

Fachliche Stellungnahme

zum delegierten Rechtsakt zur
Klassifizierung der Atomenergie nach
der Verordnung (EU) 2020/852 (EU-
Taxonomie)

4. März 2022

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
2 Umweltziele und Einordnung als Brückentechnologie	2
2.1 Umweltziele: Wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel	2
2.2 Übergangstechnologie	3
2.3 Nachhaltigkeitsperspektive	5
2.4 Zusammenfassung zur Bewertung der Erwägungsgründe des DA	5
3 Nukleare Sicherheit	6
3.1 Neubau von Atomkraftwerken.....	6
3.1.1 Accident tolerant fuels (ATF).....	6
3.1.2 Best-available technology (BAT).....	7
3.2 Bestehende Reaktoren, Betriebsverlängerungen	8
3.3 Sogenannte Advanced Technologies.....	8
3.4 Haftung.....	9
3.5 Zusammenfassung.....	9
4 Nukleare Entsorgung	10
4.1 Zwischenlagerung.....	10
4.2 Endlagerung.....	11
4.3 Finanzierung und Kosten der nuklearen Entsorgung	12
4.4 Zusammenfassung.....	13
5 Nicht klassifizierte Tätigkeiten und Aspekte	13
5.1 Uranbergbau.....	13
5.2 Transporte	14
5.3 Proliferation.....	14
6 Kontrolle der Einhaltung der technischen Bewertungskriterien.....	15
7. Fazit	15
Abkürzungen	18
Literatur/ Quellen.....	19

1 Einleitung

Die Europäische Kommission hat am 2. Februar 2022 den delegierten Rechtsakt (Delegated Act, kurz DA) zur Klassifizierung der Atomenergie nach der Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 (kurz: Taxonomie-Verordnung) vorgelegt. Mit Blick auf die Nutzung von Atomenergie identifiziert der delegierte Rechtsakt drei Wirtschaftstätigkeiten, die ökologisch nachhaltig im Sinne der Taxonomie-Verordnung sein sollen und stellt technische Bewertungskriterien für diese Tätigkeiten auf: Forschung und Entwicklung (F&E) sowie Einsatz von sog. „advanced technologies“, Bau und Betrieb von Atomkraftwerken sowie Anpassung bestehender Anlagen zwecks Laufzeitverlängerung.

Der nun vorgelegte delegierte Rechtsakt ergänzt den zum 1. Januar 2022 in Kraft getretenen delegierten Rechtsakt (EU) 2021/2139 der Kommission vom 4. Juni 2021 bzgl. der Umweltziele der Taxonomie-Verordnung zum Klimaschutz gem. Art. 10 und zur Anpassung an den Klimawandel gem. Art. 11 (ABl. EU L 442/1 vom 9.12.2021).

Ziel der EU-Taxonomie ist es, „Greenwashing“ zu verhindern und – in Bezug auf den Klimaschutz – Investoren dabei zu unterstützen, Wirtschaftstätigkeiten zu identifizieren (Erwägungsgrund (11) Taxonomie-Verordnung), die die Erreichung einer klimaneutralen Union bis 2050 (Erwägungsgrund (3) Taxonomie-Verordnung) ermöglichen. Erneuerbare Energien werden hierbei eine wesentliche Rolle spielen (Erwägungspunkt (6) DA), deren Ausbau nicht behindert werden darf (DA, S.2). Im Sinne der Taxonomie-Verordnung kann eine Wirtschaftstätigkeit auf drei Arten einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten: als CO₂-arme Tätigkeit (Artikel 10 Absatz 1), Übergangstätigkeit (Artikel 10 Absatz 2) oder ermöglichende Tätigkeit (Artikel 16). Gleichzeitig müssen sie jedoch mit dem „Do No Significant Harm“ Kriterium (DNSH) nach Art. 17 der Taxonomie-Verordnung vereinbar sein und den sozialen Mindestschutz gem. Art. 18 gewährleisten. Das DNSH-Kriterium fordert, dass keine Tätigkeit zu einer erheblichen Beeinträchtigung eines der sechs Umweltziele im Sinne von Artikel 17 der Taxonomie-Verordnung führt.

Aufbauend auf seiner Fachstellungnahme vom Juni 2021 zum Bericht des Joint Research Center (JRC) der Europäischen Kommission in dieser Sache (BASE 2021)¹ und auf der fachlichen Bewertung des Entwurfes des DA vom 31. Dezember 2021 (BASE 2022)², hat das BASE eine fachliche Bewertung des DA vorgenommen. Die folgende Analyse konzentriert sich insbesondere auf die Fragestellungen der nuklearen Sicherheit, sowie Ver- und Entsorgung. Der DA berührt darüber hinausgehend auch fachliche Themen, welche nicht primär in den Aufgabenbereich des BASE fallen, beispielsweise die Auswirkungen auf die Umweltziele zu Wasser- und Meeresressourcen, Umweltverschmutzung und Biodiversität und Ökosystemen.

Die nachfolgende Analyse bewertet in einem ersten Schritt die Erwägungsgründe, die die Kommission für eine Aufnahme der Atomenergie in die Taxonomie-Verordnung aufführt (Abschnitt 2). Hierbei ist festzustellen, dass die Kommission sich hier sehr überwiegend vom vermeintlich positiven Beitrag der Atomenergie leiten lässt. Damit verstellt die Kommission den Blick darauf, dass Atomenergie auf Basis

¹ Abrufbar unter: https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/berichte/2021-06-30_base-fachstellungnahme-jrc-bericht.pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=6.

² Abrufbar unter: https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/berichte/base/stellungnahme-base-eu-taxonomie.pdf?__blob=publicationFile&v=4

der eigenen Taxonomie-Definition alleine schon deshalb nicht nachhaltig sein kann, weil sie insbesondere das „Do no significant harm“ (DNSH)-Kriterium nicht erfüllt und auch keine Übergangstechnologie ist. Der zweite Schritt der Analyse, die Bewertung der vorgelegten technischen Kriterien, zeigt, dass mit dem vorliegenden DA die DNSH-Kriterien nicht als erfüllt angesehen werden können. Das betrifft vor allem die Fragen der nuklearen Sicherheit (dazu folgend 3) und der nuklearen Entsorgung (dazu folgend 4). Notwendige Tätigkeiten wie der Uranabbau oder Transporte zur Ver- und Entsorgung von Atomkraftwerken, aber auch die Risiken der Proliferation werden weiterhin ausgeblendet (dazu folgend 5). Ferner bleiben Fragen bei der Kontrolle der Umsetzungskriterien unbeantwortet (dazu 6).

2 Umweltziele und Einordnung als Brückentechnologie

Im folgenden Abschnitt werden die Erwägungsgründe für eine Aufnahme der Atomenergie in die Taxonomie-Verordnung und die grundsätzliche Einordnung als Übergangstechnologie näher betrachtet.

2.1 Umweltziele: Wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel

Erwägungsgrund (6) beschreibt Atomenergie als „low-carbon“ Technologie, betrachtet jedoch ausschließlich die Betriebsphase von Atomkraftwerken. Unberücksichtigt bleiben weitere Schritte in der nuklearen Wertschöpfungskette, wie bspw. der Uranbergbau (siehe Abschnitt 5.1 in dieser Stellungnahme), die Brennstoffherstellung, der eigentliche und langwierige Bau eines Atomkraftwerks oder auch die Prozesse des Rückbaus, der Zwischenlagerung und der Endlagerung (Abschnitt 4.2). Insbesondere im Bereich der Entsorgung bestehen aufgrund geringer bzw. fehlender Erfahrung erhebliche Ungewissheiten. So ist bis heute kein Endlager für hochradioaktive Abfälle in Betrieb und noch kein Atomkraftwerk mit mehr als einem Gigawatt elektrischer Leistung und 40 Jahren Betriebsdauer vollständig rückgebaut. Bei beiden Prozessen handelt es sich jedoch um sich über mehrere Jahrzehnte erstreckende Großprojekte, die Energie konsumieren und daher zum CO₂-Ausstoß beitragen.

Die Bruttostromerzeugung aus Atomkraftwerken in der EU-28 erreichte 2004 ihren Höhepunkt (929 Terawattstunden). Seit dem hat sich die Bruttostromerzeugung um rund 25% reduziert (688 Terawattstunden in 2020) reduziert. Der Anteil der Atomenergie an der Stromerzeugung in der EU liegt in 2020 bei etwa 28%. 85% dieses Stroms wurde allerdings in nur fünf Mitgliedstaaten erzeugt. Allein auf Frankreich entfällt mehr als die Hälfte davon (52,1%), gefolgt von Deutschland (9,8%), Schweden (8,7%), Spanien (7,6%) und Belgien (5,7%).³ In den nächsten fünf Jahren werden Deutschland (im Jahr 2022) und – vorbehaltlich einer noch ausstehenden nationalen Entscheidung zur Gewährleistung der sicheren Energieversorgung – Belgien (im Jahr 2025) aus der Atomenergie aussteigen, gefolgt von Spanien (2035) und gemäß einer Planung durch die Betreiber Schweden (in den 2040er Jahren). Damit würde der Anteil Frankreichs an der Stromerzeugung aus Atomenergie in der EU weiter auf mehr als

³ Eurostat (2020): „Nuclear energy statistics“, abrufbar unter https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Nuclear_energy_statistics#Nuclear_heat_and_gross_electricity_production, zuletzt abgerufen am 01.03.2022.

zwei Drittel ansteigen. Im Gegensatz zu anderen Primärenergieträgern (z. B.: Erdgas, Solar, Wind) wird Atomkraft überwiegend für die Stromproduktion genutzt, aber kaum für andere Nutzungen wie Wärme. Der Anteil der Atomenergie bezogen auf den Primärenergieverbrauch liegt daher bei nur 6,1 %. Der Beitrag, den Atomenergie zur Bekämpfung des Klimawandels heute leistet, ist demnach heute sowie in absehbarer Zukunft sehr eingeschränkt.

Nach Stand aktueller Forschung ist davon auszugehen, dass Atomkraftwerke aus heutiger Sicht kaum zur Anpassung an den Klimawandel beitragen können. Extremwetterereignisse bzw. deren Folgen wie Hitzewellen, Flächenbrände, niedrige Wasserstände in Flüssen und Seen und steigende Meeresspiegel können bereits jetzt den Betrieb von Atomkraftwerken beeinträchtigen und führen zu immer häufigeren Ausfällen bei bestehenden Reaktoren (Ahmad 2021; Van Vliet et al 2016; Tobin et al. 2018). Für den Betrieb von Reaktoren hat die IAEO (2016) das Risiko erkannt und konstatiert, dass künftige Kraftwerksdesigns so ausgelegt werden müssen, dass sie sich auch an Klimaveränderungen, einschließlich Dürren und Überschwemmungen, anpassen können, um ihre Anfälligkeit für solche Ereignisse zu verringern. Da die meisten Reaktoren in den 1970er und 1980er Jahren gebaut wurden, flossen die heutigen Erkenntnisse über den Klimawandel jedoch nicht in die Planung ein (Jordaan et al. 2019). Die Folgen und Herausforderungen des Klimawandels auf den Einsatz von Atomenergie („Klimaresilienz“) wurden sowohl im JRC Bericht als auch im DA nur sehr unspezifisch berücksichtigt. Es ist nicht ersichtlich, wie sich die Anpassung in der Praxis für Atomkraftwerke ausgestalten soll – weder für den Neubau von Reaktoren noch für die Laufzeitverlängerung von bestehenden Anlagen. Auf jeden Fall sollte bei einer Forderung nach einer Anpassung an den Klimawandel stets die Sicherheit der Anlage als Priorität angesehen werden.

Die Folgen des Klimawandels wirken sich jedoch nicht nur auf den Betrieb von Atomkraftwerken aus, sondern auch auf die gelagerten radioaktiven Abfälle. Auch nach der Abschaltung des Reaktors bleiben hohe Risiken durch hochradioaktive Abfälle in Form von abgebrannten Brennelementen bestehen, die über viele Jahrzehnte aufwändig gesichert werden müssen. In vielen Fällen werden sie am Standort in Abklingbecken zwischengelagert und sind somit anfällig für Wetterextreme (Stürme, Fluten) (Jenkins et al. 2020) oder für andere ungeplante Ereignisse.

2.2 Übergangstechnologie

Der DA sieht Atomenergie als eine mögliche Übergangstechnologie an, die unter „strengen Bedingungen“ und für „eine begrenzte Zeit“ den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem ermöglichen kann. Solche Übergangstechnologien sollen außerdem den Ausbau von Erneuerbaren Energien nicht behindern (DA, S.2).

Artikel 10 (2) der Taxonomie-Verordnung definiert Übergangstechnologien als Technologien, für die es keine technologisch und wirtschaftlich durchführbare CO₂-arme Alternative gibt. Dies trifft jedoch für Atomenergie nicht zu. Erneuerbare Energien sind technologisch verfügbar und in Bezug auf die Stromgestehungskosten wesentlich günstiger als der Neubau von Atomkraftwerken. Auch mit Laufzeitverlängerungen ist gegenüber dem Zubau Erneuerbarer Energien kein wirtschaftlicher Vorteil mehr zu erzielen.⁴ Dass die Mehrheit der EU-Staaten bei ihrer Energieversorgung nicht auf

⁴ Insgesamt schätzt die Internationale Energieagentur (IEA 2019) die Stromgestehungskosten für Laufzeitverlängerungen von 10 bis 20 Jahren zwischen 40 und 55 US \$/Megawattstunde ein. Dies entspricht ungefähr den aktuellen Stromgestehungskosten von Erneuerbaren Energien (Lazard 2020).

Atomenergie zurückgreift, zeigt, dass es technologisch und wirtschaftlich durchführbare CO₂-arme Alternativen gibt.

Erwägungspunkt (6) im DA geht daher einen Schritt weiter als Artikel 10 (2) und sieht Atomenergie als Übergangstechnologie „in Ermangelung einer technologisch und wirtschaftlich durchführbaren CO₂-armen Alternative *in ausreichendem Umfang, um den Energiebedarf kontinuierlich und zuverlässig zu decken*“ (eigene Übersetzung). Erneuerbare Energien seien eventuell noch nicht "in ausreichendem Umfang" verfügbar, um diesen Bedarf zu decken. Erklärtes Ziel der Taxonomie ist es jedoch, das benötigte Kapital in die Förderung und den Ausbau von Erneuerbaren Energien und Speichertechnologien zu lenken, damit diese im ausreichenden Umfang bereitgestellt werden können. Indem Gelder in die kostenintensive Atomenergie gelenkt werden, gerät dieses Ziel sogar in Gefahr.

Des Weiteren wird in Erwägungspunkt (6) behauptet, dass eine stabile Grundlast den Ausbau von Erneuerbaren Energien erleichtert. Das ist nicht zutreffend. Im Gegenteil, ein steigender Anteil an Erneuerbaren Energien verschlechtert das Geschäftsmodell der Atomkraftwerke, da deren Benutzungsdauer sinkt (Verbruggen und Yurchenko 2017). Dies gilt umso mehr für Neubauten. Erneuerbare Energien benötigen ergänzend flexible Anlagen, was Atomkraftwerke technisch nicht leisten können. Insofern stellt Atomkraft keine geeignete Übergangstechnologie auf dem Weg zu 100% Erneuerbare Energien dar.

Weiterhin widerspricht die Genehmigung des Neubaus von Atomkraftwerken bis 2045 der Logik von Übergangstechnologien, die den Übergang zu einer klimaneutralen EU bis 2050 ermöglichen sollen. Bis 2045 genehmigte Atomkraftwerke wären noch bis mindestens 2085 bzw. über 2100 hinaus am Netz, wenn man eine Mindestlaufzeit von 40 Jahren sowie mehrere Jahre Bauzeit annimmt – aktuell liegen bereits die Bauzeiten im Bereich von Jahrzehnten anstatt von Jahren.

Dies gilt umso mehr für die sog. „advanced technologies“. Laut Erwägungsgrund (9) sieht die Kommission in den sog. Reaktoren der vierten Generation, u. a. Technologien mit „geschlossenen Brennstoffkreisläufen“ oder Brutreaktoren, Potenzial zum Beitrag des Ziels der Dekarbonisierung und der Minimierung der radioaktiven Abfälle. Zeitgleich räumt die Kommission aber auch ein, dass diese Reaktoren der vierten Generation noch nicht kommerziell verfügbar seien. Daher soll die Forschung, Entwicklung, Demonstration und der Einsatz an diesen Konzepten in den „pre-commercial stages“ gefördert werden. Diese Förderung ist aber zeitlich in keiner Hinsicht begrenzt. Diese Technologien werden demnach faktisch nicht als Übergangstechnologien behandelt, sondern pauschal in die Taxonomie inkludiert. Dies ist aus zwei Gründen in besonderem Maße abzulehnen: Zum einen ist fraglich, ob eine F&E-Tätigkeit mit offenem Ausgang bzgl. ihrer Realisierung überhaupt eine Übergangstätigkeit darstellen kann. Falls eine Realisierung möglich wäre, würde auch hiermit Atomenergie weit jenseits einer Übergangsphase als Technologie gefördert werden, da ein möglicher kommerzieller sowie großskaliger Einsatz von sog. neuartigen Reaktoren zum heutigen Zeitpunkt gar nicht abschätzbar (Pistner et al. 2021, Frieß et al. 2021) ist. Er liegt aber mit hoher Wahrscheinlichkeit jenseits von 2050. Zum anderen werden Technologien in die Taxonomie aufgenommen, deren Risikopotentiale aus heutiger Sicht noch gar nicht bewertbar sind. Die Annahme, solche zukünftigen Technologien (wie sog. Neuartige Reaktoren oder Methoden der Wiederaufarbeitung) würden die DNSH-Kriterien erfüllen, wird im DA nicht begründet und muss aus heutiger fachlicher Sicht stark bezweifelt werden.

Dies, die technologische und wirtschaftliche Verfügbarkeit von Alternativen und der Aspekt der „stabilen“ Grundlast machen deutlich, dass es sich hierbei nicht um eine Übergangstechnologie handelt, die für eine begrenzte Zeit einen Übergang zu einem auf erneuerbaren Energien basierenden

Energiesystem ermöglichen kann. Erhärtet wir dies auch dadurch, dass in Bezug auf den Entwurf des DA, die Erwägungspunkte (6) und (10) um jeweils einen Absatz erweitert wurden. So heißt es in der neuen Fassung, dass einige Mitgliedsstaaten auf Atomenergie und Erneuerbare Energie als feste und langfristige Bestandteile am Energiemix für Klimaneutralität setzen. Dies widerspricht der Bedingung der „begrenzten Zeit“.

2.3 Nachhaltigkeitsperspektive

Obwohl sich die Kommission auf den Nachhaltigkeitsbericht 2030 der Vereinten Nationen bezieht (Erwägungsgrund 2 Taxonomie-Verordnung), legt sie dabei aber nur ein begrenztes Verständnis mit einem Fokus auf Umweltfaktoren an. Insbesondere sozio-ökonomische Faktoren bleiben unbeachtet. Jedoch zeigen die Darlegungen in dieser Stellungnahme, dass faktisch mit der Entscheidung für Atomenergie als Übergangstechnologie längst auch soziale und ökonomische Faktoren, wie etwa Risiken, Finanzierungsfragen, oder die Verteilung von Nutzen und Lasten über mehrere Generationen hinweg berührt werden. Mit der Taxonomie werden Weichen für die Zukunft gestellt, die ein enges Verständnis von Nachhaltigkeit in der Bewertung ausschließen. Entsprechend müssen soziale und ökonomische Auswirkungen der Atomenergie generell und der Endlagerung von (hoch-)radioaktiven Abfällen speziell für heutige und zukünftige Generationen umfassender und konkreter Berücksichtigung finden, als es DA oder JRC-Bericht tun.

In der Agenda 2030 stellen die Berücksichtigung künftiger Generationen (z.B. durch Umsetzung des Verursacherprinzips) und eine partizipative Entscheidungsfindung eigene Nachhaltigkeitsziele dar. Während das Verursacherprinzip im DA im Explanatory Memorandum zumindest erwähnt wird und in den Kriterien indirekt angesprochen ist, findet die partizipative Entscheidungsfindung im DA keinerlei Beachtung. Die Entwicklung und Umsetzung eines geologischen Entsorgungsprogramms dauert Jahrzehnte und ist mit nur schwer kalkulierbaren Kosten verbunden. Diese Tatsache kann im Übrigen auch durch „advanced technologies“ nicht geheilt werden, da aus heutiger Sicht keine zukünftige Technologie absehbar ist, die eine Endlagerung überflüssig machen würde (Frieß et al 2021). Der DA erwähnt in den Erwägungsgründen, dass ungemessene Belastungen zukünftiger Generationen zu vermeiden sind. Die Forderung nach der Implementierung von Fonds für den Rückbau und Endlagerung enthält jedoch keinen Verweis auf das Verursacherprinzip (siehe 4.3.). Insbesondere auch die Entwicklungs- und Implementierungskosten eines geologischen Endlagers sind im Allgemeinen über lange Zeiträume schwer vorhersehbar (BMU 2015). Hinzu kommen die Folgen einer möglichen nicht ausreichenden Deckung der Kosten durch den Fonds. Der DA nimmt nur sehr allgemein Bezug auf bestehende EU Richtlinien. Eigene Kriterien entwickelt der DA nicht. Doch gerade die Aspekte Akzeptabilität des Endlagers in der Bevölkerung sowie die Beteiligung an der Standortsuche erweisen sich als zentral für die Planung und letztlich Genehmigung eines Endlagers, da es, wo die Bevölkerung einen Standort nicht toleriert oder in den Entscheidungsprozess nicht angemessen eingebunden wurde, zu zeitlich erheblichen Verzögerungen oder Revisionen kommen kann. Derartige Faktoren sind im Vorfeld nur schwerlich mit Blick auf zeitliche Vorgaben zu planen.

2.4 Zusammenfassung zur Bewertung der Erwägungsgründe des DA

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Kommission sich fast ausschließlich von Argumenten zum vermeintlich positiven Beitrag der Atomenergie zum Klimaschutz leiten lässt. Jedoch ist es angesichts der Unsicherheiten bei der Berechnung der CO₂-Emissionen, der sinkenden Rolle in der Stromerzeugung und dem bereits heute begrenzten Anteil an der Primärenergie fraglich, ob man von

einem wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz sprechen kann. Der Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel bleibt unklar. Es ist sogar davon auszugehen, dass sich Atomkraftwerke aus heutiger Sicht eher schlecht an die Herausforderungen des Klimawandels anpassen werden.

Der vorliegende DA stuft Atomenergie als Übergangstechnologie ein. Dies ist fraglich, da technologisch und wirtschaftlich durchführbare Alternativen bereits jetzt vorhanden sind bzw. es erklärtes Ziel der Taxonomie-Verordnung ist, diese Alternativen zu fördern, damit sie im ausreichenden Maße zur Verfügung stehen. Der vorliegende DA bezieht sich darauf, dass Mitgliedsstaaten auf Atomenergie als festen Bestandteil ihres Energiemixes setzen. Dies steht im klaren Widerspruch zur Einstufung der Atomenergie als Übergangstechnologie im Sinne der Taxonomie-Verordnung. Dieser Widerspruch gilt umso mehr für die zeitlich unbegrenzte Förderung der sog. neuartigen Reaktoren, deren kommerzieller Einsatz nicht absehbar ist und somit auch nicht zum dem Ziel beitragen eine klimaneutrale EU bis 2050 zu ermöglichen, gleichzeitig aber mit heute noch gar nicht abschließend bewertbaren Risikopotentialen einhergehen würden.

3 Nukleare Sicherheit

In Abschnitt 3 werden die technischen Kriterien im DA für Laufzeitverlängerungen bestehender Anlagen, für den Neubau von Atomkraftwerken sowie für die F&E von sog. advanced technologies in Bezug auf Fragen der nuklearen Sicherheit näher betrachtet.

3.1 Neubau von Atomkraftwerken

Entsprechend DA fallen Atomkraftwerksneubauten, die eine Baugenehmigung bis 2045 erhalten, in die Taxonomie. Dies wird mit verschiedenen technischen Maßgaben verknüpft, die im Folgenden näher bewertet werden.

3.1.1 Accident tolerant fuels (ATF)

Die EU-Richtlinie 2009/71/Euratom, geändert durch 2014/87/Euratom, stellt den Gemeinschaftsrahmen für die nukleare Sicherheit kerntechnischer Anlagen in der EU dar. Seit 2014 sind verbindliche Sicherheitsziele für kerntechnische Anlagen verankert. Gemäß Artikel 8a der Richtlinie müssen die Mitgliedstaaten sicherstellen, dass kerntechnische Anlagen, für die erstmals nach dem 14. August 2014 eine Genehmigung zur Errichtung erteilt wird, mit dem Ziel⁵ ausgelegt sind, Unfälle zu vermeiden und im Fall eines Unfalls dessen Auswirkungen abzumildern. Die Richtlinie erkennt damit an, dass beim Betrieb von Atomkraftwerken immer ein Restrisiko für schwere Unfälle mit Freisetzung von radioaktivem Material bestehen bleibt, mit dem im Rahmen des Notfall- und Katastrophenschutzes umzugehen ist.

Der DA bezieht sich hinsichtlich anzulegender Sicherheitsziele auf die genannte EU-Richtlinie als eine einzuhaltende Grundlage. Der DA geht jedoch mit zusätzlichen Anforderungen über die 2009/71/Euratom hinaus: Für Neubauten sollen von 2025 an Accident Tolerant Fuels (ATF) genutzt werden. Aus sicherheitstechnischer Sicht ist nicht nachvollziehbar begründet, weshalb genau diese

⁵ Dies gilt für die Errichtung, die Inbetriebnahme, den Betrieb, die Stilllegung sowie die Wahl des Standortes.

zusätzliche Forderung gestellt wird: ATF befinden sich derzeit noch in der Entwicklung und es ist nicht absehbar, ob diese bis 2025 zur Verfügung stehen; insbesondere ist zu bezweifeln, dass diese dann von den jeweiligen nationalen Regulierungsbehörden für die betreffenden Reaktorbaulinien zertifiziert und zugelassen sind. Die Wahl des Jahres 2025 erscheint daher willkürlich. Weiterhin mangelt es an einer genauen Definition der ATF, wodurch ihre sicherheitstechnische Bedeutung fachlich gar nicht einschätzbar ist. So erfolgt auch kein Verweis auf Vorgaben zu evtl. Mindestkriterien der ATF. Durch den Einsatz solcher Brennstoffe soll das Risiko einer Freisetzung im Falle eines Unfalls zwar reduziert werden, es bleibt jedoch weiterhin bestehen. Die derzeit in Entwicklung befindlichen Brennstoffkonzepte sind entgegen ihrer Bezeichnung somit nicht „unfalltolerant“ im wörtlichen Sinne.

Es stellt sich daher die Frage, weshalb gerade ATF als ein zusätzliches Kriterium im DA als Voraussetzung der Förderungsfähigkeit von Atomkraft herangezogen werden. Da dies nicht sicherheitstechnisch hergeleitet wird und als Anforderung über die bestehenden Anforderungen der 2009/71/Euratom hinausgeht, wird vielmehr der Eindruck erweckt schwere Unfälle mit Freisetzungen vermeiden zu können

3.1.2 Best-available technology (BAT)

Die Kommission will ab 2025 und im Verlauf alle 10 Jahre ein Review der technischen Parameter, welche der BAT entsprechen, vornehmen. Grundlage soll die Bewertung der technischen Parameter durch die European Nuclear Safety Regulators Group (ENSREG) sein. Es wird davon ausgegangen, dass ENSREG, die die Europäische Kommission auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit kerntechnischer berät, eine solche Bewertung leisten kann.

Die Bezeichnung „best-available“ wird nicht näher spezifiziert. Unklar ist, ob es sich dabei um „best-available“ im Sinne von Verfügbarkeit am Markt, um eine Abwägung von Nachrüstungen im Sinne einer Abwägung von Kosten gegenüber Sicherheitsgewinn durch Nachrüstung/Einbau oder „best-available“ im Sinne eines Sicherheitsgewinns der Anlage handelt. Nur letzteres adressiert konkret Regulatoren bzw. Aufsichtsbehörden von Atomkraftwerken und somit auch die ENSREG.

Die Sicherheit von Anlagen und damit auch aller verwendeter Technologie liegt gemäß 2014/87/EURATOM Art. 6 beim Betreiber einer kerntechnischen Anlage. Im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens für eine konkrete Anlage liegt der Nachweis der Sicherheit der geplanten Anlage gegenüber der Aufsichts- und Genehmigungsbehörde beim Betreiber, unterstützt vom Hersteller der Anlage. Die Funktion von Aufsichts- und Genehmigungsbehörden auf nationaler Ebene ist die unabhängige Prüfung hinsichtlich der Sicherheit, Erteilung von Genehmigungen bei nachgewiesener Sicherheit und Überwachung des Betreibers. Eine Trennung von Regulatoren von Aspekten der wirtschaftlichen Förderung von Kernenergie muss sichergestellt sein (2009/71/Euratom Artikel 5 Absatz 2). Auf EU-Ebene beraten die obersten Vertreter:innen der Aufsichtsbehörden der EU-Staaten gemeinschaftlich die Generaldirektion Energie (DG ENER) in Sicherheitsfragen und bilden dafür das Gremium ENSREG. Die im DA festgeschriebene Aufgabe zur Prüfung der „best available technology“ verträgt sich, unabhängig von der spezifischen Definition von „best available technology“, nicht mit der Rolle von in ENSREG organisierten Aufsichtsbehörden. Berührt das Prüfen der BAT wirtschaftliche Fragestellungen, wie Verfügbarkeit am Markt oder eine Abwägung von Kosten gegenüber Sicherheitsgewinn, würde ENSREG – und damit die nationalen Regulatoren – unzulässigerweise mit wirtschaftlichen Fragestellungen mit dem Ziel der Förderungen der Nutzung der Kernenergie beauftragt werden. Berührt die Prüfung der BAT eine rein sicherheitstechnische Einschätzungen seitens ENSREG, würden die Hersteller/Betreiber unzulässigerweise von ihrer primären Nachweispflicht der Sicherheit entlastet werden.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass, unabhängig von der konkret von ENSREG geforderten Prüfung, die Tendenz zu erkennen ist, eine Förderfähigkeit dieser Technologien im Rahmen der EU-Taxonomie zu erreichen und somit schlussendlich auch die Kernenergienutzung wirtschaftlich zu fördern.

3.2 Bestehende Reaktoren, Betriebsverlängerungen

Entsprechend DA fallen solche Laufzeitverlängerungen in die Taxonomie, die bis 2040 genehmigt sind. Im Gegensatz zum Neubau von Reaktoren wird hier aber eine zeitliche Frist gesetzt. So gilt das Vorlegen eines solchen Plans erst für Laufzeitverlängerungen, die nach 2025 genehmigt werden. Wie für den Neubau von Anlagen, sollen ab 2025 auch bei bestehenden Anlagen ATF genutzt werden. Es stellt sich auch hier die Frage, weshalb gerade ATF als ein zusätzliches Kriterium im DA als Voraussetzung der Förderfähigkeit von Laufzeitverlängerungen herangezogen werden (siehe 3.1.1)

Die meisten der momentan in der EU betriebenen Atomkraftwerke sind über 30 Jahre alt, ursprünglich waren die Anlagen für eine Betriebsdauer von 30 bis 40 Jahren konzipiert. Nachrüstungen von zusätzlichen Sicherheitssystemen sind unter anderem aufgrund der baulichen Gegebenheiten nur bis zu einem begrenzten Umfang möglich. Zudem stellen sich Fragen der Alterung und Versprödung von Materialien und damit ihres langfristigen Verhaltens über den ursprünglichen Auslegungszeitraum hinaus. Fraglich ist daher, in welchem Umfang existierende Anlagen ein vom nationalen Regulator regelmäßig weiterentwickeltes Sicherheitsniveau zukünftig überhaupt noch erreichen können.

3.3 Sogenannte Advanced Technologies

Die Kommission sieht in sog. neuartigen Reaktoren Potenzial für die Erreichung des Ziels der Dekarbonisierung und der Minimierung der radioaktiven Abfälle (siehe Abschnitt 2.2 für die Einordnung dieser Reaktoren als Übergangstechnologie). Die Ergänzung „to produce energy“ und damit implizit die Einsatzbereiche werden in den technischen Kriterien nicht näher betrachtet. Weiterhin unklar bleibt der letzte Zusatz „with minimal waste from the fuel cycle“. Auch hier liefert die nachfolgende Beschreibung der Tätigkeit keinen Aufschluss, ob mit „minimal“ z. B. ein vorgegebener Höchstwert gemeint ist und oder wie dieser sich bestimmt. Die Ausrichtung und Effektivität der Forschung wird nicht zielgerichtet auf die Anforderungen der Taxonomie, wie z. B. den geplanten Einsatz von ATF, gelenkt. Deren Einsatz wird an dieser Stelle auch nicht gefordert. Wie eine Ausgestaltung von Aktivitäten bzgl. “research, development, demonstration and deployment of innovative electricity generation facilities” aussieht, ist nicht erkennbar.

Die genauen Reaktorlinien werden im DA nicht weiter eingegrenzt, es ist aber davon auszugehen, dass insbesondere Entwicklungen im Bereich der Partitionierung und Transmutation und der sogenannten „Generation IV“ gemeint sind (gasgekühlte schnelle Reaktoren, bleigekühlte schnelle Reaktoren, Salzschnmelzreaktoren, natriumgekühlte schnelle Reaktoren, überkritische Leichtwasserreaktoren, Höchsttemperaturreaktoren). Der DA lässt mit dieser pauschalen Förderintention potentielle negative Auswirkungen dieser Technologien und aus heutiger Sicht offene Fragen in fahrlässiger Weise außer Acht:

- Eine Reihe dieser Reaktortypen basiert auf seit Jahrzehnten bekannten Prinzipien, die sich jedoch aus sicherheitstechnischen und/oder kommerziellen Gründen nie durchsetzen konnten. Bei anderen handelt es sich um Konzeptstudien, die bisher nie großtechnisch erprobt

wurden und dementsprechend aus sicherheitstechnischer Sicht heute gar nicht abschließend bewertbar sind (Frieß et al. 2021)

- Einige dieser Reaktorkonzepte verfolgen u. a. das Ziel, in Kombination mit entsprechenden Partitionierungstechnologien den Anteil hochradioaktiver Abfälle gegenüber heutigen Leichtwasserreaktoren zu verringern. Selbst wenn sich diese Konzepte als großtechnisch sicher realisierbar erweisen würden, würde sich lediglich der Anteil hochradioaktiver Abfälle vermindern. Die Notwendigkeit von tiefeingeologischen Endlagern kann durch keines der diskutierten Konzepte umgangen werden, insofern ist der von der Taxonomie vorgesehene Übergang in eine Kreislaufwirtschaft ausgeschlossen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Menge an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen durch Wiederaufarbeitungstätigkeiten stark ansteigen würde (Frieß et al. 2021).
- Die o. g. Technologien würden weiterhin in vielen Fällen mit der Nutzung neuartiger Brennstoff- und Abfallzusammensetzungen (wie etwa Salzschnmelzen) einhergehen, sowohl in chemischer als auch radiologischer Hinsicht. Bei großtechnischem Einsatz würden sich damit neue Herausforderungen für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung, insbesondere der tiefeingeologischen Endlagerung, ergeben. Insofern konterkariert eine Förderung dieser Technologien das Ziel des Draft DA, zeitnah sicherheitstechnisch vertretbare Lösungen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle zu finden (Frieß et al. 2021).
- Viele der o.g. Technologien würden neue Risiken hinsichtlich der Proliferation erzeugen, beispielsweise durch die Abtrennung spaltbaren Materials in großtechnischem Stil (siehe hierzu auch 5.3).

3.4 Haftung

Die Taxonomie-Verordnung der Europäischen Union in Verbindung mit dem Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union sieht unter anderem vor, dass nur solche Technologien erfasst werden sollen, die dem Vorsorge- und Verursacherprinzip („polluter should pay“) entsprechen (Erwägungsgrund 40 der Taxonomie-Verordnung in Verbindung mit Artikel 191 Absatz 2 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union). Im Falle von Staaten mit limitierter Betreiberhaftung wird dieses Prinzip im Falle eines großen Störfalls mit erheblichem Austritt von Radioaktivität verletzt. Gemäß Aufstellung der OECD-NEA (Stand: Juli 2021) ist die Betreiberhaftung in vielen Staaten der Europäischen Union limitiert. In einigen Ländern ist die Haftung zwar "unbegrenzt". De facto heißt das aber, dass die Haftung des Betreibers auf den Wert seiner Bilanz beschränkt ist, und dass wenn die Forderungen den Gesamtwert des Unternehmens übersteigen, der Konkurs folgt (D'haeseleer 2013). In einem solchen Fall ist ungeklärt, wer die Lücke füllt und Haftung übernimmt. Im möglichen Fall müsste die Gesellschaft die Kosten tragen.

3.5 Zusammenfassung

Die Aspekte der nuklearen Sicherheit von Neubau von Atomkraftwerken und Laufzeitverlängerungen werden im DA unzureichend berücksichtigt. Die vorgelegten technischen Kriterien ändern an diesem Sachverhalt nichts. Die Forderung nach „accident-tolerant fuels“ und der „best available technologies“ bleiben unspezifisch. Der vorliegende DA wirft auch ein mangelndes Rollenverständnis seitens der Kommission für regulatorische Fragestellungen auf. Außerdem werden Haftungsfragen nicht geklärt, insbesondere die Verletzung der Wahrung des Verursacherprinzips durch die limitierte Haftung der

Betreiber. Grundsätzlich kann im Sinne des Restrisikos nicht ausgeschlossen werden, dass es durch Stör- und Unfälle bzw. durch sonstige Einwirkung Dritter beim Betrieb von Atomkraftwerken zu erheblichen Umweltauswirkungen kommen kann.

Im DA gänzlich unberücksichtigt bleiben Fragen zur Proliferation und Sicherung. Abschließend sei hinsichtlich des Betriebs von kerntechnischen Anlagen und insbesondere Atomkraftwerken darauf hingewiesen, dass diese im Falle militärischer Auseinandersetzungen erhebliche Schadensrisiken aufweisen, da keine der bestehenden Anlagen gegen umfassende militärische Einwirkungen gesichert ist. Der Krieg in der Ukraine zeigt, dass dieses Risiko auch für atomkraftbetreibende Staaten im europäischen Raum besteht.

4 Nukleare Entsorgung

In Abschnitt 4 werden die technischen Kriterien in Bezug auf die Aspekte der nuklearen Entsorgung betrachtet. Dies betrifft vor allem Fragen bzgl. der Zwischen- und Endlagerung von radioaktiven Abfällen als auch der Finanzierung der nuklearen Entsorgung als solches.

4.1 Zwischenlagerung

Im DA beziehen sich zwei technische Kriterien auf die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle – insbesondere der bestrahlten Brennelemente. Diese Kriterien beinhalten die Anforderung, diese Abfälle sicher im Sinne der Direktiven „2011/70/Euratom“ und „2013/59/Euratom“ handzuhaben bzw. aufzubewahren sowie ausreichende Zwischenlagerkapazität verfügbar zu halten.

Für die Zwischenlagerung wird somit durch den DA der Maßstab des DNSH analog zu den geltenden Regelwerken angelegt und damit als erfüllt angesehen. Dieser Maßstab ist insofern zu kritisieren, als dass bei dessen Definition nicht auf die spezifischen Risiken der Atomenergie eingegangen wurde. Zudem verkennt der DA die für die Atomkraft spezifischen Anforderungen an die sichere Lagerung der radioaktiven Abfälle.

Der Zwischenlagerung kommt in der nuklearen Entsorgung insbesondere die Sicherstellung der sicheren Aufbewahrung bis zur Endlagerung der radioaktiven Abfälle zu. Die Erfahrung mit praktisch allen laufenden Endlagersuchverfahren zeigt, dass Ungewissheit bezüglich des zeitlichen Rahmens der Suche und Fertigstellung eines Endlagers eine kritische Rolle spielt. Verzögerungen sind eher die Regel als die Ausnahme (siehe hierzu auch Abschnitt 4.2). Dieser Umstand ist vor allem für den Betrieb bereits bestehender Anlagen bzw. bestehender Atomenergienutzung entscheidend, da sich hier vorherige zeitliche Planungen als unzutreffend erweisen können (und bereits verschiedentlich erwiesen haben) und damit einhergehende längere Aufbewahrungsdauern Fragen hinsichtlich der sicheren Aufbewahrung aufwerfen. So könnten bei großen zeitlichen Verzögerungen bei der Endlagerung vormals sichere Zwischenlagerungskonzepte ohne effektive Maßnahmen nicht mehr auf gleichem Sicherheitsniveau weiterbetrieben werden, und das Verhindern oder Abstellen dieses Umstandes kann erheblichen finanziellen und technischen Aufwand bedeuten. Sofern diese Unwägbarkeiten nicht von vornherein in einer Planung mit berücksichtigt werden, kann das Eintreten einer solchen Situation nicht ausgeschlossen werden und dieser Aufwand letztlich die Leistungsfähigkeit des Betreibers übersteigen.

Grundsätzlich und unberührt von den technischen Kriterien im DA kann bei der Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle im Sinne des Restrisikos nicht ausgeschlossen werden, dass es durch Stör- und

Unfälle bzw. durch sonstige Einwirkung Dritter beim Betrieb von Zwischenlagern zu erheblichen Umweltauswirkungen kommen kann.

4.2 Endlagerung

Wie bereits im Bericht des JRC wird auch im DA die oberflächennahe Endlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen als beispielhaft für gelungene Endlagerung gewählt (Erwägungsgrund 14), ohne darauf einzugehen, dass die Endlagerung hochradioaktiven Abfalls anderen Herausforderungen unterliegt und auch für diese Art der Endlagerung Langzeiterfahrungen fehlen.

Der DA weist weiterhin pauschal auf substanzielle Fortschritte bei der Errichtung der ersten HAW-Endlager in einzelnen Ländern der EU hin. Es ist zwar richtig, dass Schweden und Finnland auf dem Weg zu einem betriebsbereiten HAW-Endlager weiter fortgeschritten sind als viele andere Länder, aber es ist aktuell noch keines in Betrieb. Daraus folgt auch nicht, dass die Endlager ohne Verzögerungen in Betrieb gehen werden – mit allen damit einhergehenden Problemen auch für die Zwischenlagerung (siehe Abschnitt 4.1.). Ursachen können unrealistische Planungen sein, ungeplante Verzögerungen, oder das Projekt erweist sich im Verlauf als nicht umsetzbar. Hilfestellungen oder Eingriffsmöglichkeiten der Kommission bei den aufgeführten Schwierigkeiten werden nicht genannt. Abgesehen von der allgemeinen Passage zu regelmäßiger Überarbeitung in der Präambel ist nicht definiert, wie Verzögerungen bei der Errichtung des Endlagers behandelt werden. Verzögerungen aus verschiedenen Gründen sind aber praktisch eine Konstante in Endlagerprojekten in aller Welt. In einer Reihe von Industriestaaten war ein Neustart der Standortsuche bereits erforderlich (u.a. Schweiz, USA, Deutschland, Großbritannien).

Ohnehin ist eine Verallgemeinerung der Endlagerungsproblematik aus fachlicher Sicht irreführend, da die Randbedingungen verschiedener Länder vielfach nicht übertragbar sind. Dies gilt zum einen für die jeweils national verfügbare geologische Situation und das zu entsorgende Abfallinventar: Hier können schon Unterschiede in wenigen Parametern (z.B. Wirtsgesteinssituation, geochemische Milieus, Nuklidvektoren) stark unterschiedliche Anforderungen an die technische Lösung des Endlagerbaus bedeuten. Auch gibt es Unterschiede bei technischen und personellen Ressourcen, den von der Bevölkerung erwarteten bzw. geforderten Umfang von Beteiligung sowie die Akzeptanz eines Endlagers in der Bevölkerung (siehe Abschnitt 2.3). Gerade die Aspekte Akzeptabilität des Endlagers in der Bevölkerung sowie die Beteiligung an der Standortsuche werden im DA nicht berücksichtigt. Aus fachlicher Sicht verbieten sich aus all diesen Gründen daher pauschale Vergleiche: Aus dem Erfolg eines nationalen Programms kann nicht auf die generelle Erfolgshöflichkeit von anderen nationalen Programmen geschlossen werden.

Im DA werden grundsätzlich Endlager für alle anfallenden radioaktiven Abfälle gefordert, allerdings nur für schwach- und mittelradioaktive Abfälle ein zum Zeitpunkt der Beurteilung eines Vorhabens real betriebsfähiges Endlager. Für die HAW-Endlager werden für die Sicherheit eines solchen Endlagers nicht aussagekräftige Bewertungskriterien vorgesehen, nämlich die Einrichtung eines Fonds zur nuklearen Entsorgung und zum Rückbau sowie das Vorhandensein eines Plans für die Errichtung eines betriebsfähigen Endlagers bis 2050. Es wird der Eindruck vermittelt, beide Bewertungskriterien würden direkt zur Langzeitsicherheit der Endlagerung beitragen, was jedoch nicht der Fall ist. Die Bewertungskriterien sind allgemein formuliert und basieren wie bei der Zwischenlagerung, auf bestehenden Richtlinien, die einen Rahmen für Entsorgungspfade verschiedenartiger radioaktiver Abfälle in den Mitgliedsstaaten schaffen. Aufgrund deren allgemeinen Charakters ist anzunehmen, dass sie von den Mitgliedsstaaten bereits weitgehend erfüllt werden (besonders ausgeprägt ist dies

für den Plan für die Errichtung des Endlagers, hier wird zur Erfüllung auf die nationalen Entsorgungsprogramme nach 2011/70/Euratom, Artikel 11 und 12 verwiesen). In diesem Fall wären die Bewertungskriterien eine reine Formalität und der Nachhaltigkeitsbegriff bleibt damit ohne eigene Substanz.

Unklar ist auch, wie sich die Forderung nach einem betriebsfähigen Endlager für hochradioaktive Abfälle im Jahr 2050 mit Konzepten vereinbaren lässt, die eine sehr langfristige Zwischenlagerung (100+ Jahre) von hochradioaktiven Abfällen vorsehen, um die Wärmeleistung im Endlager zu minimieren.

4.3 Finanzierung und Kosten der nuklearen Entsorgung

Der DA fordert sowohl die Bildung eines Fonds für die nukleare Entsorgung als auch für den Rückbau der Anlagen (der auch kombiniert sein kann) durch die Mitgliedsstaaten. Dies ist eine Bedingung sowohl für Neubau als auch Laufzeitverlängerungen. Zudem hat der Mitgliedstaat zu demonstrieren, dass er am Ende der geschätzten Laufzeit der Atomkraftwerke über Ressourcen entsprechend den geschätzten Kosten des Rückbaus und der Entsorgung verfügen wird (Kriterien 1 c) und d)). Auch der vorzulegende Endlagerplan soll Kostenschätzungen sowie die geplanten Finanzierungsmaßnahmen beinhalten (Kriterium 5 f)). Hierfür können die Mitgliedsstaaten auf Pläne, die im Rahmen der Berichtspflicht der Direktive 2011/70/Euratom erstellt werden, zurückgreifen.⁶ Allerdings konstatierte die Kommission bei der Analyse dieser Berichte bereits 2019, dass sie aufgrund mangelnder Vollständigkeit der Kostenangaben und fehlender Angaben zum Zeitplan nicht in der Lage ist, eine einheitliche, auf die Gegenwart abgezinste Zahl zu nennen. Die Kommission konnte lediglich eine ungefähre Bandbreite für die Kostenschätzungen der nuklearen Entsorgung (ohne Rückbau) angeben: mindestens 422-566 Milliarden Euro (EC 2019). Die Kosten sind kaum abschätzbar und unterliegen zahlreichen Unsicherheiten. Die Diskontierung ist hier ein wesentlicher Faktor. Sie basiert auf der Erwartung, dass die Fonds im Laufe der Zeit wachsen werden, was in der Regel durch die Investition der Mittel erreicht wird, allerdings werden die Informationen über die Investitionen der Kommission bereits jetzt von den Mitgliedsstaaten nicht ausreichend gemeldet. Dies versetzt die Kommission in eine Lage, in der sie nicht beurteilen kann, ob sichergestellt ist, dass die Mittel auch zeitlich verfügbar wären (EC 2019).

Die Forderungen nach einer simplen Berichtspflicht für die Finanzierung und Kostenschätzungen für die nukleare Entsorgung bleibt gemessen an den gekannten Berichtsproblemen im Rahmen der bestehenden Euratom-Richtlinien und den erheblichen Kosten der nuklearen Entsorgung sehr unspezifisch. Auch die Form der Fonds (unternehmensintern oder öffentlich verwaltet) wird nicht näher definiert und Fragen der Sicherstellung des Verursacherprinzips bleiben unberührt (siehe auch Abschnitt 2.3).

⁶ Nach Artikel 9 müssen die Mitgliedsstaaten angemessene finanzielle Mittel für die Durchführung der nuklearen Entsorgung sicherstellen, während sie nach Artikel 12 verpflichtet sind, die Kosten zu schätzen und Finanzierungssysteme einzuführen.

4.4 Zusammenfassung

Die Kommission fordert in ihren technischen Bewertungskriterien neben einem Fonds zur Finanzierung des Rückbaus und der nuklearen Entsorgung den Nachweis von Plänen für die Entsorgung von hochradioaktiven Abfällen. Diese Kriterien ändern jedoch nichts an dem Nachhaltigkeitsproblem der Technologie. Insgesamt lässt sich festhalten, dass viele Bewertungskriterien lediglich in Form der Forderung nach mit wenig konkreten Anforderungen hinterlegten Plänen definiert werden. Es wird davon ausgegangen, dass das Vorhandensein von Plänen ausreicht, um die Einhaltung der DNSH-Kriterien nachzuweisen. Zur Umsetzung dieser Pläne ist lediglich eine bereits existierende Berichtspflicht vorgesehen. Hilfestellungen, Eingriffsmöglichkeiten der Kommission sowie Fragen des Umgangs mit Verzögerungen, die weltweit seit Jahrzehnten beobachtet werden können, bleiben unangetastet. Die Forderungen nach einer simplen Berichtspflicht für die Finanzierung und Kostenschätzungen für die nukleare Entsorgung bleibt gemessen an den erheblichen Kosten der nuklearen Entsorgung sehr unspezifisch.

5 Nicht klassifizierte Tätigkeiten und Aspekte

Obwohl die Taxonomie-Verordnung für eine Wirtschaftstätigkeit die Berücksichtigung des „Lebenszyklus“ bzw. der gesamten Wertschöpfungskette (Artikel 17) vorsieht, blendet die Kommission für die Atomenergie notwendige Tätigkeiten aus. Dies gilt insbesondere für den Uranbergbau und die Aufbereitung des Uranerzes sowie für Transporte zur Ver- und Entsorgung des Brennstoffs. Gänzlich unbeachtet und nicht nachvollziehbar bleibt die Ausklammerung der für die Atomenergie spezifischen Risiken der Proliferation im DA.

5.1 Uranbergbau

Die Kommission nimmt den Uranbergbau und die Aufbereitung des Uranerzes explizit aus dem DA heraus (DA, S. 5). Der Uranbergbau bzw. die Aufbereitung von Uranerz verletzt jedoch Umweltziele der Taxonomie-Verordnung (Artikel 9). Zu nennen sind hier insbesondere die Gefährdung des nachhaltigen Schutzes von Wasser- und Meeresressourcen, der Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung sowie der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie eine Technologie nachhaltig und Taxonomie-konform sein kann, wenn die fundamentale Gewinnungsmethode des Brennstoffes auf dem umweltgefährdenden Abbau nicht regenerativer Rohstoffe basiert.

Der Uranbergbau erzeugt Umwelt- und Gesundheitsschäden z. B. durch den Austrag radioaktiv belasteten Staubes während Sprengarbeiten in Tagebauen oder auch von nicht abgedeckten Halden (Tiefbau und Tagebau; z.B. Kvasnicka 1988)⁷ und durch Grundwasserverunreinigungen – unabhängig von der Abbaumethodik (Tiefbau, Tagebau, Lösungsbergbau; siehe z.B. Andel & Pribán, 1996). Zudem hinterlässt der Uranbergbau und die Uranaufbereitung Landschaften, die rekultiviert, saniert, dekontaminiert und in der Folge über lange Zeiträume intensiv beobachtet werden müssen. Dies kann

⁷ Siehe auch United States Environmental Protection Agency (n.a), “Radioactive Waste Form Uranium Mining and Milling”, [https://www.epa.gov/radtown/radioactive-waste-uranium-mining-and-milling#:~:text=Uranium%20eventually%20decays%20to%20radium.&text=Wind%20can%20blow%20radioactive%20dust,a%20radiation%20hazard%20to%20miners.](https://www.epa.gov/radtown/radioactive-waste-uranium-mining-and-milling#:~:text=Uranium%20eventually%20decays%20to%20radium.&text=Wind%20can%20blow%20radioactive%20dust,a%20radiation%20hazard%20to%20miners.;); zuletzt besucht: 16.02.2022.

aber nur dann gelingen, wenn die technischen und administrativen Voraussetzungen gegeben sind, was auch dann nur mit extrem hohen Kosten, teilweise in Milliardenhöhe, möglich ist. Selbst nach der Kultivierung bleiben zum Untergrund hin nur schlecht abgedichtete Absetzbecken und Halden eine dauerhafte Gefahr für das Grundwasser, um nur ein Gefährdungspotential zu nennen (Lersow 2018). Bei den Hinterlassenschaften des Uranbergbaus handelt es sich somit um Lasten für heutige und zukünftige Generationen, die ein großes Umwelt- und Gesundheitsrisiko darstellen (z.B. Brugge & Buchner 2019; Brunnengräber 2019). Europäische Umweltstandards können nicht auf den Uranbergbau angewendet werden: Bis auf die Crucea-Mine in Rumänien befindet sich heute kein einziges in Betrieb befindliches Uranbergwerk innerhalb der EU. Die EU deckt ihren Uranbedarf somit fast ausschließlich mit Importen. Hinzu kommt, dass sich mehr als 60 % der Uranerzhalden und – absetzbecken auf dem Land indigener Gemeinschaften befinden, die oftmals wenig Mitspracherecht bei der Einhaltung hoher Umweltstandards und der Entwicklung von Sanierungskonzepten haben.

Es bleibt damit festzuhalten, dass der DA in der jetzigen Fassung in Bezug auf Brennstoffgewinnung faktisch auf die Externalisierung von Umweltrisiken auf Nicht-EU Länder hinaus läuft.

5.2 Transporte

Transporte sind innerhalb der Nutzung der Kernenergie unverzichtbar, sowohl für den Transport von Rohstoffen für die Brennelementproduktion als auch für Transporte radioaktiver Abfälle zur Zwischen- oder Endlagerung. Der DA (sowie der vorherige JRC Bericht) nimmt die Transporte nicht in den Blick, und stellt daher auch keine technischen Kriterien in Bezug zu DNSH von Transporten auf. Dies wäre zur vollständigen Erfassung aller Tätigkeiten innerhalb der Kernenergienutzung notwendig gewesen. Hinzu kommt, dass Transporte für die jeweiligen radioaktiven Abfälle diverse Herausforderungen an die Betreiber bzw. Länder stellen. Für hochradioaktive Abfälle ist insbesondere die Sicherheit der Transporte entscheidend, da diese Gefahrenpotential bergen. Wenn zeitliche oder räumliche Planungen nicht zutreffend sind, ergeben sich auch hier spezifische Herausforderungen (z.B. Abtransport nach einer vorher in diesem Ausmaß nicht vorgesehenen Lagerzeit).

5.3 Proliferation

Gänzlich unbeachtet bleibt im DA das für Atomenergie spezifische Risiko der Proliferation: Die zugrundeliegenden Technologien sind oftmals Dual-Use-Güter, können also im Prinzip sowohl für zivile als auch militärische Zwecke eingesetzt werden. Im Zuge der Nutzung der Atomenergie und der mit ihr verbundenen Brennstoffver- und -entsorgung ist daher ein aufwendiges Netz internationaler Kontrollen geschaffen worden, um das Risiko des militärischen Missbrauchs durch staatliche und nicht-staatliche Akteure zu minimieren. Dies gilt insbesondere für spaltbares Material wie Uran-235 und Plutonium-239, das Anwendung in der Atomenergieerzeugung findet bzw. in Leistungsreaktoren erzeugt wird und die für den Kernwaffenbau geeignet sind. Daneben gehen auch von anderen radioaktiven Stoffen durch Entwendung und missbräuchlichen Einsatz erhebliche Gefahren aus („schmutzige Bombe“). Die Risiken der Proliferation gelten sowohl für die heute in der Europäischen Union verbreiteten Leichtwasserreaktoren der Generation II, als auch für die im Bau befindlichen Leistungsreaktoren der Generation III. Die in der Verordnung vorgesehene Förderung von sogenannten fortschrittlichen Technologien (z.B. sogenannte Generation IV-Reaktorlinien) in Verbindung mit Brennstoffzyklisierung würde darüber hinaus weitere Proliferationsrisiken erzeugen, beispielsweise durch die Abtrennung weiteren spaltbaren Materials aus dem Abfallstrom.

Die Tatsache, dass ein komplexes internationales Sicherungsregime zur Verhinderung von nuklearer Proliferation aufgebaut werden musste, unterstreicht die Bedeutung und erhebliche Tragweite der hiermit verbundenen Risiken. Dieses internationale Regime hat in der Vergangenheit bereits nachweislich versagt. Insofern bleibt nicht nachvollziehbar, warum der Vorschlag der DA diese Problematik vollständig ignoriert.

6 Kontrolle der Einhaltung der technischen Bewertungskriterien

Bei der Prüfung des delegierten Rechtsakts ist aufgefallen, dass die Aufsicht bzw. Kontrolle der Transparenzpflichten gemäß Taxonomie-Verordnung – insbesondere die Einhaltung der technischen Bewertungskriterien – noch einmal näher betrachtet werden sollte.

Gem. Art. 21 Taxonomie-Verordnung tragen einerseits die Mitgliedstaaten dafür Sorge, dass die Anforderungen nach Art. 5 bis 7 der Taxonomie-Verordnung eingehalten werden. Um Greenwashing effektiv zu verhindern, darf sich die Aufsicht bzw. Kontrolle dabei nicht auf die mit den Transparenzpflichten verbundenen Formalien beschränken. Erforderlich wäre, auch in der Sache zu prüfen, ob eine Wirtschaftstätigkeit die technischen Bewertungskriterien einhält. Die Beurteilung auch nur der Plausibilität der Angaben ist jedoch anspruchsvoll, ressourcenintensiv und setzt eine ausgewiesene Expertise voraus, etwa wenn es um das technische Bewertungskriterium "documented plan with detailed steps to have in operation, by 2050, a disposal facility for high-level radioactive waste" geht. Der allgemeine Charakter bzw. die geringe Aussagekraft der meisten Kriterien des DA dürfte die Kontrolle der Einhaltung der Transparenzpflichten dabei nicht erleichtern. Aufsicht und Kontrolle der Einhaltung der Kriterien der Taxonomie sind gerade dann, wenn man eine Hochrisikotechnologie wie Atomkraft für nachhaltig erklären will, besonders wichtig. Wie die aufsichtliche Prüfung vorgenommen und die Ergebnisse nachgehalten werden sowie welche Folgen aus der Prüfung ggf. resultieren, müsste näher betrachtet werden.

Andererseits sieht sich die Kommission – ohnehin verantwortlich für die Kontrolle der ordnungsgemäßen Anwendung von EU-Recht – auch im DA in der Verantwortung, indem sie eine Berichtspflicht bzgl. des Fonds und seiner Ausstattung für Rückbau und Entsorgung sowie bzgl. der Planung eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle etabliert. Nach Prüfung der Berichte kann die Kommission in einer "opinion" Stellung beziehen (vgl. z.B. Annex I 4.27 Nr. 4). Was Konsequenzen einer festgestellten Nichtvereinbarkeit mit den technischen Bewertungskriterien sind, ist jedoch nicht klar. Unklar ist auch, ob und inwiefern diese Berichtspflicht sowie die Kontrolle bereits durch die etablierten Euratom-Richtlinien erfüllt sind bzw. wie genau sich der DA und das Euratom-Regime an dieser Stelle zueinander verhalten.

7. Fazit

Aus fachlicher Sicht ist die Aufnahme von Atomkraft in die Taxonomie-Verordnung nicht haltbar. Grundsätzlich ist bereits der Erwägungsgrund des wesentlichen Beitrags zum Klimaschutz fraglich. Dies ergibt sich insbesondere durch den geringen und sinkenden Anteil der Atomenergie an der EU-Stromproduktion, den sehr geringen Anteil von lediglich 6% am EU-Primärenergieverbrauch sowie die hohen Unsicherheiten bzgl. der Treibhausgasemissionen für den Rückbau und die Endlagerung. In Bezug auf das Umweltziel der Anpassung an den Klimawandel bleiben die Anforderungen sehr

unspezifisch. Die Kommission scheint sowohl die sicherheitsrelevanten Folgen als auch Herausforderungen des Klimawandels in Bezug auf den Einsatz von Atomenergie zu unterschätzen. Der vorliegende DA zeigt aber auch, im Vergleich zum Entwurf vom Januar, dass einige Mitgliedsstaaten auf Atomenergie als festen und langfristigen Bestandteil ihres nationalen Energiemixes setzen. Dies steht im klaren Widerspruch zur Einstufung der Atomenergie als Übergangstechnologie. In diesem Zusammenhang erweitert der DA auch die Definition dieser Übergangstätigkeiten. So sind letztere im DA Wirtschaftstätigkeiten, für die es keine technologisch und wirtschaftlich durchführbaren Alternativen „in ausreichendem Umfang, um den Energiebedarf kontinuierlich und zuverlässig zu decken“, gibt. Dies konterkariert das erklärte Ziel der Taxonomie, das benötigte Kapital in die Förderung und Ausbau von Erneuerbaren Energien und Speichertechnologien zu lenken, damit diese im ausreichenden Umfang bereitgestellt werden können. Indem Gelder in die kostenintensive Atomenergie gelenkt werden, gerät dieses Ziel sogar in Gefahr.

Wie zuvor das JRC verstellt die Kommission den Blick darauf, dass Atomenergie zentrale Nachhaltigkeitsziele verletzt, weil sie insbesondere das „Do no significant harm“ Kriterium nicht erfüllt. Die vorgelegten technischen Kriterien in den Anhängen des DA führen nicht dazu, dass Atomenergie den DNSH Kriterien gerecht wird. Viele Kriterien werden in Form von Plänen definiert (z. B. für die Entsorgung radioaktiver Abfälle und Finanzen). Die Kommission geht davon aus, dass das Vorhandensein von Plänen ausreicht, um die Einhaltung der DNSH-Kriterien nachzuweisen. Wie sichergestellt werden soll, dass die Pläne letztendlich umgesetzt werden, bleibt unbeantwortet. In vielen Fällen wird zudem auf bestehende Euratom Direktiven verwiesen. Die Bewertungskriterien sind somit eine reine Formalität und der Nachhaltigkeitsbegriff bleibt ohne eigene Substanz. Ferner lässt die Kommission bei der Klassifizierung der Atomenergie nachhaltigkeitsrelevante Themen außer Acht. So fehlt zum einen eine Betrachtung von Themenbereichen wie Uranabbau, Transport oder die Risiken der Proliferation. Zum anderen werden soziale und ökonomische Kriterien wie unkalkulierbare Kosten für nachfolgende Generationen und die Sicherstellung von Umwelt- und Beteiligungsstandards in Förder- und Entsorgungsregionen nicht berücksichtigt.

Die nukleare Sicherheit beim Neubau und bei Laufzeitverlängerungen von Atomkraftwerken wird im DA unzureichend berücksichtigt. Die vorgelegten technischen Kriterien ändern an diesem Sachverhalt nichts. Die Forderungen nach „accident-tolerant fuels“ und der „best available technologies“ bleiben unspezifisch.

Zudem scheint ein Rollenmissverständnis im Verhältnis von Konzeptersteller (Betreiber) und Prüfer (Regulator) vorzuliegen und somit hinsichtlich der Sicherheitsverantwortung des Betreibers. Die im DA festgeschriebene Aufgabe zur Prüfung der „best available technology“ verträgt sich, unabhängig von der noch offenen spezifischen Definition von letzterem, nicht mit der Rolle von in ENSREG organisierten Aufsichtsbehörden. Es scheint ein Rollenkonflikt zu geben hinsichtlich der notwendigen funktionalen Trennung von solchen Stellen oder Organisationen, die mit der Förderung oder Nutzung von Kernenergie befasst sind, und solchen, die Regulierungsaufgaben wahrnehmen. Außerdem werden Haftungsfragen nicht geklärt, insbesondere die Verletzung der Wahrung des Verursacherprinzips durch die limitierte Haftung der Betreiber. Zudem gehen Nutzung und Ausbau dieser Technologie mit grenzüberschreitenden Risiken einher, die auch erhebliche negative Auswirkungen auf die Bundesrepublik Deutschland haben können. Durch die Problematik der limitierten Betreiberhaftung in Europa wäre im Falle solcher Unfälle das Verursacherprinzip verletzt.

Durch die Fristenregelungen in Verbindung mit erwartbaren Laufzeiten begünstigt der DA den Einsatz von Atomkraft bis weit über das Jahr 2100. Dies ist in jedem Fall mit dem Ansatz einer Übergangstechnologie nicht mehr kompatibel. Besonders schwer wiegt die Tatsache, dass sogenannte

„advanced technologies“ sogar ohne zeitliche Begrenzung begünstigt werden, obwohl deren Nutzen aus heutiger Sicht bestenfalls als unklar zu bezeichnen ist, diese Technologien aber mit erheblichen Nachhaltigkeitsrisiken versehen sind, welche teilweise über diejenigen der heute verwendeten Leichtwasserreaktoren noch hinaus gehen.

Grundsätzlich kann im Sinne des Restrisikos nicht ausgeschlossen werden, dass es durch Stör- und Unfälle bzw. durch sonstige Einwirkung Dritter beim Betrieb von Atomkraftwerken zu erheblichen Umweltauswirkungen kommen kann. Letzteres gilt umso mehr vor dem Hintergrund des aktuellen militärischen Angriffs Russland auf die Ukraine, einem Land mit 15 aktiven Nuklearreaktoren. Bei allen Sicherheitsvorkehrungen bleibt im Falle von kriegerischen Auseinandersetzungen das Risiko eines großen Schadens für Menschen und Umwelt.

Vor dem Hintergrund dieser Sachverhalte kommt das BASE zu dem Schluss, dass aus fachlicher Sicht dem Delegierten Rechtsakt in Hinblick auf die Nutzung von Atomenergie gemäß Art. 23 Abs. 6 der Verordnung widersprochen werden sollte. Es wird empfohlen alle Möglichkeiten zu prüfen um eine Inkraftsetzung des Rechtsaktes zu verhindern.

Abkürzungen

Abkürzung	Erläuterung
BASE	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
DA	Delegated Act
DNSH	Do not significant harm
EU	Europäische Union
EURATOM	Europäische Atomgemeinschaft
HAW	High Active Waste
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	International Commission on Radiological Protection
ILW	Intermediate-level waste
JRC	Joint Research Centre
LLW	Low-level waste
SEWD	Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter
SMA	schwach- und mittelradioaktive Abfälle
UN	United Nations
VLLW	Very low level waste

Literatur/ Quellen

- Ahmad (2021) Ahmad A. (2021): Increase in frequency of nuclear power outages due to changing climate. *Nat Energy* 2021;6:755–62. <https://doi.org/10.1038/s41560-021-00849-y>.
- Andel, Pribán (1996) Andel, P., Pribán, V. (1996): Environmental restoration of uranium mines and mills in the Czech Republic. In: Planning for environmental restoration of radioactively contaminated sites in central and eastern Europe, Vol.1: Identification and characterization of contaminated sites, IAEA- TECDOC-865, S. 113-135.
- BASE (2021) BASE (2021): Fachstellungnahme zum Bericht des Joint Research Centre der Europäischen Kommission „Technical assessment of nuclear energy with respect to the ‘do no significant harm’ criteria of Regulation (EU) 2020/852 (‘Taxonomy Regulation’)“ Unter besonderer Berücksichtigung der Kriterieneignung für die Aufnahme der Kernenergie in die EU-Taxonomie.
- BASE (2022) BASE (2022): Bewertung des BASE zum Vorschlag der EU-Kommission zur Klassifizierung der Atomenergie nach der EU-Taxonomieverordnung.
- BMU (2005) BMU (2005): Hindernis Atomkraft. Die Auswirkungen einer Laufzeitverlängerung der Atomkraftwerke auf erneuerbare Energien. Berlin.
- BMUB (2015) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2015): Report on the cost and financing of the disposal of spent fuel and radioactive waste, August 2015
- Brugge et al. (2007) Brugge, D.; de Lemos, J.L.; Bui, C. (2007): The Sequoyah Corporation Fuels Release and the Church Rock Spill: Unpublicized Nuclear Releases in American Indian Communities. *American Journal of Public Health*. 97 (9): 1595–1600. doi:10.2105/AJPH.2006.103044.
- Brunnengräber (2019) Brunnengräber (2019): Ewigkeitslasten – Die ‘Endlagerung’ radioaktiver Abfälle als soziales, politisches und wissenschaftliches Projekt. 164 S.. Bundeszentrale für politische Bildung, Bonn
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021) WISMUT Bergbausanierung – Verantwortung übernehmen, Zukunft gestalten Datenblatt. 8 S.

Bunn et al. (2003) Bunn, M.G., Fetter, S., Holdren, J.P., van der Zwaan, B. (2003): The economics of reprocessing vs. direct disposal of spent nuclear fuel. Project on managing the atom: Harvard Kennedy School, 117 S.

D'haeseleer (2013) D'haeseleer (2013): Synthesis on the Economics of Nuclear Energy. Study for the European Commission, DG Energy.

EC (2019) EC (2019: Progress of Implementation of Council Directive 2011/70/EURATOM." COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT SWD(2019) 436 final. Brussels, Belgium: European Commission

IAEA (2016) IAEA (2016): Nuclear Power and Sustainable Development, Vienna.

IEA (2019) International Energy Agency IEA. (2019). Nuclear power in a clean energy system, Paris.

Frieß et al. (2021) Frieß, F., Arnold, N., Liebert, W., Müllner, N., Tweer, I. und Gufler, K. (2021): Sicherheitstechnische Analyse und Risikobewertung von Konzepten zu Partitionierungs- und Transmutationsanlagen für hochradioaktive Abfälle. Wissenschaftliches Gutachten im Auftrag des Bundesamtes für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE), März 2021, urn:nbn:de:0221-2021030826028; URL: <https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/berichte/kt/gutachten-partitionierung-und-transmutation.html>, letzter Zugriff: 27.05.2021.

Jenkins et al (2020) Jenkins LM, Alvarez R, Jordaan SM (2020): Unmanaged climate risks to spent fuel from U.S. nuclear power plants: The case of sea-level rise. Energy Policy 2020;137:111106. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111106>

Jordaan et al. (2019) Jordaan SM, Siddiqi A, Kakenmaster W, Hill AC (2019): The Climate Vulnerabilities of Global Nuclear Power. Global Environmental Politics 2019;19:3–13. https://doi.org/10.1162/glep_a_00527.

Lazard (2020) Lazard. (2020). Lazard's levelized cost of energy analysis — Version 14.0 (14.0). www.lazard.com/media/451419/lazards-levelized-cost-of-energy-version-140.pdf

Lersow (2018) Endlagerung Aller Arten Von Radioaktiven Abfällen und Rückständen : Langzeitstabile, Langzeitsichere Verwahrung in

Geotechnischen Umweltbauwerken - Sachstand, Diskussion und Ausblick, Springer Berlin / Heidelberg, Berlin, Heidelberg

- Paul, M., Grünler, B. (2008) Die Verfüllung des Tagebaurestlochs Lichtenberg am Standort Ronneburg. Beitr. Geol. Thüringen, 15, 247-266.
- Tobin et al. (2018) Tobin I, Greuell W, Jerez S, Ludwig F, Vautard R, van Vliet MTH, et al. (2018): Vulnerabilities and resilience of European power generation to 1.5 °C, 2 °C and 3 °C warming. Environ Res Lett 2018;13:044024. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aab211>.
- UN (2015) United Nations (2015): Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations. 2015. New York.
- Van Vliet et al. (2016) Van Vliet MTH, Wiberg D, Leduc S, Riahi K (2016). Power-generation system vulnerability and adaptation to changes in climate and water resources. Nature Climate Change 2016;6:375–80. <https://doi.org/10.1038/nclimate2903>
- Verbruggen und Yurchenko (2017) Verbruggen, A., Yurchenko, Y. (2017). Positioning nuclear power in the low-carbon electricity transition. Sustainability, 9, 163. doi.org/10.3390/su9010163
- Wissel et al. (2007) Wissel, S., Mayer-Spohn, O., Fahl, U., Voß, A. (2007): CO2-Emissionen der nuklearen Stromerzeugung. Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung. 13 S.