umstrukturierung der Gesellschaftsordnung wie sie vor rund 10.000 mit der Einführung der Landwirtschaft im Grundsatz geschaffen worden ist, zu erwarten. Soll das von deren Nutznießern mit einem „Great Rest“ verhindert werden? Oder verhindert das eine ähnliche „tierische Angst“ wie bei den

vormenschlichen Hominiden vor über 100.000 Jahren.

1. [http://en.wikisource.org/wiki/Atoms\\_for\\_Peace\\_Speech,\\_President\\_Eisenhower,\\_December\\_8,\\_1953](http://en.wikisource.org/wiki/Atoms_for_Peace_Speech,_President_Eisenhower,_December_8,_1953). ↑
2. Hinweis in: *British Journal of Radiology*, Band 28, 1955, S. 452. ↑
3. Siehe:  
[http://www.dgvrn.de/fileadmin/user\\_upload/PUBLIKATIONEN/Sonstiges/UN-System\\_final.pdf](http://www.dgvrn.de/fileadmin/user_upload/PUBLIKATIONEN/Sonstiges/UN-System_final.pdf). ↑
4. *The History of the IAEA, Part I, Chapter III* 1997, S. 31–34, unter:  
[https://www-pub.iaea.org/MTC/publications/PDF/Pub1032\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTC/publications/PDF/Pub1032_web.pdf). ↑
5. Eric Trist und Dr. Fred Emery hatten die genannten Phänomene am Tavistock Institute in London auf ihre politische Brauchbarkeit und Anwendbarkeit hin untersucht und vorbereitet. Vgl. F. E. Emery, E. Trist, *Socio-Technical Systems*, in: C.W. Churchman, M. Verlust (Hrsg) *Management Science, Models, and Techniques* Bd. 2 Pergamon Publ. Oxford 1960 S. 83–97. F. Emery, E. Trist, *The causal texture of organizational environments*, in: *Human Relations* 1965, Bd.18, S. 21–32. F.E. Emery, *The next Thirty years: concepts, methods and anticipations*, in: *Human Relations* 1967, Bd.20, S. 199–237. ↑
6. <https://www.deutschlandfunk.de/kann-blockieren-suende-sein-100.html>. ↑
7. Vgl.  
<https://www.deutschlandfunk.de/kann-blockieren-suende-sein-100.html>.  
und zu Fukushima  
<https://www.bfs.de/DE/themen/ion/notfallschutz/notfall/fukushima/unfall.html>. ↑
8. Vgl. unter anderem A. P. Meshik: Natürliche Kernreaktoren, in: *Spektrum der Wissenschaft* 2006/06, S. 84–90. Vgl. auch: F. Gauthier-Lafaye: *2 billion year old natural analogs for nuclear waste disposal: the natural nuclear fission reactors in Gabon (Africa)*. In: *C. R. Physique* 3, Nr. 7, S. 839–849 (2002). doi:10.1016/S1631-0705(02)01351-8. ↑
9. <https://www.bfs.de/DE/themen/ion/strahlenschutz/grenzwerte/grenzwerte.html>. ↑
10. Jérôme Serp et al. „The molten salt reactor (MSR) in generation IV: Overview and perspectives“, *Progress in Nuclear Energy* 77, 308-319 (2014), Badawy M.Elsheikh, „Safety assessment of molten salt reactors in comparison with light water reactors“, *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 6, S. 63–70 (2013). ↑
11. Diese Angaben beziehen sich auf einen Bericht des deutschen Bundestages von 2006  
<https://www.bundestag.de/resource/blob/509082/5594603c3ecf27933ad76d31faf89c27/uran-als-kernbrennstoff-data.pdf>. Inzwischen wurden allenfalls mehr Vorräte entdeckt. Doch Natururan ist nicht der wichtigste Brennstoff. ↑
12. Zu den Uran-Vorräten vgl.  
[http://www.framatome.de/anp/d/foa/anp/print/argumente/argumente\\_Uran\\_11\\_2005.pdf](http://www.framatome.de/anp/d/foa/anp/print/argumente/argumente_Uran_11_2005.pdf) oder <http://www.energie-fakten.de>. Wie lange reichen die Uranvorräte? Oder Atomenergie: Uran für Jahrzehnte, Tagesspiegel 04.01.2006. ↑

13. Rudolf König, Hans-Georg Wieck, *Amorphes Thorium – Grundlage eines Kernbrennstoffes für sichere Kernkraftwerke der Zukunft*, Eigenverlag Berlin, November 2007. ↑
14. Vgl. Helmut Böttiger, *Neue Energietechnologie für die Zukunft*, Michael Imhof Verlag 2022. ↑