



# Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von Sicherheitsmanagement und -kultur

Bettina Brohmann, Melanie Mbah, Julia Neles

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Gefördert im  
Niedersächsischen Vorab der Volkswagenstiftung



**Niedersächsisches Ministerium  
für Wissenschaft und Kultur**

Förderkennzeichen: 02E11849A-J

# Impressum

Mit dem Projekt TRANSENS wird erstmalig in Deutschland transdisziplinäre Forschung zur nuklearen Entsorgung in größerem Maßstab betrieben.

TRANSENS ist ein Verbundvorhaben, in dem 16 Institute bzw. Fachgebiete von neun deutschen und zwei Schweizer Universitäten und Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten. Das Vorhaben wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages und im Niedersächsischen Vorab der Volkswagenstiftung vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) von 2019 bis 2024 gefördert (FKZ 02E11849A-J).

TRANSENS lebt vom pluralen Austausch. Die TRANSENS-Berichte spiegeln die Meinung der Autor\*innen wider. Diese Meinungen müssen nicht mit den Meinungen anderer Beteiligter an TRANSENS übereinstimmen.

Kontakt: Julia Mareike Neles, Melanie Mbah, Öko-Institut e. V., [j.neles@oeko.de](mailto:j.neles@oeko.de) und [m.mbah@oeko.de](mailto:m.mbah@oeko.de)

TRANSENS-Bericht eingereicht am 04. Dezember 2023, veröffentlicht am 10. März 2024.

Reviews: Klaus-Jürgen Röhlig

Zitierweise: Brohmann, B.; Mbah, M.; Neles, J. (2024): Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von Sicherheitsmanagement und -kultur. Darmstadt, Freiburg TRANSENS-Bericht-14.

ISSN (online): 2747-4186;

DOI: 10.21268/20231218-0; (<https://doi.org/10.21268/20231218-0>)

Das Werk „Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von Sicherheitsmanagement und -kultur“ einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt und steht unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung – Nicht-kommerziell – Keine Bearbeitung 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0 DEED, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Von der vorgenannten Lizenz ausgenommen sind die in dem Werk zitierten Abbildungen 1, 2 und 3 gemäß Abbildungsverzeichnis sowie als solche gekennzeichnete Zitate. Diese werden nach der Zitatregelung in § 51 des Deutschen Urhebergesetzes (UrhG) verwendet.

Titelbild: TRANSENS

# Vorwort

Im Verbundprojekt TRANSENS wird von 2019 bis 2024 transdisziplinär zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland geforscht. Das Projekt umfasst vier Themenkorridore, sog. Transdisziplinäre Arbeitspakete (TAP) und wird von Forschungs- und Praxispartnern<sup>1</sup> gemeinsam getragen.

Diese Transdisziplinären Arbeitspakete fokussieren auf „Handlungsfähigkeit und Flexibilität in einem reversiblen Verfahren“ (HAFF), „Safety Case: Stakeholder-Perspektiven und Transdisziplinarität“ (SAFE), „Technik, Unsicherheiten, Komplexität und Vertrauen“ (TRUST) sowie auf „Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“ (DIPRO). Übergreifend werden die fachlich-inhaltlichen TAP von der Transdisziplinaritätsforschung durch die ETH Zürich begleitet und gestalten zudem zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses unterschiedliche Ausbildungsformate im transversalen Arbeitspaket EDU aus. Die zentralen Forschungsfragen, die im Transdisziplinären Arbeitspaket (TAP) SAFE<sup>2</sup> beantwortet werden sollen, lauten:

- „Welche Paradigmen, Gegenstände und Ergebnisse von Sicherheitsuntersuchungen werden von Stakeholdern und interessierten Laien als relevant angesehen?
- Führt ein transdisziplinärer Ansatz zu Änderungen oder Ergänzungen bezüglich der Gestaltung des Safety Case?
- Wie sollten diese Änderungen oder Ergänzungen ausgestaltet werden?“ (Röhlig 2019, S. 33).

Der vorliegende Bericht aus dem TAP SAFE vertieft und diskutiert im Sinne der dritten Forschungsfrage spezifische Aspekte des Sicherheitsmanagements in einem neu zu orientierenden Safety Case. Diese spezifischen Aspekte beziehen sich u.a. auf den Umgang mit dem „Faktor Mensch“, wie er in zwei vorlaufenden Arbeitsphasen des Verbundvorhabens im TAP SAFE transdisziplinär und interdisziplinär herausgearbeitet wurde (vgl. Muxlhanga et al. i. E.). Dabei rekurriert der hier vorliegende Bericht auch auf weitere bereits vorliegende Berichte und Diskurse des Verbundvorhabens, u.a. zu „Ungewissheiten“ (Eckhardt 2020) sowie zum Thema „Stressfaktor Mensch“ (Eckhardt 2021). Der Bericht „Ungewissheiten im Safety Case“ beruht auf einer umfangreichen Literaturrecherche und -analyse zur Adressierung unterschiedlicher Ungewissheiten im Safety Case und berücksichtigt Empfehlungen der International Atomic Energy Agency

---

<sup>1</sup> In diesem Bericht sind grundsätzlich alle Geschlechter angesprochen, wenn nicht explizit anders ausgewiesen. Zur Sichtbarkeit dessen werden neben der grammatikalisch männlichen Form („generisches Maskulinum“) das Gendern mit \* verwendet.

<sup>2</sup> In SAFE wirken Verbundpartner\*innen mit Td-Partner\*innen, also mit staatlichen, privatwirtschaftlichen und zivilgesellschaftlichen Akteuren sowie der interessierten Öffentlichkeit, zusammen. Diese TD-Partner\*innen sind sowohl als Expert\*innen und Interessierte punktuell als auch kontinuierlich wie z.B. die Arbeitsgruppe Bevölkerung (AGBe) in das Projekt TRANSENS involviert. Die AGBe setzt sich aus Bürger\*innen aus unterschiedlichen Regionen Deutschlands zusammen. Die Verbundpartner bei TRANSENS sind Institute bzw. Fachgebiete von neun deutschen und zwei Schweizer Universitäten und Forschungseinrichtungen. An SAFE beteiligen sich: TUC-ELS TU Clausthal, Institut für Endlagerforschung / Fachgebiet Endlagersysteme in Zusammenarbeit mit GRS, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit gGmbH; SAFE wird von Prof. Klaus-Jürgen Röhlig, TUC-ELS, geleitet; ETH-TdLab ETH Zürich, Transdisziplinaritäts-Laboratorium des Departments Umweltsystemwissenschaften; KIT-ITAS Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Karlsruhe; LUH-IRS Leibniz Universität Hannover, Institut für Radioökologie und Strahlenschutz; ÖI Öko-Institut e.V. Darmstadt; risicare risicare GmbH, Zürich; TUC-GEMS TU Clausthal, Institut für Endlagerforschung / Fachgebiet Geomechanik und multiphysikalische Systeme; UK-A&O Universität Kassel, Fachgebiet Arbeits- und Organisationspsychologie

(IAEA) und der Nuclear Energy Agency (NEA) der OECD. Diese werden im vorliegenden Bericht ebenfalls aufgegriffen und mit bestehenden Leitlinien und Praxiserfahrungen gespiegelt. Der TRANSENS-Bericht „Stressfaktor Mensch“ geht der Frage nach, ob man relevante Informationen für die Sicherheitsbewertung gewinnt, wenn man menschliche Faktoren und Aktivitäten vorausdenken könnte und die menschlichen Einflüsse auf die Langzeitsicherheit eines Endlagers genauer umreißen würde. In diesem Zusammenhang werden Szenarien und methodische Zugänge der Zukunftsforschung analysiert und in der Schlussfolgerung als sinnvoll und hilfreich zur Optimierung der Langzeitsicherheit eingeordnet. Der Umgang mit solchen Szenarien und damit verbundenem „neuen“ Wissen kann ein wichtiges Element für innovative Managementüberlegungen darstellen, wie sie der folgende Bericht versucht, zu umreißen.

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Zusammenfassung .....</i>                                                                                                              | <i>6</i>  |
| <i>1. Der Safety Case – ein sozio-technisches Verständnis .....</i>                                                                       | <i>8</i>  |
| <i>2. Aspekte eines (neuen) Sicherheitsmanagements .....</i>                                                                              | <i>10</i> |
| <i>3. Elemente und Anforderungen an ein Sicherheitsmanagement auf Basis der ESK-Leitlinie .....</i>                                       | <i>14</i> |
| <i>4. Kultur der Sicherheit als Managementbasis .....</i>                                                                                 | <i>18</i> |
| <i>5. Die Sicherheitskultur in der aufsichtlichen Praxis – ein Beispiel .....</i>                                                         | <i>21</i> |
| <i>6. Lernen innerhalb und zwischen Organisationen als Voraussetzung für ein innovatives und kooperatives Sicherheitsmanagement .....</i> | <i>24</i> |
| <i>7. Fazit .....</i>                                                                                                                     | <i>27</i> |
| <i>Literaturverzeichnis .....</i>                                                                                                         | <i>29</i> |
| <i>Abbildungsverzeichnis .....</i>                                                                                                        | <i>34</i> |

## Zusammenfassung

Ausgehend von der Bedeutung eines umfassenden sozio-technischen Verständnisses für Sicherheitsbetrachtungen und den daraus resultierenden Anforderungen an das Management bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle (im Folgenden auch „Entsorgungssystem“ genannt), wird im vorliegenden Beitrag die Ausgestaltung verschiedener – ausgewählter – Schnittstellen zwischen Akteuren des operativen Geschäfts, der Aufsicht und der Partizipation eines Endlagervorhabens diskutiert.

Entsprechend der Komplexität des Entsorgungssystems (Standortauswahlverfahren, Zwischenlagerung, Endlagerung (inkl. Bau, Betrieb und Verschluss)) weist dieses auch eine komplexe Akteursstruktur auf, wobei sich Rollen und Einfluss der beteiligten Institutionen in Abhängigkeit vom Fortschritt des Prozesses verändern. Neben den zwei „klassischen“ Rollen in einem Genehmigungsverfahren – Antragsteller und Genehmigungsbehörde – erfordert die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle ein funktionierendes Akteursnetz, das verschieden strukturierte Organisationen umfasst wie Betreiber, Genehmigungsbehörden, Bundesministerien als übergeordnete Aufsicht und politische Entscheider\*innen. Daneben sind auch wissenschaftliche Forschung und Consulting, (Bergbau)Firmen mit spezifischen Kompetenzen, regionale Behörden und Repräsentant\*innen, Medien sowie die Öffentlichkeit als kollektive (organisationale) und Einzel-Akteure zu berücksichtigen (vgl. Sailer et al. 2010). Diese genannten Akteure sind unterschiedlich – oder in manchen Fällen gar nicht – involviert in einem „klassischen Safety Case zur Langzeitsicherheit“ (Eckhardt 2020, S. 22), der das verschlossene Endlager als technisches System im Fokus hat.

Als Ausgangspunkt des vorliegenden Beitrags dienen die (vorrangig) in Deutschland formulierten Anforderungen an ein Sicherheitsmanagement und dessen umsetzungsbezogene Herausforderungen in der Managementpraxis sowie dessen mögliche Berücksichtigung in einem neu orientierten Safety Case (SC), der neben der Errichtung, dem Betrieb und der Stilllegung insbesondere das soziotechnische System und dessen Managementanforderungen in den Blick nimmt. Dieser neu orientierte SC umfasst die Beschreibungen und Nachweise u. a. von technischen Abläufen (und Managementschritten), die den jeweiligen Genehmigungsanträgen zugrunde gelegt werden. Weitere Anforderungen zu Management und organisatorischen Prozessen sind international entwickelt und formuliert worden (IAEA 2012 und NEA 2016) und müssten in nationales Recht konkretisiert übersetzt werden. Dabei können die o. g. Organisationen und Akteure in unterschiedlichem Umfang Einfluss auf den Safety Case nehmen bzw. von ihm betroffen sein. Deren Handeln wiederum findet in einem sich wandelnden soziokulturellen und politisch-regulatorischen Rahmen statt. Vor diesem Hintergrund sollten sich Managementsysteme entwickeln, die den Ansprüchen an Sicherheit und Transparenz über sehr lange Zeiträume hinweg gerecht werden können. So können Bundesministerien bspw. politische und regulatorische Vorgaben geben zu den Verfahrensschritten und zum Untersuchungsumfang, in denen ein Safety Case vorzulegen ist. Auch können sich Vorhabenträger und Aufsichtsbehörde gemeinsam auf einzuhaltende Standards einigen. Hierzu gibt es aktuell schon erste Ansätze für einen Austausch sowohl

auf nationaler als auch internationaler Ebene (Röhlig 2023; OECD<sup>3</sup>). Die wissenschaftliche Forschung trägt durch Beiträge zur Fortentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik bei, der bei der Erstellung des Safety Case zu berücksichtigen ist. Die beteiligten Organisationen und Akteure können indirekt als potenzielle Zielgruppen des Safety Case die Art und Zielgruppenorientierung der Dokumentation „beeinflussen“. Es ist zu fragen, wie sich weitere Schnittstellen und „Kooperationen“ aktiv gestalten lassen und welchen Mehrwert dies auf den verschiedenen Ebenen (von Sicherheit) generieren kann.

In dem bislang bekannten Umfang der Dokumentation des Safety Case – und im Verständnis von Entscheider\*innen im Verfahren – fehlen nach Auffassung der Autorinnen wichtige explizite Hinweise auf den vielfältigen Einfluss von Lernschritten – und die Berücksichtigung des menschlichen Faktors auf das dauerhaft angemessene Sicherheitsniveau des SC und des Entsorgungssystems. Ebenfalls diskussionswürdig erscheinen Rahmenbedingungen und Praxis bei der Umsetzung eines als notwendig angesehenen integrierten Managementsystems.

---

<sup>3</sup> [https://www.oecd-nea.org/jcms/pl\\_25229/expert-group-on-building-constructive-dialogues-between-regulators-and-implementers-in-developing-disposal-solutions-for-radioactive-waste-ridd](https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_25229/expert-group-on-building-constructive-dialogues-between-regulators-and-implementers-in-developing-disposal-solutions-for-radioactive-waste-ridd); letzter Zugriff am 11.01.2023.

# 1. Der Safety Case – ein sozio-technisches Verständnis

Der Safety Case (SC) zur Errichtung, zum Betrieb und der Stilllegung eines Endlagers sollte auch in seiner Funktion der Entscheidungsgrundlage als ein sozio-technisches System begriffen werden, das durch technische und soziale Bezüge und deren Interdependenzen geprägt wird. Sozio-technische Aspekte im Rahmen eines SC können auf sehr verschiedenen Ebenen sicherheitsgerichteten Handelns relevant werden. Sie sollten daher idealiter im Zuge eines modernen Organisations-, Kommunikations- oder Wissensmanagements bereits abgebildet werden.

Die IAEA (2012) beschreibt den SC als Sammlung von Argumenten auf sowohl wissenschaftlich-technischer Basis als auch auf administrativer, managementorientierter Basis, die dem Nachweis der Sicherheit des Endlagers als Teil des Entsorgungssystems dienen. Für die Standorteignung, die Auslegung, den Bau und den Betrieb sowie die Stilllegung der Anlage sind die radiologischen Risiken, die Angemessenheit und die Qualität aller Maßnahmen zu bewerten. Das Managementsystem (s. Abb. 1) ist einerseits Bestandteil des SC und beschreibt die Maßnahmen zur Umsetzung der Anforderungen, andererseits stellt es die Qualität des SC und seiner Dokumentation sicher und ist darüber hinaus selbst Objekt einer sicherheitsgerichteten Bewertung.

Eine der zentralen Aufgaben ist es dabei, das Zusammenspiel von naturwissenschaftlich-technischen, personellen und organisatorischen Faktoren zu gewährleisten. Soziale Prozesse in und zwischen Organisationen wie auch die gesellschaftliche Einbettung und daraus entstehende Rahmenbedingungen haben eine besondere Rolle in Bezug auf den SC (vgl. Eckhardt 2020). Hier spielen insbesondere Management-Aspekte zur Qualitätssicherung, wie auch das inter- und intraorganisationale Lernen - basierend auf der Organisationskultur - hinein. Dies schließt wiederum die Akteure und deren Schnittstellen ein.

So hebt Eckhardt (2020, S. 6) beispielsweise die Bedeutung von human factors (*menschliche Faktoren oder Einflussgrößen*<sup>4</sup>) sowie eine transparente und nachvollziehbare Kommunikation im SC hervor (vgl. Eckhardt 2020). Das Handeln von Akteuren innerhalb und zwischen Organisationen basiere auf zugrunde liegenden Informationen und deren Bewertung bzw. auch fehlender Information. Informationen könnten beispielsweise dann nicht genutzt werden, wenn die Ressourcen zur Informationsverarbeitung fehlen, bspw. wegen Überlastung, oder weil diese aufgrund einer Fehleinschätzung als irrelevant eingestuft wurden oder zurückgehalten werden (vgl. Eckhardt 2020). So kommt es innerhalb oder zwischen Organisationen zu unterschiedlichen Einschätzungen und Handlungen. Ein Hinweis darauf, dass dies auch im deutschen Standortauswahlverfahren ein wichtiger Aspekt ist, gibt nicht nur der in §1 Abs. 1 des StandAG formulierte Anspruch der Ausgestaltung des Verfahrens als selbsthinterfragend und lernend, sondern auch der

---

<sup>4</sup> Unter human factors (menschliche Faktoren) versteht man in der wissenschaftlichen Diskussion zu sozio-technischen Systemen psycho-soziale und kognitive Faktoren (z.B. Verhaltensaspekte oder Kommunikationsoptionen)

Hinweis auf die Qualitätssicherung in der Verordnung über Sicherheitsanforderungen und vorläufige Sicherheitsuntersuchungen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in den §§ 5 und 9. Wie diese Qualitätssicherung ausgestaltet werden kann, wird bspw. in der Schweiz Kernenergieanlagen durch die ENSI (2023) beschrieben. Hierbei wird die Rolle der Führung zur Schaffung einer Sicherheitskultur hervorgehoben, welche auf einer vertrauensvollen Zusammenarbeit und offenen Kommunikation beruht sowie eine aktive Einbindung aller Mitarbeitenden fördert, um Abweichungen und Fehler offen zu kommunizieren (ENSI 2023). In diesem Kontext stellt sich auch die Frage danach, wie sich Organisationen künftig entwickeln und welche Rolle diese einnehmen werden. Dies ist bspw. Gegenstand der Forschung zu Long-term Governance (Flüeler 2023; Mbah und Kuppler 2021; Kuppler und Hocke 2019).

Im Zusammenhang von Gestaltung und Governance diskutiert beispielsweise Eckhardt (2020) auch die der Sicherheit zugrundeliegenden Annahmen, Modelle und Szenarien. Dabei weist sie darauf hin, wie stark solche Szenarien als „voraussetzungsvolle Konstruktion der Zukunft“ (Eckhardt 2021, S. 10) von individuellen Annahmen und Beobachtungen, aber auch kollektiven Prozessen der Wissensgenerierung (mit damit verbundenen menschlichen Faktoren) beeinflusst sind. Über die Zeit treten neu gewonnene Erkenntnisse hinzu und müssen einerseits im Rahmen von Szenarien antizipiert und im Verlauf der Governance Praxis integriert werden. Hier sind verschiedene iterative Schritte erforderlich, um neu gewonnenes sozio-technisches Wissen einerseits und Managementanforderungen andererseits in einer angemessenen Sicherheitsstrategie (partizipativ) zu verbinden – wie dies die folgende Abbildung andeutet. Auf allen Ebenen spielt hier der menschliche Faktor individueller und kollektiver Erfahrungen und Kompetenzen eine wichtige Rolle.

Abbildung 1 Bestandteile eines Safety Case



Quelle: IAEA SSG-23, The Safety Case and Safety Assessment for the disposal of radioactive waste, 2012

Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur

## 2. Aspekte eines (neuen) Sicherheitsmanagements

Unter Sicherheitsmanagement verstehen die Autorinnen dieses Beitrags definierte, organisationsbezogene Prozesse, die dazu dienen, risikobasierte Entscheidungen zu treffen, um den Eintritt von spezifischen Risiken, wie zum Beispiel die Gefährdung am Arbeitsplatz und Störfälle, zu vermeiden, aber auch um die Motivation und Produktivität der Mitarbeitenden zu steigern oder Risiken in Bezug auf Arbeitsprozesse und Produktentwicklung zu vermeiden. Ein Sicherheitsmanagement beinhaltet daher administrative, operationale sowie kulturelle und verhaltensbezogene Elemente (Jazayeri 2017)<sup>5</sup>.

Für das Handeln von Akteuren insbesondere auch an Schnittstellen der Entsorgung ist bedeutend, dass grundsätzlich Werthaltungen und Interessenlagen das Einordnen von Informationen beeinflussen, zum Beispiel als relevant oder irrelevant (Grunwald 2007). Das bedeutet u.a., dass insbesondere prospektive Aussagen sensibel gegenüber bewussten und unbewussten Einflüssen durch Werthaltungen und Interessenlagen sind, weshalb die Entwicklung und Bewertung von SC diskursiv auszugestalten seien, um vielfältige Perspektiven einzubinden und somit die Qualität von Aussagen zu verbessern (Eckhardt 2020). Eckhardt (2020, S. 41) definiert vor diesem Hintergrund anthropogene Ungewissheiten als „fehlende Informationen darüber [...], wie sich von Menschen direkt oder indirekt verursachte Veränderungen von Umwelt und Gesellschaft auf die Sicherheit des Endlagersystems auswirken“. Aus handlungstheoretischer Perspektive konstituieren sich Handlungen und Strukturen wechselseitig (vgl. Giddens 1988; Löw et al. 2008; Weichhart 2008) und manifestieren sich auch in der Ausgestaltung des soziopolitischen Systems und seiner Organisationen-Landschaft, sowie in Organisationsstrukturen und organisationalen Kulturen, wie bspw. der Sicherheits- oder Fehlerkultur.

Sträter (2022) diskutiert, dass menschliche Faktoren auf den verschiedenen Ebenen der Organisation und des Managementsystems unterschiedlich bedeutsam und wirksam sind. Dazu gehören individuelle, organisatorische, normative und technische Aspekte, die - nach Sträter (2022, S. 151) - folgendermaßen zuzuordnen sind:

- (1) Individuelle kognitive Aspekte der Wahrnehmung und des Umgangs mit den Limitationen der menschlichen Informationsverarbeitung.
- (2) Organisatorische Aspekte zwischen den Ebenen hinsichtlich des Informationsflusses und der Transparenz im Falle von sicherheitskritischen Auseinandersetzungen.
- (3) Normative oder rechtliche Aspekte, welche alle rechtlichen und normativen Setzungen im Gesamtsystem umfassen und die so gestaltet sein müssen, dass insgesamt die Interaktion zwischen den Ebenen nicht beeinträchtigt wird.

---

<sup>5</sup> International wurden hierzu verschiedene Standards und Leitlinien entwickelt, u.a. die BS 8800 (British Standard for Safety Management 1996), die in die ISO 14000 Umweltmanagementsystem einging (neue Fassung 14001); zudem gibt es verschiedene Leitlinien zum Qualitätsmanagement ISO 9000, 9001, 9004 sowie die ISO 31000, die speziell das Risikomanagement adressiert.

(4) Kybernetische Aspekte<sup>6</sup> im Zusammenspiel aller Elemente des Gesamtsystems (technische und menschliche).

Innerhalb, aber auch zwischen diesen verschiedenen Ebenen kann es zu sicherheitsrelevanten Zielkonflikten kommen, die von den handelnden Personen – in ihren Organisationen – einen flexiblen zielbezogenen Umgang erfordern. Sträter (2022) weist in diesem Zusammenhang auf die Problematik eines rein aufgabenbezogenen Verhaltens hin, das mit festgelegten Routinen womöglich in Krisensituationen blockiert ist und für ein Sicherheitskonzept, das in bestimmten Situationen Flexibilität erfordert, dysfunktional erscheint.

Im Hinblick auf den Umgang mit Langfristperspektiven und dem Antizipieren möglicher Situationen in der Zukunft ist darüber hinaus zu beachten, dass das Prognostizieren von Verhalten und der Entwicklung komplexer Akteurssysteme auf lange Sicht nahezu unmöglich erscheint. Es sollten dennoch Überlegungen und Maßnahmen ins Sicherheitskonzept einfließen, und es wird diskutiert, wie mit Ungewissheiten umzugehen ist. Hierzu verweist beispielsweise Eckhardt (2020) auf das Heranziehen von historischen Analogien zur Abschätzung künftiger gesellschaftlicher Entwicklungen sowie auf bisherige Konstanten (und Routinen) in der Weitergabe von Informationen an zukünftige Generationen. Um möglichen Beschränkungen und Blockaden bei der Einbindung solcher neuer oder bisher unbekannter Informationen und Erfahrungen zu begegnen, wird u. a. der Anspruch selbsthinterfragender Systeme diskutiert, die in verschiedenen Managementmethoden – außerhalb und teilweise innerhalb des Entsorgungsbereichs – bereits Eingang in die Praxis gefunden haben (Sträter 2022).

Insbesondere der Kontext der Entsorgung ist – in seinem Gesamtsystem – von zahlreichen Ungewissheiten auf verschiedenen Ebenen (ökonomisch, sozial, politisch, aber auch technologisch und über die Zeit) geprägt und verweist damit auf die Notwendigkeit von Reflexion und dynamischer Anpassungsfähigkeit (vgl. Eckhardt et al. 2024), wie sie von der NEA/OECD (2016) bereits für eine innovative Sicherheitskultur formuliert wird. Dieser Notwendigkeit wird z. B. auch in anderen Prozessen, wie dem deutschen Standortauswahlverfahren, mit den Begriffen Lernen und Selbsthinterfragen Rechnung getragen. Im Zusammenhang mit Lernen werden hier als Voraussetzungen Reflexion, Kooperation und Partizipation genannt.

So entwickelte sich mit der Formulierung des StandAG (2013 und 2017) zur Auswahl eines geeigneten Endlagerstandortes in Deutschland erstmals eine breite Diskussion und Literatur zur Frage, was in diesem Kontext genau ein selbsthinterfragendes System ausmachen könnte und welche Herausforderungen des Lernens für verschiedene Akteure damit verbunden sind<sup>7</sup> – ähnlich wie dies auch für den Safety Case opportun wäre. Einschätzungen der Literatur über die im StandAG 2017 bestehenden Spielräume für

---

<sup>6</sup> Die Technische Kybernetik ist eine interdisziplinäre Ingenieurwissenschaft an der Schnittstelle zu den System- und Naturwissenschaften. Sie befasst sich mit der Modellierung, Simulation, Regelung und Steuerung technischer Systeme.

<sup>7</sup> Zweck des Gesetzes von 2013 war es, in einem „wissenschaftsbasierten und transparenten Verfahren“ einen Standort zu identifizieren. Mit der Novellierung 2017 wurden dann weitere Anforderungen formuliert und man erwartet ein „partizipatives, wissenschaftsbasiertes, transparentes, selbsthinterfragendes und lernendes Verfahren“ (StandAG 2017, § 1,2).

partizipative Lern- und Entscheidungsprozesse existieren jedoch erst ansatzweise (Brohmann et al. 2018). Dass solche Spielräume aber vorhanden sind, stellen Smeddinck und Roßegger (2013) bereits in ihrer Analyse von 2013 fest. Insofern kann man im Prozess der Standortauswahl – und auf seinen verschiedenen Managementebenen – mittlerweile eine selbsthinterfragende Praxis konstatieren (Grunwald 2022). Diese findet ihren Ausdruck in der kontinuierlichen Einbeziehung von Akteuren und dem Diskurs mit Stakeholdern, in dem nächste Schritte des Verfahrens, aber auch fachliche Entscheidungen partizipativ vorbereitet werden. Partizipative Lern- und Entscheidungsprozesse als Ausdruck eines selbsthinterfragenden Systems können somit grundsätzlich auf zwei Ebenen wirksam werden. Einerseits wirken sie im Kontext der Verfahrensgestaltung (z. B. Zusammensetzung der „Gremien“ bzw. der Einzubindenden, Abläufe und Meilensteine, Zuständigkeiten, Einfluss partizipativer Elemente auf die Entscheidungsfindung bzw. Entscheidung). Des Weiteren ist der Kontext fachlicher (wissenschaftlicher, technischer) Fragen der Projektplanung und Realisierung zu betrachten. Die Partizipationsliteratur zeigt einen breiten Konsens darüber, dass Partizipationsmaßnahmen gemeinsam von den Beteiligten gestaltet werden sollten, und zu einem entsprechend frühen Verfahrenszeitpunkt zu initiieren sind. Smeddinck et al. (2022), Elbe und Müller (2015) sowie Kuppler und Hocke (2019) verweisen in verschiedenen Beiträgen auf diverse Anforderungen an ein lernendes Verfahren.

So stellt der Anspruch, ein lernendes und selbsthinterfragendes Verfahren auszugestalten besondere Anforderungen an Transparenz und Partizipation, die Voraussetzung für ein Lernen sind (Mbah und Hocke 2022). Aufgrund der besonderen Bedeutung der Wissenschaft im Standortauswahlverfahren, ist hier auch ein Augenmerk auf gängige Praktiken des Lernens in der Wissenschaft zu legen und auf das Standortauswahlverfahren zu übertragen, wie z.B. die Leitlinien der DFG (2019) zur guten wissenschaftlichen Praxis und peer-review Verfahren (Geckeis und Brendler 2022).

Die partizipative Gestaltung von Verfahrensabläufen oder von Prozessen der Zusammenarbeit zwischen Verwaltung, Politik, zivilgesellschaftlichen Organisationen und Unternehmen wird in der Literatur oftmals als „Ko-Design“ bezeichnet (Krohn et al. 2017; Kuppler und Hocke 2019). Ko-Design ist dabei der erste Schritt eines Gestaltungsablaufs, der in iterativen Schleifen sowohl die innovative Entwicklung organisatorischer Abläufe – wie in einem Sicherheitsmanagement – als auch die Abstimmung inhaltlicher Aspekte vorbereitet. Alle beteiligten Akteure sind in diesen Prozessen von Ko-Design und anschließender Ko-Produktion in ihrer Zusammenarbeit und ihrem Lernen gleichberechtigt vertreten. Wissen, Fertigkeiten und Erfahrungen reduzieren Unsicherheiten in sozialen und sozio-technischen Systemen und erhöhen damit die Überlebenschancen in dynamischen, risikobehafteten Umwelten (vgl. Brohmann et al. 2020).

Jede technische Innovation wiederum zieht veränderte Umgangsweisen nach sich, die eingebettet sind in einen angepassten institutionellen Rahmen und wirken folglich vielfältig, z. B. auch auf Organisationsformen der damit konfrontierten Einrichtungen, Akteure und politische Regulierungen.

Das Gesamtsystem (der Entsorgung und damit auch das Element SC) sollte daher – so Sträter (2022) – auch eine Fehlerkultur und ein entsprechendes Fehlermanagement

Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur

etablieren. Nach Reason (1997) muss neben einer auf Vertrauen basierenden Fehlerkultur auch die Grenze zu unakzeptablem Handeln allen Beteiligten bekannt sein (just culture). Mit der Einführung einer positiven Fehlerkultur öffnet man sich hin zu einer Reflexion von Entscheidungen und Lernschritten (Mbah und Brohmann 2021) in denen Fehler als Beiträge zu einer besseren Problemlösung angesehen werden. Planungsabläufe werden in diesem Zusammenhang reflexiver und iterativer angelegt, das Management agiert offen, partizipativ und auch unterstützend – so die Idee einer funktionierenden Fehlerkultur.

Diese Aspekte einer funktionierenden Fehlerkultur sind auch Grundlage von Reversibilität, wie sie für Planungs- und Entscheidungsprozesse im Kontext der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle zugrunde gelegt werden (Mbah et al. 2021).

Das heißt wiederum für eine Kultur der Sicherheit, dass Kritik systematisch zwischen den Arbeitsebenen ausgetauscht werden muss. Kritik sollte dabei als positive Information zur Verbesserung des Gesamtsystems verstanden werden. Ziele müssen sein: die Früherkennung und positive Aufnahme von Kritik als Wissen, die Schaffung von Gestaltungsfreiräumen und die Vermeidung von Überkontrolle“ (und damit von Misstrauenskultur). Gleichzeitig sollte eine positive Beeinflussung der Motivation der Mitarbeitenden durch eine gute Betriebs- und Managementkultur gewährleistet werden.

### **3. Elemente und Anforderungen an ein Sicherheitsmanagement auf Basis der ESK-Leitlinie**

Auch wenn absolute Sicherheit nicht erreicht werden kann, weder in Bezug auf gegenwärtiges Handeln und seine Folgen noch auf zukünftiges, so können dennoch Maßnahmen getroffen werden, die die Sicherheit während der Errichtung, des Betriebs und der Stilllegung als auch der Nachbetriebsphase im Sinne der Langzeitsicherheit erhöhen können<sup>8</sup>. Ein Sicherheitsmanagementsystem ist dafür ein wichtiges Werkzeug, das im Atomrecht auch für die Entsorgung radioaktiver Abfälle verankert wurde.

Das Atomgesetz enthält in § 7c Anforderungen an Betreiber, die die Sicherheit einer Anlage durch organisatorische und Managementstrukturen unterstützt. In Verbindung mit § 9h gelten diese Anforderungen auch für den Betreiber eines Endlagers nach Standortauswahlverfahren. Konkrete Vorgaben erfolgen in der Leitlinie zum Sicherheitsmanagement in Endlagerorganisationen der Entsorgungskommission (ESK 2021) oder im Regelwerk des kerntechnischen Ausschusses (KTA) wie der KTA 1402 „Integriertes Managementsystem“ zum sicheren Betrieb von Kernkraftwerken (KTA-GS 2017), die sinngemäß als Stand von Wissenschaft und Technik auch auf andere kerntechnische Anlagen angewendet werden kann<sup>9</sup>.

Anlass für die ESK-Leitlinie zum Sicherheitsmanagement war eine Empfehlung der Kommission Lagerung hochradioaktiver Abfallstoffe in deren Abschlussbericht von 2016 (ESK 2021). Gemäß dieser Empfehlung richtet sich die ESK-Leitlinie an alle Endlagerorganisationen, also neben dem Betreiber z. B. auch an die zuständige Behörde und sonstige beteiligte Organisationen.

Die Leitlinie gibt folgende umfassende Definition für ein entsprechendes Sicherheitsmanagement vor: „Ein Sicherheitsmanagement definiert Strategien und Prozesse, welche eine zuverlässige Umsetzung der Sicherheitsanforderungen und eine ständige Verbesserung [...] des Sicherheitsniveaus des Endlagers garantieren“ und „Das Sicherheitsmanagement umfasst sämtliche Maßnahmen im Zeitraum der Standortauswahl, Erkundung und Planung über die Errichtung und den Betrieb bis hin zur Stilllegung eines Endlagers zur systematischen Vermeidung, Erkennung, Analyse, Bewertung und Überwachung von Sicherheitsrisiken in diesem Zeitraum und darüber hinaus.“ (ESK 2021, S. 7). Ein leitender Grundgedanke wird mit der Formulierung der Leitlinien deutlich: der Sicherheit ist Vorrang vor allen anderen Perspektiven einzuräumen. Erreicht werden soll dieser Vorrang mit einem integrierten Managementsystem<sup>10</sup> (ESK 2021).

---

<sup>8</sup> Die Anforderung etwas zu optimieren, findet sich auch in verschiedenen Regelwerken wie beispielsweise in §12 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung (EndLSiAnV) die Optimierung der Langzeit- und Betriebssicherheit des Endlagers. Ein anderes Beispiel ist der Grundsatz in der Strahlenschutzgesetzgebung im Hinblick auf eine Minimierung der Strahlenexposition auch unterhalb von Grenzwerten.

<sup>9</sup> Anforderungen an Sicherheitsmanagementsysteme resultieren auch aus internationalen Vorgaben z. B. der WENRA oder der IAEA. (s. hier SSG-23 ab para 4.95).

<sup>10</sup> Danach ist das Sicherheitsmanagement Teil des gesamten Managementsystems. Die Sicherheit kann so oberste Priorität entfalten und auf die Entwicklung einer positiven Sicherheitskultur abzielen.

Im Sicherheitsmanagement müssen die Mindestanforderungen für Sicherheit mittels Standards und definierter Prozesse festgelegt sein. Es ist nicht nur für den Normalbetrieb, sondern auch für Störfälle zu etablieren. Zur Entwicklung und Umsetzung des Sicherheitsmanagements gehören neben der Erstellung und Implementierung auch die Dokumentation des Sicherheitsmanagements selbst und eine kontinuierliche Verbesserung durch Kontrolle und Bewertung der Umsetzungsschritte.

Als ein zentrales Element der Implementierung und Weiterentwicklung wird die Sicherheitskultur angesehen. „Sie umfasst die gelebte Umsetzung der gemeinsamen Ziele, Interessen, Normen, Werte und Verhaltensmuster einer Endlagerorganisation zum Umgang mit Fragen der Sicherheit.“ (ESK 2021, S. 6) Hervorgehoben wird die Verantwortung der obersten Leitung, die die entsprechenden Ziele als Rahmung in ihrer Sicherheitspolitik vorgibt. Adressiert werden folgende Ziele:

- Förderung eines gemeinsamen Engagements für die Sicherheit und
- Unterstützung einer proaktiven, hinterfragenden und lernenden Endlagerorganisation auf allen Ebenen.

Zur Ausgestaltung der Sicherheitskultur einer Organisation gehören nach Ausführung der ESK-Leitlinie der Aufbau von Vertrauen, eine lernende Grundhaltung, Kooperation und Kommunikation sowie ein konstruktiver „Umgang mit Nichtkonformitäten“ (ESK 2021, S. 9). Dabei sei darauf zu achten, dass die Mitarbeitenden unterstützt werden, wenn sie auf Nichtkonformitäten - wie dem Abweichen von Verfahrensanweisungen - hinweisen, gleichzeitig sei es wichtig, dass auch positive Rückmeldung für korrekte und problemfreie Abläufe gegeben wird.

Die Konkretisierung erfolgt im Sicherheitsmanagement-Konzept, das „dem Erreichen des als sicher akzeptierten Bereichs, dem Verbleiben darin sowie der Sicherheitsoptimierung durch Minimierung der identifizierten Sicherheitsrisiken“ (ESK 2021, S. 9) dienen soll. Dazu gehört auch die Minimierung von Ungewissheiten und Risiken.

Das Sicherheitsmanagementkonzept soll – nach Auffassung der ESK – auf eine Organisationsstruktur hinwirken, die die Sicherheitspolitik der Endlagerorganisation mithilfe einer klaren Definition von Verantwortlichkeiten, Befugnissen und Kommunikationswegen, aber auch Anreizen und Sanktionen umsetzt. Dabei sind folgende zentrale Aspekte zu berücksichtigen:

- funktionale Verantwortlichkeiten:  
Unter funktionaler Verantwortlichkeit wird eine gute Abstimmung verstanden zwischen den verschiedenen Hierarchie-Ebenen sowie zwischen verschiedenen Personengruppen, die jeweils die Arbeiten verwalten, durchführen und bewerten. Auch für den Notfall sind klare Verantwortlichkeiten und Kommunikationswege festzulegen.
- Interaktion/Schnittstellengestaltung:  
Das Zusammenwirken zwischen der verantwortlichen Endlagerorganisation und ausführenden Firmen muss auf die Umsetzung der Sicherheitspolitik ausgerichtet sein und auch Kontrollen beinhalten.

Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur

- Prozessbeschreibungen:  
Prozessbeschreibungen sind Bestandteil der Betriebsdokumentation und legen z. B. konkrete Abläufe einer Arbeit fest. Eine Prozessbeschreibung selbst ist ebenfalls zu überprüfen und weiterzuentwickeln.
- Mensch-Technik-Organisation (MTO) - Interaktionen:  
Im Sicherheitsmanagementkonzept sind alle MTO-Interaktionen zu erfassen, die einen Einfluss auf die Sicherheit oder die Sicherheitskultur haben können.
- Betriebserfahrungen:  
Betriebserfahrungen sind systematisch zu erfassen und hinsichtlich ihres Einflusses auf die Sicherheit zu bewerten. Dabei sind nicht nur Betriebserfahrungen innerhalb der eigenen Anlage bzw. Endlagerorganisation zu berücksichtigen, sondern auch externe Betriebserfahrungen.
- Dokumentation:  
Die Dokumentation muss alle Aspekte hinsichtlich der Sicherheit eines Endlagers abdecken. Eine dauerhafte Speicherung muss sichergestellt sein.
- Wissenstransfer:  
Der Wissenstransfer zwischen den Phasen der Endlagerung beginnend mit der Standortauswahl bis hin zur Stilllegung des Endlagers ist sicher zu stellen.

Das Sicherheitsmanagement sieht mittels Systemanalysen regelmäßige Bewertungen der Sicherheit von Anlagen und von Tätigkeiten vor. Das Spiegeln an den definierten Sicherheitszielen dient dazu, Abweichungen sowie Verbesserungspotential zu identifizieren. Mittels Systemindikatoren soll der Sicherheitsstatus z. B. der Endlagerorganisation transparent und leicht erfassbar werden. Das können beispielsweise Umweltparameter sein, deren Entwicklung mittels Zeitreihen dargestellt wird.

Hinsichtlich der Dokumentation sind einerseits die erzielten Ergebnisse, wie im Sicherheitsmanagementkonzept dargestellt, zu dokumentieren und andererseits ist das Sicherheitsmanagementsystem selbst zu dokumentieren. An diese Dokumentation wird die Anforderung gestellt, dass sie für alle Personen der Endlagerorganisation zugänglich sein muss. Sie soll leicht und eindeutig verständlich sowie benutzerfreundlich verfügbar sein.

Letztlich ist auch das Sicherheitsmanagementsystem einer Qualitätssicherung zu unterziehen. Ziel ist, die Wirksamkeit des Sicherheitsmanagements sowie seiner Verbesserungsprozesse zu bewerten. Dafür sind kontrollierende Personen erforderlich, die unabhängig und entsprechend qualifiziert sind.

In der ESK-Leitlinie wird weiterhin ausgeführt, welche spezifischen Aspekte in den einzelnen Phasen der Endlagerung zum Tragen kommen. Maßnahmen und Prozesse des Sicherheitsmanagements erfordern beispielsweise in unterschiedlichen Phasen eine unterschiedliche Flexibilität. Die muss in der Planungsphase noch so viel Offenheit vorsehen, dass neue Erkenntnisse der geologischen Exploration berücksichtigt werden können. In der Stilllegungsphase sind dagegen standardisierte Prozesse mit entsprechender Qualitätssicherung und Dokumentation deutlich relevanter.

Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur

Den Anforderungen der Leitlinie liegt zugrunde, dass die oberste Leitung die umfassende Verantwortung übernimmt, sei es hinsichtlich der Ausrichtung der Sicherheitspolitik der Endlagerorganisation, der Systemanalysen zur Überprüfung oder der Bereitstellung ausreichender Ressourcen. Insbesondere für die Sicherheitskultur einer Endlagerorganisation sei sie Vorbild, so habe „die oberste Leitung einen entscheidenden Einfluss auf die Sicherheitskultur der gesamten Endlagerorganisation, in dem sie die Werte von Sicherheit und Qualität deutlich macht, sodass die Arbeitnehmenden bei ihren täglichen Aufgaben nicht in einen Konflikt zwischen Sicherheit und operativen Zielen geraten“ (ESK 2021, S. 7).

*Zusammenfassend* kann die ESK-Leitlinie im Hinblick auf die in ihr formulierten Anforderungen an Managementkonzepte und die Berücksichtigung des menschlichen Faktors als weitreichend und innovativ interpretiert werden. In der Umsetzbarkeit von Transparenz und Unterstützung soziotechnischer Interaktionen bleibt sie allerdings – nach unserer Einschätzung – hinter ihren Möglichkeiten zurück.

So wird in der Leitlinie nicht adressiert, inwieweit Ergebnisse beispielsweise von Sicherheitsanalysen oder der Qualitätssicherung nicht nur der Aufsichtsbehörde, sondern auch weiteren Akteuren sowie der Öffentlichkeit verfügbar gemacht werden könnten. Entsprechende Berichtspflichten sind nicht vorgesehen. So bleibt die Wirksamkeit eines Sicherheitsmanagementsystems intransparent.

Auch bei den Aspekten Wissenstransfer, Betriebserfahrungen, MTO-Interaktion, Schnittstellengestaltung und Verantwortlichkeiten wird nicht dezidiert auf spezifische Erfordernisse mit Blick auf menschliche Einflussfaktoren hingewiesen. Im Hinblick auf die Funktionalität des Sicherheitsmanagements wird lediglich auf das Vorhandensein ausreichender Ressourcen rekuriert.

Inwiefern damit tatsächlich auch partizipative Elemente einer innovativen Sicherheitskultur im Management realisiert werden können, sollte Gegenstand weiterer kritischer Reflexionen bleiben.

## 4. Kultur der Sicherheit als Managementbasis

Die Entwicklung einer Sicherheitskultur erfordert konkrete Anforderungen an jede Organisation bei der Bestimmung und Umsetzung ihrer Werte und Verhaltenskodizes. Sicherheitskultur meint, dass die Sicherheit im täglichen Handeln gewährleistet wird (Borg et al. 2019, S. 155) sowohl im Sinne eines sicheren Arbeitsumfeldes (Arbeits- und Gesundheitsschutz der Mitarbeitenden einer Organisation) als auch, wie im Falle der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle hochrelevant, den umfassenden Schutz der Umwelt und der Bevölkerung durch sicherheitsgerichtetes Handeln sicherzustellen. Einzelne Unternehmen können für sich eine Sicherheitskultur entwickeln, die sich aus einer gemeinsamen Grundhaltung, Verantwortlichkeit und abgestimmter Handlungsweisen bei sicherheitsgerichteten Tätigkeiten ihrer Mitarbeitenden speist (vgl. Sträter 2022).

Um die Sicherheitskultur einer Organisation identifizieren zu können, braucht es die Identifikation und Explikation sog. Kulturindikatoren. Methodisch kann dies in Form von Begehungen, Beobachtungen, Interviews, Gruppendiskussionen, Befragungen und einer GAP-Analyse nach Schöbel et al. (2017) erfolgen. Schöbel et al. (2017) zeigen auf, dass standardisierte Fragebögen nicht ausreichen, um die Sicherheitskultur einer Organisation umfassend zu erfassen. Vielmehr entwickeln sie einen Ansatz zur Erfassung der einer Sicherheitskultur zugrundeliegenden Werte- und Denkmuster.

Borg et al. (2019) haben mit Hilfe dieser methodischen Vorgehensweise anhand zweier Fallbeispiele im Bereich „Kleiner und mittlerer Unternehmen“ fünf Kulturindikatoren, die sich auf alle Mitarbeitenden innerhalb einer Organisation beziehen, identifiziert und diesen jeweils Subindikatoren zugeordnet. Zu den fünf Kulturindikatoren zählen: Führung, Werte, Kommunikation, Einbindung, und Regelungen. Diese haben gerade auch für den Bereich der Entsorgung hohe Relevanz. Die Kulturindikatoren sind unterlegt mit Subindikatoren, wie z. B. Vertrauen (Verlässlichkeit), oder die Bereitstellung und den Erhalt von Information (Durchgängigkeit über Schnittstellen, informelle Kommunikation (Umgangston, Dialog, Rückmeldung) (Borg et al. 2019).

Daneben hat beispielsweise der Betreiber einer kerntechnischen (Entsorgungs-)Anlage in nationalen und internationalen Regelwerken definierte Sicherheitsanforderungen zu erfüllen, wie beispielsweise auch die „Entwicklung einer Sicherheitskultur, die ein gemeinsames Engagement für die Sicherheit fördert“ (ESK 2021, S. 8). Die Richtlinie ENSI-G07 des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI) in der Schweiz fordert, das Managementsystem einer kerntechnischen Anlage als ein soziotechnisches System, bestehend aus Mensch, Technik und Organisation, abzubilden (ENSI 2023). Gleichzeitig sind Prozesse zur Steuerung, zur Überwachung und zur Evaluation zu etablieren, um einen sicheren Zustand des Systems zu gewährleisten. Außerdem wird die (gelebte) Sicherheitskultur durch eine Praxis des Austausches zwischen Organisationen und Individuen gestaltet. Die Sicherheitskultur umfasst nach Schott et al. (2004) dann die Gesamtheit von Eigenschaften und Verhalten innerhalb einer Organisation.

Merkmale einer starken Sicherheitskultur fasst Abbildung 2 der IAEA (2013) zusammen. Sicherheitskultur zeichnet demnach ein Bewusstsein für Sicherheit auf allen Ebenen aus (International Atomic Energy Agency (IAEA) 2009, 2006, 2013). Sofern dieses Bewusstsein geschaffen ist, sollte die Verantwortlichkeit und die Wahrnehmung von Pflichten und Kompetenzen sowohl der Organisationsführung als auch aller anderen Mitarbeitenden gegeben sein und sollte zudem durch entsprechende Ressourcen unterstützt sein. Dadurch soll ein (zeitnahes) Lernen aus Fehlern ermöglicht und sichergestellt werden, wodurch die Sicherheit kerntechnischer Anlagen gestärkt würde. Dies setzt allerdings auch ein gewisses Maß an Flexibilität innerhalb der Organisation wie auch zwischen Organisationen voraus.

*Abbildung 2: Merkmale einer starken Sicherheitskultur*



Quelle: IAEA 2013

Auch die Organisationskultur der überwachenden Behörden beeinflusst beispielsweise die Handlungen eines Betreibers durch ihre Aufsichtsgrundsätze und Aufsichtsmethoden. Darauf weisen bereits die IAEA und die NEA der OECD in den 1990er Jahren hin. Beispielsweise die Interpretation der gesetzlichen Grundlagen und ihres gesetzlichen Auftrags, die Umsetzung in die aufsichtliche Praxis aber auch Umgang und Art der Beziehung sowohl zur beaufsichtigten Organisation als auch zu anderen Akteuren beeinflussen das Handeln eines Betreibers (ENSI 2015).

Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur

*Zusammenfassend* lässt sich festhalten, dass die Sicherheitskultur einer Organisation einer Aufsicht jedoch nur bedingt zugänglich ist. Es gibt keine Konkretisierung hinsichtlich dessen, was Sicherheitskultur in einer Organisation umfasst und wie diese ausgestaltet ist. Auch gibt es keine allgemeingültige Festlegung über die richtige und beste Sicherheitskultur, um umfassende Sicherheit im Sinne des Schutzes von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung zu erreichen. Aus Sicht der Autorinnen dieses Berichts ist es sinnvoll, wie von der OECD-NEA aktuell auch schon initiiert, den Austausch zwischen Betreiber und Aufsicht zu stärken, um ein gemeinsames Verständnis von Sicherheitskultur und deren Umsetzung zu entwickeln und Standards festzulegen. Hierbei ist es wichtig, das mögliche Spannungsfeld zur Fehlerkultur zu adressieren, d.h. dass Transparenz gegenüber der Aufsicht nicht zu Lasten einer offenen, positiven Fehlerkultur beim Betreiber gehen darf. Hierfür muss beispielsweise sichergestellt werden, dass einzelne Mitarbeitende des Betreibers nicht aufgrund der Offenlegung der internen Sicherheitskultur Sanktionen der Aufsicht befürchten müssen - auch als Teil der Vermeidung einer „blame culture“ -, da ansonsten eine offene und positive Fehlerkultur nicht mehr möglich wäre. Wichtig ist daher, dass ein Dialog zwischen Aufsicht und Betreiber zur Sicherheitskultur nicht Teil eines aufsichtlichen Gesprächs ist.

Aufgrund des langen Zeithorizonts der Entsorgung fordert Sträter (2022) in diesem Zusammenhang ein grundlegendes Umdenken hinsichtlich der Rolle der Aufsicht. So ist es üblich, streng zwischen der Aufsichtsfunktion und dem Betrieb einer Anlage zu trennen. Dies sieht Sträter für eine kontinuierliche strategische Entwicklung als wenig vorteilhaft an, da durch die strenge Trennung „retardierende Elemente im Gesamtsystem“ entstünden, insbesondere zwischen Betreiber und regelgebender Ebene (Sträter 2022, S. 153). Die regelgebende Ebene beinhaltet neben der Aufsicht insbesondere die übergeordneten Ministerien und den Bundestag, als gesetz- und verordnungsgebende Instanzen. Obwohl die Beteiligten dieser Ebene im Ablauf eines Endlagervorhabens verschiedene Zuständigkeiten und Funktionen haben, sollte angestrebt werden, jenseits der eigenen Funktion, zielorientierte Überlegungen gemeinsam – und unter Beteiligung einer informierten Öffentlichkeit, wie auch dem NBG – kontinuierlich weiterzuentwickeln.

## 5. Die Sicherheitskultur in der aufsichtlichen Praxis – ein Beispiel

Das Eidgenössische Nuklearinspektorat (ENSI), die Aufsichtsbehörde der Schweiz, befasst sich bereits seit der Katastrophe im japanischen Kernkraftwerk Fukushima im Jahr 2011 und der damit einhergehenden Kritik an der Sicherheitskultur des Betreibers und der Aufsichtsbehörde mit der Fragestellung, wie Sicherheitskultur<sup>11</sup> in der aufsichtlichen Praxis berücksichtigt werden kann (ENSI 2015). Diese Frage stellt sich nicht nur bei Kernkraftwerken, sondern auch bei Anlagen der Entsorgung.

So ist beispielsweise im Februar 2014 eine Folge von Störfällen in der Waste Isolation Pilot Plant (WIPP), einem Endlager für radioaktive Abfälle aus militärischen Anlagen in den USA, neben technischen Mängeln auch auf Schwachstellen in Betriebsabläufen zurückzuführen, die mit systematischen und umfassenden Sicherheitsanalysen hätten identifiziert werden können<sup>12</sup>. Das ENSI schließt daraus, bereits sehr frühzeitig mit der in der Schweiz verantwortlichen ausführenden Organisation, der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra), in den Dialog über Sicherheitskultur zu treten: „Die Sicherheitskultur bei der Realisierung von künftigen Tiefenlagern wird schon heute von den beteiligten Stellen geprägt“<sup>13</sup>.

Im ENSI-Bericht zur Aufsichtspraxis (ENSI 2016) werden Ebenen unterschiedlicher Zugänglichkeit zur Bewertung sicherheitsgerichteten Verhaltens definiert (s. Abbildung 3). Die Ebene der physischen Umgebung (z. B. Anlagengestaltung) und das Verhalten des Personals (z. B. Arbeitsweisen, Fehlerkultur) kann durch die Aufsichtsbehörde beobachtet und analysiert werden. Ihr liegen formale Anforderungen für eine Bewertung zugrunde. Die Ebene der individuellen, bewussten Weltbilder und Werte kann mittels Befragungen erhoben werden, zum Beispiel, indem nach Maßstäben und Zielen, die der Auslegung einer Einrichtung zugrunde gelegt werden, gefragt wird. Die Ebene der nicht bewussten Weltbilder und Werte erscheint jedoch mit aufsichtlichen Methoden nur schwer zugänglich und auch nicht Teil einer formalen aufsichtlichen Bewertung zu sein. Sie kann erreicht werden über das Anstoßen von Selbstreflexionsprozessen in der jeweiligen Organisation.

---

<sup>11</sup> Die Definition des ENSI für den Begriff Sicherheitskultur lautet: „Sicherheitskultur umfasst von den Mitgliedern der Organisation des Betreibers einer Kernanlage geteilte Werte, Weltbilder, verbales und nonverbales Verhalten sowie Merkmale der vom Menschen geschaffenen physischen Umgebung. Zur Sicherheitskultur gehören jene Werte, jene Weltbilder, jenes Verhalten und jene Umgebungsmerkmale, die bestimmen oder zeigen, wie die Mitglieder der Organisation mit Sicherheit umgehen.“ (ENSI 2016, S. 10)

<sup>12</sup> Eine Chronologie der Vorgänge findet sich beispielsweise hier <https://www.epa.gov/radiation/2014-radiological-event-wipp>; letzter Zugriff am 08.12.2023.

<sup>13</sup> <https://www.ensi.ch/de/2016/09/16/sicherheitskultur-wichtig-bei-der-realisation-von-tiefenlagern/>; letzter Zugriff am 08.12.2023.

Abbildung 3: Aufsichtsmodell über die Sicherheitskultur von Kernanlagen



Quelle: (ENSI 2016)

Weil sich das ENSI offenbar bewusst wurde, dass es mit ihrer aufsichtlichen Tätigkeit auf allen Ebenen Einfluss auf die Sicherheitskultur der zu beaufsichtigenden Organisation nimmt, wurde ein Reflexionsprozess initiiert (ENSI 2016). Im Rahmen dieses Prozesses wurden im ENSI die eigene Sicherheitskultur hinterfragt und daraus Maßnahmen abgeleitet (ENSI 2015). Danach legt das ENSI dem eigenen gesetzlichen Auftrag die Auffassung zugrunde, dass Aufsicht nicht nur die Kontrolle der Einhaltung des Regelwerks ist, sondern auch die proaktive Verantwortungsübernahme des Beaufsichtigten motiviert, welche die Sicherheitskultur stärkt und insgesamt die Sicherheit in Bezug auf den Betrieb kerntechnischer Anlagen erhöht. Hierbei ist es notwendig, dass auch die eigene Aufsichtsarbeit stets kritisch hinterfragt wird und dafür entsprechende organisatorische Rahmenbedingungen vorhanden sind und wenn nicht, dass dann solche geschaffen werden. Zudem bedarf eine gute Aufsichtskultur einer stetigen Pflege und Weiterentwicklung (ENSI 2015).

Auch hier zeigt die aufsichtliche Praxis des ENSI einen innovativen Schritt – im Sinne Sträters –, über sog. Fachgespräche mit der zu beaufsichtigenden Organisation einen dialogischen Austausch zur Sicherheitskultur zu etablieren. Dieser Austausch ist ausdrücklich nicht Teil der Aufsichtstätigkeit und damit erfolgt auch keine formale Bewertung der Inhalte des Gesprächs. Vielmehr werden darin periodisch sicherheitskulturbezogene Fragestellungen zu fallbezogenen Themen sowie daraus ableitbare Hypothesen diskutiert.

In ENSI (2016) wird darauf verwiesen, dass bei kerntechnischen Anlagen Tätigkeiten nach klar vorgegebenen und dokumentierten Regeln durchgeführt werden sollen, was im

Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur

Widerspruch zur geforderten Flexibilität steht, die wiederum bei situativem Handeln zur Beherrschung nicht antizipierter Ereignisse erforderlich ist. Hier eröffnet sich ein grundsätzliches Dilemma, zu dem auch das ENSI noch keinen zufriedenstellenden Umgang gefunden hat (ENSI 2016).

## **6. Lernen innerhalb und zwischen Organisationen als Voraussetzung für ein innovatives und kooperatives Sicherheitsmanagement**

Organisationen sind unterschiedlich strukturiert und weisen verschiedene Organisationskulturen auf. Eine Organisation kann formalisiert, zentral oder dezentral ausgestaltet und die Art der Entscheidungsfindung innerhalb der Organisation eher intuitiv oder rational sein (Abubakar et al. 2019). Nach Binner (2018) können zwei verschiedene Organisationsstrukturen unterschieden werden: Erstens die funktionale Ablauforganisation und zweitens die prozessorientierte Organisation. Funktionale Ablauforganisationen sind zumeist vertikal hierarchisch angelegt und weisen eher langfristig gleichbleibende Ziele auf und gelten daher als weniger anpassungsfähig und agil als prozessorientierte Organisationen. In prozess- und projektorientierten Organisationen liegt der Fokus darauf, auf veränderte Umwelten/Anforderungen rasch reagieren zu können, indem dynamisch Zielanpassungen vorgenommen werden können. Auch für das Sicherheitsmanagement sind eine lernende Organisationskultur sowie die Ausgestaltung an Schnittstellen bedeutsam.

Lernen kann grundsätzlich als ein Prozess verstanden werden, der auf individuellen Erfahrungen beruht und „relativ langfristige Änderungen im Verhaltenspotenzial erzeugt“ (Müsseler 2005, S. 388). In und zwischen Organisationen findet das Lernen auf unterschiedlichen Ebenen und mittels verschiedener Prozesse und Abläufe statt (Fatzer 2000). Lernen kann einerseits durch konkrete Erfahrung ausgelöst werden, aber auch durch Reflexion und Beobachtung. Implizites Lernen geschieht, indem Menschen Regeln lernen und diese im Handeln anwenden, ohne dass es ihnen bewusst ist. Essenziell ist aber auch das soziale Lernen, das heißt Lernen durch Vorbilder. Dies umfasst Imitation, Lernen durch Lehrer oder Verhaltensmodelle sowie die zeitüberdauernde symbolische Repräsentation, beispielsweise durch Verschriftlichung von Instruktionen oder aus den notierten Fehlern anderer. Bezüglich des Lernens aus Fehlern ist zudem zu beachten, dass es Unterschiede in der Reaktion auf eigene Fehler gibt. Je nach Fehlerkultur – wie sie sich in Organisationen etabliert – können Fehler als persönlicher Makel oder als Möglichkeit für Erkenntnis angesehen werden (Sträter 2022). Der positive Umgang mit Fehlern bzw. Irrtümern ist für lernende Organisationen grundsätzlich sehr bedeutsam. Sie sollte auch das Vermeiden einer jeweils anklagenden Haltung im Sinne einer „blame culture“ umfassen. Eine Voraussetzung dazu ist die Offenheit gegenüber anderen Meinungen und das Hinterfragen von Handlungen auf den verschiedenen Arbeitsebenen. Fehlen dieses Hinterfragens von Abläufen und die Weitergabe von Informationen kann das zu einem langfristig wirksamen „drift into failure“ beitragen (Woods 2003). Dabei können - eigentlich gängige - Sicherheitsfunktionen außer Kraft gesetzt werden, z.B. zu Gunsten politischer, produktiver oder neuer wirtschaftlicher Ziele. Die Antizipation von Nachteilen und zukünftigen Entwicklungen kann dadurch ebenfalls erschwert werden.

Anhand ausgewählter Entscheidungssituationen zeigt (Sträter 2022) die Konsequenzen eines unzureichenden Krisenmanagements von Organisationen, die den positiven Umgang mit Fehlern und grundsätzlich den human factor in ihrer Fehler- und Sicherheitskultur

Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur

vernachlässigt haben. Dabei ist einerseits die Ebene individueller Wissensentwicklung – und Lernschritte –, als auch die Interaktion mit der Organisation auf den verschiedenen Hierarchieebenen sowie zwischen den beteiligten Organisationen von Relevanz (Mbah und Brohmann 2021). Auf der individuellen Ebene kann es zur „inneren Kündigung“ kommen mit dem möglichen Ergebnis, dass Wissen über Sicherheitsprobleme nicht mehr in ausreichendem Maße geteilt wird. Auf der organisationalen Ebene können sich Effekte durch Qualitätseinbußen oder mangelnde Flexibilität der Organisation einstellen. Selbst die gesellschaftliche Ebene kann hier noch tangiert werden mit Auswirkungen auf deren Anpassungsfähigkeit und mit einem möglichen negativen Effekt auf die Sorgfalt im Umgang mit Entsorgungsfragen. Lernen muss folglich auf allen diesen unterschiedlichen Ebenen erfolgen und abgestimmt werden.

Wie kann Lernen, Reflektieren, Veränderungsbereitschaft sowie eine positive Fehlerkultur in Organisationen ermöglicht und unterstützt werden?

Eine Antwort darauf scheint der Hinweis zu sein, dass angemessene Organisationsentwicklung und die lernende Organisation nur dadurch ermöglicht werden, dass Betroffene zu Beteiligten gemacht werden (Mbah und Brohmann 2021). Das bedeutet, dass alle Ebenen relevant sind – der individuelle Lernprozess und die Bedingungen in der Organisation, wie etwa die Fehler- oder Lernkultur. Dabei „bleibt festzuhalten, dass eine Kultur- oder Organisationsveränderung ohne die Beachtung verankerter Denk- und Handlungsmuster nicht funktionieren kann. Veränderung ist erst möglich, wenn sich Mitarbeiter ihrer das Verhalten steuernden Denk- und Handlungsmuster bewusst machen und sie hinterfragen. Selbstreflektion und eine offene Dialogkultur fördern dies.“ (Klug 2009, S. 187). Zudem braucht es „positive soziale Beziehungen“ und Vertrauen, um sich in „psychologischer Sicherheit“ zu fühlen. Gemeint ist das Vertrauen, dass keine negativen Konsequenzen drohen, im Falle, dass man sich angreifbar macht, z. B., weil man Fragen stellt und damit offenbart, dass man Wissenslücken hat (Ackermann et al. 2018, S. 178).

Das voraussetzungsvolle Lernen in und zwischen Organisationen muss auch als kollektiver Lernprozess beschrieben werden, der wiederum auf individuellen Lernprozessen beruht und diese wiederum beeinflusst, etwa beim Transfer von Gelerntem über veränderte Verhaltensweisen. „Kollektive Lernprozesse umfassen eine Reihe von Merkmalen wie z. B. Prozesse des Erwerbs neuer Interaktionsformen, Fähigkeiten, Kenntnisse und veränderte Interaktionsmuster und Verhaltensroutinen. [...] Daher erfordern kollektive Lernprozesse eine mehrstufige Perspektive, die Merkmale und Faktoren sowie Prozesse untersucht, die sich auf Einzel-, Team- und Organisationsebene entfalten.“ (Garavan und McCarthy 2008, S. 452).

Für das Lernen in Organisationen ist grundlegend, dass ein Wissenstransfer zwischen Individuen sowohl horizontal als auch vertikal stattfindet. „Im Kontext der Organisationsforschung versteht man unter Wissenstransfer vor allem, dass das Wissen, welches in den Köpfen der Akteure vorhanden ist, in eine organisationale Wissensbasis überführt werden soll, damit daraus neues Wissen entstehen kann“ (Wilkesmann 2009, S. 87). Für den Wissenstransfer braucht es verschiedene Interaktions- und Kommunikationsformen innerhalb der Organisation. Dies betrifft beispielsweise die Frage, wie neues Wissen entwickelt und dokumentiert wird (Abubakar et al. 2019). Hierbei ist

Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur

wichtig zu unterscheiden zwischen explizitem Wissen – dieses ist in Daten fassbar und wird in der Regel als Information bezeichnet – und implizitem Wissen – dieses liegt bei Individuen und kann nicht einfach expliziert werden. „Wissen [auf der Individualebene] muss – im Gegensatz zu Informationen, welche in expliziter Form vorliegen – durch Kommunikation und Interaktion auf individueller Ebene rekonstruiert werden“ (Wilkesmann 2009, S. 86). Implizites Wissen beruht immer auf Erfahrungen und ist häufig internalisiert, d. h. es erfordert eine Bewusstmachung, um es verbalisieren zu können. Sprache ist hierbei ein zentrales Instrument und wirkt vereinfachend, gleichzeitig bedarf es aber eines gewissen Kontexttransfers, damit das transferierte Wissen auch angewandt werden kann (Wilkesmann 2009). Ein Beispiel für einen individuellen Faktor ist hier die „cultural intelligence“, die in heute häufig kulturell sehr diversen Organisationskontexten eine besondere Relevanz innehat (Li et al. 2021). Mit cultural intelligence wird die individuelle Fähigkeit beschrieben, in kulturell diversen Kontexten wirksam zu werden. Eine besondere Bedeutung haben hier die Fähigkeiten von Managern aufgrund ihres Alters, ihrer Erfahrung und Persönlichkeit. Aber auch „transactive memory“ von Teammitgliedern ist von hoher Bedeutung, also das Wissen darüber, wer über welches Wissen und welche Information verfügt (Paoloni et al. 2022). Schorta (2018) beschreibt eine Methode des Wissenstransfers, in der eine Wissenslandkarte erstellt wird, in welcher die verschiedenen Wissensgebiete sowie deren Funktionen, Prozesse und damit verbundenen Aktivitäten festgehalten werden. Zudem werden die Personen notiert, die die jeweiligen Wissensträger\*innen sind. Um das vorhandene Wissen strukturiert weitergeben zu können, wird diese Wissenslandkarte in einem Transferdokument mittels Storytellings oder SWOT-Analyse<sup>14</sup> und ggf. durch Coaching oder Moderationstechniken reflektiert und verfeinert. Das Transferdokument soll dann im dritten Schritt als Unterstützung dienen, das implizite Wissen in explizites Anwendungswissen umzuwandeln (Schorta 2018).

Herausfordernd bleibt jedoch, implizites Wissen zu externalisieren, also kodifizierbar zu machen. Implizites Wissen ist häufig internalisiert, sodass es erst einer Bewusstmachung braucht, um es verbalisieren zu können (Ackermann et al. 2018).

Der Wissenstransfer zwischen Organisationen ist herausfordernder als der Wissenstransfer zwischen verschiedenen Abteilungen innerhalb einer Organisation. Letztere verfügt in der Regel über eine gemeinsame Organisationskultur, Sprache, Vertrauen, eine geteilte Vision und Ziele sowie Werte (van Wijk et al. 2008). Für das Lernen zwischen Organisationen spielt insbesondere das „relational capital“, also die formellen und informellen Beziehungen einer Organisation mit externen Stakeholdern eine große Rolle. Die Art der Beziehungen und Netzwerke ist auch für das Lernen innerhalb von Organisationen bedeutsam (Paoloni et al. 2022), wie auch schon Granovetter (1973, 2005) postuliert hat (Mbah und Hocke 2022). Wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass aufgrund der Herausforderung der Informationsverarbeitung und des Verifizierens von Informationen, Akteure eher auf Informationen von ihnen bekannten Quellen und Personen vertrauen.

---

<sup>14</sup> SWOT steht für Strength, Weaknesses, Opportunities, Threats und kommt aus dem strategischen Management bzw. Marketing.

## 7. Fazit

### **Der menschliche Faktor ist von entscheidender Bedeutung.**

Safety Cases werden von Menschen erstellt und auf diese wirken organisationale und gesellschaftliche Rahmenbedingungen ein. Gleichzeitig wirken in der Praxis von Errichtung, Betrieb und Stilllegung, d. h. in der jeweiligen Ausgestaltung des Sicherheitsmanagements dann wiederum verschiedenste individuelle und soziale Bezüge in ihrer komplexen Wechselbeziehung auf das soziotechnische System und dessen Akteure ein. Aus diesem Grund sollte den menschlichen Einflüssen auf die Sicherheit in verschiedener Hinsicht – direkt und indirekt – ein höherer Stellenwert eingeräumt werden als es im Safety Case mit Fokus auf das verschlossene Endlager und die Langzeitsicherheit bislang der Fall war.

### **Die Prozesse in und um Sicherheit sind bestimmt von Lernen.**

Der Aufbau und die Übung einer Sicherheitskultur werden zunächst in einzelnen Organisationen (wie bspw. den Aufsichtsbehörden) zu leisten sein, sind aber im Hinblick auf Gesamtsystemanforderungen – und den Safety Case – Organisationen übergreifend zu beachten. Insbesondere an den Schnittstellen kooperativer Prozesse zwischen verschiedenen Einrichtungen und Akteuren (z. B. auch Spezialist\*innen und Laien) sind dafür Managementschritte und gemeinsame Standards erforderlich, die dann wiederum in das Sicherheitskonzept eines Safety Case aufgenommen und nachgewiesen werden müssen. Welche Arten der Partizipation und des Ko-Designs hier angemessen sein können, entscheidet sich in der konkreten Situation – kontext-, akteurs- und sicherheitsabhängig. Der politische und regulatorische Rahmen ist allerdings vorzugeben, um Verbindlichkeit für die beteiligten Akteure zu gewährleisten.

### **Methoden und Bewertung müssen übertragen und geübt werden.**

Mit Blick auf zukünftige Herausforderungen, insbesondere auch einer „aktiv gestalteten“ Langzeitsicherheit und dem Umgang mit Ungewissheiten, ist darauf hinzuwirken, dass die Sicherheitskultur und Sicherheitsmanagement-Systeme reflexiv und selbsthinterfragend organisiert sind. Wie gezeigt werden konnte, sind hier auch bereits verschiedene methodische Schritte erprobt. Allerdings erscheinen mögliche Konsequenzen aus dem Ergebnis einer Überprüfung des Sicherheitsmanagements und deren Kontrolle – auch in der aufsichtlichen Praxis – unklar. D. h. wie werden Betriebs- oder Kommunikationsabläufe nach einer Bewertung angepasst, wie werden Veränderungen, Lernschritte und neues Wissen dokumentiert, um auch kommuniziert zu werden? Die Entwicklung und Kommunikation von Bewertungsschritten und der Wissenstransfer insgesamt scheinen an Bedeutung zuzunehmen. Dazu gehören auch valide Verfahren zur Erfassung der Sicherheitskultur in Organisationen.

## **Transparenz unterstützt Standards.**

Das deutsche Regelwerk zum Sicherheitsmanagement – basierend auf den internationalen Anforderungen der IAEA und der OECD/NEA – sieht im untergesetzlichen Regelwerk mit Blick auf Standards bereits sehr konkrete Anforderungen zur Ausgestaltung vor (ESK 2021). In der Leitlinie nicht adressiert wird jedoch, inwieweit Ergebnisse beispielsweise von Sicherheitsanalysen oder der Qualitätssicherung nicht nur der Aufsichtsbehörde, sondern auch einer fachlich-interessierten Öffentlichkeit verfügbar gemacht werden könnten. Entsprechende Berichtspflichten sind nicht vorgesehen. So bleibt die Wirksamkeit eines Sicherheitsmanagementsystems zunächst eher intransparent und die Vermittlung sicherheitsgerichteten Handelns in die (Fach-)Öffentlichkeit ist erschwert, da sie sich nicht auf konkrete Ergebnisse abstützen kann. Im Sinne der im vorliegenden Bericht diskutierten Kooperation an Schnittstellen gilt es, eine solche Lücke zu schließen.

## **Aufsicht pflegt Sicherheitskultur.**

Ziel der Aufsichtsbehörden sollte sein, den Betreiber – auch außerhalb der formalen Aufsichtstätigkeit – in der Verbesserung der Sicherheitskultur zu unterstützen und zu motivieren, wie dies auch das zuständige Ministerium in Baden-Württemberg<sup>15</sup> in dessen Aufsichtskonzeption kerntechnischer Anlagen von 2022 formuliert<sup>16</sup>.

Unterstützend können in diesem Zusammenhang auch die von der NEA und OECD (2016) formulierten fünf Prinzipien einer Sicherheitskultur für Aufsichtsbehörden genannt werden. Diese gehen von einer kontinuierlichen Verbesserung durch Lernen und „self-assessment“ (Prinzip 5) aus, wie sie auch hier im vorliegenden Bericht von uns beschrieben wird. Weiterhin werden von einer Unternehmens-/Behördenkultur und den Mitarbeitenden der Organisationen hohe Kompetenzen in der Kommunikation und Kooperation (Prinzip 3) erwartet, wie sie auch für das Lernen und die Weiterentwicklung von Sicherheitskonzepten erforderlich sind. Darüber hinaus wird in den fünf Prinzipien die Notwendigkeit eines holistischen Verständnisses und systemischen Blicks hervorgehoben, der damit auch den menschlichen Einflussgrößen Rechnung trägt.

---

<sup>15</sup> Auch das Landesamt für Natur- Umwelt- und Verbraucherschutz in NRW stellt zur Unterstützung der Aufsicht eine Bewertungshilfe zur Verfügung, die den Überwachungsbehörden im Hinblick auf die Einschätzung der Sicherheitsmanagementsysteme eine Orientierung gibt (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) 2020).

<sup>16</sup> Die Aufsichtsbehörde habe u. a. die Aufgabe, „das Sicherheitsbewusstsein der Genehmigungsinhaber im Rahmen eines konstruktiv-kritischen Dialoges zu stärken“ (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2022, S. 43).

# Literaturverzeichnis

- Abubakar, Mohammed Abubakar; Elrehail, Hamzah; Alatailat, Maher Ahmad; Elçi, Alev (2019): Knowledge management, decision-making style and organizational performance. In: *Journal of Innovation & Knowledge* 4 (2), S. 104–114.
- Ackermann, Benno; Krancher, Oliver; North, Klaus; Schildknecht, Katrin; Schorta, Silvia (Hg.) (2018): Erfolgreicher Wissenstransfer in agilen Organisationen. Hintergrund - Methodik - Fallbeispiele. Wiesbaden: Gabler.
- Binner, Hartmut F. (2018): Organisation 4.0: MITO-Konfigurationsmanagement. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Borg, Anna; Buschmeyer, Achim; Digmayer, Claus; Hahn, Cornelia; Jakobs, Eva-Maria; Kluge, Johanna et al. (2019): Präventiv, partizipativ und passgenau - Nachhaltige Sicherheitskultur als Transformationsansatz für Industrie 4.0 in KMU. In: Wilhelm Bauer, Sascha Stowasser, Susanne Mütze-Niewöhner, Claus Zanker und Karl-Heinz Brandl (Hg.): TransWork - Arbeit in der digitalisierten Welt. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, S. 152–161.
- Brohmann, Bettina; Kallenbach-Herbert, Beate; Schütte, Silvia; Ewen, Christoph; Horelt, Michel-André; Mbah, Melanie (2018): Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Endlagersuche: Herausforderungen eines generationenübergreifenden, selbsthinterfragenden und lernenden Verfahrens. Literaturreview und aktualisiertes Forschungsdesign Zwischenbericht zum AP 1. Darmstadt: Öko-Institut e.V.
- Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) (2019): Geschäftsbericht 2018. Peine: BGE.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (2019): Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis. Kodex. Bonn: Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V.. Online verfügbar unter [https://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/rechtliche\\_rahmenbedingungen/gute\\_wissenschaftliche\\_praxis/kodex\\_gwp.pdf](https://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/rechtliche_rahmenbedingungen/gute_wissenschaftliche_praxis/kodex_gwp.pdf), zuletzt geprüft am 30.11.2023.
- Eckhardt, Anne (2020): Sicherheit angesichts von Ungewissheit - Ungewissheiten im Safety Case. Zollikerberg (CH): TRANSENS (TRANSENS-Bericht, 01).
- Eckhardt, Anne (2021): Stressfaktor Mensch. Menschliche Einflüsse auf das verschlossene Endlager – Versuch einer wissenschaftlichen Annäherung. Zollikerberg: TRANSENS (TRANSENS-Bericht-03).
- Eckhardt, Anne; Becker, Frank; Mintzlaff, Volker; Scheer, Dirk & Seidl, Roman (Hrsg.). (2024). Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle (Energiepolitik und Klimaschutz. Energy Policy and Climate Protection, 1. Auflage 2024). Wiesbaden: Springer.
- Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) (2015): Aufsichtskultur. ENSI-Bericht zur Aufsichtspraxis. Brugg: Schweizerische Eidgenossenschaft.
- Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) (2016): Aufsicht über die Sicherheitskultur von Kernanlagen. ENSI-Bericht zur Aufsichtspraxis. Brugg: Schweizerische Eidgenossenschaft.
- Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur

- Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) (2023): ENSI-G07. Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen. Organisation von Kernanlagen. Brugg: Schweizerische Eidgenossenschaft.
- Elbe, Sebastian; Müller, Rainer (2015): Gleichwertigkeit als Bürgeraufgabe. Partizipation der Zivilgesellschaft = Überforderung der Zivilgesellschaft? In: *Informationen zur Raumentwicklung* (1), S. 57–69.
- Entsorgungskommission (ESK) (2021): Empfehlung der Entsorgungskommission. Leitlinie zum Sicherheitsmanagement in Endlagerorganisationen.
- Fatzer, Gerhard (2000): Lernen und Lernende Organisation - Mythos und Realität. In: Harald Pühl (Hg.): *Supervision und Organisationsentwicklung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 199–207.
- Flüeler, Thomas (2023): Governance of radioactive waste, special waste and carbon storage. Literacy in dealing with long-term controversial sociotechnical issues. Cham: Springer.
- Garavan, Thomas N.; McCarthy, Alma (2008): Collective Learning Processes and Human Resource Development. In: *Advances in Developing Human Resources* 10 (4), S. 451–471.
- Geckeis, Horst; Brendler, Vinzenz (2022): Wissenschaft und Wissenschaftler – Prozesse, Potentiale, Handlungsmöglichkeiten im lernenden Verfahren. In: Ulrich Smeddinck, Klaus-Jürgen Röhl, Melanie Mbah und Vinzenz Brendler (Hg.): *Das „lernende“ Standortauswahlverfahren für ein Endlager radioaktiver Abfälle*. Interdisziplinäre Beiträge. Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag, S. 71–83.
- Giddens, Anthony (1988): *Die Konstitution der Gesellschaft*. Frankfurt am Main und New York: Campus Verlag.
- Granovetter, Mark (1973): The Strength of Weak Ties. In: *The American Journal of Sociology* 78, S. 1360–1380.
- Granovetter, Mark (2005): The Impact of Social Structure on Economic Outcomes. In: *Journal of Economic Perspectives* 19 (1), S. 33–50.
- Grunwald, Armin (2007): Umstrittene Zukünfte und rationale Abwägung. In: *TATuP* 16 (1), S. 54–63.
- Grunwald, Armin (2022): Endlagersuche im selbsthinterfragenden Verfahren – Von der Endlager-Kommission zum Nationalen Begleitgremium. In: Ulrich Smeddinck, Klaus-Jürgen Röhl, Melanie Mbah und Vinzenz Brendler (Hg.): *Das „lernende“ Standortauswahlverfahren für ein Endlager radioaktiver Abfälle*. Interdisziplinäre Beiträge. Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag, S. 17–28.
- International Atomic Energy Agency (IAEA) (2006): IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Application of the Management System for Facilities and Activities. Safety Guide No. GS-G-3.1. Wien: IAEA.
- International Atomic Energy Agency (IAEA) (2009): IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. The Management System for Nuclear Installations. Safety Guide No. GS-G-3.5. Wien: IAEA.

- International Atomic Energy Agency (IAEA) (2012): IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste. Specific Safety Guide No. SSG-23. Wien: IAEA.
- International Atomic Energy Agency (IAEA) (2013): Regulatory Oversight of Safety Culture in Nuclear Installations. Wien: IAEA.
- Jazayeri, Elyas: Safety Management System and Methods of Safety Measurement. Kentucky: University of Kentucky.
- Klug, Christopher (2009): Erfolgsfaktoren in Transformationsprozessen öffentlicher Verwaltungen. Empirische Untersuchungen zur Entwicklung eines Veränderungsmanagements. Kassel: Universität Kassel.
- Krohn, Wolfgang; Grunwald, Armin; Ukowitz, Martina (2017): Transdisziplinäre Forschung revisited. In: *GAiA* 26 (4), S. 341–347.
- KTA-GS (2017): Integriertes Managementsystem zum sicheren Betrieb von Kernkraftwerken (KTA 1402).
- Kuppler, Sophie; Hocke, Peter (2019): The role of long-term planning in nuclear waste governance. In: *Journal of Risk Research* 22 (11), S. 1343–1356.
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) (2020): Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen Anforderungen der Störfallverordnung und deren Umsetzung – Überprüfung des Sicherheitsmanagementsystems. Fragen und Bewertungshilfen (LANUV-Arbeitsblatt, 51).
- Li, Jinlong; Wu, Na; Xiong, Shengxu (2021): Sustainable innovation in the context of organizational cultural diversity: The role of cultural intelligence and knowledge sharing. In: *PloS ONE* 16 (5), S. 1–22.
- Löw, Martina; Steets, Silke; Stoetzer, Sergej (2008): Einführung in die Stadt- und Raumsoziologie. 2., aktualisierte Aufl. Opladen: B. Budrich. Online verfügbar unter <http://d-nb.info/988061597/04>.
- Mbah, Melanie; Brohmann, Bettina (2021): Das Lernen in Organisationen. In: Bettina Brohmann, Achim Brunnengräber, Peter Hocke-Bergler und Ana María Isidoro Losada (Hg.): Robuste Langzeit-Governance bei der Endlagersuche. Soziotechnische Herausforderungen im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen. Bielefeld: transcript, S. 387–412.
- Mbah, Melanie; Brohmann, Bettina; Chaudry, Saleem; Seidl, Roman (2021): Reversibilität im Kontext der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle. In: Bettina Brohmann, Achim Brunnengräber, Peter Hocke-Bergler und Ana María Isidoro Losada (Hg.): Robuste Langzeit-Governance bei der Endlagersuche. Soziotechnische Herausforderungen im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen. Bielefeld: transcript, S. 301–324.
- Mbah, Melanie; Hocke, Peter (2022): Anforderungen an Transparenz und Partizipation in einem lernenden Verfahren zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle. In: Ulrich Smeddinck, Klaus-Jürgen Röhlig, Melanie Mbah und Vinzenz Brendler (Hg.): Das „lernende“ Standortauswahlverfahren für ein Endlager radioaktiver Abfälle. Interdisziplinäre Beiträge. Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag, S. 43–69.
- Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur

- Mbah, Melanie; Kuppler, Sophie (2021): Raumsensible Long-term Governance zur Bewältigung komplexer Langzeitaufgaben. In: Bettina Brohmann, Achim Brunnengräber, Peter Hocke-Bergler und Ana María Isidoro Losada (Hg.): Robuste Langzeit-Governance bei der Endlagersuche. Soziotechnische Herausforderungen im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen. Bielefeld: transcript, S. 413–446.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2022): Konzeption für die staatliche Aufsicht über die kerntechnischen Anlagen in Baden-Württemberg (Aufsichtskonzeption - AK). Stuttgart, 22.02.2022.
- Müsseler, Jochen (2005): Allgemeine Psychologie. 1. Aufl. Heidelberg: Spektrum.
- Muxlhanga Henriette; Othmer, Johann Arne; Sträter, Oliver; Lux, Karl Heinz; Wolters, Ralf; Feierabend, Jörg; Sun-Kurczinski, Junqing (2023): Identifikation von Ungewissheiten aus arbeits- und organisationspsychologischer Sicht am Beispiel der Materialparameterbestimmung – eine erste methodische Annäherung. In: Anne Eckhardt, Frank Becker, Dirk Scheer, Roman Seidl (Hg.): Entscheidungen für die Zukunft: Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle. Heidelberg: Springer.
- Nuclear Energy Agency (NEA); Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2016): The Safety Culture of an Effective Nuclear Regulatory Body (NEA, 7247). Paris: NEA/OECD.
- Paoloni, Paola; Massaro, Maurizio; Dal Mas, Francesca; Bagnoli, Carlo (2022): Microfoundations of intellectual capital. Evidence from Italian small accounting firms. In: *Knowledge Management Research & Practice*, S. 1–13.
- Reason, James (1997): Managing the Risks of Organizational Accidents. London: Routledge.
- Röhlig, Klaus-Jürgen (2023): Zum Zeitplan des Standortauswahlverfahrens für die Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle in Deutschland. In: *atw* (68), S. 52-61.
- Röhlig, Klaus-Jürgen (Hg.) (2019): Transdisziplinäre Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland (TRANSENS). Forschung zur Verbesserung von Qualität und Robustheit der soziotechnischen Gestaltung des Entsorgungspfades. Vorhabenbeschreibung. Clausthal.
- Schöbel, Markus; Klostermann, Anne; Lassalle, Ruth; Beck, Johannes; Manzey, Dietrich (2017): Digging deeper! Insights from a multi-method assessment of safety culture in nuclear power plants based on Schein's culture model. In: *Safety Science* (95), S. 38–49.
- Schorta, Silvia (2018): Was macht Wissenstransfer erfolgreich? In: Benno Ackermann, Oliver Krancher, Klaus North, Katrin Schildknecht und Silvia Schorta (Hg.): Erfolgreicher Wissenstransfer in agilen Organisationen. Hintergrund - Methodik - Fallbeispiele. Wiesbaden: Gabler, S. 79–98.
- Smeddinck, Ulrich; Röhlig, Klaus-Jürgen; Mbah, Melanie; Brendler, Vinzenz (Hg.) (2022): Das „lernende“ Standortauswahlverfahren für ein Endlager radioaktiver Abfälle. Interdisziplinäre Beiträge. Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag.

- Smeddinck, Ulrich; Roßegger, Ulf (2013): Partizipation bei der Entsorgung radioaktiver Reststoffe – unter besonderer Berücksichtigung des Standortauswahlgesetzes. In: *NuR* 35 (8), S. 548–556.
- Sträter, Oliver (2022): Bedeutung menschlicher Faktoren für eine dauerhafte Sicherheit von Entsorgungsoptionen. In: Peter Hocke, Sophie Kuppler, Ulrich Smeddinck und Thomas Hassel (Hg.): *Technical Monitoring and Long-Term Governance of Nuclear Waste*. Baden-Baden: Nomos, S. 141–158.
- van Wijk, Raymond; Jansen, Justin J.P.; Lyles, Marjorie A. (2008): Inter- and Intra-Organizational Knowledge Transfer: Inter- and Intra-Organizational Knowledge Transfer: A Meta-Analytic Review and Assessment of its Antecedents and Consequences. In: *Journal of Management Studies* (45), 4, S. 830–853.
- Weichhart, Peter (2008): *Entwicklungslinien der Sozialgeographie. Von Hans Bobek bis Benno Werlen*. Stuttgart: Steiner.
- Wilkesmann, Maximiliane (2009): *Wissenstransfer im Krankenhaus. Institutionelle und strukturelle Voraussetzungen*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Woods, David D. (2003): Creating foresight. How resilience engineering can transform NASA's approach to risky decision making. In: *Work* 4 (2), S. 137–144.

## **Abbildungsverzeichnis**

|                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1 Bestandteile eines Safety Case sowie die Anwendung des Managementsystems und die Einbindung von Behörden und weiterer Stakeholder ..... | 09 |
| Abbildung 2: Merkmale einer starken Sicherheitskultur .....                                                                                         | 19 |
| Abbildung 3: Aufsichtsmodell über die Sicherheitskultur von Kernanlagen.....                                                                        | 28 |

**Bettina Brohmann, Melanie Mbah, Julia Neles**

Bildrechteverweis Titelbild: Hintergrundbild erstellt durch ijeab - [www.freepik.com](http://www.freepik.com)

Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von  
Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur