

Zapf, W.; Breuer, S.; Hampel, J., 1986: Technikfolgen für Haushaltsorganisation und Familienbeziehungen. In: Lutz, B. (Hg.): Technik und sozialer Wandel. Verhandlungen des 23. Deutschen Soziologentages in Hamburg 1986. Frankfurt a. M., S. 220–232

Zwick, M.M., 1990: Neue soziale Bewegungen als politische Subkultur. Zielsetzung, Anhängerschaft, Mobilisierung – Eine empirische Analyse. Frankfurt a. M.

Zwick, M.M., 1998: Wertorientierungen und Technikeinstellungen im Prozeß gesellschaftlicher Modernisierung: das Beispiel der Gentechnik. Arbeitsbericht 106 der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg. Stuttgart

Zwick, M.M.; Renn, O., 1998: Wahrnehmung und Bewertung von Technik in Baden-Württemberg. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg. Stuttgart

Zwick, M.M.; Renn, O., 2002: Wahrnehmung und Bewertung von Risiken. Ergebnisse des Risikosurvey Baden-Württemberg 2001. Arbeitsbericht Nr. 202 der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg. Stuttgart

Zwick, M.M.; Renn, O., 2008: Risikokonzepte jenseits von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenserwartung. In: Felgentreff, C.; Glade, T. (Hg.): Naturrisiken und Sozialkatastrophen, Berlin, S. 77–98

### Kontakt

Dr. Jürgen Hampel  
E-Mail: [juergen.hampel@sowi.uni-stuttgart.de](mailto:juergen.hampel@sowi.uni-stuttgart.de)

Dr. Michael M. Zwick  
E-Mail: [michael.zwick@sowie.uni-stuttgart.de](mailto:michael.zwick@sowie.uni-stuttgart.de)

Institut für Sozialwissenschaften  
Universität Stuttgart  
Seidenstr. 36, 70174 Stuttgart



## Partitionierung und Transmutation: Eine kerntechnische Zukunftsoption?

von Diana Gallego Carrera und Michael Ruddat, DIALOGIK gGmbH und Zentrum für interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung (ZIRIUS), Universität Stuttgart

**Wärmeentwickelnde, hochradioaktive Abfälle haben ein hohes Langzeit-Gefährdungspotenzial. Sie müssen in einem möglichst sicheren Endlager verwahrt werden, das es derzeit in Deutschland noch nicht gibt. Durch Partitionierung und Transmutation (P&T) könnte die Trennung der Abfälle (Partitionierung) sowie die Umwandlung (Transmutation) eines Großteils der Radionuklide durch Neutronenbeschuss gelingen (Knebel et al. 2013; Lübbert/Ahlswede 2008). P&T könnte somit eine Möglichkeit sein, das benötigte Volumen für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle zu verringern. Bislang lag der wissenschaftliche Fokus bei P&T auf technischen Machbarkeitsstudien. In einem interdisziplinären Forschungsprojekt wurden nun erstmals auch die gesellschaftlichen Implikationen dieser technologischen Anwendungen untersucht. Anhand von vier Szenarien (Abstinenz, Forschungspartizipation, Europäische Systempartizipation, Anwendung in Deutschland) werden im Folgenden Chancen und Risiken von P&T beschrieben und potenzielle Handlungsmöglichkeiten sowie Kommunikationsempfehlungen formuliert.<sup>1</sup>**

*Heat-generating high-level radioactive waste is potentially dangerous for a very long time. It has to be stored in a high security repository, which doesn't exist today in Germany. The technology of Partitioning and Transmutation (P&T), which is to convert part of the longlived high-level radioactive substances contained in the spent fuel rods into shorter-lived fission products (Knebel et al. 2013; Lübbert/Ahlswede 2008), is currently under research and development. It could be one way of reducing the long-term hazard potential of heat-producing waste. Until recently, technical aspects dominate the scientific debate about P&T. Social implications of P&T were now at the*

*center of an interdisciplinary research project using scenario techniques. This article describes four societal development scenarios (abstinence, research participation, European systems participation, application in Germany) with different chances and risks of P&T and gives recommendations for future action and communication.*

Die zivile Nutzung der Kernenergie ist in Deutschland seit Jahrzehnten umstritten. Einerseits stützen sich die Befürworter der Kernenergie auf die gesetzlichen Vorgaben zur Sicherheit von Kernkraftwerken (Atomgesetz<sup>2</sup>, StrlSchV<sup>3</sup>) sowie die geringe Eintrittswahrscheinlichkeit eines schwerwiegenden Unfalls (Größter Anzunehmender Unfall – GAU) in deutschen Kernkraftwerken (Deutsches Atomforum 2012; Informationskreis Kernenergie 2007, S. 52ff.). Andererseits heben Skeptiker die Unbeherrschbarkeit dieser Technik, die ubiquitären und persistenten Folgen von freigesetzter ionisierender Strahlung sowie das Katastrophenpotenzial freigesetzter Radionuklide hervor. Letzteres hat sich nach dem Reaktorunglück von Tschernobyl im Jahre 1986 in den Köpfen der Bürgerinnen und Bürger verfestigt und wurde der Weltöffentlichkeit durch den Unfall in Fukushima im März 2011 erneut vor Augen geführt (Renn/Gallego Carrera 2015; Gallego Carrera/Hampel 2013).

Problematisch ist auch die gesellschaftlich ungelöste Frage der Endlagerung des wärmeentwickelnden Abfalls. Neben dem wahrgenommenen Katastrophenpotenzial ist dieser Punkt für die gesellschaftliche Bewertung der Kernenergie besonders relevant, denn viele Bürgerinnen und Bürger in Deutschland sind der Ansicht, dass der radioaktive Abfall nicht sicher gelagert werden kann (EC 2010; Kals/Sirrenberg 2012; Zwick/Renn 2002; Ruddat 2009).

Die Thematik der Endlagerung radioaktiver Abfälle steht in vielen westlichen Industrienationen bereits seit den frühen 1950er Jahren auf der Agenda. Nahezu genauso alt ist auch der Konflikt um die Endlagerung radioaktiver Abfälle, der insbesondere in Deutschland unter Beteiligung einer Vielzahl von Akteuren mit divergierenden Interessenslagen zu höchst kontroversen Debatten geführt hat (Gallego Carrera 2013b, S. 99ff.). Kennzeichnend für diese kontroversen Debatten ist u. a. die Form der Kommunikation,

die von den beteiligten Akteuren bis dato verfolgt wurde. Bis weit in die 1980er Jahre hinein war die Kommunikation in der Endlagerdebatte einseitig geprägt, da Behörden und Wissenschaftler unter Zuhilfenahme von Wahrscheinlichkeitsrechnungen die Bevölkerung informierten. Ziel dieser Art von Kommunikation war es, die Bürger über spezifische Sachverhalte in Kenntnis zu setzen – ein Rückkopplungsprozess seitens der Bevölkerung war nicht geplant. Nach dieser „Informationsphase“ folgte eine Phase, die sich durch „erzieherische“ Komponenten auszeichnete. Informationen wurden hierbei mit Warnungen und Mahnungen versehen, die entsprechende Verhaltensweisen erzeugen sollten (Renn/Gallego Carrera 2010, S. 85f.).

Sowohl die erste als auch die zweite Phase der Kommunikation sprachen dem Bürger jegliche Form von „Mündigkeit“ ab<sup>4</sup>. Erst in jüngster Zeit, in der dritten Phase, können Anzeichen einer Zwei-Wege-Kommunikation und damit auch der Zuspruch zur „Mündigkeit“ des Bürgers erkannt werden. Aktive Teilhabe am Austauschprozess sowie Gestaltung und Bewertung von Entscheidungen sind wesentliche Bestandteile einer Zwei-Wege-Kommunikation. Das Ziel dieser Kommunikationsform ist es, mittels einer umfassenden Problemrahmung sowie gegenseitiger Lernbereitschaft Vertrauen zwischen den einzelnen Akteuren aufzubauen und somit die Grundlage für eine allgemein akzeptierte Entscheidungsfindung zu legen (Renn/Gallego Carrera 2010, S. 87f.).

Eine Zwei-Wege-Kommunikation setzt somit immer Akteure voraus, die einen Sachverhalt regelgeleitet und möglichst diskursiv erörtern. Doch wie kann solch eine Kommunikation in dem konfliktbehafteten Technikfeld der Kernenergie überhaupt angewendet bzw. wie kann sie unter verschiedenen zukünftigen Rahmenbedingungen umgesetzt werden, speziell wenn das kerntechnische Verfahren in der Bevölkerung kaum bekannt ist? Dieser Frage gehen wir nachstehend am Beispiel der Anwendung von P&T-Verfahren in vier potenziellen Zukunfts-Szenarien nach.

## 1 Chancen und Risiken von P&T

Verfahren der Partitionierung und Transmutation (P&T) werden seit den 1970er Jahren sowohl in

Europa als auch im außereuropäischen Ausland erforscht (Feder 2009; Knebel/Salvatores 2011). Bislang bezogen sich diese Forschungsaktivitäten in erster Linie auf naturwissenschaftlich-technische Arbeiten mit dem Ziel, die Machbarkeit und Eignung der P&T-Verfahren zu prüfen und zu demonstrieren. Hierbei wurde unter anderem der Frage nachgegangen, ob bzw. inwieweit P&T das Gefährdungspotenzial von radioaktiven Abfällen verringern kann. Insbesondere die Möglichkeit, das Gefährdungspotenzial im späteren Zeitverlauf der abklingenden Radioaktivität signifikant zu verringern, erscheint in Zeiten, in denen aus langzeit-sicherheitstechnischen Gründen die Endlagerung hochradioaktiver Brennstäbe von ca. einer Million Jahre als Referenzgröße gilt (AkEnd 2002, S. 96; DAEF 2014), als erstrebenswert.

Während europaweit bereits mehrere Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle<sup>5</sup> existieren und auch in Deutschland mit der Errichtung des Endlagers Konrad (Salzgitter) eine Endlagerstätte für vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle gebaut wird, ist bislang weltweit noch kein Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle in Betrieb. Eine Lösung ist hierfür jedoch besonders wichtig, da wärmeentwickelnde Abfälle 99 Prozent der gesamten Radioaktivität aller Abfälle enthalten (BfS 2012). Die Lösung für die Endlagerung von wärmeentwickelnden Abfällen drohte bislang weniger an wissenschaftlich-technischen Aspekten der Endlagerung zu scheitern als an gesellschaftlichen Widerständen (Hocke/Grünwald 2006, S. 14).

Im Falle von P&T lassen sich im Wesentlichen drei Konfliktlinien aufzeigen:

1. *Bewertungskonflikt*: Diese Konfliktart ist klassischerweise in der Wissenschaft angesiedelt und bezieht sich auf widersprüchliche Bewertungen faktischer Grundlagen (Nennen/Garbe 1996).
2. *Wertekonflikt*: Dieser Konflikt beruht auf der Frage nach der Legitimation von Entscheidungskompetenzen und -befugnissen sowie auf nicht erfüllten Gerechtigkeitsansprüchen. Die Bürgerinnen und Bürger verfügen über ein gewandeltes Selbstverständnis und klagen ihr Mitspracherecht bei Entscheidungen, die sie betreffen, verstärkt ein (Gallego Carrera 2013a; Ruddat/Renn 2012).

3. *Verteilungskonflikt*: Dieser Konflikt bezieht sich auf die Frage, wer einen Nutzen bzw. ein Risiko aus der Nutzung von P&T hat.

Angesichts dieses potenziellen Konfliktausmaßes scheint die Berücksichtigung gesellschaftlicher Implikationen der P&T-Forschung bzw. -Anwendung eine wesentliche Ermessensgrundlage für politische Entscheidungen zu sein. Denn nicht alles, was technisch machbar ist, ist auch gleichzeitig gesellschaftlich akzeptabel. Die deutsche Bundesregierung steht vor der Entscheidung, ob und inwieweit P&T-Verfahren ein Baustein der nationalen nuklearen Entsorgungsstrategie sein könnte. In diesem Abwägungsprozess müssen technische bzw. sicherheitstechnische, ökologische, ökonomische und soziale Chancen und Risiken des Verfahrens berücksichtigt werden. Mögliche Chancen können z. B. in der schnelleren Abnahme der gesamten Radioaktivität und der Reduktion des Endlagervolumens für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle liegen, aber auch im Kompetenzerhalt im Bereich der Kernenergie (acatech 2011). Als potenzielle Risiken sind beispielsweise das neu hinzukommende Ökotoxizitätspotenzial durch die P&T-Anlagen für Mensch und Umwelt sowie der Zeitrahmen und die Kosten des Anlagenbaus, -betriebs und -rückbaus (Lübbert/Ahlswede 2008) zu nennen. Die begrenzte Auswirkung von P&T auf die Endlagergröße ist ebenso in Betracht zu ziehen wie die Frage nach den Einstellungen der Standortbevölkerung gegenüber dem Bau von P&T-Anlagen.

Aus diesem Grund hatten das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ein interdisziplinäres Forschungsprojekt in Auftrag gegeben, um die technischen und gesellschaftlichen Chancen und Risiken von P&T anhand von Szenarien zu untersuchen. Das übergeordnete Ziel war es, eine sachgerechte und ausgewogene Grundlage zur Entscheidungsfindung bezüglich der zukünftigen Positionierung Deutschlands in Fragen der P&T-Forschung zu erarbeiten.<sup>6</sup> Im Folgenden werden basierend auf den Forschungsergebnissen die vier wesentlichen Entwicklungspfade für P&T in Deutschland skizziert und abschließend Handlungsempfehlungen und Kommunikationsstrategien für den zukünftigen Umgang mit P&T dargestellt.

## 2 Mögliche Szenarien von P&T in Deutschland

Grundlage für die Projektarbeit waren insgesamt vier gesellschaftliche Entwicklungsszenarien (sog. Basis-Szenarien)<sup>7</sup>. Die zentralen Merkmale (Deskriptoren) der Basis-Szenarien waren die Chancen und Risiken, welche mit P&T verbunden werden. Hierbei bildeten die Szenarien den Zeitraum von 2012 (Startjahr) bis 2150 (Zieljahr) ab, wobei der Ausstieg aus der Kernenergienutzung in Deutschland als Voraussetzung galt.

Im *Basis-Szenario 1* („*Abstinenz*“) wird P&T in und von Deutschland nicht betrieben. Dieses Szenario dient als Bezugspunkt (Referenz-Szenario) für den Vergleich mit anderen Szenarien. Im *Basis-Szenario 2* („*Forschungspartizipation*“) betreibt Deutschland nationale Forschung im Rahmen europäischer Forschungsinitiativen und beteiligt sich an europäischen sowie internationalen Forschungsprogrammen. Im Land selbst werden jedoch keine eigenen P&T-Anlagen gebaut.

Im *Basis-Szenario 3* („*Europäische Systempartizipation*“) betreibt Deutschland ein nationales Forschungsprogramm und beteiligt sich sowohl aktiv an internationalen Forschungsprogrammen als auch an europäischen Initiativen zur Errichtung von P&T-Anlagen. Im Land selbst werden jedoch wie im Szenario „Forschungspartizipation“ keine eigenen P&T-Anlagen gebaut. Im *Basis-Szenario 4* („*Anwendung in Deutschland*“) schließlich wird P&T in Deutschland aktiv als ein Teil der Endlagerstrategie betrieben.

Die skizzierten Basis-Szenarien wurden auf der Grundlage eines breiten Methodenmixes um gesellschaftliche Entwicklungspfade erweitert. Dies beinhaltete eine umfangreiche Literaturrecherche zur systematischen Erfassung der Deskriptoren, die Diskussion einer bewussten Auswahl dieser Deskriptoren auf einem Expertenworkshop im November 2012 in Berlin sowie die Chancen-Risiko-Abschätzung im Rahmen eines Gruppendelphi (vgl. Webler et. al 1991). Außerdem wurden Leitfadenterviews mit Vertretern von Umweltschutzgruppen und Bürgerbewegungen zu Chancen und Risiken von P&T durchgeführt sowie Gutachten zu den ökonomischen, ökologischen und juristischen Aspekten von P&T in Auftrag gegeben, deren Ergebnisse ebenfalls in die Szenariobildung eingingen.<sup>8</sup> Allerdings muss

einschränkend gesagt werden, dass trotz dieses systematischen, multimethodischen Vorgehens aufgrund des langen Zeithorizonts sowie der vielfältigen möglichen Entwicklungen bedeutende Unsicherheiten in der Bewertung gesellschaftlicher Optionen der P&T-Nutzung verbleiben.<sup>9</sup> Die vier Szenarien lassen sich wie folgt skizzieren.<sup>10</sup>

### 2.1 Abstinenz

Im Szenario „Abstinenz“ wird das P&T-Verfahren gar nicht auf die bis zum Ausstieg anfallenden abgebrannten Brennstoffe angewandt. Für dieses Szenario können die Mengen an wärmentwickelnden, radioaktiven Abfällen, die in einem Endlager in Deutschland entsorgt werden müssen, in sehr guter Annäherung bereits heute abgeschätzt werden.<sup>11</sup> Dieses Zukunftsbild dient als Bezugspunkt für den Vergleich mit anderen Szenarien (Referenz-Szenario).

Da im Referenz-Szenario keine P&T stattfindet, wirkt es sich nicht auf gesellschaftlich relevante Gesichtspunkte, wie z. B. das Ökotoxizitätspotenzial, die Akzeptanz gegenüber P&T-Anlagen sowie juristische Aspekte aus. Allerdings kommen in diesem Szenario ökonomische Aspekte besonders zum Tragen. Falls sich Deutschland nicht an P&T-Forschung und Entwicklung beteiligt, könnten einerseits die nicht anfallenden Forschungsausgaben für P&T im Rahmen der Energiewende in andere energiepolitische Projekte investiert werden, z. B. im Bereich erneuerbare Energien oder Netzausbau (Opportunitätskosten<sup>12</sup>). Andererseits ist dann jedoch eine Drittmittelwerbung für P&T insbesondere durch Förderinstrumente von EURATOM nicht mehr möglich. Außerdem ist von indirekten ökonomischen Nachteilen durch Arbeitsplatz- und Kompetenzverlust im nukleartechnischen Bereich und insbesondere in Reaktorsicherheitsfragen auszugehen. Eine Abwanderung von international anerkannten Fachkräften und Wissenschaftlern ins Ausland ist hierbei sehr wahrscheinlich. Daraus resultiert eine verminderte Kompetenz in nukleartechnischen Fragen im Inland und damit einhergehend ein etwaiger Verlust an Mitgestaltungsmöglichkeiten in internationalen Gremien wie der International Atomic Energy Agency (IAEA) oder der Nuclear Energy Agency (NEA). Zudem

könnte die Abstinenzstrategie eine künftige Beteiligung an einer europäischen Lösung für P&T-Anlagen unmöglich machen.

## 2.2 Forschungspartizipation

Im Szenario „Forschungspartizipation“ investiert Deutschland sowohl im nationalen als auch im europäischen Rahmen (solange keine endgültige Entscheidung über die Durchführung oder den Verzicht auf das P&T-Verfahren getroffen wurde) in Forschung und Entwicklung. Diese Arbeiten sollen helfen, die anstehenden Herausforderungen besser zu verstehen sowie Nutzen und Risiken einer möglichen Weiterverfolgung von P&T abzuschätzen. Auf die in Deutschland zu entsorgenden Abfallmengen hat dieses Szenario zunächst keine Auswirkungen.

Dieses Szenario birgt gesellschaftlich gesehen voraussichtlich die meisten Chancen, während die Risiken gleichzeitig minimiert werden. Forschung und Entwicklung werden in der deutschen Bevölkerung prinzipiell eher wohlwollend aufgenommen, weshalb nur von vereinzelten Widerständen auszugehen ist. Insofern würde P&T seitens der Medien eher positiv bewertet werden, da in diesem Szenario Deutschland die Kompetenz behält, um eigenständige Beurteilungen der Sicherheit ausländischer P&T-Anlagen vorzunehmen und in internationalen Gremien wie der IAEA oder OECD/NEA mitzuwirken. Die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen in Deutschland sind weitgehend vernachlässigbar. Allerdings ergeben sich indirekte positive ökonomische Effekte, die sich im Kompetenz- und Arbeitsplatzverlust sowie in potenziellen zukünftigen Handlungsoptionen ausdrücken.

## 2.3 Europäische Systempartizipation

Im Szenario „Europäische Systempartizipation“ beteiligt sich Deutschland nicht nur an europäischen Forschungsvorhaben, sondern auch an großtechnischen P&T-Anlagen auf europäischer Ebene. Dieser Ansatz erfordert eine enge Zusammenarbeit mit anderen europäischen Ländern innerhalb eines klar definierten normativen Rahmens und ermöglicht eine gemeinsame Ent-

wicklung, Errichtung, F&E-Nutzung und den gemeinsamen Betrieb von europäischen Anlagen. Die technischen Analysen zeigen, dass eine wesentliche Verringerung des Aufkommens wärmeentwickelnder Abfälle, der thermischen Leistung und der Gesamtaktivität durch die Anwendung von P&T im europäischen Maßstab erfolgen kann. Allerdings ist wegen der bereits verglasten Abfälle aus der Wiederaufarbeitung, die nicht weiter behandelt werden sollen, der Effekt für ein Endlager in Deutschland begrenzt.

Durch ein solches Szenario, in dem europäische Länder die Anlagen gemeinsam nutzen und deren Kosten teilen, ergeben sich einige Chancen. Mögliche Vorteile für Deutschland liegen z. B. in geringeren Investitionskosten, anteiligen Stilllegungskosten und Anteilen an den Forschungs- und Entwicklungskosten sowie im Verzicht auf den Bau neuer Anlagen innerhalb Deutschlands. Problematisch könnte der damit verbundene Eindruck sein, dass sich Deutschland damit an den nuklearen Zielen der anderen europäischen Staaten indirekt beteiligt, wie etwa dem weiteren Ausbau der Kernenergie in Europa oder der Nutzung der in der Phase der Partitionierung gewonnenen Kernbrennstoffe für neue Reaktoren. Diese Ziele sind mit denen des deutschen Kernenergieausstiegs nicht vereinbar.

Für den Fall, dass eine oder mehrere europäische Anlagen errichtet werden, in denen auch deutsche Abfälle behandelt werden, muss ein entsprechender Transport der Abfälle dorthin gewährleistet werden. Transporte bedeuten immer auch zusätzliche Unfall- und Emissionsrisiken und vor allem Widerstände in der Bevölkerung. Wenn allerdings mit diesen Transporten eine wesentliche Entlastung in der Entsorgung radioaktiver Abfälle in Deutschland verbunden wäre, kann ein solcher Transport auch der Bevölkerung vermittelbar sein.

Im Vergleich zur Anwendung von P&T in Deutschland bestehen im europäischen Szenario gesellschaftliche Chancen für die Realisierung von P&T. Je nach Standort der Anlage(n) jenseits der deutschen Landesgrenzen kann in Deutschland mit moderater Akzeptanz gerechnet werden. Die deutschen Medien werden wahrscheinlich – wenn überhaupt – tendenziell negativ über Planung, Bau und Betrieb berichten. Allerdings spielt

für Häufigkeit und Tendenz eine Rolle, ob die Anlage(n) im Hinblick auf Deutschland grenznah- oder grenzfern gebaut werden. Durch die Aufteilung der Kosten auf mehrere Länder werden die finanziellen Belastungen aufgeteilt und sind somit eher tragbar. Allerdings können durch erhöhten Abstimmungs- und Koordinationsbedarf in der Auftragsvergabe auch erhebliche Mehrkosten für Bau und Inbetriebnahme der P&T-Anlage(n) anfallen. Das Ökotoxizitätspotenzial, das die deutsche Bevölkerung betrifft, fällt geringer aus, sofern die P&T-Anlage(n) nicht grenznah gebaut werden. Die Beteiligung an europäischen Forschungsaktivitäten ermöglicht den Kompetenzerhalt in der Reaktorphysik und Anlagensicherheit in Deutschland sowie für Technologien im Bereich der Hochtemperaturanwendungen und sichert Deutschland hierdurch auch in Zukunft die Kompetenz zur unabhängigen sicherheitstechnischen Beurteilung ausländischer P&T-Anlagen.

## 2.4 Anwendung von P&T in Deutschland

Im Szenario „Anwendung von P&T in Deutschland“ wird mindestens eine P&T-Anlage in Deutschland gebaut und betrieben.<sup>13</sup> Dieses Szenario schließt die Entwicklung und Errichtung aller erforderlichen Anlagen (Partitionierung abgebrannter Brennstoffe, Fabrikations- und Transmutationsanlagen usw.) ein. Dabei sind verschiedene technische Optionen zu berücksichtigen. Wie im Szenario „Europäische Systempartizipation“ kann sich das Aufkommen wärmeentwickelnder Abfälle, die thermische Leistung und die Gesamtaktivität in Folge von P&T signifikant verringern. Allerdings ist wegen der bereits verglasten Abfälle, die nicht weiter behandelt werden sollen, der Effekt begrenzt.

Auf der gesellschaftlichen Ebene spricht wenig für eine isolierte Anwendung von P&T in Deutschland. Die Akzeptanz für den Neubau von P&T-Anlagen durch potenzielle Anlagenstandortgemeinden sowie durch die deutsche Bevölkerung im Allgemeinen kann als gering eingestuft werden. Skeptische Medienberichte können dieses negative Meinungsbild verstärken. Für Mensch und Umwelt bestehen aufgrund des radiologischen sowie nicht-radiologischen Ökotoxizitätspotenzials von P&T-Anlagen zu-

sätzliche Risiken. Aufgrund der relativ geringen Abfallmengen wird sich aus ökonomischer Sicht der Bau und Betrieb von einer oder mehreren P&T-Anlage(n) in Deutschland vermutlich nicht rechnen. Positiv anzumerken ist, dass der Betrieb einer P&T-Anlage in Deutschland den inländischen Kompetenzerhalt in der Reaktorphysik und Anlagensicherheit unterstützt, indem spezifische Konzepte für P&T entwickelt werden, die mit dem Ausstiegsbeschluss aus der Kernenergie vereinbar sind. Grundsätzlich sind auch verschiedene Kombinationen aus den Szenarien „Europäische Systempartizipation“ und „Anwendung von P&T in Deutschland“ vorstellbar, in denen Teile der Prozesse in Europa zusammengefasst werden, manche Anlagen aber national betrieben werden. Dieses Vorgehen wurde bereits in der Vergangenheit bei der Trennung von Wiederaufarbeitung (international) und Reaktorbetrieb (national) genutzt.

## 3 Fazit und Empfehlungen zur Risikokommunikation

Im Hinblick auf den Titel des Beitrages und die Frage, ob P&T eine kerntechnische Zukunftsoption ist, kann anhand der Szenarien postuliert werden, dass die Verbindung von *Forschungsszenario* und *Europäischer Systempartizipation* eine attraktive Variante darstellt. Durch intensivere Forschung könnten die Chancen und Risiken von P&T genauer überprüft und neue Kenntnisse gewonnen werden. Momentan ist aber noch nicht absehbar, ob, bzw. inwieweit andere europäische Staaten auf lange Sicht in den Erhalt oder sogar in die Ausweitung nuklearer Stromerzeugung investieren und dabei auch speziell P&T-Anlagen als Teil ihrer Strategien integrieren. Außerdem bleibt offen, welche Fortschritte es bei P&T hinsichtlich der Effektivität und Effizienz geben wird. Wie der Stand der Technik aussehen wird, wenn ein Endlager in Deutschland oder in einem anderen europäischen Land in Betrieb gehen wird, lässt sich jetzt kaum vorhersagen. Es ist jedoch zu erwarten, dass die Leistungsfähigkeit von P&T in der Zukunft ansteigt. Deshalb erscheint für einen Zeitraum von beispielsweise 10 bis 15 Jahren eine Kontinuität im bestehenden Forschungsprogramm, verbunden mit dem

potenziellen Ziel der Integration in ein europäisches Forschungsprogramm und der Prüfung einer europäischen Beteiligung, denkbar. Durch dieses zeitlich gestaffelte Vorgehen könnten die Vorteile beider Optionen (Kompetenzerhalt bzw. zukünftige Nutzung von P&T sowie Risikominimierung) verbunden werden.

Im Hinblick auf die *Risikokommunikation* kann gesagt werden, dass diese als ein sich wandelnder Prozess zu betrachten ist, der sich im Laufe des Verfahrens verändern und weiterentwickeln kann. Bei Nutzung von P&T sollte es die primäre Aufgabe sein, Austauschprozesse anzustoßen und den Informationsfluss unter den divergierenden Akteuren aufrecht zu erhalten. Hierbei sollten sowohl die Rahmenbedingungen, unter denen die Kommunikation stattfindet, objektive und subjektive Wissensbestände und Erfahrungen sowie die Werte und Wünsche der Akteure offen kommuniziert und berücksichtigt werden. Ziel sollte es sein, alle interessierten und beteiligten Akteure auf der Basis von Sachinformationen und eigenen Wertvorstellungen dazu in die Lage zu versetzen, ein rational begründbares Urteil über den Umgang mit P&T zu treffen. Einige allgemeine Regeln der Kommunikationsführung<sup>14</sup> können hier sowohl für das Szenario *Forschungspartizipation* als auch für das Szenario *Europäische Systemintegration* mit bedacht werden (vgl. Gallego Carrera 2014, S. 15ff.):

#### 1. Ausgangslage analysieren

In einem ersten Schritt bedarf es der Analyse der Ausgangslage. Fragestellungen, die es zu klären gilt, sind beispielsweise: Welche Akteure sind in die Kommunikation einzubinden? Welche Bedürfnisse und Problemdefinitionen liegen vor und unter welchen Rahmenbedingungen wird die Kommunikation stattfinden?

#### 2. Zielgruppen identifizieren

Bei der Zielgruppendefinition liegt das Augenmerk auf der von einer Entscheidung betroffenen Bevölkerung sowie auf die Meinungsführer aus Wirtschaft, Politik und (organisierter) Zivilgesellschaft.

#### 3. Kommunikationsregeln festlegen

Zu Beginn einer Kommunikation sind die Kommunikationsregeln festzulegen und anzuerkennen.

#### 4. Ziele formulieren

Klare Etappen und Ziele der Kommunikation mit etwaigen Rückschrittmöglichkeiten, die sich beispielsweise aufgrund von Lernprozessen ergeben, sind zu etablieren und bereits zu Beginn des Kommunikationsprozesses zu formulieren.

#### 5. Kommunikationsinhalte formulieren

Das Auffinden eines Mittelmaßes zwischen Verständnis und Komplexität ist eine wichtige Voraussetzung, um Kommunikationsinhalte zielgruppenspezifisch passend zu formulieren. Oberste Priorität sollte die Verständlichkeit der Kommunikationsinhalte für alle haben.

#### 6. Kommunikationsmittel wählen

Die Kombination und Qualität der Kommunikationsmittel ist ausschlaggebend für eine gelingende Kommunikation. Die Mittel müssen hierbei an die Rahmenbedingungen angepasst, akteurspezifisch und zielorientiert eingesetzt werden.<sup>15</sup>

#### 7. Ablauf der Kommunikation festlegen

Der Ablauf der Kommunikation sollte schrittweise erfolgen und immer in Bezug auf die zur Verfügung stehenden Ressourcen realistisch und umsetzbar sein. Die Kommunikation sollte hierbei flexibel und zielgruppenspezifisch sein, um etwaige nötige Anpassungsschritte vornehmen zu können. Das Setzen von sog. „Milestones“ hilft dabei, das Ziel in realistischen Etappen zu erreichen. Jede Kommunikationshandlung sollte das Ziel verfolgen, Vertrauen herzustellen und zu wahren.

Sowohl im Szenario *Forschungspartizipation* als auch im Szenario *Europäische Systemintegration* ist somit eine proaktive Kommunikation anzuraten. Dies bedeutet, dass eine Kommunikation bereits bei Initiierung, Planung und Umsetzung des Vorhabens kontinuierlich durchgeführt werden sollte. Anbieten würden sich z. B. gezielte Informationen der Öffentlichkeit oder das Angebot eines verstetigten Gesprächsaustausches mit unterschiedlichen Akteursgruppen, z. B. in Form von gemeinsamen Themen- und Diskussionsveranstaltungen. Im Falle des Szenarios *Forschungspartizipation* wird sicherlich eine intensivere und auf wechselseitigen Dialogen ausgerichtete Kommunikation mit der Standortbevölkerung durchgeführt werden müssen. Die

Tatsache, dass P&T in der breiten Bevölkerung kaum bekannt ist, erschwert es, eine gemeinsame Informationsgrundlage zu finden, von der aus die Kommunikation starten kann. Insofern ist im Falle des Szenarios *Forschungspartizipation* neben der Kommunikation mit der Standortbevölkerung insbesondere auch die Informationsarbeit für die interessierte und allgemeine Bevölkerung zu fokussieren. Informationen über Onlineplattformen der Bundesministerien oder eine gezielte Platzierung von Informationen in den Medien erscheinen daher sinnvoll.

Im *Europäischen Szenario* hängen die zu ergreifenden Kommunikationsmaßnahmen im großen Maße davon ab, ob die P&T-Anlagen grenznah oder grenzfern gebaut werden. Zweifellos müssen kommunikative Maßnahmen wesentlich intensiver ausfallen, je näher die Anlagen an der deutschen Grenze liegen. In diesem Fall wird das Interesse der Medien wie auch die direkte Betroffenheit der Bevölkerung deutlich höher ausfallen. Unerlässlich erscheint auch hier ein zweistufiges Vorgehen, das zum einen eine vertiefte Informationsarbeit vorsieht, zum anderen aber auch eine offene Dialogbereitschaft signalisiert.

Allgemein betrachtet gilt es festzuhalten, dass Entscheidungen, die die Lebenswelt der Bürgerinnen und Bürger beeinflussen, von diesen möglichst frühzeitig begleitet und vielfach auch aktiv mitgestaltet werden sollten. Zweiseitig ausgerichtete Kommunikationsprozesse bieten die Möglichkeit, Dialoge unter den Leitlinien der Transparenz, Problemadäquatheit, Fairness und argumentativen Nachvollziehbarkeit zu initiieren. Wie auch immer die Entwicklung von P&T in Deutschland sich vollziehen wird, sie kann nicht völlig losgelöst von der Gesellschaft erfolgen. Ein frühzeitiges Kommunikationsangebot an alle interessierten Akteure scheint daher geboten.

## Anmerkungen

- 1) Dieser Artikel basiert auf Ergebnissen des Forschungsprojekts „Gesellschaftliche Implikationen der Transmutations- und Partitionierungsforschung“ (kurz: GESI-PT). Das dem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen GE-SI2012B gefördert.
- 2) Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. Jg. 1985, Teil I, S. 1565ff.), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 20. April 2013 (BGBl. Jg. 2013, Teil I, S. 921ff.) geändert wurde.
- 3) StrlSchV ist die Abkürzung für die Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (BGBl. Jg. 2001, Teil I, S. 1714; Jg. 2002, Teil I, S. 1459), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. Jg. 2012, Teil I, S. 212ff.) geändert wurde).
- 4) Unter dem Begriff „Mündigkeit“ soll an dieser Stelle in Anlehnung an Renn et al. (2005, S. 11) die Fähigkeit bezeichnet werden, auf Basis der Kenntnis faktisch nachweisbarer Konsequenzen von Ereignissen eine persönliche Beurteilung der Ereignisse sowie derer Konsequenzen vornehmen zu können.
- 5) Zum Beispiel die Lager Loviisa und Olkiluoto in Finnland oder SFR Forsmark in Schweden.
- 6) Die Ergebnisse des Projekts „Gesellschaftliche Implikationen der Transmutations- und Partitionierungsforschung (GESI-PT)“ (Laufzeit: September 2012 bis Februar 2014) wurden in der acatech Studie „Partitionierung und Transmutation: Forschung – Entwicklung – Gesellschaftliche Implikationen“ zusammengefasst (Renn 2013). In einer acatech Position wurden aufbauend auf den Ergebnissen der acatech Studie Empfehlungen zum künftigen Umgang mit P&T an Akteure aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft gegeben (acatech 2014). Der vorliegende Artikel basiert auf zentralen Auszügen aus diesen beiden Publikationen.
- 7) Unter einem Szenario wird dabei ein mögliches Zukunftsbild verstanden, wie die Gesellschaft als Ganzes oder ein bestimmter Ausschnitt der Gesellschaft aussehen kann (Gausemeier et al. 1996).
- 8) Für Details zur Methodik Renn (2013, Kap. 8).
- 9) Alle vier Szenarien gehen davon aus, dass der Beschluss der Bundesregierung zum Ausstieg aus der Kernenergienutzung bis zum Jahre 2022 und zur Endlagerung von wärmeentwickelnden, hochradioaktiven Abfällen an einem Standort auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland weiterhin Bestand hat. Das bedeutet, dass eine Nutzung von Uran zur Energieerzeugung in Deutschland in den Szenarien nicht vorgesehen ist. Allerdings wird angenommen, dass andere europäische Staaten weiterhin Kernenergie als Energiequelle nutzen werden.
- 10) Ausführlich zu den Szenarien Renn (2013).

- 11) Das entspricht circa 28.000 Kubikmeter Bruttovolumen, d. h. benötigtes Endlagervolumen (Renn 2013, S. 66).
- 12) Unter Opportunitätskosten werden entgangene Gewinne verstanden, die aufgrund der Nicht-Nutzung einer Möglichkeit (Opportunität) entstehen.
- 13) Eine präzise Aussage über die genaue Zahl der P&T-Anlagen ist zum jetzigen Zeitpunkt aufgrund verbleibender Unsicherheiten nicht möglich. Die Anzahl wird unter anderem vom Stand der Technik zum Zeitpunkt der Anlagenplanung abhängen.
- 14) Diese Regeln können sowohl von den Behörden allgemein als auch von den Instanzen, die den Kommunikationsprozess durchführen (Mediatoren, Wissenschaftler etc.), angewendet werden.
- 15) So gibt es beispielsweise unterschiedliche Formate der Kommunikation je nach Adressat und Fragestellung. Will man ein möglichst breit gefächertes erstes Meinungsbild zu einem Thema haben, dann eignet sich die Methode „World-Café“ sehr gut. Will man themenspezifisches Hintergrundwissen zu einer konkreten Fragestellung detailliert aufarbeiten, so können Fokusgruppen durchgeführt werden. Will man hingegen ausschließlich informieren, so können Informationsflyer verteilt werden oder Informationssprechstunden abgehalten werden (weiterführend zu Kommunikationsformaten Steyaert et al. 2006).

## Literatur

*acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hg.)*, 2011: Den Ausstieg aus der Kernkraft sicher gestalten. Heidelberg

*acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hg.)*, 2014: Partitionierung und Transmutation nuklearer Abfälle: Chancen und Risiken in Forschung und Anwendung. München

*AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte*, 2002: Auswahlverfahren für Endlagerstandorte. Empfehlungen des AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte. Köln

*BfS – Bundesamt für Strahlenschutz*, 2012: Konrad – Deutschlands erstes nach Atomgesetz genehmigtes Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle. Konrad-Faltblatt; <http://www.endlager-konrad.de> (download 23.7.15)

*DAEF – Deutsche Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung*, 2014: Naturwissenschaftlich-technische und sozialwissenschaftliche Aspekte eines Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle in tiefen geologischen Formationen. K.-Drs. 81. Berlin

*Deutsches Atomforum*, 2012: Sichere Kernenergie; <http://www.kernenergie.de/kernenergie/themen/sicherheit/sichere-kernenergie.php> (download 18.2.13)

*EC – Europäische Kommission (Hg.)*, 2010: Europäer und nukleare Sicherheit. Bericht: Eurobarometer Spezial 324; [http://ec.europa.eu/public\\_opinion/archives/ebs/ebs\\_324\\_de.pdf](http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_324_de.pdf) (download 23.7.15)

*Feder, T.*, 2009: Need for Clean Energy, Waste Transmutation Revives Interest in Hybrid Fusion-fission Reactors. In: *Physics Today* 62/7 (2009), S. 24

*Gallego Carrera, D.*, 2013a: „Dialog statt Konfrontation. Bürgerbeteiligung beim Aus- und Umbau des Energiesystems“. In: *et – Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 63/3 (2013), S. 100–103

*Gallego Carrera, D.*, 2013b: Viele unterschiedliche Wege – ein gemeinsames Ziel. Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle. In: Müller, M.C.M. (Hg.): *Endlagersuche gemeinsam mit den Bürgern! Information, Konsultation, Dialog, Beteiligung. Loccumer Protokolle* 21/13 (2013), Rehbourg-Loccum, S. 99–120

*Gallego Carrera, D.*, 2014: Kommunikation bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle. In: Hilpert, J; Wist, S.-K. (Hg.): *Innovativ und Partizipativ. Einblicke in die Arbeit von DIALOGIK. Stuttgarter Beiträge zur Risiko- und Nachhaltigkeitsforschung Bd. 30.* Stuttgart, S. 15–24

*Gallego Carrera, D.; Hampel, J.*, 2013: „Die Situation der Kernenergie nach Fukushima – Wahrnehmung der Öffentlichkeit und politische Entscheide“. In: *Internationale Zeitschrift für Kernenergie* 58/3 (2013), S. 175–180

*Gausemeier, J.; Fink, A.; Schlake, O.*, 1996: *Szenario-Management – Planen und Führen mit Szenarien.* München

*Hocke, P.; Grunwald, A.*, 2006: *Wohin mit dem radioaktiven Abfall? Perspektiven für eine sozialwissenschaftliche Endlagerforschung.* Berlin

*Informationskreis Kernenergie (Hg.)*, 2007: *Kernenergie Basiswissen*; <http://www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/service/018basiswissen.pdf> (download 23.7.15)

*Kals, E.; Sirrenberg, M.*, 2012: „Ist Fukushima schon vergessen?“ In: *AGORA – Magazin der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt* 28/1 (2012), S. 14–15; [http://www.ku.de/fileadmin/190302/Agora/KU\\_Agora\\_2012-1\\_druck.pdf](http://www.ku.de/fileadmin/190302/Agora/KU_Agora_2012-1_druck.pdf) (download 23.7.15)

*Knebel, J.; Fazio, C.; Maschek, W. et al.*, 2013: Was tun mit dem nuklearen Abfall? In: *Spektrum der Wissenschaft* Februar 2013, S. 34–41; <http://www.spektrum.de/magazin/was-tun-mit-dem-nuklearen-abfall/1178937> (download 16.3.16)

*Knebel, J.; Salvatores, M.*, 2011: Partitioning & Transmutation (P&T). Hier die Fakten – Langfassung. In: Energie-Fakten vom 2. März 2011; <http://www.Energie-Fakten.de> (download 26.4.13)

*Lübbert, D.; Ahlswede, J.*, 2008: Transmutation radioaktiver Abfälle – Lösung der Endlagerproblematik? Wissenschaftliche Dienste, Deutscher Bundestag. Nr. 61/08. Berlin

*Nennen, H.-U.; Garbe, D.*, 1996: Das Expertendilemma: Zur Rolle wissenschaftlicher Gutachter in der öffentlichen Meinungsbildung. Berlin

*Renn, O. (Hg.)*, 2013: Partitionierung und Transmutation. Forschung – Entwicklung – Gesellschaftliche Implikationen. München

*Renn, O.; Carius, H.; Kastenholz, H. et al.*, 2005: EriK – Entwicklung eines mehrstufigen Verfahrens der Risikokommunikation. Akademie für Technikfolgenabschätzung. Stuttgart

*Renn, O.; Gallego Carrera, D.*, 2010: Die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle: Plädoyer für eine sozial verträgliche und gerechte Standortbestimmung. In: Hocke, P.; Arens, G. (Hg.): Die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Gesellschaftliche Erwartungen und Anforderungen an die Langzeitsicherheit (Tagungsdokumentation zum Internationalen Endlagersymposium, Berlin 30.10.-01.11.2008), S. 85–95

*Renn, O.; Gallego Carrera, D.*, 2015: Welche Folgen hat der Kernkraftwerksunfall in Fukushima für die Bewertung von Kernenergieisiken? In: StrahlenschutzPRAXIS Zeitschrift für den sicheren Umgang mit ionisierender und nichtionisierender Strahlung 1 (2015), S. 45–47

*Ruddat, M.*, 2009: Kognitive Kompetenz zur Risikobewertung als Vorbedingung der Risikomündigkeit und ihre Bedeutung für die Risikokommunikation (Dissertation an der Fakultät Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der Universität Stuttgart)

*Ruddat, M.; Renn, O.*, 2012: Wie die Energiewende in Baden-Württemberg gelingen kann. In: et – Energie-wirtschaftliche Tagesfragen 11 (2012), S. 59–62

*Steyart, S.; Hervé, L.; Nentwich, M. (Hg.)*, 2006: Leitfaden partizipativer Verfahren. Ein Handbuch für die Praxis. Brüssel

*Webler, Th.; Levine, D.; Rakel, H. et al.*, 1991: The Group Delphi: A Novel Attempt at Reducing Uncertainty. In: Technological Forecasting and Social Change, 39/3 (1991), S. 253–63

*Zwick, M.M.; Renn, O.*, 2002: Wahrnehmung und Bewertung von Risiken – Ergebnisse des Risikosurvey Baden-Württemberg. Gemeinsamer Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung und der

Universität Stuttgart, Lehrstuhl Technik- und Umweltsoziologie. Stuttgart

### Kontakt

Dr. Michael Ruddat  
Zentrum für interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung (ZIRIUS)  
Universität Stuttgart  
Seidenstraße 36, 70174 Stuttgart  
E-Mail: [michael.ruddat@zirius.uni-stuttgart.de](mailto:michael.ruddat@zirius.uni-stuttgart.de)

