

**Michael Müller**, Parl. Staatssekretär im BMU a.D.

Co-Vorsitzender der Kommission „Sichere Lagerung hochradioaktiver Abfälle“  
AR-Vorsitzender Gesellschaft für Reaktorsicherheit  
Sprecher der Bundestags-Enquete „Schutz der Erdatmosphäre“

LANDTAG  
NORDRHEIN-WESTFALEN  
18. WAHLPERIODE

**STELLUNGNAHME  
18/413**

Alle Abgeordneten

## **Nuklearenergie auf dem Rückzug**

Der Anteil der Nuklearenergie an der Stromerzeugung ist weltweit von 15,1 Prozent im Jahr 1985 auf 9,8 Prozent im Jahr 2021 gesunken. Der historisch höchste Anteil wurde mit einem Anteil von 17,6 Prozent im Jahr 1996 erreicht. Bis zum Jahr 2040 werden rund 200 Atomkraftwerke abgestellt werden. Dem stehen lediglich 53 laufende Neubauprojekte entgegen. Die meisten davon in China (21). Bei 26 der laufenden Projekte treten erhebliche Zeitverzögerungen auf, oft von mehr als zehn Jahren.

Heute ist Strom aus der Atomkernspaltung mit Abstand der teuerste – und das ist so seit Beginn der Atomenergie in den 1950er Jahren. Das Deutsche Institut für Wirtschaftsförderung (DIW) stellt fest: „Die Atomenergie war und ist nicht wettbewerbsfähig gegenüber alternativen Technologien zur Stromerzeugung (früher Kohle, heute Erneuerbare).“ Die Erneuerbare Energien erleben einen ungebrochenen Boom. Sie werden angesichts der geplanten Elektrifizierung (E-Mobilität) weiter stark zunehmen.

Generell gibt es seit den 1980er Jahren eine Lücke zwischen den Ankündigungen für den Bau von Atomkraftwerken und den tatsächlichen Planungen und Baumaßnahmen. Und immer wieder werden große Ankündigungen über einen angeblich bevorstehenden Durchbruch hin zu inhärent sicheren AKWs gemacht, die aber nicht eingehalten werden können.

Bei den Ländern, die AKWs planen und bauen wollen, spielen oftmals militärische Interessen eine starke Rolle (in den offiziellen Atommächten USA, Russland, China, Frankreich, Großbritannien). Oder es sind Länder, die zum Club der Atomenergieländer gehören wollen (Türkei, Ägypten und Bangladesch) oder gerade hinzugekommen sind (Belarus, VAE). In der EU hat die umstrittene Aufnahme der Atomenergie in die Taxonomie die Möglichkeit eröffnet, Neubauprojekte zu subventionieren. Debatten darüber gibt es auch in Polen, Schweden, Tschechien und Ungarn.

Manche Pläne erscheinen auch schlicht lebensbedrohend, so die beiden Atomzentralen im Erdbebenland Türkei, in dem es im letzten Jahrhundert 111 Erdbeben oberhalb des Wertes von 5 auf der Richter-Skala gegeben hat: Eine, gebaut mit russischer Technik von russischen Betreibern am Standort Mersin-Akkuyu mit 4.800 MW. Das ist eine Region, in der es im Juli 1998 zu einem Erdbeben der Stärke 6,3 auf der Richter-Skala gekommen war. Eine in Sinop ebenfalls mit geplanten 4.800 MW, wobei sich allerdings

Mitsubishi aus Kostengründen von dem französischen Partner Areva dem Vorhaben zurückgezogen hat.

### **Unklare Reaktorlinien**

In den meisten Fällen ist unklar, mit welchen Reaktortypen der Ausbau erfolgen soll und wie sie finanziert werden sollen.

1. Der derzeit einzig realistische Typ zum Bau von AKWs besteht in der Nutzung der leichtwassergekühlten Reaktoren der dritten Generation (z. B. der EPR). Der „Siegeszug“ der LWR begann 1957, um rasch zum Bau von größer dimensionierten Atomkraftwerken mit höherer Leistung überzugehen. Der Bau ist erheblich zurückgegangen, auch durch hohe Kosten und Planungs- und Bauverzögerungen. Um mit den Stromgestehungskosten der Erneuerbaren Energien mithalten, müssten die Baukosten der Atomkraftwerke um Zweidrittel reduziert werden, um den Anteil von zehn Prozent an der Stromproduktion zu halten.

2. Als Alternative wird debattiert, zu den geringeren Leistungsgrößen der 1950/60er Jahren zurückzukehren. Das wurde in den USA im Jahr 2010 unter dem Schlagwort „SMR“ (small modular reactors) ins Spiel gebracht, das sind Reaktoren bis 300 MW. Tatsächlich handelt es sich um alte Reaktorkonzepte, die sich durch ihre wirtschaftlichen Nachteile (aufgrund geringerer Leistungen) nicht durchsetzen konnten. Hinzu kommen erhebliche Probleme aufgrund des vermehrten Transports und der Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle.

Trotz jahrzehntelanger Forschung konnte kaum ein SMR den kommerziellen Leistungsbetrieb aufnehmen. Neben den Prototypen sind derzeit nur sechs SMR-Reaktoren in Betrieb. Eine Kostendegression ist nicht absehbar. Selbst unter Annahme optimistischer Rahmenbedingungen ist nicht von einem wettbewerbsfähigen Angebot auszugehen. Die Berechnungen des DIW zeigen, dass sie auf jeden Fall wesentlich teurer wären als Strom aus erneuerbaren Energien.

3. Schließlich wird diskutiert, ob in den nächsten Jahrzehnten Reaktortypen im industriellen Maßstab kosteneffizient zur Verfügung gestellt werden könnten, deren Entwicklung in den 1970er Jahren aus unterschiedlichen Gründen weitgehend eingestellt worden war. Dabei handelt es sich um Reaktoren mit einem schnellen Neutronenspektrum, Hochtemperaturreaktoren und Flüssigsalzreaktoren. Sie werden als „Gen IV“-Reaktoren bezeichnet, auch wenn sie auf Entwicklungen und Prototypen aus den 1940er und 1950er Jahre zurückgehen. Zudem sollen neue Konzepte zur besseren Lagerung des hochradioaktiven Abfalls

und der höheren Brennstoffausnutzung sowie verringerter Proliferationsrisiken realisiert werden.

Zur Förderung wurde das „GenIV International Forum“ gegründet mit 14 Mitgliedsstaaten, um nicht-leichtwassergekühlte Reaktorkonzepte weiter zu entwickeln. Doch geplante Demonstrationsprojekte werden regelmäßig verschoben, jüngst in die 2040er Jahre. Das ist aber der entscheidende Zeitraum, in der die Energieversorgung auf ein klimaverträgliches System umgestellt werden muss.

Trotz der Probleme und der Stilllegung der Reaktoren mit schnellem Neutronenspektrum versucht das US-Energieministerium in Kooperation mit der Firma TerraPower (Eigentümer zum Teil Bill Gates) erneut schnelle Reaktoren zu bauen mit erheblichen staatlichen Subventionen. Die Wettbewerbsfähigkeit hängt ab von Uranpreis, Baukosten und Entsorgungskosten. In keinem der drei Bereiche ist ein Kostenvorteil abzusehen. Die Baukosten sind nicht abzusehen, auf jeden Fall wesentlich höher als die der leichtwasserbasierten Technologien, die weitaus teurer sind als andere Energieträger.

An Dual Fluid Reaktoren (DFR) wurde bereits in den 1950er Jahren geforscht, so am Oak Ridge National Laboratory in Tennessee. Als dort 1969 die Testanlage demontiert wurde, mussten die Wissenschaftler entsetzt feststellen, dass das heiße radioaktive Salz Teile des Reaktors korrodiert hatte. Der DFR verspricht zwar die Lösung nahezu aller Energieprobleme durch sichere, billig und fast atommüllfreie Atomenergie, erreicht durch die Kombination des Flüssigsalz-/Bleireaktors mit einer Hochtemperatur- Wiederaufbereitungsanlage. Ein ähnliches Projekt wurde 1969 in den USA nach einer negativen Begutachtung gestoppt. Es gibt keine Kernschmelze, aber es sind spezifische schwere Unfälle möglich. Bedenklich ist die Hochtemperatur-Wiederaufbereitung. Das DFR-Konzept ist nicht viel mehr als eine Ideensammlung, das auf Geld vom Staat oder Investoren hofft.

Die Entwicklungskosten werden als sehr hoch eingeschätzt. Ein geologisches Endlager bleibt, wenn auch für kürzere Zeiträume als die für die bisherigen hochradioaktiven Abfälle, notwendig. Das Proliferationsrisiko ist insbesondere auf der Basis des Thoriumzyklus hoch. Es würden radioaktive Stoffe anfallen, die den Bau von Atomwaffen ermöglichen. Belastbare Aussagen zur Tauglichkeit des Rezepts sind umstritten. Edward Lyman von der US-Organisation Union of Concerned Scientists: “Wir wissen wenig über Flüssigsalzreaktoren – und dazu zählt auch der DFR. Es gibt so gut wie keine Betriebserfahrung – und damit viele

mögliche Komplikationen und Probleme bei der Sicherheit. Es ist schwierig, das alles seriös abzuschätzen.“

### **Die Akzeptanzproblematik bleibt**

Die Nuklearenergie hat weiterhin große Akzeptanzprobleme.

**Die politischen und gesellschaftlichen Auseinandersetzungen um die Atomkraft stehen für die Herausforderungen der Moderne, die gekennzeichnet sind als Konflikt der zwei Modernen, „einfacher“ und „reflexiver“ Moderne.**

Dieser Konflikt wird ausführlich beschrieben im Kapitel 3 „Das Prinzip Verantwortung“ des Abschlussberichts „Verantwortung für die Zukunft“ der Kommission von Bundestag und Bundesrat zur Lagerung hochradioaktiver Abfallstoffe.

Folgendes wird dabei herausgestellt:

Die Entwicklung und Anwendung von Technik ist ein sozialbestimmter Prozess, in dem es nicht nur um die Anwendung technisch-wissenschaftlicher Innovationen und Möglichkeiten geht, sondern auch um gesellschaftliche Werte und soziale Akzeptanz. Kaum eine andere Technologie ist so lange und so intensiv debattiert worden wie die Nutzung der Atomkernspaltung. An ihr werden insbesondere drei gesellschaftsethische Fragen deutlich:

- Das „*Prinzip Verantwortung*“ (Hans Jonas): Technische Innovationen und Entscheidungen müssen heute, in der zusammenwachsenden, komplexen Welt mehr denn je die möglichen, oftmals langfristigen Folgewirkungen im Blick haben. Die Fähigkeit des Menschen, Verantwortung zu übernehmen, erfordert, dass er sie auch übernimmt. Sie beruht auf der ontologischen Befähigung, zwischen Alternativen mit dem ihm zur Verfügung stehenden Wissen und Wollen zu entscheiden. Verantwortung ist dabei komplementär zur Freiheit. Ich bin / wir sind verantwortlich für meine / für unsere Taten als solche und ebenso für ein Unterlassen der Taten.

Natürlich brauchen wir eine „Technikoffenheit“, aber sie steht eben in einem engen Zusammenhang mit Freiheit und Verantwortung. Technikoffenheit ist von daher abhängig von Wissen und Wollen, kann also nicht nur der Vollzug des Möglichen sein.

Zu der mit der Entwicklung der Technik gewachsenen Macht gehört unbedingt, dass wir sie nur ausüben, wenn zugleich die Voraussicht über die Folgen zunimmt und abgewogen wird. Das ist der Kern der Technikfolgenabschätzung. Zumal die Welt von morgen der Welt von heute und gestern immer weniger ähnlich sein wird.

Idealerweise müsste das Wissen über die Zukunft der Folgekette heutiger Entscheidungen entsprechen. Denn schon durch das schiere Wachstum kann Gutes in Schlimmes umschlagen, das die Menschheit bis weithin in die Zukunft betrifft. Denn technische Innovationen können doppelbödig sein, vor allem seitdem die Herrschaft der Menschen über die Natur eine Perfektion erreicht hat, die unsere Fähigkeit der Wahrnehmung und Verarbeitung des Wissens oft übersteigt, manchmal auch überfordert.

Eines der unzähligen Produkte der Evolution, der Mensch, ist zum Subjekt der Evolution geworden. Dadurch ist ihm eine gewaltige Verantwortung für die Existenz und Gestaltung dieser Erde zugewachsen. Sie hat heute, in der geologischen Epoche des Anthropozäns, eine neue Qualität angenommen. Mehr denn je ist das Prinzip der Nachhaltigkeit notwendig.

- Der „*Konflikt der zwei Modernen*“ (Ulrich Beck): Die energetische Nutzung der Atomkernspaltung macht in besonderer Weise den Unterschied zwischen „erster“ und „zweiter“ Moderne deutlich. Die erste Moderne begann im 18. Jahrhundert, in ihr bildeten sich der Nationalstaat, die bürgerliche Gesellschaft und die Industrialisierung heraus. Die zweite Moderne ist durch die Verselbständigung gesellschaftlicher Subsysteme gekennzeichnet. Wichtige Unterschiede sind die Unrevidierbarkeit der „Globalität“, die Individualisierung der Gesellschaft und die weltweiten Nebenfolgen der Massenproduktion.

Während die erste Moderne in ihren Folgen überschaubar, eingrenzbar, kompensierbar und damit versicherbar bleiben, die Risiken also weit überwiegend beherrschbar, entstehen in der zweiten Moderne verstärkt Gefahren, die nicht versicherbar sind. Bei größeren Risiken muss die Ursache-Wirkungskette unterbrochen werden können. Ein großer Atomunfall, ein Super-GAU ist dagegen nicht versicherbar, auch eine globale Klimakrise kann als Ganze nicht versichert werden.

Während die erste Moderne von dem Grundgedanken der Linearität geprägt wurde, also von dem unbedingten Glauben an eine Vorwärtsbewegung der Gesellschaft durch das Wachstum von Wirtschaft und Technik, steht im Zentrum der zweiten Moderne die Reflexion möglicher Folgen. Von daher spricht Beck von einfacher und reflexiver Moderne. Der wichtigste Unterschied liegt in der Differenz zwischen kontrollierbaren Folgen – das sind Risiken, die untrennbar mit der Industriegesellschaft verbunden sind, aber durch politische, rechtliche und gesellschaftlichen Rahmensetzungen beherrschbar bleiben. Und neuen, schwer kontrollierbaren, oftmals globalen Folgen – das sind Gefahren, die nicht versicherbar sind. Das bedeutet: Die Kontinuität kann zur Zäsur werden.

- Krise der traditionellen *Fortschrittsidee*: Wie vielen Zentralbegriffen der Neuzeit kommt auch der Idee des Fortschritts ursprünglich eine religiöse Bedeutung zu. Der Fortschritts- und Kulturoptimismus wurde zur großen Erzählung der europäischen Moderne, die zum Weltmodels aufgestiegen ist. Grundlage ist eine grundsätzlich positive Haltung gegenüber dem Wachstum von Wirtschaft und Technik, angetrieben vom massenhaften Einsatz von Energie und Ressourcen. Das war eng verbunden mit einer „Naturvergessenheit“, die auch in den Theorien der Vordenker der europäischen Moderne verankert ist. Nicht zuletzt, weil vor 200 und mehr Jahren die heutigen ökologischen Probleme nicht vorstellbar waren.

Heute ist nicht nur das Erdsystem, das menschliches Leben ermöglicht hat, gefährdet, als Beispiel steht dafür das Überschreiten der planetarischen Grenzen. Auch zu beachten ist die prinzipielle Überlastung der Erde. Heute wird der „Welterschöpfungstag“ bereits Ende Juli erreicht. Dann ist die nachwachsende Biomasse des Jahres erschöpft. Der Naturverbrauch kommt immer stärker von der Substanz.

Aus diesen Herausforderungen ergeben sich Grundanforderungen für eine reflexive Moderne. Genannt seien hier, auch zur Umsetzung der Leitidee der Nachhaltigkeit:

- Mehr Zeit zur Reflexion ist der Kern der Leitidee der Nachhaltigkeit;
- Ganzheitlicher Fortschrittsindikator;
- Technikgestaltung und Technikfolgenabschätzung;
- Mehr Beteiligung und Demokratie;
- Reversibilität von Entscheidungen;
- Kreislaufwirtschaft.

Beispielgebend hat die Enquete-Kommission der Deutschen Bundestags „Schutz der Erdatmosphäre“ in der Frage Atomenergie und Klima eine reflexive Entscheidungsbildung deutlich gemacht. Obwohl die Kommission mehrheitlich von Befürwortern der Nuklearenergie besetzt war, kam sie nach einem intensiven Diskussionsprozess insbesondere der Weltenergieszenarien, vor allem der FUSER-Studie, zu dem einstimmigen Fazit:

„Die Abschätzung zeigt, dass Lösungswege keinen Erfolg versprechen, die nur auf eine Verschiebung zwischen den Energieträgern abzielen, statt einer weit gehenden Substitution von Energie durch Investitionen und technisches Wissen den Vorrang zu geben.“

Klimaschutz erfordert Strukturen, die Innovationen, Effizienzrevolution (Steigerung muss höher liegen als das wirtschaftliche Wachstum) und Energieeinsparung möglich

machen. Die Effizienz in der nuklearen Stromerzeugung liegt bei rd. 31 Prozent und ist begrenzt. Angesichts der systemischen Bedingungen ist die Atomenergie eine Bremse für die Energiewende.

Zu einer ähnlichen Einschätzung kommt auch der Bericht „Unsere Gemeinsame Zukunft“ der Brundtland-Kommission: „Die Kommission meint, dass kein anderer realistische Weg für die Welt des 21. Jahrhunderts offensteht. Die Ideen hinter den niedrigen Szenarien sind ganz einfach: Energieeinsparungen sind zentral und haben sich als kostengünstig erwiesen“. Insofern kommt es auf Technologien und System an, die dieses Ziel am besten ermöglichen.

Natürlich muss es eine Technikoffenheit geben, aber nur in einem engen Zusammenhang mit einer vorsorgenden Reflexion der Folgen. Die nukleare Energieerzeugung hat seit den 1970er Jahren eine intensive Debatte über die Risiken und Gefahren ausgelöst und über längere Zeit zu einer Spaltung der Gesellschaft geführt. Seit es zu dem Beinahe-GAU im amerikanischen Harrisburg und dem Super-GAU in der Atomzentrale von Tschernobyl in der Ukraine kam, ist eine Mehrheit der deutschen Bevölkerung nach den Meinungsumfragen für einen Ausstieg aus der Atomkraft. Die Alternativen durch neue Atomkraftwerke basieren auf Konzepten, die im Prinzip seit den 1950er Jahren bekannt sind. Die Grundprobleme sind geblieben.

Der Wochenbericht 10/2023 des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) kommt zu dem Ergebnis:

„Der Ausbau von Kernkraftwerken entbehrt technischer und ökonomischer Grundlagen. ... Bestehende und geplante Kraftwerksprojekte sind unwirtschaftlich, auch ein technischer Durchbruch ist nicht zu erwarten. (Notwendig sei ein) Umdenken in den Energiesystemanalysen zugunsten erneuerbarer Energien weg von der Atomenergie. Forderungen in Deutschland nach Forschungsförderung für den Neubau von Kernkraftwerken sind ein Irrweg.“

**„Aktuell diskutierte Kernkraft-Projekte sind nicht zukunftsfähig.“** Weil:

- Der Bau von Kernkraftwerken mit hohen Kosten, großen Verzögerungen bei Planung und Bau verbunden sind. Weltweit gibt es eine geringe Zahl von Neubauten;
- SMR-Kernkraftwerke mit geringer Leistung sind unausgereift, haben Größennachteile und eine geringe Nachfrage;
- Schnelle Brüter waren bisher erfolglos, keine Kostenvorteile absehbar, Proliferationsrisiken.

Zur Lösung der Klimakrise kann die Atomenergie nicht beitragen. Sie ist zu langsam im Ausbau, zu teuer und insgesamt zu risikoreich. Die Strukturen und Systembedingungen

der Kernenergie behindern strukturell den Ausbau Erneuerbarer Energien, die gegenüber der Nuklearenergie schneller verfügbar sind, ebenso kostengünstiger und risikoarm.

### **Fusion – die Energiebilanz bleibt negativ**

Im Dezember 2022 meldete dpa einen angeblich „historischen Durchbruch auf dem Feld der Kernfusion“, der keiner war. Bei einem Versuch am Lawrence Livermore National Laboratory in Kalifornien sei „beim Verschmelzen von Atomkernen mehr Energie gewonnen worden als verbraucht“. Das sei ein „Meilenstein auf dem Weg zur Erschließung einer neuen Energiequelle.“

Das amerikanische Forscherteam hatte rd. 500 Megajoule Energie als Strom verbraucht, um mit 192 Hochleistungslasern Röntgenstrahlung mit einem Energiegehalt von 1,8 Megajoule zu erzeugen. Sie fokussierten die Strahlung auf eine Probe der Wasserstoffisotope Deuterium und Tritium. Ein Teil der Wasserstoffkerne verschmolz zu Helium und setzte in Form von Neutronenstrahlung 2,5 Megajoule Energie frei. In der vermeintlich positiven Bilanz wurden aber nur die Energie der Röntgenstrahlung berücksichtigt, nicht jedoch die zu deren Erzeugung aufgewandte Energie.

So konnte eine positive Bilanz behauptet werden, tatsächlich lag die Ausbeutung nur bei etwa 0,5 Prozent der aufgewandten Energie. Im Übrigen machen 2,5 Megajoule Energie lediglich knapp 600 Kilokalorien aus.

Vor dem gleichen Problem steht die Entwicklung von Fusionsreaktoren, in denen in einem heißen Plasma Wasserstoffkerne zu Helium verschmelzen. Auch dort verbraucht die Plasma-Erzeugung mehr Energie, als durch die Fusion als Neutronenstrahlung entsteht. Auch bei einer positiven Energiebilanz bliebe immer noch die Aufgabe, aus der Neutronenstrahlung Strom zu gewinnen. Ein technischer Durchbruch ist nicht zu erwarten.

### **Endlagersuche**

Bei der Verpflichtung, ein nationales Endlager für hochradioaktiven Abfall zu finden, liegt die Gesellschaft für Endlagerung (BGE) deutlich hinter dem gesetzten Zeitplan zurück, der von der Endlager-Kommission von Bundestag und Bundesrat im Standortauswahlgesetz – wie auch von der Bundesregierung – bis 2031 vorgegeben wurde. Jetzt wird es frühestens 2046, möglicherweise sogar erst in den 2060er Jahren kommen.

Die BGE verzichtet im ersten Zwischenbericht weitgehend darauf, Gebiete in Ton- und Kristallin-Gestein zu untersuchen, obwohl die Empfehlung der genannten Kommission



war, alle drei für eine Lagerung infrage kommende n Formationen zu untersuchen. Aber die BGE konzentriert sich allein auf Salz. Statt wie erwartet ein Prozent, stuft sie 53 Prozent der deutschen Fläche geologisch als geeignet ein. Dadurch verzögert sich der gesamte Prozess, den im nächsten Auswahlschritt müssen die Flächen nicht nur nach geologischen Kriterien beurteilt werden, sondern auch „repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen“ erstellt werden.

Die danach vorgesehen Erkundung von Standorten zunächst durch Bohrungen und später durch den Bau von Erkundungsbergwerken kann deswegen frühestens in den 2030er Jahren beginnen.

Michael Müller

Düsseldorf, den 12. März 2023