

Generation IV International Forum for Advanced Nuclear Technology (GIF) Come Back der Kernenergie: Multilateral unter amerikanischer Führung?

Inhalt:

1. Vorbemerkung
 2. Organisation des Generation IV International Forum
 3. Politische Gegebenheiten
 4. Projektplanung mit einer Road Map
 5. Reaktor-Baulinien
 6. Behandlung verbrauchter Brennstoffe
 7. Gesichtspunkte der Ressourcenschonung
 8. Schlußbemerkung: Rückenwind durch G8 und Asia-Pacific Partnership?
- Anhang: Abkürzungen

1. Vorbemerkung

Kernkraftwerke mit erhöhter Sicherheit und Wirtschaftlichkeit sind nach wie vor auf der zukunftsgerichteten internationalen Agenda.¹ Der G8-Gipfel am 8.7.2005 in Gleneagles nennt diese Option für interessierte Länder ausdrücklich in seinem „Aktionsplan Klima, Energie und Entwicklung“.² Die am 28.7.2005 zwischen Australien, China, Indien, Japan, Südkorea und den USA vereinbarte Asia-Pacific Partnership on Clean Development, Energy Security, and Climate Change rechnet ebenfalls die Kernenergie unter die klimafreundlichen Technologien.³

2. Organisation des Generation IV International Forum

Bei der arbeitsteiligen Entwicklung von fortgeschrittenen kerntechnischen Systemen mit erhöhter Wirtschaftlichkeit und verstärkter Sicherheit kommt der von Washington im Mai 2001 in Gang gesetzten Unternehmung "Generation IV International Forum for Advanced Nuclear Technology (GIF)" in der Tat eine international wirksame Schrittmacherfunktion zu.⁴ Dort gibt es neben den USA zehn weitere Teilnehmer:

- Argentinien,
- Brasilien
- EU (Euratom),
- Frankreich,
- Großbritannien,

¹ Vgl. *Göldner, Ralf*, Technische Perspektiven der Kernenergie, in: *ETG Energietechnische Gesellschaft im VDE* (Hrsg.), *Energietechnik für die Zukunft, Internationaler ETG-Kongreß 2003*, VDE-Verlag Berlin 2003

² Vgl. *Prime Minister's Office* (Hrsg.), *Gleneagles Plan of Action. Climate Change, Clean Energy and Sustainable Development*, London 8.7.2005, in: www.number-10.gov.uk/output/Page7882.asp

³ Vgl. *U.S. Department of State* (Hrsg.), *Vision Statement of Australia, China, India, Japan, the Republic of Korea, and the U.S. for a New Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate*, in: www.state.gov/g/oes/rls/fs/50335.htm

⁴ Vgl. *U.S. Department of Energy Office of Nuclear Energy, Science and Technology* (Hrsg.), *The Generation IV International Forum – A Unique Collaboration*, in: www.ne.doe.gov/gif/gif1.html; *INEEL Idaho National Engineering and Environmental Laboratory* (Hrsg.), *Generation IV Nuclear Energy Systems Initiative*, in: www.inel.gov/initiatives/generation.shtml

- Japan,
- Kanada,
- Schweiz,
- Südafrika,
- Südkorea.

Die Kernenergie-Agentur der OECD (Nuclear Energy Agency – NEA) und die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) haben Beobachterstatus.

Im Forum führt die Policy Group alle Planungen zusammen. Jedes teilnehmende Land hat zwei Sitze, einer davon ist für den jeweiligen staatlichen Delegierten reserviert. In der darunterliegenden Ebene Steering Committee sind diejenigen Länder vertreten, die aktive Beiträge leisten. Mitglieder, die nur zuhören und selbst keine Aufgaben übernehmen wollen, sind im Grunde unerwünscht.

Augenblicklich liegt der Vorsitz der Policy Group bei den Amerikanern. Das zugehörige Policy Secretariat arbeitet unter dem Dach des Office of Nuclear Energy, Science & Technology des U.S. Department of Energy (DOE). Das technische Sekretariat wird von der NEA geführt

3. Politische Gegebenheiten

Die Festlegungen des GIF werden im Konsens erreicht, wobei allerdings die Berücksichtigung der amerikanischen Interessen eine entscheidende Rolle spielt.⁵ Die USA überlegen, die Betriebserlaubnis ihrer derzeit laufenden Kernkraftwerke auf 60-65 Jahre zu strecken, so daß für sie von daher kein unmittelbarer Handlungsdruck besteht. Sie wollen aber mit Nachdruck die nukleare Wasserstoffproduktion fördern, und das auch im Blick auf ein globales Versorgungssystem. Das könnte weltweit Neuinstallationen in Höhe der heutigen Kernkraftwerkskapazitäten erfordern. Hinzu kommt für Washington die Überlegung, daß wirtschaftlich aufstrebende Entwicklungsländer in ihren Neubauplänen für die normale Stromerzeugung nur Technologie modernsten Zuschnitts – im Blick auf Sicherheit und Proliferationsresistenz – verwenden sollten. Bei Generation IV, wie überhaupt in der Politik des Technologietransfers bei innovativen Energien, gilt der Leitgedanke, ebenso großangelegte wie zielgerichtete Projekte mit weltweiter Ausstrahlung zu initiieren. Das steht bewußt im Kontrast zu der Vergabe von Forschungsmitteln nach dem Gießkannenprinzip.

Frankreich spielt ebenfalls eine führende Rolle und will den Typ Very High Temperature Reactor (VHTR) mit Möglichkeiten der Wasserstoffherzeugung entwickeln. Dafür werden europäische Partner gesucht. Deutschland hatte auf diesem Gebiet schon beachtliche Vorarbeiten geleistet, bevor die Versuchsanlagen in Jülich und Hamm-Uentrop abgebaut werden mußten. Das Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) übernimmt im GIF die Sekretariatsaufgaben für die Entwicklung der Projektstruktur und -organisation. Amerikaner und Franzosen setzen bei Research – Technology Development – Demonstration (RTD) auf multilaterale Arbeitsteilung. Diese würde in der letzten Phase, nämlich mit dem Bau von Anlagen zur Anwendungsdemonstration, aus Kostengründen ohnehin unumgänglich.

Japaner und Koreaner zeigen sich hier noch etwas zögerlich. Sie suchen eher Ergänzungen zu den Arbeiten ihrer nationalen Kapazitäten für Forschung und Entwicklung.

⁵ Vgl. Kröger, Wolfgang, Kerntechnische Systeme der Vierten Generation, Vortrag vor dem Kerntechnischen Ausschuß der VDI-Gesellschaft Energietechnik, Düsseldorf 7.5.2004 (der Autor, deutscher Staatsbürger und Professor an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich; ist einer der beiden Schweizer Delegierten im GIF)

Gegen die nunmehr gegebene Beteiligung von Euratom bestanden ursprünglich Vorbehalte im Blick auf die "Fußkranken". Das zielte insbesondere auf die Deutschen wegen ihrer beargwöhnten Bremsfunktion via Brüssel und zunehmend auch wegen ihrer abnehmenden technologischen Kompetenz. Die gemeinsame Forschungsstelle Petten soll jetzt in einem Zeithorizont von 10-15 Jahren eine Anlage zur Transmutation entwickeln, die Aktiniden (in der Natur nicht vorkommende langlebig radioaktive Transurane) unschädlich macht, um Strahlungs- und Proliferationsrisiken zu beseitigen.

Die Schweizer gelten als verlässliche Partner und auf Spezialgebieten wissenschaftlicher und industrieller Forschung als durchaus ernstzunehmend. Rußland zeigte sich schon interessiert, allerdings sind die USA vorsichtig, weil sie befürchten, es könnte ein Transfer sensibler Technologie in falsche Hände stattfinden. Auf der anderen Seite verhandeln die Amerikaner mit den Chinesen über Modalitäten einer Beteiligung am GIF.

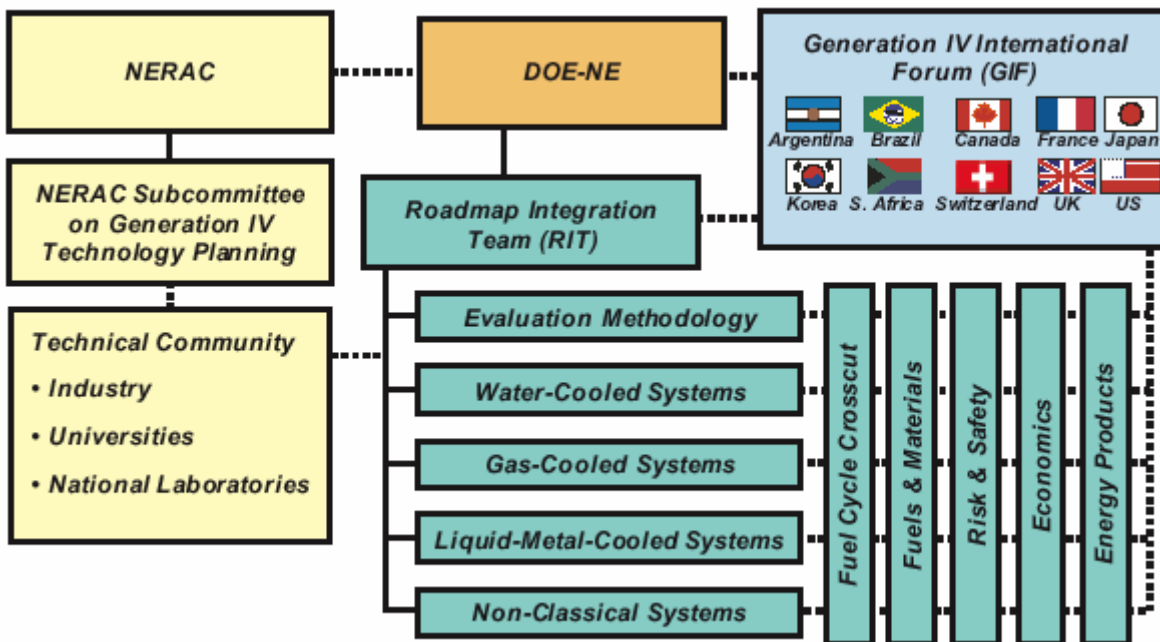
4. Projektplanung mit einer Road Map

Es gibt für die Aktivitäten des GIF drei Leitvorstellungen:

- Als vorrangige Prämisse gilt, daß ohne Energieangebot auf Kernspaltungsbasis das Klimaproblem keine Lösung finden wird.
 - Mit Hilfe von Kernenergie erzeugter Wasserstoff ist eine Hauptoption für die CO₂-Minderung im Verkehrssektor.
 - Die wissenschaftlich-technische Kompetenz der bestehenden Nuklearforschungseinrichtungen muß als strategische Reserve aufrechterhalten bleiben
- Eine gemeinsam erarbeitete Road Map dient der langfristigen Ausrichtung der zu leistenden umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsaufgaben.⁶ Diese Initiative wird getragen vom GIF und vom DOE. Bei letzterem sind das Nuclear Energy Research Advisory Committee (NERAC) und die Nuclear Energy Division (NE) zuständig. Das folgende Schaubild zeigt die organisatorischen Zusammenhänge.

⁶ Vgl. *U.S. DOE Department of Energy* (Hrsg.), *A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems*, Washington DC 2002, S. 19, in: <http://nuclear.gov/nerac/FinalRoadmapforNERACReview.pdf>

Roadmap Working Structure



Quelle: DOE Technology Roadmap for Generation IV

5. Reaktor-Baulinien

Das GIF hat aus einer Fülle von Varianten für Reaktoren, die sämtlich im Prinzip technisch realisierbar wären, sechs Technologielinien zur Untersuchung herausgegriffen. Insbesondere wurden folgende Auswahlkriterien unter der Überschrift "top-ranked sustainability" herangezogen:

- Die Kapitalkosten sind im Vergleich zu heutigen Systemen deutlich zu reduzieren.
- Es muß eine verstärkte Sicherheit in dem Sinn gewährleistet sein, daß beim schwersten denkbaren Störfall keine Folgen außerhalb des Betriebsgeländes auftreten.
- Die Weiterbehandlung verbrauchten Brennstoffs erfolgt möglichst weit On-site, so daß das Transportvolumen für gefährlicher Stoffe weitgehend reduziert wird.
- Das Risiko einer heimlichen Nutzung zu militärischen Zwecken ist zu minimieren.

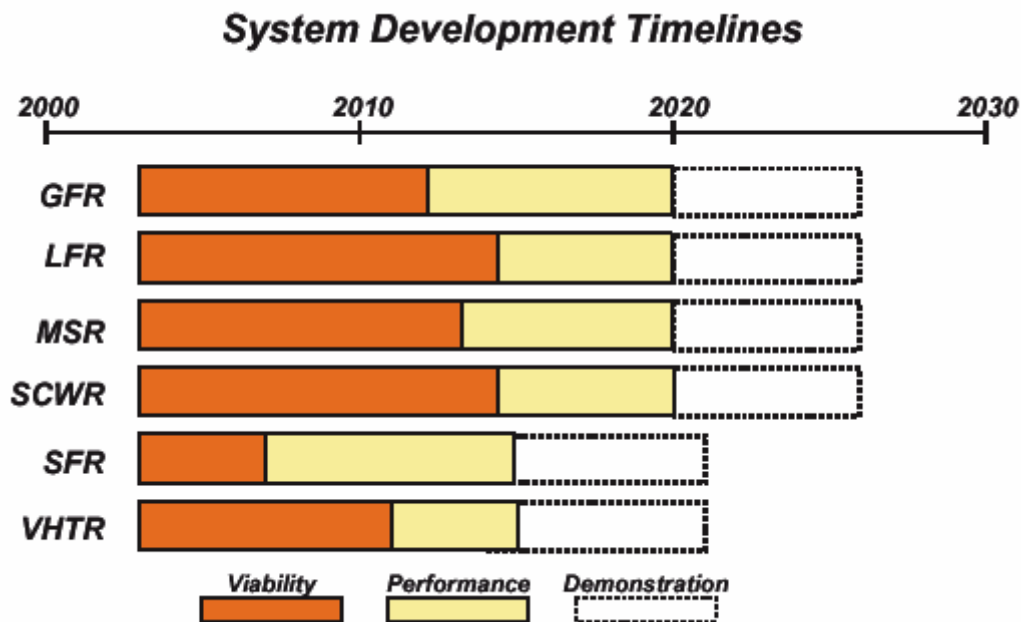
Für die Beschreibung der in der Roadmap betrachteten Technologielinien werden vom Verfasser die englischen Bezeichnungen verwendet, da sie international üblich sind und deutsche Übersetzungen zum Teil fehlen. Es handelt sich um folgende Typen:

- GFR – Gas Cooled Fast Reactor System, mit Helium als Kühlmittel und ohne Moderator;
- LFR – Lead-Cooled Fast Reactor System, mit Kühlung durch eine Blei-Wismut-Flüssigmetalllegierung und ohne Moderator, ein System einsetzbar als "Battery" von 10-30 Jahren Lebensdauer ohne zwischenzeitliche Ent- und Beladung;
- MSR – Molten Salt Reactor System, mit einer geschmolzenen Mischung aus Fluorsalzen von Natrium, Zirkonium und Uran, die gleichzeitig als Brennstoff wie Kühlmittel dient, mit Graphit als Moderator;
- SFR – Sodium Cooled Fast Reactor System, mit Uran und Plutonium als Brennstoff, Flüssignatrium als Kühlmittel und ohne Moderator, als Weiterführung von bisheriger Forschung und Entwicklung in den USA, in Japan, Frankreich, Deutschland, Großbritannien und Rußland;
- SCWR – Supercritical-Water-Cooled Reactor System, mit leichtem Wasser in "überkritischem" Zustand (hohe Temperatur unter hohem Druck) als Kühlmittel und

zugleich als Turbinenantrieb ohne Dampfentwicklung, mit Wasser als Moderator für eine Variante mit thermischen Neutronen oder ohne Moderator für eine Variante mit schnellen Neutronen;

- VHTR – Very-High-Temperature Reactor System, mit Helium als Kühlmittel und Graphit als Moderator sowie mit "inhärenter" Sicherheit ("natürliche" Notkühlung im Störfall, s.o.), insbesondere auch für Anwendungen außerhalb der Stromerzeugung in industriellen Prozessen auf hohem Temperaturniveau geeignet, nicht zuletzt gestützt auf deutsche Vorläufe in Forschung und Entwicklung.

Die vom GIF erarbeitete Roadmap enthält folgende Zeithorizonte:



Quelle: DOE Technology Roadmap for Generation IV

6. Behandlung verbrauchter Brennstoffe

Spaltbar in einer exergischen Kettenreaktion ist das Uranisotop 235. Die technische Anwendung dieses physikalischen Effekts ist realisierbar nach Anreicherung des U 235 im Brennstoff auf 3% (Rest ist U 238 mit 97%). Als Folgeprodukte der Reaktion treten auf

- unverbrauchte Brennstoffe,
- Spaltprodukte, d.h. radioaktive Isotope von chemischen Elementen auf mittleren Plätzen des Periodischen Systems,
- Aktiniden, d.h. in der Natur nicht vorkommende schwere chemische Elemente mit Ordnungszahlen jenseits der Obergrenze 92 im traditionellen Periodischen System (Transurane, insbesondere das wiederum spaltbare Plutonium 239).

Für die Behandlung verbrauchten Brennstoffs bieten sich vier Verfahren an:

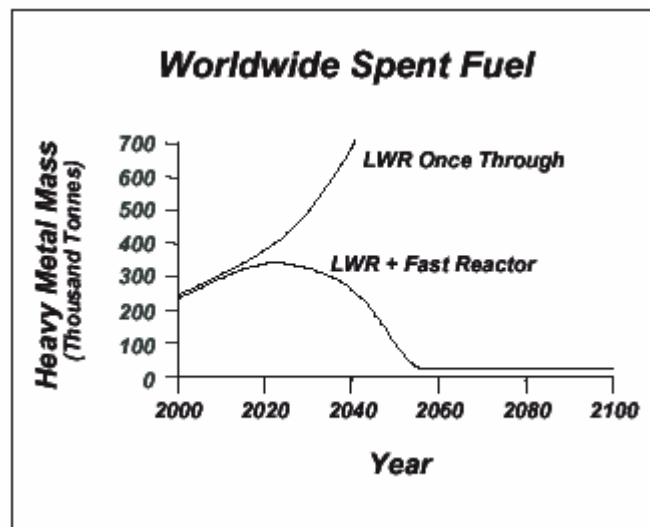
- "Once-Through-Cycle" mit direkter Endlagerung,
- Chemische Abtrennung von Plutonium mit partieller Rückführung in den kommerziellen Brennstoffkreislauf und Endlagerung des Rests;
- Abtrennung von Plutonium mit vollständiger weiterer Umsetzung im Brennstoffkreislauf,
- Rückführung sämtlicher Aktiniden in den Brennstoffkreislauf und schließliche Endlagerung von – gegenüber Once-Through – vergleichsweise geringen Mengen strahlenden Abfalls.

Ursprünglich wurde die erste Variante favorisiert, weil hierbei nicht das waffentaugliche Plutonium abgetrennt und dadurch in relativ einfacher Weise für Unbefugte zugänglich wird. Indessen würden damit die bekannten Uranvorräte in etwa 50 Jahren erschöpft. Weiterhin werden die Standorte von geeigneten geologischen Formationen für die Endlagerung knapp. Als das geeignetste Verfahren sieht das GIF vorerst die vierte Variante an, bei der das Plutonium mit den hochradioaktiven Aktiniden vermischt bleibt und deshalb nur unter Inkaufnahme akuter Lebensgefahr für Unbefugte zugänglich wäre. Eine – allerdings aufwendige – weitere Möglichkeit wäre die Bestrahlung radioaktiver spaltbarer Transurane mit Teilchen aus einer externen Strahlungsquelle, mit dem Ziel der Umwandlung in unschädliche Stoffe (Transmutation).

7. Gesichtspunkte der Ressourcenschonung

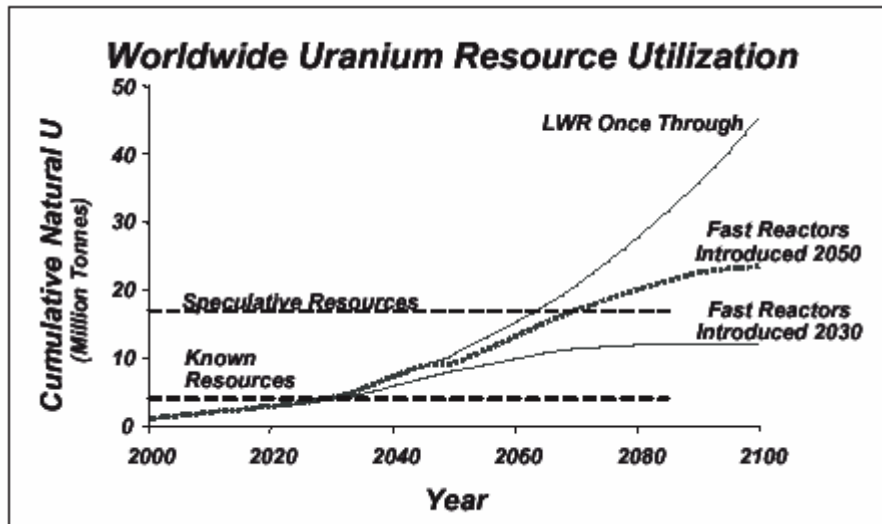
Alle Überlegungen im Rahmen von GIF zum Brennstoffkreislauf richten sich auf eine möglichst vollständige Ausnutzung der natürlichen Uranressourcen sowie einen sparsamen Umgang mit der Ausweisung von Lagerstätten für verbrauchten Brennstoff. Ein eminent politischer Gesichtspunkt ist die gleichzeitige Minimierung der Gefahr illegaler Abzweigung von waffentauglichem Material.

Einen Eindruck über den Anfall von verbrauchtem Brennstoff vermittelt die folgende Graphik:



Quelle: DOE Technology Roadmap for Generation IV

Die Reichweite der Uranvorräte beim Einsatz unterschiedlicher Reaktortypen ist in der folgenden Graphik wiedergegeben:



Quelle: DOE Technology Roadmap for Generation IV

8. Schlußbemerkung: Rückenwind durch G8 und Asia-Pacific Partnership?

Sicherlich ist das Konzept von Generation IV noch Zukunftsmusik. Aber wo diese Musik spielen wird, wenn die eine oder andere technologische Entwicklungslinie zum Zuge kommt, läßt sich aus den Konturen des GIF schon vermuten. Die Amerikaner nehmen die Sache in die Hand und machen einen weitausgreifenden Ansatz mit Kernkraft und Wasserstoff. Letzterer kann klimafreundlich sowohl nuklear als auch in emissionsfreien Kohlekraftwerken (Projekt FutureGen) erzeugt werden.

Die Konstruktion des GIF entspricht der amerikanischen Politik, mit den Gutwilligen in kleineren Kreisen zusammenzuarbeiten. So geschieht das auch in multilateralen Foren für Wasserstoff, für die CO₂-Sequestrierung (mit einer angedachten Ausweitung auf hocheffiziente fossile Kraftwerke) und für die Fernhaltung von Methan aus der Atmosphäre. Anders als in großen internationalen Organisationen ist es leichter möglich, Länder loszuwerden, die in den Augen Washingtons Nichtstuer oder gar Quertreiber sind.

Paris hat kürzlich den Bau eines European Pressurized Water Reactor (EPR) der Generation III beschlossen (für den vor einigen Jahren eine Kooperation mit Rußland angedacht war). Bemerkenswert ist hier die Aussage im Livre Blanc sur l'Énergie von 2003 für den Fall, daß man im Lande mit der Bewältigung der zu leistenden Arbeit nicht zeitgerecht weiterkommt. Dann stehe der "recours" auf ausländische Technologie – "sans doute américaine – "an. Das dürfte umso mehr auf die technologisch noch anspruchsvollere Generation IV zutreffen, wo die Franzosen anscheinend die Rolle des Juniorpartners übernehmen wollen, um Japaner und Südkoreaner mitzuziehen.

Für den G8-Gipfel 2006 in Sankt Petersburg will die russische Präsidentschaft Energiefragen einschließlich Kernenergie zu einem Hauptthema machen. Präsident Putin kündigte unmittelbar nach Gleneagles effektive Maßnahmen gegen unerlaubten Zugriff auf Nuklearmaterial an⁷. Auf der anderen Seite sind China und Indien an der Asia-Pacific

⁷ Vgl. Russian Courier Russo-British information portal, Putin briefs journalists after G8 summit in: www.russiancourier.com/eng/news/9/7/2005/2178/

Partnership beteiligt. Das könnte in der Tat für diese drei Länder ein Türöffner zu einer Mitgliedschaft im GIF werden. Damit würde Generation IV beachtliches Projektvolumen erhalten. Daran könnten bislang abstinente Europäer kaum weiter einfach vorbeisehen, wenn es um die Allokation von Mitteln zur Förderung des technischen Fortschritts bei klimafreundlichen Energieträgern geht.

Anhang: Abkürzungen

CEA Commissariat à l'Énergie Atomique

DOE U.S. Department of Energy

EPR European Pressurized Water Reactor

GFR Gas Cooled Fast Reactor System

GIF Generation IV International Forum for Advanced Nuclear Technology

IAEO Internationale Atomenergie-Organisation

LFR Lead-Cooled Fast Reactor System

MSR Molten Salt Reactor System

NE Nuclear Energy Division U.S. Department of Energy

NEA Nuclear Energy Agency

NERAC Nuclear Energy Research Advisory Committee

OECD Organization for Economic Co-operation and Development

SCWR Supercritical-Water-Cooled Reactor

SFR Sodium Cooled Fast Reactor System

VHTR Very-High-Temperature Reactor