

## **Energie - Stand und Aussichten der hiesigen Kerntechnik**

WIRTSCHAFTSRAT DER CDU, HAMBURG, DEN 28. FEBRUAR 1977

Von einem BKU-Mitglied - redaktionell modernisiert durch Jochen Michels, BKU, Mai 2024

Der Sohn eines Titanen, Prometheus, soll den Göttern das Feuer gestohlen haben und wurde für diese Freveltat schwer bestraft. Doch hat er den Menschen mit seinem Feuer zugleich die Kultur gebracht. Die Rückbesinnung auf mythische Vorzeiten, auf die Entfaltung unserer Zivilisation und der dafür notwendige Entwicklungsweg der Energie soll als Beispiel dafür dienen, dass nun die Nutzung der Kernenergie für die Menschheit von allergrößter Bedeutung ist.

Wir müssen uns dazu mit großen Zeiträumen vertraut machen, wenn wir dies betrachten. Dass alle Probleme in 10, 20 Jahren gelöst sein könnten, ist nicht zu erwarten. Aber auch die sog. „Fusionskonstante“ ist nicht zu befürchten, die alle paar Jahrzehnte neue Jahrzehnte voraussetzt.

Die Uragst der Menschheit wurde von den schlimmen Ereignissen in Hiroshima und Nagasaki neu entfacht. Die damals führenden Atomphysiker waren bestürzt und erschrocken von den Möglichkeiten, die ein verbrecherisches Regime – Hitler – erlangen könnte, um die Menschheit zu tyrannisieren. Das erbarmungslose Vorgehen gegen Juden, Polen und alle Gegner hat die Wissenschaftler um Otto Hahn, Fritz Strassmann, Lise Meitner, Niel Bohr, Leo Szillard, Albert Einstein und schliesslich Präsident Roosevelt bewogen, die Bombe zu entwickeln und dann auch anzuwenden um noch weiteren Krieg zu vermeiden.

Der Hass des „Übermenschen“ und die panische Angst der Verfolgten und Vertriebenen haben diese tragische Entwicklung herbeigeführt. Eine Besinnung war damals und viele Jahre darauf nötig, um inne zu halten und

- die Wünsche,
- das Können,
- das Wollen und
- das Wirken

zu bedenken, zu analysieren und abzuwägen. Mit dem Abstand zu damals erkennen wir heute folgende Wellen (oder Schübe):

1. Das Manhattan Projekt mit dem schrecklichen Ereignis zur Beendigung des Weltkrieges.
2. Die militärische Nutzung der Atomkraft für U-Boote durch Admiral Rickover in USA und die Russen heute.
3. Diese U-Boot-Technik liegt weltweit allen heutigen Leichtwasser-Reaktor-Kraftwerken zugrunde. Präsident Eisenhower sagte damals: „ Atome für den Frieden“.
4. Nach rund 20 Jahren Pause zwingen Atom-Unfälle, Klima-Angst und das absehbare Ende der Fossilien zu einer neuen Beachtung der Kernenergie, zum Beispiel in Form von SMR, Gen IV und weiterer.

Die USA haben damals ihre Kenntnisse und Lizenzen mit befreundeten Industrienationen geteilt. Sie haben gleichzeitig Kernbrennstoffe an befreundete Nationen für eigenständige Entwicklungen und für den Betrieb von Kernkraftwerken abgegeben.

Auch in Deutschland griff damals eine wahrer Atom-Überschwang um sich. Besonders in Düsseldorf, in Jülich und bei den Mitgliedern des Deutschen Städtetages war dies der Fall. Auch bei der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk AG (RWE) und der AEG war man höchst interessiert.

Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen, mit Ministerpräsident Karl Arnold, Staatssekretär Leo Brandt, gründete die Kernforschungsanlage Jülich (KFA). Die Bundesregierung verzichtete unter Konrad Adenauer explizit auf ABC-Waffen. Der Weg für friedliche Entwicklungen von Kernkraftwerken wurde damit auch für uns Deutsche frei. Es entstand geradezu eine Euphorie, nach der nationalen Kriegskatastrophe wieder Vertrauen zu genießen. Eigene Kerntechniken entwickeln zu dürfen, gehörte in vorderster Linie dazu.

Wie zu Kaisers Zeiten „Kohle und Stahl“ als Symbol für „Macht und Wohlstand“ galt, so wurde jetzt die Kerntechnik ein Symbol für eine friedliche und rechtschaffene Zukunft.

Das führte sogar dazu, dass die Firma BBC, Mannheim mit Herrn Deitelhauser in den 50-ern den Stadtwerken Düsseldorf – mit den Herren Dr. Cautius und Engel - die Konstruktion des Kugelbett-Reaktors empfahl. Dr. Rudolf Schulten (33) war der Konstrukteur. Die FAZ berichtete über eine geniale deutsche Erfindung. 14 weitere Städte versammelten sich um dieses Vorhaben.

In den 10 Jahren danach entstand das wegen seiner inhärenten Sicherheit berühmte Kugelbett-Kraftwerk in Jülich. Es wurde dort von diesen 15 Städten über 20 Jahre mit großem Erfolg betrieben. Hunderte von Varianten und Versuchen mit den Brenn-Elementen, Kernbrennstoffen, Bauweisen wurden getestet, um ein Optimum in jeder Hinsicht zu erreichen. Einzig in der Welt arbeitete es mehrere Jahre sogar bei einer Temperatur von 950°C, wobei der Kernbrennstoff eine Temperatur von 1.100°C nicht überstieg. Zum Vergleich: heutige LWR-Kraftwerke arbeiten meist weit unter 500°C. Das reicht zur Stromerzeugung, aber nicht für industrielle Zwecke.

Das RWE und andere Kraftwerks-Gesellschaften erkannten eine große Aufgabe. Es entstand die Kernforschungsanlage in Karlsruhe (heute KIT) unter besonderer Förderung durch die Bundesregierung. Es kam zum Versuchskraftwerk Kahl am Main. Vorhandene Bedenken wegen der Wirtschaftlichkeit solcher Parallel-Struktur wurden zurückgestellt.

Bekannt war, dass Leichtwasserreaktoren einen übergroßen Uranverbrauch verursachten und dass die Temperaturstufe von 300°C für Kraftwerksturbinen einen gewissen Rückschritt bedeutete. Doch waren vor allem die finanziellen Vorleistungen der Amerikaner und die billige Rohenergie Uran so überzeugend, dass man in Gundremmingen, Stade und Biblis schnell voranschritt. So kam es in Deutschland zu einer eindrucksvollen Entwicklung, die von einem staatlichen Forschungs- und Entwicklungsaufwand von ca. 8 Milliarden DM<sup>1</sup> begleitet wurde. Dazu sind die Aufwendungen der Firmen AEG, SIEMENS, BBC, KRUPP, DEMAG, GUTEHOFFNUNGSHÜTTE und MAN zu rechnen. Wir in Deutschland haben also keine Anstrengungen gescheut. Der Erfolg lag scheinbar zum Greifen nahe. Zwar hatten sich damals einige Firmen zurückgezogen - die AEG, MAN, GHH, DEMAG und KRUPP - doch BBC und SIEMENS haben weiter gemacht.

Zwar schätzten die Landesregierungen, Parlamente und grosse Teile der Bevölkerung diese Entwicklung als sehr positiv ein. Doch der Rückzug einiger Firmen und mehrere Bürgerinitiativen

<sup>1</sup> Zum Vergleich: seit dem EEG wurde bis heute fast eine halbe Billion Euro (1.000 Mrd., DM) in Wind- und Sonnen- „Kraftwerke“ subventioniert, Anm J.M.

fürten zu einer Bewusstseinsänderung und allgemeiner Kritik an vielen Produkten unserer technischen Zivilisation. Die Abgasregelungen in USA waren auch ein Zeichen für diese Kritik. Manche Wissenschaftler meinten damals, dass lückenlose Aufklärung ein Auflösen dieser Ängste bewirken würden.

Bis Anfang der 2020-er Jahr trat dies jedoch nicht ein. Erst seit kurzem darf man die Worte Atom und Kern wieder in den Mund nehmen, ohne sofort ausgegrenzt zu werden.

Unter den Protestlern gab und gibt es Einzelne, die über viele Details der Kernphysik- und -technik Bescheid wissen. Manche sind darüber hinaus ausgebildet in den Methoden revolutionärer Umtriebe nach Rezepten, die man bei Lenin nachlesen kann. Das gilt auch heute noch für manche Parteimitglieder, nicht nur der Grünen. Mit diesen Leuten ist noch viele Jahre bestimmt nicht zu reden. Doch nehmen sie an Zahl ab und auch an Lebensenergie, sie werden älter.

Es gibt aber auch immer noch die Besorgten und Besonnenen, die ehrlich an der Klärung interessiert sind. Damals gehörten dazu bekannte Persönlichkeiten wie Herr Prof. Grzimek, der CDU Bundestagsabgeordnete Dr. Herbert Gruhl, und Freiherr Enoch von und zu Guttenberg. Auch Herr Pfarrer Kurt Oeser aus Würzburg, Naturschutzbeauftragter der Evangelischen Kirche in Deutschland war einer von ihnen. Heute sind diese Personen oft Junge Menschen, die in Schule und Ausbildung häufig durch ablehnendes oder fehlendes (Halb-)Wissen ihrer Lehrenden verängstigt sind.

Manche aber auch, wie z. B. Frau Prof. Dr. Anna Veronika Wendland, Herder-Institut Marburg, bekennen sich heute offen zu ihrer persönlichen Wende.

Wenn wir die Besorgten zurückweisen, setzen wir die Axt an eine Wurzel unserer menschlichen Gemeinschaft. Das beste Mittel ist, mit diesen Persönlichkeiten eine gewisse Übereinstimmung zu suchen und gegenseitige Toleranz zu üben, um die lebensfeindlichen Ideologien ad absurdum zu führen.

Denn schließlich ist es nicht möglich, die nukleare Kontroverse zu überwinden, wenn dieser und jener sein Patentrezept zum Besten gibt, sondern wir müssen auch die geistigen Grundlagen für die verwirrenden Phänomene untersuchen, die uns bedrängen. Die besagten Aufklärungsfeldzüge allein genügen aber nicht. Sie genügen schon gar nicht, wenn sie von denselben Firmen oder Leuten vorgetragen werden, die in der Vergangenheit solche Mitteilungen zurückgehalten haben. Ebenso wenig helfen uns tiefenpsychologische Tricks. Wir müssen tiefer ansetzen.

Die europäische Geistesgeschichte scheint mir bessere Richtlinien herzugeben. So sollten wir uns die Frage vorlegen: warum eigentlich hat die Kirche im ausgehenden Mittelalter mit inquisitorischer Strenge und später mit Hilflosigkeit auf die Entwicklung der exakten Naturwissenschaften reagiert?

Der Dualismus zwischen der herkömmlichen Glaubenswelt und der beginnenden Erfahrungswissenschaft begann schon im 13. Jahrhundert, als Roger Bacon, ein berühmter Theologe und Naturphilosoph, Dampfschiffe, Flugzeuge und Tauchapparate voraussagte. Kopernikus, Galilei und Johannes Kepler lebten bekanntlich gefährlich. Drum hat Kepler z.B. etwa 1620 die exakte Beschreibung einer Flugreise zum Mond als Traum verschleiert.

Die Kirchen haben heute immer noch oft kein abgeklärtes Verhältnis zu den exakten Naturwissenschaften. Diese Unsicherheit gegenüber den exakten Naturwissenschaften liegt vermutlich daran,

dass die Kirche, mit tiefgehenden Motivkenntnissen reich gesegnet, schon früh erkannt hat, dass die einseitige Anwendung von Sachkenntnissen zu einer Verselbständigung kausalen Denkens und zu einer unheilvollen Machtentfaltung bestimmter Charaktere führen kann. In solchen Fällen wird das kausale Denken abgetrennt von seinem komplementären Gegenpol, dem finalen<sup>2</sup> Denken, und verselbständigt sich. Das finale Denken aber gehört zum Leben, weil es in vielfältiger Weise die für gesunde Gruppierungen notwendigen Motivkenntnisse gewährleistet. Ein unversöhnlicher Dualismus der beiden besagten Geistesgeschichten ist wahrscheinlich gefährlicher als die Atombombe.

Wir müssen das „entweder oder“ durch das „sowohl als auch“ überwinden. Wir sollten das von Niels Bohr in den zwanziger Jahren angegebene Prinzip der Komplementarität ernstnehmen. Das von Martin Buber 1921 dargelegte dialogische Prinzip sollten wir einüben, dann braucht uns um die Freiheit für sinnvolle Entscheidungen und eine evolutiven Entwicklung nicht bange zu werden.

In der Praxis zeigt die Versicherungswirtschaft, wie wir mit dieser widersprüchlichen Struktur menschlichen Denkens fertigwerden können. Die typischen Wirkungen des kausalistischen und des finalistischen Denken sind dort täglich im Gange. Man berechnet nämlich „das wirkliche Risiko“ als ein Produkt aus „Eintrittswahrscheinlichkeit“ mal „Schadenspotential“. Die kausalistische Methode dabei ist, aus Kausalketten die Eintrittswahrscheinlichkeit abzuleiten. Zum Glück gibt es aber nur wenige tatsächliche Kern-Unfälle.

Der finalistische Ansatz besteht darin, alle möglichen geschädigten Werte zu addieren. Heute wissen wir z.B. von Fukushima, dass je Reaktorblock dort etwa 50 Mrd. USD Schaden – zusammen also mindesten 150 Mrd. USD - eintrat (lt MP Shinzo Abe)

Nimmt man beide Werte, so ergibt das Produkt die Grundlage für die Prämie. Es ist für den Reaktor-GAU ausserordentlich klein, weil die Häufigkeit gering ist<sup>3</sup>.

Nun zeigt sich aber, dass von dieser einfachen Begriffsbildung ein unheilvoller Gebrauch gemacht wird. Die Gegnerschaft rührt daher, dass die Einen sagen, die Wahrscheinlichkeit sei unendlich klein und die andern meinen, die Schadenshöhe sei unendlich gross. Da kommt man nur weiter, wenn beide Seiten von ihren Extremen herunter kommen und konkrete Zahlen einsetzen. Es ergibt sich aus einer sehr niedrigen Unfallwahrscheinlichkeit und einem sehr großen Schadenspotential ein wirkliches Risiko von mittlerer Größe. Das können wir eine Zeit lang akzeptieren, bis wir zu besseren praktischen Erfahrungen gelangen.

<sup>2</sup> „bedenke das Ende“ respice finem

Wikipedia: Finales Denken bezeichnet im Gegensatz zu kausalem Denken eine Denkweise, die einen Zweck voraussetzt bzw. eine Absicht aufweist. Es eignet sich also für bewusste alltägliche Handlungen, verhindert aber wissenschaftliches Denken, da Vorgängen in der Natur aus wissenschaftlicher Sicht keine Absicht zu Grunde liegt.[1] Im Gegensatz dazu steht die Lehre der Teleologie, nach der alle Handlungen zweckorientiert ablaufen.

<sup>3</sup> Der Nuklearia e.V. beziffert daher den Schaden als vernachlässigbar. <https://nuklearia.de/2017/05/13/nachgerechnet-ist-der-super-gau-bezahlbar-2/>. Herr Klute meinte mir gegenüber zwar, solche Risiken seien versicherbar. Bis heute konnte er jedoch keine Versicherung nennen, die diese Risiken zeichnet, nicht einmal Lloyds of England oder Berkshire Hathaway

Es gehört also zu der erwünschten Diskussion, dass man nicht nur von der Unfallwahrscheinlichkeit, sondern auch offen über bezifferbare Schadenspotentiale spricht. Nur so kann man zu einer vernünftigen Beurteilung der wirklichen Risiken kommen und zu einer gegenseitigen Verständigung.

Herr Bundespräsident Scheel hat kürzlich gesagt: Der Bau von Kernkraftwerken sei unerlässlich trotz nicht unerheblicher Bedenken.

Heute wissen wir, dass seit 1966 unser Gas- und Ölverbrauch sich radikal gesteigert hat. Das Ende der sich rechnenden Förder-Techniken rückt näher, Kriege und Umweltbedenken machen fossile Energien immer weniger duldbar. Schon deswegen benötigen wir die Ablösung von Erdgas und Erdöl. Darüber hinaus muss man wissen, dass die Menschheit wächst, vermutlich von heute gut 7,5 Milliarden auf 8 bis 10 Milliarden Menschen in den kommenden 25 Jahren. Wir brauchen die mehr Energie wie das tägliche Brot. Mit Windrädern und PV-Paneelen bekommen wir höchstens zwei Drittel unseres Bedarfes, weil die Sonne (der Wind ist ein Kind von ihr) unserem Land nicht mehr schenkt und die Wirkungsgrade unserer Anlagen kaum über 30 % zu steigern sind.

Der Bundespräsident damals und Politiker heute meinen mit Recht, der Weltfrieden sei bedroht, wenn der Verteilungskampf um das Erdöl und andere fossile Brennstoffe nicht vermieden wird. Die grossen Migrations- und Fluchtbewegungen sind, wenn man tiefer schürft, auch energiebedingt. Wir brauchen die Kerntechnik auch, um uns vor zivilisatorischen Schäden zu schützen z.B. für die CO<sub>2</sub> freie Heizung. Wir brauchen sie aber ganz besonders jetzt, um unsere Industrie mit der notwendigen hochwarmen Energie zu versorgen. Wir können daher das Warten nicht beliebig ausdehnen.

Ein Weiter wie bisher mit Neubau gängiger Leichtwasser-U-Boot Technik verbietet sich. Wo Wasser im Spiel ist, besteht immer die Knallgas Gefahr, die in Tschernobyl und Fukushima explodierte. Daher müssen wir die verschiedenen Techniken vergleichen, um die beste für uns zu wählen. Wodurch unterscheiden sich in dieser Hinsicht

- eine Atombombe von
- einem Atommeiler und beide von
- einem Atomofen?

In allen drei Fällen geht es darum, die spaltbaren Uranatome mit dem Atomgewicht 235 so eng zusammenzupacken, dass diese Anhäufung zu einer selbstzündenden kritischen Masse wird. Das ist die Kritikalität.

Bei **Atombomben** geschieht das in einer 10-millionstel Sekunde und es kommt zum Ausbruch einer enormen Energiemenge.

Bei **Atommeilern** – den heutigen LWR - wird die kritische Masse mit Laufmulden oder - rohren gebaut, in denen die Steuerstäbe die Neutronen gezielt einfangen. So wird die Kettenreaktion gedämpft oder erhöht. Durch millimeterweises Bewegen der Stäbe in den überkritischen Brennstoffpartien kann man die Leistung regulieren. Eine Leistungsexkursion (unkontrollierte Steigerung) wird verhindert, solange hierfür ausreichend Wachsamkeit, Automatik, Zeit und Energie vorhanden sind.

Das physikalische Gesetz vom „negativen Temperaturkoeffizienten“ besagt, dass bei steigender Wärme die Kettenreaktion sinkt. Wenn der Betreiber einmal viel Wärme entnimmt und dadurch

die Brennstoff-Ladung abkühlt, steigt der Neutronenstrom und damit die Leistung. Umgekehrt, wenn er im Zuge geminderter Leistung die Temperatur etwas steigen läßt, wird durch dieses Naturgesetz und ohne sonstiges Zutun der Neutronenstrom etwas gedämpft.

Dieser gegenläufige Effekt ist entscheidend und gibt uns das notwendige Zeitfenster, mit den Steuerstäben die Kettenreaktion runterzufahren. So wird der Neutronenfluß sicher beherrscht, solange die Kühlung, die Wärmeabgabe aus dem Reaktor regelmäßig und einwandfrei funktionieren. Bei den LWR hat man über die Jahrzehnte vielfache Auslegungen für Kühlungs- und weitere Mechanismen eingebaut, um die Sicherheit zu erreichen.

Fallen diese dennoch aus, wie in Tschernobyl und Fukushima, ist der GAU unvermeidbar. Also wurde der Weg gesucht, auch dies zu vermeiden. Das war der Grund, in Jülich einige Dinge anders zu konzipieren und umzusetzen.

### Beim **Jülicher TRISO-Kugelbett-Reaktor**

- gibt es keine Leistungsexkursion, solange die Wärmeabfuhr durch den Heliumkreislauf erfolgt, d.h. keine Kernschmelze, kein Knallgas, denn es gibt kein Wasser.
- auch entfällt hier die Einlagerung eines grossen Brennstoffvorrates für 1 bis 2 Jahre. Die aktuell nötige Brennstoffration, also die Menge Kugeln, wird laufend überwacht. Sie wird oben eingefüllt wie bei einem Ofen. Der Atomofen kennt daher keine wochenlangen Stillstände, wie er bei Meilern für den Brennstoffwechsel unvermeidlich ist. Man braucht auch nicht den Deckel jährlich zu öffnen. Sicherheitstechnisch und betriebswirtschaftlich ist das ein weiterer großer Vorteil.
- Wenn einmal durch irgendein Zusammentreffen von Umständen dennoch eine höhere Temperatur eintritt, wirkt der negative Temperaturkoeffizient wie oben beschrieben. Jedoch mit dem Unterschied, dass das Zeitfenster für weitere Massnahmen viel grösser ist. Da keine überkritische Brennstoffmenge vorhanden ist, kann kein Energieausbruch die Folge sein.
- Will man ein Übriges tun, so baut man die Konstruktion dermaßen aus, dass man in einem dennoch eintretenden Notfall die Kugeln des Glutbettes in wenigen Minuten nach unten in eine Wanne auseinanderlaufen lassen kann. Gemäss einer frühen Studie der GENERAL ELECTRIC wird dieser „core catcher“ heute für andere designs vorgesehen. Beim Kugelbett-Reaktor ist sie eigentlich nicht erforderlich, weil der „negative Temperaturkoeffizient“ bewirkt, dass der Neutronenstrom zurückgeht, wenn die Temperatur des Kugelbettes ansteigt. Man hat genügend Zeit für weitere Massnahmen. Das nennt man „graceful degradation“ (würdevolle Herabstufung).
- Anders als bei herkömmlichen Reaktoren können abgebrannte Brennelemente eine Kernschmelze nicht zusätzlich, denn sie bleiben nicht bis zu einem Brennstoffwechsel. Sie werden ständig im laufenden Betrieb unten abgezogen, wie man bei einem Ofen die Schlacken abzieht. Beim Brikett-Ofen haben wir aus der Asche die noch unverbrannten Reste wieder eingelegt. So geschieht es hier nach Vermessung mit den nur teilweise abgebrannten Kugeln.

Man hat damals in Jülich und vor 20 Jahren in China ein einzigartiges Experiment durchgeführt: während einem Betrieb mit höchster Leistung hat man die Kühlung plötzlich total ausfallen lassen.

Man hat also einen Zustand herbeigeführt, der bei jedem anderen Reaktor sofort eine Kernschmelze verursacht. Hier hat dieser brutale Eingriff dazu geführt, dass die Temperatur im Kugelbett zunächst einmal leicht angestiegen ist. Die ansteigende Temperatur hat den Neutronenstrom zum Erliegen gebracht. Dadurch erübrigte sich eine Abschaltung durch aktive Maßnahmen. Nicht einmal die Steuerstäbe brauchten eingefahren zu werden. Es gibt also ein Kernkraftwerk dessen Selbstzerstörung durch Ausbruch der Kernenergie (GAU) völlig ausgeschlossen ist. Das scheint doch die einzig richtige Lösung für eine dauernde friedliche Nutzung der Kernenergie.

Des Weiteren kann ein Überschuss an Neutronen dazu benutzt werden, um z.B. Thorium in der Brennkammer (Core) zu einem spaltbaren Uran-Isotop umzuwandeln. Bei heutigen Leichtwasser-Meilern werden diese Neutronen nutzlos von Strukturmaterialien und Ballaststoffen absorbiert. Berechnungen der Firma GENERAL ELECTRIC und der KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH haben damals ergeben, dass der TRISO-Kugelbettreaktor auf diese Weise zu einem Brüter wird. Er erzeugt also neuen Brennstoff, während der vorhandene schon genutzt wird. Damit werden unsere Brennstoffsorgen für Jahrhunderte beseitigt.

Noch eine wichtige Sache muss man vom Atomofen wissen:

Im Gegensatz zum plötzlichen Entweichen des Kühlmittels Wasserdampf oder Natriumdampf bei Meilern, ist das plötzliche Entweichen des Kühlmittels Helium bei Atomöfen mit der außerordentlichen Beruhigung verbunden, dass die radioaktiven Brenn- und Spaltstoffe durch das Helium nicht in die Umgebung ausgetragen werden können. Vielmehr werden die radioaktiven Spaltstoffe, selbst in diesem äußerst seltenen Katastrophenfall, in den Graphithüllen der Partikel und in den Brennstoffkugeln festgehalten.

In diesem Zusammenhang wird vom Kugelbettreaktor gelegentlich behauptet, die Graphit-Oxidierung durch Luft könnte doch noch Spaltprodukte austragen. Diejenigen, die das sagen, bedenken nicht, dass dieser chemische Prozess nach den Feststellungen der Genehmigungsbehörden dermaßen verzögert verläuft, dass er mit der Nachwärme der Spaltprodukte abklingt, bevor er gefährlich werden kann.

Hier sind noch zwei eindrucksvolle Vergleiche in Zahlen anzuführen:

Bei allen kritischen Anordnungen von Kernbrennstoffen, ausgenommen Atombomben, muss man, wie gesagt, die Leistung laufend gewinnen, um die Temperatur zu beherrschen. Man muss aber auch die sogenannte „Nachwärme“ auf jeden Fall beherrschen. Die Nachwärme hängt am Nachzerfall von Spaltprodukten. Der Nachzerfall von Spaltprodukten klingt langsam ab, nachdem der Neutronenfluß unterbrochen wurde. Bei einem plötzlichen Wegfall der Leistungsabfuhr, also der normalen Kühlung, erfolgt regelmäßig als erstes die Unterbrechung des Neutronenflusses, dann aber muss die sofortige Abfuhr der Nachwärme erfolgen, und zwar mit Hilfe der dreifach ausgelegten Notkühlung.

#### **Hier der erste Vergleich:**

Beim **Natriumbrüter** bleibt für die Abfuhr der Nachwärme eine Eingriffszeit für die Notkühlung von 2 Sekunden,

beim **Leichtwasserreaktor** von circa 55 Sekunden,

beim **Kugelbettreaktor** von etwa 4 Stunden.

Versagt jedoch die Notkühlung, obwohl sie dreifach ausgelegt wird, dann ist ein Coreschmelzen bei Meilern nicht mehr abzuwenden. Bei Natriumbrütern kommt es nach 5,6 Sekunden zum Coreschmelzen (ein Grund, weshalb Kalkar aufgegeben wurde), und bei Leichtwasserreaktoren nach 10 bis 60 Minuten.

Wenn bei Kugelbettreaktoren die Eingriffszeit von 4 Stunden nicht für die Nachkühlung oder äußerstenfalls zum Ablassen der Kugeln genutzt werden kann, wird der Reaktor zwar durch Überhitzung unbrauchbar, es kommt aber weder zum Verdampfen der Kugeln noch zum Coreschmelzen. Eine geniale Lösung.

**Und nun der zweite Vergleich** von Bomben mit Meilern und Öfen, und zwar nach der Leistungsdichte:

- Die Uran- oder Plutonium-Bomben haben eine Leistungsdichte von ca. 100.000 Milliarden Kilowatt pro Kubikdezimeter (Liter) Raumvolumen.
- Die Natriumbrüter entwickeln eine Leistungsdichte von 500 bis 800 Kilowatt pro Liter.
- Die Leichtwasserreaktoren 50 bis 80 Kilowatt pro Liter und
- die Kugelbettreaktoren 5 bis 8 Kilowatt pro Liter.

Reaktoren müssen diese Leistungsdichte jahrelang aushalten, eine Bombe ist in einer 10-millionstel Sekunde dahin.

Hier kann man schon deutlich erkennen, dass Atombomben unendlich verschieden von Reaktoren sind. Und die Reaktoren untereinander sind um das 10-100-fache verschieden, was ihre Leistungsdichte (Energiedichte) anlangt. Die Selbsterstörgefahr wird bei der niedrigen Leistungsdichte im TRISO-Reaktor vollständig vermieden.

Damit ist auch die vollständige Versicherbarkeit von Kernkraftwerken nicht nur denkbar, sondern möglich. Dieser Hinweis ist für die Überwindung der nuklearen Kontroverse von großer Bedeutung.

Durch diese Hinweise erscheint auch für den Laien klar vor Augen zu stehen, dass das Schadenspotential von Kugelbettreaktoren wesentlich kleiner ist, als bei den herkömmlichen Reaktorkonstruktionen. Die amerikanische AIPA-Studie<sup>4</sup> verweist auf ein 10.000-fach niedrigeres Risiko für Hochtemperaturreaktoren.

### **Das energie- und industriepolitische Potential von Kugelbettreaktoren**

Allein der Kugelbettreaktor ist in der Lage, fossile Brennstoffe zu vergasen, also Braunkohle und Steinkohle und auch schweres Heizöl. Damit ist also allein dieses Reaktorsystem berufen, „das technologische Patt“ der heimischen Industrien zu überwinden und das heute importierte Öl auf dem Markt großenteils zu ersetzen. eFuel ist das Stichwort.

Auch ist zu erkennen, dass Leichtwasserreaktoren und Natriumbrüter wegen ihrer niedrigen Temperatur nur Strom erzeugen und deshalb maximal 40 % des Primärenergieverbrauches abdecken können. Kugelbett-Öfen dagegen können mit ihrer Temperatur bis an die 1.000 Grad Celsius über 75 % erreichen. Das 300 MWe-Demonstrations-Kernkraftwerk auf Basis eines Kugelbettreaktors in Schmehausen bei Hamm in Westfalen wurde im Jahr 1979 in Betrieb gesetzt und arbeitete bis

<sup>4</sup> [https://juser.fz-juelich.de/record/821040/files/Juel-Spez-0020\\_ISF.pdf](https://juser.fz-juelich.de/record/821040/files/Juel-Spez-0020_ISF.pdf)

Ende der 80-er Jahre. Alle damals Beteiligten waren darüber einig, dass wir in Deutschland im Interesse der Braunkohle und der Steinkohle, aber auch des Marktes für Erdgas und Methanol an der Fortsetzung dieser Reaktorlinie sehr interessiert sind. Der Lizenzaustausch zwischen SIEMENS und BBC wurde damals gesichert.

Das weitgehende Schweigen über Kugelbettreaktoren ist dadurch zu erklären, dass es zugunsten der Leichtwasserreaktoren einen Entwicklungsvorsprung gibt von damals 10, heute 60 Jahren und vielen Milliarden Dollars gibt. Diese Tatsache und selbst, dass in China seit Dezember 2023 der weltweit erste Reaktor dieser Technologie kommerziell läuft, macht es nicht einfach, der Öffentlichkeit und der Politik zu erklären, dass dies die einzig greifbare Alternative zu den anderen Reaktoren ist.

Man muss nämlich, um den Übergang zu ermöglichen, die Zwangsvorstellung des allzu einfachen „entweder oder“ ersetzen durch das vielfältige „sowohl als auch“. Natriumbrüter und andere und viele andere Techniken kann man getrost auf spätere Zeiten verschieben.

Es ist töricht, das Schadenspotential, das mit kerntechnischen Anlagen verbunden ist, abzustreiten. Ebenso töricht ist es, abzustreiten, dass die „Unfallwahrscheinlichkeit“ durch konstruktive Maßnahmen, außerordentlich kleingehalten wird, also auch „das wirkliche Risiko“.

Den engagierten Naturanwälten können wir sagen, dass die Kernenergie im Frieden schon jetzt beherrschbar ist. Es wurde sogar schon bewiesen. Dagegen müssen sich die Befürworter der bisher üblichen Kerntechniken sagen lassen, dass „das Bessere der Feind des Guten“ ist. Das „wirkliche Risiko“ klingt als Begriff wie ein Widerspruch. Denn das „sowohl als auch“ gilt auch hier. Wir müssen nicht nur die „Unfallwahrscheinlichkeit“ drücken, sondern müssen auch das niedrigere „Schadenspotential“ wählen. Der Kugelbett-Ofen bietet diese Gelegenheit.

Die Stadtwerke DÜSSELDORF, KÖLN und DUISBURG wollten damals ein Kraft-Wärmewerk von 600 MWe auf Basis eines Kugelbett-Ofens errichten lassen und betreiben. Sie hatten jahrelang deshalb die volle Unterstützung der Regierungen und aller anderen Beteiligten.

In der industriellen Praxis bedeutet all' das, dass man für das Laufende einen Bremsweg vorzusehen hat, z.B. für den angemessenen Auslauf der Leichtwasserreaktor-Technik. Schon die Kapitalbindung erfordert, dass man solche grossen Gebilde nicht vorzeitig „in Rente schickt“. Der Betrieb solcher Kernkraftwerke kann in einem Zeitraum von 10 bis 20 Jahren geduldet werden. Dabei muss sofort eine Projektplanung einsetzen. Sie muss im gleitenden Übergang dafür einstehen, dass nach dieser Zeit die viel sicherere Alternative wirtschaftlich anwendbar ist. Beide Parteien können, ja müssen lernen, eine integrierte Planung zu dulden, also mit dem integralen Bewußtsein, also auch mit der Opposition und auch mit Zweifeln zu leben.

Es ist nun noch ein Wort zu den Natriumbrütern, den Schnellen Brütern zu sagen:

Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Wiederaufarbeitungsanlagen möchte man auf die Gewinnung des Plutoniums aus den Abbränden von Leichtwasserreaktoren nicht verzichten. Gleichfalls möchte man aus wirtschaftlichen Gründen das Plutonium diesen Brutreaktoren verwenden. Die Natriumbrüter-Entwicklung wird also heute noch betrieben, weil der Uran-Plutonium-Kreislauf mit seiner Wiederaufarbeitung ein zusammenhängendes System darstellt.

Die ursprüngliche Annahme, die Lagerstätten von Natur-Uran gingen schon bald zur Neige, ist

kaum noch zu hören. Auch behauptet man nicht mehr, die Natriumbrüter seien für sich alleine in der Lage, ihre Wirtschaftlichkeit mit der Stromerzeugung nachzuweisen. Daran glaubt kaum noch jemand. Herr Prof. Teller hat diese Ansicht vor dem DEUTSCHEN ATOMFORUM am 13. Oktober 1976 in Bonn geäußert und Sir Brian Flowers hat diese Ansicht Herrn Minister Matthöfer dargelegt (zu lesen in „DIE ZEIT“ vom 7. Januar 1977).

Die damals neuesten Berechnungen bei der GENERAL ELECTRIC und in JÜLICH zeigten, dass der Uran-Thorium-Zyklus für die kommenden 70 Jahre genau so wenig Uran verbraucht wie der Uran-Plutonium-Zyklus mit den Natriumbrütern. Damit sind auch jetzt noch 50 Jahre Zeit bis zu einer Entscheidung für oder gegen die Natriumbrüter, die wir nutzen können für Thorium-Brüter. Die Kernfusion ist auch heute noch ein Ziel in weiter Ferne.

Die Alternative lautet also nicht: Natriumbrüter oder Kugelbettleaktor, sondern sie lautet: Uran-Plutonium-System oder das Uran-Thorium-System. Im ersten Fall braucht man Natriumbrüter, im zweiten nach Meinung von Herrn Prof. Teller den kanadischen CANDU-Reaktor - einen Meiler - oder den deutschen Kugelbettleaktor - einen Ofen -. Dass für uns nur der letztere infrage kommt, ist ohne Frage.

Aus sachlichen und aus geistesgeschichtlichen Gründen gibt es jeden Anlaß anzunehmen, dass die nukleare Kontroverse überwunden werden kann, und zwar durch gegenseitige Bereicherung unserer Sachkenntnisse und unserer Motivkenntnisse, durch eine Belebung der Arbeit im Bundestag und in unseren Parteien und durch geeignete ordnungspolitische Maßnahmen, z.B. auf versicherungspolitischem Gebiet.

Für diejenigen, die ein überwiegend finales Denken pflegen und deshalb über vielfältige Motivenkenntnisse verfügen, dürfte das 1964 erschienene Buch von Friedrich Wagner unter dem Titel „Die Wissenschaft und die gefährdete Welt“ von Interesse sein. Darin finden sich in einer Zusammenfassung folgende drei Sätze:

„Nach der makro- und mikrokosmischen Grenzüberschreitung durch Raumfahrtforschung und Kernphysik wird die biologische Grenzüberschreitung durch die Genetik zur schwersten Daseinsbedrohung des Menschen“.

„Die Umwelt des Menschen, die Erde und ihre Natur bleibt als Unterbau seines Lebens ein Maßstab und eine Grenze seines Erfindens und Forschens, die unausweichbare Wirklichkeit, die auch sein Dasein bedingt“.

„Die galileische Wendung, die den Menschen vor die größte Forderung seiner Geschichte stellte, wird heute, in ihrer entscheidenden Krise, zur offenen Frage an ihn wie an seine Wissenschaft, in einer bis in die Lebensgrundlagen gefährdeten Welt“.

Solche Worten beeindruckten tief, doch sind sie kein Grund zur Schwarzseherei. Man darf zwar auf keinen Fall mir nichts, dir nichts, über die Besorgnisse vieler Bürger hinwegsehen. Könnte aber nicht auch die Apokalypse des hl. Evangelisten Johannes ein zeitgebundenes Dokument sein? Denn Jesus Christus ist nicht gekommen, um die geheime Offenbarung des Johannes zu erfüllen, sondern den guten Willen Gottes. Fast 360 Jahre Niedergang des römischen Paternalismus hat es gebraucht, bis der hl. Augustinus wieder an den Idealstaat auf Erden gedacht hat. Darin konnte er an die alttestamentarisch, jüdische Tradition anknüpfen, wonach schon auf Erden manches Konstruktive zu tun ist. – Das Leiden und Sterben Christi steht dazu nur scheinbar im Gegensatz. –

Denn man kann den Tod und die Rückschläge des Lebens auch als die Kehrseite der Evolution begreifen, ohne die Hoffnung zu verlieren, dass unser Tun und Lassen weiterführen wird.

Daher konnte der Verfasser in dem Gutachten das Uran-Thorium-System mit Kugelbettreaktoren empfehlen auf die Gefahr hin, dass der Uran-Plutonium-Zyklus mit Natriumbrütern eines Tages zurückzuweisen ist. Und dies selbst auf die Gefahr hin, dass wiederum später auch der Kugelbettreaktor seine Schuldigkeit getan haben wird. So ist nun mal die Evolution. Sie ist von Stirb und Werde gekennzeichnet. Man muss verbliebene Zweifel ertragen können, aber der Erneuerung und Verbesserung der Lebensumstände zustimmen.

Zum Schluß ist noch zu erwähnen, dass eine Vielfalt von weiteren Alternativen beachtet werden muß, z.B. die Niedertemperatur-Wärmegewinnung zur Warmwasserbereitung im Sommer mit Hilfe von Sonnenkollektoren und die Abwärmeverwertung mit Hilfe von Fernwärmenetzen. Auch moderne Windmühlen sind zu erwarten. Mit dem „Dreifach-Dampfprozeß“, der in Seibersdorf bei Wien von BÖHLER entwickelt wird, soll der Wirkungsgrad von Kraftwerkskesseln von ca. 40 % auf 55 bis 60 % erhöht werden. -

RUHRGAS AG in Zusammenarbeit mit den VOLKSWAGENWERKEN wollen gewöhnliche Automotoren zu Gaswärmepumpen umfunktionieren, um mit solchen Kleinaggregaten die Umgebungswärme der Luft mit hohen Wirkungsgraden zu gewinnen.

Auch die drastisch zu verbessernde Isolierung unserer Wohnungen und viele Formen der Rückgewinnung von Wärme, Trockenkühltürme zur Wasserersparnis und zur Entlastung unserer Flüsse kommen in Betracht.

Solche Entwicklungen sind ein dankbares Feld für die soziale Marktwirtschaft geworden, für viele Unternehmen, die für die vielfältigen Bedürfnisse in der weiten Welt gerüstet sein müssen.

Allerdings sind alle diese Lösungsideen ungeeignet für eine schnelle Lösung. Ebenso wenig wie man in kurzer Frist und allerorten an Turbinen-Kraftwärmewerke oder an die Rauchgasentschwefelung mit Hilfe von Wirbelbettfeuerungen kommen kann oder an die Vergasung von Braunkohle oder an die Thermochemolyse des Wassers zur Herstellung von billigem Wasserstoff, oder gar an magneto-hydrondynamische Generatoren.

Das sind alles interessante Technologien, die Geduld, Ausdauer, Zielstrebigkeit und Bescheidenheit der ganzen Nation erfordern. Wir wissen, dass es sich hierbei um sehr kapitalintensive Verfahren handelt. Sie sind nur zu verwirklichen, wenn wir bereit sind, einen wesentlichen Teil unserer Arbeitskraft für die Errichtung dieser Anlagen und Verfahren einzusetzen.

Daher ist ein großes Umdenken erforderlich, was Zeiträume von 20,40 und 60 Jahren beansprucht.

Die Denkpause, die wir benötigen, ist nicht zeitlich zu bemessen sondern das Denken selbst muss in die Tiefe dringen. Liegen hier nicht genug Aufgaben für unsere Parteien, besonders für die CDU?

Offenbar ist es lebenswichtig für uns, dass wir im Dialog mit Andersdenkenden neue Freiheit im Denken gewinnen, dass wir uns freimachen von vorgefassten Meinungen, ideologischen Blockaden, von Faulheit, Angst und utopischen Forderungen nach „heilen Welten“ oder gar nach irdischen Paradiesen, die bis heute immer nur stellenweise, streckenweise oder zeitweise zu finden waren. Wir brauchen Mut, Geduld und Vernunft, die uns Schritt für Schritt einen sicheren Weg in

die Zukunft einer wachsenden Menschheit bahnen.

Bitte, denken Sie auch daran, dass uns die Natur mit der Kernenergie eine neue Kraftquelle freigegeben hat. Wir dürfen und können sie nutzen. Und wir sollen sie behutsam und bedachtsam nutzen. Wir dürfen dabei nicht versäumen, ein neuerdings weltweit aufkommendes finales Denken in das Ganze hineinzunehmen. In diesem Sinne ist zu hoffen, dass mit ausgleichendem Wollen und Wünschen die nukleare Kontroverse zu überwinden ist.

Weil wir in Deutschland diese Alternative haben. Die TRISO-Kugelbett-Technik.